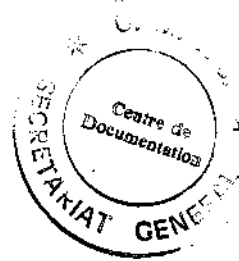


09089



République du Sénégal  
Ministère du Développement rural  
SAED  
Saint Louis, Sénégal

Kreditanstalt  
für Wiederaufbau  
Frankfurt-sur-le-Main  
Allemagne Fédérale

REHABILITATION DU PERIMETRE DE BOUNDOUN  
ETUDE DE FACTIBILITE COMPLEMENTAIRE

RAPPORT DE SYNTHESE

Volume 1 - Rapport principal

juin 1988

code no. 5.03.049

Euroconsult  
Arnhem,  
Pays-Bas

Agrotechnik  
Frankfurt-sur-le-Main  
Allemagne Fédérale

2020

### Observations additionnelles

Suite à la réunion de travail avec les représentants de la Banque Mondiale, de la KFW et de la SAED, qui s'est tenue à Francfort les 20, 21 et 22 juin 1988, il a été demandé au consultant de fournir un document adapté qui tienne compte des observations suivantes:

- recalcul de la part en devises dans les coûts;
- modification de la durée de vie du matériel électro-mécanique (12 ans);
- recalcul du coût du matériel agricole pris en compte dans l'analyse économique;
- recalcul des effets du projet sur la balance en devises de l'Etat sénégalais.

Le présent document adapté tient compte de toutes ces observations. Les principales modifications par rapport au rapport étudié à Francfort concernent:

- une augmentation de la part en monnaie locale dans le coût total du projet et de la provision pour hausse des prix qui lui est liée;
- une baisse de l'estimation de la rentabilité du projet.

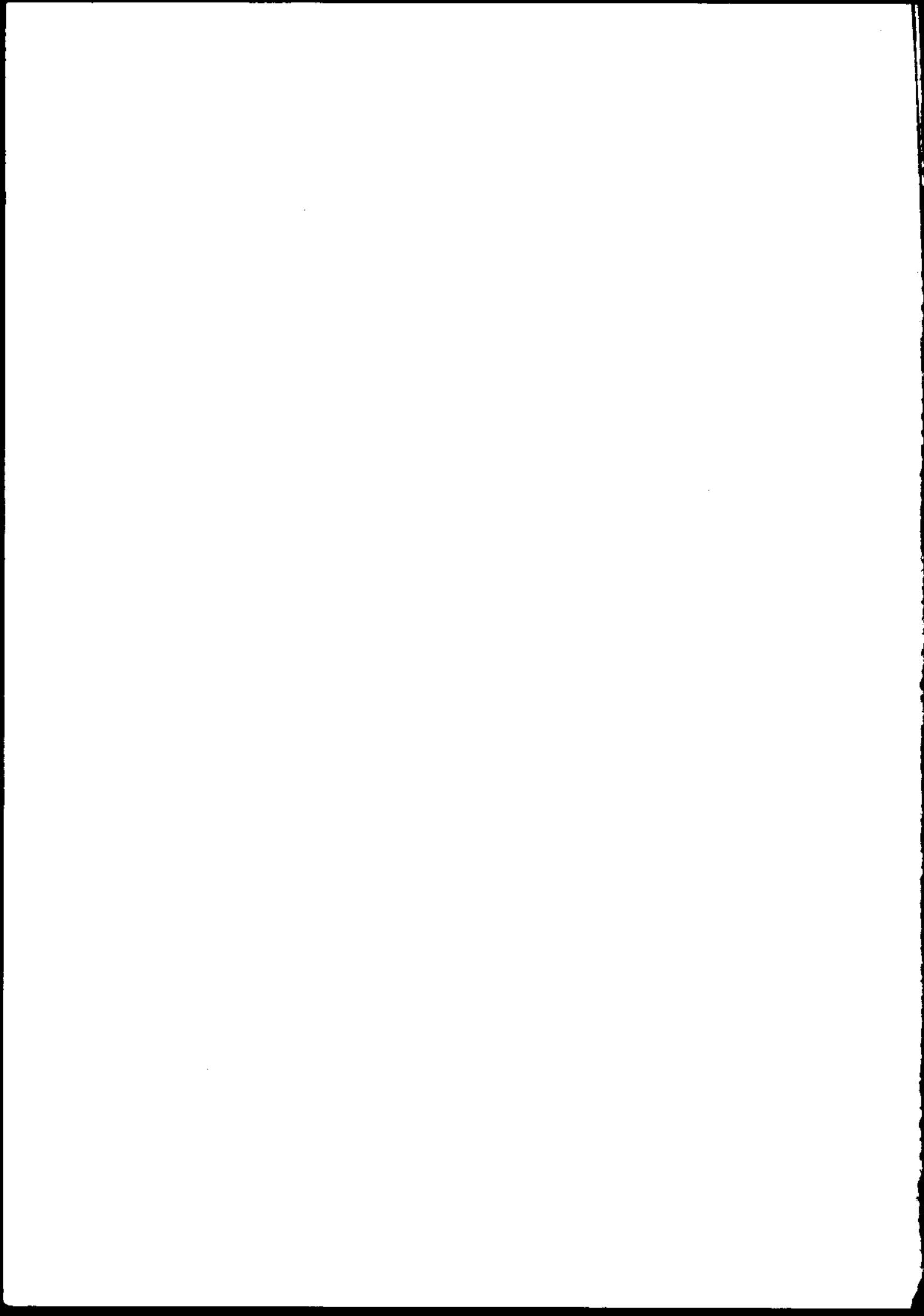
Le calcul des Indices d'acceptation, de risque et d'attrait souligne que le projet de réhabilitation du périmètre de Boundoum:

- devrait être accepté par les agriculteurs déjà habitués à l'irrigation, et bien accepté par ceux habitués également à la mécanisation;
- n'offre un attrait particulier qu'aux agriculteurs acceptant le risque de la mécanisation;
- ce risque supplémentaire pris en partie au moment de la récolte n'est pas rédhibitoire, dans la mesure où le risque est déjà important dans la situation sans le projet.

Le bilan en devises pour l'Etat sénégalais ne tient pas compte:

- de la forte autoconsommation des agriculteurs pour qui le riz se substitue à des céréales traditionnelles et non à des importations;
- du coût en devises de la transformation du paddy en riz;
- du coût en devises du solde des opérations de transport et commercialisation.

Le bilan financier pour l'Etat, qui doit bénéficier d'un gain en devises, est une augmentation de la subvention à l'agriculture dont la plus grande part doit profiter aux agriculteurs.



## ERRATA

- Page 70    tableau no.8  
Le reprofilage des canaux tertiaire d'irrigation se fait une fois par deux années au lieu de 2 fois par an.
- Page 74    Sous 4.9.6 Le directeur du périmètre au lieu du directeur du projet .
- Page 82    4.11.4 sous a )  
Diminution de calage de 0.15 m au lieu de 0.10 m
- page 83    Tableau 14  
Cavalliers de 3.0 m au lieu de cavaliers de 3.5 m
- Page 84    Tableau 15  
-Premier ligne : Cavaliers de 3.0 m au lieu de 3.5 m  
-ajoutez au ligne" alternative station de pompage"  
"138 .0" ( x 10<sup>4</sup> fcfa)
- Page 84    En dessous du tableau 15 doit lire comme "en cas de réduction de 11% des investissements ce qui augmente le TIRE de 2% pour atteindre 8%.  
Sous 4.11.5 3ieme ligne d'en bas  
"TIRE minimal jusqu'a 5.5%" ( au lieu de 6.5%)



L'édition définitive du présent rapport de  
synthèse est présentée en trois volumes:

Volume 1 - Rapport principal

Volume 2 - Annexes (A à N)

Volume 3 - Documents de base





## TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Résumé	ix
Liste des abréviations	xiv
 1 INTRODUCTION	 1
1.1 Généralités	1
1.2 Description du périmètre	3
1.2.1 Localisation	3
1.2.2 Climat	3
1.2.3 Sols	3
1.2.4 Hydrologie	3
1.2.5 Accessibilité et électrification	7
1.2.6 Agriculture	7
1.2.7 Organisation administrative	7
1.2.8 Contexte social	9
1.3 Historique du périmètre	11
1.4 La présente étude	11
 2 BUT DE LA REHABILITATION	 13
2.1 Définition des objectifs	13
2.2 Origine des problèmes	13
2.3 Mesures destinées à assurer le succès du projet	 14
2.3.1 Définition des mesures	14
2.3.2 Etudes et travaux de conception complémentaires requis	 15
 3 LE PROJET DANS SON CONTEXTE PHYSIQUE	 17
3.1 Rappel de la situation	17
3.2 Modification des conditions hydrologiques du fleuve Sénégal	 17
3.3 Conséquences pour l'adduction d'eau d'irrigation	 19
3.3.1 Généralités	19
3.3.2 Adduction d'eau avec deux stations de pompage, alimentée partiellement via l'axe Gorom Lampsar	 19
3.3.3 Adduction d'eau avec deux stations de pompage, alimentée partiellement par le Gorom Aval	 22
3.3.4 Adduction d'eau avec une station de pompage à Diawar	23
3.3.5 Comparaison des coûts des différentes solutions	24
3.4 Conséquences pour l'évacuation des eaux de drainage	 25
3.4.1 Solution proposée antérieurement	25

## TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
3.4.2 Solutions alternatives	26
3.4.3 Gestion des eaux de drainage en dehors du périmètre	28
3.5 Conclusions et recommandations pour la gestion de l'eau	28
4 ASPECTS TECHNIQUES DE LA REHABILITATION	31
4.1 Caractéristiques des sols	31
4.2 Drainage et contrôle de la salinité	32
4.2.1 Fonctions du réseau de drainage	32
4.2.2 Conditions naturelles du sols	32
4.2.3 Niveau de la nappe phréatique	33
4.2.4 Drainage et contrôle de la salinité des rizières	33
4.2.5 Drains quaternaires	34
4.2.6 Surcreusement des drains tertiaires jusqu'au sous-sol sableux	35
4.2.7 Drains tubulaires souterrains	35
4.2.8 Sols sans argile en surface dans le premier mètre	35
4.2.9 Salinité des eaux de drainage	35
4.2.10 Quantités d'eau et de sel à évacuer	36
4.3 Conditions géohydrologiques	36
4.3.1 Introduction	36
4.3.2 Collecte des données de base	37
4.3.3 Résultats de l'étude des données des bases	37
4.3.4 Infiltration latérale des eaux du fleuve Sénégal	38
4.3.5 Résultats de l'étude de modèle	39
4.4 Aspects géotechniques influençant la construction	44
4.4.1 Introduction	44
4.4.2 Aperçu géomorphologique et géologique	44
4.4.3 Analyse de la conception des profils en travers-type	44
4.4.4 Observation de l'état actuel des ouvrages	45
4.4.5 Nature et caractéristiques des matériaux	45
4.4.6 Critères d'utilisation des matériaux	47
4.4.7 Disponibilité des matériaux	47
4.4.8 Principaux critères de mise en oeuvre des matériaux	48
4.4.9 Propositions pour la réhabilitation	48
4.4.10 Conclusion	49
4.5 Conception du réseau d'irrigation	49
4.5.1 Introduction	49
4.5.2 Critères d'irrigation	50

## TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
4.5.3 Stations de pompage et dispositifs de sécurité	52
4.5.4 Prises de secteur	53
4.5.5 Calage du réseau	55
4.6 Conception du réseau de drainage	57
4.6.1 Introduction	57
4.6.2 Critères de drainage	57
4.6.3 Niveaux de drainage	58
4.6.4 Configuration du réseau de drainage dans le périmètre	58
4.6.5 Infrastructure d'évacuation des eaux de drainage hors périmètre	58
4.6.6 Choix des pompes	64
4.6.7 Construction	64
4.7 Réseau de pistes	65
4.8 Conception de l'aménagement à la parcelle	65
4.8.1 Généralités	65
4.8.2 Situation actuelle	66
4.8.3 Modifications à apporter à la conception	66
4.8.4 Critères de conception pour le nouvel aménagement à la parcelle	66
4.8.5 Plan type proposé	67
4.8.6 Coûts des aménagements à la parcelle	67
4.8.7 Plan détaillé de l'aménagement à la parcelle	69
4.9 Entretien du périmètre	69
4.9.1 Introduction	69
4.9.2 Analyse des travaux d'entretien requis	69
4.9.3 Méthodes d'entretien	70
4.9.4 Infrastructure à entretenir	72
4.9.5 Besoins en engins pour l'entretien	72
4.9.6 Organisation de l'entretien	74
4.10 Influence du périmètre sur l'environnement	75
4.10.1 Evacuation des eaux de drainage	75
4.10.2 Aspects écologiques liés à l'exploitation et l'entretien du périmètre	76
4.11 Estimation des coûts de la réhabilitation	77
4.11.1 Généralités	77
4.11.2 Prix unitaire de base	78
4.11.3 Coûts totaux de la réhabilitation	80
4.11.4 Possibilité de réduction des coûts d'investissement	82
4.11.5 Investissement hors périmètre	84

## TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
5 ASPECTS SOCIOLOGIQUES DE LA REHABILITATION	85
5.1 Population actuelle	85
5.2 Conditions défavorables à la bonne marche du projet	85
5.3 Population nécessaire pour la culture après réhabilitation	86
5.3.1 Etat de la demande en terre après réhabilitation	86
5.3.2 Prévoir le moyen terme: vers l'extension	87
5.4 Proposition d'organisation de la population	88
5.4.1 Pour résoudre la question foncière	88
5.4.2 Pour l'organisation effective de la production	90
5.4.3 Les sections d'utilisation en commun de matériel agricole	91
5.5 Les aspects techniques de la réhabilitation	91
5.6 Les aspects sociaux de la réhabilitation	92
5.6.1 Approvisionnement en eau potable	93
5.6.2 Approvisionnement en électricité	93
5.6.3 Réhabilitation de l'infrastructure des villages	95
5.6.4 Embellissement	95
5.6.5 Option d'un nouveau village dans le périmètre	95
5.7 Conclusions	96
6 ASPECTS AGRICOLES ET AGRO-ECONOMIQUES	97
6.1 Situation actuelle de la riziculture et évolution au cours des dernières années	97
6.2 Propositions de développement agricole dans le cadre du projet	98
6.3 Elevage	100
6.4 Conclusion	101
7 PROGRAMMATION DE L'AMENAGEMENT	103
7.1 Introduction	103
7.2 Considération d'ordre technique	103
7.3 Programmation de l'aménagement à la parcelle	104
7.4 Préparation du projet détaillé pour l'aménagement à la parcelle	107
7.4.1 Programme de travail	107
7.4.2 Besoins en personnel	108
7.4.3 Commentaires	108
8 GESTION FUTURE DU PERIMETRE	109
8.1 Organisation du périmètre	109
8.1.1 Définition des tâches	109

## TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
8.1.2 Dispositif en personnel national	109
8.1.3 Assistance technique	111
8.1.4 Contrôle externe	111
8.2 Le programme de crédit agricole	112
8.3 Le volet développement agricole	115
9 ANALYSE FINANCIERE ET ECONOMIQUE	116
9.1 Analyse financière	116
9.1.1 Avant-propos	116
9.1.2 L'impact du projet sur les exploitations	116
9.1.3 Critères de choix pour estimer la capacité de remboursement des exploitations	122
9.1.4 Production du périmètre	126
9.1.5 Coûts de base	126
9.2 Analyse économique	129
9.2.1 Indicateur de la rentabilité du Projet	132
9.2.2 Tests de sensibilité	133
9.3 Impact économique et social du projet	135
10 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	136

## LISTE DES APPENDICES

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Aperçu général du climat dan les alentours du périmètre de Boundoum	5
2 - Caractéristiques des nouvelles coopératives intégrées	10
3 - Mesures des profondeurs de la nappe phréatique	38
4 - Variantes calculées à l'aide du modèle des eaux souterraines	39
5 - Infiltration mensuelle du fleuve Sénégal vers la nappe phréatique par 100 m de rive	40
6 - Comparaison des différentes possibilités pour prises de secteur	56
7 - Proportion des secteurs irrigables en cas de baisse du niveau d'eau dans les canaux primaires et secondaires, avec perte de charge de 0,8 et 0,7 m dans le secteur	57
8 - Besoins en travaux d'entretien de l'infrastructure du périmètre de Boundoum	70

## TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
Tableau 9 - Calcul des besoins en machines pour l'entretien du périmètre	73
10 - Coûts d'investissements pour le matériel d'entretien	74
11 - Coûts unitaires des travaux repris d'appels d'offres récents	78
12 - Coût d'investissement en travaux d'équipement d'irrigation	81
13 - Comparaison des coûts d'investissement à l'hectare	82
14 - Effets de la diminution du calage et de la réduction de largeur des cavaliers sur les quantités de terrassement et sur les coûts d'investissement du réseau d'irrigation	83
15 - Economie maximale réalisable en frais d'investissement	84
16 - Exploitants actuels du périmètre et superficies exploitées	85
17 - Etat de la demande en terre des exploitants locaux	87
18 - Besoins en infrastructure complémentaire	93
19 - Estimation des coûts relatifs à l'amélioration de l'infrastructure des villages	94
20 - Production de lait ou de viande basée sur un fourrage de paille et son de riz, avec et sans complément alimentaire	102
21 - Calcul des besoins en fonds de roulement du crédit à court terme	112
22 - Calcul des besoins cumulés en matériel mécanique	113
23 - Calcul du besoin en fonds de roulement du crédit à moyen terme	114
24 - Calcul du besoin en fond de roulement du crédit	115
25 - Analyse financière. Budgets à l'hectare de culture. Situation sans le projet. Hypothèses: battage manuel et battage mécanique	117
26 - Analyse financière. Budgets à l'hectare de culture. Situation avec le projet. Hypothèses: battage manuel et battage mécanique	119
27 - SUPPRIMER	120
28 - Calcul des indices d'acceptation, de risque et d'attrait	122
29 - Analyse financière. Temps mensuels de travaux	123
30 - Analyse financière. Temps mensuels de travaux	124
31 - Analyse financière. Critères de choix pour estimer la capacité de remboursement des exploitations	125
32 - Analyse financière. Production du périmètre en tonnes	127

## TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
Tableau 33 - Analyse financière. Récapitulation des coûts d'investissement du projet	130
34 - Analyse financière. Récapitulation des coûts de fonctionnement du projet	131
35 - Analyse financière. Récapitulation du coût total du projet	131
36 - Principaux indicateurs économiques	133
37 - Test de sensibilité du TIRE, intensité culturale 160 %	133

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Localisation du projet au Sénégal	2
2 - Zone du projet	4
3 - Niveaux moyens mensuels du fleuve Sénégal le 1er de chaque mois	6
4 - Périmètre irrigué de Boundoum. Système d'adduction d'eau et d'évacuation des eaux de drainage	18
5 - Relations entre les niveaux d'eau dans le fleuve Sénégal et le niveau d'irrigation et de drainage dans le périmètre	20
6 - Situation schématique de l'adduction et de l'évacuation d'eau du périmètre de Boundoum	21
7 - Infrastructure nécessaire pour raccorder le réseau de drainage au futur émissaire du delta	27
8 - Solution temporaire pour la gestion des eaux de drainage en dehors du périmètre	29
9 - Coupe hydro-géologique	42
10 - Courbes niveau d'eau/durée de la nappe phréatique à Boundoum, calculées à l'aide du modèle numérique	43
11 - Schéma du réseau d'irrigation	51
12 - Représentation schématique du système d'irrigation	52
13 - Fonctionnement de commande par aval	52
14 - Principe des possibilités des prises de secteur	54
15 - Parties où le terrain est trop bas par rapport aux niveaux d'eau dans les drains	59
16A- Drain de connexion projeté, profil longitudinal (cas des pompes standard)	60
16B- Drain de connexion projeté: profil longitudinal (cas des pompes plus petites)	61
17 - Plan type de la station d'exhaure à Gaëla avec siphon	62
18 - Plan d'exhaure projeté, profil longitudinal	63
19 - Plan type d'un secteur d'environ 30 ha	68
20 - Canaux de drainage et d'irrigation dont la largeur en gueule est >12,00 m	71
21 - Les blocs à réhabiliter	89
22 - Organigrammes des différentes sections villageoises	90

## TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
Figure 23 - Programmation de la réhabilitation du périmètre de Boundoum	105
24 - Programme de réhabilitation des canaux d'irrigation	106
25 - Organigramme de la Direction du périmètre	110
26 - Effets d'une baisse des coûts du projet sur le taux interne de rentabilité économique	134
 Bibliographie	 138



## RESUME

Le périmètre de Boundoum est un périmètre rizicole situé dans le delta du fleuve Sénégal et qui a été aménagé en plusieurs étapes au cours de la période 1964-1973. Depuis les derniers travaux au cours desquels seuls 2396 ha des 3274 ha prévus ont été aménagés, une superficie de 1310 ha a progressivement été abandonnée. Les raisons de cet abandon sont à la fois d'ordre technique (périmètre partiellement non dominé, manque d'entretien) et d'ordre sociologique (gestion du périmètre, disponibilité des intrants, problèmes fonciers, etc.) En 1986, seuls 1030 ha étaient encore en exploitation.

La construction du barrage anti-sel de Diama et du barrage de stockage de Manantali permettra dans le proche avenir une double culture annuelle au lieu d'une simple. Le Gouvernement du Sénégal a émis le souhait de voir réhabiliter le périmètre et de voir la totalité de son potentiel exploité pour la riziculture. Le projet d'aménagement de 3275 ha pour la riziculture a fait l'objet de plusieurs études et a été récemment élaboré dans l'APD préparé par le Gersar en 1986/1987. Le projet de réhabilitation du Périmètre de Boundoum fait aussi partie du projet d'Irrigation IV récemment approuvé par la Banque Mondiale. Le rapport d'évaluation de la Banque Mondiale a été un document de base important pour cette étude. A la requête de la SAED, maître d'ouvrage, et de la Kreditanstalt für Wiederaufbau, co-financier, le groupement Euroconsult/Agrotechnik a effectué une étude de factibilité complémentaire pour cette réhabilitation.

Les sols du périmètre sont fortement stratifiés. Dans l'ensemble ils comportent un profil superficiel argileux suivi d'un sous-sol plus léger. Les endroits où la couche argileuse est totalement absente et où la couche sableuse affleure (sur les anciennes levées) sont extrêmement réduits et correspondent à 1% de la superficie du périmètre. La désalinisation de ces terres naturellement fort salines ne semble pas devoir poser de problèmes en cas de riziculture.

La stabilité des matériaux de remblai, des talus des canaux et des déblais est problématique, à cause en particulier de propriétés de gonflement et de retrait. On devra en tenir compte pour la réalisation des travaux, et prendre des dispositions spéciales dans les zones de marnage des canaux.

Cette étude fait apparaître que la future hausse des niveaux d'eau dans le fleuve entraînera une infiltration supplémentaire, mais celle-ci ne sera perceptible que dans une étroite bande de terrain le long du fleuve et n'influencera pas véritablement le périmètre.

Il ressort de l'étude qu'afin de prévenir des problèmes sociologiques, les nouvelles parcelles devront dans toute la mesure du possible être attribuées aux populations déjà sur place, donc sans qu'il soit fait appel à de nouveaux migrants. Compte tenu d'une mise en culture de 0,75 ha par actif, la population installée à l'heure actuelle dans le périmètre est en mesure d'exploiter 2694 ha. On considère toutefois qu'au moment de l'achèvement des travaux, - soit dans 5 ou 6 ans - cette population se sera suffisamment accrue pour pouvoir exploiter 3100 ha, les 170 ha restants pouvant être considérés comme

réserve foncière. Cela signifie, comme suite au rapport de la Banque Mondiale, que la totalité du périmètre, soit 3270 ha, peuvent être réhabilités et exploités à l'avenir par la population présente actuellement. L'immigration de population pour la mise en culture ne sera donc pas nécessaire.

L'infrastructure technique pour l'irrigation et le drainage proposée par l'étude est conforme dans les grandes lignes aux propositions de l'APD du Gersar. Elle prévoit l'alimentation du système d'irrigation par deux stations de pompage (Diawar et Boundoum Barrage) avec commande par l'aval. Une alternative serait que l'eau d'irrigation soit pompée à la station de pompage de Diawar, ce qui rendrait le projet indépendant de l'alimentation en eau du Barrage de Boundoum. Cette solution pourrait être plus économique pour le projet lui-même. Elle a cependant déjà été rejetée par la SAED. Vu que cette solution doit aussi être étudiée dans le cadre de la totalité du développement du delta, il n'en est pas tenu compte ici dans les calculs économiques. Le calage du réseau sera réalisé en ajoutant 0,50 m à la cote actuelle. Les unités d'irrigation, c'est-à-dire les secteurs, occuperont une superficie d'environ 30 ha et seront alimentés par une prise de secteur installée sur le réseau principal. Différentes alternatives ont été envisagées concernant ces prises mais, compte tenu de l'expérience défavorable que les paysans ont fait antérieurement avec les modules à masque, il vaudrait peut-être mieux ne pas réintroduire ces derniers.

En principe, les paysans peuvent obtenir l'eau à la demande et il est proposé qu'ils règlent eux-mêmes la distribution de l'eau au sein des secteurs. Quelques suggestions ont été émises concernant l'installation de pompes moins coûteuses. De même, des mesures spéciales ont été proposées en vue de protéger les canaux contre l'affouillement et l'affaissement et qui, bien qu'onéreuses, devront permettre de réduire les travaux d'entretien dans l'avenir.

Le réseau de drainage principal à l'intérieur du périmètre n'a pas fait l'objet de modifications notoires. Par contre, pour que le réseau tertiaire puisse assurer sa fonction de contrôle de la salinité, un nouvel espacement des drains a été proposé à approximativement 300 m. Le plan d'évacuation des eaux de drainage à l'extérieur du périmètre - eaux qui seront polluées tant par le sel que par les pesticides et les engrais - devra subir quelques adaptations de manière à ne pas avoir d'influence néfaste sur le Parc des Oiseaux du Djoudj qui se trouve à proximité directe du périmètre.

Notons que l'évacuation des eaux de drainage constitue un problème pour l'ensemble du delta et que la seule solution véritable consiste en l'aménagement d'un Grand Émissaire du Delta qui conduise tout l'effluent de la zone vers la mer. Or, il s'agit là d'un projet fort coûteux, dont la réalisation ne pourra peut-être pas être entreprise à court terme. Néanmoins, en raison du caractère indispensable d'un tel émissaire, l'infrastructure proposée pour l'évacuation des eaux de drainage en dehors du périmètre a été conçue en vue d'y être raccordée. Parallèlement, une solution provisoire a été proposée qui consiste à diriger les eaux vers une cuvette d'évaporation située au sud du périmètre. Cette alternative entraînerait toutefois la salinisation de quelque 1000 ha et nous ne pouvons que souligner son caractère tout-à-fait provisoire.

Pour protéger les pompes et les pièces métalliques contre la corrosion saline, il est conseillé de n'utiliser que des vannes galvanisées et d'appliquer quelques revêtements spéciaux sur les stations de pompage, y compris des anodes de zinc. L'étude contient également un projet d'aménagement à la parcelle, basé sur des parcelles de 0,75 ha pouvant être nivelées par groupe de trois. Les travaux de planage devront obéir à des normes de qualité très strictes de manière à pouvoir assurer une culture correcte du riz dans l'avenir. Il est prévu de raccorder chaque parcelle au réseau de pistes et de les équiper d'une prise et d'une sortie d'eau ainsi que d'une aire de battage.

On estime que des rendements de 4,5 et 5 t/ha de paddy sont tout-à-fait possibles, respectivement en saison des pluies et en saison sèche. Grâce à un projet spécial, les résidus de la riziculture (paille et son de riz) pourraient être utilisés dans l'avenir pour l'alimentation du bétail et servir ainsi à la production de lait et de viande. Compte tenu de l'actuel prix du lait, il pourrait s'agir là d'une exploitation intéressante pour les familles. Dans les calculs économiques, on a estimé, comme dans le rapport de la Banque Mondiale, que 2/3 de la paille seraient commercialisés. Une étude spécifique sera nécessaire concernant la transformation et l'utilisation des sous-produits de la riziculture.

Pour ce qui est de la préparation des sols, il est conseillé de ne pas institutionaliser à grande échelle les SUMA, lesquelles n'ont pas encore fait leurs preuves. Pour ce travail on pourrait faire appel dans l'avenir à des entreprises privées, avec lesquelles on a eu jusqu'à présent une expérience satisfaisante.

La programmation des travaux de réhabilitation devra, dans toute la mesure du possible, tenir compte des aspirations des populations et respecter les actuels systèmes d'exploitation. Par la suite, il sera également essentiel que les paysans soient impliqués dans les nouveaux modes d'exploitation, et cela avant que n'ait lieu le désengagement de la SAED. Des entreprises privées pourraient prendre en charge les travaux de labour et assurer la commercialisation des intrants dans l'avenir, auquel cas, des facilités de crédit devront être prévues. Enfin, il conviendra d'institutionnaliser un système d'entretien préventif afin d'assurer le bon fonctionnement du périmètre à long terme. Il est recommandé que ces services d'entretien soient fournis par des entreprises privées équipées et formées pour ce travail spécialisé. A cet effet, il est prévu une assistance technique pour la formation et une ligne de crédit pour les équipements.

Pour ce qui est de l'organisation du périmètre, la fonction de la SAED portera essentiellement sur la gestion des installations collectives (irrigation et drainage) et sur l'entretien du périmètre. Suivant la troisième lettre de mission, l'organisation s'attachera plus précisément aux tâches suivantes:

- direction du périmètre et évaluation;
- direction technique;
- gestion administrative et financière.

En outre l'organisation du périmètre sera appuyée par les dispositifs déjà en place auprès du siège de la SAED, à savoir: CNAPTI, DPA, DPD, UGE. Les paysans seront organisés par secteur hydraulique

d'environ 30 ha. Il est prévu une assistance technique pour donner un appui et les compléments de formation nécessaires.

Un programme de crédit agricole à court terme est prévu, financé par la CNAS, pour les achats des intrants, l'alimentation en eau et des prestations de façons culturales. Un crédit à moyen terme est prévu pour l'équipement des travaux mécanisés.

En raison du caractère peu stable des sols, une surveillance stricte des travaux de construction sera nécessaire de manière à assurer un maximum de qualité. En outre, une solution pour l'évacuation des eaux de drainage via l'axe Gorom-Lampsar devra être trouvée à court terme. Notons que tous ces problèmes ne concernent pas uniquement le périmètre mais jouent un rôle dans toute la zone du delta.

L'impact de la réhabilitation du périmètre peut se résumer ainsi:

- une augmentation annuelle de la production de paddy d'environ 19 000 tonnes;
- une augmentation de 3600 emplois dans le secteur agricole;
- une augmentation non encore quantifiée des emplois dans le secteur privé des prestations de services, des transports, du commerce, etc.;
- un revenu annuel de l'ordre de 1238 millions de FCFA à répartir entre les paysans, les salariés et les entreprises;

Le tableau suivant reprend en résumé les différents paramètres économiques du projet, pour les cas des investissements dans l'aménagement de base et en cas d'investissements réduits.

Rubrique	Coûts de base 10 <sup>6</sup> FCFA	Coûts réduits 10 <sup>6</sup> FCFA	Coûts réduits <sup>1</sup>
Coût d'investissement réseau irrigation/drainage aménagement à la parcelle inclus (projet de base)	7 202,-	6 402,-	5 977,-
Autres investissements	2 379,0	2 379,0	2 379,0
Coûts de fonctionnement	1 085,3	1 085,3	1 085,3
Coût total du projet (sans provisions)	10 666,3	9 866,3	9 441,3
Imprévus physiques	802,6	722,6	680,2
Augmentation des prix	1 119,7	1 035,7	991,1
Coût total du projet	12 588,6	11 624,6	11 112,5
Taux de rentabilité interne économique:			
- en cas d'intensité culturale de 110 % : négatif			
- en cas d'intensité culturale de 160 % : 6,1 %		7,3 %	8,1 %
- en cas d'intensité culturale de 200 % : 10,3 %			

<sup>1</sup> Coût réduit en cas de diminution de la protection de la zone de marnage.

Comme il apparaît à la lecture de ce tableau, la rentabilité économique du projet est extrêmement sensible au taux d'intensité cultural.

Le coût d'investissement est calculé à partir du projet de base et revient à environ 2,3 millions FCFA à l'hectare (100 %). Ce montant est nettement plus élevé que celui présenté dans l'APD (Gersar 1986/1987) et que celui calculé par la Banque Mondiale, lesquels n'atteignaient qu'environ 43 % du montant calculé ici (respectivement 0,93 et 0,98 millions par ha). Cette différence repose sur plusieurs éléments:

- le coût d'investissement par ha a été calculé dans ce rapport sur la base de 3100 ha, et dans les autres rapports sur 3270 ha (5 %);
- l'aménagement à la parcelle (32 %);
- la protection des talus (13 %);
- le drainage provisoire (0,4 %);
- le drainage externe (7 %).

Il est possible de réaliser un certain nombre d'économies sur certains coûts d'investissements du projet en changeant certains aspects des termes de références. Celles-ci ne peuvent excéder 828 millions de FCFA, soit 11 % des coûts d'investissement ou 7 % du coût total du projet. Si les conditions de terrain s'avèrent pendant l'étude détaillées plus favorables que prévu, une autre réduction supplémentaire de 425 millions FCFA pourrait être réalisable. Cela signifierait une réduction totale du coût des investissements de 1253 millions FCFA, soit 19 % du coût des investissements ou encore 11 % du coût total du projet. Ces économies feraient ainsi s'élever le TIRE de 6,1 % à 7,3 % dans le premier cas, et de 6,1 % à 8,1 % dans le deuxième cas.

La décision de réaliser ces économies doit être prise en étroite collaboration avec la SAED. Elles pourront avoir pour base certaines conditions initialement stipulées par la SAED, telles que la standardisation des pompes. Elles pourront aussi avoir pour résultat d'augmenter les risques et les besoins en entretien (exemple: choix du modèle de prise de secteur, calage, diminution de protection des zones de marnage, évacuation de l'eau hors périmètre, etc.).

A côté des coûts d'investissement et de fonctionnement, des lignes de crédit seront nécessaires à court et moyen terme, et pour ce qui est de l'entretien.

## LISTE DES ABREVIATIONS

ADRAO	Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest
APD	Avant-projet détaillé
BADEA	Banque Arabe pour le Développement Economique en Afrique
BCEAO	Banque Centrale des Etats d'Afrique de l'Ouest
BNDS	Banque Nationale de Développement du Sénégal
CCCE	Caisse Centrale de Coopération Economique
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNAPTI-SAED	Centre National d'Application et de Perfectionnement aux Techniques de l'Irrigation
CNCAS	Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal
CPSP	Caisse de Péréquation et de Stabilisation des Prix
CUMA	Coopérative d'Utilisation du Matériel Agricole (voir aussi SUMA)
ESP	Pourcentage de sodium échangeable
FAO/CP	Food and Agriculture Organization/Cooperative Program
GIE	Groupeement d'intérêt économique
GR	Génie Rural
IFAD	International Fund for Agricultural Development
ISRA	Institut Sénégalais de Recherche Agricole
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KF	Kuwait Fund
NGS	Niveau général du Sénégal
NPA	Nouvelle Politique Agricole
OAD	Organisation de l'Aménagement du Delta
OMVS	Organisation de Mise en Valeur de la Vallée du Sénégal
PIV	Périmètre Irrigué Villageois
SAED	Société d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé
SAED-DPA	Direction de la Planification et des Aménagements de la SAED
SAED-DPD	Direction de la Production et du Développement de la SAED
SENELEC	Société nationale d'électricité
SNTI	Société Nationale de Tomate Industrielle
SOCAS	Société de Conserves Agricoles du Sénégal
SUMA	Section d'Utilisation en Commun de Matériel Agricole
TIRE	Taux interne de rentabilité économique
UNDP	United Nations Development Program
USAID	United States Agency for International Development
VAN	Valeur actuelle nette

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 Généralités

Le périmètre irrigué de Boundoum est situé dans le delta du fleuve Sénégal, à environ 60 km au nord-ouest de la capitale régionale de Saint-Louis (voir Figure 1). Il constitue un élément de la mise en valeur du delta du fleuve Sénégal où le potentiel pour l'agriculture irriguée s'est considérablement accru suite à la construction du barrage de Manantali et du barrage anti-sel de Diama. La gestion du périmètre est assurée par la Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé (SAED).

Le périmètre de Boundoum, dont le potentiel pour la riziculture est d'environ 3300 ha, n'est actuellement cultivé que pour un tiers. Le souhait des autorités sénégalaises - par l'intermédiaire de la SAED - est de réhabiliter ce périmètre de telle sorte que son potentiel agricole puisse être totalement exploité et qu'il contribue ainsi à la production vivrière au Sénégal. Suite à l'achèvement des barrages de Manantali et de Diama, il sera bientôt possible d'assurer une double culture annuelle, chose encore récemment impossible en raison de l'intrusion saline qui se faisait sentir chaque année jusqu'en amont du projet. La SAED a manifesté le souhait d'utiliser au maximum cette possibilité de double culture.

Début 1984, une série d'études ont été effectuées pour faire avancer la réhabilitation du périmètre. Sur la base de ces études, le Gersar a émis en 1987 un avant projet détaillé (APD), lequel a servi de base au rapport d'évaluation concernant le Projet d'Irrigation IV de la Banque Mondiale. La réhabilitation de Boundoum fait partie du Programme d'Irrigation IV.

Pour préciser certains éléments, la SAED a chargé le groupement Euroconsult/Agrotechnik d'effectuer une étude complémentaire de factibilité pour la réhabilitation du périmètre de Boundoum, réhabilitation qu'elle souhaite lancer sous peu avec le cofinancement de la Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW, Allemagne fédérale) et de la Banque mondiale. L'étude proprement dite est financée par la KfW. Elle a été exécutée dans la période s'étendant d'octobre 1987 à février 1988. Les travaux de terrain ont eu lieu d'octobre à décembre 1987.

L'équipe tient à adresser ici ses remerciements aux membres de la SAED pour l'aimable accueil qu'ils lui ont réservé ainsi que pour l'assistance qu'ils ont bien voulu lui accorder. Elle souhaite tout particulièrement exprimer sa gratitude au Coordinateur des Etudes auprès de la Direction Générale, M. Alioune Badura Gueye, ainsi qu'au maître d'ouvrage en la personne des membres de la Direction de la Planification et des Aménagements, placés sous la compétente autorité de M. Alioune Badera Diallo.

Elle remercie également la Direction de la Production et du Développement ainsi que le Directeur du Périmètre, M. Bassirou Fall, pour leur assistance et leurs précieuses informations.

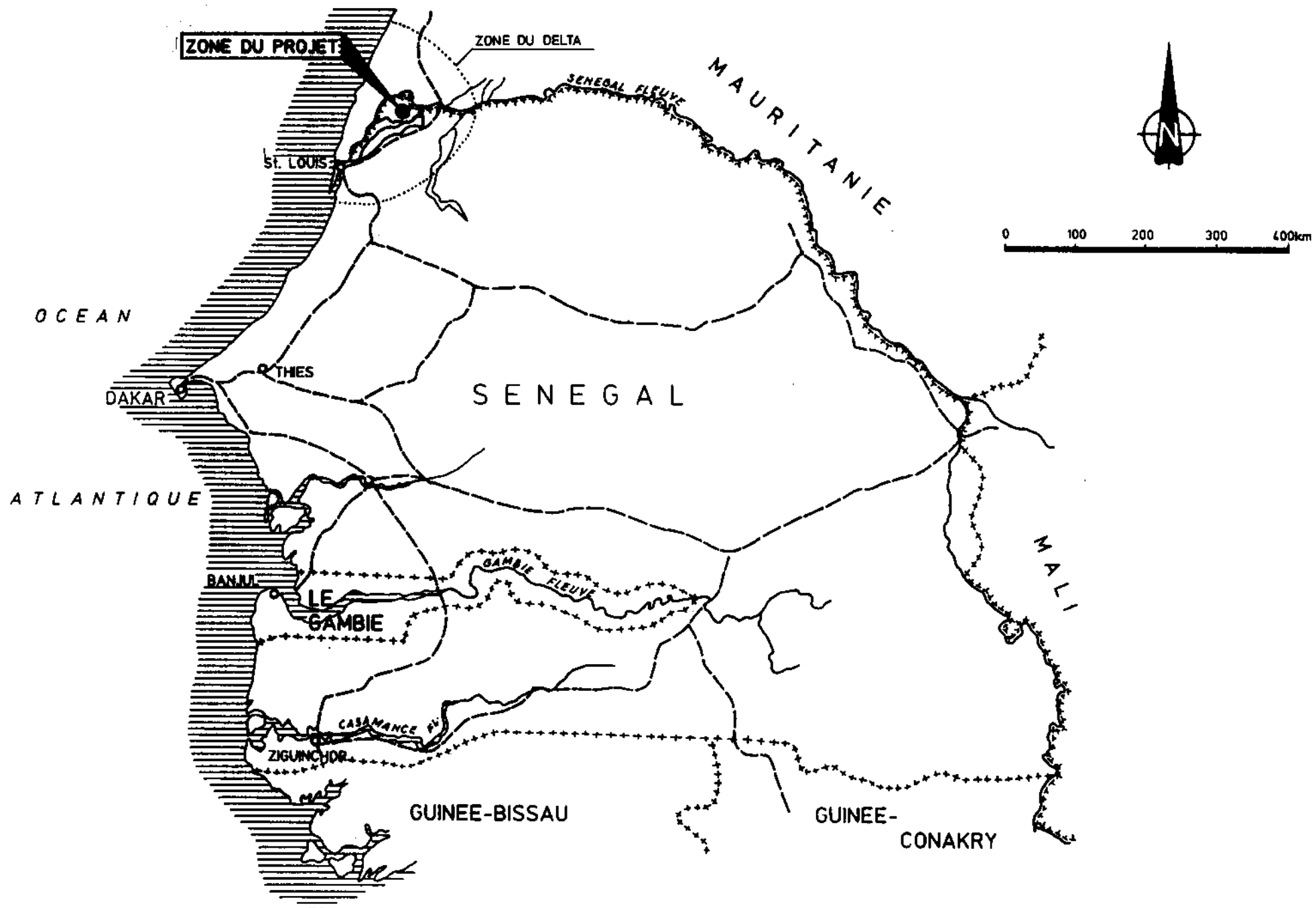


FIG. 1 . LOCALISATION DU PROJET AU SENEGAL



## 1.2 Description du périmètre

### 1.2.1 Localisation

La localisation du périmètre dans le pays est donnée à la Figure 1. Un plan de situation plus détaillé est donné à la Figure 2. Le projet est situé dans une courbe du fleuve Sénégal, au coeur d'un réseau de marigots qui constituent souvent d'anciens chenaux du fleuve. Il s'agit d'une zone alluviale soumise encore récemment à des inondations régulières du Sénégal, principalement lors des crues de la période d'août-octobre. La zone est plate et varie entre 0,8 m et 1,6 m<sup>+</sup> NGS.

D'autres périmètres irrigués (Lampsar, Kassak) ainsi que quelques aménagements sauvages entourent le projet. A l'ouest se situe le Parc national des oiseaux de Djoudj.

### 1.2.2 Climat

Le climat du delta se caractérise par une courte saison des pluies qui s'étend de juin à octobre, avec une période de pointe au mois d'août. La pluviométrie moyenne (1922-1981) est de 355 mm et varie entre 102 mm et 1239 mm par an.

Le Tableau 1 contient plusieurs paramètres climatiques repris de différentes sources. Comme il apparaît à sa lecture, l'évaporation est de loin supérieure aux précipitations et il est donc indispensable d'irriguer si l'on veut garantir la mise en culture. Il ressort également de ce tableau que la période de décembre à mars se caractérise par des températures minimales dont il faut tenir compte pour établir le calendrier agricole pour le riz.

### 1.2.3 Sols

Les sols du périmètre sont de nature alluviale et se composent d'une superposition de levées et cuvettes. Leur texture est très variable en fonction de la profondeur. La zone se caractérise par une couche d'argiles montmorillonites (dites Hollaldé), dont l'épaisseur varie de 0 m à 2 m, couvrant des terres de texture plus légère. Dans une petite partie de la zone du projet (1%), cette couverture d'argiles est absente. Les sols sont naturellement salés à très salés et la nappe phréatique extrêmement salée.

### 1.2.4 Hydrologie

Les niveaux du fleuve Sénégal à hauteur du projet, de même que ses fluctuations avant et après la mise en service des barrages de Diama et Manantali, sont repris à la Figure 3. Il apparaît qu'avant la construction des barrages, la situation était caractérisée par une crue s'étendant de juin à novembre. La mise en service des barrages aura pour conséquence l'écêtement de cette crue.

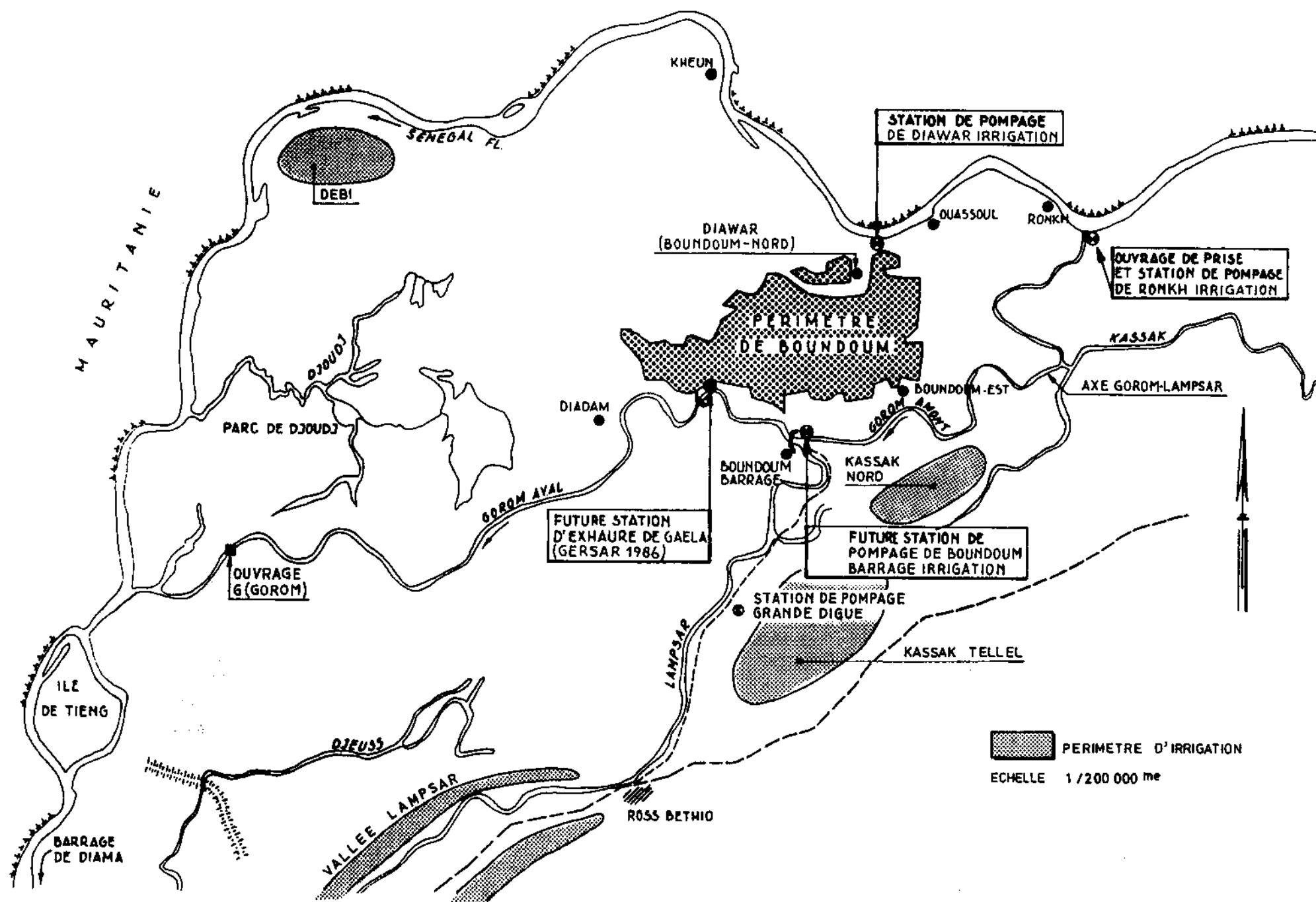


FIG 2 ZONE DU PROJET

Tableau 1 - Aperçu général du climat dans les alentours du périmètre de Boundoum

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total de l'année	Période d'observation
Pluviométrie <sup>1</sup> moyenne (mm)	1,3	1,1	0,0	0,1	1,2	9,9	45,9	112,2	45,2	29,0	1,3	2,1	355 <sup>2</sup>	1922-1981
	21,1	18,0	0,7	3,4	30,0	70,7	182,8	759,5	397,0	186,0	24,4	44,5	1239	
	0	0	0	0	0	0	0	4,5	8,1	0	0	0	102	
Température <sup>3</sup> moyenne (°C)	22,5	23,0	23,5	23,3	23,5	25,8	27,2	27,7	28,1	27,8	26,0	25,1	25,1	1951-1970
maximum	29,2	29,8	30,5	29,0	27,8	29,2	31,0	30,6	31,3	31,7	31,4	29,4	30,0	
minimum	15,7	16,3	16,8	17,6	19,3	22,4	24,5	24,9	25,0	25,9	20,6	16,8	20,3	
Vent <sup>3</sup> (m/s)	4,1	4,2	4,7	4,9	4,5	4,5	4,4	3,9	3,6	3,5	3,6	3,6	4,2	1951-1960
Humidité relative <sup>4</sup> (%)	54	63	68	78	80	80	78	79	79	74	64	59	71	
Insolation <sup>5</sup> (heures)	285	253	314	313	302	284	269	229	247	277	281	271	3325	
Evaporation Bac <sup>4</sup> (mm)	262	287	362	412	436	401	342	248	279	266	241	235	3771	?
Evapotranspiration potentielle <sup>4/5</sup> (mm)	180	190	250	260	270	220	210	170	150	180	160	170	2400	?

<sup>1</sup> Pour le Delta selon Abdoul Sow, Pluie et écoulement fluvial dans le bassin du fleuve Sénégal, 1983

<sup>2</sup> Pluviométrie moyenne : 1854-1901: 405 mm  
1902-1969: 398 mm  
1969-1982: 213 mm

<sup>3</sup> Pour Saint-Louis selon SAED ASECNA

<sup>4</sup> Selon Rijks pour Guede/Kaédi

<sup>5</sup> Calculé par Rijks selon Penmann, FAO 1977

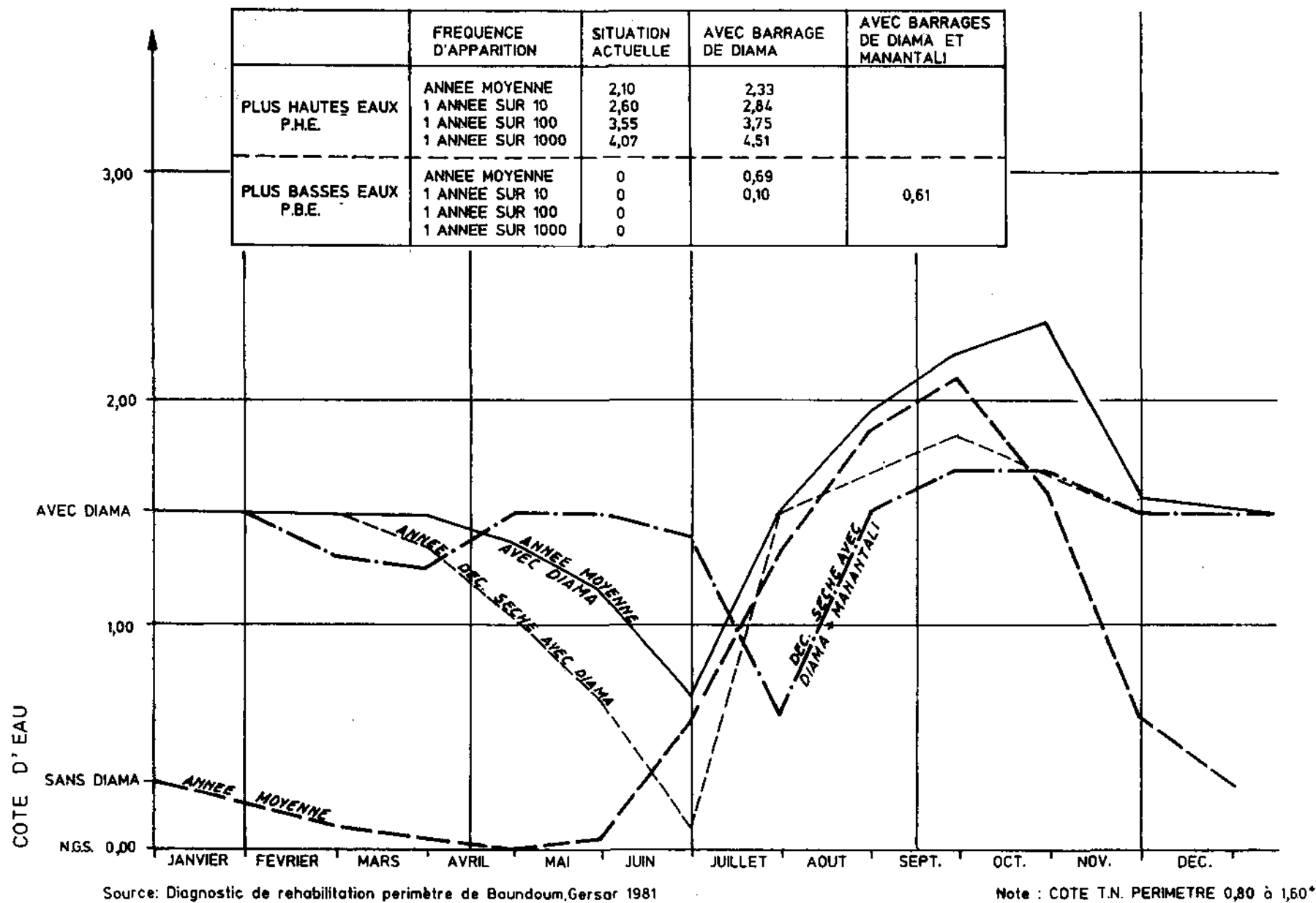


FIG. 3 NIVEAUX MOYENS MENSUELS DU FLEUVE SENEGAL LE 1<sup>er</sup> DE CHAQUE MOIS

Bien que la future manutention des barrages n'ait pas encore complètement été spécifiée, l'on peut s'attendre à des fluctuations de niveau annuelles entre 0,00 m et 2,33 m<sup>+</sup> NGS. La plus grande partie de l'année, le niveau du fleuve atteindra 1,50 m ou plus; pendant la période de mai à juillet il sera inférieur à 1,50 m.

Compte tenu de ce que le périmètre se situe entre 0,8 m et 1,6 m<sup>+</sup> NGS, tant les eaux d'irrigation que de drainage devront être pompées. Cela signifie également que la totalité du périmètre devra être endiguée si l'on veut éviter qu'il soit inondé, comme c'est déjà le cas actuellement. Les entrées et sorties des marigots devront elles aussi être coupées par des ouvrages d'art pour éviter les inondations.

#### 1.2.5 Accessibilité et électrification

La zone du projet est reliée à Saint-Louis par la route goudronnée Saint-Louis/Podor. De Ross Bethio (Fig. 2) une route en latérite couvre une distance d'environ 18 km vers Boundoum Barrage où elle est raccordée au réseau de pistes du projet. L'accessibilité est donc assez bonne.

Le projet n'est pas relié au réseau téléphonique. La station de pompage du projet (Diawar) est raccordée au réseau public d'électricité par une ligne de moyenne tension. Ce réseau est actuellement alimenté par des centrales thermiques installées à Saint-Louis et qui ont de grosses difficultés à assurer une alimentation constante. Dans l'avenir, ce réseau sera raccordé à la centrale hydro-électrique du barrage de Manantali.

#### 1.2.6 Agriculture

L'agriculture dans le périmètre consiste exclusivement en la culture du riz, actuellement à raison d'une récolte par an et dans l'avenir à raison d'une double récolte. D'autres cultures sur les sols moins aptes à la riziculture ont été envisagées à différentes reprises mais à chaque fois rejetées.

#### 1.2.7 Organisation administrative

##### 1.2.7.1 Les institutions principales

Parmi les institutions ou organismes intervenant dans le projet, quatre d'entre eux joueront un rôle essentiel:

- la SAED;
- la Communauté rurale (celle de Ross Bethio et celle de Rosso Sénégal);
- les Nouvelles coopératives intégrées:
  - . Coopérative rurale
  - . Section villageoise
  - . Groupements.

(a) La SAED

La Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du Fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé a été créée en 1965 pour planifier et gérer le développement de l'irrigation dans le delta. Plus tard, ses activités ont été étendues à l'ensemble de la vallée du Sénégal.

Dans le cadre de la Nouvelle politique agricole (NPA) définie en avril 1984, il a été retenu en particulier les 3 principes suivants:

- désengagement de l'Etat des actions d'encadrement et de financement du développement rural, au profit du secteur privé, en particulier redéfinition du rôle de la SAED dans le sens de la limitation de ses responsabilités et de ses effectifs;
- responsabilisation des paysans en leur transférant l'initiative de leur développement;
- vérité des prix.

La troisième lettre de mission fixant les objectifs et les moyens de la SAED pour une période de trois ans a été signée en novembre 1987. Le consultant n'a pas eu communication jusqu'ici de ce document. Il est probable que les orientations de la deuxième lettre de mission (1985-1986-1987) sont confirmées. Elles reposent essentiellement sur le désengagement progressif de la SAED afin en particulier d'atteindre un équilibre financier fondé sur une redistribution des charges entre l'Etat et les agriculteurs, la facturation des services aux paysans à leur coût réel devant s'accompagner d'une augmentation des prix des produits payés aux producteurs ainsi que des superficies exploitées.

(b) La Communauté rurale

Créée en 1972 par la loi instituant la Réforme de l'administration territoriale, régionale et locale, la Communauté rurale (CR) est une personne morale de droit public dotée de l'autonomie financière (loi 72-02, article 1). La création des 317 CR à travers le Sénégal se fit progressivement jusqu'en 1984. La région de Saint-Louis a été touchée par la réforme en 1980. Elle repose sur quatre principes: la participation, la décentralisation, la déconcentration et la régionalisation.

Les organes représentatifs de la CR sont constitués par le Conseil rural et le président du Conseil rural. Le président élu par le Conseil est chargé de l'administration de la CR et représente le sous-préfet. L'effectif d'un conseil rural varie entre 12 et 21 membres en fonction de la population recensée; mais dans tous les cas 2/3 des conseillers sont élus au suffrage universel direct, et 1/3 désignés par l'assemblée générale de la coopérative rurale.

Le conseil règle les affaires de la CR par ses délibérations qui ne sont exécutoires qu'après l'approbation par l'autorité de tutelle (qui peut être le sous-préfet, le préfet ou le gouverneur selon l'importance de la décision). Parmi les domaines pour lesquels le Conseil a compétence, la gestion des terres du domaine national et la gestion d'un communautaire paraissent essentiels.

(c) La Cooperative rurale, la Section villageoise, le Groupement

La restructuration des coopératives se traduit par la mise en place de l'articulation suivante:

- coopératives rurales multifonctionnelles et multisectorielles (337 au total pour le Sénégal), supports économiques de la communauté rurale, décentralisées en
- sections villageoises également multifonctionnelles et multisectorielles (4.403 au total), émanant de
- groupements multifonctionnels mais mono-sectoriels initiés, autour d'un projet dominant, par la population rurale elle-même.

Contrairement à ce qui s'est passé dans les coopératives conventionnelles, bien souvent limitées à la seule commercialisation des produits de rente et apparaissant de fait comme une excroissance de l'Etat, l'intervention des pouvoirs publics dans les nouvelles coopératives intégrées se limite à la mise en place du cadre juridique et aux actions de contrôle, d'éducation, de formation.

Leurs caractéristiques sont récapitulées dans le Tableau 2.

1.2.7.2 Le découpage administratif du périmètre

Hormis Boundoum Barrage et Diadram qui font partie de la Communauté rurale de Ross Bethio, tous les autres villages du périmètre font partie de la Communauté rurale de Rosso Sénégal. La limite entre les deux Communautés rurales dans la partie des terres "wallo"<sup>1</sup> n'a jamais été fixée officiellement. Par contre, dans la partie "dieri"<sup>2</sup>, les limites sont définies.

1.2.8 Contexte social

La population rurale du delta et de la moyenne vallée du fleuve Sénégal, sur la rive sénégalaise a été estimée en 1976 à 420 000 personnes (dont Saint-Louis 89 000 habitants). Le delta est moins peuplé que la moyenne vallée. Ce peuplement est caractérisé par une vie en communautés traditionnelles, marquées par des inégalités entre les moins jeunes et les plus jeunes, les hommes et les femmes et parfois entre les castes supérieures et inférieures.

Les migrations de population ont été considérables au cours des 20 dernières années, qu'il s'agisse de migrations saisonnières, de migrations internes ou d'émigration (notamment sous l'effet des années de sécheresse 1976, 1977, etc.). Depuis peu par suite de l'aménagement du fleuve, la tendance à l'émigration a diminué.

<sup>1</sup> Wallo: terre de culture de décrue.

<sup>2</sup> Dieri: terre de culture en pluvial.

Tableau 2 - Caractéristiques des nouvelles coopératives intégrées

Structures	Attributions
Coopérative rurale	Planifie, coordonne, suit, évalue les activités des sections villageoises
Cellule économique de la communauté rurale	. Recensement et distribution des engrais, matériels agricoles,
Douée de personnalité civile et de l'autonomie financière	. Récupération des endettements,
Propriétaire d'infrastructures	. Transport des produits vers les centres urbains,
	. Commercialisation et recherche de débouchés,
	. Identification de projets pour les sections
Section villageoise	Assure l'intégration globale des activités économiques et sociales menées dans la localité et constitue le point de passage des prestations de service public en faveur du monde rural,
Douée de personnalité civile et de l'autonomie financière (marges de commercialisation, cotisations), civile et de l'autonomie financière	. Approvisionnement en facteurs de production et biens de consommation,
Disposant de ses propres organes décisionnels (AG, comité de section, commissions fonctionnelles)	. Transport primaire des produits,
	. Transformation primaire éventuelle,
	. Epargne-crédit et mutualité,
	. Elaboration et réalisation de petits projets,
	. Education, formation et gestion.
Groupement	. Accès au crédit,
De producteurs concernés par un même domaine;	. Gestion dans le cadre de la section villageoise, des interventions liées à une même activité ou une même filière; maraîchage, cultures pluviales, riziculture, élevage (naisseur, rééleveur, embouche, production laitière), chevillards, pêche, forêt, artisanat, etc.
Doué de la personnalité juridique et de l'autonomie financière	
Disposant de se propres organes de décision et de gestion	



Les exploitants actuels du périmètre (1030 ha exploités) sont au nombre d'environ 3650 personnes dont 2130 actifs. Parmi eux, 40% ont récemment immigré. La population d'immigrants est concentrée dans le village de Boundoum Barrage. La population autochtone est originaire des villages de Ronkh et Kheun et appartient généralement au groupe des Ouolofs. Les immigrants sont ethniquement très hétérogènes et sont constitués de Ouolofs, Poulars, Maures, Sérères, Sarakollés et d'autres encore.

### 1.3 Historique du périmètre

La construction du périmètre fut entreprise par l'OAD (Organisation de l'Aménagement du Delta) en 1963-1964 et achevée par la SAED, dont ce fut la première réalisation. Cet aménagement portait sur une superficie de 1770 ha et faisait partie d'un projet de mise en valeur de 30 000 ha irrigués, conçu pour installer 40 000 immigrants. Le projet visait surtout au contrôle de la submersion de manière à sécuriser les cultures de décrue.

Les résultats furent décevants et il fut décidé en 1969 de faire de Boundoum un "périmètre d'aménagement secondaire amélioré", c'est-à-dire doté d'une station de pompage, d'un canal d'irrigation et d'un drain d'évacuation des eaux de drainage.

En 1972 la SAED décida de faire de Boundoum le premier périmètre avec maîtrise totale de l'eau (aménagement tertiaire), exploité par des paysans organisés en "groupements de producteurs". Bien qu'il ait été prévu d'aménager une superficie de 3100 ha, les réalisations ne portèrent que sur 2396 ha dont seuls 1030 ha étaient mis en culture au moment de la rédaction de ce rapport (1987).

A la requête de la SAED, le Gersar a effectué en 1981 une étude "Diagnostic de réhabilitation" qui a analysé les motifs entravant le fonctionnement optimal du périmètre et a proposé quelques solutions de principe. Cette étude a été suivie par la "Réhabilitation de l'ossature principale d'irrigation, Etude préliminaire, Schémas d'aménagement" en juin 1982 et par la "Réhabilitation partielle, Canaux primaires et secondaires, Avant-projet détaillé" en novembre 1982.

En 1984 parurent les résultats de l'étude "Avant-projet sommaire factibilité pour la réhabilitation du périmètre de Boundoum" et en 1986 le "Mémoire de présentation de l'avant-projet détaillé" de la réhabilitation totale du périmètre de Boundoum" sous forme provisoire. Toutes ces études ont été réalisées par le Gersar.

### 1.4 La présente étude

Comme indiqué dans les paragraphes précédents, un grand nombre d'études ont déjà précédé l'étude actuelle. Les dernières en particulier ont été essentiellement centrées sur les aspects techniques du périmètre. Avant d'entreprendre la réhabilitation, il a été jugé nécessaire d'analyser un certain nombre d'aspects qui n'avaient pas été abordés dans les

études antérieures, ceci afin de se faire une idée aussi claire et complète que possible des problèmes rencontrés dans le périmètre et ses alentours, tant sur le plan technique que sur les plans social et organisationnel. Les informations obtenues devront permettre de prendre des mesures globales destinées à accroître les chances de réussite du projet et lui assurer une autonomie à long terme.

La présente étude n'a pas pour but de répéter ou de reprendre partiellement les études antérieures mais s'attachera, conformément aux exigences des termes de références, à l'étude des aspects suivants:

- aspects sociaux;
- aspects de gestion;
- aménagement à la parcelle;
- évacuation des eaux de drainage en dehors du périmètre;
- impacts sur l'environnement du périmètre aménagé;
- influence des changements de niveaux d'eau dans le fleuve sur le drainage du périmètre;
- influence de l'aptitude des sols sur l'aménagement et la gestion future du périmètre;
- infrastructure d'accompagnement nécessaire pour le succès du périmètre.

## 2 BUT DE LA REHABILITATION

### 2.1 Définition des objectifs

Les objectifs globaux de la réhabilitation du périmètre de Boundoum sont dans les grandes lignes identiques aux objectifs (avantages du projet) du rapport d'évaluation de la Banque Mondiale, 1987. Ils peuvent être résumés ainsi:

- (a) réhabiliter les quelque 3300 ha du périmètre de manière à maximiser son potentiel pour la riziculture, de préférence en double culture annuelle;
- (b) créer une zone rizicole susceptible de contribuer à la production vivrière nationale en faisant un usage optimal des investissements consentis pour l'aménagement du delta;
- (c) créer une zone rizicole autonome qui constitue une source de revenus raisonnables pour les agriculteurs et leurs familles.

Un aspect important est celui de l'autonomie du projet. Celle-ci implique la mise en oeuvre d'une structure d'exploitation, d'entretien et de gestion qui ne dépende pas d'une assistance extérieure et qui puisse garantir un entretien correct du périmètre de sorte qu'aucuns travaux de réhabilitation ne soient plus requis pendant la durée de vie du projet, à l'exception des activités normales d'entretien et de remplacement.

Comme on le verra plus en détail dans les chapitres suivants, il s'agit là en partie d'une question de gestion et d'organisation mais également d'influences extérieurs s'exerçant sur le projet telle par exemple la politique nationale des prix. Quant aux aspects techniques, ils impliquent l'utilisation de normes de qualité très élevées, mais dépendent eux aussi de nombreux facteurs externes et de l'incorporation en temps voulu de nouveaux ouvrages (drainage, etc.) à la périphérie du projet.

Le présent rapport ne peut que suggérer d'entreprendre un certain nombre d'actions, le suivi du projet constituant le facteur décisif qui permettra ou non d'atteindre les objectifs fixés.

### 2.2 Origine des problèmes

La nécessité d'une réhabilitation constitue l'indication en soi que les aménagements réalisés n'ont pas toujours donné entière satisfaction. Le fait qu'un tiers seulement du périmètre soit mis en culture confirme ce point de vue. De nombreuses discussions ont été tenues et de nombreux rapports ont été rédigés sur les raisons à l'origine de cet insuccès. Les motifs invoqués peuvent être résumés comme suit.

#### (a) Raisons techniques

- seuls 2/3 du périmètre avaient été aménagés au moment de la construction;
- le périmètre n'était que partiellement dominé par l'eau d'irrigation;
- insuffisance de la qualité de la construction;

- insuffisance du débit disponible pour l'irrigation;
- augmentation progressive du niveau d'eau à l'extérieur du périmètre;
- absence d'entretien systématique de l'infrastructure;
- superficie trop grande (3 ha) et planage inadéquat des champs.

(b) Raisons sociales

- manque de confiance de la population: techniquement, le périmètre n'a jamais fonctionné correctement et les espérances des paysans n'ont pas été satisfaites. La question de leur endettement vis-à-vis de la SAED a également influencé leur attitude;
- développement des aménagements hors périmètre: 1300 ha ont été aménagés en dehors du contrôle de la SAED. Les règles et mesures instaurées par la SAED n'ont pas été appliquées dans ces zones, ce qui a eu pour effet de les rendre attrayantes à certains points de vue, notamment en ce qui concerne la question de l'endettement;
- caractère hétérogène des populations: 40 % des habitants de la zone se compose de migrants, ce qui a entraîné certaines tensions entre les différents groupes;
- conditions de l'appropriation foncière;
- manque de formation des paysans dans les domaines de la gestion de leur exploitation et de la gestion des groupements.

2.3 Mesures destinées à assurer le succès du projet

2.3.1 Définition des mesures

En considérant à la fois des leçons du passé et des objectifs du projet tels que mentionnés dans le chapitre 2.1, il est possible de définir les conditions qui devront être créées pour assurer le succès du projet. Suite aux discussions qu'ils ont eues avec les responsables de la SAED et compte tenu à la fois des termes de référence, des nombreux rapports qui ont été rédigés sur le périmètre de Boundoum et de l'actuelle politique de désengagement de la SAED, les consultants ont compris que globalement les conditions à créer étaient les suivantes:

- une bonne conception et une construction correcte du périmètre, ne requérant qu'un minimum d'entretien et le dotant d'un réseau d'irrigation, de drainage et de pistes adéquat;
- un aménagement à la parcelle, adapté à la capacité technique et à l'organisation de la population, ainsi qu'un nivellement correct des parcelles;
- un entretien préventif et bien organisé du périmètre;
- une organisation du périmètre adaptée aux capacités des paysans;
- la possibilité pour les paysans de voir récompenser leurs efforts par une gratification adéquate;
- la possibilité pour les prestataires de services de voir leurs interventions payées correctement.

La présente étude s'est efforcée, dans les limites posées par les termes de référence, de préciser les mesures complémentaires à entreprendre avant et pendant la mise en oeuvre du projet en vue d'augmenter ses chances de succès. Ces diverses mesures sont détaillées dans la suite de ce rapport. Il convient de noter que ce rapport peut ne pas être complet dans la mesure où de nombreux aspects concernant la gestion du projet, les rapports avec la politique nationale, les relations avec d'autres projets dans la région, etc. n'entraient pas dans le cadre de présente étude.

### 2.3.2 Etudes et travaux de conception complémentaires requis

Les études et plans suivants doivent être exécutés avant que débute la mise en oeuvre de la réhabilitation:

#### (a) Etudes portant sur les liens entre le périmètre et la région

- Etudier l'approvisionnement en eau d'irrigation, compte tenu des besoins des autres périmètres installés dans les environs de Boundoum. Il s'agit essentiellement des ressources en eau de l'axe Gorom-Lampsar. Une fois la situation éclaircie et les différentes options étudiées, il sera possible de rechercher une source de financement et de démarrer la construction. Notons que l'eau d'irrigation pour la station de Boundoum Barrage devra être disponible pour l'année 4 du projet (voir détails dans les Chapitres 3 et 7).
- Etudier l'évacuation des eaux de drainage. Comme on peut conclure du Chapitre 4 et de l'Annexe F, la seule solution raisonnable pour l'évacuation des eaux de drainage de la zone consiste à utiliser le futur Emissaire du Delta. Une décision devra être prise à ce sujet et les risques résultant d'éventuels délais dans la construction de cet émissaire devront être acceptés ou rejetés, avant la mise en oeuvre du projet. En fonction des décisions prises, des plans détaillés des ouvrages requis devront être préparés (station de pompage, siphon et autres; voir Annexe F, Chapitre 4).
- Etudier l'amélioration des ouvrages de protection situés à la périphérie du périmètre (voir Annexe F).
- Négocier avec la SENELEC en vue d'obtenir l'assurance que l'approvisionnement en électricité du périmètre se fera de façon régulière et ne sera plus soumis à de constantes coupures.

#### (b) Etudes portant sur le périmètre

- Adapter l'avant-projet détaillé aux conclusions de la présente étude, dans la mesure où celles-ci ont été acceptées et considérées comme valables (voir Chapitre 4 et Annexes D et F).
- Effectuer un levé topographique détaillé du périmètre, par exemple à l'échelle 1:2000, avec intervalles de 0,1 m entre les courbes de niveau.
- Effectuer un levé topographique en vue de déterminer la position exacte de l'infrastructure actuelle.

- Etablir un plan détaillé pour l'aménagement à la parcelle. Ce plan pourrait être élaboré à Saint-Louis ou à Boundoum de manière à pouvoir effectuer des contrôles sur le terrain. Une autre possibilité consisterait à réaliser une partie de ces travaux en même temps que les travaux de construction. Cette dernière solution compliquerait toutefois la passation des marchés et le contenu des contrats.
- Veiller à ce que les spécifications techniques soient adaptées aux nouvelles idées (géotechnique, vannes en acier galvanisé, etc.).
- Détailler les plans pour l'infrastructure d'accompagnement, si possible en dialogue avec les représentants des paysans (voir Chapitre 5 et Annexe L).
- Prendre des décisions concernant le mode de financement du projet et les contributions qui seront à la charge des paysans.

(c) Préparation de la construction

- Suivre les procédures d'appels d'offres.
- Assurer un contrôle intensif des travaux et en donner la charge à un personnel qualifié.

(d) Information des paysans

- Informer les paysans sur la nature et la programmation des travaux.
- Préparer la gestion future du périmètre.
- Sélectionner les futurs responsables, tant au niveau des paysans que des agents de la SAED, et commencer leur formation.
- Sélectionner le futur mode d'entretien (par la SAED ou par des sociétés privées), commencer à former les responsables et à expérimenter l'équipement éventuel.
- Elaborer en détail la gestion future du périmètre.

### 3 LE PROJET DANS SON CONTEXTE PHYSIQUE

#### 3.1 Rappel de la situation

Le périmètre irrigué de Boundoum est situé dans le delta du fleuve Sénégal, dans une zone alluviale formée par le fleuve et composée de levées et cuvettes. Cette zone peut être qualifiée de plate, la différence de hauteur entre levées et cuvettes variant de 0,80 à 1,6 m<sup>+</sup> NGS. Avant que l'on ait entrepris de réguler le fleuve Sénégal à l'aide des barrages de Diama et de Manantali, elle était annuellement inondée par la crue qui constituait ainsi une forme d'irrigation naturelle pour l'agriculture. La zone est entourée d'un réseau de marigots, tous en liaison avec le fleuve. La localisation du périmètre par rapport à ces marigots et au fleuve est indiquée sur les Figures 2 et 4.

Etant donné que la pluviométrie est fortement déficitaire, il est indispensable d'irriguer pour pouvoir cultiver. Actuellement l'eau d'irrigation est pompée du fleuve par la station de Diawar et les eaux de drainage sont rejetées dans le Gorom aval par gravité, via les ouvrages de N'Donq et Gaëla.

Le plan de réhabilitation élaboré par le Gersar (1984 et 1986/87) prévoit dans l'avenir de pomper l'eau d'irrigation en deux endroits (Figure 4):

- dans le fleuve Sénégal près de Diawar;
- dans ce qu'il est convenu d'appeler l'axe Gorom-Lampsar près de Boundoum Barrage.

En ce qui concerne l'évacuation des eaux de drainage, ce plan prévoit la construction d'un barrage sur le Gorom à hauteur de Gaëla. Le bief situé entre les barrages de Boundoum et de Gaëla servira alors de réservoir aux eaux de drainage du périmètre, lesquelles seront ensuite pompées vers le Gorom aval par la station d'exhaure de Gaëla.

#### 3.2 Modifications des conditions hydrologiques du fleuve Sénégal

La mise en service des barrages de Manantali et Diama a entraîné la disparition tant des mouvements de marée que de la crue annuelle. Sur la Figure 3 sont reprises les courbes de niveaux du fleuve, avant et après la mise en service des barrages. Les principales modifications sont les suivantes:

- un niveau d'eau dans le fleuve presque constamment supérieur à 1,50 m<sup>+</sup> NGS;
- des variations entre 0,00 m et 2,33 m<sup>+</sup> NGS, avec des extrêmes pouvant atteindre 2,84 m<sup>+</sup> NGS.

D'autre part, l'on s'attend à ce qu'après achèvement de la construction de la digue située sur la rive nord du fleuve (Mauritanie), les niveaux d'eau seront régulièrement supérieurs à 2,00 m<sup>+</sup> NGS. (Notons que le démarrage des travaux d'endiguement est prévu pour 1987). Pour

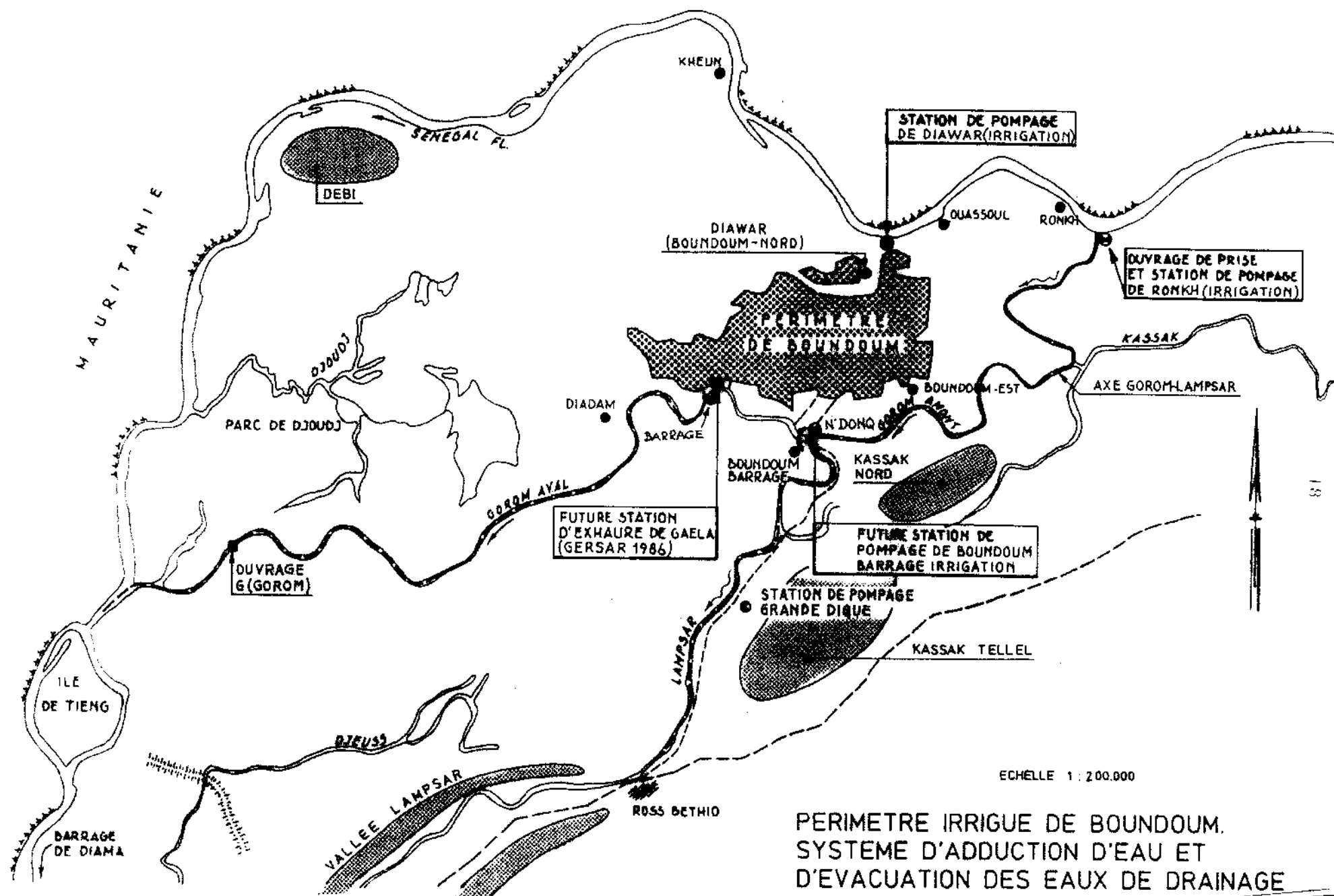


fig. 4



l'irrigation et le drainage du périmètre de Boundoum, les conséquences seront les suivantes (Figure 5):

- l'eau de fleuve destinée à l'irrigation atteindra la cote moyenne de 2,33 m<sup>+</sup> NGS à hauteur de la prise et devra continuer à être pompée, avec toutefois des hauteurs de pompage différentes, pour atteindre un niveau de 2,84 m<sup>+</sup> NGS dans le réseau;
- les eaux de drainage qui doivent être inférieures à 0,00 m<sup>+</sup> NGS ne pourront plus être rejetées par gravité dans le fleuve et il faudra prévoir un pompage jusqu'à la cote 2,33 m<sup>+</sup> NGS et plus.

### 3.3 Conséquences pour l'adduction d'eau d'irrigation

#### 3.3.1 Généralités

Vu que l'eau d'irrigation devra pratiquement toujours être pompée, on peut envisager plusieurs solutions qui en principe ont déjà été étudiées par Gersar en 1982 (voir Annexe D):

- (1) Pompage directement dans le fleuve à Diawar et pompage dans l'axe Gorom Lampsar à Boundoum barrage (Gersar 1987). L'alimentation en eau du fleuve pourra s'effectuer de deux manières:
  - par l'axe Gorom Lampsar, comme prévu par Gersar 1987;
  - via Gorom Aval, par l'intermédiaire de l'ouvrage G.
- (2) Pompage de la totalité des besoins directement dans le fleuve à Diawar.

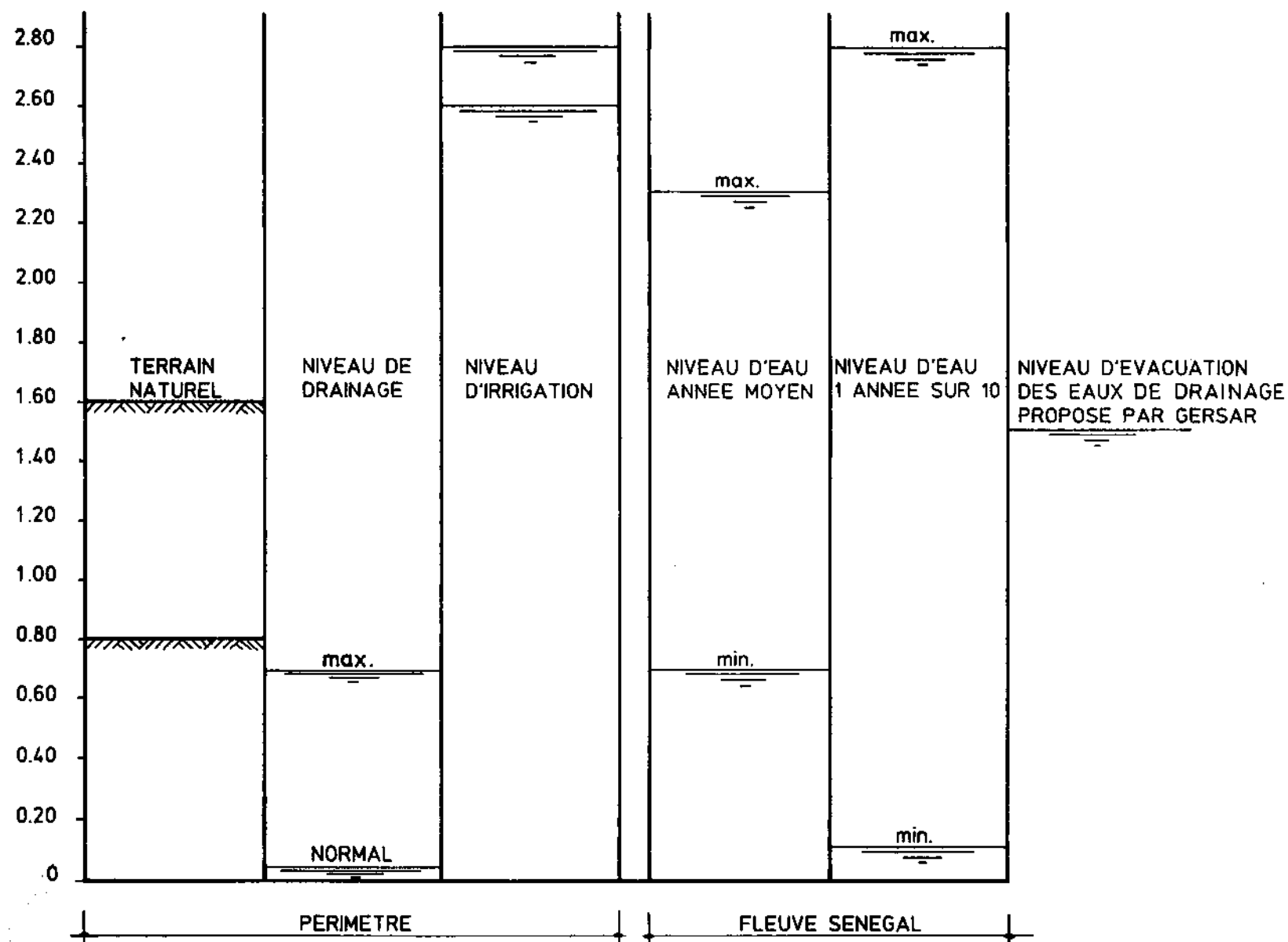
Les paragraphes suivants présentent une analyse des différentes méthodes et une estimation globale des coûts.

#### 3.3.2 Adduction d'eau avec deux stations de pompage, alimentée partiellement via l'axe Gorom Lampsar

Comme nous venons de le dire sous 3.1, il est prévu par Gersar (1987) d'effectuer l'adduction d'eau d'irrigation via deux stations de pompage (voir Figure 6, schéma 6.1):

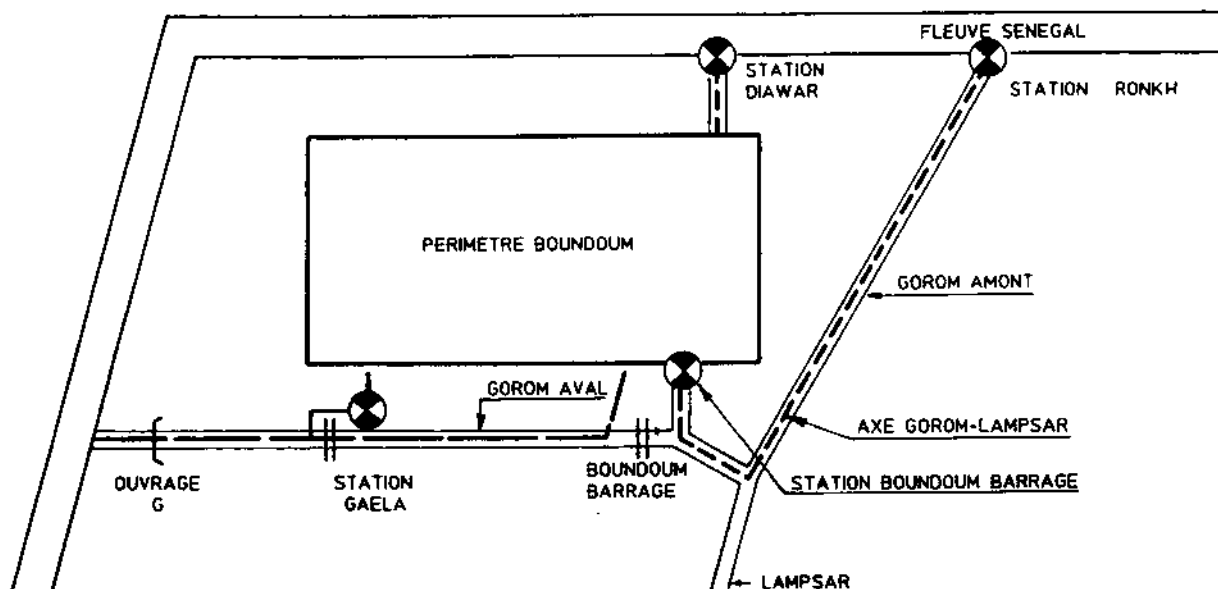
- (a) Station de pompage de Diawar: la station a été conçue par le Gersar en 1986 pour assurer un débit de 6,425 m<sup>3</sup>/sec pour environ 1800 ha, avec une hauteur d'aspiration variant de 0,10 à 2,50 m. Le fleuve pourra facilement livrer un débit de 6,5 m<sup>3</sup>/sec. Ces normes de construction conviennent donc parfaitement à la nouvelle situation;
- (b) Station de pompage de Boundoum Barrage (Gorom): la station a été conçue pour assurer un débit de 4,205 m<sup>3</sup>/sec pour 1290 ha, avec une hauteur de refoulement maximale de 2,92 m et une hauteur d'aspiration variant entre 0,10 et 2,20 m. Bien que ces critères soient parfaitement corrects, il faut se poser la question de savoir si l'axe Gorom-Lampsar est en mesure de fournir un tel débit.

L'axe Gorom-Lampsar est alimenté avec l'eau du fleuve Sénégal par l'ouvrage de prise et la station de pompage de Ronkh. En cas de basses eaux, l'admission est assurée par la station de pompage; lorsque les eaux sont suffisamment hautes elle s'effectue à l'aide d'une prise à vanne glissante. Le point critique de ce système est le débit des pompes et/ou des conduites.



RELATIONS ENTRE LES NIVEAUX D'EAU DANS LA FLEUVE SENEGAL ET  
LE NIVEAU D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE DANS LE PERIMETRE

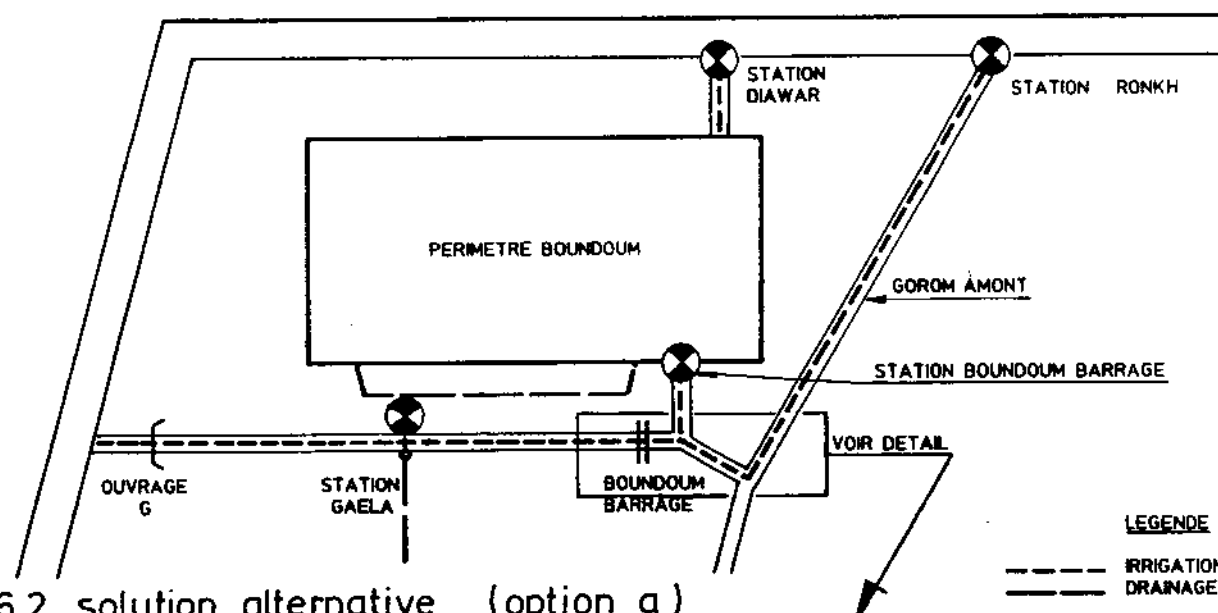
fig. 5



6.1 solution proposee par GERSAR

## LEGENDE

--- IRRIGATION  
 --- DRAINAGE



6.2 solution alternative (option a)

## LEGENDE

--- IRRIGATION  
 --- DRAINAGE

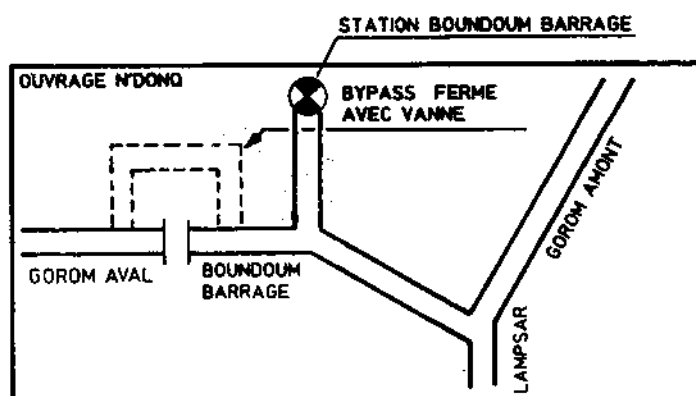


FIG. 6 SITUATION SCHEMATIQUE DE L'ADDUCTION ET DE L'EVACUATION D'EAU DU PERIMETRE DE BOUNDOUN

L'axe Gorom-Lampsar doit pourvoir à l'irrigation de quelque 10 000 ha, ce qui nécessite un débit d'environ 30,0 m<sup>3</sup>/sec. Or le débit des pompes n'est actuellement que de 17,5 m<sup>3</sup>/sec. Dans la pratique, il s'est avéré que la capacité du marigot était insuffisante pour transiter la totalité du débit requis. Une étude actuellement en cours cherche les moyens d'augmenter cette capacité et une première estimation des coûts s'élève à environ 700 millions FCFA (informations SAED).

Or, si le débit de l'axe Gorom-Lampsar est insuffisant, l'alimentation de la station de pompage de Boundoum Barrage le sera également. Il est donc nécessaire que ce débit réponde aux normes fixées avant que soit mise en service la station de Boundoum Barrage. Il ne nous semble toutefois pas raisonnable que tous les coûts liés à l'amélioration de cet axe soient portés au compte de Boundoum. En effet, des 10 000 ha irrigués par les eaux du Gorom-Lampsar, seuls 1290 ha (soit 13%) appartiennent au périmètre de Boundoum.

Du point de vue économique, il s'agit là d'un système d'irrigation onéreux. L'eau qui servira à irriguer le périmètre via Boundoum Barrage sera de temps en temps pompée à deux reprises (une fois à Ronkh et une fois à Boundoum Barrage). Les coûts afférents à ce deuxième pompage n'ont pas été repris dans les calculs économiques.

Les coûts de cette solution sont considérés standard.

Pour ce qui est des coûts d'aménagement d'une adduction adéquate dans l'axe Gorom Lampsar, on se base sur 13 % des coûts d'assainissement de l'axe, soit 91 millions de FCFA. Pour l'adaptation de la station de pompage de Ronkh, on estime que les coûts s'élèvent à 245 millions de FCFA, soit l'équivalent du montant estimé pour la station de pompage de Boundoum Barrage.

Les coûts d'agrandissement de la vanne glissante, laquelle permettrait à l'eau d'entrer dans l'axe par gravité, sont estimés à 10 millions de FCFA supplémentaires.

Au total, les coûts non compris dans la réhabilitation du périmètre et portant sur des travaux permettant d'assurer l'alimentation en eau de Boundoum Barrage sont estimés comme suit:

- Assainissement de l'axe Gorom Lampsar	91 millions de FCFA
- Agrandissement de la station de Ronkh	245 " "
- Vanne d'entrée	10 " "
Total	346 " "

### 3.3.3 Adduction d'eau avec deux stations de pompage, alimentée partiellement par le Gorom Aval

Une solution alternative est d'alimenter la station de pompage de Boundoum Barrage par le Gorom Aval.

On prend pour base que le profil du Gorom est suffisant pour fournir 4,2 m<sup>3</sup>/s et que le niveau peut être maintenu dans toutes les circonstances entre 0,1 m + NGS et 2,20 m + NGS.

Les travaux à réaliser seront les suivants:

- aménagement de l'ouvrage G près du parc des oiseaux de Djoudj (Figure 4);
- endiguement du Gorom sur une longueur de 25 km à un niveau d'environ 2 m (niveau d'eau prévu dans l'axe Gorom Lampsar 1,5 m);
- construction d'une by-pass à Boudoum Barrage (Figure 6.2).

Pour l'endiguement du Gorom, on prend pour base les caractéristiques suivantes: une digue avec une largeur de crêtes de 3 m, des talus de pente 1:2, et une hauteur moyenne d'1 m, de telle sorte que par une hauteur d'eau maximale de 1,5 m dans le Gorom, le bord libre soit de 0,50 m. Pour une telle construction on a besoin de 250 000 m<sup>3</sup> de remblai compacté, lequel coûte 1100 FCFA le m<sup>3</sup>.

On estime que les frais supplémentaires occasionnés par cette solution s'établissent comme suit:

- aménagement de l'ouvrage G	25 millions de FCFA
- by-pass Boundoum Barrage	25 millions de FCFA
- endiguement du Gorom	275 millions de FCFA.

Le total des coûts hors périmètre s'élève donc à 325 millions de FCFA. Pour établir le prix de revient total de cette solution, il faut y ajouter les frais d'aménagement du réseau de drainage (290 millions de FCFA) qui de toute façon sont nécessaires si on choisit cette solution (syphon, drain de connection, etc.).

### 3.3.4 Adduction d'eau avec une station de pompage à Diawar

Cette alternative par laquelle toute l'eau est pompée directement de la rivière à Diawar, présente les conséquences suivantes:

- la capacité de la station de Diawar doit être augmentée de 4,2 m<sup>3</sup>/s;
- les installations de sécurité doivent être adaptées;
- les canaux C 1, C 2 et C 1B doivent être agrandis;
- un ouvrage de régulation entre C 1A et C 1B doit être adapté.

Les économies réalisées sont les suivantes:

- la station de Boundoum Barrage n'est plus nécessaire;
- le canal Gorom 2 n'est plus nécessaire.

Une estimation globale des coûts part des principes suivants:

- le coût d'agrandissement de la station de Diawar est égal au coût des travaux à réaliser pour la station de pompage de Boundoum Barrage;
- la capacité des canaux sera augmentée en déplaçant les berges pour élargir le fond;
- lorsqu'une route longe un canal d'un côté, l'élargissement devra être réalisé de l'autre côté. En cas d'impossibilité, ou si le canal est longé de chaque côté par une route, il faudra construire une nouvelle route;
- les adaptations de la vanne AVIO sur le canal principal à Diawar sont aussi chères que la vanne AVIO de la station Boundoum Barrage qui disparaît dans cette solution;
- la capacité de l'ouvrage de sectionnement (C 1A-C 1B) doit être augmentée;

- les installations de sécurité devront être adaptées. Les coûts de ces adaptations seront compensés par la disparition de la station de Boundoum Barrage;
- pour l'adaptation des ouvrages d'art on prévoit un budget provisoire;
- les économies proviennent de la non-construction de la station de Boudoum Barrage, des canaux Gorom 1 et Gorom 2.

Les coûts supplémentaires nécessaires peuvent être estimés ainsi:

- adaptation des canaux sur 9,3 km (Diawar adducteur, C 1A 50 %, C 1B) soit 185 000 m <sup>3</sup> terrassement à 1500 FCFA	277,5 millions FCFA		
- décapage, soit 28 000 m <sup>3</sup> à 700 FCFA/m <sup>3</sup>	19,6	"	"
- nouvelles pistes soit 6,5 km à 4,5 millions FCFA/km	29,2	"	"
- ouvrages d'art (sectionnement), etc.	20	"	"
Total	346,3	"	"

Les économies, comme on l'a déjà dit, proviennent essentiellement de la non-construction des canaux Gorom 1 et 2, lesquels d'après l'étude de Gersar auraient une longueur de 2,3 km. Les frais de terrassement ainsi économisés (143 000 m<sup>3</sup> de remblai compacté et décapage) se montent à 166 millions FCFA.

La balance des coûts supplémentaires s'établit donc à 180 millions FCFA (150 millions FCFA selon les calculs en 1982).

### 3.3.5 Comparaison des coûts des différentes solutions

Cette comparaison peut s'établir ainsi:

	Invest. supplément. hors périm.	Invest. supplément. dans le périm.	Invest.* supplément. drainage	Invest. totaux
Solution standard	346	-	**	346
Solution adduction via Gorom Aval	325	-	290	615
Solution pompage total à Diawar	-	180	**	180

\* voir 3.4.2

\*\*investissements pas strictement nécessaires

Comme on peut conclure de ces calculs, la solution la plus économique est celle avec pompage de la totalité de l'eau à Diawar. Dans une étude de 1982, les coûts de différentes alternatives ont été calculés et comparés. A cette époque, pour des raisons de sécurité, on a pris la décision de principe de donner la préférence à une

proposition présentant deux stations de pompage, appelée ici solution standard (voir Annexe D).

On se limite ici à une comparaison des coûts pour le périmètre de Boundoum. Les conséquences que ces différentes solutions peuvent avoir pour la totalité de la zone ne peuvent pas être considérées dans le cadre de la présente étude.

On peut toutefois déjà faire remarquer ceci:

- l'aménagement de l'axe Gorom Lampsar présente un intérêt régional. Dans le cas où le périmètre de Boundoum n'interviendrait pas, les coûts d'aménagement supportés par les autres périmètres seraient plus élevés;
- l'aménagement du Gorom Aval, tel qu'il est présenté ici apparaît le plus coûteux, mais il ne présente pas ou peu de coûts opérationnels (pas de deuxième pompage). Les conséquences importantes qu'il aura pour les régions voisines ne sont pas étudiées dans ce rapport. A côté des problèmes d'alimentation en eau du Parc des oiseaux de Djoudj, il faut aussi tenir compte de l'évacuation des eaux de surface. Vu que le maître d'ouvrage, la SAED, avait déjà pris la décision d'utiliser deux stations de pompage, nous avons repris cette base de travail dans la présente étude. Si un changement d'option intervenait, de nouvelles études s'avèreraient nécessaires.

### 3.4 Conséquences pour l'évacuation des eaux de drainage

#### 3.4.1 Solution proposée antérieurement

L'option proposée par le Gersar pour l'évacuation des eaux de drainage est présentée aussi à la Figure 6, schéma 6.1. Comme il s'avèrera à la lecture du chapitre 4, le niveau des eaux de drainage devra se situer aux environs de la cote 0,00 m NGS. Suivant les plans du Gersar, ces eaux seront pompées vers le Gorom aval par la station de pompage de Gaëla, avec une hauteur de refoulement maximale de 1,5 m. Elles seront ensuite transitées par le Gorom aval vers le fleuve, puis évacuées par gravité dans ce dernier via l'ouvrage G. Or, cette solution sera souvent impossible pour les raisons suivantes:

- le niveau d'eau dans le fleuve sera fréquemment supérieur à 1,50 m<sup>+</sup> NGS (voir Figure 5);
- une grande partie du Gorom aval sortira souvent de son lit et formera un lac lorsque son niveau dépassera 1,0 m<sup>+</sup> NGS (cote du terrain naturel).

Si donc l'on souhaite appliquer cette solution, cela signifie qu'une station de pompage devra être construite près de l'ouvrage G pour pomper l'eau vers le fleuve, avec une hauteur de refoulement supérieure à 2,33 m<sup>+</sup> NGS. Une autre solution pourrait consister à construire la station de Gaëla en prévoyant une hauteur de refoulement de 2,70 m<sup>+</sup> NGS. Dans ce dernier cas, il faudrait prévoir d'endiguer la totalité du Gorom aval. L'idée d'une station de pompage près de l'ouvrage G a déjà été citée dans des rapports antérieurs (Gersar, 1982) mais n'a pas été élaborée. En outre, une solution faisant appel à deux stations de pompage est discutable du point de vue économique. Enfin, il faut

également noter que les eaux de drainage de Boundoum sont polluées et qu'elles auront des effets négatifs sur l'environnement du Parc de Djoudj (voir Annexe F pour plus de détails à ce sujet).

Au vu des différents problèmes posés par cette solution, sa réalisation n'a pas été considérée comme intéressante.

### 3.4.2 Solutions alternatives

Plusieurs solutions alternatives sont décrites dans le chapitre 4. Les solutions considérées comme valant la peine d'être retenues sont basées sur la future construction d'un grand émissaire pour l'ensemble du Delta, dans lequel tous les périmètres pourront évacuer leurs eaux, et qui à son tour les rejettera dans le fleuve en aval du barrage de Diamas. Pour créer un dénivelé suffisant qui permette le transport de ces eaux sur plusieurs dizaines de kilomètres, un ou plusieurs pompages seront nécessaires. Toutefois il s'agit là d'une solution au niveau régional dont la réalisation requerra encore beaucoup de temps et d'argent. Pour assurer l'évacuation des eaux de drainage du périmètre même, deux options alternatives sont envisageables:

#### (a) Option a

La première prévoit le pompage des eaux de drainage du périmètre par la station de pompage de Gaëla jusqu'à une hauteur de 2,10-2,20 m, leur refoulement par siphon sous le Gorom, puis leur déversement, soit dans une cuvette d'évaporation temporaire située entre le périmètre et le Djeuss (voir Figure 6, schéma 6.2 et Figure 7a), soit dans l'émissaire du delta. Il est alors possible, le moment venu, d'établir un raccord avec le futur émissaire du delta.

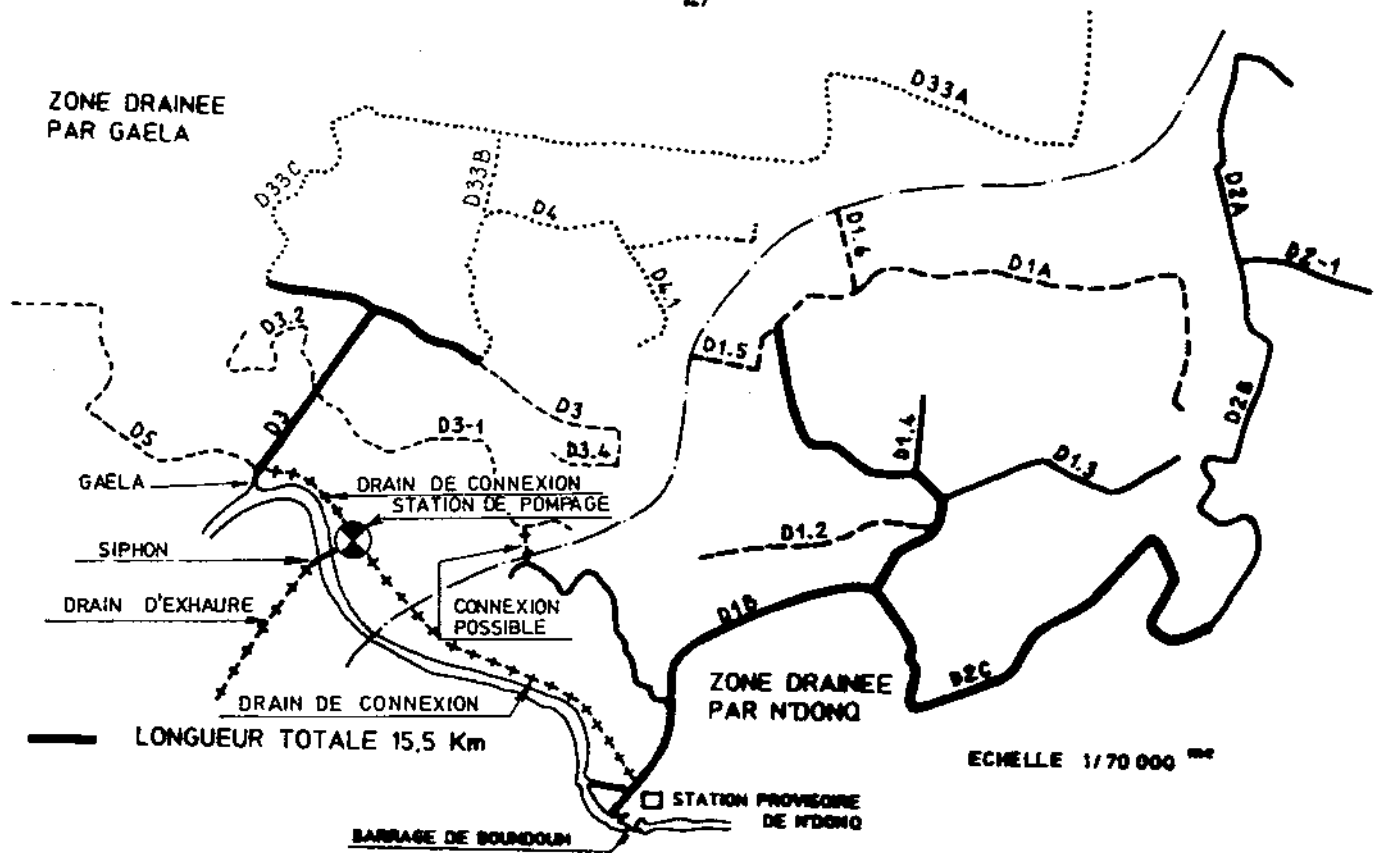
Dans ces conditions, le barrage projeté dans le Gorom pourrait être supprimé et le Gorom relié au fleuve par l'intermédiaire de l'ouvrage G aménagé. Si l'on installe alors un ouvrage avec by-pass à Boundoum Barrage, la station de pompage de Boundoum Barrage et l'axe Gorom-Lampsar pourraient être alimentés via le Gorom, ce qui permettrait peut-être de réduire ou de remplacer le pompage à Ronkh. Dans ce cas, l'ouvrage G devra être en parfait état de fonctionnement et le Gorom aval devra éventuellement être endigué.

#### (b) Option b

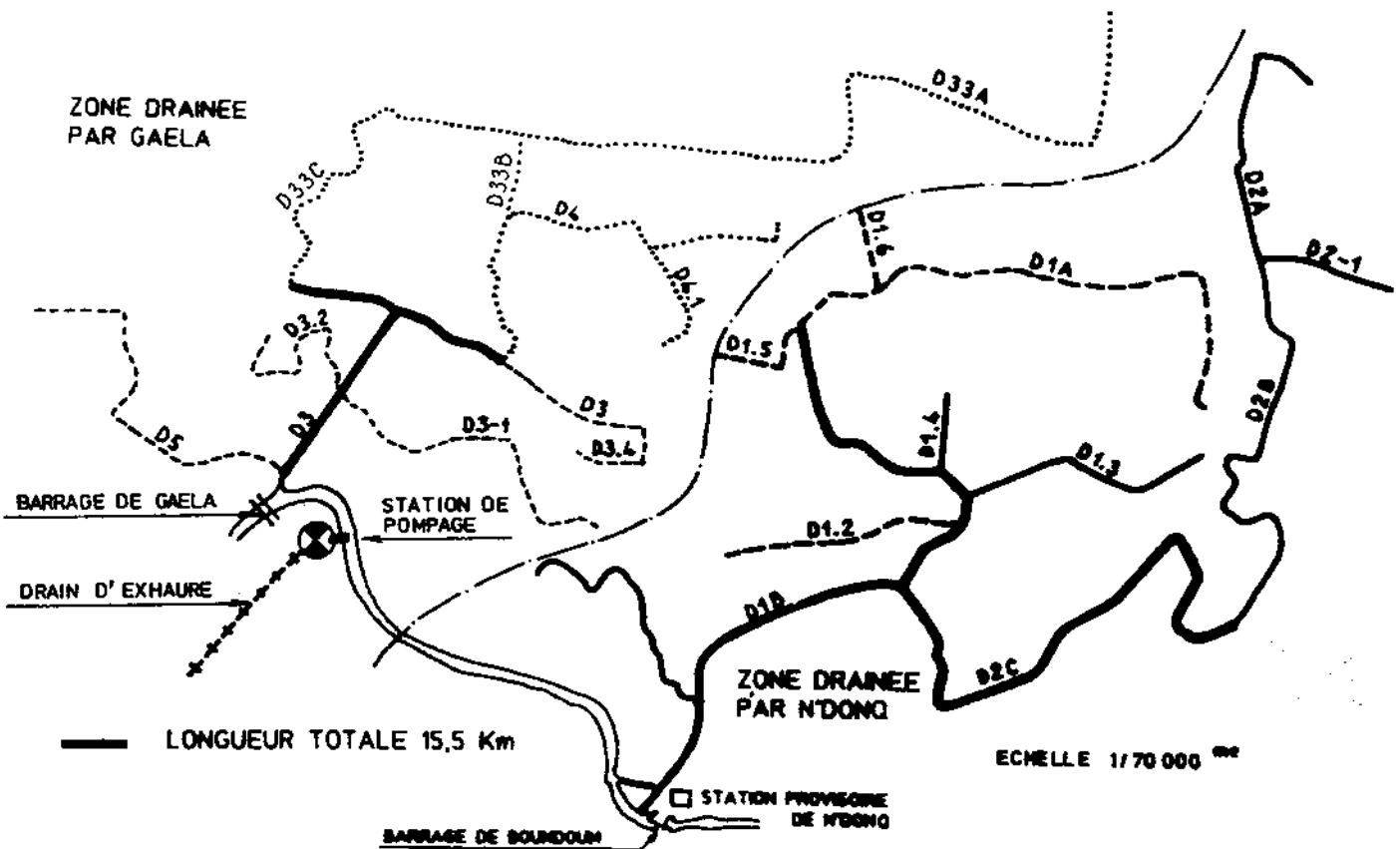
La deuxième option considérée comme réalisable consiste à maintenir le barrage projeté dans le Gorom aval et à utiliser le bief ainsi créé comme collecteur/réservoir pour les eaux de drainage du périmètre. Ces eaux y seraient refoulées par les ouvrages de Gaëla et N'Donq et une station de pompage située au sud du Gorom permettrait de pomper l'eau de ce bief dans un canal relié au futur grand émissaire du Delta ou à une cuvette d'évaporation (voir Figure 7b).

Cette solution qui est considérablement meilleur marché que l'option a (430 millions de FCFA au lieu de 720 millions de FCFA) présente le désavantage que le Gorom est bloqué en permanence et ne peut plus servir comme adducteur d'eau pour l'axe Gorom-Lampsar.





option A



option B

fig 7 INFRASTRUCTURE NECESSAIRE POUR RACCORDER  
LE RESEAU DE DRAINAGE AU FUTUR EMISSAIRE  
DU DELTA

### 3.4.3 Gestion des eaux de drainage en dehors du périmètre

Une fois évacuées du périmètre, les eaux de drainage doivent être transportées vers le fleuve jusqu'en aval de Diama par l'intermédiaire d'un grand émissaire dont la longueur sera de 25 à 30 km. Pour pouvoir se faire une idée de la grandeur de cet émissaire, notons qu'il devra évacuer l'eau provenant de 10 000 ha de périmètres irrigués ainsi que d'un important bassin versant. Ceci correspondra à un débit de 20 à 30 m<sup>3</sup>/s. Le dénivelé requis dans la partie plate du delta sera d'au moins 0,2 %, soit une hauteur de pression de 5 à 6 m. Ceci signifie que l'eau près du périmètre devrait être pompée jusqu'à 6 m et que des digues de 7 à 8 m seront nécessaires. Etant donné qu'il s'agit là d'une solution peu pratique, des stations de pompage intermédiaires devront être installées pour fournir à l'eau une hauteur de pression suffisante.

Compte tenu de ce que la construction d'un tel émissaire sera très onéreuse et que les études nécessaires ainsi que la préparation de sa construction requerront beaucoup de temps, une solution intermédiaire a été envisagée qui consiste à évacuer l'eau de drainage du périmètre dans une cuvette située entre le Gorom et le Djeuss (voir Figure 8) et à la laisser s'évaporer sur une surface d'approximativement 1000 ha.

Cette option détaillée dans l'Annexe F entraîne toutefois une importante salinisation de la zone d'évaporation qui sera difficile à réhabiliter par la suite. C'est pourquoi elle n'est pas considérée comme véritablement intéressante. Il s'avère donc que le raccordement à un émissaire destiné à évacuer l'eau de drainage vers le fleuve en aval de Diama constitue, dès le départ, une condition essentielle à une solution de qualité.

Au cas où l'aménagement de cet émissaire serait différé et qu'en conséquence les eaux de drainage ne pourraient pas être évacuées, l'on pourrait, bien qu'elles soient peu attrayantes, envisager les possibilités suivantes:

- (a) évaporation de l'eau dans des dépressions, ce qui entraînera une forte salinisation sur une superficie d'environ 1000 ha et risque de provoquer un écoulement salin vers d'autres zones. Ces dépressions seront par la suite pratiquement impossibles à réhabiliter;
- (b) évacuation temporaire de l'eau de drainage dans le Gorom aval, ce qui entraînera d'importants dégâts pour le Parc de Djoudj et nécessitera l'endiguement du Gorom;
- (c) creusement d'un canal d'évacuation temporaire vers le fleuve au sud du Gorom. Ce canal d'une longueur approximative de 15 km sera très coûteux et constituera en fait un redoublement du futur émissaire du delta.

### 3.5 Conclusions et recommandations pour la gestion de l'eau

L'irrigation et le drainage du périmètre de Boundoum s'avèrent à la fois complexes et fort coûteuses pour les raisons suivantes:

- une partie de l'eau d'irrigation doit être pompée une fois;
- environ la moitié de l'eau d'irrigation doit être pompée deux fois;
- les eaux de drainage doivent être pompées une fois et nécessitent pour

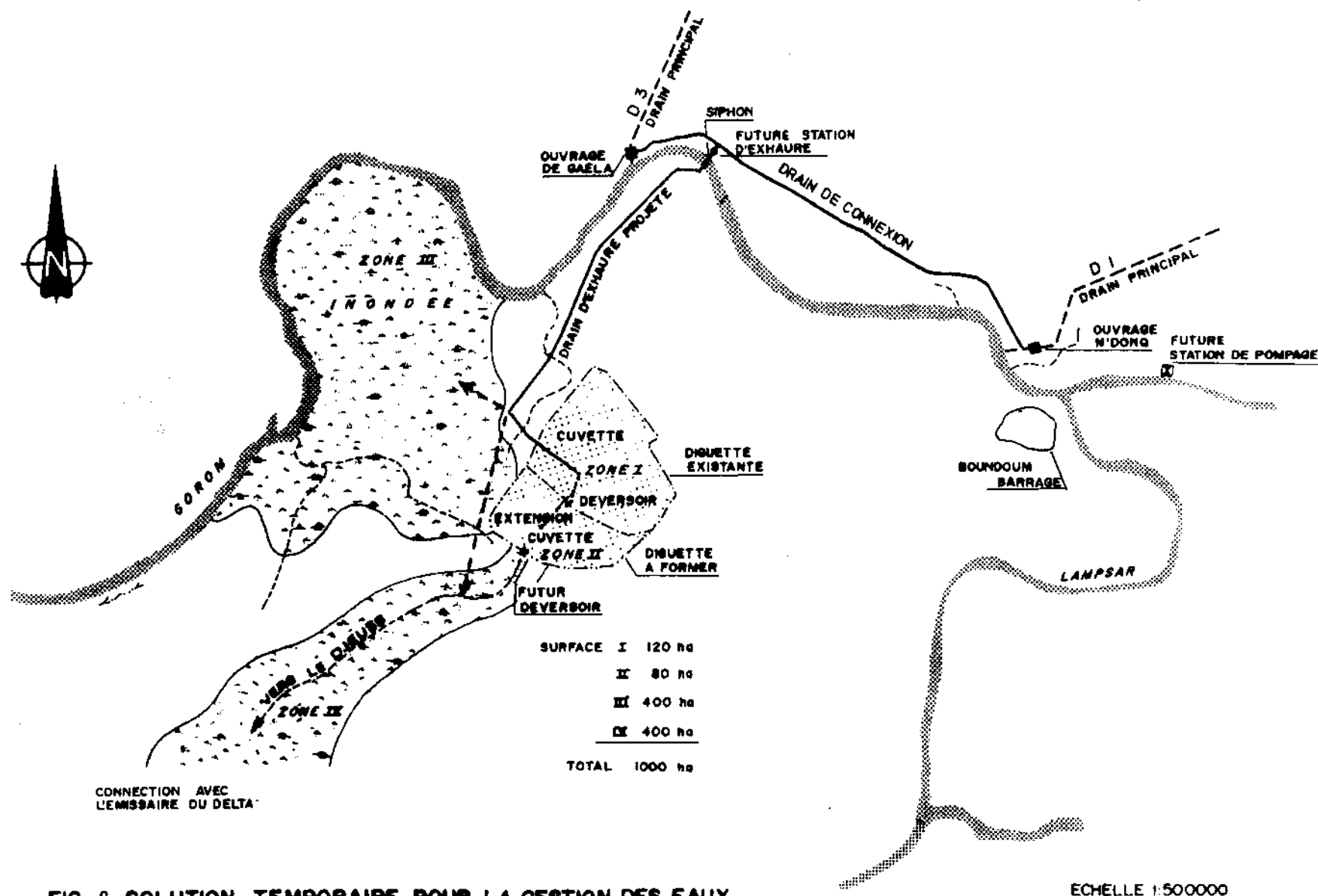


FIG. 8 SOLUTION TEMPORAIRE POUR LA GESTION DES EAUX DE DRAINAGE EN DEHORS DU PERIMETRE

leur évacuation en dehors de la zone, un système complexe basé sur l'existence d'un émissaire servant à l'ensemble du delta.

Bien que la question de l'adduction de l'eau d'irrigation et de l'évacuation des eaux de drainage du périmètre de Boundoum ne relève pas de la présente étude, il faut noter qu'il s'agit là de problèmes complexes et dont les conséquences peuvent être extrêmement importantes. Aussi est-il recommandé d'établir un plan fort clair concernant l'évacuation des eaux de drainage et la gestion des eaux dans la totalité de la zone entourant le périmètre, de même qu'un plan d'exécution, et ceci avant que la réhabilitation du périmètre soit entreprise.

Dans ce cadre, il conviendra d'étudier les aspects suivants:

- axe Gorom-Lampsar: levés topographiques (en cours) et plans pour son adaptation;
- levés topographiques de la zone concernée, avec localisation des marigots et dépressions existants;
- inventaire des projets, déjà en place et projetés, en tenant compte de leurs besoins en eau d'irrigation et en drainage;
- avant-projet de l'émissaire du delta, y compris le calcul des niveaux d'eau prévisionnels et niveaux d'évacuation potentiels;
- plan directeur pour la gestion de l'eau dans le delta;
- investissements requis et programmation de la mise en oeuvre.

#### 4 ASPECTS TECHNIQUES DE LA REHABILITATION

##### 4.1 Caractéristiques des sols

Une suggestion pour le suivi du développement des sols est donnée en Annexe A.

Le rapport Gersar (1987) présente une étude des sols. De la carte pédologique qui y est jointe et des observations de terrain il ressort que les sols du périmètre de Boundoum sont composés d'une couche superficielle d'origine fluviatile reposant sur un sous-sol de sédiments marins, généralement sableux. Ces sédiments marins présentent certaines caractéristiques propres aux sols (potentiellement) sulfatés acides. A l'exception de quelques taches de jarosite, on n'a pas trouvé de valeurs extrêmement basses pour le pH. Il est souvent difficile d'indiquer la limite entre les sédiments fluviaux et les sédiments marins sableux dans le sous-sol.

La couche superficielle fluviatile présente les variations bien connues de levées sableuses et loameuses, ainsi que des sédiments de bassin argileux à très argileux. L'épaisseur très irrégulière de ces sédiments argileux est due à la topographie fort inégale des sous-sols sableux. On a trouvé des profils de pur sable et de sédiments argileux de plus de 1 mètre d'épaisseur proches les uns des autres.

En raison des conditions climatologiques et hydrologiques, les sols sont naturellement salins à extrêmement salins, ce qui résulte en un pourcentage de sodium échangeable (ESP) très élevé et un ratio Ca/Mg très bas. La combinaison de ces deux aspects défavorables influence la structure du sol qui est très instable. Ces sols peuvent toutefois être désalinisés par lessivage, comme cela a été prouvé par les pratiques des quinze dernières années, alors que les conditions de drainage étaient pourtant loin d'être favorables.

Les sols lessivés non salins ou peu salins ayant une texture loameuse à argileuse et une structure instable peuvent être considérés comme aptes à la riziculture. Les sols purement sableux sont en principe inaptes à la riziculture, mais ne couvrent que 1 % de la superficie totale du projet. Ces superficies limitées pourraient être utilisées à des fins de génie civil. On a envisagé d'utiliser les sols à texture grossière à moyenne pour des polycultures et des cultures horticoles. Les problèmes de structure de la couche superficielle et les besoins spéciaux en drainage que requièrent de telles cultures constituent toutefois des contraintes insurmontables qui obligent à renoncer à ces possibilités.

Bien que les sols du périmètre de Boundoum soient donc potentiellement aptes à la riziculture irriguée, il faut tenir compte d'un certain nombre de contraintes. En raison de l'instabilité de la structure du sol, une attention spéciale devra être accordée aux travaux de préparation du sol si l'on veut éviter le risque d'une teneur trop élevée en ions ferreux. En outre, sa fertilité laissant à désirer, d'importantes recherches appliquées devront encore être réalisées dans ce domaine.

#### 4.2 Drainage et contrôle de la salinité

Cette question est développée dans l'Annexe B, en particulier la méthode de drainage proposée dans le rapport Gersar (1987).

##### 4.2.1 Fonctions du réseau de drainage

Dans les rizières, les fonctions de drainage et de contrôle de la salinité dépendent du réseau de drainage tertiaire, les réseaux primaire et secondaire ayant essentiellement pour tâche d'évacuer les eaux de drainage du réseau tertiaire à l'extérieur du périmètre.

Le réseau de drains tertiaires a une double fonction:

- (a) Assainissement: évacuation des surplus d'eau par écoulement à la surface des terres. Ces surplus peuvent consister en:
  - eaux pluviales
  - surplus d'irrigation
  - eaux provenant de la vidange des rizières avant la récolte.
- (b) Drainage souterrain: évacuation des eaux par écoulement souterrain vers les fossés.

Le contrôle de la salinité des rizières s'effectue selon deux mécanismes, parallèles aux deux formes d'évacuation d'eau susmentionnées:

- (a) Dessalement superficiel: les sels présents à la surface du terrain et dans la couche superficielle du sol sont dissous dans l'eau d'irrigation, puis sont emmenés avec l'eau de surface que l'on évacue quelque temps après et que l'on remplace par une nouvelle eau d'irrigation. Si nécessaire, on peut répéter l'opération de renouvellement de l'eau d'irrigation lorsque la concentration saline dans l'eau de submersion est devenue trop élevée suite à la diffusion des sels dans le sol et éventuellement suite à l'accumulation de sels dans l'eau d'irrigation (concentration de sel sous l'effet de l'évaporation).
- (b) Dessalement par écoulement souterrain: l'eau qui s'infiltre dans le sol puis s'écoule dans le profil vers les drains emporte les sels dissous, ce qui donne les effets suivants:
  - dessalement de la couche superficielle jusqu'à une profondeur qui augmente progressivement;
  - formation d'une couche d'eau douce qui flotte sur les eaux salées en profondeur. La profondeur de la limite saline augmente avec le temps jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint;
  - "exportation" du sel hors du profil du sol via le réseau de drainage.

##### 4.2.2 Conditions naturelles du sol

Les sols de Boundoum consistent en une couche argileuse superficielle d'épaisseur variable (0 à 2,5 m) et dont la perméabilité verticale est considérée comme très faible (1 à 5 mm/jour). Sous cette couche se trouve une formation aquifère superficielle s'étendant jusqu'à une profondeur d'environ 6 m et dont la texture sableuse et limoneuse

est généralement stratifiée (perméabilité verticale 1,4 m/jour). Cette aquifère est suivie par une couche argileuse imperméable d'environ 20 m d'épaisseur et qui s'étend approximativement jusqu'à une profondeur de 25 m.

La salinité de l'aquifère superficielle est extrêmement élevée et correspond à environ 70 gr/l (CE 100 mS/cm). La profondeur de la nappe phréatique, dans des conditions naturelles, est de l'ordre de 2,5 à 3 m. Lorsque les terres sont cultivées, sa profondeur varie entre 1,5 et 2 m. La teneur en sel des zones non cultivées est elle aussi extrêmement élevée. L'influence de la riziculture sur ce point est très claire: la salinité dans les zones cultivées est nettement plus basse et il est possible de cultiver du riz, même en l'absence d'un système de drainage élaboré.

#### 4.2.3 Niveau de la nappe phréatique

Le fleuve Sénégal n'exerce aucune influence visible sur le niveau de la nappe phréatique et l'on ne prévoit pas d'effets significatifs de la construction de la digue Rive Droite et de la mise en service du barrage de Manantali (voir Annexe B chapitre 4.3), sur les variations annuelles:

- (a) Avant la mise en culture des terres: le niveau de la nappe est seulement déterminé par les précipitations et l'évaporation; l'influence des précipitations est relativement faible et la nappe se trouve en permanence à une profondeur d'environ 3 m.
- (b) Après la mise en culture des terres: le niveau de la nappe est influencé par l'irrigation et le drainage; pendant la saison rizicole, tout le profil est saturé (nappe phréatique au-dessus du terrain naturel); entre deux saisons de croissance, le niveau descend à une profondeur de 1 m à 1,5 m pour la double culture de riz, de 1,5 m à 3 m pour la culture simple et à 3 m en régime de jachère.

#### 4.2.4 Drainage et contrôle de la salinité des rizières

Le dessalement de la zone d'enracinement des rizières se déroule selon deux mécanismes parallèles aux deux formes de drainage, à savoir:

- (a) drainage superficiel (assainissement) avec évacuation simultanée de sel provenant de la surface du terrain;
- (b) écoulement souterrain des eaux infiltrées dans le profil du sol avec évacuation du sel provenant de la zone d'enracinement et des couches plus profondes du profil.

Les deux formes de dessalement et de drainage sont réalisables dans une mesure satisfaisante à l'aide du réseau de drains tertiaires dans l'aménagement à la parcelle tel qu'il est actuellement projeté, avec un écartement maximum de 300 m entre les drains tertiaires.

Avec un écartement de 600 m (situation assez commune actuellement), il ne se produit sur la moitié amont des parcelles pratiquement aucune percolation ni drainage souterrain. Le contrôle de la salinité s'effectue là essentiellement par drainage superficiel.

Le contrôle de la salinité par drainage superficiel exige beaucoup plus d'eau que par drainage souterrain, respectivement environ 2-3 mm/jour et 0,5 mm/jour.

Le réseau de drains primaires et secondaires permet de maintenir le niveau d'eau dans les drains tertiaires à une profondeur de l'ordre de 0,7 m à 1,0 m dans des conditions normales. Il est nécessaire de maintenir ces niveaux d'eau à l'aide d'une gestion et d'un entretien adéquats du réseau et de la station d'exhaure.

Il faut faire remarquer que le contrôle de la salinité part du principe que toutes les parcelles sont cultivées de façon homogène, et qu'on ne rencontre au milieu d'elles aucun champ abandonné ou en friche. Par l'alimentation en eau des champs voisins et la montée capillaire, la salinité augmentera dans les friches, en particulier au cours des premières années. Pour évacuer ce sel, une grande quantité d'eau est nécessaire, laquelle n'est pas facilement disponible. Il en ressort que ces champs, à cause de leur salinité, ne porteront que de faibles, voire aucune récolte.

Parmi les conditions qui seront posées aux paysans pour la mise en culture du périmètre, on devra, afin d'éviter ce problème, exiger que toutes les terres soient mises en culture, qu'aucun champ isolé ne soit laissé en friche.

Si ce système de drainage du périmètre fonctionne correctement, l'influence de l'eau d'irrigation sur les eaux souterraines des alentours du périmètre sera très limitée. Cependant, de part la montée capillaire, on doit s'attendre à une augmentation de la salinité au nord, à l'est et à l'ouest du périmètre.

Grâce au drainage souterrain, toute l'aquifère superficielle (jusqu'à une profondeur de 6 m où se trouve un substrat imperméable) sera à long terme désalinisée: l'eau salée de la nappe sera progressivement remplacée par de l'eau douce provenant de l'irrigation. Toutefois, ce processus est assez lent et peut durer plusieurs dizaines d'années. Le drainage souterrain et la vitesse de dessalement qui en résulte varient fortement d'un endroit à l'autre et sont principalement déterminés par la résistance verticale de la couche superficielle argileuse en fonction de son épaisseur et de sa conductivité hydraulique verticale. Cette conductivité est très difficile à quantifier.

Dans des conditions moyennes dans le périmètre, la progression du dessalement du profil du sol et de l'aquifère superficielle est estimée comme suit:

	<u>pourcentage de sel évacué</u>
année 5	20 %
année 10	35 %
année 25	65 %
année 50	85 %

#### 4.2.5 Drains quaternaires

Si pour respecter l'infrastructure existante un écartement des drains tertiaires de 300 m n'est pas réalisable, des drains



quaternaires pourraient éventuellement être utilisés d'une profondeur de 0,6 m minimum, pourvu que la distance entre chaque point des rizières et un drain, soit quaternaire soit tertiaire, ne soit plus que d'environ 150 m.

#### 4.2.6 Surcreusement des drains tertiaires jusqu'au sous-sol sableux

Cet aspect est important pour les profils ayant une couche superficielle argileuse épaisse (plus de 1 m). Après un examen critique des expériences faites dans le périmètre et après avoir considéré les processus de drainage et de désalinisation, on a conclu qu'il n'était pas nécessaire de surcreuser ces drains. Les profondeurs théoriques sont satisfaisantes. Ces sols sont considérés comme étant aptes à la riziculture.

#### 4.2.7 Drains tubulaires souterrains

Il a été proposé d'utiliser ces drains pour remplacer les drains tertiaires à ciel ouvert dans les sols salins et éventuellement pour compléter le réseau de drains tertiaires. Leur usage est toutefois déconseillé pour les raisons suivantes:

- les drains tertiaires à ciel ouvert sont en tout cas nécessaires pour le drainage superficiel;
- en raison des conditions spécifiques de Boundoum, il existe des objections pratiques majeures à l'installation de ces tuyaux.

#### 4.2.8 Sols sans argile en surface dans le premier mètre

Ces sols ont été antérieurement définis comme "inaptes à la riziculture, mais aptes aux polycultures après dessalement" (classe 4). L'aptitude aux polycultures est douteuse en raison de l'incertitude d'obtenir un contrôle suffisant de la salinité en maintenant la nappe phréatique à une profondeur suffisante.

#### 4.2.9 Salinité des eaux de drainage

La salinité de la nappe phréatique est considérablement plus élevée que  $CE = 40 \text{ mS/cm}$ , chiffre cité dans les termes de référence. Ce dernier chiffre provient de l'étude pédologique du Gersar en 1986 et signifie en fait "plus de  $40 \text{ mS/cm}$ " en raison des limites des appareils de mesure. En réalité, la salinité monte jusqu'à  $100 \text{ mS/cm}$ , ce qui représente une teneur en sel d'environ  $70 \text{ g/l}$ , soit le double de celle de l'eau de mer.

En prenant comme point de départ une salinité de la nappe de  $100 \text{ mS}$ , la moyenne annuelle de la salinité des eaux de drainage (eaux de drainage de surface et de drainage souterrain mélangées) est estimée comme suit:

au début:	teneur en sel	$12 \text{ g/l}$ ; $CE = 15 \text{ mS/cm}$
après 10 ans:	teneur en sel	$8 \text{ g/l}$ ; $CE = 10 \text{ mS/cm}$
après 25 ans:	teneur en sel	$4 \text{ g/l}$ ; $CE = 5 \text{ mS/cm}$

#### 4.2.10 Quantités d'eau et de sel à évacuer

Pour une double culture de riz sur 100 % du périmètre, la totalité annuelle d'eau à évacuer du périmètre est estimée à environ 21,5 millions m<sup>3</sup>. Cette eau peut être évacuée vers une dépression où elle s'évapore. Pour pouvoir recevoir cette quantité d'eau, cette cuvette doit avoir une superficie de 1000 ha. L'évacuation du sel hors du périmètre est estimée comme suit:

au début:	200 000 t/an
après 10 ans:	130 000 t/an
après 25 ans:	70 000 t/an

En cas d'une intensité de culture de 1,6, comme on le prévoit, ces chiffres seront plus réduits, mais leur décroissement demandera aussi plus de temps.

#### 4.3 Conditions géohydrologiques

Elles sont développées dans l'Annexe C.

##### 4.3.1 Introduction

Les conditions de la nappe phréatique dans la zone du projet et l'influence éventuelle que le fleuve peut avoir sur elle sont importantes pour la conception du réseau de drainage. La construction du barrage de Diama en aval de Boundoum, du barrage de Manantali au Mali ainsi que de la Digue Rive Droite, auront une grande influence sur les niveaux dans le Sénégal et sur les quantités d'eau disponibles pour l'irrigation. Ces modifications de niveau influenceront à leur tour le régime des eaux souterraines à proximité du fleuve.

C'est ainsi qu'une hausse du niveau d'eau dans le fleuve aura pour effet d'accroître son infiltration latérale et de relever le niveau de la nappe phréatique. Le fait que l'eau du fleuve sera disponible pour l'irrigation en plus grande quantité et pendant une période de temps plus longue entraînera lui aussi une augmentation des phénomènes d'infiltration et une élévation subséquente du niveau de la nappe phréatique. D'autre part, le taux de salinité extrêmement élevé des eaux souterraines et l'évapotranspiration sont susceptibles, à court terme, de provoquer une salinisation inacceptable des sols et d'imposer ainsi un drainage plus rigoureux.

La présente étude a poursuivi les objectifs suivants:

- établir la profondeur de la base imperméable de l'aquifère sableuse située sous la couche d'argile superficielle (0,5-2 m); ce point est important pour la conception du réseau de drainage;
- établir les caractéristiques hydrauliques de cette formation;
- étudier et quantifier avec le plus de précision possible l'influence du fleuve Sénégal et de l'irrigation sur le régime des eaux souterraines, compte tenu des changements hydrologiques précités.

#### 4.3.2 Collecte des données de base

En vue d'atteindre ces objectifs, les informations suivantes ont été recueillies et étudiées:

- (a) données lithologiques provenant de la description de trois forages de 30 m de profondeur et de seize forages de 6 m, réalisés par l'OMVS en 1986;
- (b) description du profil de 300 forages de 3 m de profondeur, effectués au cours d'une campagne de prospections pédologiques réalisée par la SAED et le Gersar à Boundoum entre les mois de mars et juin 1986;
- (c) données concernant l'évaporation et les précipitations, collectées auprès du bureau de la SAED à Ross Bethio;
- (d) résultats des études de drainage réalisées par Mutsaers et van der Velden (1975), dans une zone similaire à celle de Boundoum;
- (e) données historiques concernant les fluctuations du niveau d'eau dans les berges du fleuve Sénégal provenant de l'étude d'Audibert et Filippi (1984) sur les environs de Diawar et de l'étude de Diallo et alt. (1985) portant sur les environs de Kheun, quelques kilomètres en aval de Diawar.

#### 4.3.3 Résultats de l'étude des données des bases

L'étude des informations recueillies ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- (a) Le profil du sols consiste en:
  - une couche d'argile superficielle de 0,5 à 2 m d'épaisseur;
  - une aquifère sableuse jusqu'à une profondeur d'environ 6,5 m;
  - une couche d'argile imperméable dont l'épaisseur varie de 15 à 20 m;
  - une aquifère sableuse profonde (plus de 25 m au-dessous de la surface).
- (b) L'on ne dispose pas de données concernant la perméabilité verticale de la couche d'argile superficielle. Une première estimation des observations réalisées sur le terrain a résulté en une perméabilité verticale d'environ 2 mm/j. Toutefois, des données supplémentaires sur les niveaux d'eau devraient être relevées au cours du premier mois de la prochaine saison d'irrigation (1988), de manière à pouvoir établir des valeurs plus précises.
- (c) La perméabilité de la couche sableuse a été déterminée à l'aide de la méthode du trou de tarière au cours de la campagne de prospection pédologique de 1985/1986. Sa perméabilité moyenne est de 1,4 m/jour, ce qui, compte tenu de l'épaisseur de la couche sableuse, correspond à une transmissivité de 5 à 10 m<sup>2</sup>/jour.
- (d) Cette faible transmissivité de l'aquifère sableuse restreint apparemment le flux horizontal des eaux souterraines. La réalimentation des nappes s'effectue davantage par infiltration de l'eau d'irrigation dans les périmètres irrigués et résulte en une élévation des eaux souterraines jusqu'à la surface dans les zones cultivées. A l'issue de la saison d'irrigation, les pertes d'évaporation font retomber le niveau des eaux souterraines à 3 m au-dessous de la surface du sol. Dans les zones non irriguées, le niveau des eaux se maintient à 3 m pendant toute l'année.
- (e) La résistance à l'écoulement vertical dans les 15 à 20 m de la couche argileuse (profonde) n'est pas connue mais on peut considérer qu'elle est imperméable, compte tenu des grandes différences de niveau d'eau dans les couches sableuses surjacentes et sousjacentes (voir Tableau 3).

- (f) Les niveaux de la nappe phréatique mesurés dans des piézomètres peu profonds sont les suivants:

Tableau 3 - Mesures des profondeurs de la nappe phréatique

No. piézomètre	Profondeur du filtre (m)	Profondeur de la nappe (m)
GA0046	29,93	1,01
GA0047	5,55	1,71
GA0054	37,80	1,51
GA0056	6,75	2,80
GA0066	25,50	1,58
GA0067	6,50	3,96

- (g) Le niveau hydrostatique dans l'aquifère profonde est, par contre, environ égal au niveau du terrain naturel, ce qui indique une séparation pratiquement absolue avec les eaux de l'aquifère superficielle.

#### 4.3.4 Infiltration latérale des eaux du fleuve Sénégal

Au cours de la période de crue du fleuve, une partie de ses eaux s'infiltré dans la formation aquifère et vient réalimenter la nappe phréatique. Le niveau de la nappe en bordure du fleuve subit donc l'influence des variations de niveaux du fleuve et fluctue en conséquence. Ces eaux d'infiltration disparaissent de la formation aquifère par évapotranspiration. Ce phénomène ne se produit que sur les terrains en jachère. Sur les terres situées le long du fleuve mais où l'on pratique la riziculture, il n'y a pas d'évaporation des eaux souterraines mais une infiltration de l'eau d'irrigation provenant des rizières. Il en résulte une élévation de niveau de la nappe phréatique au cours des périodes d'irrigation et, en dehors de ces périodes, une baisse de la nappe jusqu'à un maximum de 3 m sous l'effet de l'évapotranspiration. Lorsque la nappe phréatique atteint un niveau encore inférieur, l'évapotranspiration devient totalement négligeable.

Lorsque qu'on cultive du riz le long du fleuve et qu'il ne se produit donc pas d'évapotranspiration, l'eau du fleuve aura tendance en saison d'irrigation, à pénétrer plus profondément dans les sols et à provoquer, conjointement avec les eaux d'irrigation qui s'infiltreront, de plus grands suintements. Pour se faire une idée précise des niveaux actuels et futurs de la nappe phréatique, compte tenu des conditions qui seront créées par le projet et des modifications de régime que subira le fleuve Sénégal, il est nécessaire d'utiliser un modèle numérique des eaux souterraines. Une telle étude de modèle a été réalisée à l'aide d'un modèle basé sur la méthode des différences finies (voir Annexe B). Le modèle et le logiciel utilisés sont décrits dans Boonstra et de Ridder (1981). Pour la présente étude, l'on a ajouté au modèle une routine destinée à calculer l'évapotranspiration des eaux souterraines peu profondes situées sous des terres en jachère.

#### 4.3.5 Résultats de l'étude de modèle

Au total, cinq variantes ont été calculées. Les différences entre ces alternatives sont déterminées à la fois par les différences de régime hydrologique du fleuve qui résultent de la construction des barrages et des digues projetés ainsi que par l'intensité d'irrigation correspondante. Ces variantes sont reprises dans le Tableau 4.

Pour calculer, pour chacun des cinq cas, l'influence du fleuve Sénégal sur le niveau de la nappe phréatique, on a défini pour le fleuve des niveaux mensuels fixes aux limites de la zone. Les niveaux utilisés à cet effet sont présentés à la Figure 3. Les résultats des calculs consistent dans les informations suivantes (voir Annexe B):

- hauteurs et profondeurs mensuelles de l'eau dans l'aquifère;
- bilan hydrique mensuel.

Comme présenté dans le Tableau 5, l'infiltration latérale du Sénégal dans l'aquifère à hauteur de Diawar ne s'élève, dans la situation actuelle, qu'à environ 2700 m<sup>3</sup>/an par 100 m de rive. Ce tableau indique également que pour les quatre types de variations de niveau que le

Tableau 4 - Variantes calculées à l'aide du modèle des eaux souterraines

Variantes	Périodes d'irrigation	Intensité culturale
1 Situation actuelle année moyenne	août - novembre	33 %
2 Avec barrage de Diama année moyenne	mars - juin août - novembre	60 % 100 %
3 Avec barrage de Diama année décennale sèche	mars - juin août - novembre	60 % 100 %
4 Avec barrages de Diama et Manantali année décennale sèche	mars - juin août - novembre	60 % 100 %
5 Avec barrages de Diama et Manantali + digue rive droite année moyenne	mars - juin août - novembre	100 % 100 %

Tableau 5 - Infiltration mensuelle du fleuve  
Sénégal vers la nappe phréatique  
par 100 m de rive (en m<sup>3</sup>/mois)

Mois	Variantes				
	1	2	3	4	5
1	57	497	327	325	663
2	70	460	332	300	582
3	83	495	332	283	430
4	95	462	272	335	184
5	106	425	181	377	372
6	173	308	99	350	382
7	362	290	219	198	287
8	485	540	452	256	464
9	552	653	455	407	240
10	459	797	421	405	381
11	244	651	349	353	280
12	40	81	319	320	203
Total	2727	5658	3758	3915	4438

fleuve connaîtra dans l'avenir et qui ont été calculées à l'aide du modèle, cette infiltration ne sera, au maximum, que deux fois plus importante. La plus grande différence se fera sentir au moment de la mise en service du barrage de Diama lors d'une année moyenne. Dans ce cas, on constate un redoublement de l'infiltration annuelle et une infiltration au cours des premiers mois de 4 à 5 fois supérieure à celle qui se produisait lorsque le régime du fleuve n'avait pas encore été modifié.

Par contre, lorsque viennent s'ajouter le barrage de Manantali et la digue rive droite, on constate que cette infiltration annuelle a tendance à baisser légèrement. Ceci est dû au fait que de plus grandes superficies seront mises en culture à Boundoum à cette époque, que les activités d'irrigation seront donc plus nombreuses et que le niveau de la nappe phréatique sera par conséquent plus élevé. La différence entre le niveau des eaux du Sénégal et celui de la nappe phréatique le long des rives étant ainsi réduite, il s'ensuivra une diminution de l'infiltration latérale du fleuve.

L'infiltration verticale de l'eau d'irrigation provenant des rizières n'a qu'une influence minime sur le niveau des eaux souterraines à proximité du périmètre. Comme indiqué sur la Figure 9, le niveau de la nappe baisse - sur une distance de 200 m à partir des limites de la zone irriguée - de la cote du terrain naturel à une profondeur supérieure à 3 m. Les raisons en sont les suivantes:

- un écoulement souterrain horizontal réduit en provenance de la zone irriguée vers les terrains alentours qui résulte de la faible perméabilité et du peu d'épaisseur de la formation aquifère;

- une forte évaporation des eaux souterraines situées sous des terrains en jachère; il s'ensuit que l'afflux d'eaux souterraines provenant des terres irriguées disparaît sur une courte distance sous l'effet de leur remontée capillaire, puis de l'évaporation. Cette situation qui a été calculée à l'aide du modèle a également été constatée sur le terrain.

La Figure 9 reprend un exemple du niveau de la nappe phréatique et de l'écoulement souterrain à proximité du fleuve et des rizières dans la situation actuelle. Des écoulements identiques se développeront dans les conditions futures d'irrigation tandis que la zone située le long du fleuve Sénégal et où le niveau de la nappe phréatique sera influencé par des infiltrations en provenance du fleuve ne dépassera pas les 300 m.

La Figure 10 donne un exemple de la situation de la nappe phréatique au cours de l'année, telle qu'elle a été calculée à l'aide du modèle. Les fluctuations de la surface de l'eau suivies par les courbes 1, 2 et 4 à des distances de respectivement 25, 50 et 175 m sont synchrones aux fluctuations de niveau d'eau dans le fleuve de la courbe 13. La courbe 6, située à 500 m du fleuve et à 500 m du périmètre irrigué ne présente aucune variation de niveau des eaux souterraines au cours de l'année. La hausse de niveau de la courbe 8, situé à 75 m du périmètre irrigué, et de la courbe 10, situé sous les rizières, est uniquement provoquée par l'infiltration des eaux pendant la période d'irrigation. En dehors de cette période, lorsqu'il n'y a donc plus d'eau sur les rizières, le niveau de la nappe phréatique redescend suite à l'évaporation de ses eaux.

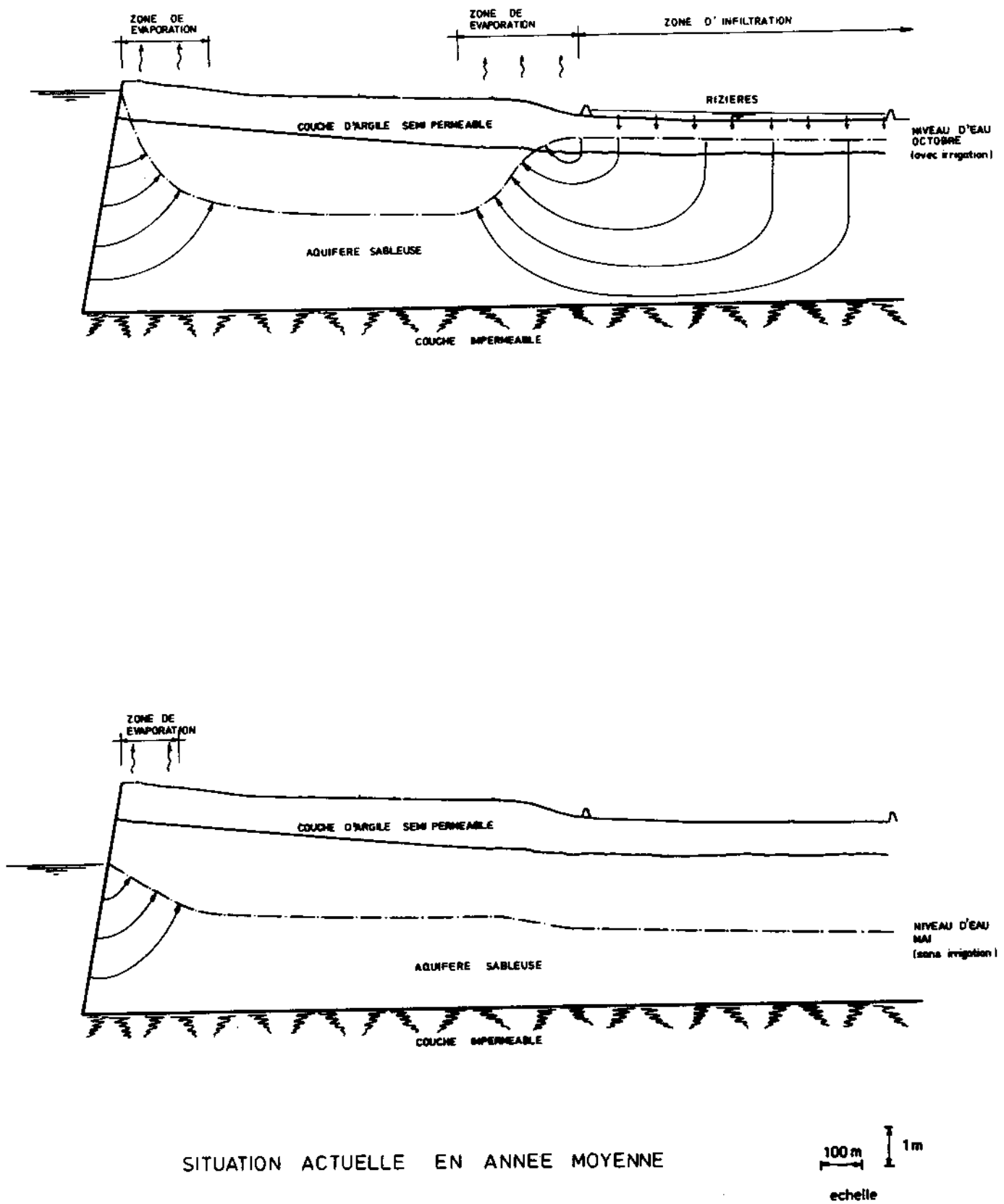
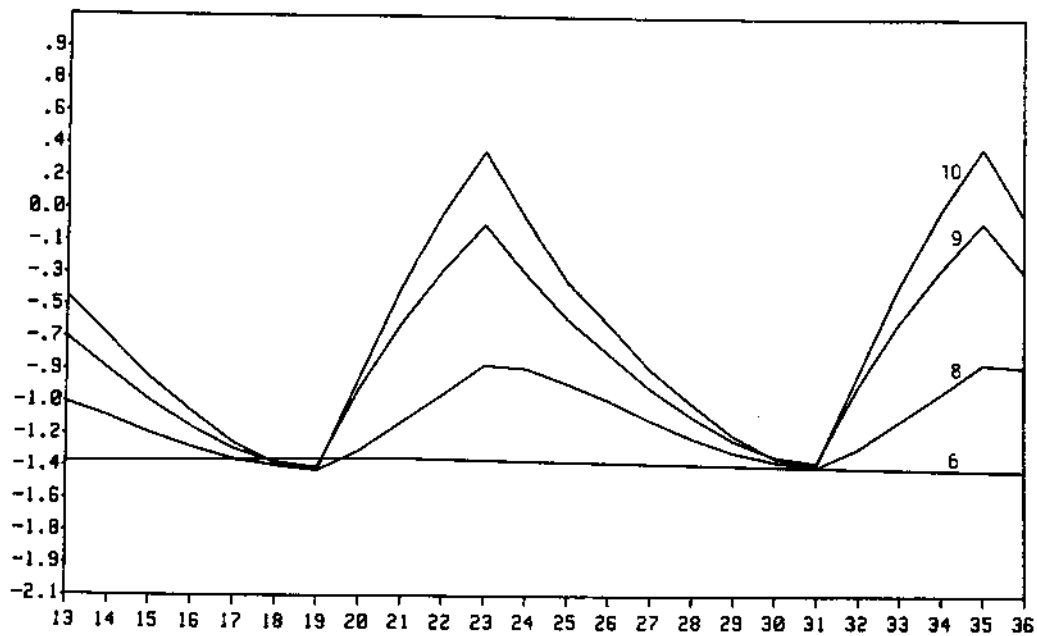


FIG. 9 COUPE HYDRO - GEOLOGIQUE



Situation actuelle en année moyenne 'NT'  
 Infiltration à partir des rizières  
 courbes: niveau d'eau - durée (m N.G.S. - mois)



Situation actuelle en année moyenne 'NT'  
 Infiltration à partir du fleuve  
 courbes: niveau d'eau - durée (m N.G.S. - mois)

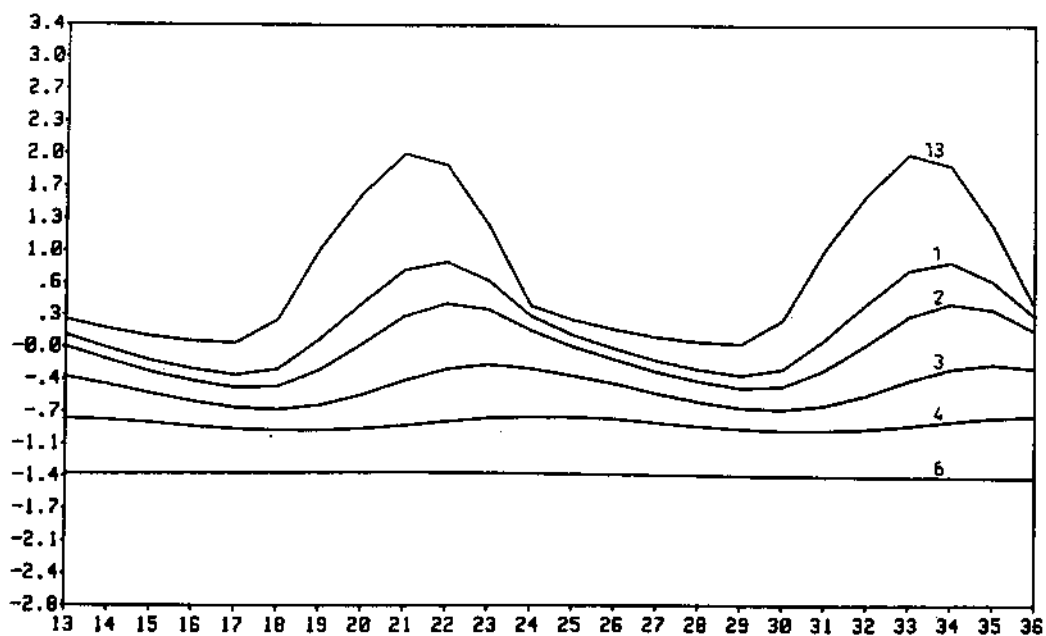


Figure 10 - Courbes niveau d'eau/durée de la nappe phréatique à Boundoum, calculées à l'aide du modèle numérique

#### 4.4 Aspects géotechniques influençant la construction

Ils sont développés dans l'Annexe G.

##### 4.4.1 Introduction

Dans le cadre de la réhabilitation du périmètre de Boundoum, l'étude géotechnique a comme premier objectif la définition des critères d'utilisation des matériaux pour les cavaliers et les digues des réseaux d'irrigation et de drainage et comme deuxième objectif l'estimation des quantités des sols proches au périmètre aptes à être utilisés. L'étude se propose néanmoins d'exposer d'abord les facteurs géotechniques principaux, non subordonnés à la nature des matériaux mis en oeuvre, qui ont contribué à la dégradation actuelle. Seront enfin proposés des conseils pour la mise en oeuvre des matériaux lors des travaux de réhabilitation.

##### 4.4.2 Aperçu géomorphologique et géologique

Le périmètre est constitué d'un ensemble de cuvettes de faible profondeur dans lesquelles règnent des limons plus ou moins argileux. Les couches limono-argileuses sont en général peu épaisses (moins de 1 mètre sur 70 % du périmètre et moins de 2 mètres sur la presque totalité du 30 % restant) et surmontent des sables fins limoneux.

##### 4.4.3 Analyse de la conception des profils en travers-type

Les profils en travers-type des canaux et des drains sont fondamentalement constitués d'une partie en déblai au droit de l'axe longitudinal, de deux bandes subhorizontales qui suivent le terrain naturel de part et d'autre du déblai et de deux remblais situés aux extrémités du profil. Le dimensionnement des profils dépend de la classe de l'ouvrage et des débits prévus.

Les pentes des talus des déblais prévues par le projet sont de 1v/1h. Cet angle est normalement suffisamment faible pour garantir la stabilité d'un talus limono-argileux. Toutefois, dans la plus grande partie du périmètre les couches de limon argileux ont des épaisseurs faibles, qui peuvent être inférieures à la profondeur atteinte par les déblais. Dans ce cas, la partie inférieure des talus est constituée de sables limoneux dont l'angle de repos naturel est très souvent inférieur à 45°. Le pied du talus pourra donc être affecté, même en absence d'eau, par des phénomènes d'instabilité qui s'étendront ensuite, une fois le pied glissé, au talus entier et à la bande subhorizontale.

La présence éventuelle de sable limoneux à faible profondeur (phénomène assez fréquent en bordure de cuvette, où est implanté le réseau d'irrigation), n'a pas été suffisamment considérée lors de l'établissement des profils des remblais (cavaliers) qui ne comprennent pas de tranchée parafouille pour empêcher les érosions régressives de l'assise: cette action est confiée uniquement à la largeur du cavalier qui toutefois paraît dans maint cas théoriquement insuffisante.

L'étroitesse des cavaliers peut d'ailleurs amener à deux autres conséquences nuisibles: une moindre diminution du gradient hydraulique avec des risques accrus de phénomènes d'érosion régressive au pied du talus extérieur et des difficultés de mise en oeuvre et en particulier de compactage des cavaliers, notamment des systèmes tertiaire et quaternaire.

#### 4.4.4 Observation de l'état actuel des ouvrages

Parmi les dégradations recensées dans le Rapport géotechnique (Annexe G) et exception faite donc des phénomènes ponctuels d'origine variée ou occasionnés par une carence d'entretien approprié, celles qui sont repandues dans tout le périmètre, sont les suivantes:

- Perte du profil-type entre cavaliers: au lieu de la tranchée centrale talutée à 1v/1h et des deux bandes subhorizontales, on observe actuellement un profil en V très évasé avec pentes de talus de 1v/3h ou 1v/4h. Ce profil est le résultat des pertes de stabilité du talus originaire à 1v/1h et de l'action érosive de l'eau et représente actuellement une situation d'équilibre.
- Erosion, favorisée localement par des petits glissements dus aux surpressions interstitielles lors de vidanges rapides, du pied des talus intérieurs des remblais, dans les zones sujettes à marnage. Cette dégradation est due spécifiquement à la nature des matériaux employés.
- Ruptures par renardage (localisées) et suintements abondants pouvant amener à des ruptures (fréquentes) aux pieds des talus extérieurs. Ces phénomènes ont comme origine possible d'une part l'absence de parafoilles et d'autre part la largeur insuffisante des cavaliers.
- Ravinement par les eaux météoriques des crêtes et des talus des remblais étroits. Les cavaliers assez larges en crête étant par contre peu affectés par ce type d'érosion, on a d'une part la confirmation qu'un bon compactage, qui rendrait les matériaux moins érodables, est difficile à réaliser lorsque les remblais sont étroits et d'autre part le témoignage de la validité des pentes de talus (1v/2h extérieur et 1v/2,5h intérieur) retenues pour les cavaliers. En fait, pour diminuer le ravinement, la pente doit être la plus raide possible compatiblement avec l'exigence de stabilité du talus.

#### 4.4.5 Nature et caractéristiques des matériaux

Les études précédentes et l'étude complémentaire actuelle, avec les résultats de nombreux essais de laboratoire, ont permis de définir la nature et les caractéristiques des matériaux présents à l'intérieur et à proximité du périmètre. Du point de vue granulométrique, ces matériaux comprennent essentiellement deux groupes.

Le premier groupe, peu représenté comprend des limons presque sans argile mais avec une composante sableuse qui peut, en certains endroits, être importante. Ces sols, peu ou non plastiques et pratiquement incohérents, sont très sensibles même à l'action des eaux météoriques qui les érodent facilement.

Le deuxième groupe, comprenant des limons argileux pratiquement sans sable, a fait l'objet d'une étude plus approfondie. Ces sols, même si leur fraction ultrafine, composée de plaquettes argileuses et grains de quartz, est en général subordonnée à la composante limoneuse, sont caractérisés par un comportement typiquement argileux. Ils possèdent donc une plasticité appréciable et sont cohésifs: de ce fait ils sont, au moins théoriquement, plus résistants à l'érosion que les matériaux du premier groupe. L'étude Gersar, qui avait procédé à leur classification suivant leur plasticité, avait adopté leurs indices de plasticité comme critère d'utilisation. Toutefois l'examen de "l'activité" de la fraction ultrafine de ces matériaux a permis d'établir que l'argile est composée de deux familles kaolinites et montmorillonites, ces dernières étant caractérisées par le fait d'être les argiles les plus gonflantes.

Le phénomène du gonflement consiste en une augmentation de volume due à l'hydratation des particules argileuses: si celles-ci sont mises en contact avec l'eau, cette dernière est attirée à la surface des particules par plusieurs forces (électriques, de surface, etc.) et de ce fait les particules solides sont éloignées entre elles. Les essais spécifiques, exécutés sur les sols compactés et saturés ont confirmé cette caractéristique. Tous les matériaux du deuxième groupe ont tendance à gonfler. Cette tendance est exprimée par une pression dite "de gonflement".

Dans le cas d'un cavalier constitué par des matériaux gonflants, on observe qu'à l'intérieur du remblai dans la zone saturée au-dessous de la surface phréatique, la pression de gonflement est contrariée par le poids de la terre hors nappe. Cette résistance s'affaiblit au fur et à mesure que l'on s'approche de la surface extérieure des talus et devient nul le long de cette surface qui est donc le site où la pression de gonflement peut se développer en totalité et le matériau atteindre l'amplitude de gonflement maximale.

L'éloignement extrême des particules solides réduit la résistance interne du matériau et le rend donc plus sensible à tout phénomène érosif, d'autant plus que les particules solides obéissent à la loi d'Archimède. Une autre conséquence du gonflement est, en cas d'assèchement, le retrait des matériaux, avec fissuration conséquente et donc gonflement et érodibilité accrus dans le cycle suivant de gonflement/retrait.

Les essais de laboratoire ont montré que les matériaux sont plus gonflants lorsqu'ils sont plus compactés (100 % de l'Optimum Proctor Normal) et qu'il est possible, lorsqu'ils sont compactés à des énergies plus faibles (95 % de l'OPN) de distinguer deux classes:

- sols à amplitude de gonflement libre "faible" (< 50 %);
- sols à amplitude de gonflement libre "faible à moyenne" (< 100 %).

Le partage entre les deux classes est assuré par un indice de plasticité égal à 18.

Il apparaît en outre que pour tous les matériaux, la pression de gonflement (qui est moindre pour la première classe) est inférieure à la pression standard qui autorise l'emploi hors de l'eau.

#### 4.4.6 Critères d'utilisation des matériaux

Compte tenu de ce qui précède, on peut affirmer que pour la construction des cavaliers et digues il faut exclure l'emploi des matériaux du premier groupe, peu ou non plastiques, à cause de leur érodabilité: l'indice de plasticité minimum sera donc égal à 9. On exclut en outre parmi les matériaux du deuxième groupe ceux qui présentent un indice de plasticité supérieur à 27 parce que leur mise en oeuvre peut être difficile. Seront donc employés les sols avec un IP compris entre 9 et 27. Les sols avec un IP non supérieur à 18 seront les seuls à être employés sous nappe. L'indice de plasticité constitue le critère essentiel de sélection, les autres paramètres étant la limite de liquidité et les caractéristiques de gonflement.

Les critères de sélection sont résumés dans le tableau suivant:

Emploi des matériaux	Sous nappe	Hors nappe
Limite de liquidité	$LL \leq 35$	
Indice de plasticité	$9 \leq IP \leq 18$	$18 < IP \leq 25$
Amplitude de gonflement sous charge 0,05 kg/cm <sup>2</sup> (95 % OPN)	$\varepsilon (\%) \leq 10 \%$	
Pression de gonflement libre (95 % OPN)	$P \leq 0,2 \text{ kg/cm}^2$	

Toutefois, même si on limite l'emploi sous nappe exclusivement aux sols moins plastiques et moins gonflants, leur utilisation entraîne un certain risque surtout dans la partie du remblai qui est soumise à l'action du plus grand nombre d'agents de déstabilisation et qui présente le plus de difficultés à l'entretien, c'est-à-dire la zone de marnage. Pour cette raison il est fortement conseillé de protéger cette zone au moins dans les réseaux primaire et secondaire.

#### 4.4.7 Disponibilité de matériaux

Ont été reconnus actuellement, de façon préliminaire, environ 700 000 m<sup>3</sup> de matériaux ayant un IP compris entre 9 et 18, contre les 800 000 m<sup>3</sup> estimés comme nécessaires pour la totalité de la réhabilitation. Des emprunts nouveaux devront donc être identifiés pendant la reconnaissance détaillée. Le cas échéant, on utilisera pour les parties des remblais hors d'eau les matériaux avec des IP compris entre 18 et 27, qui sont largement disponibles.

#### 4.4.8 Principaux critères de mise en oeuvre des matériaux

Si une modification n'apporte pas de bénéfices appréciables, les pentes de talus des cavaliers (1v/2h à l'extérieur et 1v/2,5h à l'intérieur) seront maintenues.

Dans le but de limiter les phénomènes de gonflement/retrait on suivra les dispositions ci-dessous:

- les matériaux seront mis en oeuvre à des compacités comprises entre 93 % et 95 % de l'Optimum Proctor Normal au teneurs en eau correspondantes dans le coté 'humide' de la courbe de laboratoire;
- les compacteurs vibrants seront proscrits et on emploiera exclusivement des cylindres à pied de mouton pour le corps du remblai et des compacteurs à pneus ou éventuellement à billes lisses pour la finition;
- les remblais seront exécutés en surlargeur pour assurer un compactage homogène des talus et amenés ensuite aux dimensions du projet.

#### 4.4.9 Propositions pour la réhabilitation

Compte tenu du fait que les pentes actuelles de 1v/3h et 1v/4h des déblais entre cavaliers représentent une condition d'équilibre il serait préférable de ne pas les modifier. Par ailleurs toute tranchée future devrait avoir des angles de talus inférieurs à 30°.

Il serait donc souhaitable que les zones de marnage possèdent une protection. Si cette dernière est réalisée au moyen de sacs de sable-ciment, l'empilement de ces sacs dans la zone de marnage peut être défini comme un enrochement composé d'éléments artificiels qui ne nécessite pratiquement pas d'entretien après la première période d'exercice (remplissage des interstices) et joue deux rôles dans la protection du talus.

Etant situé au pied de ce dernier et étant pratiquement insensible à l'érosion, cet enrochement remplacerait efficacement des matériaux érodables et constituerait en outre une butée de stabilisation pour le talus au dessus de la zone de marnage: l'observation de l'état actuel des talus des cavaliers permet d'affirmer que la pente adoptée en 1973 (1 v/2 h) est très valable contre le ravinement et il paraît judicieux de ne pas la modifier.

On a envisagé un adoucissement éventuel de la pente du talus dans le but d'améliorer la résistance à l'érosion de ce dernier en zone de marnage. Mais cette solution ne permettrait d'une part que d'obtenir des résultats limités, et d'autre part ne ferait que modifier l'angle d'impact de l'eau avec un matériau sujet tant au gonflement qu'à la loi d'Archimède (avec une pente de 1 v/3 h le facteur de sécurité n'augmente que de 10 %). Enfin cette solution exposerait encore davantage le talus au ravinement. En fait il est bien connu que pour des angles de talus  $\beta$  compris entre l'angle de repos et un angle égal à environ 1/3 de celui-ci, l'érodabilité de la surface du talus par les eaux de pluie augmente avec la diminution de l'angle  $\beta$  et il est donc convenable d'adopter toujours l'angle le plus raide compatible avec la stabilité du talus.

Le coût d'application de sacs de sable-ciment a été estimé à environ 12 millions de FCFA par kilomètre de cavalier. Pour protéger 80 % des canaux primaires et secondaires le coût des travaux se situe entre 800 et 850 millions de FCFA.

Ce coût très important représente plus de 10 % du coût total de l'aménagement. Il est pourtant considéré comme justifiable pour assurer un bon fonctionnement et une résistance du réseau à l'érosion.

Pendant l'élaboration de l'ADP on pourrait revoir cette question en détail en fonction du matériel utilisé, et parfois réduire les longueurs de canal où cette protection est nécessaire. La SAED accepte les risques de ne pas installer cette protection du tout. Dans les calculs économiques une variante est considérée où la moitié de la longueur des canaux est protégée. Le prix serait dans ce cas de 425 millions FCFA.

Les sept kilomètres environ de cavaliers de canaux primaires qui ont atteint la rupture par renardage ou qui peuvent l'atteindre doivent être confortés par un élargissement du remblai avec un filtre drainant à la base. En même temps, les problèmes actuels d'érosion et tassements excessifs des abords d'environ 50 % des ouvrages en béton du périmètre peuvent être résolus avec la réalisation de "blocs techniques" en latérite. Le coût estimé de ces travaux avoisine les 200 millions de FCFA.

Pour éviter ou au moins réduire le ravinement, on propose enfin l'engazonnement avec une ou plusieurs espèces végétales mentionnées dans le Annexe G; le coût de ces travaux n'a pas été chiffré.

#### 4.4.10 Conclusion

Moins de 14 ans après sa réalisation, le périmètre de Boundoum présente des problèmes sérieux de dégradation des réseaux d'irrigation et de drainage imputables à plusieurs facteurs, parmi lesquels on peut mentionner des légèretés dans la conception du projet, des difficultés d'exécution, la fréquence et la qualité de l'entretien et enfin la nature des matériaux employés.

Ces derniers se sont révélés être plus ou moins gonflants. Pour la réhabilitation il est souhaitable que seuls les moins gonflants parmi eux soient utilisés, en adoptant néanmoins toutes les précautions nécessaires pour leur mise en oeuvre et protection de manière à réduire raisonnablement l'entretien.

#### 4.5 Conception du réseau d'irrigation

Elle est exposée de façon détaillée dans l'Annexe D.

##### 4.5.1 Introduction

Le réseau d'irrigation actuel ne répond pas à toutes les conditions exigées après la réhabilitation. Les principales déficiences sont notamment

les suivantes:

- débit insuffisant (convenant pour 2400 ha avec 2,25 l/s/ha mais devant maintenant alimenter 3300 ha à raison de 3,25 l/s/ha);
- calage trop bas (calage actuel à 2,30 m, calage requis 2,84 m/2,62 m<sup>+</sup>);
- défectuosité du réseau par manque d'entretien.

Le maintien du niveau à la cote 2,30 devait en principe être assuré en intervenant sur le nombre de pompes en fonctionnement. Une vanne AMIL installée à proximité de la station de Diawar devait assurer un rôle de régulateur de niveau et de décharge de sécurité.

#### 4.5.2 Critères d'irrigation

Les critères de conception du réseau d'irrigation après la réhabilitation (Gersar, 1986/1987) sont repris en détail dans l'Annexe D. Les principes retenus sont les suivants:

- (a) débit de 3,25 l/s/ha, basé sur des activités de suivi et des expériences réalisées dans le delta (le débit pour les prises de secteur est fixé à 3,51 l/s/ha);
- (b) calage à 0,8 m au-dessus du point le plus élevé des secteurs;
- (c) système de commande par l'aval;
- (d) séparation du réseau d'irrigation en deux parties;
  - le réseau de Diawar, desservi par la station actuelle de Diawar, équipée de trois pompes au lieu de deux (nouveau débit total de 6,4 m<sup>3</sup>/s pour 1977 ha);
  - le réseau du Gorom, desservi par la station de pompage de Boundoum Barrage (équipé de deux pompes, soit un débit total de 4,3 m<sup>3</sup>/s pour 1294 ha).

Le plan du réseau d'irrigation proposé est repris sur la Figure 11. La Figure 12 présente un schéma des principes de conception du réseau d'irrigation.

La commande par l'aval est réglée par les vannes AVIO qui sont installées à une distance réduite en aval des stations de pompage. Le principe de fonctionnement de ces vannes est présenté sur la Figure 13.

En principe, un niveau horizontal est maintenu dans l'ensemble du réseau d'irrigation. Dès que le niveau baisse en raison des prélèvements de l'un ou l'autre secteur, le flotteur de la vanne AVIO baisse et laisse passer davantage d'eau. Lorsque le niveau d'eau baisse dans le réservoir, entre la station de pompage et la vanne AVIO, les pompes sont lancées et remplissent à nouveau le réservoir. Lorsque les secteurs prélèvent de l'eau, une pente hydraulique se crée dans les canaux qui facilite l'écoulement. Ceci signifie une fluctuation du niveau d'eau dans le réseau entre 0,10 et 0,39 m.

La conception de la commande par l'aval fait partie du projet depuis sa création. En principe, ce système doit permettre de satisfaire la demande, à condition toutefois que les pompes fonctionnent correctement (ce qui est difficile en cas de coupure de courant), que les vannes AVIO soient bien entretenues et surveillées et que les canaux fassent eux aussi l'objet d'un entretien régulier. Un désavantage de ce système est la grande fluctuation de la ligne d'eau jusqu'à 0,39 m, ce qui rend difficile de fournir un débit constant du canal principal.



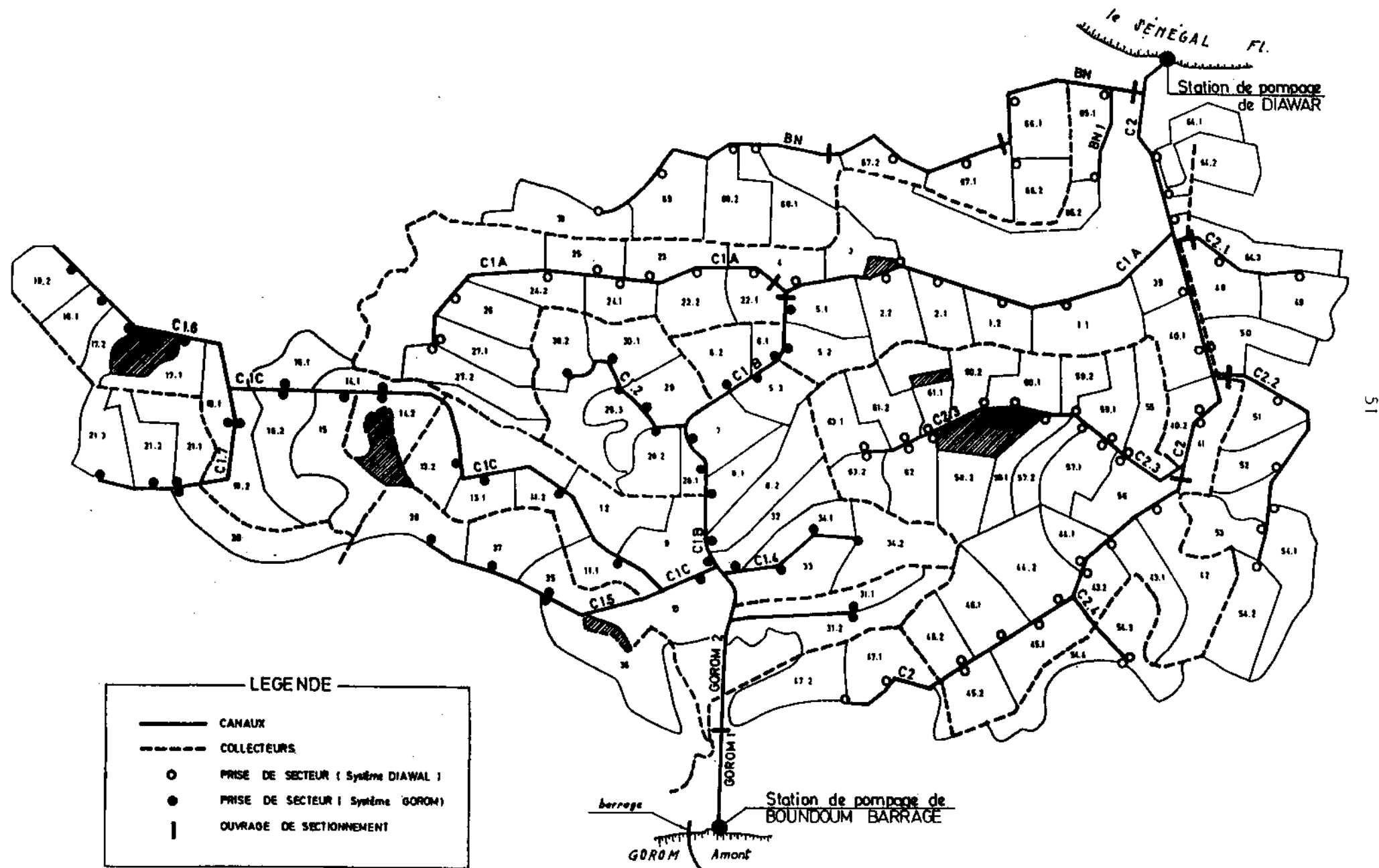


FIG. 11 SCHEMA DU RESEAU D'IRRIGATION

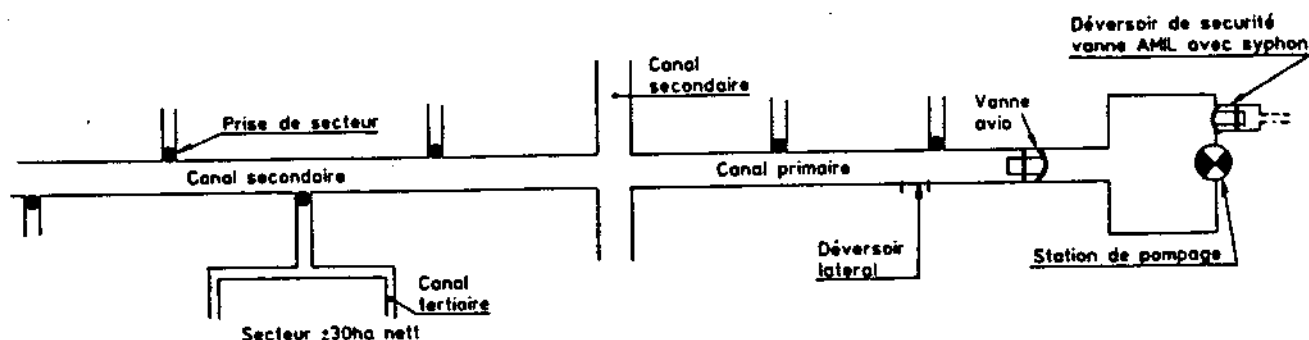


FIG 12 REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU SYSTEME D'IRRIGATION PAS A L'ECHELLE

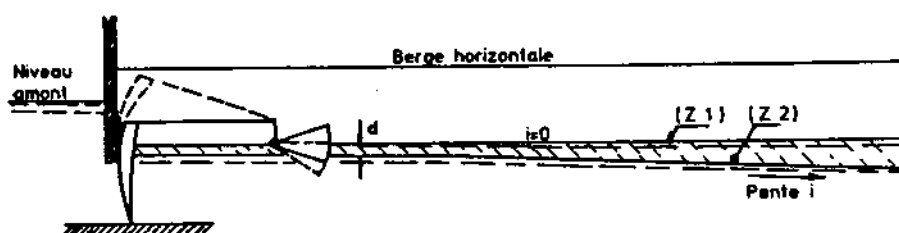


FIG 13 FONCTIONNEMENT DE COMMANDE PAR AVAL

Etant donné que le périmètre est à peu près plat et que les canaux possèdent déjà une section assez importante, il n'est pas jugé opportun de transformer le système en commande par l'amont. Ceci requerrait de grosses adaptations et une hauteur de pompage bien supérieure. En général, il est donc recommandé de maintenir le principe de la commande par l'aval. Les caractéristiques et les contraintes de ce système doivent être prises en compte pour les prises de secteur et la future exploitation du réseau (entretien).

#### 4.5.3 Stations de pompage et dispositifs de sécurité

Les stations de pompage, telles que conçues dans l'APD du Gersar (1986/1987) sont en principe conformes aux besoins et ne requièrent pas de commentaires. Etant donné que l'eau pompée est de bonne qualité, il n'est pas nécessaire de prévoir une protection spéciale contre le sel. Les pompes sélectionnées, du type Flygt PL7120 sont fonctionnelles mais pourraient être remplacées par des Flygt PL7100 actionnées par prise directe et non par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenage. Des corrections de  $\cos \phi$  devront toutefois être effectuées. Les coûts de ces pompes, dispositif de correction  $\cos \phi$  inclus, sont 44% meilleur marché et correspondent pour 3 pompes (deux pour Boundoum Barrage et une pour Diawar) à une économie de 33 millions

de FCFA. Si on acquière une pompe de réserve, laquelle pourrait être installée rapidement en cas de panne, la réduction des coûts n'atteindra que 12,5 millions de FCFA, comparée aux coûts calculés par Gersar sans pompe de réserve. Les caractéristiques hydrauliques des pompes PL 7100 sont pratiquement identiques à celles des pompes PL 7120. On peut à ce sujet se reporter à l'Annexe D.

A la station de Diawar, une vanne de sécurité AMIL ainsi que des siphons ont été prévus. Lorsque, en cas de non arrêt automatique des pompes, le niveau d'eau devient trop élevé, cette vanne s'ouvre et les siphons commencent à fonctionner. Une analyse des éventuels risques de débordement est reprise dans l'Annexe D. Etant donné que des siphons sont prévus et que les pompes sont équipées d'un double dispositif d'arrêt de sécurité, la présence d'une vanne AMIL ne semble plus opportune.

Les canaux secondaires sont munis de déversoirs latéraux, capables d'évacuer la totalité du débit avec une charge de 0,32 m. Compte tenu de ce que les déversoirs sont installés à 0,4 m au-dessous du niveau des berges, même dans les cas extrêmes, la sécurité est entièrement assurée.

#### 4.5.4 Prises de secteur

Les prises de secteur utilisées antérieurement consistaient en modules à masque munis d'un seuil (voir Annexe D et Appendice D.I). Hormis le fait que ces prises présentent de multiples avantages, la pénurie d'eau qui s'est fait sentir dans le passé et les niveaux fort bas qui en ont résulté dans les réseaux primaire et secondaire, ont fait en sorte que les paysans n'ont pas toujours reçu suffisamment d'eau. Ceux-ci ont alors détruit les modules (surtout les seuils) pour pouvoir prélever plus d'eau en cas de bas niveaux dans les canaux. Les modules sont actuellement devenus un symbole du manque d'eau et leur réintroduction risquerait de susciter des réactions d'hostilité (voir Annexe K).

Les exigences posées aux prises de secteurs peuvent être résumées comme suit:

- débit approximatif de 100 l/s (pour servir 30 ha avec un débit de 3,25 à 3,50 l/s/ha);
- possibilité de régler et de mesurer l'eau de telle manière que le débit maximum puisse être fixé et alloué par le gestionnaire du périmètre (SAED) mais que les paysans puissent éventuellement le réduire et le faire varier entre 100 et 0 l/s;
- perte de charge minimale, de manière à assurer un calage aussi bas que possible;
- insensibilité maximale aux fluctuations de niveau dans le canal amont de manière à ce que ces variations n'obligent pas à de constantes adaptations de réglage.

Dans l'APD du Gersar (1986/1987), la prise proposée présentait quelques désavantages, notamment son coût (3,5 millions de FCFA). Selon les requêtes des termes de référence, différentes possibilités de prise ont été analysées et quelques prises types, capables de mesurer et de régler les débits ont été reprises sur la Figure 14.



Dans l'ensemble, les prises basées sur le principe du seuil (Romijn) sont à rejeter car leur variation de débit est une puissance 1,5 des fluctuations de niveau en amont: elles sont donc extrêmement sensibles aux variations du niveau d'eau dans le canal.

Les prises basées sur le principe d'un orifice sont moins sensibles et donc préférables. Les mérites des différentes prises fonctionnant selon ce principe (CHOT, prise Gersar, prise Gersar modifiée et vanne avec canal jaugeur) sont détaillés dans l'Annexe D, appendices D.II et D.III). La prise avec canal jaugeur - qui consiste en une vanne glissante avec en aval un canal jaugeur du type déversoir à seuil épais (Bos, 1986) - part du principe qu'un dispositif est installé sur la tige de la vanne après son réglage par la SAED et que celui-ci permet aux paysans de diminuer le débit mais pas de l'augmenter.

Les mérites de ces différents systèmes sont résumés dans le Tableau 6. La sensibilité de la prise aux fluctuations du niveau d'eau a été calculée sur la base d'une fluctuation de débit acceptable d'approximativement 20% et les variations de niveau d'eau nécessaires pour atteindre ces limites sont reprises dans ce tableau. Ces chiffres permettent de conclure que la prise Gersar modifiée et la vanne avec canal jaugeur sont les plus attrayantes. Leur perte en charge est sensiblement égale, et si la sensibilité aux fluctuations de la prise Gersar modifiée est nettement inférieure à celle de la vanne avec canal jaugeur, le prix de cette dernière est de beaucoup plus avantageux, soit environ 165 millions de FCFA en cas d'une prise Gersar modifiée avec vanne unique et dispositif de limitation de débit maximal.

Un choix définitif à ce sujet ne pourra être réalisé qu'au moment où toutes les données topographiques détaillées seront connues et où les plans définitifs des secteurs seront disponibles. Dans l'attente d'une telle décision, les calculs économiques ont été basés sur les coûts des prises de base présentées dans l'APD, soit 3 500 000 FCFA. L'utilisation de prises Gersar modifiées permettrait d'économiser 66 millions de FCFA. Dans le cas de prises vannes avec canal jaugeur, l'économie réalisée atteindrait 176 millions de FCFA (110 prises), de même en cas d'utilisation d'une prise Gersar modifiée avec dispositif de limitation de débit maximal.

#### 4.5.5. Calage du réseau

Le calage du réseau d'irrigation a été fixé dans l'APD à 0,80 m au-dessus du point le plus haut du secteur. Ce chiffre a fait l'objet de discussions à plusieurs reprises et, comme demandé dans les termes de référence, a été réexaminé au cours de la présente étude. Dans le chapitre 4.8 concernant l'aménagement à la parcelle, les pertes de charge dans le réseau tertiaire en aval de la prise de secteur sont fixées à 0,50 m. Les pertes de charge dans les prises sont au minimum de 0,15-0,20 m. Par conséquent, le calage doit être d'au moins 0,65-0,70 m au-dessus du niveau maximum du secteur. Une analyse des cotes des secteurs en relation avec les cotes d'eau prévues dans l'étude du Gersar de 0,8 m et de cette étude de 0,7 m est reprise dans le Tableau 7.

Tableau 6 - Comparaison des différentes possibilités pour prises de secteur

Prise	Type dimensions (m)	Pertes de charge pour $Q = 0,100 \text{ m}^3/\text{s}$				$h_1^{1)2)}$ pour $Q = 0,120 \text{ m}^3/\text{s}$	$h_1^{1)3)}$ pour $Q = 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$	Prix (1000 FCFA)
		prise	buse $\phi 50$	vanne	total <sup>1)</sup>			
Romijn	$l = 0,40 \text{ m}$	0,23	0,02	-	0,25	+0,03	-0,04	-
Romijn	$l = 0,60 \text{ m}$	0,20	0,02	-	0,22	+0,02	-0,03	-
CHOT	$l = 0,50 \text{ m}$ $h = 0,45 \text{ m}$				$\geq 0,25$	+0,06	-0,04	-
Module à masque	xx2	0,11	0,02	0,02	0,15	4	4	2200
Gersar original		voir Appendice D2			$0,20+0,10^5$			3500
Gersar modifié		voir Appendice D3			$0,18+0,10^5$	+0,10	-0,95	2000 <sup>7</sup> 2900
Vanne avec canal jaugeur	$l = 0,50 \text{ m}$	0,13-0,02	0,02	0,02	$0,19 \text{ à } 0,17^6$	+0,03	-0,03	1900

<sup>1</sup> Les chiffres donnés sont indicatifs et calculés pour un seul cas de manière à pouvoir comparer les différentes solutions.

<sup>2</sup> Elevation du plan d'eau dans le canal principal

<sup>3</sup> Abaissement du plan d'eau dans le canal principal plus les chiffres sont grands, moins l'ouvrage est sensible.

<sup>4</sup> Le débit dans le canal tertiaire est dans certaines limites indépendant du niveau d'eau le canal principal.

<sup>5</sup> La perte de charge peut augmenter de 0,10 cm lorsque les vannes sont ouvertes à moitié.

<sup>6</sup> La perte de charge peut être réduite si la vanne de prise et la vanne dite "paysan" sont réunies.

<sup>7</sup> En cas de vanne unique.

Tableau 7 - Proportion des secteurs irrigables en cas de baisse du niveau d'eau dans les canaux primaires et secondaires, avec perte de charge de 0,8 et 0,7 m dans le secteur

Cote du calage	Perte de charge	
	0,8 m	0,7 m
Calage proposé	100,0%	100,0%
- 0,10 m	85,5%	100,0%
- 0,20 m	65,0%	86,5%
- 0,30 m	39,0%	65,0%

Avec une prise de secteur de petite perte de charge un calage réduit de 10-15 cm est considéré comme acceptable.

#### 4.6 Conception du réseau de drainage (voir Annexe D)

##### 4.6.1 Introduction

Le réseau de drainage possède une fonction multiple, à savoir l'évacuation hors périmètre des eaux suivantes:

- surplus d'irrigation;
- surplus de précipitations dans les rizières;
- eaux de ruissellement;
- effluents de drainage souterrain.

L'évacuation de l'effluent de drainage souterrain a été traitée dans le Chapitre 4.2. Le système de drainage tertiaire est décrit dans le Chapitre 4.8 et détaillé dans l'Annexe H. Quant aux fonctions du réseau de drainage primaire et secondaire, elles peuvent être résumées comme suit:

- évacuation des eaux de drainage provenant des drains tertiaires;
- évacuation des eaux de pluies;
- évacuation éventuelle des surplus en eau d'irrigation.

##### 4.6.2 Critères de drainage

Les critères de drainage proposés dans l'étude du Gersar (1986/1987) ont été en principe retenus. Ils sont basés sur une pluie quinquennale de 25 mm en deux heures qui doit être évacuée en trois jours, ce qui a résulté en une norme de drainage de 2 l/s/ha. Pour les drains tertiaires, la norme a été fixée à 3 l/s/ha de manière à faciliter le drainage de pointe des surplus en eau d'irrigation.

L'évacuation de l'eau de drainage interne a été calculée dans l'Annexe C, chapitre 4.2 et donne comme résultat 0,17 mm/jour, soit 0,02 l/s/ha. Cette situation se présente lorsqu'il n'est pas pratiqué d'irrigation. En cas d'irrigation, il faut en outre faciliter l'évacuation des surplus en eau d'irrigation, lesquels sont chiffrés à 0,3 l/s/ha.

Les débits de drainage peuvent être résumés comme suit:

- 2 l/s/ha, débit maximal pour l'évacuation des pluies (3 l/s/ha pour les drains tertiaires);
- 0,3 l/s/ha, avec irrigation mais sans pluies;
- 0,02 l/s/ha, sans irrigation et sans pluies.

#### 4.6.3 Niveaux de drainage

En l'absence de pluies, le niveau de drainage doit être d'environ 0,7 m au-dessous du terrain naturel. Pendant la période de drainage de pointe (pluie quinquennale), il peut augmenter pendant une courte période jusqu'à atteindre le niveau du terrain naturel. A quelques exceptions près, le réseau conçu par le Gersar répondait à ces critères. La revanche de 0,7 m n'est pas atteinte dans approximativement 10% du périmètre, mais ceci n'entraîne pas de conséquences inacceptables (voir Chapitre 4.2 et l'Annexe C). Baisser le niveau de drainage de 0,2 m pour faciliter le drainage de pointe serait une opération fort coûteuse et l'on pourrait envisager comme solution alternative de construire de petites digues le long des drains situés dans les zones basses reprises sur la Figure 15.

#### 4.6.4 Configuration du réseau de drainage dans le périmètre

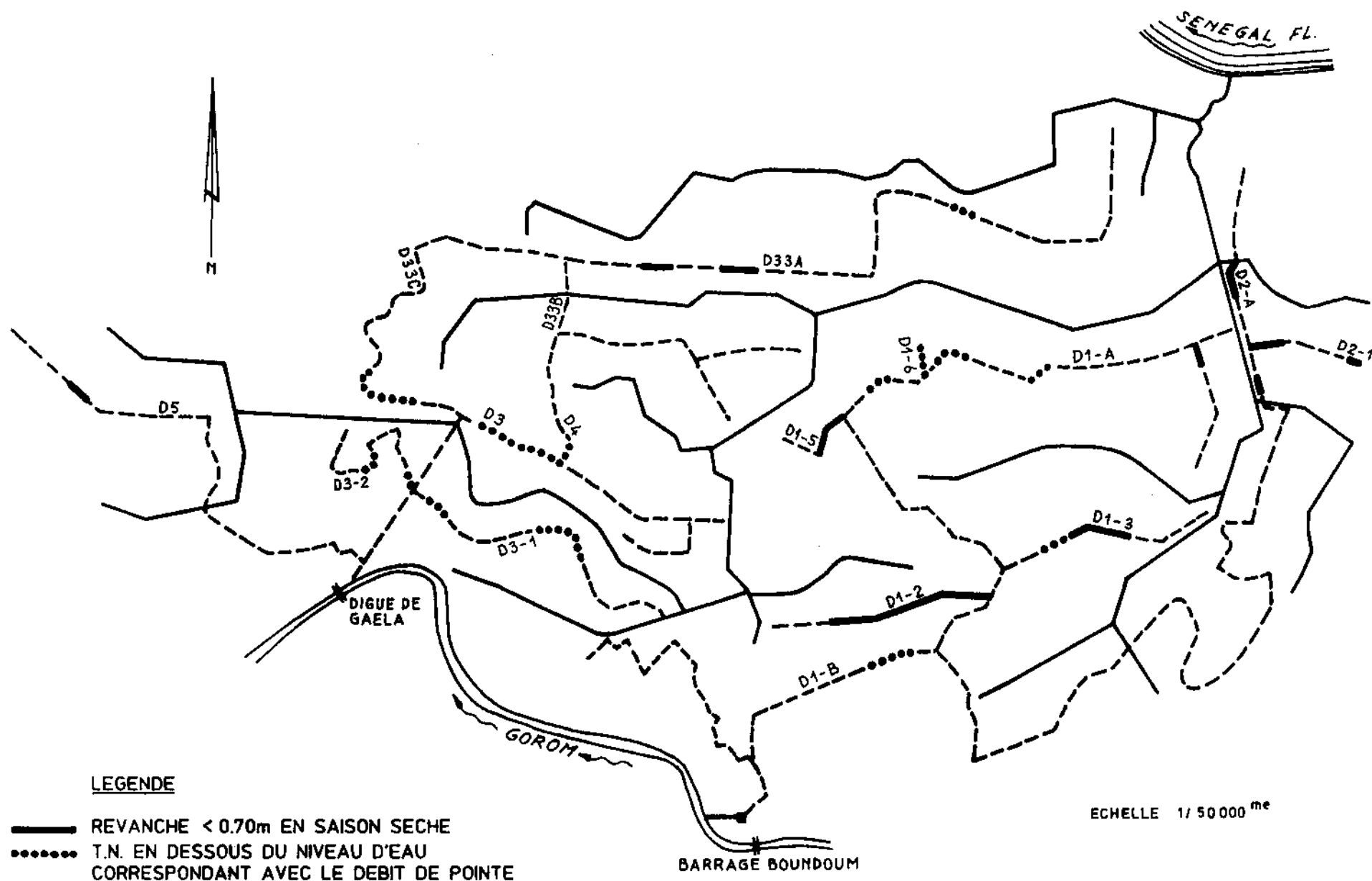
La configuration du réseau interne de drainage telle que conçue par le Gersar est présentée à la Figure 15. Une modification proposée par la SAED de connecter le D 33 B avec le D 4 comme représenté à la Figure 15 paraît logique et recommandable. En principe le réseau est constitué de deux parties, l'une dont les eaux sont évacuées par l'ouvrage de N'Dong ( $D_1$   $D_2$ ), l'autre par celui de Gaëla ( $D_3$   $D_4$   $D_5$ ). Le plan du Gersar prévoit de refouler les eaux de drainage dans le Gorom, lequel serait bloqué à Gaëla par un barrage (Figure 7, schéma b). L'eau serait ensuite pompée du réservoir ainsi créé vers le Gorom aval.

Une alternative pourrait consister à relier les deux systèmes de drainage par un drain de connexion (Figure 7, schéma a), puis à refouler les eaux par siphon jusqu'au sud du Gorom. Les détails de cette solution sont repris dans les Annexes D et F.

#### 4.6.5 Infrastructure d'évacuation des eaux de drainage hors périmètre

L'infrastructure proposée pour l'évacuation de l'effluent de drainage hors du périmètre (Figure 7, schéma a) consiste en un drain de connexion (Figure 16), une station de pompage avec siphon passant sous le Gorom (Figure 17) et un drain d'exhaure (Figure 18) pouvant éventuellement conduire les eaux vers le Djeuss ou vers le futur Grand Emissaire du Delta. La capacité du drain de connexion et le débit des pompes doivent être harmonisés pour éviter surtout en saison sèche des vitesses excessives dans le drain. Deux possibilités existent avec les pompes (3) standard utilisées également dans les stations d'irrigation et avec des pompes plus petites (4). La dernière solution est plus économique. Plus de détails concernant cette infrastructure sont repris dans les Annexes D et F. Une alternative moins attrayante pour l'environnement mais moins onéreuse pourrait consister à utiliser un bief du Gorom comme drain de connexion (Figure 17, schéma b).



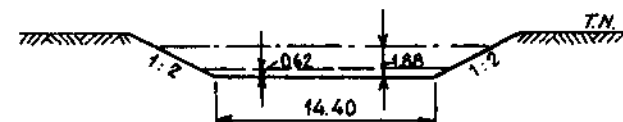


PARTIES OU LE TERRAIN NATUREL EST TROP BAS PAR RAPPORT  
AU NIVEAU D'EAU DANS LES DRAINS

fig. 15



COUPE TRANSVERSALE A  
ECHELLE 1 : 500



COUPE TRANSVERSALE B  
ECHELLE 1 : 500

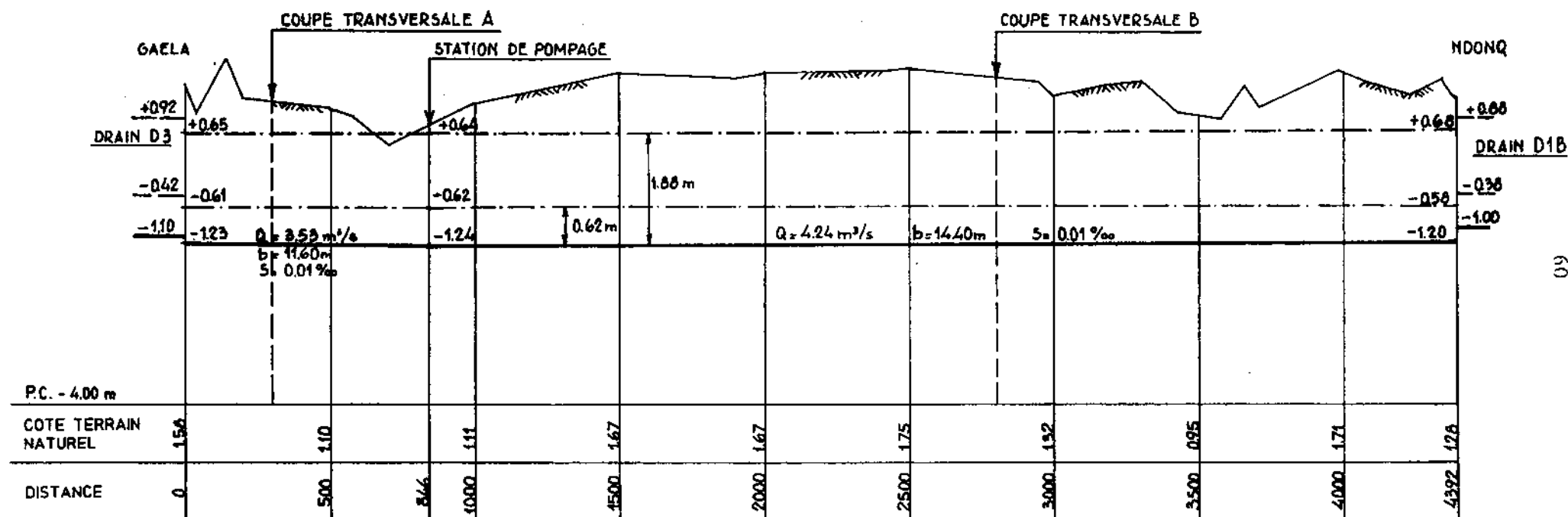


FIG. 16<sup>A</sup> DRAIN DE CONNEXION PROJETE , PROFIL LONGITUDINAL : CAS DES POMPES STANDARD  
ECHELLE 1 : 20 000 / 1 : 100

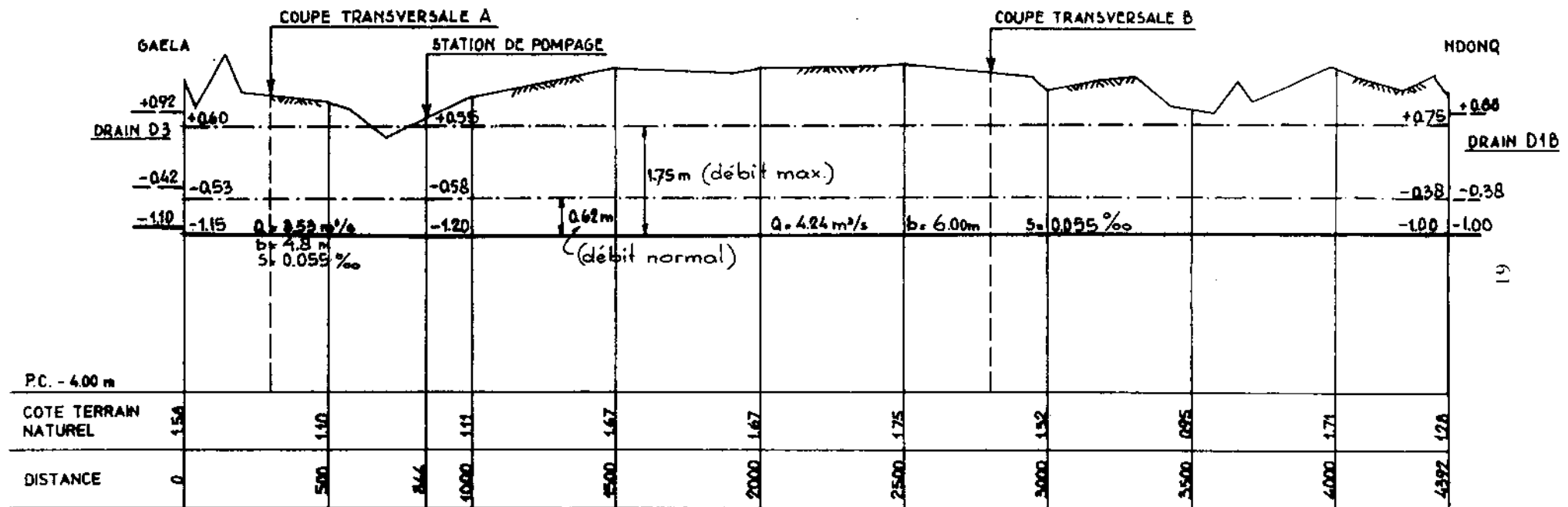
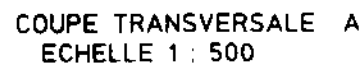


FIG. 16<sup>B</sup> DRAIN DE CONNEXION PROJETE , PROFIL LONGITUDINAL CAS POMPES PLUS PETITS  
ECHELLE 1 : 20 000 /1: 100

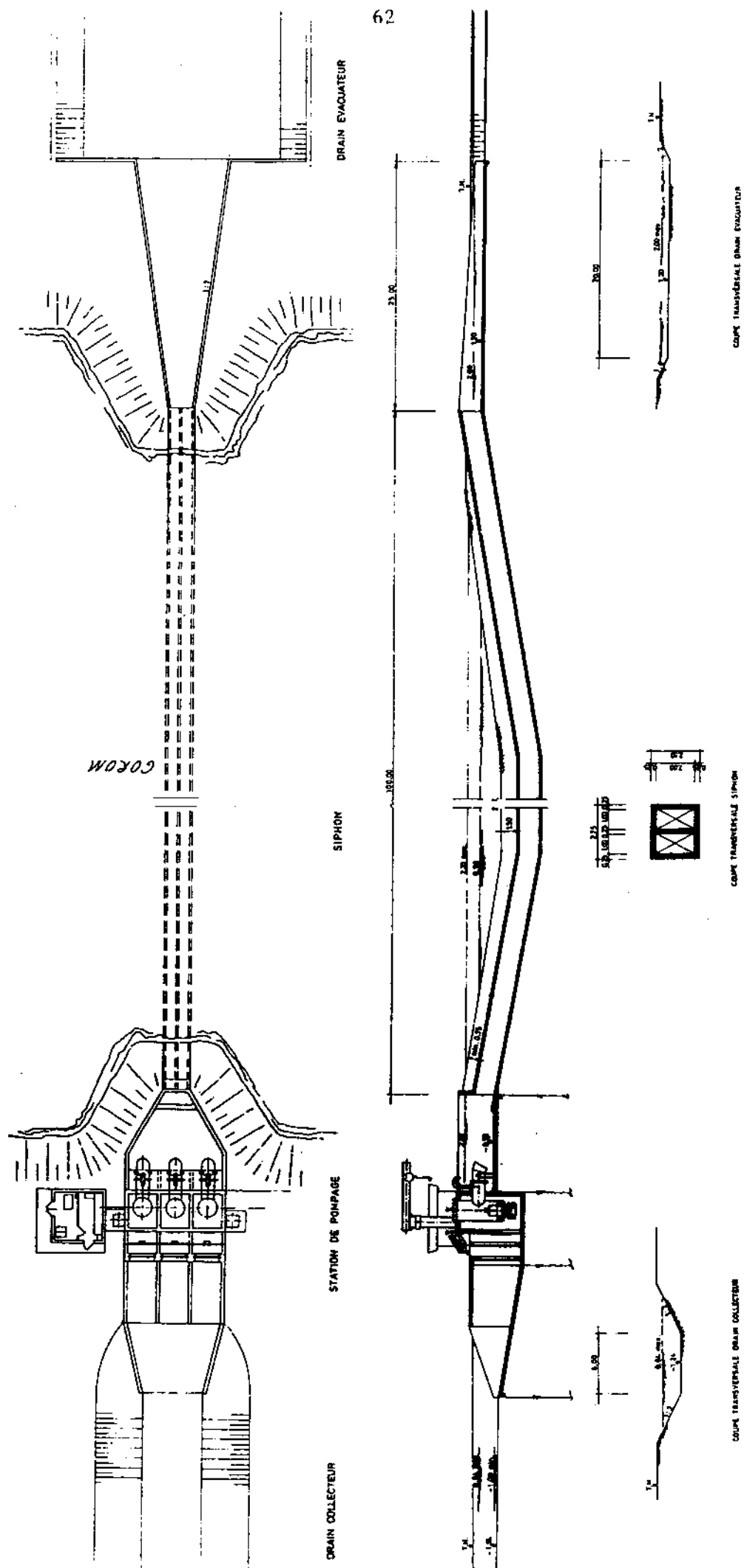
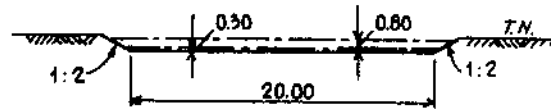


FIG. 17 PLAN TYPE DE LA STATION D'EXHAURE A GAELA AVEC SIPHON

# COUPE TRANSVERSALE



## COUPE TRANSVERSALE ECHELLE 1 : 500

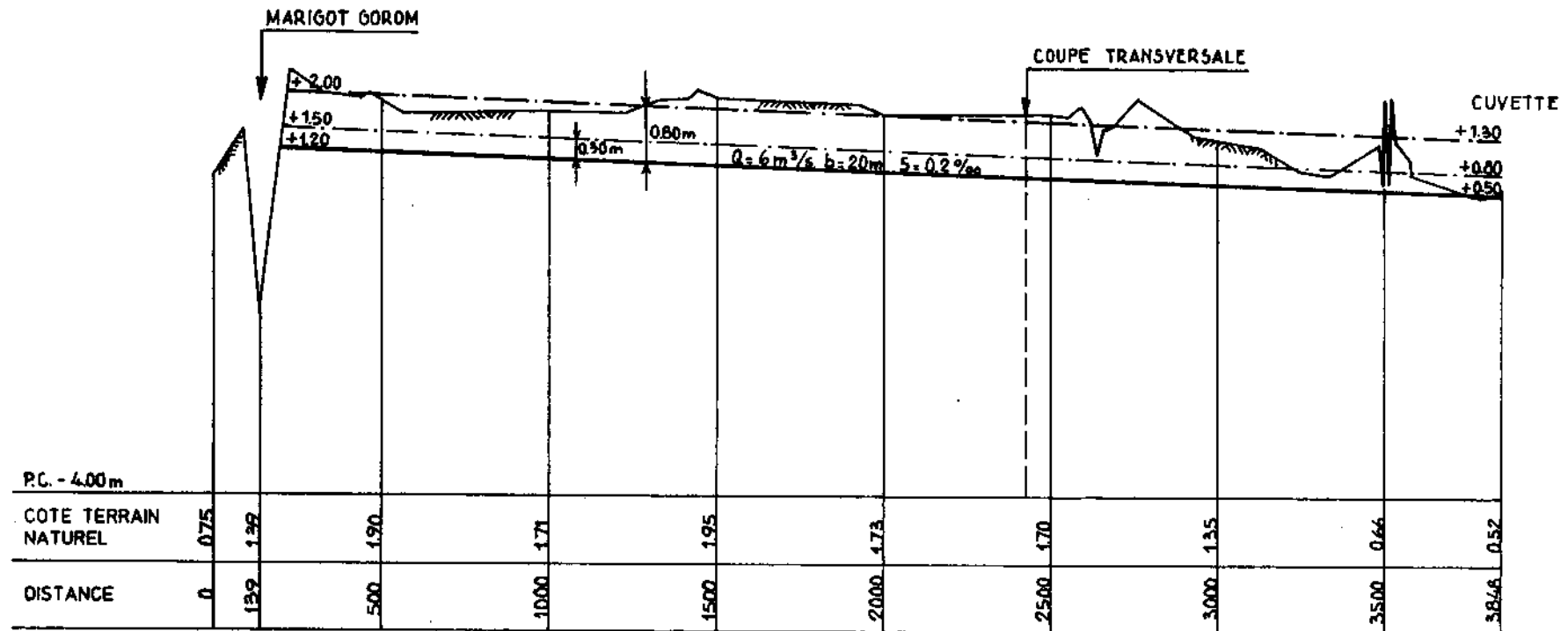


FIG. 18 DRAIN D'EXHAURE PROJETE , PROFIL LONGITUDINAL  
ECHELLE 1 : 20 000/1 : 100

Cette infrastructure est dimensionnée pour évacuer le débit de pointe. Elle comporte une station de pompage équipée de 3 pompes ayant chacune un débit de 2 à 2,2 m<sup>3</sup>/s (en fonction de la hauteur d'aspiration). Pour toute sécurité, on placera une pompe de réserve dans le bâtiment, laquelle pourra être rapidement installée en cas de panne. Le drain de connexion est dimensionné pour éviter des vitesses inférieures à 0,5 m/s lorsque les débits de drainage sont minimaux et qu'une seule pompe est en service. De cette manière, le débit des pompes et celui du réseau sont équilibrés.

Le débit maximal de pompage (6,6 m<sup>3</sup>/s) est légèrement surdimensionné si l'on tient compte de la capacité de stockage dans le réseau (capacité nécessaire 5,5 m<sup>3</sup>/s). Cette surcapacité est toutefois recommandée pour les raisons suivantes:

- il se produit des coupures de courant imprévisibles;
- on ignore le moment des pluies de pointe et il se pourrait donc que la capacité de stockage du réseau ne soit plus disponible. Si celle-ci tombe à zéro, le débit de la station permettra néanmoins d'évacuer les eaux sur une période d'environ 4 jours, ce qui est considéré comme acceptable;
- il est souhaitable qu'une standardisation des pompes soit introduite.

Enfin, il est recommandé de conserver dans la station d'exhaure une pompe supplémentaire qui pourra être rapidement installée en cas de panne.

#### 4.6.6. Choix des pompes

Les pompes proposées dans l'APD du Gersar sont de la marque Flygt, type PL7120. Etant donné que l'eau de drainage est saline, il est recommandé de protéger toutes les parties en fonte avec un revêtement spécial et des anodes de zinc. Les hélices sont en alliage aluminium/bronze et résistent fort bien au sel. Ces pompes sont activées par des moteurs électriques et munies de boîtes d'engrenage.

Une alternative pourrait consister en l'installation de pompes PL7115 avec prise directe, dont les caractéristiques hydrauliques sont comparables à celles des PL7120. Toutefois, elles requièrent une correction électronique pour les basses valeurs de  $\cos \phi$ . Le coût de ces pompes - protection anti-sel et correction  $\cos \phi$  incluses - s'élève à 15,5 millions de FCFA contre 32,75 millions de FCFA pour les pompes originellement prévues (protection anti-sel également comprise). Pour les 4 pompes (3 en service et 1 de réserve), il serait donc possible de réaliser une économie d'investissement de l'ordre de 60 millions de FCFA. Une comparaison des caractéristiques des différents modèles de pompes est présentée à l'Annexe D. Les pompes d'une capacité d'environ 1,4 m<sup>3</sup>/sec proposées en alternative représentent à peu près les mêmes coûts que les pompes PL 7115.

#### 4.6.7 Construction

Les aspects géotechniques dont il faudra tenir compte lors des terrassements ont été traités dans le Chapitre 4.3.

Pour la construction des ouvrages d'art dans le réseau de drainage, il est recommandé d'utiliser du ciment maritime résistant aux

sulphates. La différence de prix du ciment maritime est si faible (25 FCFA/50 kg) que cela n'influence pas les coûts. Deux autres points importants lors de la construction seront une surveillance adéquate du serrage du béton ainsi qu'un bon recouvrement de l'armature. Ces mesures à elles seules permettront déjà d'accroître la résistance au sel.

Pour garantir une bonne qualité aux parties métalliques des ouvrages (surtout les vannes et leur cadre), il est conseillé de n'utiliser que des éléments en galvanisé, fabriqués en usine. Il a été tenu compte de cet aspect dans l'estimation des coûts.

Quelques ouvrages, surtout des ouvrages de franchissement des canaux d'irrigation sur les drains, pourraient être améliorés. Les détails concernant ce point sont repris dans l'Annexe D.

#### 4.7 Réseau de pistes

Le réseau de pistes proposé dans l'APD est parfaitement logique. Il est constitué de 40,4 km de pistes primaires d'une largeur de 3,5 m et de 30,8 km de pistes secondaires d'une largeur de 3 m. Généralement les pistes sont situées le long des canaux; elles sont parfois surélevées sur des cavaliers. Dans les plans de secteurs, un raccordement adéquat entre les pistes tertiaires et secondaires a été prévu (voir Chapitre 4.8). Les pistes qui relient les stations de pompage seront munies d'une couche de latérite (16 km).

#### 4.8 Conception de l'aménagement à la parcelle

Elle est développée à l'Annexe H.

##### 4.8.1 Généralités

L'aménagement à la parcelle a été considéré dans un premier temps comme relevant de la responsabilité des exploitants. C'est pour cette raison que l'aménagement à la parcelle n'est pas traité dans l'APD du Gersar (1987). Si le rapport de factibilité y consacre cependant l'intérêt nécessaire, le rapport Irrigation IV de la Banque Mondiale ne le traite pas non plus de façon détaillée. Les idées à ce sujet se sont progressivement modifiées et les termes de référence de l'étude actuelle partent du principe que l'état des parcelles mises à la disposition des exploitants doit être tel qu'il leur permette, sans trop d'investissements supplémentaires dans l'aménagement, d'obtenir des rendements satisfaisants.

L'une des principales raisons de ce changement est que les paysans ne disposent ni de la capacité, ni de l'équipement nécessaire pour exécuter eux-mêmes ces travaux, qui ne sont par ailleurs pas simples. Les termes de référence de l'étude actuelle, partant de l'idée que les exploitants doivent recevoir des parcelles avec un bon potentiel de production, demandent que soit établi un plan type d'aménagement à la parcelle. Les plans types traités dans les paragraphes suivants et dans l'Annexe H sont basés sur des secteurs de quelque 30 ha avec une dotation d'eau d'environ 100 l/s. Les pistes qui relient les stations de pompes seront munies d'une couche de latérite (16 km).

#### 4.8.2 Situation actuelle

Dans la partie du périmètre déjà aménagée, l'infrastructure tertiaire et quaternaire requiert de nettes améliorations, tant au niveau de l'entretien que de la conception. C'est ainsi que les fossés d'irrigation quaternaires ne donnent pas toujours satisfaction, que les prises de secteur ont souvent été démolies par les paysans, que le nivellement des parcelles laisse beaucoup à désirer et que le drainage ne répond pas aux exigences actuelles.

#### 4.8.3 Modifications à apporter à la conception

L'actuel plan d'aménagement à la parcelle est basé sur un périmètre produisant une récolte par an. Compte tenu de la maîtrise d'eau dont on dispose à présent dans le fleuve Sénégal, il est possible d'envisager une double culture annuelle. Or le temps disponible entre deux cultures est extrêmement réduit et signifie donc que la récolte de la saison sèche devra être emportée des champs le plus rapidement possible de manière à permettre les travaux de labour de la culture suivante. Des dispositions devront être prises à cet effet.

Le débit originel du réseau d'irrigation (2,25 l/s/ha) s'est avéré insuffisant et a actuellement été porté jusqu'à 3,25 l/s/ha. L'infrastructure doit donc être adaptée en conséquence. Le plan type prévoit des parcelles de base de 3 ha mais l'expérience a montré qu'il s'agissait là d'une superficie bien trop grande. Le planage étant en outre très irrégulier, il est difficile pour le paysan de traiter une telle superficie comme une unité.

#### 4.8.4 Critères de conception pour le nouvel aménagement à la parcelle

Pour le nouveau plan d'aménagement à la parcelle, les critères de conception suivants sont proposés:

- superficie de 30 ha par secteur avec adduction d'eau d'environ 100 l/s;
- subdivision des secteurs en parcelles de 0,75 ha avec prise individuelle pour l'eau d'irrigation, sortie pour les eaux de drainage et raccordement au réseau de pistes;
- livraison des parcelles en tant qu'unité. Si le terrain le permet, plusieurs parcelles peuvent être livrées en tant qu'unité (c'est-à-dire un niveau identique);
- distance entre les canaux d'irrigation et de drainage de 300 m maximum. Il s'ensuit une superficie des parcelles de 150 x 50 m (dans certains cas 100 x 75 m);
- attribution d'une aire de battage où le paddy et la paille peuvent être entreposés à chaque propriété (3 parcelles);
- dimensionnement des canalisations de drainage de telle sorte qu'en période d'irrigation normale, elles puissent maintenir un niveau de 0,75 m sous le terrain naturel;
- respect de l'infrastructure existante et des plans de parcelles dans toute la mesure du possible, ceci tant pour réduire les coûts que pour éviter de troubler les relations de propriété;
- conception du réseau d'irrigation de manière à garantir un minimum de perte de charge entre la prise de secteur et le champ, et de maintenir



ainsi des niveaux d'eau assez bas dans les réseaux primaires et secondaires. Dans une zone deltaïque plate comme celle de Boundoum, ceci permettra de réduire les coûts.

#### 4.8.5 Plan type proposé

La Figure 19 présente un plan type d'aménagement à la parcelle. Quelques variantes de ce plan ont été élaborées à l'Annexe H. Le plan proposé correspond le mieux aux critères définis dans le Paragraphe 4.8.4. La perte de charge en aval de la prise de secteur et la parcelle est de 0,50 m, ce qui est considéré comme acceptable. Il est toutefois indispensable d'effectuer un planage précis et bien contrôlé en vue de satisfaire aux conditions requises pour la culture du riz par semis direct.

Le réseau d'irrigation est dimensionné de manière à ce que tous les canaux tertiaires puissent transiter le débit total. Ceci signifie que si le groupement de paysans souhaite concentrer toute l'eau d'irrigation d'un secteur dans une sous-division particulière (par exemple pendant la période d'imbibition), cela est tout-à-fait réalisable. Le réseau est également conçu de telle sorte que le secteur ne possède pas de système complexe de mesure/allocation de l'eau mais que cette distribution interne est laissée aux paysans eux-mêmes.

Le plan type présenté a été conçu comme standard. Quand la forme du secteur est différente des variations sont possibles. Dans l'Annexe H quelques variantes ont été élaborées. Un des critères donné est de perturber au minimum la disposition existante dans les secteurs cultivés. Dans le cas où il est impossible de construire des drains et pistes avec une interdistance d'environ 300 m tout en respectant la disposition existante, on pourrait construire des drains quaternaires longés par des pistes, à condition que l'interdistance d'environ 300 m soit maintenue. Cette solution a pour conséquence une construction et un entretien plus compliqués.

Pour mieux chiffrer les quantités concernées par les travaux de planage, des levés topographiques ont été effectués dans 6 secteurs. Les conclusions sont que dans tous les cas (terres cultivées, abandonnées ou non aménagées), les terrassements seront à peu près identiques et seront de l'ordre de 250 m<sup>3</sup>/ha. Cette quantité est valable à condition d'effectuer en une fois le planage d'une superficie de 2,5-3 ha.

#### 4.8.6 Coûts des aménagements à la parcelle

Les coûts des aménagements à la parcelle ont été estimés sur la base du plan type précité. Cette estimation s'élève à environ 425 000 FCFA/ha pour l'infrastructure d'irrigation, de drainage et de pistes. Il faut y ajouter les frais de planage, frais de débroussaillage dans les zones non aménagées et abandonnées, ainsi que frais de décapage dans les deux dernières zones. Selon l'expérience de la SAED le décapage peut être évité et les coûts de débroussaillage dans ces conditions peuvent être sensiblement réduits. On peut comparer ci-dessous les coûts originellement estimés et les coûts réduits en fonction des remarques de la SAED.

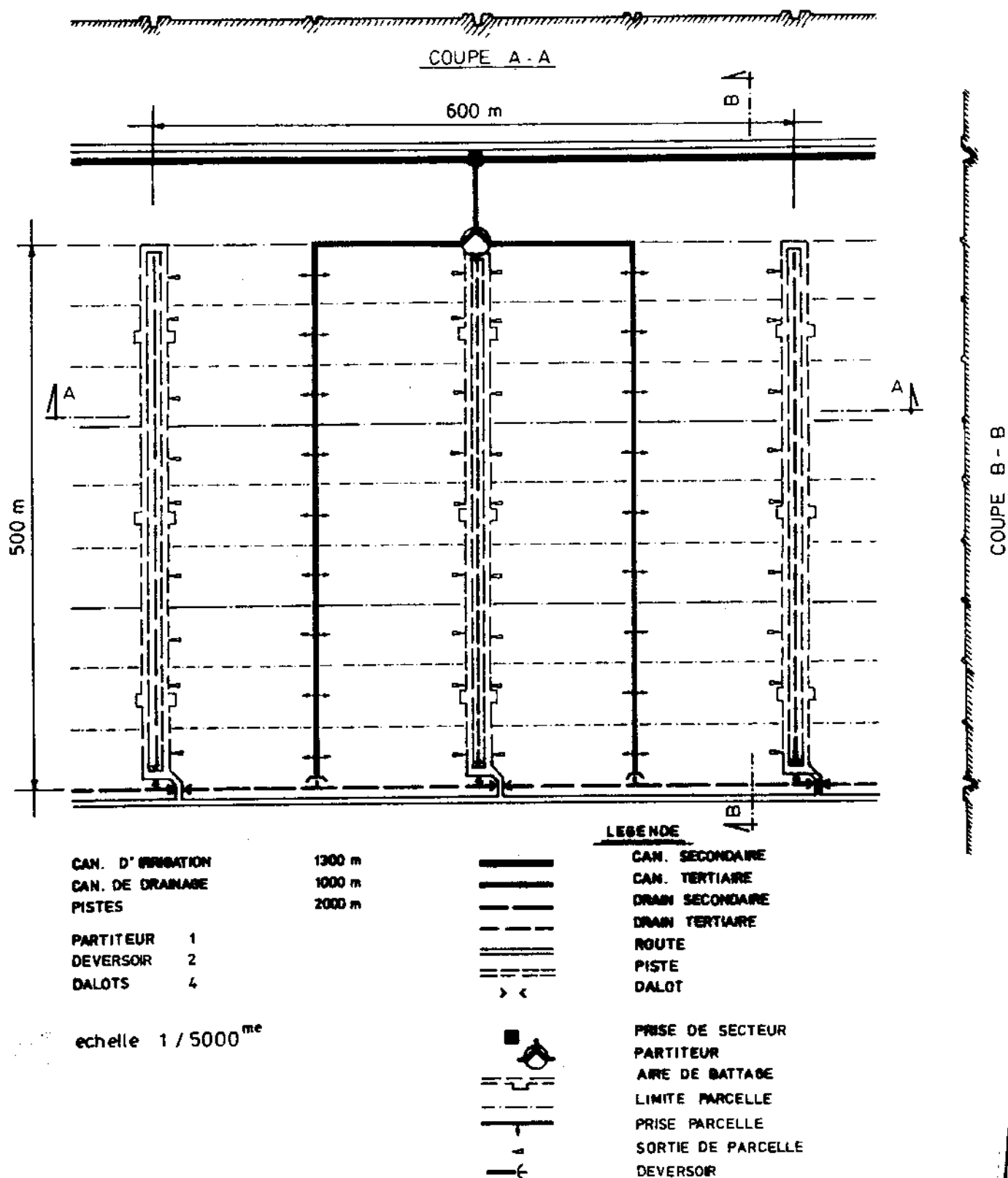


FIG. 19 PLAN TYPE D'UN SECTEUR D'ENVIRON 30 ha

	Prix originel	Prix réduit
- zone cultivée	650 000 FCFA/ha	625 000 FCFA/ha (1031 ha)
- zone abandonnée	750 000 FCFA/ha	660 000 FCFA/ha (1360 ha)
- zone non aménagée	850 000 FCFA/ha	705 000 FCFA/ha (880 ha).

#### 4.8.7 Plan détaillé de l'aménagement à la parcelle

Etant donné qu'il existe déjà une infrastructure primaire et secondaire, l'aménagement à la parcelle devra lui être adapté autant que possible. Ceci nécessitera des travaux de conception très précis, basés sur des cartes au 1:2000 avec courbes de niveau tous les 0,1 m. Compte tenu de ce que l'adaptation envisagée requerra certaines modifications du plan type, les travaux de conception devront régulièrement s'appuyer sur des contrôles de terrain, d'autant plus que l'on ne dispose pas actuellement de carte indiquant avec précision l'emplacement de l'infrastructure existante. Plus de détails concernant la préparation des plans détaillés sont repris dans le Chapitre 7.

#### 4.9 Entretien du périmètre

On peut se reporter pour les détails à l'Annexe E.

##### 4.9.1 Introduction

L'un des problèmes du périmètre de Boundoum tient au fait que pratiquement aucun entretien n'a été réalisé. Vu que l'entretien est essentiel pour le maintien à long terme de l'intérêt économique du projet, ce sujet est traité ici beaucoup plus amplement dans les rapports précédents.

L'entretien du périmètre n'a consisté jusqu'à présent qu'en actions ponctuelles et s'est généralement limité à des réparations indispensables. Des contraintes budgétaires ont également pesé sur les travaux d'entretien. Il en résulte que cet entretien laisse actuellement beaucoup à désirer et que de nombreux éléments de l'infrastructure ne sont plus opérationnels.

La SAED souhaite améliorer cette situation et assurer un entretien préventif régulier de manière à maintenir le périmètre en bon état et à éviter ainsi la perte des gros investissements consentis. Dans ce cadre, la SAED considère que l'entretien des secteurs revient aux paysans, elle-même se chargeant de l'entretien des infrastructures primaires et secondaires.

Pour effectuer l'entretien, il faudra avoir recours à une organisation spécialisée (privée ou non) équipée du matériel nécessaire et il faudra veiller à ce que les travaux soient exécutés conformément aux arrangements convenus. Si tel n'était pas le cas, des dommages pourraient en résulter.

##### 4.9.2 Analyse des travaux d'entretien requis

Les besoins en travaux d'entretien sont repris de façon plus détaillée dans le Tableau 8. Cet inventaire a été élaboré en collaboration avec les fonctionnaires de la SAED en tenant compte de leur expérience.

Tableau 8 - Besoins en travaux d'entretien de l'infrastructure du périmètre irrigué de Boundoum

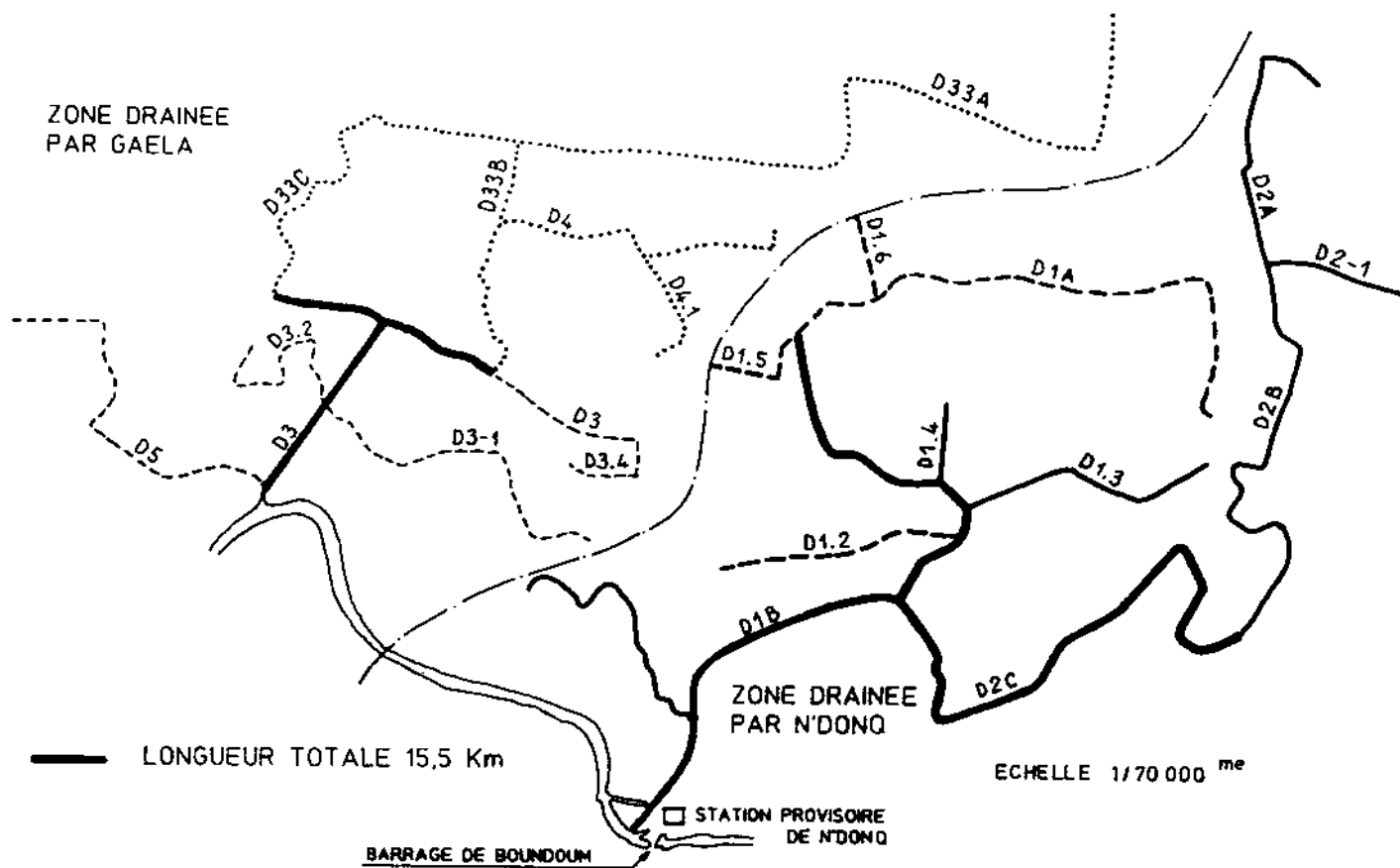
Objet	Opération	Fréquence	Méthode
<u>• Réseau tertiaire</u>			
Canaux d'irrigation	désherbage	3 x par an	à la main/tracteur
	reprofilage	2 x par an	à la main/tracteur
Drains	désherbage	3 x par an	à la main
	reprofilage	1 x par 2-3 ans	à la main/niveleuse
Pistes	reprofilage	2 x par an	niveleuse
<u>• Réseaux primaire et secondaire</u>			
Canaux d'irrigation	désherbage	2 x par an	faucardeuse
	curage	1 x par 3 ans	pelle mécanique*
	reprofilage	1 x 3 ans	niveleuse
Drains	désherbage	2 x par an	faucardeuse
	curage	1 x 3-5 ans	pelle mécanique*
	reprofilage	1 x 3 ans	niveleuse
Pistes/routes	reprofilage	1 x par an	niveleuse
	remplissage des trous	1 x par 2 ans	latérite/compacteur
	recharge latérite	1 x 10 ans	camion/compacteur
	désherbage talus	1 x an	faucheuse à fléaux
Digues/cavaliers	désherbage	2 x par ans	tracteur
	reprofilage	1 x 2 ans	niveleuse
Ouvrages	entretien	continu	variable

\* ou avec drague

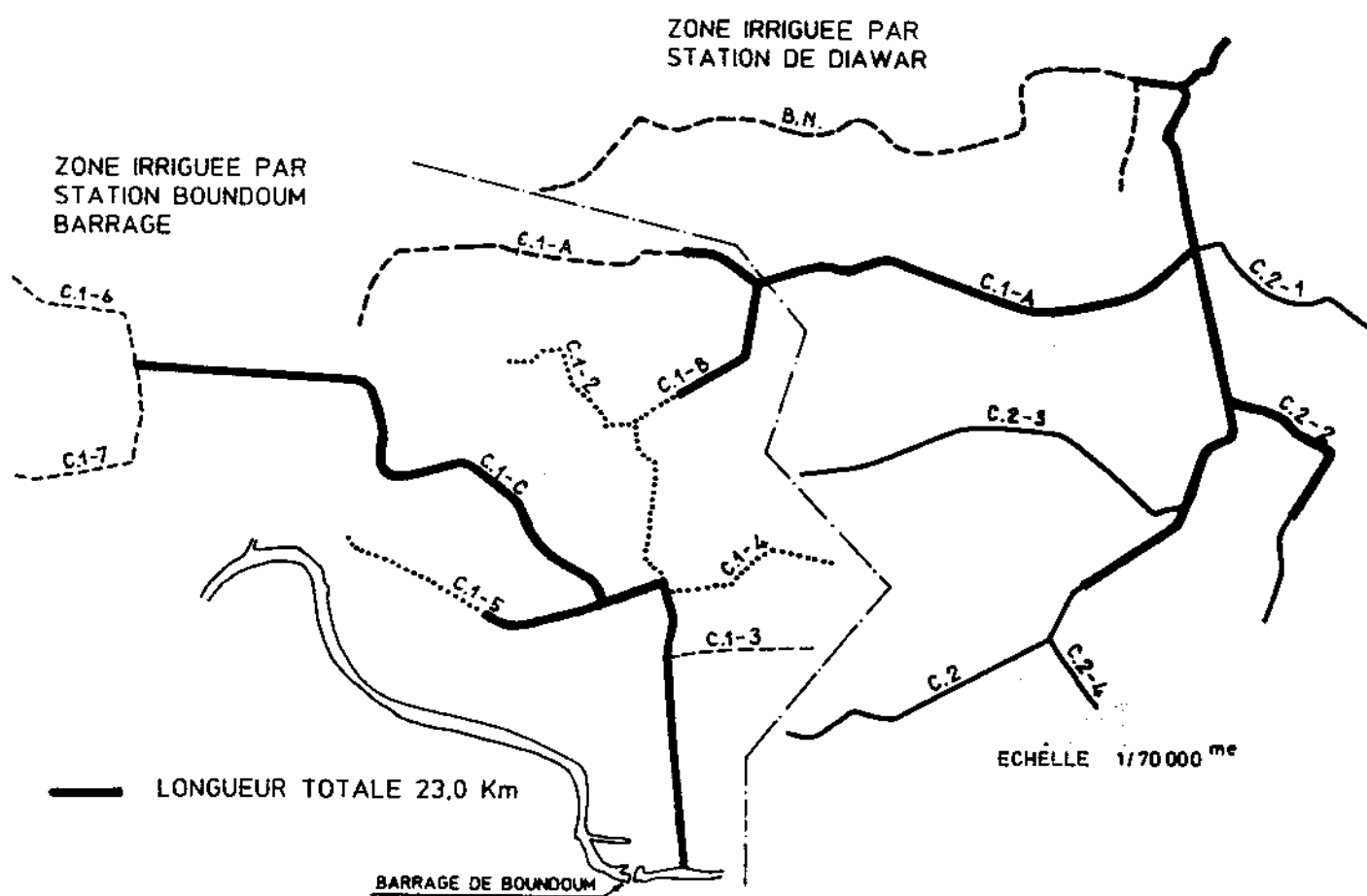
#### 4.9.3 Méthodes d'entretien

Les méthodes d'entretien du périmètre sont détaillées dans l'Annexe D. Une attention spéciale a été consacrée au choix des équipements nécessaires. Bien que l'une des variantes consiste à entretenir manuellement une partie de l'infrastructure tertiaire, le calcul des coûts a été établi sur la base de la variante prévoyant l'entretien mécanique. Le choix d'une solution et de l'organisation correspondante, pourra être effectué dans un stade ultérieur.

L'un des problèmes relevés est celui du curage des canaux d'irrigation et de drainage. Etant donné que les largeurs en gueule sont fort importantes (parfois plus de 30 m), ce curage devra être effectué à l'aide de matériel de dragage flottant. Comme le périmètre ne possède pas d'expérience avec ce type de matériel, il conviendra d'étudier et de



CANAUX DE DRAINAGE DONT LA LARGEUR EN GUEULE EST > 12,00m



CANAUX D'IRRIGATION DONT LA LARGEUR EN GUEULE EST > 12,00m

fig. 20

tester cette solution. Notons que les méthodes proposées sont basées sur des expériences réalisées ailleurs et qu'elles devront faire l'objet d'une étude approfondie dans le cadre du projet détaillé, tant du point de vue quantitatif que du point de vue méthodologique.

#### 4.9.4 Infrastructure à entretenir

Les données suivantes ont servi de base pour le calcul des quantités de travaux d'entretien requis.

L'infrastructure existante (voir Figure 20) consiste en:

- 53 km de canaux d'irrigation primaires et secondaires dont 23 km avec largeur en gueule > 12,00 m et 30 km avec largeur en gueule < 12,00 m;
- 64,5 km de drains primaires et secondaires dont 15,5 km avec largeur en gueule > 12,00 m et 49 km avec largeur en gueule < 12,00 m;
- 40,4 km de pistes primaires;
- 30,8 km de pistes secondaires.

Pour les secteurs, les quantités suivantes ont été prises en compte:

- 142 km de canaux tertiaires;
- 110 km de drains tertiaires;
- 220 km de pistes.

L'infrastructure ne porte que sur les réseaux d'irrigation, de drainage et de pistes. Les routes d'accès dont l'entretien dépend d'autres organisations, de même que les digues qui entourent le projet n'ont pas été reprises sous cette appellation.

#### 4.9.5 Besoins en engins pour l'entretien

Le nombre d'heures machines nécessaires pour les travaux d'entretien sont calculées dans le Tableau 9. Ces besoins peuvent être résumés comme suit:

- pelle mécanique:  $605 \text{ h} + 737 \text{ h} + 150 \text{ h} + 114 \text{ h} = 1606 \text{ h} + 10\% =$  (arrondi) 1765 h/an;
- tracteur:  $212 \text{ h} + 72 \text{ h} + 572 \text{ h} + 204 \text{ h} + 330 \text{ h} + 220 \text{ h} = 1610 \text{ h} + 10\% =$  (arrondi) 1800 h/an;
- niveleuse:  $52 \text{ h} + 32 \text{ h} + 72 \text{ h} + 55 \text{ h} + 220 \text{ h} = 431 \text{ h} + 10\% =$  (arrondi) 500 h/an;
- drague:  $134 \text{ h} + 25\% = 170 \text{ h/an}$ .

Compte tenu d'une disponibilité de 1625 h/an, l'entretien peut être effectué à l'aide d'une machine de chaque type (la pelle mécanique étant utilisée un peu plus qu'à plein temps) et de deux tracteurs. Le parc machines nécessaire peut donc se résumer comme suit:

- 1 pelle mécanique (100 kW - 110 kW) équipée de:
  - . 1 faucardeuse (4 m)
  - . 1 faucheuse à fleaux;
- 2 tracteurs agricoles (90 kW) équipés de:
  - . 1 faucardeuse (3 m),
  - . 1 faucheuse à fléaux
  - . 1 tondeuse-broyeuse rotative;
- 1 niveleuse (100-110 kW) équipée d'une lame pour talus;
- 1 drague qui pourra être partagée avec d'autres projets.

En outre, il faudra disposer de remorques pour l'entretien routier et éventuellement d'une compacteuse pour le cas où des terres de déblai seraient répandues sur les routes de même que pour le compactage des routes. Pour la réparation des ouvrages, il faudra également disposer d'au moins deux équipes disposant d'outils, d'un tracteur (90 kW), d'une remorque, d'une petite compacteuse, d'une bétonnière et d'un équipement de soudage mobile.

Tableau 9 - Calcul des besoins en machines pour l'entretien du périmètre

	Quantité (km)	Equipement	Rendement (km/ha)	Fréquence (par an)	Heures machine (par an)
<u>Canaux prim. + sec.</u>	53	pelle			
Désherbage	2 x 53	pelle	0,350	2x	605
Désherbage talus	4 x 53	tracteur	2,0	2x	212
Reprofilage talus	4 x 53	niveleuse	2,0	0,5	52
Curage < 12 m	30	pelle	0,20:3	0,33	150
> 12 m	23	drague	0,25:3	0,33	92
<u>Drains prim. + sec.</u>	64,5				
Désherbage	2 x 64,5	pelle	0,350	2	737
Reprofilage	2 x 64,5	niveleuse	2,0	0,5	32
Curage < 12 m	49	pelle	0,43:4	0,25	114
> 12 m	15,5	drague	0,37:4	0,25	42
<u>Pistes prim. + sec.</u>	71,2				
Reprofilage	71,2	niveleuse	1,0	1,0	72
Désherbage	2 x 71,2	tracteur	2,0	1,0	72
<u>Canaux tertiaires</u>	143				
Désherbage	2 x 143	tracteur	1,5	3	572
Curage	143	tracteur	0,350	0,5	204
<u>Drains tertiaires</u>	110				
Désherbage	2 x 110	tracteur	2,0	3	330
Curage	2 x 110	niveleuse	2,0	0,5	55
<u>Pistes tertiaires</u>					
Reprofilage	220	niveleuse	1,0	1	220
Désherbage	2 x 220	tracteur	2,0	1	220

Une estimation des frais d'investissement correspondants est reprise dans le Tableau 10.

Les coûts annuels d'entretien sont estimés à environ 90 millions de FCFA (à l'exclusion des frais généraux et des frais de rechargement des routes). Ces coûts correspondent aux frais d'exploitation et d'entretien et aux frais d'amortissement du parc machines. Il convient donc d'ajouter

à partir de l'année 7 les coûts relatifs au rechargement des routes en latérite (apport plus compactage d'une couche de 10 cm) à raison d'une fois par 10 an. Ceci correspond donc à 1 cm par an sur un réseau de 71 km avec une largeur moyenne de 3 m, soit  $71\ 000 \times 0,01 \times 3 = 2130\text{ m}^3$ . A raison de 4300 FCFA/m<sup>3</sup>, ces travaux correspondent à des coûts annuel de 9 159 000 FCFA. Le total des coûts d'entretien est donc de l'ordre de 100 millions de FCFA par an.

Tableau 10 - Coûts d'investissements pour le matériel d'entretien (10<sup>6</sup> FCFA)

Equipements	Coûts
1 pelle mécanique (100-110 kW)	40,0
2 tracteurs agricoles (90 kW)	16,0
1 niveleuse (100-110 kW)	40,0
1 drague	40,0
1 faucardeuse pour pelle	2,5
1 faucardeuse pour tracteur	3,0
1 faucheuse à fléaux	1,3
1 tondeuse-broyeuse rotative	2,0
1 lame pour talus	3,5
3 remorques	3,0
1 remorque-citerne	1,5
2 tracteurs avec remorque (90 kW)	16,0
2 jeux d'outils pour équipes d'entretien	15,0
Coûts totaux	183,8
Imprévus 15 %	27,6
Pièces de rechange 15 %	27,6
Total	239,0

#### 4.9.6 Organisation de l'entretien

En principe, l'entretien du périmètre peut être effectué aussi bien par la direction du projet que par une entreprise privée sous contrat. Le directeur du projet, en raison de son expérience et de la politique générale de privatisation préfère nettement confier cet entretien à une entreprise privée.

Le consultant peut soutenir ce choix, en sachant que les conditions suivantes devront être remplies:

- un programme d'entretien détaillé devra être dressé;
- un cahier des charges devra être établi dans lequel normes et qualité de l'entretien devront être prescrites;
- il sera probablement nécessaire d'établir des contrats afin d'attirer des entreprises capables de s'équiper de matériel spécialisé;
- une ligne de crédit sera nécessaire afin que ces entreprises puissent correctement s'équiper (environ 239 millions FCFA);
- un système de contrôle et de paiement devra être mis en place, si



- possible, en accord avec les paysans;
- pendant un certain nombre d'années, une assistance technique sera nécessaire, autant pour préparer les contrats, que pour guider les responsables dans le contrôle des entreprises d'entretien. Ces entreprises auront aussi elles-mêmes besoin d'être assistées lors de la mise en place des services d'entretien.

#### 4.10 Influence du périmètre sur l'environnement

##### 4.10.1 Evacuation des eaux de drainage

En raison de la salinité des sols et de l'emploi des produits chimiques, le drainage constitue l'un des principaux problèmes d'aménagement du périmètre. Ce problème a été reconnu depuis le début de sa mise en valeur, il a été mentionné dans le rapport de la Banque Mondiale, et plusieurs options ont été proposées en vue d'y apporter une solution définitive. Une évaluation détaillée des problèmes de drainage est donnée dans l'Annexe F.

Les options prévoyant le rejet des eaux polluées de drainage dans le Gorom et dans le fleuve Sénégal en amont du barrage de Diama, n'ont pas été retenues et ceci pour les raisons suivantes:

- l'usage dans le proche avenir de la retenue de Diama comme réserve d'eau potable pour Saint-Louis et le delta mauritanien;
- la mise en service du barrage de Diama, et la construction, sous peu, de la Digue Rive Droite maintiendront le niveau de la retenue de Diama à un niveau plus élevé, ce qui rendra l'évacuation des eaux de drainage difficile et coûteuse;
- le Gorom fait partie intégrante du Parc National des Oiseaux du Djoudj et sert d'habitat important à certains oiseaux, poissons et mammifères. Le Gorom sert également à l'alimentation en eau des différents campements et postes installés dans le parc. Notons que le Parc de Djoudj constitue une zone humide à vocation internationale, qui est inscrite sur la liste de réserves "Man and Biosphere" de l'UNESCO et est reprise dans la Convention de RAMSAR.

Il apparaît donc clairement que le rejet des eaux de drainage dans le fleuve en amont de Diama posera de graves problèmes. La seule solution valable et acceptable consiste à les évacuer en aval de ce barrage. Pour ce faire, il est nécessaire qu'un grand drain émissaire soit construit (le Grand Emissaire du Delta Rive Gauche) qui serve à l'évacuation de la totalité des eaux de drainage du delta et qui débouche donc en aval de Diama. Une telle solution sera toutefois fort coûteuse et demandera encore beaucoup de temps, tant pour les études préparatoires que pour l'exécution.

Une solution temporaire qui pourrait être envisagée, mais qui présente néanmoins de graves inconvénients, consisterait à rejeter les eaux de drainage du périmètre dans une dépression située juste au sud du Gorom. Cette dépression (voir Figure 8) est liée à la zone d'épandage du Djeuss amont. Pendant la crue, le niveau de ce dernier est nettement inférieur à celui du Gorom et la salinité de ses eaux et des sols y est déjà fort élevée. La mise en oeuvre de cette solution requerrait l'une des deux interventions suivantes (voir Paragraphe 4.6):

- (a) la mise en place d'un drain de connexion entre Gaëla et N'Donq, le refoulement par siphon, directement sous le Gorom, des eaux de drainage par la station de Gaëla, puis l'établissement d'un drain d'exhaure vers la dépression en question (voir Figure 16, schéma a);
- (b) la construction d'une station de pompage au sud du Gorom et d'un drain d'exhaure vers la dépression. Dans ce cas, le Gorom devrait être bloqué par un barrage à Gaëla et le bief ainsi constitué servirait de réservoir. Ceci signifie également que le Gorom ne pourrait plus être connecté avec l'axe Gorom-Lampsar (voir Figure 16, schéma b).

Soulignons une fois encore que cette solution ne pourrait avoir qu'un caractère tout-à-fait temporaire, en attendant la connexion avec le futur émissaire du delta. En effet, un calcul théorique a indiqué que les quantités de sel susceptibles d'être déposées sur cette zone d'épandage d'environ 1000 ha correspondraient en dix ans à une salinisation d'environ 10% sur une couche de 1 m. Les coûts de cette solution ont été estimés à 720 millions de FCFA dans le cas de l'option a et à 490 millions de FCFA dans le cas de l'option b (station de pompage non comprise). Les détails de ces options sont repris dans les Annexes D et F.

#### 4.10.2 Aspects écologiques liés à l'exploitation et l'entretien du périmètre

Les risques écologiques liés à la gestion du périmètre de Boundoum devront être pris en considération afin d'éviter les contraintes importantes qui peuvent en découler au niveau des rendements, des coûts d'entretien et des changements non désirables dans le milieu. Les principaux problèmes écologiques qui peuvent se poser sont traités en détail dans l'Annexe M. Ils incluent les trois aspects suivants.

##### (a) Le désherbage des canaux d'irrigation et des drains

En l'absence d'un nettoyage régulier des canaux, on peut s'attendre à une prolifération rapide des vecteurs de maladies graves (mollusques, insectes), en particulier du paludisme qui est déjà devenu un fléau majeur dans le périmètre de Boundoum. En outre, la libre prolifération des adventices peut résulter en une infestation des casiers. L'emprise des arbustes sur les berges risque d'attirer des oiseaux granivores nuisibles, tandis que les végétaux seront sans doute envahis par des rongeurs tels les rats. Des activités de contrôle sont suggérées dans l'Annexe M.

##### (b) La prolifération des plantes aquatiques nuisibles

La perturbation du milieu aquatique naturel et la création de nouveaux milieux aquatiques artificiels peuvent résulter en une prolifération rapide des plantes aquatiques nuisibles, comme le *Pistia stratiotes* (salade d'eau). Déjà, à certains endroits, des tapis flottants bouchent les prises et canaux et en effet, entraînent des risques sanitaires: en effet, en réduisant la teneur en oxygène des eaux, ils provoquent une réduction des populations de poissons (prédateurs des larves des moustiques). Différentes méthodes de contrôle des plantes aquatiques nuisibles sont suggérées dans l'Annexe M, y compris les méthodes de contrôle biologique, contrôle chimique, et contrôle manuel et mécanique.

(c) Usage des produits chimiques dans le périmètre de Boundoum

La réhabilitation du périmètre et la mise en place d'une deuxième culture entraîneront une augmentation de l'emploi de produits chimiques (pesticides, engrais) dans le proche avenir, ce qui présentera des risques écologiques et sanitaires importantes, si l'on n'applique pas de mesures strictes de contrôle. Dans l'Annexe M, l'emploi actuel d'insecticides, d'herbicides et de rodenticides a été évalué. Une estimation de leur utilisation future et un nombre des mesures visant à limiter leur impact négatif sur le milieu naturel et la santé humaine sont présentés dans la même annexe. Enfin, celle-ci élabore également les possibilités de créer un programme de contrôle phytosanitaire intégré.

4.11 Estimation des coûts de la réhabilitation

4.11.1 Généralités

Le calcul des coûts d'investissement du périmètre est basé sur les calculs effectués dans l'APD auxquels ont été apportés quelques ajustements. Ces ajustements sont généralement basés sur une actualisation des coûts unitaires pour l'aménagement, les nouveaux prix ayant été extraits de devis récents présentés par les entreprises pour des travaux similaires dans la région du delta. D'autres ajustements résultent des différences de conception, telles qu'élaborées dans la présente étude.

Pour établir les calculs, l'on est parti du principe que la qualité de la construction devait être de nature à minimiser les travaux d'entretien. Ceci dépendra en partie de la qualité du contrôle en cours de construction et en partie de la qualité des matériaux utilisés. Un aspect évident dans ce cadre est la qualité des pièces métalliques des ouvrages (vannes, etc.). On a pu constater que la résistance à la corrosion des ouvrages en galvanisé fabriqués en usine (par exemple les modules à masque et les vannes AVIO) était fort bonne. Par contre, toutes les vannes fabriquées sur place et non galvanisées étaient très attaquées par la rouille et avaient été forcées à de nombreuses reprises, leur fonctionnement étant devenue trop difficile. C'est pourquoi il est proposé de n'utiliser, dans le cadre du nouvel aménagement, que des vannes et autres produits provenant de l'usine et bien galvanisés.

#### 4.11.2 Prix unitaires de base

Les prix unitaires de base fixés en collaboration avec la SAED sont donnés dans le Tableau 11.

Tableau 11 - Coûts unitaires des travaux repris d'appels d'offres récents (FCFA)

Désignation des travaux	U	Prix min.	Prix moyen	Prix max.	Source A.O.	Prix proposé
Remblai compacté y compris extraction, transport, compactage sur remblai existant	m <sup>3</sup>	1 250	1 500	1 900	06/87	1 500
Remblai compacté y compris extraction, transport, compactage sur terrain nu	m <sup>3</sup>	850	1 110	1 390	10/87	1 100
Remblai autour ouvrage d'art	m <sup>3</sup>	2 500	2 880	3 620	06/87	3 000
Décapage sur 0,20 m	m <sup>3</sup>	260	670	1 765	10/87	700
Débroussaillage par épareuse	ha	167 600	-	500 000	06/87	180 000*
Débroussaillage par arrachage	ha	208 900	-	500 000	06/87	220 000
Déblais canaux et drains et mise en dépôt en cordon le long de l'axe déblayé	m <sup>3</sup>	500	720	1 130	10/87	800

\* selon l'estimation de la SAED, pour le débroussaillage des aménagements tertiaires un prix maximum de 80 000 FCFA par ha est valable.

Tableau 11 - Coûts unitaires des travaux repris d'appels d'offres récents (FCFA)  
(suite)

Désignation des travaux	U	Prix min.	Prix moyen	Prix max.	Source A.O.	Prix proposé
Déblais canaux et drains et transport zone de dépôt (environ 400-600 m)	m <sup>3</sup>	715	970	1 600	10/87	1 100
Terrassement fouilles ouvrages d'art (déblai) métré stricto sensu	m <sup>3</sup>	2 235	3 130	3 820	10/87	3 000
Terrassement fouilles ouvrages d'art (déblai) métré théorique	m <sup>3</sup>	1 800	2 140	2 435	06/87	2 500
Réfection pistes au m <sup>2</sup> (cf Boundoum)	m <sup>2</sup>	120	285	450	06/87	200
Couche de latérite compactée	m <sup>3</sup>	3 310	4 280	5 400	06/87	4 300
Sable	m <sup>3</sup>	8 000	11 000	15 780	06/87	11 000
Béton de propreté (150 kg/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	30 000 32 100	41 330 46 500	51 800 65 540	10/87 06/87	35 000
Béton ordinaire à (300 kg/m <sup>3</sup> ) latérite	m <sup>3</sup>	40 000	50 550	65 750	10/87	50 000
Béton enrobage de buse (200 kg/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>	44 900	54 540	72 700	06/87	45 000
Béton pour béton armé (350 kg/m <sup>3</sup> ) basalt	m <sup>3</sup>	53 270	71 640	83 425	10/87	65 000
Armatures (fer doux ou HR)	kg	306	435	833	10/87	435
Coffrage plan		2 618 3 000	5 175 7 160	8 316 11 507	10/87 06/87	5 200
Enduit extérieur (2 cm)	m <sup>2</sup>	1 330	2 880	3 870	10/87	-
Enduit intérieur (2 cm)	m <sup>2</sup>	1 390	2 310	2 670	10/87	-
Fournitures métalliques diverses (galvanisées)	kg	875	1 240	1 600	10/87	1 200

Tableau 11 - Coûts unitaires des travaux repris d'appels d'offres récents (FCFA)  
(suite)

Désignation des travaux	U	Prix min.	Prix moyen	Prix max.	Source A.O.	Prix proposé
Maçonnerie aggro creux 20 x 20 x 40	m <sup>2</sup>	6 930	7 880	9 000	10/87	8 000
Mortier (500 kg/m <sup>3</sup> ) ép.3 cm	m <sup>2</sup>	3 330	4 970	7 280	10/87	-
Planage parcelles rizicoles (général)	ha	175 350	333 000	531 000	10/87	-
Planage parcelle < 300 m <sup>3</sup> /ha	ha	-	-	-	-	200 000
300 - 400 m <sup>3</sup> /ha	ha	-	-	-	-	300 000
> 400 m <sup>3</sup> /ha	ha	-	-	-	-	350 000
Diguettes (ml)	m	76	173	390	10/87	80
Pistes internes (remblai) -	-	-	-	-	-	800
Labour	ha	12 000	31 100	71 400	10/87	31 000
Prise d'eau PVC Ø 200 L = 2,20 m	U	7 800	18 200	26 100	10/87	18 000
Sortie d'eau PVC Ø 200 L = 6,80 m	U	20 300	47 600	72 800	10/87	45 000

4.11.3 Coûts totaux de la réhabilitation

Un résumé des coûts totaux de base de la réhabilitation est donné dans le Tableau 12.

Les coûts d'investissement incluent les frais suivants:

- coûts de pompage provisoire pour le drainage à N'Donq;
- coûts d'investissement pour l'évacuation des eaux de drainage en dehors du périmètre, station de Gaëla comprise;
- coûts de l'infrastructure d'irrigation, de drainage et de pistes;
- coûts des stations de pompage destinées à l'irrigation;
- coûts pour la protection des talus, comme prévu dans le Chapitre 4.4;
- coûts d'aménagement à la parcelle;
- contrôle des travaux, coûts locaux.

Dans le même Tableau les coûts réduits sont mentionnés comme décrit en 4.11.4.

Tableau 12 - Coût d'investissement en travaux et équipement d'irrigation (10<sup>3</sup> FCFA)

Désignation	Coût de base		Coût réduit I		Coût réduit II	
Drainage provisoire N'Doug (Chapitre 7)	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000	30 000
Réseau d'irrigation (Annexe D)						
. Boundoum Est	869 850					
. Boundoum Nord	383 644		1 791 528		1 791 528	
. Gaëla	963 534					
. Protection des talus, etc.	952 000		952 000		527 000	
Sous-total arrondi		3 169 000		2 743 528		2 318 528
Réseau de drains et pistes (Annexe D)						
. Boundoum Est	424 076		424 076			
. Boundoum Nord	95 054		95 054			
. Boundoum Barrage	76 868		76 868			
Sous-total arrondi		596 000		596 000		596 000
Stations de pompage (Annexe D)						
. Diawar	140 000					
. Boundoum Barrage	245 000		372 500			
Sous-total		385 000		372 500		372 500
Evacuation eau drainage hors périmètre (Annexe F)						
. Station pompage	266 000		272 000			
. Drain de connexion	250 000		135 000			
. Siphon	80 000		80 000			
. Drain d'exhaure	75 000		75 000			
. Aménagement cuvette, etc.	29 000		29 000			
. By-pass N'Doug	20 000		20 000			
Sous-total		720 000		611 000		611 000
Aménagement à la parcelle (Annexe H)						
. 1030 ha irrigués	669 500		643 750			
. 1350 ha abandonnés	1 012 500		891 000			
. 720 ha non aménagés	612 900		507 600			
Sous-total		2 294 900		2 042 350		2 042 350
Coûts locaux (contrôle)		6 800		6 800		6 800
Total travaux		7 201 700 (100 %)		6 402 178 (89 %)		5 977 178 (82 %)
Investissement par ha		2 323		2 065		1 928

Ne sont pas inclus tous les coûts relatifs à des travaux hors périmètre tels:

- aménagement de l'axe Gorom-Lampsar;
- aménagement éventuel de l'ouvrage G;
- aménagement d'une connexion éventuelle entre le drain d'exhaure et le Djeuss;
- contrôle des travaux, assistance technique.

Comme on peut déduire du Tableau 12, le coût d'investissement à l'hectare s'élève donc à 7 201 700 millions FCFA : 3100 ha = 2 327 910 FCFA, soit arrondi un montant de 2 325 000 FCFA/ha. Une comparaison entre les coûts à l'hectare proposé dans l'APD du Gersar de 1986/1987 dans le rapport Irrigation et ceux proposés par le présente étude est reprise dans le Tableau 13.

Tableau 13 - Comparaison des coûts d'investissement à l'hectare  
(en FCFA)

Objet	Présente étude (3100 ha)		Prix Gersar (3270 ha)	Rapport Irrigation IV (3270 ha)
	Coût de base	Coût réduit		
Canaux, drains, pistes	1 214 524	1 077 267	755 757	
Stations de pompage (irrigation)	124 000	120 161	110 498	
Station de pompage drainage	85 800	87 742	65 169	
Evacuation drainage	146 500	109 354	---	
Drainage provisoire	9 677	9 677	---	
Sous-total	1 580 501	1 404 201	931 424	976 774
Aménagement à la parcelle	740 290	658 822	---	---
Coût total	2 320 791	2 063 023	931 424	976 774

#### 4.11.4 Possibilité de réduction des coûts d'investissement

A plusieurs reprises dans ce rapport il a été question de réductions éventuelles des coûts d'investissement. Les paragraphes suivants sont consacrés à l'analyse de telles possibilités et portent sur les aspects suivants:

##### (a) Diminution du calage

Il a été fait état au chapitre 4.5 de la possibilité de diminuer le calage de 0,10 m. Une telle diminution signifie un abaissement des berges des canaux, et par conséquent une réduction des terrassements. Une autre possibilité d'économie mentionnée par la SAED, consiste à réduire la largeur des cavaliers de 4,5 m à 3 m, tout en conservant les anciennes normes de calage. Les variations de ces paramètres sur les coûts d'investissement sont reprises dans le Tableau 14.



Tableau 14 - Effets de la diminution du calage et de la réduction de largeur des cavaliers sur les quantités de terrassement et sur les coûts d'investissement du réseau d'irrigation

Paramètres	Terrassement (m <sup>3</sup> )	Coûts (10 <sup>6</sup> FCFA)	Economie	
			en 10 <sup>6</sup> FCFA	%
Situation standard	1 129 222	1242	---	100
Calage - 0,1 m	1 027 251	1130	112	91
Calage - 0,15 m	978 636	1076,5	165,5	87
Calage - 0,2 m	930 225	1023	219	82
Calage - 0,3 m	837 931	922	320	75
Cavalier 3,5 m	1 022 667	1125	117	91

(b) Diminution du coût des pompes

Comme indiqué dans les Chapitres 4.5 et 4.6, l'installation d'autres types de pompes peuvent entraîner les économies suivantes:

- stations de pompage pour l'irrigation: 12,5 millions FCFA
- station de drainage : 69 millions FCFA

(c) Prises de secteur

Comme décrit dans le Chapitre 4.5, le choix d'autres prises de secteur peut permettre la réalisation d'économies variant de 66 millions FCFA à un maximum de 176 millions FCFA. En cas d'utilisation des modules à masques, une économie de 143 millions de FCFA est possible.

(d) Alternative pour la station de pompage drainage et le drain de connexion

Au cas où des pompes standard ne sont pas exigées, on pourrait installer 4 pompes plus petites (avec une réserve) et un drain de connexion avec gabarit réduit. Les économies qui en résultent sont d'environ 138 millions de FCFA.

(e) Evacuation des eaux de drainage hors périmètre

Comme décrit dans le Chapitre 4.10, dans le cas où le Gorom serait utilisé comme drain de connexion entre les deux réseaux de drainage (option b) - avec tous les désavantages que cela présente - une économie de 290 millions FCFA pourrait être réalisée. En supprimant le décapage dans l'aménagement tertiaire et en réduisant le débroussaillage à un prix maximum de 80 000 FCFA/ha une économie totale de 252,55 millions est possible.

(f) Protection des talus

Il pourrait bien s'avérer pendant les études détaillées que la protection des zones de marnage (voir 4.4) n'est pas inévitable sur toute la longueur prévue. La SAED a proposé de supprimer complètement cette protection. On considère plus sage de réserver malgré tout la

moitié de la somme prévue pour cette protection, ce qui signifie une économie maximale de 425 millions de FCFA.

Savoir si ces différentes économies pourront être effectivement réalisées dépendra à la fois de questions techniques et de questions de gestion. L'économie maximale théoriquement réalisable est toutefois présentée dans le Tableau 15.

Tableau 15 - Economie maximale réalisable en frais d'investissement

Rubrique	Economie réalisable (en 10 <sup>6</sup> FCFA)
Calage moins 0,15 m; cavaliers 3,5 m au lieu de 4,5 m	282,5
Pompes avec prise directe pour l'irrigation	12,5
Prises de secteur	143,0
Alternative station de pompage et drain de connexion	
Simplification de l'aménagement tertiaire	257,55
Sub-total	828,55
Drain hors périmètre option b (290-138)	152,0
Protection des talus (économie marnage)	425,0
Total général	1 405,55

Bien qu'il soit peu probable que le total de 1 405,55 millions de FCFA, soit 20 % des investissements totaux, puisse être économisé, une économie importante semble réalisable sur le calage, le drainage, les pompes, les prises et l'aménagement tertiaire, égale à 828 millions de FCFA, soit 11 % des investissements, ce qui augmente le TIRE de 1 % pour atteindre 8,5 %. Dans le cas où l'on réduit la protection des zones de marnage, le coût diminuera encore de 425 millions de FCFA. Cela signifie qu'une diminution totale des coûts de 19 % et une augmentation du TIRE, lequel pourra atteindre 9 %.

#### 4.11.5 Investissement hors périmètre

Du paragraphe 3.3.5 il ressort que pour assurer avec sécurité l'alimentation en eau du périmètre, il faudra faire des investissements en dehors de la zone de projet, desquels on n'a pas encore tenu compte. Ceux-ci varient de 346 à 615 millions de FCFA, ce qui signifie, si on les répercute sur le projet un investissement supplémentaire de 5 à 8 %. Dans le cas où aucune économie ne serait faite cela signifierait un abaissement du TIRE minimal jusqu'à 6,5 %. Dans le cas où des économies seraient faites et les coûts d'investissement hors périmètre réduits à leur minimum (346 millions) le TIRE serait augmenté de 0,5 % (voir chapitre 9).

## 5 ASPECTS SOCIOLOGIQUES DE LA REHABILITATION

L'origine des idées de cette partie du rapport est propre au consultant (EUROCONSULT/AGROTECHNIK) qui, avec la participation de la population (au cours des enquêtes, entretiens, réunions de groupe, etc.) s'est efforcé de bien prendre en compte la situation sociologique de la zone dans tous ses aspects, notamment les attitudes des différents groupes, constituant la population, face au projet. Le rapport d'évaluation du projet irrigation IV de la Banque Mondiale ne contenait pratiquement pas d'indications à ce sujet.

### 5.1 Population actuelle

Le périmètre de Boundoum concerne à l'heure actuelle une population de 3 647 personnes dont 58,4 % d'actifs. Le Tableau 16 indique les superficies exploitées par les différents villages du périmètre.

Tableau 16 - Exploitants actuels du périmètre et superficies exploitées

Village	Population	Actifs			Superficie exploitée dans le périmètre (ha)	Superficie exploitée hors périmètre* (ha)
		Hommes	Femmes	Total		
Ouassoul	502	113	119	232	26,99	81,00
Diawar	1251	382	501	883	260,18	164,80
Diadlam	361	60	110	170	23,90	-
B. Barrage	1421	328	406	724	488,64	276,36
Inorganisés	112	112	-	112	231,87	-
Total	3647	995	1136	2131	1031,58	522,16

\* par les villages concernés dont les agriculteurs sont déjà présents sur le grand périmètre

Source: Fiche de renseignement - SAED

Note: Les chiffres concernant les actifs de Ouassoul et la population totale de Boundoum Barrage ont été modifiés après les enquêtes socio-économiques du Consultant.

### 5.2 Conditions défavorables à la bonne marche du projet

Le périmètre de Boundoum souffre de 4 handicaps majeurs:

#### (a) Le manque de confiance des populations

Conçu en 1964, transformé en 1969 puis en 1974-1975, le périmètre n'a techniquement jamais donné entière satisfaction aux usagers, ce qui s'est traduit:

- par des abandons d'exploitants, autant pour raisons techniques que pour causes d'endettement auprès de la SAED;
- par un développement des aménagements hors périmètre sous des appellations diverses. Ainsi, pour la campagne 1987-1988, 1 031,58 ha ont été mis en culture sur le périmètre et 517,15 ha hors périmètre par ces mêmes villageois. Ce foisonnement des structures hors périmètre aura, au départ du projet, une incidence négative sur le taux d'intensification.

(b) Une population hétérogène

La population actuelle concernée par le périmètre se compose pour près de 40 % "d'étrangers", non originaires de la zone du périmètre. L'essentiel de cette population étrangère réside à Boundoum Barrage. Cependant, une partie de ces affectataires sont soit des marabouts faisant exploiter leurs terres par des Talibe et des Dara, soit des non-résidents utilisant de la main-d'oeuvre agricole.

Si les tensions entre autochtones et immigrants de Boundoum Barrage se sont (quelque peu) atténuées avec le temps, ces nouveaux exploitants risquent de créer des difficultés lors de la réhabilitation.

(c) L'appropriation foncière à Boundoum Barrage

La situation foncière à Boundoum Barrage est aujourd'hui figée. En effet, elle procède d'un consensus difficilement acquis après la fermeture des 1000 ha en 1980. L'accord acquis lors d'une houleuse réunion de la coopérative est consigné dans un procès-verbal dont personne n'a oublié l'existence. Il stipule que chaque exploitation ayant perdu ses terres pour cause de fermeture les retrouvera en cas de réhabilitation. En attendant, des terres sont provisoirement cédées pour exploitation par ceux qui n'ont pas été touchés par la fermeture; étant entendu que chaque ancien attributaire retrouvera ses parcelles en état après d'éventuels travaux d'aménagement.

Il s'avère donc important que la réhabilitation tienne compte de cet accord, sans quoi, il y a le risque de voir exhumés des problèmes fonciers insolubles dans le contexte social actuel.

(d) Le manque de formation des paysans

Le mérite de la SAED est unanimement reconnu quant à la vulgarisation des techniques rizicoles. Cependant, peu d'efforts de formation ont été consentis dans les domaines non directement productifs (gestion, maintenance, etc.). Or, avec le désengagement de la SAED - dont la continuation est souhaitée - les exploitants expriment des besoins précis dans ces domaines jusqu'alors laissés pour compte.

### 5.3 Population nécessaire pour la culture après la réhabilitation

#### 5.3.1 Etat de la demande en terre après réhabilitation

L'état de la demande en terre des exploitants locaux, compte tenu de leurs surfaces actuelles dans le périmètre et hors périmètre, est reprise dans le Tableau 17.

Kheun, Boundoum Est et Ronkh, qui ont quitté le périmètre pour diverses raisons, demandent leur réintégration après réhabilitation. A eux seuls, ces villages totalisent 817 ha aménagés hors périmètre.

La demande en terres nouvelles, actuellement non aménagées, porte sur 1 309 ha nets. Cependant, la demande en terre réelle s'élève à 1 509 ha. La différence provient du fait que Ronkh espère récupérer ses anciennes terres, mais celles-ci sont en majorité occupées par des non-résidents. Ce sont donc des terres déjà aménagées et déjà occupées.

Tableau 17 - Etat de la demande en terre des exploitants locaux

Village	Superficie cultivée état actuel (ha)			Demandes de terres nouvelles (ha)	Total (ha)	Sup./ actif (ha)	Pop. tot.
	Périm.	Hors P.	Sup./ actif				
B. Barrage	488,64	241,62	0,99	409	1139,26	1,55	1421
Diawar	260,18	185,53	0,50	142	587,71	0,66	1251
Ouassoul	26,99	90	0,50	115	231,99	1,00	502
Diadiam	23,90		0,14	159	182,90	1,07	361
Kheun		119	0,23	190	309	0,59	720
B. Est		138	0,65	158	296	1,42	500
Ronkh		560	0,98	336	896	1,58	2100
Total	799,71 <sup>1</sup>	1334,15	0,64 <sup>2</sup>	1509	3642,86	1,10	6855

<sup>1</sup> Sans tenir compte des 231,87 ha non répertoriés ici, détenus par les "Inorganisés", ce qui en fait porte la superficie totale cultivée actuellement à 1 031,58 ha.

<sup>2</sup> La moyenne pondérée élimine les distorsions introduites dans l'échantillon de l'enquête par deux très grands exploitants situés "hors périmètre".

Si on considère l'ensemble des villages (inorganisés non compris) de la zone, et compte tenu des contraintes liées à la double culture, chaque actif disposerait de 0,75 ha. La réhabilitation concernerait, dans un premier temps 2541 ha si on raisonne par rapport à la mise en culture 1987-1988; mais 2722 ha si on raisonne en surface actuellement attribuée. En tenant compte de la planimétrie réalisée à l'occasion du passage en aménagement tertiaire (1973/75), la superficie réelle à réhabiliter s'élève à 2694 ha.

### 5.3.2 Prévoir le moyen terme: vers l'extension

La projection dans le futur en matière de demande de terre peut s'évaluer comme suit dans les 5 années à venir: la population comprise dans la tranche des 10-15 ans sera considérée comme "active" à 100 % dans 5 ans maximum. Elle représente actuellement 15 % de la population totale (inorganisés exclus) soit 1 028 personnes. Cependant, compte tenu des objectifs paysans à moyen terme:

- 15,5 % ne voient pas leur avenir dans le grand périmètre et cherchent à étendre leurs superficies irriguées hors périmètre;
- pour les autres (84,5 %), on peut estimer, dans un premier temps, que la répartition actuelle entre superficie hors périmètre et dans le périmètre ne va pas se modifier. D'où, on peut écrire que 24,1 % des nouveaux actifs choisiront exclusivement le périmètre. Il leur faudrait donc  $(247 \times 0,75 \text{ ha})$  185 ha. Pour les autres 60,4 % - soit 621 actifs - en maintenant la répartition actuelle (44,2 % des surfaces dans le périmètre; 55,8 % hors périmètre), il faudrait leur prévoir 0,33 ha par actif, soit 205 ha.

Selon cette hypothèse, la réhabilitation et l'extension couvriraient 3 084 ha nets, soit presque la superficie totale prévue (3 271 ha). La superficie restante (187 ha) pourrait faire momentanément l'objet d'une "réserve foncière" mise à la disposition éventuelle des exploitants susceptibles de passer de 0,75 ha/actif (superficie préconisée) à 1,1 ha (superficie demandée par les exploitants).

L'étalement dans le temps des travaux de réhabilitation devra éviter de susciter des frustrations et de soulever de nouveaux conflits sociaux. A cet effet il est proposé que l'aménagement soit réalisé par blocs, déterminés sur la Figure 21, portant sur 3 100 ha au total:

- le bloc nord (Diawar, Ouassoul, Kheun): 609 ha;
- le bloc est (Boundoum Est, Rhonkh, "Inorganisés"): 1136 ha;
- le bloc de Boundoum Barrage-Gaëla (B. Barrage et Diadram): 1355 ha.

Ce dernier pourra être aménagé en deux temps:

- 1ère phase: réhabiliter actuellement les zones non cultivées selon la technique préconisée de secteurs hydrauliques de 30 ha, avec des parcelles de 0,75 ha;
- 2ème phase: réhabiliter ce qui est actuellement cultivé en respectant la structure et la surface des parcelles actuelles. Cette restriction s'avère sociologiquement capitale.

#### 5.4 Proposition d'organisation de la population

La section villageoise autonome semble cristalliser autour d'elle toute l'acquisition future de la production sur le périmètre.

##### 5.4.1 Pour résoudre la question foncière

En effet, la nouvelle donne foncière confiera pouvoir exclusif au Conseil Rural dans l'attribution des terres. Toutes les réponses des paysans locaux estiment que les terres réhabilitées devraient être attribuées aux sections villageoises. Dans ce cadre, la répartition effective entre concessions résultera d'un accord collectif.

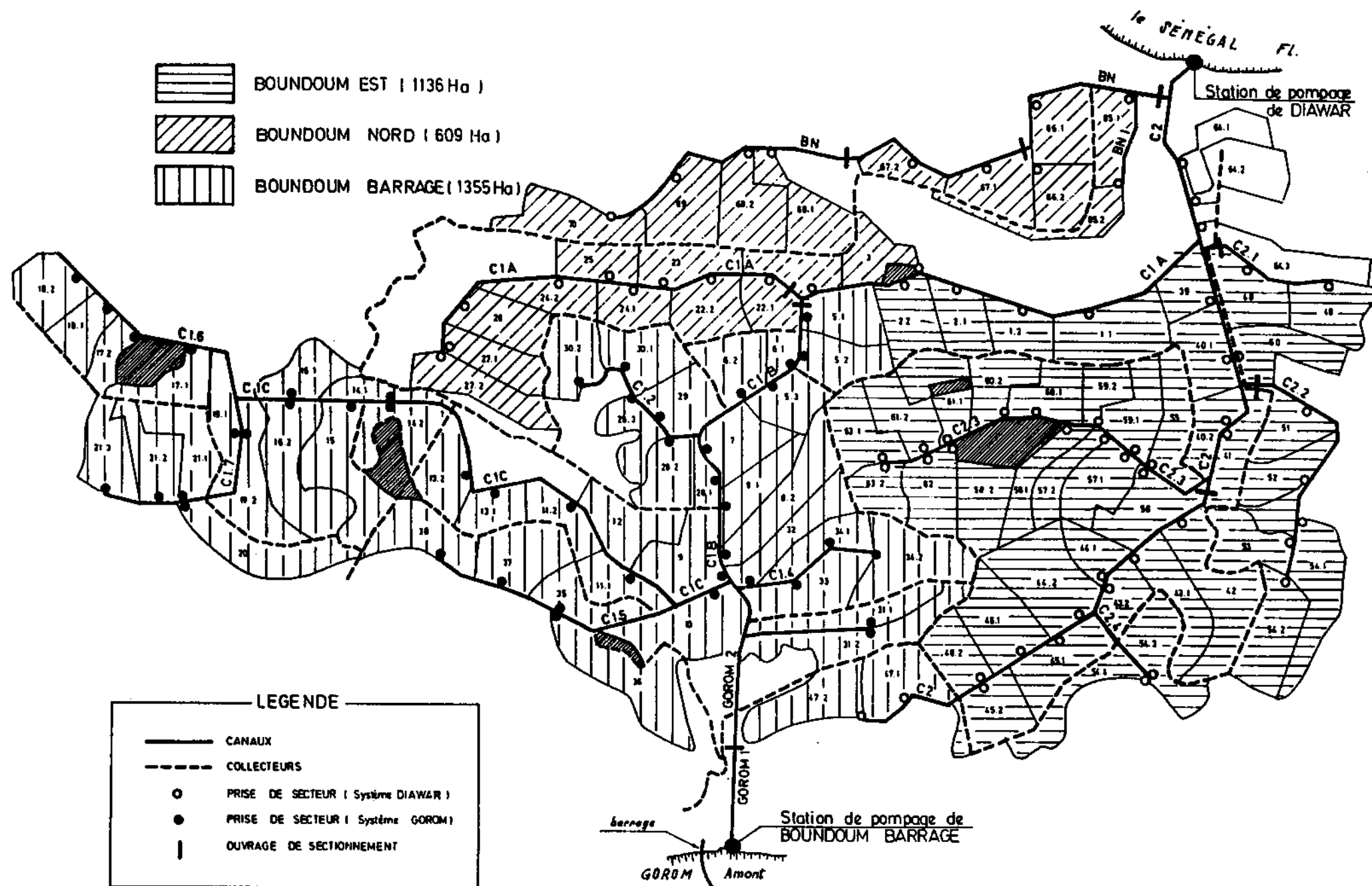


Figure 21 - Les blocs à réhabiliter

#### 5.4.2 Pour l'organisation effective de la production

La section villageoise (SV) sera l'interlocuteur unique face aux structures externes (SAED, CNCA, etc). Cependant, sous la section, l'organisation paysanne est variable d'un village à l'autre. Les différents organigrammes présentés à la Figure 22 résument les points de vue:

- pour les exploitants de Boundoum Barrage, le groupement de producteurs GP constitue la base du système. Ces GP devraient être plus grands, composés d'environ 60 exploitants qui se choisiraient par affinité.

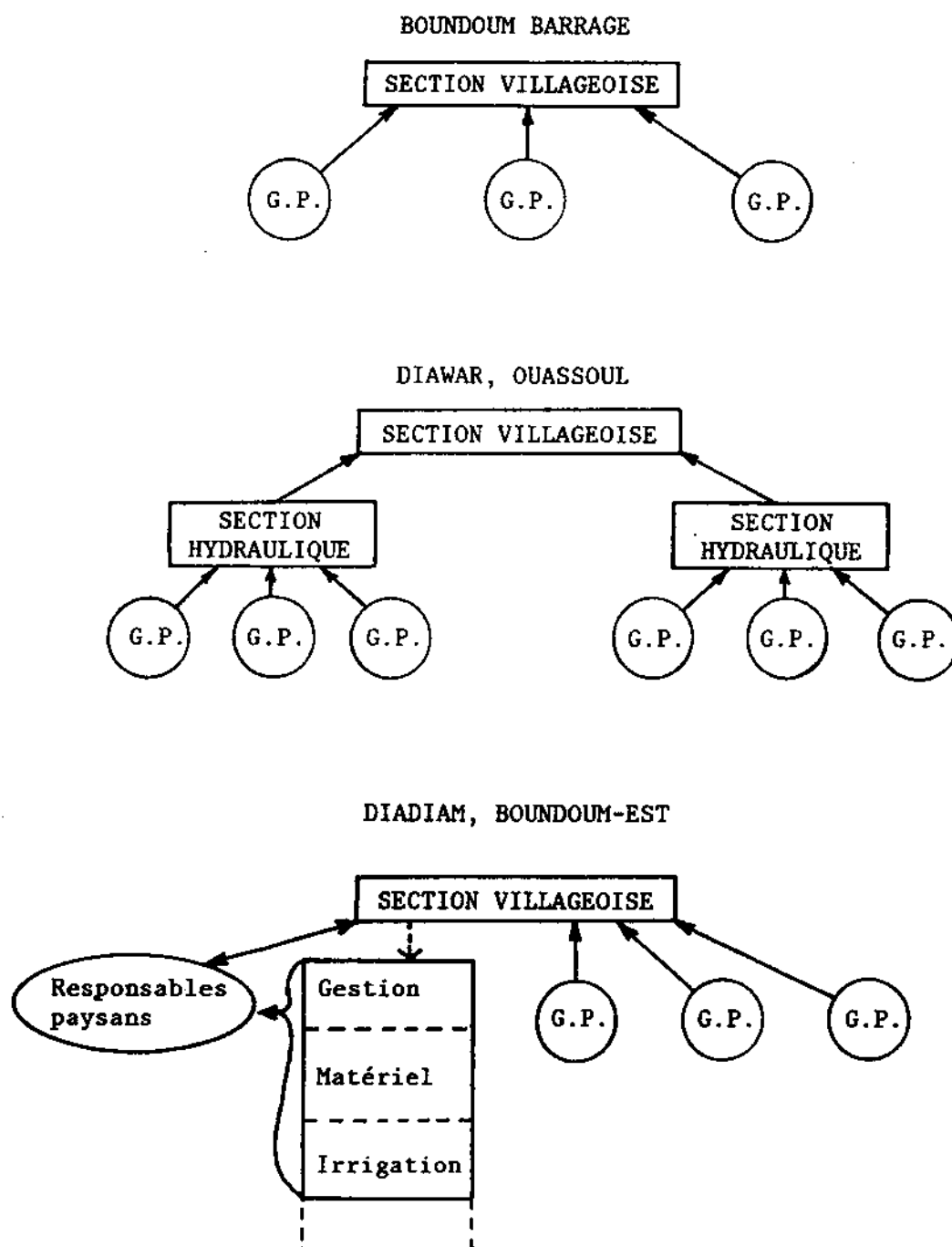


Figure 22 - Organigrammes des différentes sections villageoises



La SV coifferait l'ensemble des G.P. Néanmoins, le nombre de sections (actuellement 4) ne serait pas touché, car elles ont déjà été créées par affinité. Il suffirait donc uniquement de laisser la possibilité aux exploitants de restructurer leurs GP;

- Diadram et Boundoum-Est préfèrent donner le choix à la structure mise en place au niveau de leur foyer. Ce type d'organisation a le mérite de responsabiliser un grand nombre de producteurs, mais n'évite pas l'émergence soit de nouvelles "aristocraties", soit la reconstitution des anciennes formes féodales;
- Diadram et Ouassoul ne proposent pas de nouvelles structures.

Il est recommandé que les paysans se voient confier un rôle dans les structures d'entretien et de gestion du périmètre réhabilité.

Une demande est commune: dans tous les villages enquêtés, les producteurs demandent la mise en place d'une véritable politique de formation paysanne, dans des domaines aussi divers que la gestion, la maintenance du matériel, la gestion des stocks, la formation mécanique, etc. Une liste exhaustive des demandes par village devra être dressée avant l'élaboration d'un plan d'éducation et de formation.

#### 5.4.3 Les sections d'utilisation en commun de matériel agricole (SUMA)

Chaque section villageoise espère une SUMA. Cependant, compte tenu du faible niveau de formation actuel des producteurs et compte tenu des charges liées au fonctionnement du matériel mécanisé - sans parler de la dotation aux amortissements nécessaires pour le renouvellement de ce capital technique - il paraît prématuré de généraliser la SUMA sur le périmètre de Boundoum. L'évaluation des Périmètres Irrigués Villageois (PIV) et Foyer semble confirmer cette affirmation.

L'expérience, si elle doit être tentée, semble devoir être menée dans un village n'ayant pas de conflit interne grave, et dans lequel l'idée de dotation à l'amortissement commence à faire son chemin. Kheun semble le plus indiqué. Un suivi rigoureux s'avère cependant indispensable en cas d'expérimentation. Dans le cadre du désengagement de la SAED, il sera nécessaire de proposer une alternative pour la réalisation des façons culturales.

Compte tenu des dynamismes locaux, il sera vraisemblablement moins dangereux - économiquement et financièrement - de susciter la création d'entreprises privées dans le secteur de la prestation de service. Il est possible, vu la propension à l'épargne de certains producteurs, qu'une ligne de crédit à l'équipement puisse être débloquée en cas d'engagement financier d'un privé local ou d'un GIE.

#### 5.5 Les aspects techniques de la réhabilitation

Parmi les aspects techniques figure le problème des modules. Psychologiquement, la réinstallation des modules serait mal perçue par les paysans. Un autre système de prise éviterait de créer de nouveaux problèmes.

Pour ce qu'est des questions relatives aux infrastructures techniques: les paysans sont prêts à accepter une amputation de leur parcelle... dans les zones actuellement inoccupées. En somme, à Boundoum Barrage, compte tenu du passé, chaque paysan espère retrouver sa parcelle rénouvée, mais avec la même superficie cultivable.

La proposition de réaliser des SH de 30 ha, comprenant 40 parcelles de 0,75 ha n'est pas contestée dans son principe. Les critiques concernent la taille des parcelles. En effet, l'expérience a montré aux paysans qu'il leur était plus facile d'irriguer une parcelle de moins d'un hectare, à cause des variations inévitables du planage. D'ailleurs certains paysans n'ont pas hésité à remodeler leurs parcelles en effectuant un "mini-planage" ou en construisant des diguettes selon les courbes de niveaux.

Techniquement, les paysans attendent avant tout, et dans l'ordre de leur choix:

- la résolution des défauts de planage;
- la résolution des problèmes d'irrigation;
- un système d'évacuation des eaux adéquat.

#### 5.6 Les aspects sociaux de la réhabilitation

Pour améliorer les conditions de vie des populations, il sera indispensable de les équiper avec une infrastructure complémentaire.

- (a) L'approvisionnement en eau potable. Actuellement, les villages ne disposent pour boire que de l'eau du fleuve, du Gorom ou celle des canaux. Cet aspect jouit de la plus haute priorité.
- (b) Les blocs sanitaires. Les problèmes sanitaires que connaît épisodiquement la zone ne sont pas étrangers à cette demande.
- (c) L'électrification des villages concernés par la réhabilitation. Diawar, village le plus proche de la station de pompage, avait déjà formulé une demande d'électrification à la SENELEC. Le devis fourni par la société s'élevait à 32 millions de FCFA. Les populations étaient prêtes à payer une partie des investissements. Devant le coût excessif, la demande n'a pas eu de suite.
- (d) Les bâtiments communs. Le dispensaire, l'école et la mosquée ont été - dans l'ordre - cités le plus souvent au cours de l'enquête. En fait, les dispensaires existent parfois (ainsi que les écoles) mais leur vétusté et leur niveau d'équipement ne répondent pas toujours à l'attente des populations.
- (e) L'embellissement des villages. Sont compris sous cette appellation la plantation d'arbres et d'arbustes destinés à protéger du soleil et des vents poussiéreux mais également la réfection de certaines pistes et l'aménagement de moyens de protection contre les inondations.

Les besoins en infrastructure complémentaire ont été globalement estimés dans le Tableau 18

Tableau 18 - Besoins en infrastructure complémentaire

Type d'infrastructure	Quantité	Observations
Bâtiments communs	9	Mosquée, école, dispensaire
Maisons privées	9	Enseignant, infirmier
Installations pour approvisionnement en eau	3	3 villages
Electrification	3	3 villages
Embellissement	3	3 villages
Blocs sanitaires	31	4 cellules

Les coûts relatifs à ces infrastructures ont fait l'objet d'une estimation globale et sont repris au Tableau 19.

#### 5.6.1 Approvisionnement en eau potable

Dans l'ensemble de la réhabilitation, sont considérés:

- les villages situés dans le périmètre, à savoir Boundoum Barrage, Boundoum Est et Diawar;
- les villages hors périmètre, Ouassoul, Kheun et Diadiah (voir Figure L.1).

Le consultant propose d'implanter dans les villages des stations de traitement de type standard et dont l'exploitation est simple. Ces stations standards seront adaptées au nombre d'habitants et gérées sous la responsabilité de la SENELEC, dont un employé est stationné en permanence dans le périmètre. Vu le développement de la population, il s'agit de deux types de stations: l'une de 2000 et l'autre de 1000 équivalents habitants.

Comme l'eau souterraine est saline jusqu'à une grande profondeur, l'approvisionnement se fera uniquement au départ des rivières et éventuellement des canaux d'irrigation pour autant qu'ils soient régulièrement alimentés.

Le système de distribution proposé fonctionnera par gravité, depuis un château d'eau vers des bornes-fontaines qui seront installées à des endroits sélectionnés et dans les bâtiments publics. L'estimation des coûts relatifs à l'approvisionnement en eau des villages dans le périmètre figure dans le Tableau 19.

#### 5.6.2 Approvisionnement en électricité

Etant donné le besoin en électricité des nouvelles stations de pompage projetées soit pour l'irrigation (à Boundoum Barrage), soit pour le drainage (à Gaëla) et compte tenu de la proximité de la station de

Tableau 19 - Estimation des coûts relatifs à l'amélioration de l'infrastructure des villages (en FCFA)

	Prix unitaire	Boundoum Barrage		Boundoum Est		Diawar		Total	
		Quantité	Prix	Quantité	Prix	Quantité	Prix	Quantité	Prix
Réhabilitation des bâtiments publics (école, infirmerie, hangar, salle de réunion etc.)		3	4 560 000	3	8 810 000	3	2 800 000	9	16 170 000
Réhabilitation des maisons privées	10 000	142	1 420 000	72	720 000	117	1 170 000	331	3 310 000
Bâtiments additionnels:									
maisons cadre (100 m <sup>2</sup> )	15 000 000							ind	-
maisons encadreur (60 m <sup>2</sup> )	6 300 000							21	25 200 000
maisons ouvrier (32 m <sup>2</sup> )	2 600 000		ind <sup>1</sup>		ind		ind	17	44 200 000
bureau (100 m <sup>2</sup> )	15 000 000		ind		ind		ind	1	15 000 000
hangars/atelier simples, (machines) (72 m <sup>2</sup> )	4 500 000		ind		ind		ind	2	9 000 000
hangar/atelier/garage (300 m <sup>2</sup> )	24 000 000		ind		ind		ind	2	40 000 000
centre collecte	20 000 000								
Approvisionnement en eau potable			33 500 000		24 000 000		33 500 000		91 000 000
Embellissement (arbres, réfection pistes, égouts/draines)	6 300 000	1	6 000 000	1	6 000 000	1	6 000 000	3	18 000 000
Approvisionnement en électricité			68 700 000		29 600 000		28 700 000	3	127 000 000 *
Blocs sanitaires (4 cabines avec puits perdu)	1 150 000							31	35 650 000
							Total		424 530 000

<sup>1</sup> ind = indéterminé.

\* Dans les calculs économiques seulement 77 millions sont pris en compte; 50 millions sont déjà considérés dans les installations d'approvisionnement en électricité des stations de pompage de Boundoum Barrage et Galla.

Diawar du village de Diawar (Boundoum Nord), on pourrait donner suite au souhait d'électrification des villages. La SENELEC considèrera la faisabilité d'une extension des lignes MT existantes vers les stations et les villages. Sur la base des prix globaux indicatifs donnés par la SENELEC, un devis estimatif a été établi pour l'électrification des villages.

### 5.6.3 Réhabilitation de l'infrastructure des villages

#### (a) Réhabilitation des bâtiments existants

Une inspection a été effectuée dans les villages de Boundoum Barrage, Boundoum Est et Diawar. Compte tenu des déféctuosités constatées, une estimation globale des coûts a été établie pour les travaux de réparation requis ou, le cas échéant, pour ceux de reconstruction. Il s'agit surtout des bâtiments publics tels que l'école, le dispensaire, la salle de réunion, le hangar, etc. Les maisons, elles aussi, ont besoin d'une réhabilitation partielle. Pour ces dernières, des montants forfaitaires ont été inclus dans l'estimation des coûts.

#### (b) Bâtiments supplémentaires proposés

Compte tenu de la décentralisation envisagée dans la gestion du périmètre, une série de bâtiments supplémentaires sont proposés pour chacun des villages à savoir: un atelier d'entretien, un abri/garage agricole, un bureau de gestion générale, des blocs sanitaires et des maisons additionnelles de différents types. Les futurs besoins en infrastructure supplémentaire n'étant pas encore fixés, l'estimation de coûts indique des prix unitaires basés sur des prix au m<sup>2</sup> obtenus récemment au DPA et repris de marchés de bâtiments similaires.

### 5.6.4 Embellissement

En raison de la pénurie d'eau, la plantation d'arbres ou d'arbustes destinés à fournir un abri contre le soleil et les vents poussiéreux n'a eu qu'une faible priorité. Il n'y a jusqu'à présent que quelques endroits dans les villages où l'on trouve de la végétation. Les coûts relatifs à de telles plantations sont repris dans le Tableau 19.

La réfection ou l'entretien des pistes à l'intérieur des villages, de même que les mesures de lutte contre les inondations résultant des averses au cours de la saison des pluies ont également été considérées dans le cadre de l'embellissement. Pour ce dernier point, l'on pourrait envisager la construction de drains autour des villages en tenant compte des courbes de niveau et de la proximité éventuelle d'autres drains.

### 5.6.5 Option d'un nouveau village dans le périmètre

Bien qu'il ne soit pas prévu à court terme d'installer de nouveaux migrants dans le périmètre, l'implantation d'un nouveau village pourrait être souhaitée dans un avenir plus éloigné.

Etant donné que tous les villages existants se trouvent actuellement à la périphérie du périmètre, l'on pourrait envisager un établissement à l'intérieur de ce dernier. L'alimentation en eau potable restant une question essentielle, le choix d'un site d'implantation sera restreint. En se basant sur l'hypothèse d'un village de 1000 personnes et sans tenir compte de sa localisation, un plan fictif a été projeté avec 200 lotissements et une infrastructure élémentaire. Les coûts des travaux d'infrastructure préparatoires d'un nouveau village (superficie de 20 ha) ont été estimés à FCFA 36 000 000, achat des terrains non compris.

## 5.7 Conclusions

- (a) Les familles concernées dans le périmètre vivent essentiellement de la riziculture et possèdent des terrains dans ou en dehors du périmètre. D'autres activités sont pratiquement inexistantes ou dans tous les cas de peu d'importance.
- (b) Il est recommandé d'attribuer 0,75 ha par actif. Les parcelles auront donc une superficie moyenne de 0,75 ha, ce qui correspond à un taille technique acceptable.
- (c) Des unités de base (unités hydrauliques) de 30 ha (secteurs) semblent conformes au désir de la population.
- (d) La population active actuellement disponible est en mesure d'exploiter 2 694 ha. Il est estimé que dans l'année 5 cette population sera suffisante pour 3100 ha, soit la quasi totalité du périmètre.
- (e) Concernant les structures des villages et leur organisation il est recommandé de les maintenir telles quelles.
- (f) Comme l'immigration de nouvelles populations n'est pas prévue, il n'est pas jugé nécessaire de créer des infrastructures pour les accueillir;
- (g) Des aménagements dans les villages (adduction d'eau, etc.) sont fortement souhaités par la population. Il est suggéré que la population participe à leur financement sous une forme ou une autre.
- (h) La généralisation des SUMA nécessite préalablement des opérations pilotes. Il semble que leurs chances de succès soient plus grandes s'il est fait appel à des prestataires de service privés. Des lignes de crédit seront à prévoir à cet effet.
- (i) L'organisation du périmètre fonctionnera mieux si les paysans participent à sa gestion et y jouent un rôle important (voir Chapitre 8).
- (j) Compte-tenu des contraintes socio-économiques propres à la zone du projet, les conditions d'une réussite reposent sur:
  - la fiabilité de l'outil de production réhabilité;
  - la prise en considération des souhaits des paysans concernant les structures d'entretien et de gestion du périmètre;
  - un plan d'éducation et de formation ad hoc susceptible de promouvoir la responsabilisation paysanne et de soutenir l'esprit d'entreprise.

## 6 ASPECTS AGRICOLES ET AGRO-ECONOMIQUES

La plupart des idées de base sur l'activité rizicole dans le périmètre sont communes ou très proches de celles du rapport d'évaluation du projet Irrigation IV de la Banque Mondiale (taux d'intensification culturale de 1,6; valorisation de la paille; culture mécanisée avec tracteurs). Toutefois, chaque fois que cela a été considéré comme nécessaire, le consultant a procédé à des ajustements (puissance des tracteurs, coût de l'eau accrus...). Ces ajustements n'ont pas conduit à une remise en cause des conceptions du projet, mais à des résultats légèrement différents. L'idée du repiquage sur 20 % de la superficie totale cultivée annuellement (irrig. IV) n'a pas été retenue ici du fait de l'attitude des populations de la zone totalement opposées à cette pratique culturale. Le travail du sol des rizières par des fraises rotatives (irrig. IV) a été exclu.

### 6.1 Situation actuelle de la riziculture et évolution au cours des dernières années

Dans le périmètre, au cours de la dernière campagne d'hivernage, 593 attributaires cultivaient 1 031 ha de rizières. Autour du périmètre étaient exploités 1 271 ha d'aménagements rizicoles plus sommaires: Foyers, PIV, projets individuels.

L'organisation paysanne en place est basée essentiellement dans le périmètre sur des groupements de producteurs. Les 33 GP dits fonctionnels seront regroupés en 11 sections villageoises, qui elles sont reconnues juridiquement et à ce titre peuvent avoir accès aux prêts de la CNCAS à condition d'avoir apuré les dettes vis-à-vis de la SAED.

Du point de vue du calendrier cultural, jusqu'ici le retrait tardif de la langue d'eau salée dans le fleuve ne permettait pas de respecter la date limite du 15 août pour les semis. Le décalage dans la culture d'hivernage, par rapport aux dates optimales, risquait d'abaisser les rendements. D'autre part, sans les barrages de Diama et de Manantali il n'était pratiquement pas possible de cultiver le riz en contre-saison sèche. Maintenant une nouvelle étape d'intensification culturale devient possible.

La préparation du sol avant semis se fait par des tracteurs de 66 à 81 KW (90 à 110 CV) en prestations de service. Jusqu'à cette année, il s'agissait de matériel appartenant exclusivement à la SAED; pour la dernière campagne, deux sociétés prestataires de service sont également intervenues.

L'implantation du riz se fait par semis manuel, à la volée, en prégermé.

La fertilisation est variable d'un exploitant à un autre, mais en moyenne en 1986-1987, il a été apporté par hectare 147 kg d'urée et 95 kg de phosphate d'ammonium.

Les irrigations ne pouvaient pas toujours être convenablement conduites, faute de débit en tête du réseau. Les suppressions de modules dans les ouvrages de prise non seulement perturbaient le fonctionnement du réseau, au préjudice de ceux situés les plus en aval, mais augmentaient les pertes d'eau. Le mauvais planage des parcelles ne permettait pas une régularité dans la lame d'eau maintenue dans la rizière. Il en résultait par endroits de mauvaises levées du riz, à d'autres endroits un envahissement par les plantes adventices.

Les désherbages manuels ou par herbicides ont été très limités.

Le rendement moyen semble se situer plutôt vers 3,5 t/ha de paddy que vers 4 t/ha.

Les temps de travaux avec moisson à la faucille et battage manuel au fléau correspondent à 83 journées d'Unité de Travail Humain (UTH) par hectare. Avec un produit brut de 297 500 FCFA/ha et un revenu brut (déduction faite des achats d'intrants et des paiements de redevance) de 189 690 FCFA, la valorisation de la journée d'UTH correspond à 2 285 FCFA par jour.

La consommation globale de riz usiné au Sénégal est de l'ordre de 400 000 t/an. La production nationale ne couvrirait en 1986 que moins d'un quart de cette consommation.

La commercialisation du riz local est officiellement confiée à la SAED qui achète le paddy au secco à 85 FCFA par kg, moins 3 FCFA par kg de retenue de garantie pour impuretés et qui revend, après décortilage, le riz usiné à la Caisse de Péréquation et de Stabilisation des Prix (CPSP) à 178,67 FCFA par kg.

La superficie cultivée en riz à l'hivernage correspond en moyenne à 0,7 ou 0,8 ha par actif.

## 6.2 Propositions de développement agricole dans le cadre du projet

Avec la réhabilitation du périmètre et la réalisation des barrages de Diama et de Manantali, la culture d'hivernage pourra désormais être pratiquée à la période la plus favorable (semis au 15 août au plus tard - maturité au 20 novembre avec la variété I Kong Pao). De plus, la culture de contre-saison chaude deviendra possible, de début mars à fin juin. La période du 14 juillet au 15 août sera la période critique dans le déroulement des opérations culturales, car en 45 jours, il faudra récolter, battre et préparer le sol avant le nouveau semis.

L'utilisation de tracteurs, pour la préparation des sols humides avec mise en boue, est envisagée avant les semis d'hivernage. La préparation en sec pourra se poursuivre pour les semis de contre-saison chaude. Afin de réduire le coût de la mécanisation, il est proposé, dans le cadre du projet, de prévoir:

- 25 % de tracteurs de 50 KW (70 CV) avec leurs équipements de travail du sol (effectuant 0,5 ha par heure) se répartissant pour moitié dans



- des SUMA et pour moitié chez des petits prestataires de services et traillant effectivement 6 heures par jour;
- 75 % de tracteurs de 80 KW (110 CV) avec les équipements de travail (effectuant 0,7 ha par heure) exploités en sociétés privées prestataires de services telles que celles existantes et fonctionnant en 2 équipes pour un total de 12 heures de travail par jour.

Les apports de fertilisants sont prévus aux niveaux recommandés de 120 unités d'azote et de 60 à 90 unités d'acide phosphorique. Pour le moment il n'a pas été constaté d'accroissement de rendement lorsqu'il a été apporté de la potasse.

Sur le plan des semences, il conviendra d'abord d'éliminer tout matériel végétal étranger par passage sur les tables densimétriques disponibles à Richard-Toll, puis tout un travail devra être repris sur la production de semences certifiées dans le cadre du Plan Semencier. De nouvelles variétés devraient pouvoir être prévues à moyen terme plus productives que I Kong Pao.

Dans la lutte contre les adventices, le traitement par herbicide sera une des composantes à côté du désherbage manuel renforcé et surtout d'un ensemble de mesures complémentaires: planage soigné, maîtrise constante du plan d'eau dans la rizière, réalisation de pré-irrigations avant les façons culturales, emploi de semences triées, etc.

Le potentiel rizicole du périmètre est élevé. Les rendements retenus dans le projet sont:

- 4,5 t/ha par cycle d'hivernage;
- 5 t/ha par cycle de contre-saison chaude.

Bien que la double culture sera, après réaménagement, tout à fait réalisable, sa pratique n'est envisagée que de façon partielle par les producteurs et ce n'est qu'à long terme que l'on tendra vers un taux généralisé d'intensification culturale de 2. L'hypothèse de base est bâtie sur un taux débutant à 1,4 et passant à 1,6 à la 5ème année.

En rapprochant les données des coûts et revenus bruts futurs et actuels, on constate qu'avec à moyen terme un taux d'intensification culturale de 1,6 et le battage mécanique sur 50 % de la récolte:

- le revenu brut par hectare du projet est augmenté de 108 %, passant de 189 692 FCFA à 393 981 FCFA, ce qui doit créer une bonne incitation au niveau des producteurs;
- la valorisation de la journée de travail est accrue de 17 % passant de 2 285 FCFA à 2 685 FCFA;
- le ratio entre le revenu brut et le produit brut est de 55 à 63 %.

Avec les techniques utilisées, la répartition mensuelle des temps de travaux montre qu'avec 1 ha de culture de riz d'hivernage et un taux d'intensification culturale de 1,6, les trois mois de juillet, septembre, décembre présentent des besoins en main-d'oeuvre de 19 à 20 journées UTH par mois, soit 19 à 20 journées d'un homme adulte. La quantification des ressources en main-d'oeuvre réalisée à conduit à:

1 Actif = 0,72 UTH.

Pour un taux d'intensification culturale de 2, la saturation des possibilités de travail, sans appel à de la main-d'oeuvre extérieure sera atteinte avec:

1,04 ha par UTH  
ou 0,75 ha par actif agricole.

Le consultant propose de dimensionner les exploitations familiales en fonction de la norme par UTH, mais d'attribuer les terres aux cellules familiales élargies afin de respecter les structures sociales en place.

Le premier niveau d'organisation restera d'une manière générale le groupement de producteurs, avec au-dessus en deuxième niveau la section villageoise (ou parfois le GIE).

La prise en charge par les paysans des responsabilités dans les domaines du crédit, de la gestion comptable, de la commercialisation, de l'acquisition des intrants suppose une formation adaptée qui est incluse dans le projet.

### 6.3 Elevage

Différents groupes élèvent différentes sortes d'animaux dans la zone de Boundoum. Les sous-produits agricoles - principalement ceux provenant de la riziculture irriguée - sont partiellement utilisés pour l'élevage. La paille surtout tend à gagner en importance comme fourrage étant donné que la production des pâturages naturels est devenue minimale suite aux travaux de régulation du fleuve Sénégal et à une pluviométrie déficitaire. En cas d'intensification de la riziculture grâce à l'introduction de la double culture, la possibilité de faire paître le bétail dans les chaumes diminuera également, les champs étant utilisés en permanence. Par contre, cette intensification entraînera une augmentation de la production de paille.

Une production animale utilisant la paille de riz comme base de fourrage peut être une entreprise rentable à condition que la quantité de paille journalière soit suffisante et que le manque de protéines et d'énergie soit compensé par l'addition d'autres sous-produits agricoles tels la mélasse, le son de riz et les tourteaux d'arachide. En particulier l'incorporation de mélasse à la ration tend à augmenter l'ingestion de paille.

La production laitière peut être considérée comme économiquement la plus rentable en raison du prix élevé du lait (FCFA 200-250 à Saint-Louis). Il est toutefois indispensable de pouvoir compter sur un écoulement régulier du lait ainsi que sur un approvisionnement régulier en fourrage. En outre, il serait souhaitable d'élever des animaux laitiers en introduisant des taureaux, de préférence de la race Bos indicus tel les Sahiwal ou les Guzéra, qui aient une capacité de production satisfaisante à une bonne adaptabilité au milieu sahélien. Les quantités et la valeur monétaire d'une éventuelle production laitière sont indiquées dans le Tableau 20. Comme on peut conclure de l'Annexe J, le prix de la paille, soit 20 FCFA par kg, peut être supporté par les exploitations.

La production de viande est moins rentable que la production laitière. En outre l'évolution du cash-flow est moins régulière. Le capital reste investi pendant un temps assez long au cours de la période d'embouche et doit - si l'on veut garantir la continuité de de secteur - être en grande partie réinvesti dans les animaux et le fourrage. Notons que l'embouche pose au petit exploitant des exigences financières plus importantes que l'élevage laitier. Les quantités et la valeur monétaire de la production de viande en tant qu'alternative pour la production laitière sont reprises dans le Tableau 20.

La production de poulets de chair peut être rentable et présente l'avantage de pouvoir être pratiquée à petite échelle et de ne requérir que des investissements réduits pour le logement. Les prix élevés demandés pour un poulet de chair de 1,3 kg (1000 à 1200 FCFA) varient en fonction des saisons. Compte tenu du caractère luxueux de ce produit, il faut demeurer attentif à une éventuelle saturation du marché.

Les petits ruminants peuvent être écoulés à très bon prix lors des cérémonies religieuses. A condition d'être bien planifiée, la production de moutons et de chèvres peut constituer un supplément intéressant pour les revenus familiaux. La paille de riz complétée de "riches" éléments nutritifs et des déchets ménagers constituent leur ration alimentaire.

Dans tous les cas de production animale, la disponibilité régulière de fourrage constitue un élément essentiel. Son approvisionnement, stockage et distribution doit obéir à une réglementation stricte et c'est pourquoi l'organisation de paysans en coopératives (GIE) est fortement souhaitable.

#### 6.4 Conclusion

Il semble possible d'utiliser les sous-produits de la riziculture pour l'alimentation du bétail, la paille acquérant ainsi une valeur économique. De l'étude économique il est ressorti qu'1/3 de la paille peut être en effet commercialisée. Ceci pourrait fournir potentiellement 500 tonnes de lait par an, et si on y ajoute l'utilisation de la mélasse, 1732 tonnes.

Il est nécessaire d'étudier les possibilités du marché de St Louis pour voir si de telles quantités peuvent y être commercialisées. Dans le cas contraire, il faudra voir quelles sont les autres possibilités d'écoulement et à quel prix.

Dans la situation actuelle, il n'est pas tenu compte des investissements et infrastructures nécessaires à la réalisation d'un tel projet laitier (ou projet de viande de boucherie). Cela devra faire l'objet d'un projet à part.

Un problème classique du périmètre réside dans les dégâts causés par le bétail allant s'abreuver dans les canaux ou paître dans les champs. Dans le chapitre Géotechnique (Annexe G) on a formulé quelques suggestions pour protéger dans une certaine mesure les canaux et les digues. Une bonne surveillance et un contrôle social restent indispensables.

Tableau 20 - Production de lait ou de viande basée sur un fourrage de paille et son de riz, avec et sans complément alimentaire

Situation culturale	Paille (t)	Son de riz (t)	Production sur la base de paille et son de riz				Production avec supplément de mélasse et tourteaux d'archide			
			Lait		Viande		Lait		Viande	
			Quantités (t)	Valeur <sup>1</sup> (10 <sup>3</sup> FCFA)	Quantités (t)	Valeur <sup>1</sup> (10 <sup>3</sup> FCFA)	Quantités (t)	Valeur <sup>1</sup> (10 <sup>3</sup> FCFA)	Quantités (t)	Valeur <sup>2</sup> (10 <sup>3</sup> FCFA)
Situation actuelle 1031 ha en culture simple	3 608	577	309	49 488	31	18 600	1 080	172 800	42	25 320
Situation future 3100 ha en culture simple	10 825	1 732	927	148 464	93	55 800	3 240	518 400	126	75 960
Situation future 3100 ha en double culture avec coefficient d'intensification culturale de 1,6	17 360	2 777	1 486	237 849	149	89 482	5 195	831 317	203	121 775
Situation future 1/3 de paille et son de riz utilisé	5 786,7	926	495,5	79 283	50	29 827	1 732	277 106	68	40 592

**Remarques**

<sup>1</sup> Les productions de lait et de viande basées uniquement sur la paille et le son de riz doivent être considérées comme des alternatives qui s'excluent. Il s'agit donc soit d'une production de lait, soit d'une production de viande.

<sup>2</sup> Les productions de lait et de viande avec supplément de mélasse et tourteaux d'arachides sont obtenues simultanément et constituent ensemble la production animale de périmètre du Boundoum.

## 7 PROGRAMMATION DE L'AMENAGEMENT

### 7.1 Introduction

Selon les termes de référence, la réhabilitation du périmètre de Boundoum est prévue pour une période de 5 ans (ce qui était retenu dans le rapport Irrigation IV). La programmation doit remplir plusieurs conditions, à savoir:

- pour des raisons économiques, la production rizicole doit commencer le plus vite possible après le début des travaux;
- pour des raisons économiques également, il faut éviter que les surfaces actuellement en production ne perdent une saison de production. Cela signifie que les travaux d'aménagement des zones cultivées ne peuvent être exécutés qu'en saison sèche;
- pour des raisons sociologiques, plusieurs zones doivent être réhabilitées en même temps;
- pour des raisons techniques, il faut que les entreprises puissent facilement travailler dans les zones concernées, c'est-à-dire dans des zones correctement drainées. En outre, il faut suivre une programmation logique et tenir compte de ce que pour l'irrigation, les travaux doivent aller d'amont en aval et inversement pour le drainage, d'aval en amont.

### 7.2 Considérations d'ordre technique

Dans sa forme proposée, le périmètre comprendra deux parties bien distinctes, à savoir:

- (a) la partie est, actuellement alimentée par la station de pompage de Diawar et drainée par l'ouvrage de N'Donq;
- (b) la partie ouest, alimentée dans l'avenir par la station de pompage de Boundoum et drainée par l'ouvrage de Gaëla.

Etant donné que la station de Diawar est actuellement en fonction et doit continuer de fonctionner tandis que la station de Boundoum-Barrage doit encore être construite, les travaux de réhabilitation porteront successivement sur la partie est, puis la partie ouest.

Selon les propositions du présent rapport, le drainage est réglé par la station de Gaëla qui doit encore être construite. Il est impossible d'assurer un drainage correct dans le périmètre avant la construction de cette station. Etant donné que la construction de la station de pompage de Gaëla durera quelques années, il est proposé d'installer une station de drainage provisoire à N'Donq, pour la partie est, composée de quelques pompes diesel mobiles qui peuvent être facilement installées. Ces pompes peuvent entrer en fonction assez vite et faire baisser rapidement le niveau d'eau dans le réseau existant de la partie est jusqu'à 0-0,30 m et refouler l'eau dans le Gorom. Cette station peut fonctionner jusqu'à l'achèvement de la station de drainage principale de Gaëla qui est prévu pour le début de l'année 3.

L'augmentation de la capacité de la station de pompage pour l'irrigation de Diawar devra être terminée au moment où le réseau d'irrigation et l'aménagement à la parcelle permettront d'irriguer une

plus grande superficie que les 1000 ha actuellement desservis par cette station, ce qui est planifié pour l'hivernage de l'année 3.

La station d'irrigation de Boundoum Barrage doit être en état de marche quand le réseau irrigable dépasse les 1700 ha desservis par la station de Diawar aménagée. Cette phase est prévue pour le début de l'hivernage de l'année 4.

Bien que théoriquement il soit possible d'équiper la station de Gaëla de siphon et d'autres équipements, sur un espace de temps équivalent à celui d'une campagne, les risques encourus sont élevés. Cela signifie que l'ensemble de la construction ne serait achevé qu'une année plus tard, avec toutes les conséquences économiques qui en découlent. Cela signifie aussi que les installations de drainage ne pourraient être mises en service que la deuxième année.

Etant donné que tout le réseau d'irrigation est maintenant alimenté par une seule station de pompage (Diawar) et que cette situation doit continuer pendant un certain temps, il sera nécessaire de placer un ouvrage pour réguler les eaux entre les futurs réseaux des parties est et ouest.

Le schéma de la programmation générale est donné à la Figure 23. Sur la Figure 24, est donné le programme provisoire de l'aménagement du réseau de drainage et du réseau d'irrigation primaire et secondaire.

### 7.3 Programmation de l'aménagement à la parcelle

Comme cela a été dit auparavant, la programmation de l'aménagement à la parcelle doit être strictement coordonnée à l'aménagement des réseaux primaire et secondaire tout en permettant de continuer la culture des parcelles en cours en ce moment. Les parcelles sous culture ne peuvent être aménagées que pendant la saison sèche, entre janvier et juin/juillet. Il est donc planifié d'aménager les 1000 ha actuellement sous culture en lots de 200-300 ha pendant 4 saisons sèches consécutives. Les 2100 ha non cultivés en ce moment doivent être aménagés pendant le reste de l'année. Il est estimé qu'on peut travailler durant un total de 9-10 mois par an à condition que le système de drainage continue de fonctionner. Cela signifie qu'en moyenne environ 500 ha des zones non cultivées seront aménagés par an. Les entreprises doivent donc avoir une capacité d'aménagement de 750 ha environ par an.

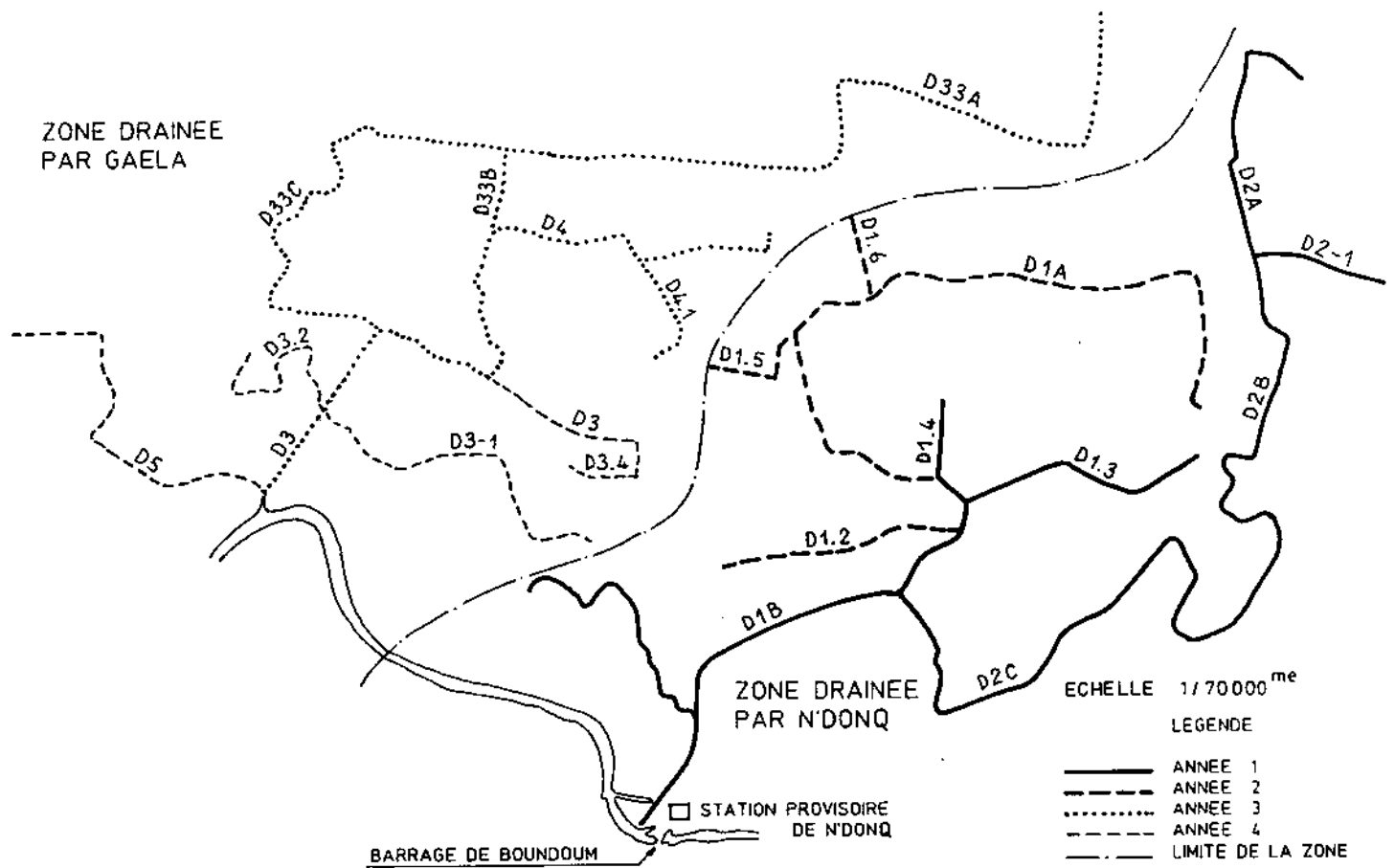
Il est proposé qu'un secteur sélectionné soit déjà aménagé pendant la première année de construction. Il servira de modèle et d'encouragement non seulement pour la population qui pourra se rendre compte de ce qu'elle peut attendre de l'aménagement, mais aussi pour les entreprises et la SAED. Cette zone servira de zone-pilote et les problèmes que l'on y rencontrera permettront d'éventuellement modifier la conception ou les méthodes de construction pour la suite des travaux.

La programmation globale de l'aménagement à la parcelle est également donnée sur la Figure 23. Le placement des blocs à aménager est indiqué sur la Figure 21.

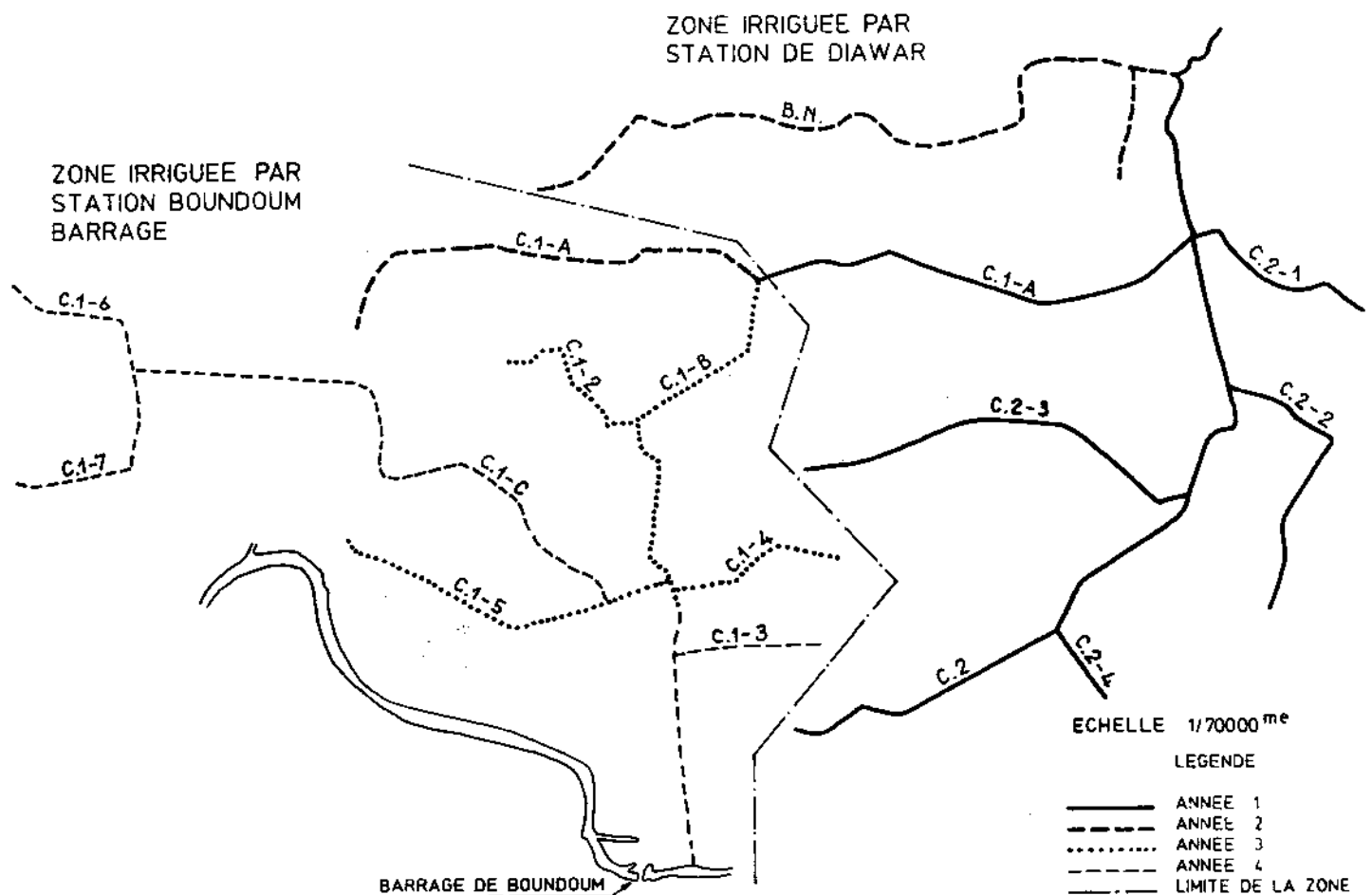
	Année 1		Année 2		Année 3		Année 4		Année 5		Année 6	
	SS	H	SS	H	SS	H	SS	H	SS	H	SS	H
<b>Travaux principaux</b>												
Drainage provisoire N'Donq			POMPAGE									
Drain collecteur												
Station pompage Gaëla												
Siphon												
Station pompage Diawar												
Station pompage Boundoum-B.												
Réseau irrigation:												
- Boundoum-Est												
- Boundoum-Nord												
- Gaëla												
Réseau drainage	D1+D2		D1A	D4	D3	D3 A+B	D3.1	D5				
								D3.2				
<b>Aménagement à la parcelle (ha)</b>												
Boundoum-Est : cultivés	30		286		316							
non-cultivés			---	265					239			
Boundoum-Nord: cultivés					203							
non-cultivés							186					
Gaëla : cultivés						220	256		256		363	
non-cultivés								244				
<b>Superficies irriguées et cultivées (ha)</b>												
Zone non réhabilitée		1001		715		512		256		0		0
Zone réhabilitée		30		316		1100		1762		2498		3100
Superficie totale cultivée		1031		1031		1612		2018		2498		3100

Figure 23 - Programmation de la réhabilitation du périmètre de Boundoum

SS: Saison sèche  
H: Hivernage



## PROGRAMME DE REHABILITATION DES CANAUX DE DRAINAGE



## PROGRAMME DE REHABILITATION DES CANAUX D'IRRIGATION

fig. 24



#### 7.4 Préparation du projet détaillé pour l'aménagement à la parcelle

L'aménagement à la parcelle d'environ 110 secteurs, possédant chacun une superficie de quelque 30 ha, devra être préparé de façon détaillée. Etant donné qu'il existe déjà certains éléments de l'infrastructure primaire et secondaire et au moins une partie de l'infrastructure tertiaire dans quelque 1800 ha, la conception devra clairement tenir compte de ces éléments. De nombreux contrôles sur le terrain seront donc indispensables et c'est pourquoi il est proposé que les travaux de conception se déroulent le plus près possible du périmètre.

Une option est de terminer la préparation du projet détaillé dans un an avec une période de démarrage d'un mois. Cela signifie que par semaine environ deux secteurs doivent être conçus en détail.

Une autre option est de préparer avant le passage du marché les plans détaillés pour l'aménagement tertiaire qui doit être exécuté pendant les années 1 et 2, soit 1031 ha, et les plans pour la surface restante dans les 2 années suivantes. Les quantités peuvent ainsi être estimées sur la base des premiers 1031 ha pour l'appel d'offre. Cela signifie que les plans détaillés d'environ 33 secteurs doivent être terminés dans un an, c'est-à-dire 1 secteur par 1,5 semaine.

##### 7.4.1 Programme de travail

Les travaux de conception comprendront les éléments suivants:

- (a) Travaux généraux:
  - définition des critères de conception;
  - élaboration des ouvrages standards;
  - établissement des spécifications techniques.
- (b) Travaux préparatoires:
  - levé topographique détaillé des secteurs, y compris de l'infrastructure existante.
- (c) Données de base requises:
  - niveaux d'eau prévisionnels, cotes du terrain et hauteur des berges des réseaux primaire et secondaire.
- (d) Travaux de conception:
  - établissement du plan général (avec contrôles sur le terrain et éventuelles adaptations);
  - détermination des hauteurs des parcelles et des unités parcellaires (les unités parcellaires sont composées de plusieurs champs dont la hauteur de nivellement est identique);
  - conception des canaux d'irrigation;
  - conception des canaux de drainage et des pistes;
  - dimensionnement des ouvrages d'art (hauteurs).
- (e) Travaux de préparation des documents de marché:
  - rassemblement des informations utiles et des cartes;
  - adjonction des spécifications (normes);
  - calcul des quantités;
  - établissement des devis quantitatifs.
- (f) Pour les zones déjà cultivées ou récemment abandonnées une consultation avec les futurs occupants sera recommandable avant la préparation des documents de marché.

#### 7.4.2 Besoins en personnel

Dans le cas où l'on termine les plans détaillés en 1 an, on estime que l'exécution des travaux précités requerra deux équipes de conception placées sous la direction d'un chef de bureau. Chaque équipe possèdera son propre sous-chef et devra assurer la conception d'un secteur par semaine. Elle sera composée de:

- 1'équipe topographique (7 personnes) disposant d'un moyen de transport;
- 1 concepteur hydraulique;
- 2 dessinateurs;
- 1 dactylographe à mi-temps;
- 1 préposé pour le tirage des plans.

#### 7.4.3 Commentaires

Comme nous l'avons déjà mentionné, les travaux de conception pourraient se dérouler soit avant, soit pendant la construction. Toutefois, il est préférable - de manière à avoir un bon aperçu des quantités et calages nécessaires - que l'essentiel de ces études soit terminé avant que débutent les négociations de contrat avec les entrepreneurs.

La conception détaillée étalée sur 3 années aurait l'avantage de laisser du temps pour consulter les paysans et d'éviter ainsi au maximum les problèmes sociologiques.

Si les décisions concernant la suite des travaux sont prises à court terme et si les fonds sont rapidement mis à disposition, les travaux devraient pouvoir démarrer en septembre 1988 et être achevés en septembre 1989. Compte tenu d'un démarrage des travaux sur le terrain au 1er janvier 1989 et de la réalisation des aménagements à la parcelle en janvier 1990, cela signifie que la procédure d'adjudication des marchés pourrait avoir lieu entre septembre 1989 et janvier 1990, ce qui constitue une période de temps suffisante.

## 8 GESTION FUTURE DU PERIMETRE

Un ensemble d'idées sont présentées par le Consultant dans ce chapitre (et dans l'annexe N d'une manière plus détaillée). L'organisation du périmètre n'avait été abordée jusqu'ici que très partiellement. Cependant, l'étude du GERSAR de 1984 traitait de l'organisation des producteurs par secteurs hydrauliques.

### 8.1 Organisation du périmètre

#### 8.1.1 Définition des tâches

Les mutations en cours dans le dispositif de la SAED et le recentrage de ses activités sur les fonctions (correspondant aux orientations définies dans le cadre de "la Troisième Lettre de Mission"): planification, recherche-développement, formation et conseil aux producteurs, gestion de l'eau et suivi-évaluations nous conduisent à proposer, pour le périmètre de Boundoum, une organisation simple coiffant les principales tâches:

- de direction du périmètre et d'évaluation;
- de direction technique (aménagement, irrigation et vulgarisation);
- de gestion administrative et financière.

Il est recommandé que les services d'entretien soient fournis par des entreprises privées équipées et formées pour ce travail spécialisé. A cet effet, il est prévu une assistance technique pour la formation et une ligne de crédit pour les équipements.

En amont du périmètre, les dispositifs en place au niveau du siège de la SAED: CNAPTI, DPA, DPD, UGE, etc. et au niveau de la Délégation doivent, en principe, fournir des prestations de coordination, de supervision et d'appui technique dans le cadre des missions qui leur ont été fixées et des moyens mis en oeuvre. Le contrôle des travaux de réhabilitation et d'aménagement, à réaliser par la DPA est chiffré par ailleurs.

#### 8.1.2 Dispositif en personnel national

L'organisation spécifique, proposée pour le périmètre, devrait être mise en place dès la première année du projet et le personnel complémentaire recruté au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Les tâches de la direction générale du projet: organisation, direction de l'exécution, représentation vis-à-vis des tiers sont avant tout des tâches d'initiative et de contrôle tant à l'intérieur du projet qu'à l'extérieur (paysans, autorités, fournisseurs, clients et opérateurs économiques). Il serait souhaitable que le directeur du périmètre puisse participer de façon active aux tâches de suivi et d'évaluation du périmètre en liaison avec les personnels spécialisés du siège.

Les tâches de gestion (administration, comptabilité, budget) devraient pouvoir être confiées à un nombre limité d'agents compétents et qualifiés.

Les tâches de direction technique regroupent les fonctions suivantes (voir Figure 25):

- exploitation des stations de pompage;
- aménagement et entretien des réseaux;
- développement agricole;
- en matière d'exploitation des stations de pompage, pour l'irrigation et l'exhaure des eaux de drainage, il est prévu un ingénieur électromécanicien pour la supervision des stations de pompage. Il sera assisté de huit pompistes pour assurer le fonctionnement des trois stations de pompage;
- en matière d'exploitation du réseau: cinq aiguadiers seront nécessaires pour la gestion de l'eau dans le périmètre;
- en matière d'entretien du réseau hydraulique, il est prévu un ingénieur en génie civil et travaux publics qui sera assisté de 2 contrôleurs des travaux et en principe de deux manoeuvres.
- en matière de développement agricole, il est prévu un ingénieur agronome et huit conseillers agricoles; un responsable mécanisation et deux conseillers en machinisme; un responsable formation paysanne et huit alphabétiseurs.

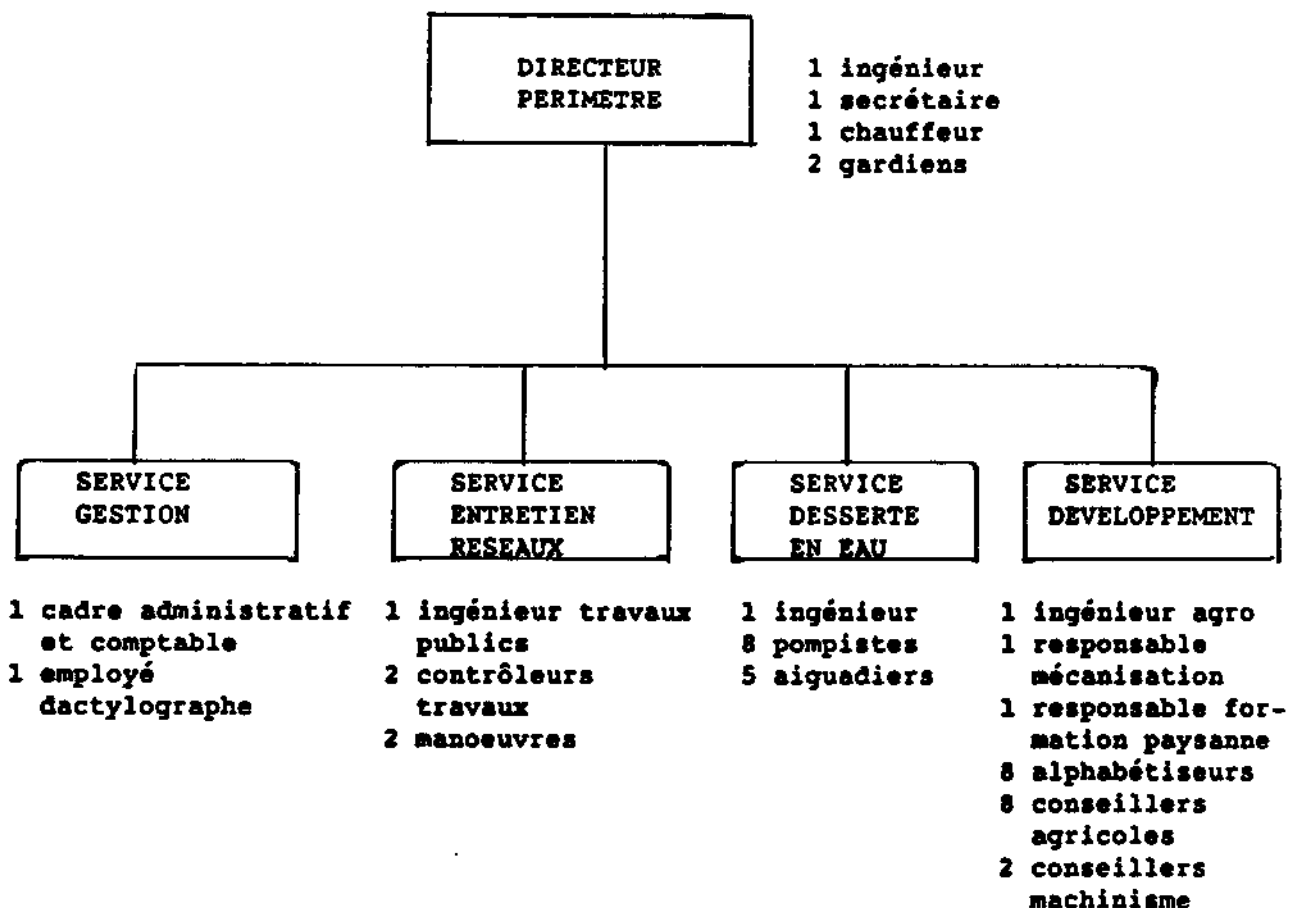


Figure 25 - Organigramme de la Direction du périmètre

Note: Le coût du dispositif total prévisionnel en personnel national est détaillé dans le Tableau N.1 en Annexe.

La volonté d'augmenter le plus rapidement possible le taux d'intensification culturelle amène à renforcer le dispositif d'appui au développement agricole en formant prioritairement des responsables paysans préalablement alphabétisés aux nouvelles activités qu'ils devraient assumer, notamment pour:

- l'acquisition d'intrants auprès de fournisseurs privés;
- la maîtrise des techniques culturelles de la double culture;
- la maintenance de matériels agricoles;
- la tenue de comptabilité, la gestion d'un fonds de roulement et la pratique des amortissements;
- la gestion de caisses de fonctionnement des organisations paysannes et de leurs comptes bancaires.

La récapitulation du personnel national supplémentaire nécessaire pour la bonne marche du projet et le coût prévisionnel de ce dispositif supplémentaire sont détaillés, en Annexe N, dans le Tableau N 2.

#### 8.1.3 Assistance technique

En plus du dispositif complémentaire en personnel national, il est prévu un appui temporaire en assistance technique dont le but est de suivre, de façon continue, l'opération et d'apporter les compléments de formation qui pourraient s'imposer.

Dans le domaine opérationnel, elle pourrait être constituée par un ingénieur des travaux publics, responsable de la coordination et de la mise en place de l'entretien du réseau et par un ingénieur agronome, responsable du développement et de l'intensification de la riziculture.

Dans le domaine fonctionnel, elle pourrait être constituée par un gestionnaire de projet responsable de la mise au point et du suivi des procédures (en harmonie avec les procédures propres à la SAED et propres aux bailleurs de fonds concernés), de la gestion et de l'analyse des résultats de la comptabilité. Le coût du dispositif en assistance technique est détaillé dans le Tableau N.3 en annexe.

#### 8.1.4 Contrôle externe

La mise en place d'un contrôle externe (audit), spécifique pour le périmètre, est vivement souhaitable dans le cadre d'une approche systématique, régulièrement appliquée et ne se limitant pas à l'analyse des documents de comptabilité et de gestion.

Cette tâche pourrait être confiée à des professionnels qualifiés tout en rappelant, qu'en aucun cas, un audit ne peut remplacer un service comptable déficient, ni un système de contrôle interne dont la mise en place est du ressort de la direction de la SAED et de son représentant au niveau du projet.

## 8.2 Le programme de crédit agricole

Le programme de crédit agricole indispensable pour le succès de la mise en valeur du périmètre réhabilité devra en principe s'appuyer sur l'expérience récente et les moyens de la CNCAS. Il comportera un volet à court terme pour l'achat des intrants de campagne et le paiement de la fourniture d'eau d'irrigation et des prestations de façons culturales; et un volet à moyen terme pour l'équipement de groupements ou de prestataires de services pour les travaux mécanisés.

Le taux d'intérêt actuellement pratiqué par la CNCAS est de 13,5 % d'intérêt par an, calculé prorata temporis pour le court terme (8 mois) et sans période de différé pour les prêts à moyen terme. L'apport des exploitants est limité à 10 % de la demande de crédit pour le court terme et à 20 % pour le moyen terme.

Les hypothèses retenues pour calculer le besoin en fonds de roulement du crédit sont:

- le crédit à court terme (13,5 % d'intérêt par an sur 8 mois) serait utilisé pour couvrir 75 % des besoins des agriculteurs (intrants, irrigation, façons culturales). Le crédit serait octroyé aux groupements sur la base de 90 % du devis, l'apport initial étant fixé à 10 % du coût prévisionnel;
- le crédit à moyen terme (crédit sur 5 ans, à 13,5 % d'intérêt, sans période de différé) serait accordé pour couvrir les dépenses des opérateurs économiques en équipement (chaîne de traction et battage) sur la base de 80 % du devis, compte tenu d'un apport initial de 20 % du coût prévisionnel.

Le programme de crédit agricole à court terme a été calculé de façon à distribuer un crédit de campagne aux trois quarts des exploitations. La récapitulation des octrois, des remboursements et du besoin en fonds de roulement, pour le crédit à court terme, est détaillée par campagne dans le Tableau 21.

Tableau 21 - Calcul du besoin en fonds de roulement du crédit à court terme (en 10<sup>6</sup> FCFA)

ANNEES	1	2	3	4	5	6	7
<b>OCTROI DU CREDIT</b>							
hivernage	4,4	46,3	161,1	258,0	365,8	454,0	454,0
contre saison	1,8	18,5	64,4	103,2	146,3	181,6	181,6
<b>REMBOURSEMENT</b>							
hivernage		4,8	50,4	175,3	280,8	398,0	494,0
contre saison	1,9	20,1	70,1	112,3	159,2	197,6	197,6
<b>BALANCE = B F R</b>	(4,2)	(39,9)	(105,1)	(73,7)	(72,2)	(39,9)	56,0

Le programme d'équipement en tracteurs, matériels et batteuses est détaillé dans le Tableau 22. En première année, il faudrait un tracteur de 50 KW (70 CV) et une batteuse pour le travail sur les 30 hectares pilotes. Les années suivantes, l'équipement est réparti en fonction des normes adoptées dans l'étude agronomique et en fonction de l'avancement des travaux.

Tableau 22 - Calcul des besoins cumulés en matériel mécanique

ANNEES	1	2	3	4	5	6
-----						
surface cultivée (ha):						
non réhabilitée	1.001	715	512	256		
réhabilitée	30	316	1.100	1.762	2.498	3.100
total	1.031	1.031	1.612	2.018	2.498	3.100
-----						
-nombre de tracteurs						
70 CV (50 KW)	1	1	2	2	2	4
110 CV (80 KW)		1	5	8	11	13
-nombre de batteuses	1	4	14	22	31	39
-----						

Le calcul du besoin en fonds de roulement pour le crédit à moyen terme vise à permettre aux trois quarts des agriculteurs de bénéficier du crédit pour s'équiper en matériel. Il est présenté en détail dans le Tableau 23.

Selon ces hypothèses, le besoin total en fonds de roulement pour le crédit est récapitulé dans le Tableau 24.

Il s'agit de constituer un fonds d'environ 436 millions de FCFA pour permettre au Crédit Agricole d'assurer sa mission dans le cadre du projet de réhabilitation. En principe, cette somme pourrait être remboursée ou affectée à d'autres programmes dès l'année 6 du projet.

TABLEAU 23 - Analyse financière calcul des besoins annuels en matériel agricole (en 10.6 FCFA)

ANNEES		1	2	3	4	5	6
	Cout unitaire (h.t.)	nb. valeur	nb. valeur	nb. valeur	nb. valeur	nb. valeur	nb. valeur
Achat d'équipement:							
tracteurs							
70 CV (50 KW)	11,4	1 11,4		1 11,4			2 22,8
110 CV (80 KW)	14,3		1 14,3	4 57,2	3 42,9	3 42,9	2 28,6
batteuses	1,0	1 1,0	3 3,0	10 10,0	8 8,0	9 9,0	8 8,0
cout d'achat		12,4	17,3	78,6	50,9	51,9	59,4
matériel d'équipement				239,0			

ANNEES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
octroi du crédit (a):	9,9	13,8	301,9	40,7	41,5	47,5					
remboursements (b):		2,9	2,9	2,9	2,9	2,9					
			4,0	4,0	4,0	4,0	4,0				
					86,9	86,9	86,9	86,9	86,9		
						12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	
							13,7	13,7	13,7	13,7	13,7
				68,8	68,8	68,8	68,8	68,8			



Analyse financière  
 Tableau 24 - Calcul du besoin en fonds de roulement du crédit  
 (en 10<sup>6</sup> FCFA)

Année	1	2	3	4	5	6	7
<b>Octroi de crédit</b>							
C.T.	6,3	66,3	230,9	369,9	524,4	650,8	650,8
M.T.	9,9	13,8	62,9	40,7	41,5	47,5	0,0
M.T.*	-	-	239,0	-	-	-	-
<b>Remboursement</b>							
C.T.	2,0	25,5	123,3	294,5	450,5	609,9	708,1
M.T.		6,8	75,7	162,6	174,6	185,4	181,4
M.T.*				68,8	68,8	68,8	68,8
Balance =	(14,3)	(47,8)	(333,8)	115,3	128,0	165,8	307,5
B.F.R. =	14,3	62,1	156,9	110,4	31,2	(45,8)	(284,3)

\* Equipement d'entretien.

### 8.3 Le volet développement agricole

Le dispositif de développement agricole du périmètre réhabilité sera mis en place, progressivement au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Les investissements concernent principalement: des constructions et leurs équipements pour les agents supplémentaires (bureaux et logements); le financement de l'achat de matériel neuf (véhicules); un fonds de roulement pour le crédit; la construction de centres de collecte et de petits bâtiments de stockage pour les intrants; un financement pour l'assistance technique.

Les dépenses de fonctionnement concernent principalement: les frais de personnel et de transport supplémentaires, les frais d'entretien des infrastructures et du matériel, les divers frais de gestion.

Les moyens à mettre en oeuvre et le coût du dispositif sont détaillés dans l'Annexe N.

## 9 ANALYSE FINANCIERE ET ECONOMIQUE

Les calculs réalisés dans ce chapitre sont conformes à la méthode utilisée par la Banque Mondiale, notamment dans le Rapport d'évaluation du projet d'Irrigation IV. Là encore, de nouvelles évaluations des données ont été effectuées pour les actualiser aux conditions de fin 1987 propres au périmètre de Boundoum. Le prix du riz pour l'analyse financière au niveau de l'exploitation agricole n'a pas été modifié, car il n'a pas changé au Sénégal depuis 1986. Par contre, le prix économique du riz a été augmenté pour tenir compte du fait que la production est destinée à être consommée dans la région de Saint-Louis, le Delta, et la proche vallée (et non pas dans la région de Dakar).

### 9.1 Analyse financière

#### 9.1.1 Avant-propos

L'analyse financière va consister à évaluer:

- l'impact du projet sur les exploitations types de façon à estimer la capacité de travail et la capacité de paiement de ces exploitations en fonction des augmentations de la production agricole induites par l'amélioration de la maîtrise de l'eau;
- le coût du programme de réhabilitation, en distinguant les dépenses d'investissement et les coûts de fonctionnement directement liés à l'activité productive et ceux qui ne sont qu'indirectement liés à l'activité productive, de façon à pouvoir proposer, en toute connaissance de cause, un plan de financement respectant les conditions d'un équilibre financier réel.

#### 9.1.2 L'impact du projet sur les exploitations

- (a) Les budgets à l'ha de culture dans la situation sans le projet, sont détaillés dans le Tableau 25, pour les exploitations effectuant un battage manuel d'une part, et pour celles qui confient cette opération à des prestataires de services qui utilisent des batteuses mécaniques. Dans la situation sans le projet, les coûts des intrants correspondent à des prix non subventionnés, par contre les coûts des prestations culturales et de l'irrigation correspondent aux tarifs pratiqués par la S.A.E.D.

TABLEAU 25

ANALYSE FINANCIERE BUDGETS A L'HECTARE DE CULTURE (EN FCFA)  
SITUATION SANS LE PROJET HYPOTHESES :BATTAGE MANUEL ET BATTAGE MECANIQUE

BATTAGE :	MANUEL	%	MECANIQUE	%
-Rdt(T/ha)	3,5		3,5	
a)Produit brut:	297.500	100,0%	297.500	100,0%
b)semences	15.340	5,2%	15.340	5,2%
engrais		7,3%		7,3%
c) 18.46.0	10.450		10.450	
d) uree	11.175		11.175	
produits de traitements		1,8%		1,8%
e) herbicide	3.184		3.184	
f) insecticide	2.028		2.028	
g)irrigation	41.000	13,8%	41.000	13,8%
h)facons culturales	18.700	6,3%	18.700	6,3%
i)frais financiers	5.931	2,0%	5.931	2,0%
j)frais de battage			29.750	10,0%
Charges hors travail:	107.808	36,2%	137.558	46,2%
Revenu Brut:	189.692	63,8%	159.942	53,8%
nombre de jours de travail	33		63	
l)valorisation de la journee de travail	2.285		2.539	

notes:

a) production de paddy valorisee a 85 fcfa le kg,et paille non valorisee

b) 130 kg ,a 118 fcfa le kg

c) 95 kg,a 110 fcfa le kg

d) 150 kg,a 74,5 fcfa le kg

e) 2 litres a 1592 fcfa le litre

f) 2 kg a 1014 fcfa le kg

g) tarif SAED

h) tarif moyen pour un passage d'offset

i) credit de campagne,8 mois,taux de 13,5 % per an,pour 90 % du cout des intrants et des travaux mecaniques

j) frais de battage mecanique en vigueur actuellement

k) le temps de recolte et de battage varie avec le rendement

l) valeur du travail familial,estimee sur la base de l'ensemble de la production

Le tarif pratiqué par les prestations culturales semble correspondre aux conditions du marché si l'on considère que des entreprises acceptent de sous-traiter ces travaux par la S.A.E.D. à ce niveau de prix. Les travaux de battage sont effectués moyennant une redevance égale à 10 % de la récolte, selon nos calculs, cette prestation permet de dégager une marge considérable au niveau des prestataires de service (c'est pourquoi elle est retenue comme l'activité collective à promouvoir).

Le tarif pratiqué pour l'irrigation semble très inférieur au coût réel pour la S.A.E.D. et apparaît fortement subventionné.

Selon nos estimations, la valorisation de la journée de travail est de l'ordre de 2.300 FCFA par jour pour les exploitations qui effectuent elles-mêmes les travaux de battage et de l'ordre de 2.500 FCFA par jour pour les exploitations qui font effectuer les opérations de battage par des prestations de services spécialisées.

- (b) Les budgets à l'hectare de culture, dans la situation avec le projet, sont détaillés dans le Tableau 26 pour les deux saisons de culture et pour les deux cas de battage manuel ou mécanique.

Le coût de l'irrigation est calculé dans le Tableau N 21 de l'Annexe N; ce coût prend en compte: les frais de personnel, les charges d'administration et de gestion du personnel, les charges de fonctionnement et d'entretien du réseau d'irrigation, les frais de consommation d'énergie, l'amortissement des installations de pompage et d'irrigation.

TABLEAU 26

ANALYSE FINANCIERE BUDGETS A L'HECTARE DE CULTURE (EN FCFA)  
SITUATION AVEC LE PROJET HYPOTHESES :BATTAGE MANUEL ET BATTAGE MECANIQUE

BATTAGE :	HIVERNAGE				CONTRE SAISON			
	MANUEL		MECANIQUE		MANUEL		MECANIQUE	
-Rdt(T/ha)	4,5		4,5		5,0		5,0	
a)Produit brut:	406.500	100,0%	406.500	100,0%	449.000	100,0%	449.000	100,0%
b)semences	15.340	3,8%	15.340	3,8%	15.340	3,4%	15.340	3,4%
c)engrais		10,5%		10,5%		9,5%		9,5%
d) uree	22.000		22.000		22.000		22.000	
e) kcl	16.018		16.018		16.018		16.018	
	4.650		4.650		4.650		4.650	
f) produits de traitements		3,7%		3,7%		3,3%		3,3%
g) herbicide	4.776		4.776		4.776		4.776	
h) insecticide	10.140		10.140		10.140		10.140	
i)irrigation	71.290	17,5%	71.290	17,5%	71.290	15,9%	71.290	15,9%
j)facons culturales	20.346	5,0%	20.346	5,0%	20.346	4,5%	20.346	4,5%
k)frais financiers	8.555	2,1%	8.555	2,1%	8.555	1,9%	8.555	1,9%
l)frais de battage			15.753	3,9%			17.504	3,9%
Charges:	173.114	42,6%	188.867	46,5%	173.114	38,6%	190.618	42,5%
Revenu Brut:	235.386	57,6%	217.633	53,5%	275.886	61,4%	258.382	57,5%
m)nombre de jours de travail	104,4		78,7		110,1		81,6	
n)valorisation de la Journee de travail	2.235		2.765		2.505		3.168	

notes:

- a) production de paddy valorisee a 85 fcfa le kg,et paille (3 t.) valorisee a 8 fcfa par Kg
- b) 130 kg ,a 118 fcfa le kg
- c) 200 kg,a 110 fcfa le kg
- d) 215 kg,a 74,5 fcfa le kg
- e) 50 kg,a 93 fcfa le kg
- f) 9 Litres,sur 1/3 de la superficie,a 1592 fcfa le L.
- g) 10 kg a 1014 fcfa le kg
- h) prix de revient calcule en annexe,dans le tableau N.21
- i) calcule en annexe,au tableau N.10 : 10 t des surfaces en 70 CV et 90 t des surfaces en 110 CV
- j) credit de campagne,8 mois,taux de 13,5 % par an,pour 90 % du cout des intrants et des travaux mecaniques
- k) frais de battage mecanique calcules en annexe ,au tableau N.10
- l) le temps de recolte et de battage varie avec le rendement
- m) valeur du travail familial,estimee sur la base de l'ensemble de la production



Les coûts des prestations culturales sont calculés dans le Tableau N 9 de l'Annexe N.

Les 4 tracteurs de 50 KW (70 CV) utilisés 432 heures par an, ont un prix de revient de 29.435 FCFA par hectare; les 13 tracteurs de 80 KW (110 CV) utilisés 864 heures par an ont un prix de revient de 19.948 FCFA par hectare. Le coût moyen pour un temps total d'utilisation de 12.960 heures par an, dont 1.728 heures de 50 KW de puissance (soit 13,33 % de la superficie totale travaillée) et 11.232 heures de 80 KW (soit 86,67 % de la superficie totale travaillée) revient à:

$$[(29.435 \times 13.33 \%) + (18.948 \times 86,67 \%)] = 20.346 \text{ FCFA par hectare.}$$

- (c) Exprimés en prix financiers à fin 1987, ces budgets soulignent l'intérêt et l'efficacité théorique de l'intensification proposée. Pour mieux apprécier le risque proposé aux agriculteurs et les bénéfices espérés au niveau des différentes opportunités d'intensification, nous avons calculé des indices d'acceptation, d'attrait et de risque.

L'indice d'acceptation est le rapport entre l'accroissement du produit brut programmé (Production autoconsommée et vendue, valorisée au prix officiel de campagne) sur la valeur de l'accroissement des charges monétaires (consommations intermédiaires, hors travail, facturées par des tiers). Plus cet indice est supérieur à 1, plus il est probable que l'intensification se diffusera d'elle-même, dans la mesure où l'agriculteur est intéressé par une augmentation de l'intensification de sa production.

L'indice d'attrait mesure le rapport entre la marge brute (différence entre le produit brut et les consommations intermédiaires payées à des tiers, hors travail) et le nombre de jours de travail. Si cet indice est supérieur au taux de rémunération en vigueur, l'activité considérée apparaît comme attrayante. Si au contraire, il est inférieur à la rémunération de la main-d'oeuvre employée dans l'agriculture, l'activité considérée sera probablement rejetée.

L'indice de risque (rapport entre les consommations intermédiaires, hors travail, payées à des tiers et le produit brut programmé) permet une classification des cultures et des niveaux d'intensification en fonction du risque présenté par les charges monétaires. Pour des cultures traditionnelles (où le risque principal est l'aléa climatique), le risque monétaire est faible (inférieur à 0,25). Pour des cultures modernes (où le risque climatique est proche de 0), le risque monétaire n'est généralement pas accepté, s'il est supérieur ou égal à 0,50.

Le calcul des indices pour les différentes options de riziculture proposées dans le cadre de ce projet est détaillé dans le Tableau 28.

Tableau 28 - Calcul des indices d'acceptation, de risque et d'attrait

SITUATION :	SANS LE PROJET		AVEC LE PROJET			
BATTAGE :	MANUEL MECANIQUE		HIVERNAGE MANUEL MECANIQUE		CONTRE SAISON MANUEL MECANIQUE	
-Rdt (t/ha)	3,5	3,5	4,5	4,5	5	5
-Produit brut:	297.500	297.500	406.500	406.500	449.000	449.000
-Charges:	107.808	137.558	173.114	188.867	173.114	190.618
-Marge:	189.692	159.942	233.386	217.633	273.886	258.382
-travail (en Jours)	83	63	104	79	110	82
INDICE D'ACCEPTATION (a)	'	'	1,7	2,1	2,3	2,9
INDICE D'ATTRAIT (b)	2.285	2.539	2.233	2.765	2.505	3.168
INDICE DE RISQUE (c)	0,36	0,46	0,43	0,46	0,39	0,42
(a) VARIATION PRODUIT BRUT / VARIATION CHARGES						
(b) MARGE / NB. DE JOURS DE TRAVAIL						
(c) CHARGES / PRODUIT BRUT						

### 9.1.3 Critères de choix pour estimer la capacité de remboursement des exploitations

Les calculs ont été effectués, à titre d'exemple, sur la base des données les plus fréquentes, c'est-à-dire, d'une exploitation de 10 personnes dont 5 actifs.

#### (a) Méthodologie

La méthode utilisée vise à calculer l'excédent dégagé au niveau des exploitations de différentes tailles, en distinguant la valeur de la rétribution du travail familial et la valeur de la rémunération du travail extérieur, de façon à déterminer une capacité de remboursement des coûts du projet.

La capacité théorique de remboursement des coûts du projet a été calculée à partir du revenu brut de l'exploitation (produit brut - achat d'intrants, outillage et frais de mécanisation). Les charges qui viennent réduire le revenu brut couvrent:

- la rétribution du travail familial estimée à 700 FCFA par jour d'UTH;
- la rémunération du travail extérieur, en période de pointe, estimée à 1000 FCFA par jour d'UTH;
- les charges de gestion de la ferme familiale;
- une provision pour risques;
- les charges d'équipement.



Les charges de rétribution du travail familial et la rémunération du travail extérieur ont été calculées, mois par mois, en fonction des quantités de travail disponibles au niveau d'une exploitation (estimées à 75 jours par mois) et des quantités de travail à faire effectuer par une main-d'oeuvre extérieure rémunérée (au-delà de 75 jours pour 5 actifs par mois). Les temps mensuels de travail agricole, exprimés en journées d'UHT, pour une exploitation de 5 actifs sont détaillés dans le Tableau 29.

TABLEAU 29

ANALYSE FINANCIERE TEMPS MENSUELS DE TRAVAUX						TOTAL TRAVAIL AGRICOLE, EXPLOITATION DE 5 ACTIFS (EN JOURNEES D'U.T.N.)							
mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
HA:													
1	10	6	5	11	8	9	20	13	19	18	14	20	153
2	20	12	10	22	16	18	40	26	38	36	28	40	306
3	30	18	15	33	24	27	60	39	57	54	42	60	459
4	40	24	20	44	32	36	80	52	76	72	56	80	612
5	50	30	25	55	40	45	100	65	95	90	70	100	765
6	60	36	30	66	48	54	120	78	114	108	84	120	918
7	70	42	35	77	56	63	140	91	133	126	98	140	1071
8	80	48	40	88	64	72	160	104	152	144	112	160	1224
9	90	54	45	99	72	81	180	117	171	162	126	180	1377
10	100	60	50	110	80	90	200	130	190	180	140	200	1530

Les temps mensuels de travail agricole pour la part supérieure à 75 jours par mois qui nécessitent un rapport extérieur en travail rémunéré, sont calculés en journées d'UHT, dans le Tableau 30.

TABLEAU 30

ANALYSE FINANCIERE TEMPS MENSUELS DE TRAVAUX						TRAVAIL EXTERIEUR, EXPLOITATION DE 5 ACTIFS (EN JOURNEES D'U.T.M.)							
mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total
HA:													
4							5			1		5	11
5							25			20	15	25	85
6							45	3		39	33	9	174
7				2			65	16		58	51	23	280
8	5			13			95	29		77	69	37	400
9	15			24		6	105	42		96	87	51	531
10	25			35	5	15	125	55		115	105	65	670

Les charges d'administration et de gestion de la ferme familiale ont été estimées, en proportion du produit brut, dans un rapport inversement proportionnel à la taille des exploitations, pour tenir compte des économies d'échelles (15 % du produit brut pour 10 ha jusqu'à 20 % du produit brut pour 1 ha).

La provision pour risques a été calculée sur la base de la moitié des charges d'administration et de gestion.

Les charges d'équipement correspondent aux annuités de remboursement d'un prêt sur dix ans à 13,5 % de taux d'intérêt permettant l'achat de matériaux pour la construction d'un logement d'un montant de 1 million de FCFA pour une ferme d'une taille inférieure ou égale à 6 ha, de 2 millions de FCFA pour une ferme d'une taille égale ou supérieure à 6 ha.

#### (b) Calcul de la capacité de remboursement

L'augmentation de la demande de travail agricole résultant du programme de réhabilitation devrait, en principe, conduire à un accroissement du revenu annuel. Pour motiver les exploitants et rendre encore plus attrayante l'activité dans le cadre du projet, il nous a semblé nécessaire de prévoir une incitation dont le niveau a été fixé de façon à doubler le revenu de la journée de travail familial. Les résultats obtenus pour différentes tailles d'exploitation sont détaillés dans le Tableau 31.

Tableau 31

## ANALYSE FINANCIERE CRITERES DE CHOIX POUR ESTIMER LA CAPACITE DE REMBOURSEMENT DES EXPLOITATIONS

SUPERFICIE EN HECTARES :	1 HA	2 HA	3 HA	4 HA	5 HA	6 HA	7 HA	8 HA	9 HA	10 HA
*****										
TRAVAIL AGRICOLE EN JOURNEES D'UTH :										
total	153	306	459	612	765	918	1071	1224	1377	1530
dont familial	153	306	459	601	680	764	791	824	846	860
dont exterieur				11	85	174	280	400	531	670
*****										
BALANCE EN 10.3 FCFA										
+produit brut	676	1,352	2,028	2,704	3,380	4,055	4,731	5,407	6,083	6,759
-charges brutes	290	580	870	1,160	1,451	1,741	2,031	2,321	2,611	2,901
=revenu brut	386	772	1,157	1,543	1,929	2,315	2,701	3,086	3,472	3,858
-retribution travail familial	107	214	321	421	476	521	554	577	592	602
-retribution travail exterieur				11	85	174	280	400	531	670
-charges de gestion	135	263	383	496	601	698	789	871	946	1,014
-prevision pour risque	68	131	192	248	300	349	394	436	473	507
-amortissement emprunt	188	188	188	188	188	188	376	376	376	376
=revenu net	(112)	(25)	74	180	279	384	308	427	553	689
-incitation	107	214	321	421	476	521	554	577	592	602
=capacite de remboursement										
totale	(219)	(239)	(248)	(241)	(197)	(136)	(246)	(150)	(39)	87
a l'hectare	(219)	(120)	(83)	(60)	(39)	(23)	(35)	(19)	(4)	9

(c) Estimation de la capacité de remboursement

Les principaux critères qui sont à prendre en compte pour choisir la taille des exploitations peuvent être d'ordre technique (calendrier agricole, temps de travaux, rendements escomptés), d'ordre social (travail familial, travail rémunéré, travail en dehors de l'exploitation) et d'ordre financier et économique (prix des facteurs de production et des productions, revenus du travail, rentabilité de l'exploitation).

Le critère que nous avons adopté pour déterminer la taille des exploitations, dans le cas donné en exemple, est un critère social qui à l'expérience apparaît comme le plus important pour garantir l'adhésion des agriculteurs concernés. A cette fin, nous proposons de maintenir le caractère familial des exploitations et donc de choisir une taille qui limite l'apport en travail extérieur rémunéré à 50 % du travail familial.

L'hypothèse de taille d'exploitations qui a été testée pour examiner la capacité de remboursement est le cas d'une exploitation de 5 actifs, avec une limite correspondant à une superficie attribuée de 8 hectares maximum (soit 824 jours de travail familial et 400 jours de travail extérieur).

Pour une ferme de 8 ha, dans le cas étudié, la capacité de remboursement est négative (elle ne devient que faiblement positive à partir de 9 ha) et ne permet pas d'envisager un remboursement d'une partie des travaux d'aménagement par les exploitants agricoles.

9.1.4 Production du périmètre

En comparant la situation actuelle du périmètre (1 031 ha cultivés, taux d'occupation de 110 % par an, rendement estimé de 3,5 t/ha) avec la situation projetée dans le cadre de la réhabilitation, la production totale et la production supplémentaire de paddy du périmètre sont détaillées dans le Tableau 32.

Dès l'année 6 du projet, la production devrait se stabiliser à 23 250 tonnes contre une production estimée à 3 969 tonnes actuellement.

9.1.5 Coûts de base

Les coûts de base retenus sont, sauf indications contraires, ceux en vigueur à fin décembre 1987. Les coûts d'achat d'équipement et de prestations de services ont été calculés hors taxe lorsqu'ils correspondent à des importations directes ou à des fournitures dans le cadre de marchés soumis aux règles en usage d'appel à la concurrence; par contre, ils ont été calculés toutes taxes comprises lorsqu'ils correspondent à des achats courants sur le marché local.

Une provision pour imprévus physiques, qui est justifiée tant par la nature des travaux et équipements programmés que par les règles en usage dans le cadre d'appels à la concurrence, a été calculée sur la base de 10 % pour le coût des travaux d'irrigation, les constructions et

TABLEAU 32

ANALYSE FINANCIERE PRODUCTION DU PERIMETRE EN TONNES		SURFACE DE 3100 HA ANEAGES													
ANNEES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>SITUATION SANS LE PROJET</b>															
surface irriguée (ha):	1.031	979	930	886	840	798	758	720	686	650	617	586	557	529	503
Intensité culturale:															
hivernage	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
contre saison	0.100	0.143	0.188	0.234	0.282	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
production sans le projet (tonnes):	3.969	3.918	3.868	3.818	3.769	3.721	3.535	3.358	3.190	3.031	2.879	2.735	2.598	2.468	2.345
<b>SITUATION AVEC LE PROJET</b>															
surface non réhabilitée	1003	715	512	256											
surface réhabilitée	30	516	1108	1762	2498										
total	1031	1031	1612	2018	2498	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Intensité culturale:															
hivernage	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
contre saison	0.400	0.400	0.677	0.517	0.358	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600	0.600
production totale avec le projet (tonnes):															
surface non réhabilitée	3.854	2.753	1.971	984											
surface réhabilitée	195	2.054	7.574	12.484	18.210	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250
total	4.049	4.807	9.545	13.469	18.210	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250	23.250
production supplémentaire avec le projet (tonnes):															
total	80	888	5.677	9.651	16.461	19.339	19.715	19.892	20.060	20.219	20.371	20.515	20.652	20.782	20.905

les mesures d'accompagnement et de 5 % pour les coûts des véhicules. Aucune provision pour imprévus physiques n'a été calculée sur les coûts d'investissement en fonds de roulement crédit, assistance technique et contrôle externe et les différents coûts de fonctionnement.

Une provision pour hausse des prix a été calculée, dans le cadre de cette analyse financière. L'actualisation des prix à partir de 1988 (1ère année du projet) a été faite de façon à tenir compte:

- de l'inflation importée, par le biais des biens et services en provenance des marchés extérieurs, qui a été estimée à 2 % par an, pendant 5 ans;
- de l'inflation locale, susceptible de produire un effet de hausse des prix sur les coûts et les bénéfices du projet, qui a été estimée à 5 % par an, pendant une durée limitée à 5 ans à partir de 1988.

Le coût total des investissements s'élève à 10,6 milliards de FCFA avant provisions pour imprévus physiques de 739 millions de FCFA et pour hausse des prix de 119,7 millions de FCFA. Le total général est donc de 12,5 milliards de FCFA dont 86 % en devises, soit 9,6 milliards de FCFA et 14 % en monnaie locale (1,4 milliards de FCFA). La récapitulation des coûts d'investissement est présentée dans le Tableau 33.

Pour les 6 premières années du projet, le coût des dépenses de fonctionnement s'élève à 1,1 milliard de FCFA avant provisions. En année de croisière, ce montant est de 272 millions par an. La récapitulation des coûts de fonctionnement du projet est présentée dans le Tableau 34.

Le coût total du projet, exprimé en FCFA constants 1987, avant provisions pour imprévus physiques, s'élève à 10,0 milliards de FCFA, La part en devises est estimée à 8,4 milliards de FCFA (soit 84 %) et la part en monnaie locale est estimée à 1,9 milliards de FCFA.

Le coût total du projet, après provisions pour imprévus physiques, exprimé en FCFA courants, c'est-à-dire après provision pour hausse des prix, s'élève à 11,5 milliards de FCFA. La part en devises s'élève à 9,6 milliards de FCFA soit 83 % du total. Les provisions pour imprévus physiques représentent 6,4 % du total et les provisions pour hausse des prix représentent 6,7 % du total.

La récapitulation des coûts du projet pour les années 1988 à 1993, exprimée en Francs CFA courants, est synthétisée dans le Tableau 35. La méthodologie et le détail des calculs sont présentés en Annexe N.

Le coût total du projet ne prend pas en compte les travaux complémentaires indispensables, dans le cadre de l'aménagement du delta du fleuve Sénégal, dont le financement n'est pas estimé au niveau de ce projet, notamment:

- curage et rectification de l'axe Gorom-Lampsar;
- exutoire du delta;
- aménagement de l'ouvrage G.
- etc...

Le coût de ces travaux serait à prendre en compte, dans une étape ultérieure, au prorata des superficies bénéficiaires.

D'autre part si le Gorom devait être utilisé comme exutoire pour les eaux de drainage, l'investissement serait réduit de 280 millions de FCFA, ce qui n'aurait qu'une incidence d'environ: - 3 % sur le coût total du projet.

## 9.2 Analyse économique

La durée de vie des ouvrages et aménagements dont l'entretien régulier est chiffré tant dans le cadre de l'analyse financière que dans le cadre de l'analyse économique a été estimée à 20 ans pour l'appareillage hydromécanique et électromécanique, 25 ans pour le génie civil et 50 ans pour le terrassement. Comme les travaux de réhabilitation sont étalés sur 6 ans, la durée totale du projet prise en compte pour l'analyse économique est de 36 ans (6 ans de travaux et trente ans à partir de la fin des travaux).

TABLEAU 33

## ANALYSE FINANCIERE RECAPITULATION DES COUTS D'INVESTISSEMENT DU PROJET (EN 10.6 FCFA)

Années	1	2	3	4	5	6	total	% en devises	part en devises	part en monnaie locale
*IRRIGATION.....	1 334,80	2 283,50	1 549,60	1 371,70	933,80	323,60	7 797,00	64%	4 990,41	2 806,59
*CONSTRUCTIONS.....	209,40						209,40	41%	85,16	124,24
*ASSISTANCE TECHNIQUE.....	181,20	160,10	160,10	160,10	160,10		821,60	80%	657,28	164,32
*VEHICULES.....	15,80	6,00	4,80	4,00	6,40	2,40	39,40	90%	35,46	3,94
*FONDS DE ROULEMENT CREDIT	14,26	47,82	163,61	91,19	78,49		395,37	0%	0,00	395,37
*CONTRÔLE EXTERNE.....	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	36,00	0%	0,00	36,00
*MESURES D'ACCOMPAGNEMENT.	282,23						282,23	44%	125,59	156,64
Total avant provisions	2 043,68	2 503,42	1 884,11	1 632,99	1 184,79	332,00	9 580,99	62%	5 893,90	3 687,09
imprevus physiques	155,21	228,65	155,20	137,37	93,70	32,48	802,61	63%	509,33	293,28
hausse des prix	62,62	163,30	196,88	226,40	210,16	57,32	916,67	40%	368,41	548,26
Total apres provisions	2 261,51	2 895,37	2 236,19	1 996,76	1 488,65	421,80	11 300,28	60%	6 771,64	4 528,63



Tableau 34

## ANALYSE FINANCIERE RECAPITULATION DES COUTS DE FONCTIONNEMENT DU PROJET (EN 10.6 FCFA)

Annees	1	2	3	4	5	6	total	% en devises	part en devises	part en monnaie locale
*IRRIGATION.....	35,6	37,6	95,2	132,0	160,5	177,9	638,8	40%	255,5	383,3
*CONSTRUCTIONS.....		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	30,0	35%	10,4	19,6
*VEHICULES.....	10,9	14,7	16,7	18,4	20,5	21,5	102,6	75%	77,0	25,7
*PERSONNEL.....	27,2	32,0	37,6	41,5	47,3	50,4	236,0	0%		236,0
*FRAIS DE GESTION.	9,0	10,6	12,4	13,7	15,6	16,6	77,9	50%	38,9	38,9
Total avant provisions	82,6	100,8	167,9	211,6	249,9	272,3	1 085,3	35%	381,8	703,4
imprevus physiques hausse des prix	3,5	9,4	23,7	40,1	60,5	65,9	203,0	14%	28,2	174,9
Total apres provisions	86,1	110,3	191,6	251,7	310,4	338,2	1 288,3	32%	410,0	878,3

Tableau 35

## ANALYSE FINANCIERE RECAPITULATION DU COUT TOTAL DU PROJET (EN 10.6 FCFASURFACE DE 3100 HA AMENAGES)

Annees	1	2	3	4	5	6	total	% en devises	part en devises	part en monnaie locale
*INVESTISSEMENTS	2 043,7	2 503,4	1 884,1	1 633,0	1 184,8	332,0	9 581,0	62%	5 993,9	3 687,1
*FONCTIONNEMENT	82,6	100,8	167,9	211,6	249,9	272,3	1 085,3	35%	381,8	703,4
Total avant provisions	2 126,3	2 604,3	2 052,0	1 844,6	1 434,7	604,3	10 666,3	59%	6 275,7	4 390,5
imprevus physiques hausse des prix	155,2	228,7	155,2	137,4	93,7	32,5	802,6	63%	509,3	293,3
	66,1	172,8	220,6	266,5	270,7	123,2	1 119,7	35%	396,6	723,1
Total apres provisions	2 347,6	3 005,7	2 427,8	2 248,5	1 799,1	760,0	12 588,6	57%	7 181,6	5 406,9

L'évaluation en termes monétaires des coûts et avantages supplémentaires du projet a été faite selon la méthode des valeurs de référence, c'est-à-dire que les prix utilisés au niveau de l'analyse financière, qui nous ont permis de chiffrer le coût du projet ont été modifiés et remplacés par des valeurs théoriques qui sont supposées mieux refléter la valeur des biens produite et des facteurs affectés au projet pendant toute sa durée de vie.

Le détail du calcul de la valeur de référence du paddy, des intrants utilisés, des prestations de services, travaux et équipements est présenté en Annexe N.

Le flux coûts-avantages du projet a été calculé de la façon suivante:

- (a) Au niveau des exploitations agricoles des budgets à l'hectare de culture ont été élaborés de façon à estimer la valeur de la production, la valeur des consommations intermédiaires avant rémunération du travail et le produit brut à l'hectare, dans la situation sans le projet et dans la situation avec le projet. Ces budgets ont permis de calculer la quantité de travail supplémentaire engendrée par le projet. Le flux coûts-avantages des exploitations quantifie les bénéfices supplémentaires du projet nets du travail agricole valorisé au taux de 350 FCFA la journée.
- (b) Au niveau du projet d'irrigation, les coûts qui ont été pris en compte concernent: les investissements en travaux, constructions et équipements, le renouvellement des équipements au terme de leur durée de vie et le fonctionnement du projet: frais de personnel, frais de gestion, frais d'entretien du réseau et des équipements. Le renouvellement du matériel agricole et des équipements de pompage qui n'est pas pris en compte dans le calcul économique des budgets à l'hectare a été pris en compte dans la chronique des coûts du projet.  
Sur la base de ces hypothèses, la rentabilité du projet a été estimée à partir de la chronique coûts-avantages développée sur une période de 36 ans.

#### 9.2.1 Indicateur de la rentabilité du Projet

Les flux des coûts et des avantages présentés en Annexe N ont permis d'effectuer différents calculs d'actualisation dont les principaux résultats de base sont présentés dans le Tableau 36.

Tableau 36 - Principaux indicateurs économiques

	Intensité culturelle		
	110 %	160 %	200 %
<u>Flux avantages moins coûts (A-C)</u>			
TIRE	1,1 %	7,5	11,8 %
VAN (i = 5 %) en 10 <sup>6</sup> FCFA	(1897,1)	1781,2	5148,2
<u>Flux avantages divisés par coûts (A/C)</u>			
VAN (i = 5 %) en 10 <sup>6</sup> FCFA	27,3	42,4	54,6
VAN (i = 10 %) en 10 <sup>6</sup> FCFA	12,9	20,4	26,5

i = taux d'intérêt.

Le taux interne de rentabilité économique (TIRE) est estimé à 6,1 %. L'incidence du taux d'intensité culturelle est forte sur le résultat de l'estimation du TIRE qui diminue à négative pour une intensité de 110 % et montre à 8,1 % pour une intensité de 200 %.

Les calculs de la Valeur Actuelle Nette (VAN), exprimée en millions de FCFA (10<sup>6</sup> FCFA), ont été effectués pour les flux avantages moins coûts (A - C) et Avantages divisés par coûts (A/C).

#### 9.2.2 Tests de sensibilité

Un certain nombre de tests ont été effectués pour estimer la sensibilité du projet à une variation des hypothèses de base. Les résultats des calculs sont présentés dans le Tableau 37.

Tableau 37 - Test de sensibilité du TIRE, intensité culturelle 160 %

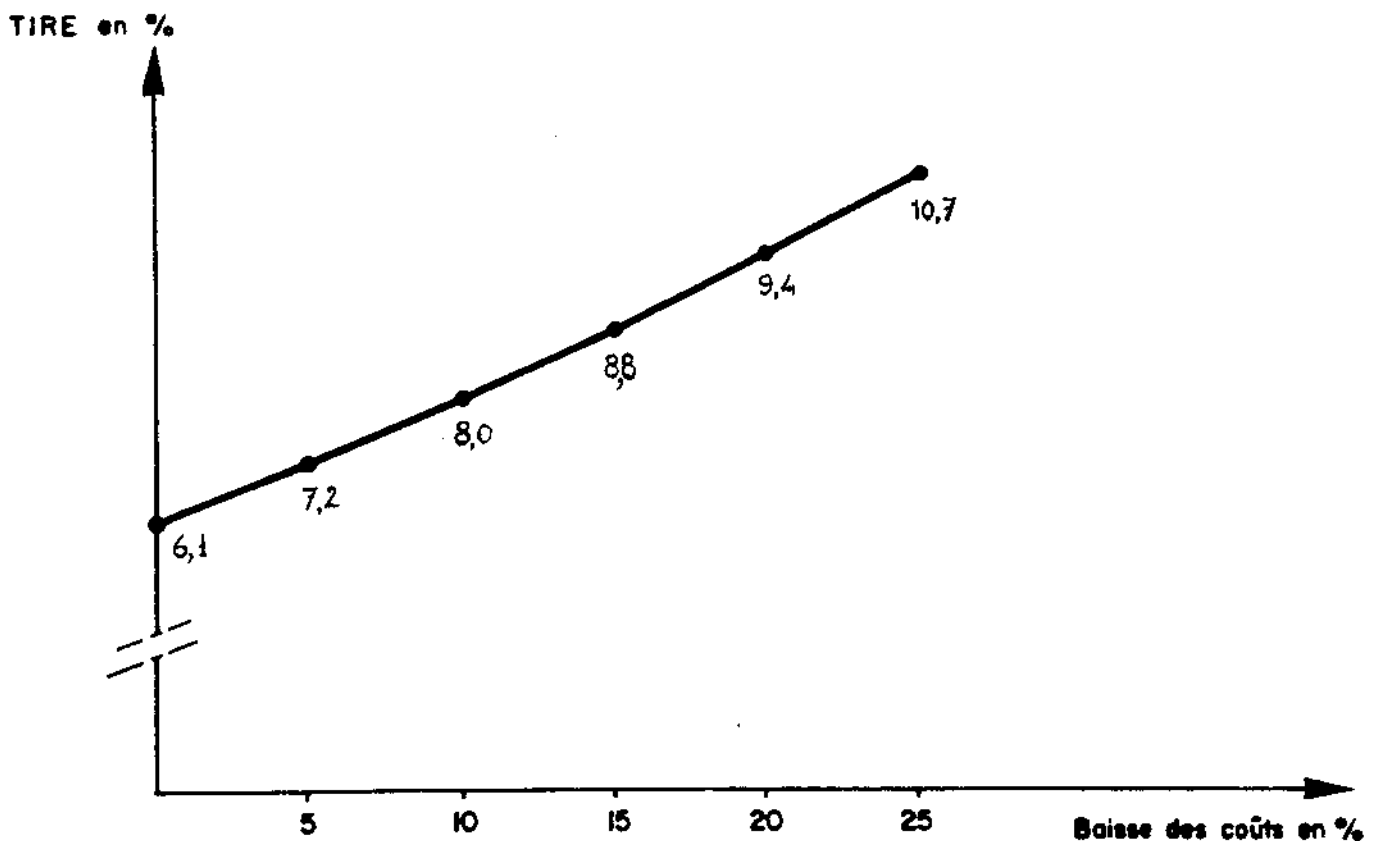
	TIRE %
Conditions de base	7,5
Avantages - 20 %	4,3
Avantages + 20 %	10,3
Coûts - 20 %	11,0
Coûts + 20 %	4,9
Avantages - 20 % et coûts + 20 %	1,5
Retard de 1 an des avantages	7,3

Si la paille n'était pas du tout valorisée par le projet, le TIRE passerait à 5,0 % au lieu de 7,5 % dans la solution de base, où seulement les 2/3 de la production de paille sont valorisés.

La Figure 26 représente les effets d'une baisse des coûts du projet sur le TIRE.

Figure 26

**EFFETS D'UNE BAISSSE DES COUTS DU PROJET SUR  
LE TAUX INTERNE DE RENTABILITE ECONOMIQUE**



### 9.3 Impact économique et social du projet

Le principal résultat attendu du projet est d'une part l'augmentation de la production de paddy qui doit passer de 3 969 tonnes actuellement à 23 250 tonnes à partir de l'année 6 et d'autre part une "sécurisation" de cette production dans un contexte de maîtrise de l'eau et de formation des hommes aux techniques modernes de production agricole.

La moitié environ de cette production sera autoconsommée et l'autre moitié sera commercialisée.

Le travail agricole supplémentaire peut être estimé à 410 682 jours soit environ 3 600 emplois supplémentaires par an correspondant à 2 700 UTH.

Des emplois agricoles seront créés dans les sociétés de prestation de services (labour et battage); de commerce (fourniture d'intrants) et à la SAED (28 emplois supplémentaires).

Les revenus distribués aux salariés, paysans et aux entreprises (prestations de service, commerce, transport, etc.) seront de l'ordre de 50 millions de FCFA pour les employés de la SAED; 988 millions pour les agriculteurs (50 % de la production) et environ 200 millions pour les entreprises (prestations de service, transport, commerce et rizeries).

Ce premier chiffrage de l'impact du projet s'inscrit dans un contexte d'économie de devises (baisse des importations de riz mais augmentation des importations d'intrants, de matériels et de carburant) et de désengagement de l'Etat qui laisse à l'initiative privée une responsabilité particulièrement importante dans la mise en place des relais indispensables pour la bonne marche du projet à l'avenir.

L'impact du projet au niveau macro-économique est difficile à quantifier.

En 1985, le Produit Intérieur Brut (P.I.B.) du Sénégal a été estimé (avec une part très importante de la production qui est autoconsommée, donc difficile à estimer en volume et en valeur) à environ 1.200 milliards de FCFA, soit un Produit Intérieur Brut par tête de l'ordre de 400 dollars de 1985.

Les recettes fiscales de l'exercice 1985-1986 ont été de l'ordre de 200 milliards de FCFA. Le budget de l'Etat pour l'exercice 1987-1988 a été voté pour un montant de 456 milliards de FCFA dont environ 40 % des dépenses doivent être financées sur fonds des aides extérieures et correspondent en fait à la quasi totalité de l'effort d'investissement.

Le projet de réhabilitation de Boundoum représente un peu moins de 1 % de l'investissement national (9,6 milliards en francs CFA constants étalés sur 6 ans, soit 1,6 milliard par an à comparer à un budget national d'investissement de l'ordre de 200 milliards de francs CFA).

## 10 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La présente étude a permis de tirer les conclusions suivantes:

- (a) Il convient que tous les aspects relatifs à la réhabilitation du périmètre de Boundoum soient envisagés dans le cadre de l'aménagement du delta du fleuve Sénégal, tant pour ce qui concerne les aspects d'infrastructure physique qu'en ce qui concerne les aspects socio-économiques relatifs à la gestion.
- (b) Il est de la plus haute importance qu'une solution soit trouvée pour l'évacuation des eaux de drainage vers la mer. Si tel n'était pas le cas des dégâts irréparables pourraient être occasionnés à l'environnement.
- (c) La réhabilitation du périmètre est tout-à-fait réalisable techniquement à condition que des normes de qualité très sévères soient observées lors des travaux de construction.
- (d) Le succès de la réhabilitation dépendra de l'évolution de certains facteurs liés au projet, telle par exemple la possibilité de trouver une solution satisfaisante sur les plans économique et technique, concernant l'alimentation en eau d'irrigation et l'évacuation des eaux de drainage.
- (e) Compte tenu d'une gestion agricole correcte, il est possible d'atteindre des production de paddy qui assurent des revenus raisonnables aux paysans.
- (f) La rentabilité du projet dépendra fortement de l'introduction d'une double culture: si l'on accélère son introduction le projet deviendra plus attrayant, si par contre elle est retardée, la rentabilité du projet deviendra extrêmement minime.
- (g) Une disharmonie éventuelle dans les variations du prix du riz et du prix des intrants serait plus néfaste qu'une diminution de la production, étant donné que l'activité du projet repose uniquement sur la riziculture.
- (h) Le succès du projet dépendra en grande mesure des systèmes de crédit agricole pour les prêts à court et à moyen terme.
- (i) Ce succès dépendra également de la mesure dans laquelle le secteur privé prendra en charge les services d'approvisionnement et de labour, de la qualité de ces services et des prix qui seront pratiqués.

En conséquence, il est recommandé que:

- (a) les données de base nécessaires pour la réhabilitation (levés topographiques détaillés, géométrie de l'infrastructure existante, etc.) soient recueillies dans les plus brefs délais;
- (b) le plan détaillé des aménagements des secteurs tertiaires soit établi le plus rapidement possible de manière à pouvoir disposer des données nécessaires pour finaliser les plans détaillés;
- (c) une étude soit réalisée dans les plus brefs délais concernant la planification de l'adduction et l'évacuation des eaux d'irrigation et de drainage dans la zone du projet;
- (d) la réalisation des travaux soit planifiée en tenant compte des préférences des populations et que chaque année, les surfaces aménagées soient effectivement équipées;
- (e) les futurs attributaires soient impliqués le plus possible lors de la planification et de la mise en oeuvre du projet;

- (f) la réalisation fasse l'objet d'une surveillance stricte de manière à garantir un maximum de qualité et que les zones de marnage des canaux soient munies d'une protection spéciale;
- (g) le développement agricole soit accompagné par des actions d'équipement social (adduction d'eau potable, électrification, etc.) qui en améliorant le cadre de vie des familles paysannes favorisera également leur fixation dans le périmètre;
- (h) un système d'entretien préventif soit lancé dès la réception des travaux;
- (i) les groupement de producteurs s'engagent à entretenir les secteurs et le réseau tertiaire;
- (j) la mécanisation des travaux de préparation des sols soit organisée le plus rapidement possible. Les entreprises privées pourront jouer un rôle important dans ce cadre et pourront apporter leur efficacité et leur économie d'échelle, à conditions qu'elles soient placées dans une situation concurrentielle;
- (k) une redevance régulière soit perçue pour l'utilisation de l'eau de manière à couvrir les coûts d'amortissement ainsi que les coûts d'exploitation et d'entretien du réseau d'irrigation et de drainage dans son ensemble;
- (l) une participation directe aux frais d'aménagement soit demandée aux paysans, à l'exception de ceux qui exploitent des superficies inférieures à 10 ha.

## BIBLIOGRAPHIE

- Audibert, M. et C. Filippi, 1984.  
Impact of Diama Dam on the saline ground water in the River Delta.  
Etude pour l'OMVS, Sénégal. Octobre.
- Banque mondiale, 1987.  
Irrigation IV Project. Staff Appraisal Report (Rapport d'évaluation).  
République du Sénégal. Mars.
- Boonstra, J. et N.A. de Ridder, 1981.  
Numerical modelling of groundwater basins. ILRI, Wageningen, 226 p.
- Bos, M.G., 1984.  
Flow measuring flumes for open channel systems. Wiley, New-York.
- Diallo, A.M., J. Dieme et M. Bocoum, 1985.  
Bilan global de l'effet des aménagements tertiaires sur l'évolution  
des sols salés du Delta et le mouvement de la nappe alluviale.  
SAED-DPA Cellule Pédologique. Août.
- FAO, 1975  
Crop water requirements. Irrigation and Drainage paper 24. Rome,  
Italie.
- GERSAR, 1981.  
Zone du delta, périmètre de Boundoum: diagnostic de réhabilitation.  
Etude de réhabilitation, de factibilité et d'avant-projets détaillés  
de périmètres d'irrigation sur la rive gauche du fleuve Sénégal.  
Opération BIRD 775/SE.
- GERSAR, 1984.  
Réhabilitation du périmètre de Boundoum: avant-projet sommaire  
factibilité. Mémoires techniques. Etudes de réhabilitation, de  
factibilité et d'avant-projets détaillés de périmètres d'irrigation  
sur la rive gauche du fleuve Sénégal. Opération BIRD 775/SE. Juin.
- GERSAR, 1986/1987.  
Périmètre de Boundoum, réhabilitation totale: avant-projet  
détaillé. Mémoire de présentation. Etudes de réhabilitation des  
périmètres d'irrigation sur la rive gauche du fleuve Sénégal.  
Opération BIRD 775/SE. Novembre.
- ILRI, 1975.  
Discharge measurement structures. Ed. M.G. Bos. Wageningen, Pays-Bas.
- Mutsaers, M. et J. van der Velden, 1973.  
Le dessalement des terres salées du Delta du fleuve Sénégal. Bilan  
de trois années d'expérimentations (1970-1973) et perspectives. FAO  
Projet RAF 65/061. Juin.



SAED, 1986.

Mécanisation et double culture. Périmètre de Debi-Boundoum. Mai, édition provisoire; juillet.

SAED, Ministère du Développement Rural, 1987.

Troisième Lettre de Mission de la SAED. Document provisoire, 16 octobre.

SCET, 1973.

Équipement hydro-agricole du fleuve Sénégal. Projet d'exécution.

