

CHAPITRE 3 ELABORATION DU PLAN D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE

3.1 Initiative de base du plan

3.1.1 Principes de base

(1) Irrigation

D'après l'Etude d'Exécution des Infrastructures Hydrauliques du Haut-Delta Mauritanien élaborée par la SONADER en 1991, le schéma d'utilisation de l'aire de l'étude définissait que les terres les plus élevées seront utilisées pour la culture du riz (cote supérieure à 1,25 m), celles comprises entre 1,25 m et 0,75 m pour le pâturage et les dépressions en dessous de 0,75 m restent immergées. Ce schéma d'utilisation des terres selon l'altitude est probablement raisonnable du point de vue technique, compte tenu du niveau d'eau des ouvrages vannés du fleuve Sénégal, de la localisation et l'étendue de la dépression de Gungala, et du niveau d'eau de Chott Boul qui est indépendant de l'influence des marées de l'Océan Atlantique. Dans ce plan, l'irrigation des rizières ne semble pas présenter des problèmes techniques quelconques. Par ailleurs, le développement des pâturages dans les terres basses se fera par décrue, en utilisant l'humidité du sol après un drainage rapide. Le Plan prévoyait le drainage par gravité, et les eaux excédentaires auront été évacuées à Chott Boul par le chenal de N'Diader.

Le présent Plan adopte le schéma d'utilisation du sol qui consiste à attribuer les terrains d'une cote de plus de 1,25 m à la riziculture, ceux entre 1,25 et 0,75 m à au pâturage, le reste étant immergé. L'irrigation des rizières sera assurée par le pompage des eaux à partir des chenaux principaux ou périphériques. Quant au développement des pâturages, tandis que le plan de la SONADER de 1991 adoptait la méthode traditionnelle par décrue, le présent Plan propose d'introduire le développement d'un pâturage semi intensif contrôlé par le fumage et l'irrigation. Etant donné que le niveau d'eau du fleuve Sénégal est maintenu à la cote de 1,5 m, l'irrigation des pâturages se fera par gravité.

(2) Drainage

Il y a trois alternatives suivantes concernant le mode de drainage de l'aire du Projet, parmi lesquelles la méthode de drainage par gravité qui évacue les eaux à Chott Boul en passant par le chenal de N'Diader proposée par la SONADER en 1991.

- 1) Drainage par évaporation depuis les plans d'eau existants dans la zone
- 2) Drainage par gravité jusqu'à Chott Boul
- 3) Drainage par pompage dans le fleuve Sénégal

Lors de l'examen du plan de drainage de l'aire du Projet, il faut tenir compte des impacts que le drainage exerce sur les environnements naturel et social à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone concernée. L'un est l'impact de la contamination des bassins immergés de l'intérieur de la zone sur l'environnement naturel et la vie des habitants, et l'autre est celui des eaux agricoles sur la prévention de l'environnement du parc national de Diawling comprenant le marais de Chott Boul.

Au fur et à mesure de la progression de l'agriculture irriguée, les sels illuviaux qui sont ou seront présents à la surface du sol seront lessivés par les eaux d'irrigation pour s'accumuler dans la dépression de Gungala. De plus, une partie d'engrais et

de pesticide appliqués aux rizières et aux pâturages s'y infiltre également. Actuellement, il est difficile d'évacuer les eaux hors de la zone du Plan pour des raisons hydrologiques, et il n'y a, par ailleurs, aucun ouvrage de drainage. Si l'agriculture irriguée démarre dans une telle situation, il est clair que la qualité d'eau restant dans la dépression de Gungala qui assemble les eaux de 95% des terrains du Projet se dégradera rapidement. On peut par la suite prévoir facilement que la détérioration de la qualité d'eau de la zone immergée provoquera un impact considérable non seulement sur l'environnement naturel, mais également sur les habitants de la zone qui se servent de l'eau de Gungala dans la vie quotidienne. Par conséquent, l'option portera sur les méthodes de drainage autres que celle par l'évaporation depuis les plans d'eau de l'intérieur de la zone.

L'Équipe d'étude a mené une "IEE", évaluation initiale de l'environnement, et des analyses sur le Parc National de Diawling et Chott Boul au cours des travaux de la phase I. Elle a aussi rassemblé des données et renseignements supplémentaires durant les travaux sur le terrain de la phase II. Les résultats de ces études et investigations ont révélé une possibilité d'impact négatif important sur l'environnement naturel dans ces zones, surtout pour la qualité d'eau, si l'excédent d'eau de ce projet est drainé dans le Chott Boul à travers le canal de N'Diader. Ce plan exige l'amélioration du canal de N'Diader qui a une faible capacité actuellement. Si cela est fait, un aménagement de grande envergure de la culture du paddy pourrait y avoir lieu sur une superficie de plus de 3.600 hectares le long du canal de N'Diader. Les conséquences seront néfastes pour les zones en question. Il est à noter surtout que la zone de N'Diader est contiguë au Parc de Diawling et à la zone de Chott Boul.

Par ailleurs, plusieurs perspectives de développement sont envisagées dans la zone côtière faisant face à l'Atlantique appelée "Aftout Es Sahel", située entre Nouakchott au Nord et le parc national de Diawling au Sud. Il s'agit du tourisme, d'exploitation pétrolière, d'aménagement pastoral, de protection halieutique notamment du mullet qui constitue un intrant important pour l'industrie de transformation halieutique d'exportation, d'aménagements agricoles dans le Delta du Fleuve Sénégal. Le côté militaire est aussi impliqué. Un consensus national est très nécessaire pour le choix d'une option pour un développement optimal en parfaite harmonie avec l'environnement de l'Aftout Es Sahel. Son étude scientifique devrait être l'un des moyens d'évaluation requis, en d'autres termes, cela nécessiterait une surveillance de longue durée pour obtenir des résultats fiables.

Compte tenu globalement des résultats et examen de l'Étude sur le site ainsi que les conditions sociales actuelles concernant l'environnement du parc national de Diawling et la dépression de Chott Boul susmentionnées, la méthode de drainage par gravité à Chott Boul n'est pas adéquate. Par conséquent, seule la méthode de drainage par pompage apparaît comme une option optimale. Cependant, le drainage par pompage qui exige aux bénéficiaires des charges techniques et financières supplémentaires, n'est pas tellement adéquat pour une exploitation durable du Projet. Par ailleurs, il se peut qu'un plan de préservation qui protège l'environnement du parc national de Diawling et la dépression de Chott Boul par l'impact des eaux provenant du développement agricole du Delta, ou qui l'amenuise au maximum sera établi dans le futur sur la base d'une évaluation et d'examen scientifiques de l'impact sur l'environnement fondés sur une longue observation de l'environnement. En conséquence il est proposé l'adoption de la méthode de drainage par motopompe à la formulation du système d'irrigation et de drainage du projet à condition que:

- a) les équipements du drainage par motopompe doivent être conçus de sorte qu'ils soient facilement manipulables par les bénéficiaires et entretenables à bas coûts.

- b) les installations hydrauliques doivent être programmées et conçues de sorte qu'elles soient incorporées facilement dans le système de drainage et d'irrigation par gravité dans le cas où cette méthode est utilisée dans le futur.

3.1.2 Contraintes

Selon les résultats de l'Etude sur la situation actuelle et l'environnement de l'aire de l'Etude, les contraintes à tenir compte lors de l'élaboration du plan d'irrigation et de drainage sont les suivantes :

- a) Les précipitations sont extrêmement faibles durant l'année, la moyenne étant d'environ 200 mm, et consistent en de violentes averses
- b) L'illuviation des sels se progresse dans le sol
- c) Les infrastructures d'irrigation et de drainage des champs développés en tant que rizières ne sont pas bien entretenues
- d) Les vannes de prise installées sur la digue rive droite du fleuve Sénégal sont sous le contrôle de l'OMVS, et la gestion hydraulique délicate de la zone concernée nécessite des opérations difficiles de ces vannes en raison de sa structure hydraulique particulière
- e) Actuellement le niveau d'eau prévu du fleuve Sénégal en amont du barrage de Diama est fixé à la cote 1,5 m, et le barrage est manipulé de manière que le niveau d'eau ne dépasse la cote 1,8 m. Cependant, depuis janvier 1996, le niveau d'eau a dépassé la cote 1,8 m pour atteindre 2,0 m depuis novembre 1996. L'OMVS est en train d'examiner un plan fixant le niveau d'eau du fleuve Sénégal à la cote 2,5 m dans le futur.
- f) Faute d'association d'usagers d'eau dans la zone concernée, les bénéficiaires ne sont pas expérimentés en gestion hydraulique
- g) Les pâturages n'ont jamais été irrigués en Mauritanie
- h) Les habitants exigent fortement l'alimentation en eau des pâturages des dépressions dans les dunes situées à l'extrémité nord de l'aire du Projet

3.1.3 Plan de base d'irrigation et de drainage

Suivant un examen global du point de vue technique et sociale du futur plan d'utilisation du sol et des contraintes susmentionnées, le plan de base d'irrigation et de drainage de l'aire du Projet a été défini comme suit :

(1) Introduction du drainage par pompage

Comme il sera mentionné dans les principes de base d'irrigation et de drainage, les eaux en surplus seront drainées de la zone du Projet par pompage. La capacité des pompes sera définie en tenant compte de l'épuration de la dépression de Gungala (contrôle de la concentration du sel des eaux stagnantes), en plus du volume des eaux excédentaires provenant des rizières et pâturages y compris les eaux pluviales.

(2) Maintenance du niveau d'eau à la dépression de Gungala

Compte tenu de la préservation de l'environnement naturel de l'intérieur de la zone du Projet, de la diminution de la capacité des pompes par le maintien des plans d'eau d'évaporation, ainsi que de l'alimentation en eau des dépressions dans les dunes situées à l'extrémité nord de la zone du Projet, le niveau d'eau de la dépression de Gungala sera maintenu au-dessus de la cote 0,75 m.

(3) Gestion de prise d'eau

Les eaux seront prises des vannes de prise existantes de l'OMVS placées sur la digue rive droite du fleuve Sénégal. Pour contrôler le débit, la vanne sera soit complètement ouverte ou complètement fermée. Pour contrôler la prise d'eau de la zone du Projet, un réservoir sera installé à l'aval de la vanne de l'OMVS accompagné des installations de prise de faible taille permettant une gestion hydraulique adéquate.

(4) Niveau d'eau d'irrigation

Tenant compte du plan futur qui consiste à augmenter le niveau d'eau du fleuve Sénégal à la cote 2,5 m, le niveau d'eau de projet des réservoirs à l'aval des vannes de l'OMVS est fixé à la cote 2,5 m. Par ailleurs, pour que de nombreux rizières soient irrigables par gravité quand le niveau d'eau du fleuve Sénégal sera élevé, la capacité des canaux et des installations annexes aux réservoirs sera définie de manière à pouvoir faire face à une cote de 2,0 m.

3.2 Aire du Projet et Superficie du Terrain irrigable

3.2.1 Aire du Projet

L'aire du projet est finalement définie suivant une ébauche de carte topographique à l'échelle de 1/10.000 et l'investigation sur le terrain portant sur les conditions d'irrigation, de drainage et de la topographie. L'aire du projet est bordée par une piste reliant Keur Macène et Rosso au Nord, englobant Tifaj et la dépression de Bounayatt dans les dunes, la digue du fleuve Sénégal au Sud, l'extrémité Ouest de la zone de Gouère à l'Est et le canal d'Aftout à l'Ouest. Les limites de l'aire du projet sont indiquées en figure C.3.2.1. La superficie totale de l'aire du Projet est de 13.720 ha.

3.2.2 Superficie du développement d'irrigation

La zone où le développement d'irrigation est possible a été définie sur la base de la classification des terrains établie selon les résultats de l'étude de sol. Cette classification porte sur les rizières et sur les pâturages. La zone où le développement d'irrigation est possible comprend jusqu'aux terrains de la classe 4 tant pour les rizières que pour les pâturages. La zone du développement d'irrigation a été définie sur la base des conditions topographiques, des conditions d'irrigation et de drainage, ainsi que du plan d'utilisation du terrain selon la cote mentionné dans "Principes de base du Projet". La superficie totale destinée au développement d'irrigation ainsi définie est de 4.730 ha, dont 3.940 ha pour la riziculture et 790 ha pour le pâturage. Par ailleurs, la zone du Projet a été divisée en 9 blocs comme le montre la Figure C.3.2.1, du point de vue topographique et organisation d'irrigation et de drainage. Les résultats sont présentés dans le Tableau C.3.2.1 dont le résumé est indiqué sur le tableau ci-après.

Unité : ha

N° du bloc	Nom du bloc	Rizière		Pâturage		Surface Totale à irriguer	
		Brute	Nette	Brute	Nette	Brute	Nette
I	Awlig	838	750	0	0	838	750
II	Ibrahima Est	854	770	0	0	854	770
III	Ibrahima Ouest	566	510	0	0	566	510
IV	Gungala	352	320	592	540	944	860
V	Dalagona	227	200	58	50	285	250
VI	Keur Macène Est	446	400	0	0	446	400
VII	Keur Macène Sud	415	380	0	0	415	380
VIII	Diallo Nord	323	290	0	0	323	290
IX	Diallo Sud	(*1) 355	320	(*2) 225	200	580	520
Total		4.376	3.940	875	790	5.251	4.730

Note (*1) : Le périmètre de Bellara (superficie nette de 250 ha) faisant partie du projet de développement existant en est exclu.

(*2) : Choisi comme zone de pâturage d'essai ayant une cote supérieure à 1,25 m

3.3 Chiffres Elémentaires sur le Plan d'Irrigation et de Drainage

3.3.1 Dose d'Irrigation

(1) Généralité

L'agriculture irriguée sera appliquée sur les cultures du riz, du sorgho et des fourrages, dont le système de culture figure sur le tableau ci-après.

Type de Culture	Saison des Pluies	Saison Sèche
A	Riz	Riz
B	Riz	Sorgho
C	Fourrages	Fourrages

Le calendrier de culture suit celui mentionné à la section 3.1 " Principe de base du développement agricole" de l'Annexe B.

La dose d'irrigation a été calculée en adoptant l'année de sécheresse de chaque 5 ans comme année de base du plan d'irrigation. Les cultures irriguées de l'aire de l'étude concernent le riz, le sorgho et le fourrage, dont la dose d'irrigation de chacun ont été calculée avec la formule suivante :

$$DIB = (E_{To} + T_p + D_s + L - PE) / E_i$$

DIB : Dose d'irrigation brute
 E_i : Efficience d'irrigation
 T_p : Taux de percolation
 D_s : Dose de saturation
 L : Lessivage du sel
 PE : Précipitations utiles

(2) Evapotranspiration potentielle

L'évapotranspiration potentielle de l'aire de l'étude a été calculée avec la méthode modifiée de Penman sur la base des données météorologiques de Rosso. Les

chiffres suivants montrent la valeur d'évaporation potentielle de chaque mois ainsi calculée.

(unité : mm/jour)												
mois	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc
ETo	6,9	7,6	8,9	8,9	9,1	8,1	6,7	6,3	6,3	7,1	7,1	7,1

(3) Coefficient de culture

a) Riz

Le coefficient de culture (Kc) du riz a été évalué comme suit en se référant au "Besoin en eau des cultures, Document d'irrigation et de drainage N° 24, FAO" (Crop water requirement, FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24).

Phase de Végétation	Trans-plantation	Tallage	Formation des épis	Epanouissement	Maturation
Stade de végétation (%)	0-8	8-33	33-71	71-83	83-100
Coefficient de culture (Kc)	1,0	1,1	1,25	1,35	1,15

Comme le coefficient de culture évalué à partir des résultats de l'essai d'évapotranspiration et de percolation des rizières à N'Diader utilisant le lysimètre montre une évolution similaire à celui susmentionné (voir aussi Figure C.2.3.6), nous adoptons les chiffres de FAO susmentionnés.

b) Sorgho

Le Document d'irrigation et de drainage N° 24 de FAO définit le coefficient de culture du sorgho comme le montre le tableau ci-dessous :

Phase de Végétation	Début de Végétation	Nutrition	Croissance	Genèse et Formation des Epis et Epanouissement	Maturité
Stage de végétation (%)	0-17	17-42	42-52	52-75	75-100
Coefficient de culture (Kc)	0,4	0,8	1,1	1,1	0,55

c) Fourrage

Le Document d'irrigation et de drainage N° 24 de FAO définit le coefficient de culture des fourrages comme l'indique le tableau ci-dessous :

Phase de Végétation	Saison des Pluies			Saison Sèche		
	Après fauchage	Croissance	Maturité	Après fauchage	Croissance	Maturité
Jours de végétation	40	40	40	40	40	40
Coefficient de culture (Kc)	0,55	0,95	1,05	0,5	1,0	1,1

(4) Précipitations utiles

Les données sur les précipitations journalières de 1964 à 1994, soit de 31 années, concernant Rosso ont été obtenues (voir Annexe C.2.1.1). Les précipitations annuelles maximum est de 338,7 mm en 1969, celles minimum de 36,6 mm en 1983, la moyenne étant de 213 mm. Nous adoptons une année de sécheresse qui arrive chaque cinq an comme année de base du plan d'irrigation. Comme il est mentionné à la section 2.1.1, les précipitations annuelles minimum d'une probabilité de 5 ans ont été estimées à 138 mm. Etant donné que les précipitations

de 1991 qui est de 143,9 mm sont les plus proches de ceux d'une probabilité de 5 ans parmi les chiffres de 31 années, les précipitations de 1991 sont adoptées pour l'évaluation des précipitations utiles. Négligeant les précipitations de moins de 5 mm et en supposant que la valeur utiles soit 85 % des précipitations de plus de 5 mm, les précipitations utiles de 1991 ont été estimées comme suit :

Juillet	Août	Septembre	Octobre	Total
0,7 mm	38,6 mm	21,4 mm	16,6 mm	77,3 mm

(5) Volume d'eau pour le lessivage et la saturation

D'après les résultats obtenus lors des essais des champs effectués aux 13 sections d'irrigation de la rive gauche du fleuve Sénégal (entre Rosso et Saint-Louis), le volume d'eau pour le lessivage et pour la saturation par une saison de culture de riz est de 150 mm et 175 mm respectivement (Water use in rice schemes in the Senegal river Delta and Valley, D. Raes, B. SY & J. Feyen, Irrigation and Drainage System Vol. 9, 1995). Ces secteurs situés à l'autre rive de l'aire de l'étude, présentent des conditions topographiques, hydrauliques et pédologiques quasi similaires à celles de l'aire de l'étude. Par conséquent, nous adoptons les chiffres susmentionnés aux volumes d'eau pour le lessivage et pour la saturation. Le riz nécessite les deux volumes d'eau, celui du lessivage et celui de la saturation, tandis que les sorgho et les fourrages seulement celui du lessivage. Etant donné que l'eau de percolation durant la période de végétation des plantes fait partie de l'eau pour le lessivage, un volume d'eau de 80 mm sera fourni dans les champs avant la semence pour le lessivage.

(6) Percolation

L'essai de percolation des rizières situées dans l'aire de l'étude montre que la percolation par jour mesurée varie de 0,5 à 1,0 mm. Par ailleurs, les essais sur les champs de l'autre rive du fleuve Sénégal déjà mentionnés rapportent une percolation de 1,5 mm/jour. D'après ces résultats, nous adoptons 1,0 mm/jour comme volume de percolation.

(7) Efficience d'irrigation

D'après les données susmentionnées concernant l'autre rive du fleuve Sénégal, l'efficience totale d'irrigation en saison des pluies est de 48 % pour le Delta, et 52 % pour l'aval de la Vallée (Lower Valley). L'irrigation de ces zones adopte principalement le système de transport des eaux aux champs depuis des stations de pompage principales. Comme chaque rizière (10 ha à 50 ha) de l'aire de l'étude prennent l'eau directement et séparément par des pompes depuis des canaux principaux, on peut penser que la perte d'eau dans les canaux sont réduite. Nous nous sommes référé aux données d'essai issues de l'étude de démonstration agricole effectuée par la JICA (1986 - 1990) dans le périmètre de Thiago-Guiers situé dans le territoire sénégalais du Delta du fleuve Sénégal pour définir l'efficience effective dans les champs. Par ailleurs, le plan prévoit l'introduction de la méthode d'irrigation par gravité concernant la culture fourragère par l'irrigation. Etant donné que la longueur des canaux devient plus important que celle des rizières, la perte d'eau dans les canaux augmentera. Compte tenu de ces conditions, nous avons estimé l'efficience d'irrigation des pâturages et des rizières comprenant la culture du sorgho comme suit :

	Efficience Totale d'Irrigation	Efficience de Transport dans les Canaux	Efficience d'Application aux Champs
Rizière	60 %	85 %	70 %
Pâturage	56 %	80 %	70 %

(8) Dose d'irrigation du riz et du sorgho

Les doses d'irrigation du riz en saison des pluies et en saison sèche ont été calculées en se fondant sur les conditions susmentionnées. Les détails de cette estimation figurant sur le Tableau C.3.3.1, le tableau suivant en montre le résumé.

Mois	Culture en Saison Sèche							Culture en Saison des Pluies						Total
	fév	mar	avr	mai	juin	juil	total	juil	aoû	sep	oct	nov	déc	
mm / mois	264	551	530	594	425	138	2502	226	355	356	448	385	180	1949
L/s / ha	1,09	2,06	2,04	2,22	1,64	0,52		0,84	1,32	1,37	1,67	1,49	0,67	

La dose brute maximum est celle de la riziculture en saison sèche du mi-mai qui est de 19,4 mm / jour ou 2,25 L/s/ha. La dose d'irrigation pour les rizières est suffisante pour assurer l'irrigation des champs de sorgho.

(9) Dose d'irrigation des herbages

Les doses d'irrigation des fourrages ont été calculées en se fondant sur les conditions susmentionnées. Les détails de cette estimation figurant sur le Tableau C.3.3.1, le tableau suivant en montre le résumé.

mois	Culture en Saison Sèche				Culture en Saison des Pluies			
	jan	fév	mars	Total	avril	mai	juin	Total
mm / jour	196	184	228	608	288	303	205	796
L/s / ha	0,73	0,76	0,85		1,11	1,13	0,79	

mois	Culture en Saison des Pluies			Culture en Saison Sèche				
	juil	août	sep	Total	oct	nov	déc	Total
mm / jour	135	101	130	366	133	153	201	487
L/s / ha	0,50	0,38	0,50		0,50	0,59	0,75	

La dose brute maximum est celle du mi-mai qui est de 10,1 mm/jour ou 1,17 L/s/ha.

3.3.2 Sources d'Eau

Le plan prévoit, dans l'aire de l'étude, une superficie irriguée de 3.940 ha pour les rizières et 790 ha pour les pâturages. Si on adopte les doses d'irrigation pour le riz et les herbages calculées dans l'article 3.3.1 mentionné plus haut, la dose maximum d'irrigation nécessaire au plan d'irrigation de l'aire de l'étude est estimée à 10 m³/s. Or, comme il a été dit dans l'article 2.1.2 "Hydrologie", le débit assuré du fleuve Sénégal à Bakel par la mise en oeuvre du Barrage de Manantali est fixé à 250 m³/s durant toute l'année après le commencement de la production de l'électricité. Ce débit est estimé suffisant pour assurer l'irrigation des zones riveraines du fleuve Sénégal à condition que la surface irriguée dans le bassin du fleuve Sénégal ne dépasse les 100 milles ha. Bien qu'il soit nécessaire de revoir le bilan hydrologique du bassin du fleuve Sénégal dans un proche futur, comme il a été proposé dans l'article 2.1.2, pour ce qui est du présent projet, le débit du fleuve Sénégal satisfait la valeur nécessaire, donc la source en eau est suffisamment assurée.

3.3.3 Volume de Drainage

Le plan de drainage des champs sera établi de manière à évacuer rapidement des rizières et pâturages, le surplus des précipitations en saison des pluies afin d'éviter les troubles dans la croissance du riz et des herbages. Les caractéristiques pluviométriques de l'aire de l'étude se traduisent par une durée limitée de la période de pluies de juillet à septembre, soit une période de 3 mois, et par des pluies concentrées et violentes dans un temps limité (3 à 5 heures). Etant donné que le mois de juillet et le mois d'août correspondent à la période du semis pour la riziculture en saison des pluies, il faut éviter l'immersion des rizières lors de la germination en cas de culture à semis direct. Pour les pâturages également, le surplus des précipitations doit être drainé rapidement.

Supposant les conditions susmentionnées, les conditions de base pour l'élaboration du plan de drainage a été fixées comme suit :

- Les précipitations d'une probabilité de 10 ans font l'objet du drainage.
- Compte tenu du drainage lors de la germination du riz au semis direct, les précipitations d'un jour seront entièrement drainées en 2 jours. Quant aux précipitations de 3 jours successifs, elles sont drainées en trois jours.
- Le volume unitaire de drainage sera la valeur supérieure entre celui des précipitations d'un jour et celui des précipitations de 3 jours successifs.
- La perte par percolation n'est pas prise en compte.
- Une évaporation de 4 mm/jour est prise en considération.

Les précipitations d'une probabilité de 10 ans calculées dans l'article 2.1.1 susmentionné sont comme suit :

Précipitations de 3 jours successifs	:	95 mm
Précipitations journalières	:	71 mm

Le volume unitaire de drainage sera calculé par la formule suivante :

$$Q = (R-4T) / 8,64 T$$

Q	:	Volume unitaire de drainage (L/s/ha)
R	:	Précipitations (mm)
T	:	Durée de drainage (jour)

Les lignes suivantes montrent les résultats du calcul du volume unitaire de drainage.

Précipitations de 3 jours successifs	:	3,2 L/s/ha
Précipitations journalières	:	3,6 L/s/ha

D'après les résultats susmentionnés, le volume unitaire de drainage est fixé à 3,6 L/s/ha.

3.3.4 Bilan salin

- (1) Les résultats de l'étude du sol ont montré que le sol de l'aire de l'Etude contient une quantité considérable de sel. Ces substances salines sont solubles, et seront transportées jusqu'à la dépression de Gungala en passant par les chenaux de drainage avec les eaux d'irrigation des champs percolées ou écoulées sur la surface, et avec celles du lessivage. Sans un drainage adéquat de la dépression de

Gungala, l'augmentation progressive de la concentration saline des eaux retenues dans la dépression causera un impact grave non seulement à la production agricole, mais également à la vie des habitants locaux et à l'environnement naturel. Par conséquent, nous avons présumé la quantité des matières salines évacuée des champs après la mise en oeuvre de l'agriculture irriguée pour établir un plan de drainage adéquat de la dépression de Gungala. La quantité des matières salines évacuées des champs sous forme soluble avec les eaux de drainage a été évaluée par la simulation du bilan salin des couches du sol, portant sur les trois sortes typiques des sols salins de l'aire de l'Etude. La quantité d'évacuation des matières salines par superficie unitaire (kg/ha) de chaque mois a été ainsi calculée.

(2) Formule de base

Les formules et les termes de base pour la simulation du bilan salin sont comme suit :

(a) Bilan hydraulique de la couche racinaire

$$\underline{I_r + P_r = ET + P + DV}$$

- I_r : Eau d'irrigation excepté la perte de surface (dm) (1dm = 10 cm)
- P_r : Précipitations excepté la perte de surface et l'endroit à l'abri (dm)
- ET : Evapotranspiration (dm)
- P : Percolation à la couche inférieure de la couche de racine, ou eau capillaire déplaçant de la couche racinaire inférieure à la couche racinaire (P négative) (dm)
- DV : Fluctuations du volume d'eau retenue dans la couche racinaire (dm)

(b) Bilan hydraulique de la couche racinaire inférieure

$$\underline{P + Sp = Dn + Da + DE = Dt + DW}$$

- Sp : Eau provenant de la nappe phréatique
- Dn : Volume de drainage naturel
- Da : Volume de drainage artificiel
- Dt : Volume total de drainage
- DW : Fluctuations du volume d'eau retenue dans la couche racinaire inférieure

(c) Bilan salin de la couche racinaire

$$\underline{I_r \times C_{ir} = (P + LS) \times C_p + DZ}$$

- C_{ir} : Salinité dans les eaux d'irrigation (g/L)
- C_p : Salinité dans les eaux de percolation et de lessivage (g/L)
- DZ : Variation des matières salines solubles de la couche racinaire (g/dm²)
- SL : Volume d'eau de lessivage superficiel (dm)
- $C_p = k \times C_{sm} + (1-k) \times C_{ir}$
- k : L'efficacité de lessivage dépend de la nature du sol. La valeur k est de 0,7 pour le limon et le limon sableux qui sont les sols typiques de l'aire de l'Etude.

(d) Bilan salin des eaux de drainage

$$D \times \text{Cir1} + \text{EL} \times \text{Cir2} = (D + \text{EL} + \text{PS}) \times \text{Cd} + \text{DZ}$$

- D : Eau d'irrigation à drainer (dm)
EL : Eau de lessivage (dm)
PS : Précipitations écoulant la surface (dm)
Cir1 : Salinité dans les eaux d'irrigation (g/L)
Cir2 : Salinité dans les eaux de percolation (g/L)
Cd : Salinité dans les eaux de drainage (g/L)
DZ : Quantité de matières salines dissoutes (g)

(3) Conditions du calcul

(a) Sols concernés

La simulation du bilan salin portera sur les trois sortes de sol typiques dans l'aire de l'Etude indiquées ci-après :

Type du sol	Type 1	Type 2	Type 3
Composition du sol	Vertisol, gleysol et fluvisol Faible Salinité	Vertisol, gleysol et fluvisol Salinité extrêmement faible	Vertisol, gleysol et fluvisol Salinité moyenne
Couche racinaire			
Epaisseur (cm)	30	30	30
Concentration saline (mmho/cm)	2,7	1,6	9,7
Couche de drainage			
Epaisseur (cm)	70	70	70
Concentration saline (mmho/cm)	2,7	2,0	9,5
Proportion sur la surface cultivable			
Rizière (%)	44	35	21
Pâturage (%)	0	85	15

(b) Conditions hydrologique et d'irrigation

- Salinité des eaux d'irrigation : 0,4 g/L
- Précipitations : Précipitations de 1991 étant l'année de base d'irrigation

(4) Résultats du calcul

Les résultats du calcul montrent que la salinité du sol et la quantité de matières salines évacuées diminuent progressivement par l'irrigation et le lessivage à part un cas. Le Tableau C.3.3.2 en présente les résultats. La concentration saline du sol ainsi que la quantité de sel évacué se stabilise après une période d'environ 5 ans. La concentration saline et la quantité annuelle de sel évacué de chaque type de sol concerné pour la première et la cinquième années figurent sur le tableau ci-dessous.

Evolution de la salinité du sol de la couche racinaire

Unité : mmho/cm

Champs	Année	Sol type 1	Sol type 2	Sol type 3
Rizière	Début	2,70	1,60	9,70
	5 ^{ème} année	1,22	1,04	2,89
Pâturage	Début	2,70	1,60	9,70
	5 ^{ème} année	2,55	2,11	6,16

Quantité annuelle de sel évacué des champs

Unité : kg/ha/an

Champs	Année	Sol type 1	Sol type 2	Sol type 3
Rizière	1ère année	2851	2025	8757
	5ème année	1723	1505	3817
Pâturage	1ère année	383	284	1037
	5ème année	371	323	756

3.4 Plan d'irrigation et de drainage

3.4.1 Développement progressif

Comme il a été examiné dans l'article 3.2.2, la superficie des terrains irrigables dans l'aire du Projet était au total 4.730 ha dont 3.940 ha sont des rizières, et 790 ha sont des pâturages. Sur la base de cette superficie ainsi confirmée, et du point de vue stratégique en matière de développement d'agriculture irriguée de l'aire du Projet, nous examinons le plan d'irrigation et de drainage avec un système de drainage par pompage.

Il existe des contraintes suivantes en matière d'irrigation et de drainage concernant le développement agricole de la zone du Projet. Pour développer un pâturage à un terrain d'une cote d'entre 0,75 et 1,0 m, il faut maintenir le niveau d'eau de la dépression de Gungala à la cote 0,75 m, ce qui exige des pompes de drainage de taille importante. Par ailleurs, parmi les 9 blocs d'irrigation composant la zone du Projet, ceux de Gungala (bloc IV) et de Dalagona (bloc V) disposent de deux sortes de terrains, l'un étant destiné à la riziculture et l'autre au pâturage. Si par exemple une partie du bloc contient des pâturages même de faible taille, il est nécessaire de maintenir le niveau d'eau de la dépression de Gungala à la cote de 0,75 m dans l'ensemble, même si le développement de l'agriculture irriguée est mené progressivement dans les blocs. Il faut donc disposer des pompes de drainage de taille importante dès le départ pour abaisser le niveau d'eau de l'ensemble de la dépression, même si le développement de l'agriculture irriguée est entamé progressivement par bloc (méthode de développement horizontal).

On peut citer comme contraintes au niveau du développement agricole de l'aire du Projet, des infrastructures d'irrigation et de drainage insuffisantes, la salinité, le manque d'amélioration technique et du service d'appui, ainsi qu'une commercialisation insuffisante des intrants et des produits agricoles. Par ailleurs, concernant le développement des pâturages, malgré une forte exigence, il faut tout d'abord procéder au renforcement des organisations paysannes qui exploitent le projet de développement, plus particulièrement à la fondation et au renforcement des coopératives de gestion pastorale, étant donné qu'un développement du pâturage semi intensif que prévoit le Projet n'a jamais été réalisé à Mauritanie. Il faut dire que le développement rizicole ou pastoral de toute la surface dès le commencement du Projet n'est pas adéquat du point de vue stratégique.

Il est préférable d'adopter la stratégie du développement horizontal qui consiste à aménager progressivement les rizières et les pâturages par bloc. Cependant, comme il a été déjà mentionné, cette option exige un investissement initial et des frais d'exploitation exorbitants pour les pompes de drainage. Par conséquent, nous optons pour un développement vertical où le plan d'irrigation et de drainage sera effectué suivant l'altitude des terrains. Plus concrètement, le développement des rizières sur les terrains d'une cote supérieure à 1,25 m sera entamé en premier, en contrôlant le niveau d'eau de la dépression de Gungala à la cote 1,0 m. Durant cette période, on procédera à la formation-vulgarisation des techniques

et d'exploitation des pâturages semi intensifs dans des pâturages d'essai créés sur des terres d'une cote supérieure à 1,25 m. Le niveau d'eau de la dépression de Gungala sera baissé à la cote 0,75 m au moment où le développement des rizières aura été achevé et que l'accumulation des techniques améliorées sur l'aménagement pastoral aura atteint un niveau satisfaisant, ce qui permet d'entamer le développement des pâturages dans les terrains situés à une cote d'entre 0,75 m et 1,0 m. Le projet du plan de développement d'irrigation et de drainage en deux étapes susmentionné a été fixé comme suit :

Etape I (Plan A) : Les rizières de 3.940 ha au total seront développées en contrôlant le niveau d'eau de la dépression de Gungala à la cote 1,0 m. Un pâturage expérimental de 200 ha sera créé sur le terrain d'une cote de 1,25 m dans la zone de Keur Macène, pour la vulgarisation des techniques et la formation en matière de l'exploitation du pâturage.

Etape II (Plan B) : Le développement d'une surface total de 4.730 ha, dont 3.940 ha pour la riziculture et 790 ha pour le pâturage, sera effectué en maintenant le niveau d'eau de la dépression de Gungala à la cote 0,75 m.

Les 2 projets du plan susmentionnés peuvent être résumés comme suit :

Plan proposé	Surface à irriguer (ha)			Niveau d'eau de la dépression de Gungala (Cote, m)
	Rizière	Pâturage	Total	
Etape I (Plan A)	3.940	200	4.140	1,00
Etape II (Plan B)	3.940	790	4.730	0,75

3.4.2 Analyse du bilan hydrologique de la dépression de Gungala

(1) Sommaire

L'analyse du bilan hydrologique de la dépression de Gungala vise à éclaircir la relation mutuelle entre la superficie d'irrigation et les pompes de drainage pour définir la taille des installations de pompage. Les calculs pour l'analyse du bilan hydrologique ont été basés sur les conditions suivantes :

- 1) Les calculs seront effectués sur l'étape I (plan A) et l'étape II (plan B) en se fondant sur les chiffres du Projet définis dans l'article 3.4.1 susmentionnés.
- 2) Les calculs du bilan hydrologique porteront sur les 20 années (de 1975 à 1994) où les précipitations annuelles tendaient à diminuer. Le bilan est calculé pour chaque dix jours.
- 3) Pour la préservation de la qualité d'eau de la dépression de Gungala, la salinité des eaux retenues sera contrôlée à 750 ppm en les échangeant avec les eaux du fleuve Sénégal par des pompes de drainage. Une hausse de salinité temporaire ne durant pas plus d'un mois et ne dépassant les 1.000 ppm peut être admise.

(2) Les termes élémentaires du calcul

La formule de base du calcul de bilan hydrologique est comme suit :

- 1) Entrée : ($E = Dr + Dp + P + Cn$)
 - Dr : Eaux excédentaires provenant des rizières
 - Dp : Eaux excédentaires provenant des pâturages
 - P : Eau de pluie drainée
 - Cn : Eau de crue entrant du nord de l'aire du Projet
- 2) Sortie : (S)
 - Ev : Evaporation
 - Pd : Eau drainée par pompage

3) Processus du calcul de bilan hydrologique

Formule de base : $STg = STgo + E - (Ev + Pd) + Er$

Soit $ST = STgo + E - Ev$.

Quand $ST \leq STg$ à une cote d'entre 0,75 m et 1,0 m, alors $Dd = 0$

Quand $ST > STg$ à une cote d'entre 0,75 m et 1,0 m,
alors $Dd = ST - STg$ à une cote d'entre 0,75 m et 1,0 m

Quand $Dd \leq 0$, alors $Pd = 0$

Quand $Dd > 0$ et $Dd < \text{Capacité de pompe de drainage}$, alors $Pd = Dd$

Quand $Dd > 0$ et $Dd > \text{Capacité de pompe de drainage}$,
alors $Pd = \text{Capacité de pompe de drainage}$, et $Er = Dd - Pd$

$ELg = \text{Fonction}(STg)$

- STg : Retenue de la dépression de Gungala au dernier jour de la période de calcul (10 jours)
- STg : Retenue de la dépression de Gungala au premier jour de la période de calcul (10 jours)
- Dd : Demande en drainage
- Er : Volume d'eau restante sans pouvoir être évacuée par les pompes de drainage
- ELg : Niveau d'eau de la dépression de Gungala

(3) Condition de l'analyse du bilan hydrologique

Le bilan hydrologique a été calculé suivant les conditions suivantes :

- La superficie de l'intérieur et de la partie adjacente au nord de l'aire du Projet faisant l'objet de l'analyse du bilan hydrologique de la dépression de Gungala a été fixée comme suit :

Superficie de l'aire du Projet : 8.977 ha
(Excepté les 4.000 ha de la partie nord du Projet et les 743 ha du bassin de réception des eaux drainées de la zone de Gouère : 13.720 ha - (4.000 ha + 743 ha) = 8.977 ha)

Superficie nette des rizières concernées : 3.440 ha
(Excepté les 750 ha de la zone d'Awlig faisant partie du bassin de réception des eaux drainées de la zone de Gouère. Y compris les 250 ha de la zone de Bellara)

Superficie nette des pâturages concernés : 790 ha
Surface réceptrice de la périphérie nord : 20.850 ha

- Le système de culture des zones à irriguer consiste en une double culture de riz et la production fourragère durant toute l'année.
- La dose d'irrigation a été définie sur la base des précipitations annuelles effectives des 20 années.
- Le volume d'eau entrant dans la dépression de Gungala se compose de 80% de l'eau de lessivage, de la perte dans les canaux et dans les champs, ainsi que de 70% des précipitations sur les terres arables ou non-arables.
- Compte tenu de la rétention dans les dépressions dunales, le volume d'eau de crue provenant de la périphérie nord pour pénétrer dans la dépression de Gungala a été estimé à 50% des précipitations excepté celles perdues par l'évaporation et par la percolation dans les dunes.
- L'évaporation des plans d'eau est fixé à celle estimée dans la section 2.1.

3.4.3 Détermination de la capacité des pompes de drainage

Le bilan hydrologique de la dépression de Gungala a été calculé sur les 3 options suivantes :

Option 1 (Plan absolu)

- Option 1A : Portant sur le développement de l'étape I (plan A), le niveau de la dépression de Gungala sera contrôlé absolument en dessous de la cote 1,0 m.
- Option 1B : Portant sur le développement de l'étape II (plan B), le niveau de la dépression de Gungala sera contrôlé absolument en dessous de la cote 0,75 m.

Option 2 (Plan de 10 ans de probabilité)

- Option 2A : Portant sur le développement de l'étape I (plan A), le niveau de la dépression de Gungala ne dépassera pas la cote 1,25 m durant pas plus de 10 jours dans les 9 ans de la période de 10 ans.
- Option 2B : Portant sur le développement de l'étape II (plan B), le niveau de la dépression de Gungala ne dépassera pas la cote 1,0 m durant pas plus de 10 jours dans les 9 ans de la période de 10 ans.

Option 3 (Plan de 5 ans de probabilité)

- Option 3A : Portant sur le développement de l'étape I (plan A), le niveau de la dépression de Gungala ne dépassera pas la cote 1,25 m durant pas plus de 10 jours dans les 8 ans de la période de 10 ans.
- Option 3B : Portant sur le développement de l'étape II (plan B), le niveau de la dépression de Gungala ne dépassera pas la cote 1,0 m durant pas plus de 10 jours dans les 8 ans de la période de 10 ans.

Le bilan hydrologique de chaque Option susmentionné figure sur le Tableau C.3.4.1, l'aperçu en est mentionné ci-après.

- Pour contrôler absolument le niveau d'eau de la dépression de Gungala en dessous de la valeur fixée (Option 1), il faut des pompes de taille importante d'une capacité supérieure à 11 m³/s.
- Si le niveau d'eau de la dépression de Gungala est fixé à la cote 1,0 m, la taille des pompes peut être réduite à une capacité de 1,5 m³/s en raison de l'augmentation des eaux retenues dans la dépression et de l'évaporation des plans d'eau.
- Si le niveau d'eau sera fixé à la cote 1,0 m dans l'Option 3 (plan de 5 ans de probabilité), le niveau d'eau de la dépression peut être contrôlé sans installation de pompage, le drainage étant assuré uniquement par l'évaporation (voir Case Alternative 3-A1 du Tableau C.3.4.1). Cependant, la salinité des eaux de retenue augmentera d'année en année pour atteindre

celle de l'eau de mer au bout d'une dizaine d'année et dépassera les 30.000 ppm dans vingt ans, d'où la nécessité d'une pompe (capacité de 1,5 m³/s) pour contrôler la salinité (voir Case Alternative 3-A2 du Tableau C.3.4.1).

Le tableau ci-dessous résume les résultats de l'analyse du bilan hydrologique susmentionné :

Désignation	Option 1		Option 2		Option 3	
	1A	1B	2A	2B	1C	1B
Surface à irriguer (ha)	4.140	4.730	4.140	4.730	4.140	4.730
Rizière (ha)	3.940	3.940	3.940	3.940	3.940	3.940
Pâturage (ha)	200	790	200	790	200	790
Niveau d'eau de la dépression de Gungala (Cote, m)	1,0	0,75	1,0	0,75	1,0	0,75
Capacité de pompe requise (m ³ /s)	11,0	12,0	1,5	3,9	1,5	3,1
Volume d'eau drainée par an en moyenne (1000 m)	11	37	13	28	13	30
Salinité maximum (Remarque)	750	750	985 (750 après 5 ans)	750	985 (750 après 5 ans)	840 (750 après 2 ans)

Nous adoptons l'Option 2 basant sur les considérations suivantes issues de l'analyse du bilan hydrologique susmentionnée. La capacité des pompes de drainage sera de 1,5 m³/s pour la première étape et 4,0 m³/s pour la deuxième.

- L'Option 2 est la plus pertinente pour bénéficier suffisamment de l'effet de rétention de la dépression de Gungala et réduire au minimum les dégâts à l'agriculture causés par l'immersion.
- La taille de l'installation de pompage de l'Option 1 dépasse les capacités de gestion des bénéficiaires.
- La capacité des pompes requise pour l'Option 2 se diffère peu de l'Option 3, mais celle-ci engendre des risques plus importants d'immersion qui cause des dégâts à l'agriculture.

La Figure C.3.4.2 montre les fluctuations du niveau d'eau de la dépression de Gungala de l'Option 2.

3.4.4 Plan de gestion hydraulique et réseaux d'irrigation et de drainage

Pour protéger les champs de l'inondation et de l'illuviation du sel, il est nécessaire de contrôler strictement le débit et le niveau d'eau de la zone du Projet. Par ailleurs, tout ouvrage d'irrigation et de drainage à l'aval des vannes de prise installées sur la digue rive droite du fleuve Sénégal sera transféré à l'Association des usager d'eau de Dioup (AUD) pour que les bénéficiaires le gèrent d'une manière autonome. De ce point de vue, il faut que le nombre des installations de gestion hydraulique soit modéré et que leur manoeuvre soit facile n'exigeant que peu de charge financière. Il est également important, en matière de la gestion hydraulique de la zone du Projet, d'éviter l'immersion de la zone ouest de Keur Macène par le contre-courant provenant du chenal d'Aftout.

Comme il a été abordé au chapitre 3 "Initiative de base du Projet", le niveau d'eau pour la gestion hydraulique d'irrigation et de drainage de la zone du Projet est défini comme suit, compte tenu de l'actuelle augmentation progressive du niveau d'eau du fleuve Sénégal, du futur niveau d'eau de maintien du fleuve Sénégal ainsi que du niveau d'eau de maintien de la dépression de Gungala :

Niveau d'eau maximum de prise par le fleuve Sénégal	Cote 2,5 m
Niveau d'eau maximum des chenaux d'irrigation	Cote 2,0 m
Niveau d'eau de maintien de la dépression de Gungala	Cote 1,0 m (Etape I)
	Cote 0,75 m (Etape II)

De plus, le système d'irrigation de la zone du Projet sera séparé du contrôle des 4 vannes qui sont celles d'Ibrahima, de Dalagona, de Dioup et d'Aftout, gérées par l'OMVS. Ces vannes seront complètement fermées ou ouvertes, le niveau d'eau et le débit étant contrôlés par les vannes régulatrices du niveau d'eau et par les prises. Le niveau d'eau de la zone sera contrôlé par les 2 vannes régulatrices qui sont celle d'Ibrahima placé au bout du chenal d'Ibrahima et celle de Keur Macène installée à l'extrémité du chenal de Diallo. Par ailleurs, une vanne régulatrice et une digue seront construites à l'extrémité aval du chenal naturel d'Awlig situé à la limite Est de la zone du Projet adjacente à la zone du Gouère. Ceci devra assurer un débit et un plan d'eau suffisants permettant l'irrigation du Bloc d'Awlig. Une digue sera construite le long du chenal d'Aftout pour éviter l'immersion de la zone par les eaux de contre-courant provenant du chenal d'Aftout.

La zone du Projet sera divisée en 9 blocs d'irrigation, en tenant compte des systèmes d'irrigation et de drainage. Chaque bloc d'irrigation sera irrigué à partir des chenaux principaux et ceux secondaires. Les eaux drainées seront assemblées dans la dépression de Gungala, sauf celles de la zone d'Awlig, et évacuées ensuite au fleuve Sénégal par la station de pompage placée à l'aval de la vanne de Dioup en passant par le chenal de Dioup. Les eaux drainées de la zone d'Awlig seront évacuées dans Tinweirat Drain qui est un chenal de drainage principal existant de la zone de Gouère.

Le tableau ci-après résume le système d'irrigation et de drainage des 9 blocs d'irrigation (Voir Figure C.3.4.1).

Bloc d'irrigation	Prise	Canaux d'irrigation	Canaux de drainage	Surface réceptrice
I. Awlig	Vanne d'Ibrahima	Ibrahima Ibrahima S1	Canal de Tinweirat	Dépressions de la zone de Gouère
II. Ibrahima Est	Vanne d'Ibrahima	Ibrahima Ibrahima S1	Dépression de Gungala	Dépression de Gungala Dépressions de la zone de Gouère
III. Ibrahima Ouest	Vanne d'Ibrahima	Ibrahima Ibrahima S2	Canal de Yorac	Dépression de Gungala
IV. Gungala	Vanne de Dalagona	Dalagona S1	Dépression de Gungala	
V. Dalagona	Vanne de Dalagona	Dalagona S2	Dépression de Gungala	Dépression de Gungala
VI. Keur Macène Est	Vanne d'Aftout Vanne de Dioup	Diallo S	Dépression de Gungala	Dépression de Gungala
VII. Keur Macène Sud	Vanne d'Aftout Vanne de Dioup	Diallo Dioup S	Canal de Diallo Dépression de Gungala	Dépression de Gungala
VIII. Diallo Nord	Vanne d'Aftout	Diallo	Canal de Diallo	Dépression de Gungala
IX. Diallo Sud	Vanne d'Aftout	Diallo Aftout S	Canal de Diallo	Dépression de Gungala

3.4.5 Les installations d'irrigation et de drainage

La disposition des canaux d'irrigation et de drainage proposée sur la base du plan de gestion hydraulique de l'ensemble de l'aire du Projet et du plan de réseau

d'irrigation et de drainage pour les 9 blocs d'irrigation susmentionnés, est donnée dans la Figure C.3.4.1 et sa description est schématiquement donnée dans la Figure C.3.4.2. Les installations d'irrigation existantes sont les quatre adductions sur la digue du fleuve Sénégal ; celle d'Ibrahima , de Dalagona, de Dioup et d'Aftout, et les 2 canaux, celui d'Ibrahima de 3 km de long et d'Aftout 3,4 km. Ces installations font partie de ceux qui sont à associer au projet. La dépression d'Awlig est utilisée comme un canal d'irrigation allant du canal d'Ibrahima passant par un canal secondaire d'irrigation (Ibrahima S1) pour alimenter la zone d'Awlig.

L'excédent d'eau qui vient de la brigade d'Awlig sera drainé vers la dépression de Tinweiratt située au Nord de zone de Gouère. Le reste de l'eau de drainage du projet est collecté dans la dépression de Gungala où il s'évapore et l'excédant est drainé dans le fleuve Sénégal par des motopompes qui seront installées à l'adduction de Dioup. Les structures vannées contrôlant les eaux d'irrigation et de drainage sont construites aux 2 points au bout du canal d'Ibrahima et au niveau du Keur Macène, comme le montre la Figure C.3.4.1.

3.4.6 Aménagement des terrains de culture

Les principes d'aménagement des terrains de culture sont: l'irrigation par pompage pour le paddy (quelques périmètres peuvent être irrigués par gravité tout de même), et l'irrigation par gravité pour le pâturage. Les principaux problèmes de l'irrigation et du drainage dans la zone d'étude sont la salinité élevée des sols et le manque de différentes installations incluant les routes agricoles. En tenant compte des principes et problèmes cités ci-dessus, l'arrangement des champs de paddy jusque là aménagés, et la disposition typique pour l'aménagement des terrains de culture sont proposés.(voir Figure 3.4.3)

Un champs de paddy irrigué par une motopompe et un canal tertiaire, a une surface de 19,2 hectares brute dont la longueur est de 960 m et la largeur est de 200 m. Pour résoudre le problème de salinité et maintenir les champs dans des conditions adéquates de culture, les canaux d'irrigation et de drainage sont construits séparément avec une marge de 100 m. Les routes agricoles sont construites le long des canaux d'irrigation principaux, secondaires et tertiaires. La largeur proposée des routes est de 6 m pour les canaux principaux et secondaires et de 1 m pour le canal tertiaire. Les structures de prise d'eau sont construites à un intervalle de 80 m sur le canal tertiaire. La taille d'une parcelle seront donc de 100 m x 80 m, soit 0,8 ha. Une voie d'accès aux champs pour introduire les machines agricoles à partir de la route agricole vers les champs de paddy sera mise en place à chaque champ.

Les canaux d'irrigation secondaires pour les champs de pâturages sont alignés le long de la courbe de niveau, tandis que les canaux tertiaires sont latéralement alignés à partir du canal secondaire à un intervalle de 300 m de long environ. Un canal de drainage est construit parallèlement entre les canaux tertiaires, et donne sur la dépression de Gungala. La longueur du canal tertiaire et de drainage varie selon la surface aménagée. La route agricole est construite le long du canal secondaire, et les voies d'accès sont construites sur les canaux secondaires pour les machines et les troupeaux.

3.5 Plan du Modèle Pilote

Il y a plusieurs contraintes techniques et sociales pour l'élaboration d'un projet durable. Ces contraintes majeures peuvent être résumées comme suit :

- Les agriculteurs sont encore au stade d'acquisition de techniques pour la culture du paddy.

- Les bénéficiaires sont constitués de riches agriculteurs privés et de pauvres cultivateurs locaux, qui doivent travailler en coopération pour la gestion futur du projet.
- La société dans la zone du projet est composée d'ethnies différentes ayant des coutumes et modes de vie différents.
- La SONADER manque de personnel compétent qui sera engagé pour la vulgarisation agricole, l'information et formation en matière d'exploitation et entretien des installations envers les bénéficiaires.

Pour réaliser un projet durable faisant face à ces contraintes, plusieurs étapes doivent être franchies. Ces étapes sont: démonstration et vulgarisation efficaces des techniques culturales, renforcement du système de commercialisation et des crédits agricoles, activation des coopératives des agriculteurs, renforcement de la SONADER etc. Dans ces étapes, une attention très particulière doit être accordée aux petits agriculteurs locaux.

Comme mesures spécifiques pour un projet durable, le Rapport Intérimaire du présent Projet propose l'aménagement agricole en 3 étapes jusqu'à la réalisation d'une double culture de riz ainsi que la perfection des techniques de gestion des pâturage semi intensif et l'établissement de la ferme de démonstration destinée à l'expérimentation et la vulgarisation des pratiques culturales. En plus de ces mesures, il est proposé d'établir une zone avancée en aménagement agricole et d'irrigation avant le développement total de l'aire du projet, ce plan est appelé "Plan du Modèle Pilote".

La zone proposée pour ce plan est située à l'extrême ouest de l'aire du projet. Elle est composée de 2 brigades, à savoir le bloc de Diallo Nord et celui de Diallo Sud. Dans ces blocs qui appartiennent aux villages de Keur Macène et de Beni Nadji, il existe 21 coopératives d'agriculteurs pratiquant activement la riziculture et le maraîchage. La superficie brute de la zone en question est de 1950 ha environ. Dans le présent projet de développement, la surface à irriguer dans les 2 blocs d'irrigation à savoir Diallo Nord et Diallo Sud faisant l'objet du Plan de Modèle Pilote a été fixée à 610 ha pour les rizières et 200 ha pour les pâturages. La localisation du Modèle Pilote est indiquée sur la Figure 3.8.1.

La ferme de démonstration avec une surface de 100 hectares sera établie dans l'aire du Modèle Pilote comme l'indique la Figure 3.8.1. Le service de la vulgarisation des techniques agricoles sera intensivement dirigé par la SONADER basée dans la ferme de démonstration au profit des bénéficiaires dans la zone du Modèle Pilote. Aussi, la SONADER se charge du conseil et de la formation en matière d'exploitation et d'entretien des installations du projet pour les associations d'usagers d'eau, tout en attribuant ses efforts au renforcement des coopératives agricoles. Par la suite, l'expérience que les bénéficiaires et les UUE auront eu dans cette zone s'étendra sur la zone restante du projet. La SONADER elle même sera expérimentée en méthodologie d'instruction adéquate sur les services de vulgarisation et conseil, et de la formation en exploitation et maintenance des agriculteurs.

Les services de vulgarisation et de conseil ainsi que la formation dans le Modèle Pilote doivent être menés pendant une période de trois années en fonction du programme de développement agricole en trois étapes proposé dans le Plan de développement agricole défini dans le Projet, après la construction des installations du projet pour le Modèle Pilote. Un tel programme de vulgarisation continuera au delà de la troisième année pour que les acquis soient étendus à l'ensemble de l'aire du Projet. Pour exécuter un tel programme, le renforcement de la SONADER en matière d'essai et de recherche est indispensable. La SONADER doit renforcer ses moyens humains pour mener à bien ce programme.

En vue de soutenir ce programme et de renforcer les capacités de la SONADER, une assistance technique extérieure provenant de l'aide publique au développement ou bien de l'ONG, etc. est nécessaire.

3.6 Plan d'installations d'irrigation et de drainage

3.6.1 Aperçu

Le plan d'installations d'irrigation et de drainage a été élaboré suivant la carte topographique d'une échelle de 1/10.000. Les réseaux d'irrigation et de drainage comprenant les canaux principaux à ceux tertiaires ont été placés dans chacun des 9 blocs qui composent l'aire du Projet. La superficie a été également évaluée. Les canaux principaux sont composés uniquement de 3 canaux existants à savoir celui d'Ibrahima, d'Astout et celui de Diallo dont la longueur est de 3,1 km, 3,4 km et 8,9 km respectivement, tous les canaux secondaires étant construits nouvellement. Les canaux tertiaires qui dérivent l'eau des canaux secondaires consistent en ceux existants réhabilités et ceux construits à nouveau. La composition du réseau de drainage est pareil que celui d'irrigation sauf qu'en principe tous les canaux sont construits à nouveau.

Le plan d'installations d'irrigation et de drainage a été élaboré en tenant compte des principes suivants :

- a) Elaborer le plan d'irrigation et de drainage en respectant au maximum le système d'irrigation actuel.
- b) Séparer les réseaux d'irrigation pour les rizières et ceux pour les pâturages.
- c) Classer les installations périphériques (canaux tertiaires) suivant leur sujet de prise en charge à savoir les coopératives agricoles, les périmètres nouvellement développés et les entrepreneurs agricoles, les canaux construits à nouveau étant classés pour les coopératives.
- d) Munir tous les champs d'un canal de drainage pour séparer l'irrigation et le drainage.
- e) Concernant l'irrigation, introduire plus que possible les eaux du fleuve Sénégal par les canaux d'irrigation. Au cas où il ne l'est pas possible par des raisons topographiques, les eaux seront prises directement des dépressions. Dans ce cas là, étant donné que le niveau d'eau des dépressions seront contrôlé à la cote 1,0 m ou bien 0,75 m, des canaux seront creusés pour diriger les eaux du point de pompage jusqu'à ce qu'elles atteignent les canaux naturels.
- f) Les eaux pour les canaux tertiaires des rizières seront prises par pompage, mais les installations de prise d'eau concernées doivent être également adaptées à l'irrigation par gravité pour les cas où le niveau d'eau du fleuve Sénégal est élevé. Les pâturages seront irrigués par gravité excepté la zone du Modèle Pilote.
- g) Intégrer le plus possible les prises d'eau des canaux tertiaires connectés aux canaux principaux et secondaires.

Les Figures C.3.6.1 et C.3.6.2 montrent le schéma du système d'irrigation et de drainage élaboré selon les principes susmentionnés.

3.6.2 Normes de conception des installation

Les ouvrages hydrauliques seront conçus en tenant compte des normes mauritaniennes (Land Inquiry, West Trarza, Volume 1) ainsi que le plan et la réalisation des entreprises similaires effectuées aux alentours. Les principes de base sur la conception des installations sont cités ci-après.

(1) Canal

Niveau d'eau

Le niveau d'eau des canaux principaux d'Ibrahima et d'Aftout seront maintenus à la cote 2,00 m, tandis que celui du canal principal de Diallo à la cote 1,00 m. Par conséquent, la hauteur d'élévation sera environ 1 m plus haute pour les canaux tertiaires qui dérivent les eaux par le canal de Diallo.

Débit unitaire

Les débits unitaires d'irrigation des rizières et des pâturages sont de 1,91 L/s/ha et 1,08 L/s/ha respectivement. En supposant une durée de fonctionnement par jour de 18 heures, le débit unitaire d'irrigation sera de 2,55 L/s/ha et 1,44 L/s/ha respectivement, au niveau de la conception. Par ailleurs, le débit unitaire de drainage est de 3,6 L/s/ha comme il a été défini à la section 3.3.3. Le débit de projet du canal est donc calculé en multipliant les débits unitaires susmentionnés par la superficie concernée. Voir Figure C.3.6.1 et C.3.6.2.

Vitesse de courant du canal

En général, une vitesse de courant moyenne supérieure à 0,7 m/s peut empêcher la pousse des plantes qui nuisent considérablement au courant. Cependant, les canaux tertiaires du présent Projet ayant une vitesse de courant moyenne inférieure à 0,20 m/s seront probablement victimes de la prolifération des végétations. Par conséquent, les canaux doivent être aménagés à tout temps.

Coupe du canal

La coupe de projet du canal d'irrigation sera la même jusqu'à l'évacuateur où elle sera réduite. L'évacuateur sera placé à l'extrémité du canal d'irrigation.

Pente du talus

Compte tenu des conditions du sol de la zone de l'Etude et de celles des travaux de construction, la pente des talus interne et externe du canal sera fixée à 1:2, afin d'allonger au maximum la longueur de percolation.

Revanche

La revanche sera en principe de 45 cm pour les canaux secondaires et 25 cm pour les canaux tertiaires. Celle de la digue du fleuve Sénégal et des canaux principaux seront de 50 à 100 cm.

Largeur au plafond du canal

La largeur au plafond des canaux tertiaires d'irrigation et de drainage est fixée à 50 cm. Celle des canaux secondaires varie selon le débit.

Calcul de la coupe du canal

La formule de Manning-Strickler a été utilisée pour le calcul hydraulique des canaux. Le coefficient de rugosité a été fixé en général à 0,030 (quelque prolifération de plantes), et la pente du canal à 1/5000 suivant la carte topographique.

Largeur du couronnement et de la route de gestion

La largeur du couronnement de la digue du canal tertiaire d'irrigation et de drainage est de 1 m. La digue du canal tertiaire de drainage, faite par remblayage, doit être élevée d'au moins 30 cm par rapport à la surface des rizières. Les canaux secondaires doivent être munis, sur une des rives, d'une route de gestion de 6 m de large où une moissonneuse-batteuse et un tracteur peuvent se croiser. La largeur du couronnement de l'autre rive sera de 2 m.

(2) Prise d'eau

Ouvrage principal

En principe, la prise d'eau du canal secondaire est en béton armé fait sur place, la vanne étant en acier. Le tuyau de procédé Hume est utilisé pour la prise d'eau d'une taille relativement faible dont le débit est inférieur à 300 L/s. Le diamètre du tuyau sera de 800 mm pour un débit supérieur à 124 L/s, et 600 mm pour le reste. Un diamètre de 600 mm est la taille minimum du tuyau dans lequel un homme peut pénétrer. La prise d'eau des canaux tertiaires sont en principe constituée de tuyau de procédé Hume de 800 mm ou de 600 mm de diamètre, n'utilisant pas de vanne. A la place de celle-ci, une boîte en béton armé sera placée à l'extrémité du tuyau, dans laquelle sera installée une pompe pour la prise d'eau. L'irrigation par gravité sera effectuée si possible.

Joint

Des joints en béton armé ou en blocs de béton seront placés à l'aval et à l'amont de la prise d'eau pour éviter l'érosion.

(3) Taille des vannes

Compte tenu que la vanne de la prise d'eau du canal secondaire sera manipulée à la main, sa largeur est fixée à 1,20 m, sa hauteur à 1,00 m. Cette vanne sera en acier, et le débit sera de 1,17 m³/s par vanne. Quant à l'ouvrage d'évacuation d'Ibrahima, une différence du niveau d'eau interne et externe de jusqu'à 0,31 m est admise, et le débit sera de 1,80 m³/s par vanne. Des blocs de protection du fond seront installés pour faire face à une vitesse de courant élevée. En cas d'utilisation du tuyau de procédé Hume à la prise d'eau du canal secondaire, une vanne circulaire en acier adaptée au diamètre du tuyau sera mise en place. Un tuyau de procédé Hume de 300 mm de diamètre sera placé pour la dérivation des canaux tertiaires, à l'entrée duquel sera installé une vanne batardeau en bois.

3.6.3 Conception préliminaire des installations principales

(1) Installations principales

Comme installation d'irrigation et de drainage de l'aire de l'Etude, on peut citer le canal d'irrigation, le canal de drainage, la station de pompage de drainage, la vanne régulatrice de prise, la prise d'eau, etc. Une carte topographique de 1/10.000 a été utilisée pour la conception de ces installations, mais celle des ouvrages importants tels que la station de pompage, l'ouvrage d'évacuation d'Ibrahima, les prises d'eau d'Ibrahima S1 et S2, les ponceaux de Dara et de Keur Macène, les ouvrages régulateurs de Diallo et de Keur Macène, a été effectuée sur la base de la carte topographique de 1/500 élaborée sur le terrain, en plus de la carte de 1/10.000. L'aperçu des installations principales se trouve ci-après.

a) Canaux d'irrigation

Classification	Nom du canal	Longueur (Km)	Surface irriguée (ha)	Débit de projet (m ³ /s)	Bloc d'irrigation
Canal principal existant	Ibrahima	3,1	2030	5,28	Ibrahima Est et Ouest
	Aftout	3,4	1405	2,99	Diallo Sud et Nord
	Diallo	8,9	1107	2,48	Diallo Sud et Nord
Canaux secondaires neufs	Ibrahima S1	5,5	1567	3,56	Ibrahima Est
	Ibrahima S2	3,2	344	0,79	Ibrahima Ouest
	Gungala	5,7	592	0,76	Gungala
	Dalagona	4,9	284	0,59	Dalagona
	Dioup S	2,6	277	0,64	Keur Macène Sud
	Aftout S	1,8	298	0,52	Diallo Sud
	Diallo S	4,4	321	0,74	Keur Macène Est
Total		43,5			

b) Canaux de drainage, dépressions

Classification	Nom du canal	Longueur (Km)	Surface réceptrice (ha)	Débit de projet (m ³ /s)	Bloc d'irrigation
Canal principal existant	Tinweirat D	3,0	-	1,72	Awlig
	Dioup	-	-	4,00	Ibrahima, Dalagona
Canaux secondaires neufs	Ibrahima D1	3,6	47	1,53	Ibrahima Est
	Ibrahima EP	1,6	-	5,28	Ibrahima Est et Ouest
	Ibrahima D6	4,5	520	1,87	Ibrahima Ouest
	Gungala D1	3,6	438	1,58	Gungala
	Gungala D2	2,8	346	1,25	Gungala
	Diallo D1	3,6	604	2,17	Diallo Sud
	Diallo D2	0,8	873	3,14	Diallo Sud
	Total		26,9		

c) Pompes de drainage

Les pompes de drainage ont été conçues selon les conditions suivantes :

Capacité de drainage : 1,5 m³/s (Etape I)
 4 m³/s (Etape II)
 Hauteur d'élévation nette : 2 m (cote 0,5 à 2,5 m)

Du point de vue simplicité de manipulation et frais de construction, il s'agira des motopompes submersibles propulsées par des groupes électrogènes Diesel. La capacité totale de drainage d'une station de pompage sera de 4 m³/s. Une station sera composée de 5 pompes au total, soit 2 pompes de 0,5 m³/s et 3 pompes de 1,0 m³/s, compte tenu d'une variation importante de la capacité de drainage requise. Une pompe de réserve d'une capacité de 1,0 m³/s sera mise en place pour remplacer la pompe en panne. La conception préliminaire des pompes est comme suit :

Installation	Nombre	Capacité unitaire		Diamètre du tuyau d'aspiration (mm)	Diamètre du tuyau d'évacuation (mm)
		m ³ /s	kw		
Pompe	3	1,0	55	900	700
	2	0,5	30	700	500
Groupe électrogène	1	-	280		
	1	-	120		

La station de pompage de drainage sera installée juste à l'aval de la vanne de Dioup sur la digue du fleuve Sénégal. Les eaux de drainage seront évacuées dans le fleuve Sénégal en passant directement par la vanne de Dioup.

d) Vannes de prise, vannes régulatrices

Désignation	Quantité	Nom de vanne
Vanne de prise existante	4	Ibrahima, Dalagona, Dioup, Aftout
Vanne régulatrice neuve	3	Ibrahima EP, Keur Macène, Awlig EP
Vanne de prise neuve	9	Ibrahima S1/S2, Awlig, Diallo, Gungala, Dalagona S, Dioup S, Aftout S, Diallo S
Total	16	

Le plan préliminaire des installations principales susmentionnées se trouve dans les Figure C.3.6.3 à C.3.6.12.

(2) Canaux tertiaires

Dans les conditions du Projet, un canal tertiaire irrigue une surface rizicole de 9,4 ha. Sur le calcul, les canaux tertiaires sont classés en 2 types, le type I ayant un débit d'irrigation unitaire de 2,55 L/s, le type II adapté à la pompe de 75 L/s dont l'usage est généralisé actuellement. Par ailleurs, nous avons supposé un défonçage de 15 cm pour le creusement d'un canal d'irrigation, et pour le canal de drainage, la mise en place d'une digue de 30 cm sur ses deux côtés. Le Tableau C.3.6.1 montre la superficie d'irrigation et de drainage, la longueur des canaux d'irrigation et de drainage, le nombre de prises des canaux d'irrigation tertiaires, de croisements des canaux d'irrigation et de drainage, de points de dérivation, et d'évacuateurs.

a) Canaux tertiaires

Désignation	Longueur des canaux d'irrigation (km)			Longueur des canaux de drainage (km)
	Réhabilités	Neufs	Total	
Périmètre des coopératives	34	112	146	114
Périmètre des entrepreneurs agricoles	160	67	228	260
Total	194	179	374	374

Les masses de terres pour le creusement des canaux tertiaires d'irrigation et de drainage s'élèvent à 560.000 m³ pour le creusement, et 1.364.000 m³ pour le remblayage.

b) Nombre d'installations relatives aux canaux tertiaires

Désignation	Canaux d'irrigation et de drainage			
	Prise d'eau des canaux tertiaires	Croisement	Dérivation	Évacuateur
Périmètre des coopératives	21	15	141	5
Périmètre des entrepreneurs agricoles	37	30	214	5
Total	58	45	355	10

3.7 Infrastructures rurales

3.7.1 Routes rurales

Le plan d'aménagement des routes rurales a été élaboré pour : (1) contribuer aux activités agricoles et pastorales en reliant les champs et les villages de la zone concernées, et pour (2) améliorer la circulation des intrants ainsi que des produits agricoles et ménagers entre la zone du Projet et la ville de Rosso. Le plan prévoit la réhabilitation de 4 pistes (58,4 km) et la construction de 2 pistes (9,5 km), soit 6 pistes (67,9 km) au total.

La réhabilitation porte sur les routes existantes qui relie de l'est à l'ouest la partie à réhabiliter et Rosso en passant les périphéries nord et sud de la zone concernée. Des pistes reliant ces 2 périphéries dans le sens nord-sud seront créées à nouveau.

Les routes rurales proposées sont comme suit :

N°	Point de départ	Point d'arrivée	Longueur (km)
<u>Réhabilitation</u>			
1.	Keur Macène	Awlig	28,2
2.	Keur Macène	Digue rive droite du fleuve Sénégal	3,0
3.	Keur Macène	Bounaye	6,2
4.	Vanne d'Ibrahima	Vanne d'Aftout	21,0
	Sous total		58,4
<u>Construction nouvelle</u>			
1.	Dara Wolof	Digue rive droite du fleuve Sénégal	6,6
2.	Bounaye	Vanne de Diallo (en projet)	2,9
	Sous total		9,5
	<u>Total</u>		<u>67,9</u>

La coupe des pistes à réhabiliter ou à construire présente une largeur en crête du remblai de 4 m, une hauteur de remblai par rapport au sol initial (par rapport à la surface actuelle pour les pistes à réhabiliter) de 10 à 30 cm, une largeur revêtue de 2,5 m et une épaisseur du revêtement de 15 cm.

Un aqueduc enterré équipé de vannes sera installé sur la route longeant la périphérie nord de l'aire de l'Etude, afin que les eaux de la surface s'écoulant du nord puissent être contrôlées artificiellement pour les activités agricoles et pastorales dans les dépressions situées au nord de l'aire de l'Etude.

Le plan planimétrique et la coupe standard des routes rurales sont indiquées sur les Figures C.3.7.1 et C.3.7.2 respectivement.

3.7.2 Alimentation d'eau en milieu rural

Le plan des installations d'alimentation d'eau en milieu rural sera établi en tenant compte qu'il fait partie du projet d'aménagement des infrastructures rurales dans le projet du développement de l'agriculture irriguée, et que ces installations doivent être simples pour qu'elles soient exploitables dans le futur par les communautés villageoises.

Une installation d'alimentation d'eau composée d'un puits peu profond à pompage sera mise en place dans chacun des 12 villages (Keur Macène, Awlig, Dara Salam, Er Mitgueïdem, Dara Wolof, Bouteidouma, Dar Er Barka, N'Keila,

Beni Nadji, Bounaye, N'Djilar et N'Degue) situés dans la zone concernée. Le mode de pompage consiste en une pompe éolienne dont l'usage est généralisé dans les zones voisines. Les eaux pompées seront dirigées dans l'épurateur-réservoir pour être distribuées à partir d'un orifice d'alimentation annexé à ce dernier. Il s'agit donc de créer dans chaque village une installation munie des fonctions de pompage, d'épuration, de stockage et d'alimentation en eau. Les villages où sera placée l'installation d'alimentation d'eau et le schéma de l'installation sont indiqués sur les Figures C.3.7.1 et C.3.7.3 respectivement.

Concernant la zone du Projet, l'eau du canal d'irrigation est optimale comme source du point de vue qualité, mais étant donnée que les canaux sont prévus d'être créés à l'intérieur de la zone du développement et que les villages sont éloignés des canaux, ceux-ci ne sont pas adéquats comme source. Par exemple, si on construit un ouvrage d'adduction entre le village situé à la périphérie nord de la zone et le canal pour traverser la dépression de Gungala, il faut prévoir des frais considérables pour sa construction et sa maintenance soit qu'il s'agit d'un aqueduc ouvert ou d'un pipeline, ce qui dépasse la capacité d'exploitation par la communauté villageoise dans le futur.

Les eaux peuvent être conduites et distribuées par des citernes ou des pipelines, mais ces méthodes dépassent également la capacité des communautés villageoises en matière d'exploitation. Par exemple, si on adopte la distribution d'eau par des citernes, il faut en prévoir 34 pour distribuer l'eau à toutes les zones concernées. Pour l'exploitation, il est nécessaire d'assurer les installations et équipements comme le parking pour les citernes, le garage, des outils de réparation, des pièces de rechange, etc., le personnel comme les chauffeurs, les mécaniciens, etc., les dispositifs de gestion tels que gestion des pièces de rechange, gestion du carburant, aménagement routier, gestion du travail, gestion des coûts, gestion financière, etc. Quant au pipeline, sa longueur nécessaire pour alimenter toutes les zones concernées sera d'environ 30 km. Pour son exploitation, il faut assurer les installations et équipements comme le stockage des matériaux, des outils de réparation, des pièces de rechange, etc., le personnel comme les plombiers, les mécaniciens, etc., les dispositifs de gestion tels que gestion des soupape d'échappement d'air et d'extraction des boues ainsi que des pompes relais, gestion des pièces de rechange, gestion du travail, gestion des coûts, gestion financière, etc. Il ne convient pas d'exiger un tel mode d'exploitation et de maintenance aux communautés villageoises à l'heure actuelle.

L'éolienne, le groupe électrogène Diesel, le moteur, ou bien la génératrice solaire peuvent être cités comme source d'énergie de l'installation d'alimentation d'eau, mais nous adoptons la pompe mécanique à l'éolienne compte tenue de son coût de maintenance modéré et de sa simplicité en matière de manipulation. Le moteur Diesel et la génératrice solaire (y compris la génératrice éolienne) nécessitent le recrutement des mécaniciens ou des électriciens, ce qui impose de lourdes charges aux bénéficiaires s'il s'agit d'une exploitation autonome par ces derniers. Surtout, l'énergie électrique provenant des génératrices solaires ou éoliennes nécessite une gestion permanente sur place, d'où l'impossibilité d'exploiter une installation d'alimentation d'eau supposant l'utilisation de telles sources énergétiques dans les villages de la périphérie nord de la zone où les habitants sont absents durant la saison des pluies dû à leur déplacement vers le nord.

3.8 Exploitation et entretien des installations concernées

3.8.1 Organisation et fonction d'exploitation et d'entretien

(1) Organisation et répartition de fonctions

La SONADER et l'AUD qui sera créée à nouveau pour l'exploitation du Projet se chargeront de l'exploitation et l'entretien des installations concernées. Le réseau

d'irrigation et de drainage de la zone du Projet se compose de 9 blocs d'irrigation où une UUE sera formée pour chacun. L'AUD consiste en une union des 9 UUE. L'AUD prend la responsabilité sur l'exploitation et l'entretien de tout ouvrage concerné à part les vannes installées sur la digue du fleuve Sénégal, soutenue par la SONADER. La Figure C.3.8.1 montre l'organigramme ainsi que le genre et le nombre du personnel.

Les personnels de l'AUD et de l'UUE peuvent être résumés comme suit :

Personnel	Membre de la coopérative	Recrutement	Total
AUD			
Représentant	2	0	2
Employé de bureau	0	2	2
Opérateur des installations, technicien, etc.	0	16	16
(Sous total)	(2)	(18)	(20)
UUE			
Représentant	9	0	9
Employé de bureau	9	0	9
Opérateur des installations	27	0	27
(Sous total)	(45)	(0)	(45)
Total	47	18	65

L'éventuel manque de personnel pour le manœuvre des machines d'entretien dû à la réparation concentrée après la saison des pluies sera comblé par un recrutement temporel.

La répartition des fonctions entre la SONADER et les bénéficiaires en matière de l'exploitation et de l'entretien des installations d'irrigation et de drainage peut être résumée comme suit :

SONADER	Bénéficiaires	
	AUD	UUE
- Support technique pour l'AUD	- Exploitation et entretien des canaux principaux et installations hydrauliques	- Exploitation et entretien des installations hydrauliques des canaux secondaires
- Gestion des vannes sur la digue du fleuve Sénégal en collaboration avec l'OMVS	- Contrôle du niveau d'eau de la dépression de Gungala	- Exploitation et entretien des canaux tertiaires et des champs
	- Exploitation et entretien des stations de pompage de drainage	
	- Exploitation et entretien des équipements d'exploitation et d'entretien	

Les infrastructures rurales faisant l'objet d'exploitation et d'entretien dans le présent Projet consiste en des routes rurales et des installations d'alimentation d'eau. L'AUD se charge de l'entretien et de la gestion de toute route rurale à part celle longeant la digue du fleuve Sénégal que gère l'OMVS. Les installations d'alimentation d'eau seront en principe exploitées et entretenues par chaque village.

(2) Fonctions

Les fonctions de l'AUD et de l'UUE en matière d'exploitation et d'entretien des installations concernées sont comme suit :

AUD

- Fonctionnement de l'AUD
- Coordination avec la SONADER et d'autres organes gouvernementales concernées
- Elaboration et exécution du calendrier d'irrigation et de drainage
- Elaboration, préparation financière et réalisation du plan annuel d'entretien et de réparation
- Supervision et support de l'UUE
- Perception des frais d'utilisation d'eau et gestion financière
- Manoeuvre et entretien des canaux principaux et des ouvrages régulateurs du niveau d'eau de l'ensemble
- Fonctionnement et entretien des stations de pompage de drainage
- Entretien et gestion des routes rurales principales
- Fonctionnement et maintenance des équipements d'entretien
- Elaboration et exécution du programme d'éducation et de formation des coopérateurs en matière de la gestion hydraulique et l'entretien des installations

UUE

- Fonctionnement de l'UUE
- Participation aux activités de l'AUD en tant qu'adhérents de l'AUD
- Manipulation et entretien des canaux secondaires et de leurs installations annexes se trouvant dans le bloc d'irrigation concerné
- Entretien et gestion des pistes pour la gestion des canaux
- Elaboration, préparation financière et réalisation du plan annuel d'entretien et de réparation

3.8.2 Exploitation et entretien des installations d'irrigation et de drainage

L'exploitation et l'entretien des installations d'irrigation et de drainage se composent de la gestion des vannes de prise sur la digue du fleuve Sénégal, du contrôle du niveau d'eau et du débit des canaux d'irrigation et de drainage de la zone concernée, du contrôle du niveau d'eau et du fonctionnement de la pompe de drainage de la dépression de Gungala, ainsi que du contrôle, de l'entretien et de la réparation des canaux et ouvrages hydrauliques. Le mode d'exploitation et d'entretien de chaque installation principale figure ci-après.

(1) Vannes de prise sur la digue du fleuve Sénégal

Parmi les vannes de prise placées sur la digue du fleuve Sénégal, 4, à savoir celles d'Ibrahima, de Dalagona, de Dioup et d'Aftout, seront attribuées à la zone du Projet. Ces vannes étant sous le contrôle de l'OMVS, seront opérées suivant la demande de la SONADER. Etant donné que ces vannes ont une taille importante par rapport à la volume d'eau requis pour l'irrigation de la zone du Projet, ne permettant pas un contrôle délicat du niveau d'eau, elles seront complètement ouverte durant la période d'irrigation, et la prise d'eau dans la zone sera contrôlée par les ouvrages régulateurs du niveau d'eau et les prises d'eau placés à l'aval des vannes de prise. La SONADER demande le manoeuvre des vannes à l'OMVS suivant le plan d'irrigation qu'élabore l'AUD. Ce dispositif libère l'AUD de l'intervention tant administrative que physique des vannes de prise de la digue du fleuve Sénégal pour effectuer une gestion hydraulique autonome.

(2) Canaux d'irrigation principaux

Les canaux d'irrigation principaux se compose du canal d'Ibrahima et celui de Diallo. Le niveau d'eau du canal d'Ibrahima sera maintenu en principe au même niveau que celui du fleuve Sénégal par la vanne régulatrice d'Ibrahima placée au bout du canal. Quant au canal de Diallo contrôlé par les vannes de Diallo et de Keur Macène, le niveau d'eau sera maintenu en principe à la cote 1,0 m. L'AUD gère ces 2 canaux et ces 3 vannes.

(3) Dépression de Gungala et station de pompage de drainage

Toutes les eaux de drainage de la zone du Projet excepté une partie du bloc d'Awlig et celles de crue provenant des dunes de la périphérie nord de la zone du Projet infiltrent dans la dépression de Gungala. Le contrôle du niveau d'eau de la dépression de Gungala est extrêmement important en matière d'exploitation du Projet. Entre autres, l'aménagement des pâturages dans les terres basses exige un contrôle délicat du niveau d'eau. Le niveau d'eau de Gungala sera contrôlé à la cote 1,0 m durant l'Etape I du Projet, et à la cote 0,75 m pour l'Etape II où commencera le développement pastoral du bloc de Gungala. Le niveau d'eau de la dépression de Gungala sera contrôlé par les pompes de drainage placées à la vanne de prise de Dioup. Les pompes seront opérées suivant les résultats de l'analyse du bilan hydrologique de la dépression de Gungala établi à partir du niveau d'eau et les précipitations de la dépression de Gungala observés à la station de pompage, de l'observation pluviométrique à Keur Macène, ainsi que de l'observation visuelle des pluies de l'intérieur et de l'extérieur de la zone concernée. Etant donné qu'il est nécessaire de fonctionner les pompes pendant une longue durée surtout en saison des pluies, il faut procéder à l'entretien et réparation des pompes ainsi que des génératrices, et à la fourniture ainsi qu'au ravitaillement en carburant durant la saison sèche. Par ailleurs, il faut contrôler également la salinité de la dépression de Gungala en plus du niveau d'eau. La salinité sera contrôlée à 750 ppm par le drainage par pompage et l'introduction des eaux douces du fleuve Sénégal à partir de la vanne régulatrice d'Ibrahima. L'AUD gère la dépression de Gungala et les pompes de drainage.

La pompe de drainage à pourvoir sera du type "démontable, centrifuge et immergée" ne nécessitant pas une technique sophistiquée pour sa mise en opération. Cependant, le moteur électrique étant placé dans l'eau avec la pompe, il est possible que quand celle-ci vieillit, des fuites d'eau peuvent entrer dans le moteur. Pour éviter et minimiser de tels risques, la pompe doit être retirée de l'eau pendant la saison sèche et conservée au sec dans le magasin de stockage. Une quantité suffisante de pièces de rechange, particulièrement les joints étanches qui préviennent l'entrée d'eau dans le moteur, doit accompagner la fourniture de la pompe.

(4) Canaux secondaires d'irrigation et de drainage, et champs

L'opération des canaux secondaires d'irrigation et de drainage desservant chaque bloc d'irrigation est effectuée par chaque UUE sous la supervision de l'AUD. En principe, les eaux du canal secondaire seront dérivées au canal tertiaire de la rizière par une pompe de faible taille que gère le propriétaire de chaque champ. En raison d'une cote de 1,25 m que disposent les rizières, le pompage est nécessaire en permanence, vu que le niveau d'eau de contrôle du fleuve Sénégal est fixé à la cote 1,5 m. Mais, le niveau d'eau du fleuve étant maintenu actuellement entre la cote 1,8 m et 2,0 m, une large partie des rizières sera irriguée par gravité. L'UUE doit procéder à un contrôle délicat pour éviter une prise d'eau excédentaire due à l'irrigation par gravité, ce qui exige de faire fonctionner en surplus les pompes de drainage. L'irrigation des pâturages sera faite par gravité sauf pour le périmètre du

Modèle Pilote ayant une superficie de 20 ha. L'excès d'irrigation nuit directement à la gestion des pâturages par les impacts sur la pousse des fourrages et sur le contrôle du niveau d'eau de la dépression de Gungala, d'où la nécessité d'une gestion hydraulique plus délicate que celle des rizières. Le propriétaire de chaque champ gère les canaux tertiaires et leurs installations annexes appartenant à son champ, sous la supervision de l'UUE.

(5) Entretien et réparation des installations d'irrigation et de drainage

En principe, chaque personne chargée de gestion susmentionnée s'occupe de l'entretien et de la réparation des installations d'irrigation et de drainage. Les personnes de l'AUD et de l'UUE chargées d'entretien et de réparation procèdent à un contrôle périodique des installations, pour réparer rapidement et correctement les endroits détériorés ou qui en sont susceptibles. Un contrôle d'urgence sera effectué obligatoirement après une pluie violente ou un tempête de sable. Les travaux de réparation seront classés selon leur taille et leurs coûts pour être exécutés : ceux qui seront effectués par l'adhérent de l'UUE lui même, ceux utilisant les engins d'entretien de l'AUD, ceux par la sous-traitance, ceux combinés, etc. Les points que l'AUD et l'UUE doivent examiner sont les suivants :

AUD

- Tassement, fuite d'eau, érosion, glissement du remblai des canaux principaux, déposition de sable, prolifération de plantes à l'intérieur du canal, etc.
- Affouillement autour des ouvrages des canaux principaux, détérioration et tassement des ouvrages de protection, mauvais fonctionnement et corrosion des vannes, fissure du béton, etc.
- Tassement, érosion, glissement des routes de gestion des canaux, dégradation du revêtement, etc.
- Affouillement autour des ouvrages de la station de pompage de drainage, détérioration et tassement des ouvrages de protection, fissure du béton, etc.
- Dégradation, corrosion, mauvais fonctionnement des pompes, génératrices, tuyaux en acier, etc.
- Qualité d'eau de la dépression de Gungala

UUE

- Tassement, fuite d'eau, érosion glissement du remblai des canaux secondaires, déposition de sable, prolifération de plantes à l'intérieur du canal, etc.
- Affouillement autour des ouvrages des canaux secondaires, détérioration et tassement des ouvrages de protection, mauvais fonctionnement et corrosion des vannes, fissure du béton, dégradation des conduites en béton, etc.

3.8.3 Exploitation et entretien des infrastructures rurales

Les infrastructures rurales prévues dans le présent Projet se composent de routes rurales et d'installations d'alimentation d'eau, dont l'exploitation et l'entretien s'effectuent comme suit.

(1) Routes rurales

Comme il a été prévu à la section 3.7.1, les routes rurales faisant l'objet de l'aménagement se compose de 4 routes à réhabiliter ayant ensemble 60 km de long, et de 2 routes à construire à nouveau de 9 km, la longueur totale étant de 69 km. Par ailleurs, des routes de gestion seront mises en place le long des canaux principaux et ceux secondaires. L'entretien et la gestion de ces routes seront répartis comme suit, selon les personnes chargées et le bloc d'irrigation :

Route longeant la digue du fleuve Sénégal	:	OMVS et Gouvernement mauritanien
Autres routes rurales	:	AUD
Routes de gestion des canaux principaux	:	AUD
Routes de gestion des canaux secondaires	:	UUE
Routes villageoises connectant aux routes rurales	:	Village

Le mode d'entretien et de réparation des routes rurales par l'AUD et l'UUE suit celui des canaux.

(2) Installations d'alimentation d'eau en milieu rural

Comme il a été défini à la section 3.7.2, le Projet prévoit la mise en place de l'installation d'alimentation d'eau dans les 11 villages. Ces installations seront transférées immédiatement après leur construction aux villages concernés qui se chargeront de tout exploitation, entretien et gestion.

3.8.4 Equipements d'exploitation et d'entretien

Nous avons examiné le genre, le type et la quantité des équipements de construction, des véhicules et équipements de contrôle suivant le type, la taille et le nombre d'installations concernées. Les résultats figurent ci-après.

Désignation	Spécification	Quantité
1. Excavateur	0,35 m ³	3
2. Excavateur	0,5 m ³	1
3. Bulldozer	11 tonnes	2
4. Chargeur à roue	1,2 m ³	1
5. Pelleteuse mécanique	0,8 m ³	1
6. Niveleuse	3,7 m	1
7. Rouleau compresseur	6 tonnes	3
8. Camion ordinaire	5 tonnes	2
9. Camion-benne	8 tonnes	2
10. Grue mobile sur camion	2 tonnes	1
11. Citerne de carburant	4 KL	10
12. Pick-up	1 tonne	2
13. Camion bétonnière	0,12 m ³	2
14. Pompe submersible	50 mm	2
15. Génératrice portable	3 KVA	1
16. Véhicule de service pour réparation	1,5 tonnes	10
17. Break 4x4	-	20
18. Motocyclette	100 cc	1 jeu
19. Système de télécommunication		1 jeu
20. Equipements de bureau		

Ces équipements seront gérés par la SONADER pendant la période de formation de l'AUD après la construction du Projet pour être utilisés à la gestion, entretien et

réparation du Projet. Le personnel de l'AUD sera formé en matière de techniques de manipulation et de maintenance durant cette période. Tous les équipements seront transférés à l'AUD avec tout ouvrage du Projet après la période de formation. L'AUD se charge évidemment de la gestion et de l'entretien des équipements, mais procède également à leur renouvellement en utilisant les frais d'utilisation d'eau collectés par les adhérents comme source financière. Les frais d'achat des équipements susmentionnés ont été estimés à 30,2 millions UM (voir Tableau C.3.8.1).

3.8.5 Frais d'exploitation et d'entretien

Les frais d'exploitation et d'entretien du Projet se composent de frais du personnel et du fonctionnement de l'AUD, de frais du personnel, de frais de carburant des pompes de drainage ainsi que des équipements d'exploitation et d'entretien, de la cotisation pour le renouvellement des pompes de drainage et des équipements d'exploitation et d'entretien, de frais des matériaux destinés à l'entretien et réparation, ainsi que de frais de la sous-traitance en matière d'entretien et de réparation. Les résultats de l'examen de ces frais figurent dans le Tableau C.3.8.2. Les frais nécessaires après que le Projet aura atteint le niveau prévu sont estimés à 91 millions UM par an, soit 19.220 UM/ha/an en les divisant par la superficie à aménager. Cette somme est presque équivalente des frais d'utilisation d'eau que payent les bénéficiaires de Boghé et de Kaédi faisant l'objet des projets similaires, et même inférieure à celle de la ferme nationale de M'Pourié qui est de 24.000 UM/ha/an. Les frais d'exploitation et d'entretien ainsi définis seront perçus auprès des bénéficiaires selon la superficie de leur terre irriguée afin de servir de source financière pour l'exploitation du Projet par l'AUD. L'estimation des frais d'exploitation et d'entretien annuels est récapitulée ci-après:

Unité : 1.000 UM/an

Désignation	Frais annuels
1. Frais de personnel de l'AUD	4.320
2. Frais de fonctionnement du bureau de l'AUD	1.500
3. Carburant des pompes de drainage	10.450
4. Carburant des équipements d'exploitation et d'entretien	5.500
5. Indemnité d'activités des adhérents de l'AUD	4.800
6. Frais de personnel	4.590
7. Cotisation pour le renouvellement des pompes de drainage et des vannes	20.000
8. Cotisation pour le renouvellement des équipements d'exploitation et d'entretien	30.000
9. Contrat de sous-traitance des travaux d'entretien et de réparation	2.940
10. Matériaux des travaux d'entretien et de réparation	3.670
11. Frais hydraulique de l'OMVS	3.000
Total	90.770

TABLEAUX

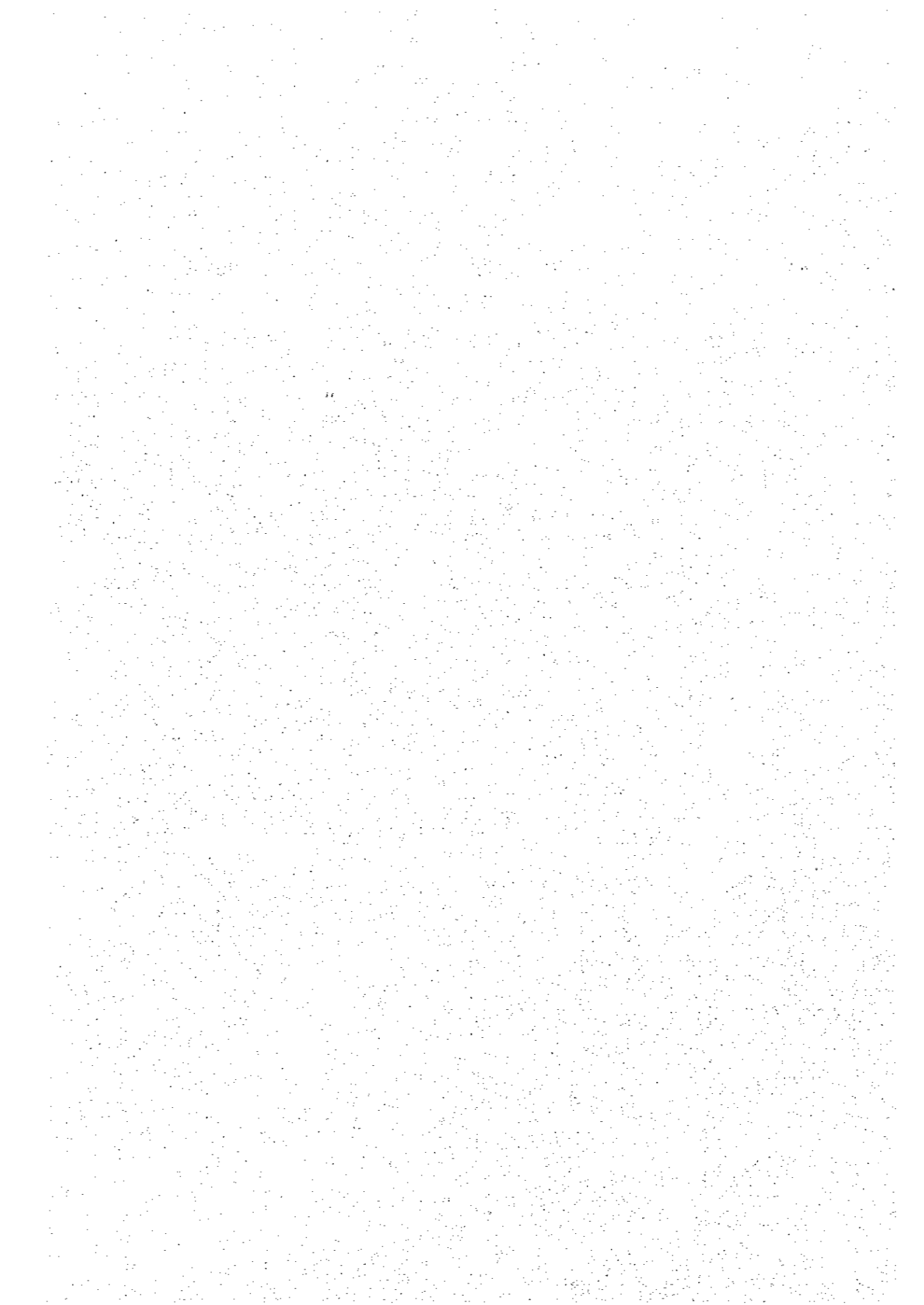


Tableau C.1.2.1 Vocation agricole des terres de la vallée (Utilisation potentielle)

Wilaya	Moughataa	UNE ou Zone	Irrigable Phase I	Walo		Pâturages	
				Potentiel	Cultivable	Potentiel	Exploitable
Trarza	Keur Macène	N'Thialiack (*1)	0	0	0	8.250	0
		N'Diader	2.030	0	0	4.700	4.700
		Dioup-Diallo	2.630	0	0	2.490	2.490
		Sous total K. Macène	4.660	0	0	15.440	7.190
	Rosso	Gouère	3.300	0	0	920	920
		M'Pourie	1.500	0	0	0	0
		Garack 1	7.060	2.280	0	800	430
		Tin Yeddir	0	400	400	200	200
		Garack 2	4.270	1.410	0	880	440
		Sous total Rosso	16.130	4.090	400	2.800	1.990
		R'Kiz	Léourine	0	170	170	0
	Tambass		0	400	400	250	250
	Egdioun/Lawouja		0	200	200	100	100
	Diguinet		0	140	140	0	0
	Skeikim		0	250	250	0	0
	Sokam		0	700	700	0	0
	Lac Oriental		850	2.400	2.400	0	0
	Lac Occidental		0	2.100	2.100	600	600
	Nasra		0	1.000	1.000	0	0
	Koundi 1		3.180	1.860	1.200	250	180
	Koundi 2		7.710	1.830	820	120	60
	Koundi 3		11.940	2.590	1.140	90	40
	Koundi 4	2.950	220	80	0	0	
Sous total R'Kiz	26.630	13.860	10.600	1.410	1.230		
Total Trarza		47.420	17.950	11.000	19.650	10.410	
Brakna	Boghé	Koundi 5	9.630	3.320	910	0	0
		Koundi 6	9.740	1.670	560	0	0
		Koundi 7	4.460	0	0	0	0
		Koundi 8	10.780	1.850	1.030	0	0
		Koundi 9	770	0	0	0	0
		Koundi 10	960	0	0	0	0
		Boghé 1	1.860	3.210	910	0	0
		Boghé 2	1.980	250	10	0	0
		Boghé 3	510	390	30	0	0
		Boghé 4	470	0	0	0	0
	Boghé 5	620	0	0	0	0	
	Boghé 6	520	0	0	0	0	
	Sous total Boghé	42.300	10.690	3.450	0	0	
	Bababé	M'Bagne 1	1.920	2.010	470	0	0
		M'Bagne 2	2.400	3.890	900	0	0
		Sous total Bababé	4.320	5.900	1.370	0	0
	M'Bagne	M'Bagne 3	5.900	2.480	430	0	0
Total Brakna		52.520	19.070	5.250	0	0	
Gorgol	Kaédi	Kaédi 1	4.680	5.470	2.080	0	0
		Kaédi 2	1.880	0	0	0	0
		Kaédi 3	970	0	0	0	0
		Kaédi 4	1.110	0	0	0	0
		Garli	1.100	1.030	110	0	0
		Dao	2.490	1.630	200	0	0
		Walo du Gorgol	0	7.000	7.000	0	0
	Sous total Kaédi	12.230	15.130	9.390	0	0	
	M'Bout	Gorglo Noir	3.600	0	0	0	0
	Maghama	Maghama I - 5	17.540	9.800	9.800	0	0
Total Gorgol		33.370	24.930	19.190	0	0	
Guidimaka	Selibaby	2.100	4.000	4.000	0	0	
Total Vallée		135.410	65.950	39.440	19.650	10.410	

Note (*1) : Parc National

Source : Programme de Développement Intégré de la Vallée, Infrastructures et Aménagements, MRDE, Avril 1995

Tableau C.1.2.2 Evolution des superficies aménagées en irrigué

Année	Développement SONADER										Total aménagé en net	Remarques
	Grands périmètres		Petits périmètres				Total					
	Trarza	Brakna	Gorgol	Guidimaka	SONADER	M'Pourié	Privés (*1)	SONADER	M'Pourié	Privés aménagé en net		
1975	0	23	294	95	0	412	811	162	412	811	1.385	Developpement SONADER
1976	0	23	141	106	0	270	806	219	270	806	1.295	
1977	560	75	222	141	0	998	992	310	998	992	2.300	
1978	480	133	275	265	0	1.153	1.213	416	1.153	1.213	2.782	
1979	480	150	279	280	0	1.189	1.397	480	1.189	1.397	3.066	
1980	580	303	286	427	145	1.741	1.652	829	1.741	1.652	4.222	
1981	580	498	472	465	252	2.267	1.652	1.296	2.267	1.652	5.215	Début de construction du Barrage de Diama
1982	843	638	464	488	252	2.685	1.668	1.195	2.685	1.668	5.548	Début de construction du Barrage de Manantali
1983	1.135	780	490	503	252	3.160	1.668	1.229	3.160	1.668	6.057	Loi de propriété des terres (No.83.127)
1984	1.652	988	488	860	252	4.240	1.542	1.519	4.240	1.542	7.301	Loi de propriété des terres du Trarza (No.84.009)
1985	1.999	1.300	488	960	252	4.999	1.438	1.096	4.999	1.438	7.533	
1986	2.200	1.549	488	1.100	402	5.739	1.438	1.479	5.739	1.438	8.656	Fin des travaux du Barrage de Diama
1987	2.804	1.916	1.021	1.190	420	7.351	1.438	4.717	7.351	1.438	13.506	
1988	3.404	2.022	1.502	1.389	433	8.750	1.438	9.800	8.750	1.438	19.988	Fin Manantali, Début Digue Rive Droite
1989	3.404	2.348	1.662	1.469	497	9.380	1.438	15.800	9.380	1.438	26.618	
1990	3.404	3.345	1.977	1.469	530	10.725	1.438	21.407	10.725	1.438	33.570	Loi de propriété des terres (No.90.020)
1991	3.404	3.462	2.313	1.619	530	11.328	1.438	21.407	11.328	1.438	34.173	
1992	3.444	3.912	2.645	1.541	459	12.001	1.438	21.407	12.001	1.438	34.846	Plan d'eau à Diama : 1,50 m
1993	3.444	4.802	2.455	2.044	352	13.097	1.450	20.416	13.097	1.450	34.963	
1994	3.444	4.810	2.535	2.159	592	13.540	1.450	20.717	13.540	1.450	35.707	Fin Digue Rive Droite

Remarques (*1)

Trarza 19.298 ha
 Brakna 1.211 ha
 Gorgol 208 ha
 Total 20.717 ha

Source : Programme de Développement Intégré de la Vallée, Infrastructures et Aménagements, MDRE, Avril 1995

Tableau C.1.2.3 Programme d'investissement de la SONADER : 1996 - 2000

Projets	Aire (ha)	Objectifs	Situation actuelle et financement	Calendrier de mise en oeuvre			
				1996	1997	1998	1999 - 2000
(1) Réhabilitation périmètres irrigués	10.100	Renouvellement investissement petits et moyens périmètres par réfection réseaux et système de pompage	3.000 ha collectifs et 7.100 ha privés en première période, Engagement CFD (850 ha) zone Boghé				
(2) Aménagement périmètres irrigués Bellara, Keur Macène	250	Augmentation potentiel productif par aménagement d'un périmètre	Programme initié avant PDIAM Financement BID et FSD				
(3) Etude complémentaire et aménagement bassin Dioup	2.630	Viabilisation Bassin Dioup (superficie irrigable : 2.630 ha, sup. pâturage : 2.490 ha, cuvettes : 2.850 ha) par ouvrages structurants	Convention (étendue des travaux) signée Mars 96 avec la JICA pour la réalisation des études complémentaires				
(4) Aménagement infrastructures générales bassin Goubère	3.300	Viabilisation UNE Goubère (5.380 ha dont sup. irrigable : 3.300 ha, sup. pâturage : 920 ha, cuvettes : 1.160 ha) par ouvrages structurants	Achèvement 1ère tranche et confirmation par CFD financement 2ème tranche	1ère			2ème
(5) Etude et aménagement infrastructures générales Zones Garak et Sokam	13.010	Viabilisation UNE Garak 1 et 2 ouvrages structurants	Accord de principe CFD pour financement étude préliminaire (8 Mio UM)				
(6) Aménagement dépressions interduinales Rosso/R'Kiz	1.500	Viabilisation cuvettes Tambass, Léourine, Tin Yédit et Diguinet par construction ouvrages structurants pour écoule, pâturages et régénération environnement	Etude aménagement 89/90 sur financement CFD/ Schéma d'aménagement élaboré 94/95 dans cadre "programme grande région R'Kiz" sur financement CFD				
(7) Aménagement périmètre irrigué R'Kiz	853	Augment potentiel productif par aménagement d'un périmètre	Programme initié avant PDIAM démarrage travaux Juillet 95 sur financement BID				
(8) Projet de développement rural intégré Traza		Augmentation de la productivité et lutte contre la salinité	Engagement RFA confirmé par négociations intergouvernementales d'Avril 96 pour 3 Mio DM				
(9) Etudes et aménagement infrastructures générales UNE Koundi 1 à 4	21.690	Viabilisation UNE Koundi 1 à 4 par ouvrages structurants	Etude faisabilité menée sur K3 en 91 dans EAB et reprise 94/95 sur financement CFD				

Tableau C.1.2.3 Programme d'investissement de la SONADER : 1996 - 2000

Projets	Aire (ha)	Objectifs	Situation actuelle et financement	Calendrier de mise en oeuvre				
				1996	1997	1998	1999	2000
(10) Etudes et aménagement infrastructures générales UNE Koundi 6 à 10 (Brakna Ouest)	28.630	Viabilisation UNE Koundi 6 à 10 par ouvrages structurants	Confirmation par BAD, Mars 96, disponibilité financement étude estimée à 905000 UC. T dr étude approuvés	///	///	///	///	///
(11) Désenclavement zones production agricole Brakna et Trarza		Amélioration accès zones production agricole	T dr étude disponibles Projet inclus dans 9 et 10	///	///	///	///	///
(12) Consolidation/Extension Casier Plotte Boghé (CPB)	1.555	Viabilisation périmètre et renablisat infras. existantes par aménagement 400 ha sur sup. totale extant 1.555 ha (périmètre existant : 790 ha irrigué)	Etude extension menée dans cadre EAB en 91 Rapport préparation projet élaboré par CIFA/O sur fin. BAD au mois de Mars 96. Confirmation REA financement. Appui organisationnel expl. CPB pour 2 Mil. DM lors négociations inter-gouvernementales Avri. 96	///	///	///	///	///
(13) Etudes d'exécution et aménagement première tranche UNE M'Bagne	2.850	Aménagement d'un périmètre	Etude faisabilité sur 6.000 ha disponible en 92 sur financement Espagne ICMA	///	///	///	///	///
(14) Etude actualisation et aménagement moyens périmètres Gorgol et Brakna	1.250	Augment potentiel productif	MP Brakna : total 5 sup. globale 800 ha MP Gorgol : total 2 sup. globale 450 ha	///	///	///	///	///
(15) Etude actualisation et aménagement infrastructures générales UNE Kaédi 1 (dont zone Dirol)	6.300	Viabilisation UNE Kaédi 1 par ouvrages structurants	Zone Dirol objet étude par USAID en 87/88 pour culture décrue	///	///	///	///	///
(16) Extension Périmètre Pilote Gorgol/Kaédi	1.890	Augment potentiel productif par extension sur 1.188 ha irrigué et 702 ha décrue améliorées (périmètre existant 704 ha irrigué)	Programme initié avant PDIAM. Financement FED. Démarrage travaux 1992, résiliation pour défaut exécution : retard délai	///	///	///	///	///
(17) Etude et aménagement vallée Gorgol	11.304	Mise en oeuvre infras en vue gest. optimale eaux barrage Foun et eaux fleuve pour garantir alimentation pérenne vallées Gorgol	Etude sommaire gestion eaux Gorgol réalisée en 87/88 sur financement REA	///	///	///	///	///

Tableau C.1.2.3 Programme d'investissement de la SONADER : 1996 - 2000

Projets	Aire (ha)	Objectifs	Situation actuelle et financement	Calendrier de mise en oeuvre				
				1996	1997	1998	1999	2000
(18) Consolidation périmètre irrigué Foug Gleita	1.950	Construct ouvrages et vue viabilisation périmètre existant	Rétiqat financement Fonds Abu Dhabi : 10 Mio Dinards Abu Dhabi	///	■			
(19) Etude et réalisation ouvrages complem. désenclement dans la zone Maghama		Désenclement zone Maghama dans cadre projet Moyens Périmt. Kaédi/Gouraye (MPKG)	Dossier étude transmis à la BAD pour approbation coût étude : 7 Mio UM, coût travaux : 150 Mio UM		■			
(20) Aménagement Périmètre irrigué Maghama III	776	Augment. potentiel productif par aménagement périmètre sur UNE Maghama III	Programme initié avant PDIAM démarrage travaux Mars 95 sur financement BID/F-OPEP	■				
(21) Projet amélioration culture décrue Maghama	9.800	Construct. ouvrages pour valorisation apport affluents Gofla et Niordé en vue amélioration décrue UNE Maghama I à 5	Financement FIDA	///			■	

Source : SONADER

Tableau C.2.1.1 Résumé des données météorologiques de la zone d'étude (1/4)

Station synoptique, ROSSO

(1) Pluviométrie mensuelle (1964-1994)

Unité : mm

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Total	maxi. 1 jour	maxi. 3 jours
1964	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,8	200,7	65,9	10,3	0,0	0,0	327,8	54,6	110,8
1965	4,0	8,6	0,0	0,0	0,0	19,2	67,2	94,0	95,4	9,3	0,0	0,0	297,7	55,4	55,8
1966	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	6,7	45,0	97,2	33,2	84,7	0,0	1,1	268,5	70,2	81,6
1967	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,9	99,2	23,2	128,6	19,2	0,0	0,0	308,1	55,5	59,1
1968	0,0	10,7	0,0	2,4	0,0	11,6	36,8	59,8	68,3	0,6	0,0	0,0	190,2	18,0	33,9
1969	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	94,3	157,3	43,7	43,4	0,0	0,0	338,7	53,0	41,5
1970	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,3	46,9	62,1	0,0	0,4	0,0	149,7	29,4	31,5
1971	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	82,9	16,9	0,0	0,0	0,0	125,6	38,9	39,9
1972	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	17,9	0,7	0,7	25,2	7,9	0,0	0,0	52,9	17,2	17,8
1973	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,6	14,3	89,8	60,2	0,0	0,0	0,0	166,1	41,3	45,8
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	87,7	18,0	3,9	0,0	0,0	126,9	32,4	32,4
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	117,5	107,6	91,1	12,1	0,0	1,0	329,3	48,7	54,5
1976	0,0	6,7	1,2	0,0	0,0	2,0	30,5	59,7	135,3	0,0	0,0	13,2	248,6	50,1	85,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	36,7	86,1	0,0	0,0	0,0	123,3	35,6	43,6
1978	0,9	0,0	0,0	1,7	3,8	16,4	43,5	74,2	179,0	5,5	0,0	0,0	325,0	79,8	101,2
1979	12,1	0,0	0,0	0,0	0,1	24,1	44,2	156,7	77,2	11,5	0,0	0,0	325,9	85,3	100,4
1980	0,0	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	125,6	79,0	0,9	0,0	0,0	222,2	48,7	56,9
1981	3,7	0,0	6,6	0,0	0,3	0,0	121,5	65,9	62,0	1,6	0,0	0,0	261,6	72,2	112,4
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,7	106,3	20,6	7,0	0,0	0,0	171,6	50,0	54,0
1983	0,0	0,5	3,7	0,0	2,2	0,0	3,2	21,8	5,2	0,0	0,0	0,0	36,6	18,0	19,5
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	8,7	59,7	0,5	0,0	0,0	79,5	40,2	54,2
1985	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	44,0	61,6	47,5	0,0	0,0	0,0	153,6	48,6	48,6
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,2	126,9	191,2	0,0	0,0	0,0	338,3	55,4	73,0
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	23,5	51,5	102,0	11,0	0,0	0,0	197,4	32,5	32,5
1988	3,0	19,0	0,0	0,0	0,0	1,0	18,7	123,9	112,1	0,0	0,0	0,0	277,7	25,7	52,4
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,7	51,2	151,5	19,3	4,2	10,7	0,0	262,6	42,3	67,1
1990	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,9	83,4	4,3	0,0	0,0	0,0	157,3	42,3	42,3
1991	4,4	0,0	0,0	0,0	2,0	3,3	5,8	61,4	40,7	24,5	0,0	1,8	143,9	42,0	42,0
1992	1,3	13,7	0,0	1,0	0,0	0,0	16,3	83,4	67,2	0,0	0,0	0,0	182,9	55,7	55,7
1993	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4	121,1	45,0	0,0	0,0	0,0	187,3	41,5	41,5
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,2	106,3	72,9	7,4	0,0	0,0	224,8	44,7	74,7
Moyenne mensuelle	1,6	2,1	0,4	0,2	0,3	6,1	38,3	86,3	68,2	8,6	0,4	0,6	213,0		

(2) Pluviométrie maximale

Unité : mm

Année	Date	Temps		Heure	Pluviométrie
1985	2-AOU	3:00AM	4:36AM	1:36	48,6
1986	9-AOU	3:00AM	6:15AM	3:15	55,4
1987	30-AOU	6:00AM	7:11AM	1:11	10,2
1988	22-AOU	12:55PM	4:35PM	3:40	22,7
1989	13-AOU	5:35PM	7:00PM	1:25	40,3
1990	7-AOU	4:00PM	6:00PM	2:00	35,7
1991	24-AOU	5:15AM	5:25AM	0:10	42,0
1992	30-AOU	7:30AM	10:00AM	2:30	55,7
1993	12-AOU	Données N.D.		-	30,5
1994	29-AOU	1:36PM	5:15PM	3:39	22,2
1995	25-AOU	2:08PM	5:08PM	3:00	58,6

Tableau C.2.1.1 Résumé des données météorologiques de la zone d'étude (2/4)

Station synoptique, ROSSO

(3) Température mensuelle (maximale, minimale et moyenne)													Unité : Deg. Celcius	
Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyenne annuelle	
Température maximale mensuelle														
1985	30,2	35,8	35,0	37,5	39,6	39,1	35,3	36,2	35,3	39,7	36,5	30,5	35,9	
1986	29,3	33,0	34,6	39,0	38,3	39,1	36,0	36,1	34,6	38,2	33,3	31,1	35,2	
1987	32,9	35,7	37,1	41,3	40,8	40,2	38,7	37,8	36,9	38,1	38,1	33,6	37,6	
1988	30,1	32,7	38,0	39,6	41,3	39,1	35,9	35,0	35,7	39,5	35,2	30,3	36,0	
1989	31,8	34,1	36,3	37,8	41,5	40,7	37,0	35,0	37,6	39,4	35,0	34,3	36,7	
1990	28,4	36,6	38,7	38,5	41,8	39,0	35,8	36,0	38,5	40,3	35,9	32,2	36,8	
1991	31,4	32,8	35,9	39,4	38,8	38,8	37,2	36,3	37,5	37,9	36,7	33,1	36,3	
1992	33,5	33,5	35,8	37,5	38,6	40,4	36,0	36,8	37,3	38,6	35,2	33,3	36,4	
1993	30,5	34,0	37,5	38,8	41,8	39,5	36,8	36,1	36,9	38,4	33,9	32,1	36,4	
1994	29,7	34,9	36,7	38,1	40,3	37,6	35,5	35,3	35,4	37,1	37,3	32,4	35,9	
Moyenne mensuelle	30,8	34,3	36,6	38,8	40,3	39,3	36,4	36,1	36,6	38,7	35,7	32,3	36,3	
Température minimale mensuelle														
1985	15,0	18,4	19,1	19,4	20,2	23,1	24,2	25,1	25,0	24,4	20,5	18,0	21,0	
1986	15,7	16,4	17,6	20,5	21,8	22,0	24,3	24,7	24,9	24,0	19,6	16,8	20,7	
1987	14,4	17,5	18,7	22,9	23,7	24,3	25,3	25,9	25,8	24,3	21,2	17,4	21,8	
1988	15,5	18,0	19,6	19,2	20,8	22,7	23,9	24,8	24,4	22,5	18,6	15,6	20,5	
1989	15,7	18,5	18,5	18,4	21,6	24,0	24,9	24,3	25,2	23,9	20,3	16,9	21,0	
1990	15,7	19,1	21,7	19,3	21,3	21,9	23,2	24,2	25,2	23,9	19,3	15,6	20,9	
1991	17,1	16,0	17,0	18,5	18,6	21,9	23,0	23,8	24,8	23,1	19,3	18,8	20,2	
1992	16,2	17,4	19,0	18,1	21,6	23,3	23,0	24,7	24,5	22,7	20,6	16,9	20,7	
1993	16,7	18,7	19,0	19,4	22,1	23,0	24,3	25,0	25,0	23,5	19,1	16,0	21,0	
1994	14,1	16,3	18,0	19,4	19,5	22,1	23,0	24,1	23,9	21,8	19,6	16,8	19,9	
Moyenne mensuelle	15,6	17,6	18,8	19,5	21,1	22,8	23,9	24,7	24,9	23,4	19,8	16,9	20,8	
Moyenne de la température mensuelle														
1985	22,6	27,1	27,1	28,5	29,9	31,1	29,8	30,7	30,2	32,1	28,5	24,3	28,5	
1986	22,5	24,7	26,1	29,8	30,1	30,6	30,2	30,4	29,8	31,1	26,5	24,0	28,0	
1987	23,7	26,6	27,9	32,1	32,3	32,3	32,0	31,9	31,4	31,2	29,7	25,5	29,7	
1988	22,8	25,4	28,8	29,4	31,1	30,9	29,9	29,9	30,1	31,0	26,9	23,0	28,3	
1989	23,8	26,3	27,4	28,1	31,6	32,4	31,0	29,7	31,4	31,7	27,7	25,6	28,9	
1990	22,0	27,9	30,2	28,9	31,5	30,5	29,5	30,1	31,9	32,1	27,6	23,9	28,8	
1991	24,3	24,4	26,4	29,0	28,7	30,4	30,1	30,1	31,2	30,5	28,0	25,9	28,2	
1992	24,8	25,5	27,4	27,8	30,1	31,8	29,5	30,8	30,9	30,6	27,9	25,1	28,5	
1993	23,6	26,4	28,3	29,1	32,0	31,2	30,6	30,5	31,0	30,9	26,5	24,0	28,7	
1994	21,9	25,6	27,3	28,8	29,9	29,8	29,2	29,7	29,7	29,4	28,5	24,6	27,9	
Moyenne mensuelle	23,2	26,0	27,7	29,1	30,7	31,1	30,2	30,4	30,7	31,1	27,8	24,6	28,5	

Tableau C.2.1.1 Résumé des données météorologiques de la zone d'étude (3/4)

Station synoptique, ROSSO

(4) Humidité mensuelle (maximale, minimale et moyenne)

Unité : %

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyenne annuelle
Humidité maximale mensuelle													
1985	56,0	43,0	54,0	63,0	70,0	80,0	87,0	89,0	89,0	67,0	50,0	41,0	65,8
1986	31,0	59,0	58,0	61,0	76,0	79,0	87,0	91,0	91,0	77,0	61,0	54,0	68,8
1987	70,0	65,0	64,0	68,0	76,0	91,0	93,0	99,0	96,0	88,0	62,0	60,0	77,7
1988	56,0	72,0	56,0	77,0	82,0	85,0	90,0	94,0	92,0	81,0	74,0	45,0	75,3
1989	36,0	53,0	69,0	72,0	68,0	76,0	87,0	91,0	89,0	80,0	80,0	70,0	72,6
1990	53,0	45,5	46,1	66,5	73,7	76,0	85,9	89,7	86,5	79,3	62,5	53,4	68,2
1991	51,4	51,8	67,6	69,1	78,2	80,6	83,6	86,3	87,0	73,9	57,3	48,9	69,6
1992	56,4	74,9	48,7	70,8	73,0	71,5	88,5	85,8	86,8	69,9	46,6	58,5	69,3
1993	47,6	57,6	70,5	78,4	69,3	80,5	81,3	85,4	86,9	84,7	65,5	46,0	71,1
1994	48,0	44,5	63,0	69,5	78,6	83,1	84,6	84,8	77,4	76,3	61,4	35,4	67,2
Moyenne mensuelle	50,5	56,6	59,7	69,5	74,5	80,3	86,8	89,6	88,2	77,7	62,0	51,2	70,6
Humidité minimale mensuelle													
1985	15,0	8,0	11,0	10,0	12,0	23,0	40,0	44,0	44,0	14,0	10,0	15,0	20,5
1986	9,0	15,0	10,0	13,0	24,0	23,0	40,0	46,0	51,0	26,0	20,0	18,0	24,6
1987	18,0	17,0	15,0	17,0	19,0	28,0	39,0	44,0	46,0	34,0	15,0	18,0	25,8
1988	13,0	23,0	13,0	15,0	18,0	28,0	46,0	57,0	52,0	26,0	23,0	13,0	27,3
1989	10,0	17,0	21,0	14,0	14,0	26,0	44,0	52,0	46,0	31,0	29,0	24,0	27,3
1990	19,9	14,9	11,6	13,2	19,8	29,1	41,5	47,9	39,2	25,1	14,7	13,4	24,2
1991	17,0	10,3	14,3	14,7	18,7	31,9	38,4	40,4	40,2	25,7	18,5	20,9	24,3
1992	18,1	23,3	11,7	14,9	21,6	23,2	46,4	44,5	43,6	19,0	13,9	16,8	24,8
1993	11,2	11,9	12,5	16,9	14,4	24,8	38,0	47,1	43,2	34,1	21,6	14,4	24,2
1994	14,2	10,2	15,3	16,6	19,9	32,7	43,3	50,7	49,6	38,3	18,8	12,0	26,8
Moyenne mensuelle	14,5	15,1	13,5	14,5	18,1	27,0	41,7	47,4	45,5	27,3	18,5	16,6	25,0
Humidité relative moyenne													
1985	35,5	25,5	32,5	36,5	41,0	51,5	63,5	66,5	66,5	40,5	30,0	28,0	43,1
1986	20,0	37,0	34,0	37,0	50,0	51,0	63,5	68,5	71,0	51,5	40,5	36,0	46,7
1987	44,0	41,0	39,5	42,5	47,5	59,5	66,0	71,5	71,0	61,0	38,5	39,0	51,8
1988	34,5	47,5	34,5	46,0	50,0	56,5	68,0	75,5	72,0	53,5	48,5	29,0	51,3
1989	23,0	35,0	45,0	43,0	41,0	51,0	65,5	71,5	67,5	55,5	54,5	47,0	50,0
1990	36,5	30,2	28,9	39,9	46,8	52,6	63,7	68,8	62,9	52,2	38,6	33,4	46,2
1991	34,2	31,1	41,0	41,9	48,5	56,3	61,0	63,4	63,6	49,8	37,9	34,9	46,9
1992	37,3	49,1	30,2	42,9	47,3	47,4	67,5	65,2	65,2	44,5	30,3	37,7	47,0
1993	29,4	34,8	41,5	47,7	41,9	52,7	59,7	66,3	65,1	59,4	43,6	30,2	47,7
1994	31,1	27,4	39,2	43,1	49,3	57,9	64,0	67,8	63,5	57,3	40,1	23,7	47,0
Moyenne mensuelle	32,5	35,8	36,6	42,0	46,3	53,6	64,2	68,5	66,8	52,5	40,2	33,9	47,8

Tableau C.2.1.1 Résumé des données météorologiques de la zone d'étude (4/4)

Station synoptique, ROSSO

(5) Durée de L'ensoleillement

Unité : Heure

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Annuelle
1975	8,2	9,5	9,9	9,8	10,8	9,9	7,8	8,6	8,1	9,4	8,5	9,2	9,1
1976	8,2	9,1	8,9	10,1	10,8	9,7	8,8	8,5	7,5	8,8	8,3	6,7	8,8
1977	8,6	9,1	8,6	10,2	10,4	8,5	8,5	8,8	8,1	9,3	9,2	6,9	8,9
1978	8,1	9,8	9,2	10,5	9,4	9,0	8,7	9,2	8,3	8,5	7,6	7,4	8,8
1979	7,3	9,6	7,5	9,3	7,3	7,1	7,8	8,2	7,2	6,1	7,8	5,5	7,5
1980	6,9	7,3	8,6	8,0	9,2	6,3	8,9	8,4	9,2	9,5	9,6	7,9	8,3
Moyenne mensuelle	7,9	9,1	8,8	9,7	9,6	8,4	8,4	8,6	8,1	8,6	8,5	7,3	8,6

(6) Moyenne mensuelle de la vitesse du vent

Unité : m/s

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyenne annuelle
1990	5,0	3,9	4,9	5,1	4,2	4,9	4,1	2,5	2,9	2,4	3,3	4,2	4,0
1991	3,8	4,1	5,2	5,1	4,8	4,6	4,1	3,8	3,3	3,6	3,3	4,6	4,2
1992	4,1	4,5	5,9	6,0	6,0	5,7	4,2	4,1	4,3	5,0	4,7	4,6	4,9
1993	5,3	6,0	5,9	5,7	7,2	5,4	4,7	3,8	4,3	5,3	4,8	4,9	5,3
Moyenne mensuelle	4,6	4,6	5,5	5,5	5,6	5,2	4,3	3,6	3,7	4,1	4,0	4,6	4,6

(7) Evaporation mensuelle par piche

Unité : mm

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Total	Moyenne annuelle
1989	317	286	349	379	429	335	203	153	166	261	232	273	3.383	282
1990	238	299	377	376	321	266	207	168	191	251	304	311	3.309	276
1991	270	267	368	299	348	271	230	189	181	259	273	314	3.269	272
1992	277	208	359	296	313	336	197	190	169	310	456	265	3.376	281
1993	312	296	339	312	417	223	197	133	-	-	254	244	-	-
1994	285	274	203	211	301	213	202	151	150	193	252	288	2.723	227
1995	287	291	240	257	277	286	186	140	140	268	275	226	2.873	239
1996	261	295	279	272	319	266	202	196	162	187	300	231	2.970	248
1997	272	388												
Moyenne mensuelle	284	274	319	304	344	276	203	161	166	257	292	274	3.129	261

(8) Pluviométrie mensuelle pour Keur Macène

Unité : mm

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
1977	0	0	0	0	0	0	0	54	74	0	0	0	129
1978	0	11	0	1	0	4	0	50	71	9	0	0	147
1979	22	0	0	0	0	16	45	83	64	0	0	0	229
1980	0	10	0	0	0	1	1	73	84	1	0	1	171
1981	3	0	0	0	0	-	66	-	-	-	0	0	-
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0	0	-
1985	0	0	0	0	0	0	29	61	78	0	0	0	168
1986	0	0	0	0	0	-	20	73	87	3	0	0	-
1987	0	0	0	0	0	0	17	27	87	0	0	0	131
1988	0	0	0	0	0	0	1	147	96	0	0	0	244
1989	0	0	0	0	0	30	23	18	8	4	0	0	84
Moyenne mensuelle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 2.1.2 Evaporation mesurée par l'équipe chargée de l'étude

(1) Evaporation pan (bac classe A) mesurée à Rosso

Mois	Période	Jours	Evaporation		Estimation mensuelle (mm/mois)
			Totale (mm)	Moyenne (mm/jour)	
Nov. 1996	11/28 - 11/30	2	11	5,50	-
Dec. 1996	11/30 - 12/20	20	100	5,00	156
	11/21 - 12/31	10	51	5,10	
	Total	30	151	5,03	
Jan. 1997	12/31 - 1/11	11	56	5,09	153
	1/12 - 1/31	19	97	5,11	
	Total	30	153	5,10	
Fev. 1997	2/2 - 2/12	10	72	7,20	224
	2/12 - 2/25	13	109	8,38	
	2/25 - 2/28	3	27	9,00	
	Total	26	208	8,00	
Mar. 1997	3/1 - 3/10	10	78	7,80	

(2) Evaporation dans la dépression de Gungala

WL No. Echelle	Période	Jours	Evaporation	
			Totale (mm)	Moyenne (mm/jour)
14	3/12/96 - 5/1/97	33	130	3,94
	5/1/97 - 27/1/97	22	120	5,45
	27/1/97 - 17/2/97	21	170	8,10
	Total	76	420	5,53
15	3/12/96 - 5/1/97	33	140	4,24
	5/1/97 - 27/1/97	22	120	5,45
	Total	55	260	4,73
18	17/12/96 - 31/12/96	14	70	5,00
	31/12/96 - 26/1/97	26	110	4,23
	26/1/97 - 16/2/97	21	130	6,19
	Total	61	310	5,08
19	12/12/97 - 31/12/96	19	80	4,21
	31/12/96 - 29/1/97	29	130	4,48
	29/1/97 - 16/2/97	18	130	7,22
	16/2/97 - 8/3/97	20	130	6,50
	Total	86	470	5,47
20	12/12/97 - 31/12/96	19	80	4,21
	31/12/96 - 29/1/97	29	130	4,48
	29/1/97 - 16/2/97	18	120	6,67
	Total	66	330	5,00

(3) Evaporation mensuelle pan à Thiago - Gulers, Sénégal

Unite : mm

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Total
1986	-	-	-	-	-	-	-	-	161	206	205	287	-
1987	240	311	409	380	275	197	304	337	243	191	130	223	3,240
1988	313	300	374	345	326	280	219	166	131	183	156	141	2,934
1989	173	194	229	250	290	257	173	166	145	171	118	150	2,316
1990	178	205	231	235	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne mensuelle	226	253	311	303	297	245	232	223	170	188	152	200	2,799

Source : Final report on agricultural verification study at Thiago-Guiers, JICA, February 1991

Tableau C.2.1.3 Données hydrologiques du fleuve Sénégal

(1) Barrage de manantali : Débits moyens mensuels lâchés

Unité : m³/s

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyen.
1986					0	0	152	505	867	368	149	46	
1987	29	15	7	1	0	39	49	191	635	370	39	64	120
1988	85	60	22	4	98	34	23	9	825	209	5	6	114
1989	6	47	32	57	62	90	20	35	414	363	116	4	104
1990	50	57	53	46	55	67	33	132	321	234	128	59	103
1991	64	74	89	78	73	65	39	228	289	441	175	86	142
1992	66	121	186	170	177	235	304	181	786	188	241	94	228
1993	111	201	211	144	164	160	284	82	701	235	124	3	201
1994	108	110	146	154	152	180	183	446	1.000	308	1.124	1.103	418
1995	441	134	148	76	106	170	203	609	891	76	81	143	257
1996	171	208	255	147	112	103	224	262	630				

(2) Bakel : Débits moyens mensuels

Unité : m³/s

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyen.
1986					0	0	247	665	1.863	826	260	80	
1987	38	17	7	3	1	1	112	481	937	647	126	56	203
1988	72	50	47	4	55	97	308	924	3.143	704	82	23	457
1989	8	9	33	33	39	92	270	1.386	1.972	785	241	35	410
1990	23	41	44	28	32	54	342	637	659	523	205	42	220
1991	52	56	66	58	54	44	284	1.159	1.552	1.002	340	157	404
1992	81	121	227	215	211	266	497	407	1.726	409	396	147	391
1993	91	195	213	146	158	155	505	609	1.680	441	277	10	373
1994	62	91	123	135	131	208	556	1.786	3.007	1.295	1.467	1.297	849
1995	634	188	138	51	70	182	441	2.218	2.974	834	333	261	696
1996	236	276	339	220	148	151	469	876					

(3) Barrage de Diama

Année	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyen.
Débits moyens mensuels lâchés													Unité : m ³ /s
1986							304	429	1.060	1.145	599	9	
1987	0	0	0	0	0	0	0	228	723	727	400	23	175
1988	0	0	0	0	0	0	2	735	1.935	2.191	185	146	434
1989	13	0	5	0	0	0	201	487	1.257	1.081	362	87	292
1990	12	6	7	37	0	0	63	453	557	586	223	22	165
1991	0	96	63	47	15	11	0	479	1.235	946	521	204	301
1992	100	0	0	76	100	142	230	352	1.008	457	249	143	238
1993	105	139	94	68	0	39	292	656	1.347	694	336	29	316
1994	0	0	0	24	42	49	351	1.110	1.980	1.928	1.282	1.243	671
1995	811	249	116	12	30	45	173	1.206	2.178	2.094	339	150	620
1996	157	216	215	188	50	18							
Plan d'eau moyen mensuel en amont du barrage													Unité : cm (IGN)
1986													
1987													
1988													50
1989	40	23	21	8	12	17	56	40	12	96	78	54	38
1990	52	49	55	46	20	19	62	110	129	134	134	131	79
1991	126	72	54	34	34	32	56	144	148	146	106	50	84
1992	49	99	143	151	151	151	150	150	152	158	174	175	142
1993	174	152	153	150	150	155	154	157	164	167	177	159	159
1994	138	144	150	151	152	152	154	170	177	154	145	163	154
1995	162	175	177	171	153	154	171	156	144	147	172	177	163
1996	184	180	181	179	174	175	175	174	198	192	204	220	186
1997	210	212											

Tableau C.2.1.4 Données OMVS de la nappe phréatique

Période	Unité : m (Elév.)					
	fl. Sénégal	No. DA069	No. DA027	No. DA028	No. DA029	No. DA031
Jui - 87	-	0	-0,48	-0,14	-0,8	-1,31
Aou - 87	-	0,19	-0,53	-0,1	-0,83	-1,32
Sep - 87	-	-	-	-0,03	-0,16	-1,27
Oct - 87	-	-	-	0,08	-	-
Nov - 87	-	-	-	0,15	-	-
Dec - 87	-	0,52	-	0,21	-	-
Fev - 88	-	0,51	-0,29	0,1	-0,47	-1,32
Mar - 88	-	0,31	-0,41	0,07	-0,63	-1,34
Avr - 88	-	0,05	-0,62	0	-0,78	-1,4
Mai - 88	-	0,16	-0,58	-0,12	-0,94	-1,46
Juin - 88	-	-0,1	-0,7	-0,12	-0,95	-1,48
Jui - 88	-	0,13	-0,55	-0,07	-0,85	-1,36
Aou - 88	-	-	-0,47	0,07	-0,75	-1,28
Sep - 88	-	-	-	0,24	-	-
Oct - 88	-	-	-	0,58	-	-
Nov - 88	-	-	-	0,46	-	-
Dec - 88	-	0,56	0,1	0,46	-	-
Jan - 89	0,4	0,49	-0,07	0,31	-0,37	-1,23
Fev - 89	0,23	-	-0,33	0,22	-0,49	-
Mar - 89	0,21	0,26	-0,42	0,25	-0,57	-1,29
Juin - 89	0,17	-0,04	-0,66	-0,07	-	-
Jan - 90	0,52	0,56	-0,29	0,15	-	-1,25
Sep - 90	1,29	-	-0,38	0,28	-	-
Fev - 91	0,72	0,49	-0,73	0,02	-	-1,26
Nov - 91	1,06	-	0,23	0,51	-	-
Nov - 92	1,74	-	0,58	0,4	-	-
Oct - 93	1,67	-	-	0,57	-	-
Avr - 94	1,51	0,35	-0,39	-0,09	-0,39	-
Nov - 94	1,45	-	-	0,58	-	-
Mai - 95	1,53	-	-0,08	0,01	-0,05	-

Tableau C.2.3.1 Enquête inventaire sur la riziculture irriguée en 1996

NO.	Surface	No. de registre	Source d'eau	Surface cultivée (ha : brut)	Canal d'admission (m)	Groupe moto pompe			Longueur (m)	Etat	Canal principal du périmètre
						No.	Cylindre	Année fabric. (état)			
1	Ibrahima	(A1)	Canal d'Ibrahima	16,1	direct	1	2	1996	500	probablement dû à une grande infiltration.	
2	Ibrahima	(A2)	Canal d'Ibrahima	24,1	direct	1	2		700	mauvaise maintenance	
3	Ibrahima	(B1)	Canal d'Ibrahima	16,3	direct	1	3		800	probablement dû à une infiltration	
4	Ibrahima	(B2)	Canal d'Ibrahima	92,8	direct	3	2		1400	beaucoup de mauvaises herbes	
5	Ibrahima	(B3)	Canal d'Ibrahima	79,1	direct	2	2	une 1986	1200	lessivé et beaucoup d'herbes	
6	Ibrahima	(B4)	Canal d'Dioup	32,4	200	1	2	1993	1200	beaucoup de mauvaises herbes	
7	Awlig	171	Depres. d'Awlig	71,9	100				1300	10m à partir pompe estimée en bon état	
8	Awlig	263	Depres. d'Awlig	29,3	300				1500	Infiltration	
9	Awlig	(Aw3)	Depres. d'Awlig	26,7	500				650	beaucoup de mauvaises herbes	
10	Awlig	170	Depres. d'Awlig	39,5	500				800	beaucoup de mauvaises herbes	
11	Awlig	(Aw7)	El Aguer	28	direct	1	2	Bonne mainte	700	beaucoup de fissures	
12	Awlig	(Aw5)	Depres. d'Awlig	15,4	20	1	3	Bonne mainte	350	beaucoup de fissures	
13	Awlig	(Aw6)	Depres. d'Awlig	37,8	direct				750	beaucoup de fissures	
14	Awlig	(Aw9)	Depres. d'Awlig	28	400				1600	beaucoup de fissures	
15	Awlig	25	Depres. d'Awlig	37,7	400	2	2	une 1986	1400	beaucoup de fissures	
16	Néjellar	(C)	Depres. de Gungala	15,8	150	1	2	1988	900	Excès de prise pour chaque champs	
17	Nkeila	149	Depres. de Gungala	9	direct	2	2	une 1987	500		
18	Keur Macene	113	Depres. de Gungala	21,2	80	1	2		1100	beaucoup de mauvaises herbes	
19	Keur Macene	(Gu2)	Canal de Dioup	34,7	200	1	2	1989	550	beaucoup de fissures	
20	Keur Macene	K	Mare	9,6	10	1	2		500	beaucoup de mauvaises herbes	
21	Keur Macene	160,29	Canal de Diallo	24,2	150	1	2		900	beaucoup de mauvaises herbes	
22	Keur Macene	(D1)	Canal de Diallo	38,1	120	1	2	1996	900	grande infiltration	
23	Keur Macene	(Do1)	Canal de Diallo	22,7	120	1	2		1000	beaucoup de fissures	
24	Keur Macene	(Do)	Canal de Diallo	16,3	120	1	2		1000	mauvais état	
25	Bneinadji	(Be1)	Canal de Diallo	13,4	300	1	2		400	petite infiltration	
26	Bneinadji	(Dia4)	Canal de Diallo	11	direct				1200		
27	Bneinadji	124	Canal de Diallo	44	80	1	2		1700	bon état	
28	Bneinadji	(Dia2)	Canal de Diallo	12,2	direct	1	2		1750	bon état	
29	Bneinadji	7	Canal de Diallo	2,3	direct	1	2	1991	1800	beaucoup de mauvaises herbes	
30	Aflout	Af	Mare	9	50				800	bon état	
Total				858,6	(Net 772,7)				29850	14000	
Moyenne				28,62	(Net 25,76)				995	129 (lit/ha/an)	

La surface moyenne irriguée par une moto-pompe de 2 cylindres 21,58 (Net 19,42)
 La capacité d'un 3 cylindres est comptée 1,5 fois plus que celle d'un 2 cylindres

Tableau C.2.4.1 Dimensions des ouvrages de franchissement existants

Route entre les prises d'Ibrahima et Dalagona	
Aucun ouvrage de franchissement	
Route entre les prises de Dalagona et Aftout	
Aucun ouvrage de franchissement	
Route entre Keur Macène et M'Bel	
No.1	
Location	: 2km de Keur Macène
Type d'ouvrage	: Ponceau: conduit en tuyau de béton
Dimension du conduit	: D= 600, L= 6m, 2conduits
Epaisseur du sol couvert	: 70cm
Protection	: Néant
No.2	
Location	: 6km de Keur Macène
Type d'ouvrage	: Ponceau: conduit en dalot de béton (béton armé avec agrégats de coquillage)
Dimension du conduit	: l= 1.000, H=1.000, L= 6m, 1conduit, épaisseur=13cm
Epaisseur du sol couvert	: 0cm (Corps en béton exposé.)
Protection	: Néant
No.3	
Location	: 7km de Keur Macène
Type d'ouvrage	: Ponceau: conduit en dalot de béton (béton armé avec agrégats de coquillage)
Dimension du conduit	: l= 1.000, H=1.000, L= 7m, 1conduit, épaisseur=13cm
Epaisseur du sol couvert	: 10cm
Protection	: Néant
Route entre Keur Macène et la Digue	
No.1	
Location	: 100m de Keur Macène
Type d'ouvrage	: Ponceau: conduit en dalot d'acier (conteneur de voiture)
Dimension du conduit	: l= 2,0m, H= 2,3m, L= 6,0m, 1conduit
Epaisseur du sol couvert	: 0,8m
Protection	: Néant
Voie entre Keur Macène et Dal As Salam	
No.1	
Location	: 1km de Keur Macène
Type d'ouvrage	: Ponceau: conduit en tuyau de béton
Dimension du conduit	: D= 650, L= 6m, 1conduit
Epaisseur du sol couvert	: 15cm
Protection	: Néant
No.2	
Location	: 6km de Keur Macène
Type d'ouvrage	: Siphon: conduit en tuyau
Dimension du conduit	: D= 200, L= 4,8m, 2conduits
Epaisseur du sol couvert	: 30cm
Protection	: Ouvrage de prise et exutoire en briques de béton, épaisseur=17cm
No.3	
Location	: 8km de Keur Macène
Type d'ouvrage	: Ponceau: tuyau ondulé
Dimension du conduit	: D= 1.500, L= 10m, 1conduit
Epaisseur du sol couvert	: 0cm
Protection	: Néant

Tableau C.3.3.1 (1/2)

Tableau C.3.3.1 Estimation des besoins en eau des cultures (1/2) (Paddy)

Description	JAN	FEB	MAR	AVR	MAY	JUI	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC					
													Paddy de Saison Sèche				
Système de cultures																	
Kc (saison sèche)																	
Kc (saison des Pluies)																	
ET ₀ (mm/jour)	0,17	0,35	0,53	0,72	0,93	1,13	1,18	1,26	1,23	1,27	1,25	1,23	0,91	0,98	0,91	0,38	0,19
ET (mm/jour) (saison sèche)																	
ET (mm/jour) (saison des pluies)	7,6	7,6	8,9	8,9	8,9	8,9	9,1	9,1	8,1	8,1	8,1	8,1	6,7	6,7	6,7	6,3	6,3
ET (mm/décade) (saison sèche)	1,29	2,66	4,72	6,41	8,28	10,06	10,80	10,88	11,19	11,56	11,38	9,96	6,34	4,09	2,85	1,27	
ET (mm/décade) (saison des pluies)																	
Lessivage (mm)																	
Saturation (mm)	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
Percolation (mm) (saison sèche)	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2
Percolation (mm) (saison des pluies)	1,7	3,1	4,6	6,7	8,3	11,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,3	6,7	5,0	3,3	1,8
Total (saison sèche)																	
Total (saison des pluies)																	
Besoins totaux sans pluie eff. (mm)	44	59	68	96	115	145	111	115	117	122	126	136	110	92	73	46	29
Pluie efficace (mm)	44	59	68	96	115	145	111	115	117	122	126	136	110	92	73	46	29
Besoins (mm)																	
Besoins (mm) (saison sèche)	44	59	68	96	115	145	111	115	117	122	126	136	110	92	73	46	29
Besoins (mm) (saison des pluies)																	
Besoins totaux en eau (mm)	44	59	68	96	115	145	111	115	117	122	126	136	110	92	73	46	29
Paddy de saison sèche																	
Besoins bruts à la pompe (mm)	38,2	77,3	89,2	127	151	190	145	151	154	160	165	170	144	121	96,2	60,4	37,8
(lit/sec/ha)	0,67	0,89	1,29	1,47	1,75	2,16	1,68	1,75	1,78	1,86	1,91	1,88	1,67	1,40	1,11	0,7	0,44
Besoins bruts à la prise (mm)	64,4	93,9	105	149	176	224	171	178	181	189	194	211	170	142	113	71	44,5
(lit/sec/ha)	0,79	1,05	1,52	1,73	2,06	2,35	2,0	2,06	2,09	2,18	2,25	2,22	1,96	1,64	1,31	0,82	0,52
Paddy de saison des pluies																	
Besoins bruts à la pompe (mm)																	
(lit/sec/ha)																	
Besoins bruts à la prise (mm)																	
(lit/sec/ha)																	

Tableau C.3.3.1 Estimation des besoins en eau des cultures (2/2) (Pâturage)

Description Système de cultures	JAN	FEB	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIN	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC																								
		Pâturage - 1																																		
	Pâturage - 2																																			
	Pâturage - 3																																			
Kc moyen pour 9 blocs	0,99	0,93	0,88	0,82	0,81	0,80	0,79	0,79	0,79	0,82	0,82	0,81	0,80	0,79	0,79	0,86	0,92	0,99																		
ETo (mm/jour)	6,9	6,9	7,6	7,6	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,1	8,1	8,1	6,7	6,7	6,3	6,3	6,3	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1														
ET (mm/jour)	6,82	6,44	6,06	6,25	6,25	6,16	7,12	7,02	7,61	8,21	8,80	9,00	8,49	7,99	6,66	6,66	6,37	5,36	5,29	5,39	5,81	6,23	6,23	5,84	5,84	5,76	5,64	5,60	6,07	6,55	7,02					
ET (mm/décade)	68	64	61	62	62	62	71	70	76	82	88	90	85	80	67	67	64	54	53	53	54	62	62	59	55	58	58	57	56	61	65	70				
Apport supplémentaire de la nappe phréatique	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27				
Pluie effective (mm)																																				
Besoins en eau (mm/décade)	41	37	34	35	35	35	44	43	49	55	61	63	58	53	40	40	39	27	26	25	27	31	0	21	25	28	14	31	30	29	29	34	36	43		
(mm/jour)	4,1	3,7	3,4	3,5	3,5	3,5	4,4	4,3	4,9	5,5	6,1	6,3	5,8	4,8	4,0	4,0	3,9	2,7	2,6	2,5	2,7	3,1	0,0	2,1	2,5	2,8	1,4	3,1	3,0	2,9	2,9	3,4	3,8	3,9		
Besoins bruts en tête du tertiaire (mm/décade)	61	55	50	53	53	51	65	64	73	82	90	93	86	78	59	59	57	39	38	37	40	46	0	32	37	42	21	46	45	44	43	50	57	64		
(lit/sec/ha)	0,71	0,64	0,57	0,61	0,61	0,74	0,76	0,74	0,67	0,84	0,94	1,03	1,08	0,99	0,82	0,88	0,88	0,46	0,46	0,44	0,39	0,46	0,00	0,37	0,43	0,49	0,25	0,54	0,48	0,51	0,50	0,58	0,66	0,67		
Besoins bruts à la pompe (mm/décade)	71,9	65,2	58,5	61,9	61,9	60,4	71	73,3	75,3	85,7	96	106	110	101	92,2	69	69	45,3	46,4	45,1	45,3	46,9	54,2	0	37,1	43,2	49,3	25,1	54,7	53,3	51,9	50,6	56,6	63,8	67,1	75,3
(lit/sec/ha)	0,83	0,75	0,68	0,72	0,72	0,87	0,89	0,87	0,79	0,99	1,11	1,23	1,27	1,17	0,97	0,80	0,80	0,78	0,54	0,52	0,46	0,54	0,63	0,00	0,43	0,50	0,57	0,29	0,63	0,56	0,60	0,59	0,68	0,78	0,79	

Table C.3.3.2 Résultats de la balance des sels

(1) Variation de la salinité à la base des racines - Conductivité de l'extrait de sol à saturation (mmho/cm)

Culture	Année	Type de sol		
		Type - 1	Type - 2	Type - 3
Paddy	Initiale	2,70	1,60	9,70
	1	1,76	1,36	5,10
	2	1,48	1,22	3,93
	3	1,35	1,13	3,39
	4	1,26	1,08	3,08
	5	1,22	1,04	2,89
Pâturage	Initiale	2,70	1,60	9,70
	1	2,69	1,82	8,60
	2	2,67	1,96	7,76
	3	2,63	2,04	7,10
	4	2,59	2,09	6,58
	5	2,55	2,11	6,16

(2) Ecoulement annuel des sels à partir des périmètres agricoles (kg/ha/sec)

Culture	Année	Type de sol		
		Type - 1	Type - 2	Type - 3
Paddy	1	2851	2025	8757
	2	2181	1792	5636
	3	1935	1649	4635
	4	1803	1560	4122
	5	1723	1505	3817
Pâturage	1	383	284	1037
	2	382	302	939
	3	279	313	863
	4	275	319	803
	5	371	323	756

(3) Ecoulement annuel des sels à partir des périmètres agricoles (5 ème année)
(kg/ha/mois)

Culture	Soil Type	JAN	FEB	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
Paddy	Type - 1	0	817	33	37	40	29	0	687	25	30	26	0	1723
	Type - 2	0	687	33	37	40	29	0	599	25	30	26	0	1505
	Type - 3	0	2068	33	37	40	29	0	1530	25	30	26	0	3817
Pâturage	Type - 1	8	8	11	36	37	8	5	80	85	80	6	8	371
	Type - 2	8	8	11	31	32	8	5	67	72	67	6	8	323
	Type - 3	8	8	14	70	72	8	5	184	194	179	6	8	756

Tableau C.3.4.1 Resultats du bilan hydrique de la Dépression de Gungala

Alternative 1-A				1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Moyen	MAX
Aire de paddy (ha)	3440	Pi. d'eau control. (EL. m)	1																						
Aire de pâturage (ha)	200	Pompe (m ³ /s)	11																						
Aire inculée (ha)	5134	Concentration sels (ppm)	750																						
Plan d'eau																									
<=0.75	0	2	3	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	0	3	3	1	3	3	2,2
>0.75 <=1	36	34	33	35	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	35	33	36	33	35	33	33	33	33,8
>1 <=1.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.15 > <=1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pi. d'eau max ann.(El.m)	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
Débit ann. pomp.(Mm ³)	13,222	11,389	4,631	19,415	19,090	9,560	13,486	7,439	0,304	3,016	8,137	24,478	12,399	11,796	11,767	7,150	5,153	10,558	8,050	10,898	10,597	24,478			
Dessalement																									
Débit ann. pompe	5,152	6,408	7,550	5,477	2,321	3,003	4,517	5,109	10,349	7,951	5,905	5,271	1,703	3,728	3,864	5,767	6,095	5,730	4,340	5,341	5,279	10,349			
Maxi. ppm	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
Alternative 1-B				1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Moyen	MAX
Aire de paddy (ha)	3440	Pi. d'eau control. (EL. m)	0,75																						
Aire de pâturage (ha)	790	Pompe (m ³ /s)	12																						
Aire inculée (ha)	4747	Concentration sels (ppm)	750																						
Plan d'eau																									
<=0.75	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
>0.75 <=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>1 <=1.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.15 > <=1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pi. d'eau max ann.(El.m)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Débit ann. pomp.(Mm ³)	29,082	27,477	19,665	35,987	35,627	25,318	29,133	22,951	15,438	18,338	23,650	39,896	30,017	27,893	27,780	22,421	20,996	26,518	23,648	26,789	26,431	39,896			
Dessalement																									
Débit ann. pompe	4,113	2,849	1,948	1,963	0,590	0,679	1,130	1,667	1,409	2,691	1,859	1,812	0,367	0,074	1,086	0,783	1,966	0,862	1,106	1,429	1,519	4,113			
Maxi. ppm	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750

Tableau C.3.4.1 Resultats du bilan hydrique de la Dépression de Gungala

Alternative 2-A1		1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Moyen	MAX
Aire de paddy (ha)	3440																						
Aire de pâturage (ha)	200																						
Aire inculte (ha)	5334																						
		1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Moyen	MAX
<=0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0.65
>0.75 <=1	21	22	30	18	21	22	22	22	25	36	27	23	19	23	23	21	29	25	23	25	21	21	23.8
>1 <=1.15	13	14	6	9	6	14	10	11	0	6	6	11	2	13	12	13	7	9	9	11	14	9.5	
1.15 <=1.25	2	0	0	0	6	7	0	4	0	0	0	0	7	0	1	2	0	0	0	3	0	0	1.6
>1.25	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
Pl. d'eau max ann.(El.m)	1.17	1.15	1.05	1.26	1.27	1.12	1.19	1.14	1.14	0.99	1.06	1.11	1.34	1.10	1.17	1.17	1.06	1.08	1.20	1.13	1.14	1.15	1.34
Débit ann. pomp.(Mm3)	14,318	13,496	6,477	16,230	15,677	12,584	13,260	11,203	0,353	5,305	9,584	14,541	16,991	12,846	14,983	7,146	7,757	11,521	10,799	12,930	11,400	16,991	
Dessalement																							
Débit ann. pompe	5,582	6,245	5,809	4,830	2,957	4,519	3,810	4,032	9,004	7,034	4,891	4,793	2,781	3,545	3,510	4,215	6,212	4,917	4,421	4,254	4,858	9,004	
Maxi. ppm	1,071	1,023	894	849	802	787	820	829	832	782	813	809	775	793	824	804	811	791	828	833	839	1,071	

Alternative 2-A2		1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Moyen	MAX
Aire de paddy (ha)	3440																						
Aire de pâturage (ha)	200																						
Aire inculte (ha)	5334																						
		1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Moyen	MAX
<=0.75	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	3	2	3	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0.9
>0.75 <=1	24	25	33	19	21	26	23	23	30	34	28	30	18	25	24	23	33	31	23	25	22	25.85	
>1 <=1.15	12	11	3	9	6	10	10	5	0	5	4	2	11	12	13	3	2	2	10	11	13	7.6	
1.15 <=1.25	0	0	0	0	6	7	0	3	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	2	0	1.25	
>1.25	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4
Pl. d'eau max ann.(El.m)	1.14	1.13	1.03	1.23	1.26	1.08	1.18	1.13	1.13	0.99	1.05	1.09	1.33	1.07	1.14	1.15	1.05	1.07	1.18	1.11	1.12	1.13	1.33
Débit ann. pomp.(Mm3)	17,602	15,664	4,915	21,375	20,579	13,943	16,474	9,454	0,313	4,884	8,063	19,829	18,218	16,162	17,144	6,285	4,723	15,098	13,223	16,640	13,029	21,375	
Dessalement																							
Débit ann. pompe	5,493	5,251	5,616	5,703	1,676	3,130	3,127	3,118	9,511	7,017	5,352	5,370	750	750	3,021	2,416	4,502	6,609	5,730	3,274	3,401	4,553	9,511
Maxi. ppm	985	845	810	754	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	752	757	750	750	756	750	770	985

Tableau C.3.4.1 Resultats du bilan hydrique de la Dépression de Gungala

Alternative 2-R																						
Aire de paddy (ha)	3440	Pi. d'eau control. (EL. m)	0.75																			
Aire de pâturage (ha)	790	Pompe (m ³ /s)	3.9																			
Aire. inculte (ha)	4747	Concentration sels (ppm)	750																			
<=0.75	34	36	30	34	34	36	36	35	33	33	33	34	33	33	33	33.1						
>0.75 <=1	2	2	5	2	2	2	2	1	3	2	1	3	2	3	2	2.45						
>1 <=1.15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.45						
1.15 <=1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
>1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
Pi. d'eau max ann.(El.m)	0.93	0.92	0.75	1.05	0.92	0.75	0.75	0.79	0.86	1.08	0.84	0.90	0.90	0.78	0.83	0.96	0.91	0.90	1.08			
Débit ann. pomp.(Mm ³)	28.605	27.155	19.665	37.945	39.451	25.167	27.561	25.083	15.438	18.295	23.380	60.019	33.165	27.651	27.173	22.343	20.871	25.796	23.243	26.433	27.722	60.019
Dessalement																						
Débit ann. pompe	4.113	3.012	1.961	1.963	0.491	0.571	1.141	1.422	1.185	1.870	1.747	0.000	0.072	1.102	0.851	1.964	0.909	1.275	1.448	1.489	4.113	
Maxi. ppm	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	649	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750

Alternative 3-A1																						
Aire de paddy (ha)	3440	Pi. d'eau control. (EL. m)	1																			
Aire de pâturage (ha)	200	Pompe (m ³ /s)	0																			
Aire inculte (ha)	5334	Concentration sels (ppm)	750																			
<=0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
>0.75 <=1	20	21	25	18	17	21	21	24	35	26	20	21	14	19	19	22	25	23	23	21	21.75	
>1 <=1.15	8	10	11	8	8	12	7	10	1	15	11	13	11	11	14	11	14	7	11	10	9.3	
1.15 <=1.25	8	5	0	5	5	3	8	2	0	0	0	7	9	6	0	0	0	6	2	5	3.85	
>1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9
Pi. d'eau max ann.(El.m)	1.23	1.23	1.12	1.33	1.31	1.20	1.23	1.19	1.01	1.08	1.15	1.37	1.21	1.24	1.23	1.15	1.11	1.23	1.17	1.20	1.20	1.37
Débit ann. pomp.(Mm ³)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Dessalement																						
Débit ann. pompe	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Maxi. ppm	1.523	3.330	4.935	7.887	6.667	8.792	10.350	12.283	15.431	25.596	22.606	21.440	15.661	18.665	20.931	21.814	30.739	31.398	27.723	33.095	17.043	33.095

Tableau C.3.4.1 Resultats du bilan hydrique de la Dépression de Gungala

Alternative 3-A2		1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	Moyen	MAX	
Aire de paddy (ha)	3440																							
Aire de pâturage (ha)	200																							
Aire inculte (ha)	5334																							
		0	0	0	2	0	0	0	1	2	3	2	3	3	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0,9
<=0,75		24	25	33	19	21	26	23	30	34	28	30	18	25	24	23	33	33	31	23	25	22	25,85	
>0,75,<=1		12	11	3	9	6	10	10	5	0	5	4	2	11	12	13	3	3	2	10	11	13	7,6	
>1,<=1,15		0	0	0	6	7	0	3	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1,25	
1,15>,<=1,25		0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	
>1,25																								
Pl. d'eau max ann.(EL.m)	1,14	1,13	1,03	1,23	1,26	1,08	1,18	1,18	1,13	0,99	1,05	1,09	1,23	1,07	1,14	1,15	1,05	1,07	1,18	1,11	1,11	1,12	1,13	1,33
Débit ann. pompe (Mm3)	17,602	15,664	4,915	21,375	20,579	13,943	16,474	9,454	9,454	0,313	4,884	8,063	19,829	18,218	16,162	17,144	6,285	4,723	15,098	13,223	16,640	13,029	21,375	
Dessalement																								
Débit ann. pompe	5,493	5,251	5,616	5,703	1,676	3,130	3,127	3,118	3,118	9,511	7,017	5,352	5,370	1,737	3,021	2,416	4,502	6,609	5,730	3,274	3,401	4,553	9,511	
Maxi. ppm	985	845	810	754	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750	752	757	750	750	750	756	750	770	985
Alternative 3-B																								
Aire de paddy (ha)	3440																							
Aire de pâturage (ha)	790																							
Aire inculte (ha)	4747																							
		32	32	35	28	21	31	31	33	36	35	33	21	31	31	32	34	34	34	23	31	32	30,8	
<=0,75		4	4	1	7	4	5	3	3	0	1	3	4	5	5	4	2	2	2	11	5	4	3,85	
>0,75,<=1		0	0	0	1	11	0	2	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1,35	
>1,<=1,15		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1,15>,<=1,25		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
>1,25		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pl. d'eau max ann.(EL.m)	0,96	0,95	0,77	1,08	1,09	0,90	1,07	1,07	0,95	0,75	0,83	0,89	1,15	0,90	0,93	0,96	0,83	0,87	1,01	0,93	0,94	0,94	1,15	
Débit ann. pompe (Mm3)	28,225	29,297	19,649	38,848	53,249	31,662	26,845	24,818	15,438	15,438	18,231	23,180	51,134	36,805	32,257	26,704	22,190	20,781	47,782	26,262	26,107	29,973	53,249	
Dessalement																								
Débit ann. pompe	3,743	3,078	1,783	1,967	0,471	0,000	1,127	1,448	1,233	2,691	1,882	1,720	0,000	0,000	0,095	0,772	0,897	1,948	0,936	0,000	1,471	1,363	3,743	
Maxi. ppm	840	750	750	750	750	636	750	750	750	750	750	750	750	628	750	750	750	750	750	750	697	750	740	840

