

10984

République Islamique de Mauritanie

4ème Région du Brakna.
Secteur de Kaédi.

AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE
DE LA PLAINE DU DIROL:

Avant-Projet Sommaire.



USAID Mission de Dakar
Bureau USAID/RBDO chargé des bassins fluviaux OMVS et OMVG

Jean LeBloas
Mars 1986.

Version abrégée préparée pour le séminaire OMVS sur la conception, la
réalisation, la maintenance et les coûts des aménagements hydroagricoles,
Dakar, Avril 1986.
La version originale est datée de Mars 1984.

5. Description de l'aménagement proposé	40-54
5.1. Choix de l'implantation de la digue	40
5.1.1. Solution 1: Ferrala-Ndiafane	40
5.1.1.1. Courbes hauteur/volume	41
5.1.2. Solution 2: Ferrala-Roufi Aoudi-Silla	42
Carte M1 et M2	
5.2. Choix de la cote de niveau de l'endiguement	42
5.3. Caractéristiques de la digue	45
5.3.1. Géométrie	45
5.3.2. Caractéristiques des remblais	45
5.3.3. Protection de la digue	46
5.3.4. Protection du barrage	46
5.4. L'infrastructure hydraulique proposée	46
5.4.1. Stade actuel d'avant projet	46
5.4.2. Croquis profils types de la digue	48
5.4.3. Caractéristiques de la prise-vidange sur le barrage du Dirol	49
5.4.4. Croquis coupe sur ouvrage prise-vidange barrage . . .	50
5.4.5. Ouvrage vanne de Roufi-Aoudi: croquis de principe .	51
5.5. Avantages apportés par la digue	52
6. Devis estimatif des travaux	55-60
6.1. Calcul des quantités	55
6.2. Devis estimatif des travaux	55
6.3. Sensibilité du coût/cote de la digue	58
6.4. Coûts comparés des deux scénarios d'aménagement	59
7. Activités prévues au projet "Plaine du Dirol"	61-68
7.1. 1ère phase	61
7.2. 2ème phase	61
7.3. 3ème phase	62
Schéma des phases d'aménagement: Phase 1, 2 et 3	63
7.4. Thèmes de vulgarisation pour l'amélioration du sorgho de décrue	66
7.5. Les acquis de la recherche sur l'amélioration du sorgho de décrue	68

8. <u>Eléments d'évaluation économique</u>	69-75
8.1. Au niveau du cultivateur	69
8.2. Au niveau de la plaine (niveau du projet)	70
8.2.1. Années moyennes dans les conditions naturelles	70
8.2.2. Années fortes dans les conditions naturelles	70
8.2.3. Années faibles dans les conditions naturelles	70
8.2.4. Après Manantali	71
8.3. Evaluation au niveau national	72
8.4. Estimation des productions pour différentes hypothèses	73
8.5. Prix des céréales et des engrains en Mauritanie	74
8.6. Analyse économique (par WMS II)	75

ANNEXES

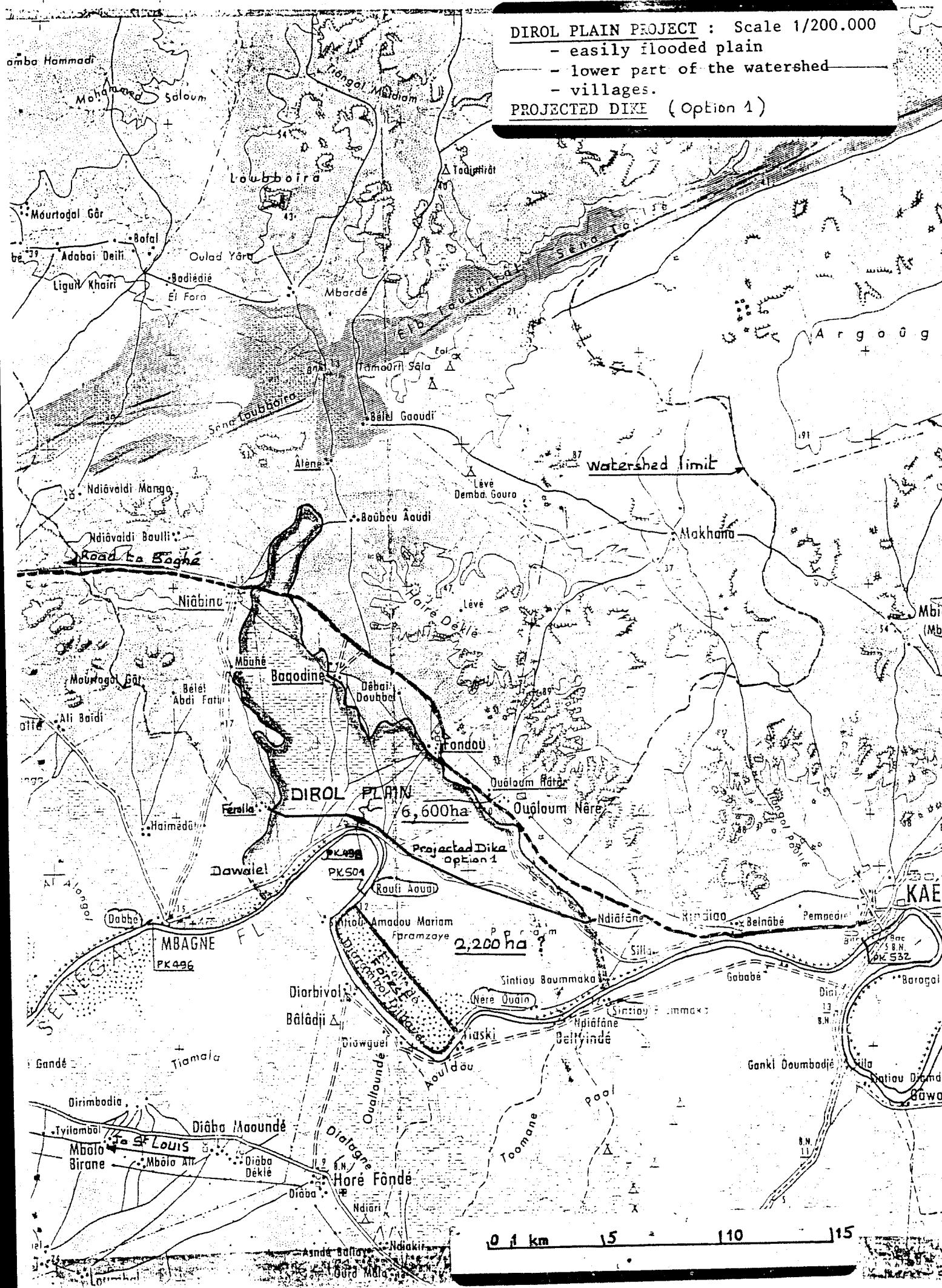
A. Enveloppe des lignes d'eau	A1 à A6
B. Digue du périmètre pilote du Gorgol	B1
Canal fossile du Sénégal	
C. Cartes: C1 Location map.	
C2 Dirol plain project 1/200.000.	
C3-C4 Population 1/100.000.	
C5 Périmètres SONADER existant dans la zone . . .	C5
C6 Aménagements prévus dans la zone	C6
C7 Ortho photo plans 1/10.000 disponibles dans la zone	C7
D. Bibliographie	D1 à D4
E. Détail superficies par zones et par classes de sols	E
F. Les problèmes fonciers en Mauritanie: extraits de l'ordonnance du 5 Juin 1983	F
Cartes échelle 1/50.000:	
M1: Zone Nord, digue solution 1.	
M2: Zone Sud, digue solution 2.	
M3: Carte des aptitudes culturelles.	

TERMES DE REFERENCE

- A. Etudes Topographiques
- B. Etudes Hydrologiques
- C. Etudes Pédologiques
- D. Etude du Régime Foncier

DIROL PLAIN PROJECT : Scale 1/200,000

- easily flooded plain
- lower part of the watershed
- villages.

PROJECTED DIKE (Option 1)

Mauritania
Dirol Plain Project

République Islamique de Mauritanie
Projet d'Aménagement de la Plaine du Dirol

CURRENCY EQUIVALENTS/TAUX DE CHANGE DES MONNAIES

Jan. 1984

Currency Unit: Ouguiya (UM)
US\$ 1.00 = UM 56.00
UM 1,000 = US\$ 17.86
UM 1.00 = CFA 7.20

Février 1986

US \$1.00 = UM 73
UM 1,000 = US \$ 13.69
UM 1.00 = CFA 5.0

WIGHTS AND MEASURES

1 Kilogram (kg)	:	2.20 pounds
1 metric ton (t)	:	0.98 long tons
1 hectare (ha)	:	2.47 acres
1 kilometer (km)	:	0.62 mile
1 millimeter/year (mm/year)	:	0.04 inches/year
1 ton/hectare (t/ha)	:	890 pounds/acre

ABREVIATIONS

CSA	Commissariat a la Sécurité Alimentaire (Food Aid Commission).
CCGE	Caisse Centrale de Coopération Economique (French aid loan agency).
FAC	Fonds d'Aide et de Coopération (French aid grant agency).
FAO/CP	Food and Agriculture Organization/Bank Cooperative Program.
FED	Fonds Européen de Développement (EEC aid grant agency).
GERSAR	Groupement d'Etudes et de Réalisations des Sociétés d'Aménagement Régional.
IRAT	Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des cultures vivrières (French research organization).
KFW	Kreditanstalt fur Wiederaufbau (German aid loan agency).
MDR	Ministry of Rural Development, Mauritania.
OCLALAV	Organisation Commune de Lutte Anti Acridienne et Anti Aviaire, siège à Dakar.
OMC	Office Mauritanian de Céréales (Grain Marketing Board).
OMVS	Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (Senegal Valley Development Authority).
ORSTOM	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.
SCET	Société Centrale pour l'Equipement du Territoire international (Paris) (a french engineering firm).
SOGREAH	Société Grenobloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques.
SONADER	Société Nationale pour le Développement Rural (National Rural Development Authorit).
SONIMEX	Société Nationale d'Import-Export (State trading company).

RESUME ET CONCLUSIONS

1. La population de la Mauritanie est de 1,6 million d'habitants et devrait atteindre 3 millions en l'an 2000. Si sa situation économique est soutenue par les mines, la pêche et l'élevage, la situation vivrière est difficile et aura atteint en 1983-84 un niveau catastrophique: les besoins en céréales, de l'ordre de 240.000 tonnes n'auront été couverts en 1983 que pour 5% par la production nationale évaluée à 12.000 tonnes, provenant des périmètres irrigués (6.700 t. de riz décortiqué) et de la culture de décrue dans le oualo du Gorgol dont la production a été de 5.500 tonnes environ. ce taux de couverture des besoins était de 7% en 1984. Il sera de 24% environ pour 1985.

En l'an 2000, c'est-à-dire dans 15 années seulement, les besoins en céréales seront de l'ordre de 450.000 tonnes. Ces chiffres montrent la totale dépendance vivrière de la Mauritanie par rapport à l'extérieur, et donnent la mesure de l'effort à faire si le gouvernement est déterminé à réduire cette dépendance.

2. Quand on sait que le pays est désertique sur 3/4 de son territoire et sahélien pour le reste, on comprend le caractère aléatoire de la production vivrière sous pluie, particulièrement durant les onze dernières années. Les cultures de décrue qui couvrent en année moyenne 48.000 ha sur la rive droite du fleuve Sénégal, avec une production de l'ordre de 18.000 t de sorgho, sont elles-mêmes aléatoires parce que la superficie est dépendante de la hauteur de la crue et de sa durée. Ce caractère aléatoire de la culture de décrue persistera après la mise en eau du barrage de Manantali, prévue en 1988. Cependant, si la submersion est sécurisée par un aménagement hydraulique la production en culture de décrue est loin d'être négligeable: en 1983 et 1984 le walo du Gorgol aurait produit près de 6.000 t de sorgho sur environ 14.000 ha.

3. Par contre l'agriculture sur périmètres irrigués permet d'obtenir une production garantie chaque année. La Mauritanie a démarré son programme d'aménagements hydroagricoles en 1966, avec de petits périmètres villageois. En 1985, c'est un total de 7.600 ha qui ont été aménagés, dont 33% sont constitués par des petits périmètres irrigués villageois, le reste par de grands périmètres (M'Pourie 1.650 ha, Kaedi 625 ha, et Boghé 153 ha), et environ 900 ha privés.

L'objectif du gouvernement est d'atteindre en 1990 une capacité de production de 70.000 tonnes de céréales (riz décortiqué et maïs grain) sur les aménagements hydroagricoles. Ceci implique la continuation des petits périmètres villageois (un programme de 1.600 ha doit être financé par la Banque Mondiale), et la réalisation de grands aménagements (1.000 ha à Boghé, 3.600 ha dans le Gorgol, plus deux autres grands périmètres).

4. Le bilan de la production de 1983-84 a été particulièrement médiocre, si l'on considère que 38% seulement des superficies aménagées ont été emblavées. Ceci s'explique par les arguments suivants:

- difficultés rencontrées par la SONADER dans l'aménagement et la gestion des périmètres irrigués, et dans l'encadrement des paysans;
- problèmes de maintenance des infrastructures et de gestion, dus à la faiblesse des groupements de paysans;
- problèmes fonciers;
- difficultés d'approvisionnement et de commercialisation liés à la faiblesse des moyens de communications.

Des mesures ont été prises par le gouvernement pour redresser la situation: la SONADER a été restructurée avec l'appui de ses principaux financiers (France, FED, Banque Mondiale, Fonds Arabes), une ordonnance de réorganisation foncière a été promulgée en Juin 1983, un système de structuration et d'animation des masses rurales a été mis en place.

5. Le présent projet d'aménagement de la plaine du Dirol s'inscrit dans le cadre de la stratégie Mauritanienne pour le développement de la production agricole. La conception de son développement par phases successives procède des enseignements tirés des dernières années d'expérience.

Le projet se propose d'aménager une vaste plaine d'inondation située à 25 km à l'aval de Kaedi, et couvrant plus de 10.000 ha de terres irrigables. L'enchaînement des étapes successives obéira à une logique des investissements, de participation réelle de la population, des contraintes foncières et de la mise en place progressive des réformes agraires, de la gestion du réservoir de Manatali, de l'intégration des actions dans l'environnement de la zone.

1ère Etape: Après une étude détaillée de l'aménagement hydro-agricole de la plaine, construction d'un endiguement^{1/} de faible hauteur, pour maîtriser l'inondation d'environ 6.600 ha, à partir des eaux de ruissellement du bassin versant et des pointes de crues du fleuve Sénégal. Dans la zone endiguée, cette infrastructure permettra la culture de décrue sur une superficie de 4.350 à 6.000 ha selon l'importance de la crue. Durant cette phase, un programme d'amélioration des techniques culturales en décrue, avec utilisation d'engrais, devrait permettre d'atteindre des rendements moyens de l'ordre de 1.200 kg de sorgho à l'hectare.^{2/} Une production annuelle de 5 à 7.000 t pourrait être assurée, pouvant atteindre 10.000 tonnes si la zone sud était également exploitée.

1/ Endiguement de l'ordre de 14,7 km de long si c'est la solution 1 qui est retenue par l'étude de factibilité.

2/ Projection basée sur les résultats de recherches menées à Kaédi de 1968 à 1971.

2ème Etape: Aménagement de périmètres irrigués à l'intérieur de la plaine endiguée, en commençant par les terres hautes à proximité des villages. Ces périmètres seront aménagés au rythme des demandes et capacités des paysans. L'irrigation sera faite par pompage de l'eau stockée dans les bas fonds et le lit mineur du Dirol, retenue derrière la digue; ou encore par pompage dans des forages exploitant l'eau de la nappe fluviale^{1/}. Durant cette phase, les terres basses continueront à être exploitées en décrue pour la culture du sorgho, du niébé, de fourrages.

Durant la première étape l'accent sera mis sur l'animation rurale, la formation des paysans, la participation des femmes au développement, la préparation des populations à un système de production intensive sous irrigation, la création de groupements de producteurs et de coopératives. On développera les jardins villageois consacrés aux légumes et aux fruits. La traction animale et les cultures fourragères seront encouragées.

6. Le montant estimé du coût de construction de la digue et de ses ouvrages hydrauliques durant la première étape, y compris les frais d'études et de supervision des travaux, s'élève à 290 millions UM ou 5.190.000 \$ EU, dans le cas d'une digue définitive à la côte 13 m; et à 105 millions d'UM ou 1.805.000 \$ EU pour une digue submersible, servant à garantir la submersion du oualo du Dirol et surélevable par la suite lors de l'aménagement de périmètres irrigués. Etudes et exécution des travaux doivent pouvoir être exécutés en 2 années.

Si l'on ajoute les coûts de l'assistance technique (sur 3 ans), les frais d'équipement et de fonctionnement sur 5 ans (2 ans études et travaux, puis 3 ans de projet), le montant du projet atteindrait la somme de 320 millions UM ou 5.714.000\$ EU dans le cas d'une digue définitive à 13 m.

7. Le taux de rentabilité interne du projet, basé sur la production de sorgho et niébé en culture de décrue améliorée, est compris entre 18% et 20%.

Signalons enfin que la plaine du Dirol est identifiée et sélectionnée par le plan directeur du GERSAR (Juin 1980). Elle y est décomposée en 5 zones naturelles aménageables en périmètres irrigués et dont les travaux d'aménagement devraient commencer avant 1987.

1/ Cette nappe alluviale de la plaine du Dirol serait probablement alimentée, durant la saison sèche, par l'acquifère du canal fossile du fleuve Sénégal récemment mis en évidence par télédétection (voir Annexe G)

1. DONNEES GENERALES SUR LA MAURITANIE

(Sources OCDE/CAD et Banque Mondiale).

SUPERFICIE: 1.200.000 km² (540,500 square miles) dont 75% de désert.

POPULATION: 1,745 millions d'habitants (1985). Prévisions an 2.000: 3 millions
taux de croissance: 2,7 %
1/3 de la population est urbaine
Capitale: Nouakchott: 400.000 habitants.
Kaédi: 40.000 habitants.

ECONOMIE:

Monnaie: l'Ouguya (UM) 1US\$ = 56 UM
PIB per capita: 320\$ (en 1979) - 440 \$ en 1981 - 470 \$ en 1984
Taux de croissance du PIB: 1,8% de 1970 à 1979
Ressources: agriculture et élevage
mines (Fer) : centre de Zouérate
pêche : centre de Nouadhibou

Formation du Produit National Brut (PNB) - Source Banque Mondiale.

	1973	1981	1983
*Secteur rural:	18%	37%	9%
- Agriculture	3%	4%	1%
- Elevage	15%	33%	8%
*Pêches	7%	1%	6%
*Industrie:	32%	18%	26%
- Mines	27%	12%	15%
- Autres	5%	6%	11%
*Services	43%	44%	59%

AGRICULTURE:

(a) Besoins et productions (céréales)

Année	1983	1984	1985	Proj. 2000
Besoins (1.000t)	240	380	336	450
Production (1.000t)	12	20	57	-
% des besoins	5	7	24	-

(b) Structure de la production de la campagne 1985-86 (évaluation fin 1985)

	Surf cultivée ha	Rendement t/ha	P. Brute t	Pertes %	P. Nette t
Cultures pluviales	88.090	0,448	39.508	37	24.900
Cultures irriguées	5.348	3,138	16.780	38	10.360
Cultures décrue	75.610	0,317	23.980	10	21.580
Total	169.000	-	80.000	-	57.000

(Source: Mission conjointe RIM/Donateur sur l'évaluation de la campagne 1985-86)

(c) Superficies cultivées en décrue (ha)

Année "Moyenne"	1972	1983	1984	1985
48.000	4.500	14.000	14.000	75.000?
			1/!	2/!

1/ 14.000 ha dans le seul oualo du Gorgol, commandé par le pont vanne de Kaédi
 2/ 75.000 ha: Chiffre probablement exagéré (estimation).

(d) Cultures irriguées (localisées dans la Vallée du Sénégal)

Campagne 1983: 5.500 ha aménagés - 2.250 ha cultivés (soit 38%)
 Production: 10.000t paddy dont 4.375t sur le PPG à Kaédi.

PECHES:

Pêche continentale (rivière) est passée de 10.000t en 1973 à 5.000t en 80.
 Pêche maritime en 1980 : 30.600 t débarquées.
 En 1983 le secteur pêche fournit 6% du FNB.

MINES:

Environ 10.000t de minerais de fer exporté par an, en moyenne de 1970 à 77.
Autres ressources: Phosphates (entre Boghé et Kaédi), cuivre.
Les activités minières fournissaient en 1983 15% du PNB.

SECTEURS SOCIAL: 1 médecin pour 58.000 habitants
taux de scolarisation (6-11 ans): 24%

DETTE EXTERIEURE PUBLIQUE: (Source OCDE)

	! Montant total !	Dette per habitant !	Dette en !
	! Million \$!	\$/Habitant	% du PNB !
!	!	!	!
!	1975 ! 190	145	?
!	1980 ! 731	487	110
!	1982 ! 1.148	718	169
!	1985 ! 1.600	917	?
!	!	!	!

Service de la dette (1980): 5.7% du PNB.

Part de la dette (1980) provenant de l'aide au développement: 66%.

AIDE AU DEVELOPPEMENT:

Aide par habitant en 1980: 106\$

Apports extérieurs pour investissements de 1986: 251 million de \$.

2. LE MILIEU NATUREL DE LA PLAINE DU DIROL

2.1. Situation - Accés

Cette vaste plaine d'incultation s'étend en rive droite du fleuve Sénégal, à 25 km à l'aval de la ville de Kaédi.

Latitude 16°10' Nord
Longitude 13°40' Ouest

Accés: * Nouakchott-Aleg-Boghé : 324 km de route bitumée et
Boghé-Kaédi : 100 km de piste latérite.

La route Boghé-Kaédi longe toute la bordure Nord-Est de la plaine du Dirol, et devrait être bitumée en 1986 sous financement FADES (et USAID?).

* Accés à partir du Sénégal
Route bitumée St-Louis à Bakel jusqu'à Thilogne
St-Louis-Thilogne : 361 km
Piste Thilogne : 22 km impraticable en saison des pluies
Traversée du Sénégal par un bac de 10 tonnes.

2.2. Climatologie

2.2.1 Météorologie: Les mesures effectuées à la station de recherche de Kaédi, le CNDRA, sous l'égide de l'OMVS, sont disponibles sur une période de 10 ans 1971-1980.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
!T° max	!32.2	!34.8	!36.9	!40.2	!41.3	!40.4	!36.6	!35.2	!36.0	!38.5	!35.7	!32.0	!36.7
!T° min	!17.4	!19.0	!21.8	!25.0	!26.7	!26.3	!25.5	!25.3	!25.2	!24.3	!20.8	!18.0	!22.9
!T° moy	!24.8	!26.9	!29.4	!32.6	!34.0	!33.4	!31.1	!30.3	!30.6	!31.4	!28.3	!25.0	!29.8
!U %	!24	!23	!20	!20	!26	!38	!52	!62	!59	!40	!26	!27	!35
!I hrs	!260	!269	!279	!291	!264	!258	!264	!202	!255	!267	!249	!248	!3.106
!E mm/j	!9.4	!11.5	!13.6	!16.2	!16.7	!14.3	!12.2	!8.7	!7.8	!9.2	!9.5	!8.6	!11.5
!Classe A!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
												!Soit	4.180
												!	mm/an

(T° max, T° min, T° moy, températures moyennes mensuelles des maximum, minimum et moyennes journalières; U % humidité relative; I heures insolation en heures par mois et par an; E mm/j Classe A: Evaporation sur Bac de Classe A, valeurs moyennes journalières).

2.2.2. Pluviométrie du Dirol

Elle est donnée par les stations de Kaédi et d'Aleg. D'après ORSTOM, Aleg indique la variation en latitude des précipitations ce qui correspond à peu près aux conditions du haut bassin versant du Dirol. Le tableau ci-dessous donne la pluviométrie à Kaédi pour la période 1921-1983.

Sources: Brunet-Moret (ORSTOM), CNDRA, et SONADER.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct.	Nov.	Dec	Annuel
!Moy. 1921-58!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
d'après Brunet-Moret!													409,0
!Moy. 1951-80!	1,3	2,6	0	0,1	1,3	22,2	73,7	120,6	87,1	18,9	2,4	0,1	330,3
!Moy. 1971-80*	"	"	!"	"	"	!"	"	!"	"	"	"	"	262,3
1978	"	"	"	"	"	!"	27,6	54,3	118,0	95,0	12,0	13,2	0,5
1979	7,1	"	"	"	"	!"	15,4	47,7	80,7	39,0	12,6	0,2	"
1980	"	6,8	"	"	"	!"	11,3	74,7	170,2	16,0	3,0	"	284,5
1981	"	2,7	"	"	"	!"	1,9	14,2	35,6	89,4	7,5	"	151,3
1982	"	"	"	"	"	!"	19,8	94,2	106,5	17,5	"	"	238
1983	"	"	"	"	"	!"	17,5	13,6	54,2	84,4	?	?	(183,6)
1984	"	"	"	"	"	!"					?	?	
1985	"	"	"	"	"	0,8	61,0	71,5	38,2	?	?	?	(171,5)
1971-1980	"	"	"	"	"	!"					!	!	
Nombre de	0	0	0	0	0	0	2	5	6	5	2	0	0
jours pluie	0	0	0	0	0	0	2	5	6	5	2	0	20
moyenne	"	"	"	"	"	!"					!	!	

La Monographie Hydrologique du Fleuve Sénégal indique une moyenne interannuelle de 402 mm pour 41 années d'observation (323 mm pour 44 ans à Boghé et 276 mm pour 43 ans à Aleg). Cette moyenne tombe à 399 mm sur 49 ans compris dans la période 1910-1972. La normale (30 ans) recalculée sur la période 1951-1980 est de 330,3 mm mais le poids de la décennie 1971-1980 (265 mm) est trop important pour que cette normale soit proche de la moyenne vraie qui est plus vraisemblablement de l'ordre de 370 mm (60 années).

* Les données de la saison sèche n'ont pas été reportées.

Les répartitions mensuelles de la normale 51-80 et de la décennie 71-80 sont les suivantes:

Kaédi	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
N(51-80)	1.3	2.6	0	0.1	1.3	22.2	73.7	120.6	87.1	18.9	2.4	0	330.3
Moy(71-80)	0.7	0.7	0	0	0	19.8	75.2	108.6	50.9	7.8	1.3	0	265.0

Pour Aleg, nous n'avons pas obtenu de données récentes; la normale 51-80 doit être de l'ordre de 200-220 mm.

L'étude fréquentielle des précipitations annuelles qui a été faite en 1973 par ajustement des échantillons à une distribution Gamma incomplète n'a évidemment pas pris en compte les années de sécheresse, et les résultats indiqués ci-après doivent être revus en baisse au moins pour les valeurs comprises entre les probabilités 0,1 et 0,9.

Station	Moy	Précipitations annuelles de probabilité au non dépassement											
		!0.01	!0.02	!0.05	!0.10	!0.20	!0.50	!0.80	!0.90	!0.95	!0.98	!0.99	
Kaédi	399	153	173	206	239	283	384	506	579	644	722	778	
Boghé	319	143	158	183	207	239	310	393	442	485	537	573	
Aleg	279	85	99	124	149	183	264	367	429	485	554	603	

D'après ces résultats, les précipitations annuelles de 1982 auraient eu à Kaédi une période de retour en années sèches de 10 ans et celles de 1983 de 40 ans.

Pour les précipitations journalières, on a montré que les lois de distribution des averses journalières étaient peu affectées par les épisodes pluvieux déficitaires des 15 dernières années.

On retiendra donc les valeurs obtenues par Y. BRUNET-MORET.

	Hauteurs de pluies journalières de différentes probabilités											
	! 1 an	! 1.2 an	! 1/5 an	! 1/10 an	! 1/20	! 1/50	! 1/100	!	!	!	!	!
Aleg	46.4	60.8	82.8	102	123	155	183					
Kaédi	53.2	67.8	89.5	108	129	160	185					

2.2.3: Températures: Les températures minimales ont lieu en Décembre et Janvier, les températures maximales en Mai. Mais un deuxième maximum se produit en octobre. (voir tableau ci-dessus en 2.2.1). La plaine du Dirol a un climat très chaud. Plus on se rapproche de la mer, en descendant le fleuve, plus les températures diminuent.

2.2.4: Vents: Dans la zone du Dirol, l'influence de l'harmattan, vent chaud et sec venant du Nord et du Nord-Est, après avoir traversé des régions désertiques, est très sensible.

Les vents dominants y sont:

- d'est, nord-est : de novembre à mars,
- d'est : en avril et mai,
- d'ouest : de juin à septembre.

Les vitesses moyennes sont les plus faibles en octobre, novembre et décembre. Elles augmentent rapidement pour atteindre leur maximum en juillet, au début de la saison des pluies.

Les vents d'est et nord-est de la saison sèche perturbent la nouaison et le développement de la végétation.

Le développement de la production irriguée dans cette immense plaine, nue, implique la mise en place de brise-vent (Eucalyptus, Filao,...) en particulier pour les cultures sensibles telles que le maraîchage et la fruiticulture. Cependant, ces brise-vent constituant un abri pour les oiseaux, il sera indispensable de mettre en place simultanément un programme de lutte contre les oiseaux (quélea-quéléa en particulier) en liaison avec l'OCLALAV.

Le vent sera également un élément important lorsque le niveau de l'eau atteindra son maximum dans la plaine endiguée, et que les vagues formées viendront battre la digue (fetch). A la côte 12.00 m IGN, le plan d'eau mesure au maximum 7 km dans le sens SO-NE, et 17 km dans le sens NO-SE.

Les valeurs moyennes mensuelles des vitesses de vent observées sur 10 années (1971-1980) à la station de Kaédi sont les suivantes:

! Jan ! Fev. ! Mars ! Avril ! Mai ! Juin ! Juil ! Août ! Sept ! Oct. ! Nov. ! Dec ! Année
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !
* ! 144.2 ! 155.2 ! 177.0 ! 186.6 ! 198.6 ! 209.9 ! 222.1 ! 176.9 ! 127.5 ! 95.5 ! 107.9 ! 116.7 ! 159.9
! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !
** ! 1.67 ! 1.80 ! 2.05 ! 2.16 ! 2.30 ! 2.43 ! 2.57 ! 2.05 ! 1.48 ! 1.10 ! 1.25 ! 1.35 ! 1.85

* Parcours du vent km/j.

** Vitesse en m/s.

2.2.5. Evaporation: L'évaporation (E) dans la zone du Dirol est importante. Les valeurs de E mesurées sur le bac de Classe A à la station de Kaédi sur la période 1971-80 sont données au tableau en 2.2.1. La hauteur annuelle atteint 4.180 mm.

L'évaporation sur plan d'eau concerne le projet de septembre à janvier. D'après ORSTOM les valeurs de E sur le lac de la plaine du Dirol sont obtenues en appliquant un coefficient de 0.7 aux valeurs mesurées sur bac de classe A.^{1/}

Selon l'ORSTOM, sur le Dirol, l'évaporation annuelle serait donc comprise entre 2 500 et 2 900 mm et le plan d'eau pourrait perdre par évaporation de 5,2 à 6,1 mm/jour en août, de 4,7 à 5,5 mm/j en septembre, de 5,5 à 6,4 mm/j en octobre, de 5,7 à 6,7 mm/j en novembre.

On donne également ci-après les données de l'évaporation mesurée sur Bac Colorado sur la période 1960-64 à Aleg au nord du Bassin du Dirol. Ces valeurs auxquelles on applique généralement un coefficient de l'ordre de 0,8 sont indicatives de l'évaporation des Tamourt de la région.

Aleg	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
! E mm	! 236	! 243	! 335	! 363	! 387	! 372	! 298	! 261	! 219	! 245	! 249	! 251	! 3.459
! E nappe libre	! pour la période	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
! en mm/jour	! d'éventuel remplissage	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
!(K = 0.8)	! de la plaine du Dirol	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	2.770
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	mm !

2.2.6: Evapotranspiration: L'évapotranspiration potentielle (ETP) est fonction du rayonnement solaire, du déficit hydrique de saturation de l'air, donc du vent.

L'ETP est comprise entre 0.7 et 0.8 E sur bac classe A. Les valeurs suivantes ont été calculées pour le riz et le maïs à Kaédi.

	Hivernage	saison sèche
riz	(20 juin/20 sept.)-738 mm	(20 Fev/20 mai)-1071 mm
maïs	(juil-oct)	467

1/ le coefficient serait de 0.6 sur le Lac de Guiers près de Richard-Toll (Sénégal). (COGELS, GAC, 1983)

MCN
carte

Titre = carte d'aptitudes
culturelles de la
vallée et du
delta du Sénégal.

2.3. Pédologie

2.3.1. Données Disponibles: Une étude pédologique a été faite en 1973 pour toute la Vallée du Sénégal jusqu'à Bakel, par SEDAGRI (Paris), pour le compte du PNUD et FAO, et sous l'égide de l'OMVS.
Document Ref: AGL: DP/RAF/65/061. 251 pages.

L'étude comprend des cartes pédologiques échelle 1/50.000, à 3 couleurs, avec courbes de niveau équidistantes de 1 m. Les cartes concernant la plaine du Dirol sont les feuilles Kaédi 1 a et Kaédi 1 b.
La carte ci-après M3 représente ces 2 feuilles assemblées pour la partie couvrant la plaine du Dirol.

2.3.2. La classification des sols: C'est la classification ORSTOM adoptée par SEDAGRI et définie ci-dessus, et dans laquelle 4 classes de terres sont représentées dans la plaine du Dirol. A la page 6 de l'étude, un tableau donne la correspondance avec la classification FAO, celle de l'USDA. Elle suit les instructions du Bureau of Reclamation Manual.

Classe 1: Facilement irrigable. - Cette classe comprend les terres qui, en culture irriguée, pourront assurer, d'une façon permanente, une bonne production de cultures diverses adaptées au climat. Elles sont profondes, leur texture permet un bon développement radiculaire, sans risque d'asphyxie et l'infiltration de l'eau y est facile. Leur réserve en eau est bonne et permet un bon espacement des irrigations. La fertilisation est moyenne et peut facilement être entretenue et améliorée par des apports normaux d'engrais. Elles ne sont affectées ni par les sels ni par le sodium. Leur topographie ne nécessite pas d'importants travaux de nivellement et ne complique pas la mise en place du réseau d'irrigation. Il n'existe pas, actuellement, de nappe phréatique à moins d'un mètre et les travaux d'assainissement se limiteront à la mise en place d'un réseau de colature.

Classe 2. Irrigable: - Comprend les terres qui, en culture irriguée, pourront assurer d'une façon permanente une production bonne ou moyenne de cultures diverses adaptées au climat avec cependant un choix de cultures plus restreint qu'en classe 1 et des travaux d'aménagement ou des frais d'exploitation plus importants. Ce sont des terrains moins perméables que ceux de la classe précédente, ou des sables limoneux qui exigent une grande fréquence des irrigations.

Ce classement peut également être dû à un relief défavorable exigeant d'importants travaux de nivellement et rendant l'établissement du réseau d'irrigation plus onéreux. Dans ce cas, les mêmes cultures que celles de la classe 1 peuvent être pratiquées.

L'existence actuelle d'une nappe phréatique à moins d'un mètre de profondeur peut être responsable du classement de ces terres en rendant immédiatement indispensable le drainage profond.

A noter que la riziculture est à conseiller lorsque les terrains ont une forte teneur en argile (30% à 60%).

Classe 1R - Rizicultivable: - Cette classe groupe les terres à texture très fine contenant plus de 60% d'argile, tous les autres facteurs, non liés à la texture, étant comparables à ceux des terres de la classe 1. L'eau d'irrigation ne pénétrant que très difficilement dans ces terrains, la culture du riz inondé peut être envisagée et de bons rendements peuvent en être attendus.

La topographie est plane et les eaux d'inondation du riz sont faciles à évacuer par gravité. Il n'y a pas de sels solubles et l'absence de nappe phréatique est souhaitable, bien qu'une nappe n'apportant aucun produit toxique puisse être tolérée.

La mise en valeur de ces terres par l'établissement de prairies permanentes peut être envisagée.

Classe 6. Non irrigable: - Cette classe groupe des terres dont l'irrigation n'est pas conseillée en raison de:

- leur texture trop grossière,
- leur topographie trop irrégulière ,
- leur drainage trop difficile,(c'est le cas des principales mares de la plaine du Dirol),
- L'évacuation de leurs eaux d'inondation du riz impossible sans mise en oeuvre de moyens onéreux, (idem).

2.3.3: Caractères Généraux des Sols du Dirol

La plaine du Dirol est une cuvette de décantation constituée de dépôts anciens. Elle est soumise à une sédimentation moins longue que celle que subissent les cuvettes à l'aval du fleuve, du fait d'un niveau relativement élevé. De ce fait la texture des sols est plus grossière. La teneur en argile dépasse généralement 60%.

Les 4 classes de sols sont nettement localisées sur le terrain:

* au nord la vaste plaine du Dirol proprement dite dont le niveau moyen se situe entre 8.00 m et 9.50 m, à texture fine contenant plus de 60% d'argile: classe 1R rizicultivable. Ces terres conviennent à la culture de décrue, comme aux grands aménagements rizicoles, car la topographie est très favorable.

* au sud, à l'intérieur d'une large boucle, des terres plus grossières car leur niveau moyen est plus élevé, environ 10.00 m, Classe 2: irrigable. Convient à la culture de décrue si la submersion est suffisante. La topographie est moins favorable.

* Les 2 zones sont séparées par une bande de hautes terres, cote 11.00 m et plus, facilement irrigable, à cause d'une meilleure texture permettant une bonne infiltration de l'eau.
 Un autre bourrelet de berge, côte 11.50 à 12.50 m, enveloppe la zone sud, et a les mêmes caractéristiques pédologiques. De même les zones de Dawalel (côte 11.00 m), Sinthiou Pomar (côte 12 à 12.50 m), Foundou et Bagoudine.
 Elles appartiennent à la classe 1: facilement irrigables, et c'est sur ces terres que devraient être aménagés les premiers périmètres irrigués.

* Les terres de bas fonds, où sont localisées les mares stagnantes qui s'assèchent par évaporation entre décembre et janvier. Leur drainage est actuellement inexistant.

Il s'agit des 3 mares de la zone nord dont les fonds sont à 6.20 m, 6.30 m et 6.90 m(?), et dont les bordures sont à la côte 7.00 m. Des 4 mares de la zone Sud:

Faram Kébir	côte 8.30 m
Rouss	côte 8.00 m
Kofel	côte 8.00 m
Faram Saye	côte 8.50 à 8.70 m(?)

Ces terres de classe 6 ne sont pas irrigables dans les conditions actuelles. Cependant, après travaux de drainage (approfondissement de thalwegs à la pelle mécanique elles pourraient convenir pour la production de fourrages.

2.3.4. Superficies par classes

en hectares	Zone Nord ^{1/}	Zone Sud ^{2/}	TOTAL
Classe 1: facilement irrigable /easily irrigable	1.517	1.495	3.012
Classe 2: irrigable /irrigable	715	3.000	3.715
Classe 1R: rizicultivable /for rice	3.953	0	3.953
Classe 6: non irrigable /non irrigable	560	460	1.020
Total des 4 classes	6.745	4.955	11.700 ha
Total des <u>terres irrigables</u> et exploitables en décrue: classes 1.2. 1R	6.185	4.495	10.680 ha

Voir détail des superficies par classes et par zones en Annexe E.

^{1/} Zone nord: limitée par le contour de la carte pèdo à l'Ouest, Nord, et Est. Au Sud par le tracé de la digue solution 1, et au Sud-Ouest par une ligne Nord-Sud partant de l'éperon rocheux de Namargol.

^{2/} Zone Sud: enveloppée par les 2 tracés de digue sol.1 et sol.2.

2.3.5. Etudes pédologiques à entreprendre: dans le cadre de l'étude de factibilité on procèdera à une étude pédologique de la plaine: les termes de référence en sont données en annexes.

2.4. Hydrologie du FLeuve Senegal au droit de la plaine du Dirol

2.4.1. Données disponibles

L'essentiel de ce chapitre hydrologie est dû au rapport de J.C. Olivry de l'ORSTOM Dakar, consécutif à une mission effectuée avec l'auteur du présent document, sur le terrain en Novembre 1983^{1/}.

Les données de base proviennent de "La monographie du FLeuve Sénégal" par C. ROCHETTE, ORSTOM 1974, exploitant les stations de Kaédi, Diorbivol et Saldé, observées respectivement depuis 1903, 1938 et 1926.

Des compléments d'observation proviennent de la SCET et de la SONADER.

Il faut noter un légère erreur dans le rapport d'Olivry: l'embouchure du Dirol se trouve au PK 498 et non au PK 503. Les cotes de crues s'en trouvent diminuées de 9 cm environ.

2.4.2. Corespondance des hauteurs d'eau: (Hauteurs maximales)

Les relations suivantes ont été établies entre les hauteurs d'eau aux 3 stations de référence Kaédi, Diorbivol et Saldé) et au droit de l'embouchure du Dirol^{2/}.

$$\begin{array}{ll} H \text{ Dirol} & = H \text{ Diorbivol} -0.17m \\ H \text{ Max Dirol} & = 1.08 H \text{ Max Kaédi} -1.83m \\ \\ Hc 30 j. \text{ Dirol} & = Hc 30 j. \text{ Kaédi} -0.90 \\ Hc 60 j. \text{ Dirol} & = 0.99 Hc 60 j. \text{ Kaédi} -0.74m \end{array}$$

Le diagramme de la page suivante donne les hauteurs maximales de crues entre Kaédi et Saldé.

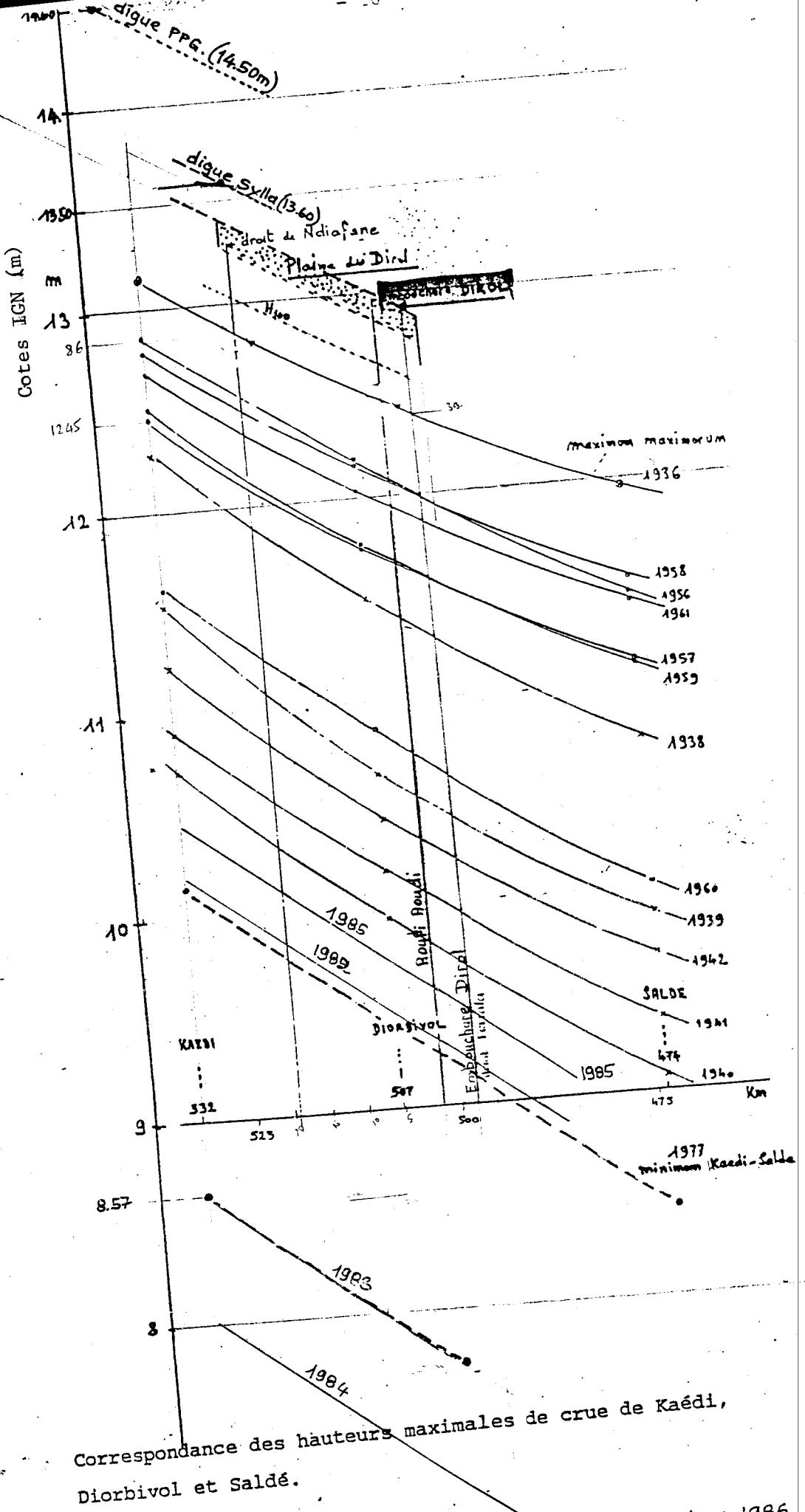
La plaine du Dirol est située entre les PK 520 au droit de Ndiafane, et PK 496 devant Ferrala. Dawalel est au PK 495 ^{3/}.

Hc 30j. est la hauteur atteinte pendant 30 jours.
Hc 60j. est la hauteur atteinte pendant 60 jours.

^{1/} Rapport intitulé "Aménagement de la plaine du Dirol: le contexte hydrologique" J.C. Olivry, Dakar, Novembre 1983.

^{2/} Compte-tenu de la situation effective de l'embouchure du Dirol au PK 498 (rectification des formules ORSTOM faite).

^{3/} PK = "point kilomètre", distance mesurée à partir de St. Louis. Le PK 0 correspond au pont Faidherbe à St. Louis.



OLIVRY, ORSTOM - Compléments par J. LEBLOAS. Décembre 1983 et Mars 1986

Tableau

HAUTEURS MAXIMALES ANNUELLES DE DIVERSES FREQUENCES

F %	Stations		KAEDI		DIORBIVOL		SALDE	
	Echelle	IGN	Echelle	IGN	Echelle	IGN	Echelle	IGN
0,5	955	13,40	(1057)	(12,69)	(1092)	(12,24)		
1	945	13,30	(1046)	(12,58)	1078	12,10		
2	935	13,20	1030	12,42	1055	11,87		
5	920	13,05	1008	12,20	1027	11,59		
10	900	12,85	986	11,98	999	11,31		
20	880	12,65	975	11,8	985	11,17		
25	870	12,55	965	11,77	972	11,04		
30	860	12,45	943	11,55	947	10,79		
40	840	12,25	927	11,39	925	10,57		
50	825	12,10	905	11,17	905	10,37		
60	805	11,90	884	10,96	880	10,12		
70	785	11,70	868	10,80	863	9,95		
75	770	11,55	851	10,63	848	9,80		
80	755	11,40	803	10,15	802	9,34		
90	705	10,90	(745)	(9,57)	(750)	(8,82)		
95	645	10,30	(670)	(8,82)	(690)	(8,22)		
98	570	9,55						
99	510	8,95						
99,5	455	8,40						

A

HAUTEURS CARACTERISTIQUES DU SENEGAL A KAEDI

(en cm) Hauteurs à l'échelle

Fréquence %	H MAX	H 15 j	H 30 j	H 40 j	H 50 j	H 60 j	H 90 j	H 120 j
0,5	955	940	920	900	880	855	746	605
1	945	930	910	890	870	845	730	585
2	935	920	900	880	860	835	715	565
5	920	905	885	865	840	815	690	530
10	900	885	865	845	820	795	665	495
20	880	865	845	820	795	765	635	455
25	870	855	835	810	785	750	620	440
30	860	845	825	800	775	740	605	425
40	840	830	805	780	755	720	580	400
50	825	810	785	760	735	700	550	375
60	805	790	765	740	715	680	520	350
70	785	770	745	720	690	650	490	325
75	770	755	730	700	670	630	470	310
80	755	740	715	685	655	615	445	295
90	705	685	655	625	600	560	396	265
95	645	630	600	570	545	505	350	240
98	570	545	520	495	470	440	305	215
99	510	485	460	440	420	390	275	200
99,5	455	425	405	390	370	350	235	180

B

C

Source: OILRY, ORSTOM

Hauteurs caractéristiques de crue du Fleuve Sénégal à l'embouchure du Dirol (Cotes IGN)

F %	Maximum		15 j f(K)	30 j		40 j f(K)	50 j f(K)	60 j	
	f(Kaédi)	g(Diorbivol)		f(K)	g(D)			f(K)	f(D)
1	12.60	12.61	12.40	12.14	12.16	11.95	11.75	11.53	- 11.52
5	12.33	12.34	12.12	11.89	- 11.91	11.70	11.45	11.23	- 11.25
10	12.04	12.02	11.85	11.64	- 11.64	11.45	11.20	10.98	- 10.98
50	11.20	11.21	11.04	10.79	- 10.79	10.55	10.30	10.0	- 10.0
90	9.94	10.0	9.80	9.54	- 9.54	9.25	9.05	8.66	- 8.65
95	9.36	9.49	9.20	9.04	- 9.02	8.75	8.55	8.16	- 8.14
99	7.91	8.14	7.70	7.64	- 7.62	7.45	7.30	7.02	- 7.02

Ces cotes sont à diminuer de 7 cm pour les maximales et 9 cm pour les crues moyennes, et de 12 cm pour les crues inférieures à 10.50 m (JLB). Mais ces cotes correspondent au marigot de Roufi Aoudi-PK503 environ où est prévu l'ouvrage vanne.

Notons que la crue de 1983, relevée au pont vanne du périmètre du Gorgol par M. LEJEUNE de SONADER, correspond à la plus faible crue enregistrée à Kaédi (minimum minimorum). Le rattachement précis de ce relevé au nivellement IGN reste à faire: c'est la signification du point d'interrogation du diagramme (?).

2.4.3. Etude fréquentielle des hauteurs caractéristiques

L'étude fréquentielle a été faite dans la monographie du Fleuve Sénégal pour la station de Kaédi, pour les hauteurs maximales et les hauteurs caractéristiques (Voir les 2 tableaux de la page précédante) repérés A et B.

OLIVRY a actualisé l'étude statistique et déterminé les hauteurs caractéristiques du fleuve à l'embouchure même du Dirol au PK 498. Compte tenu de la remarque faite ci-dessus en 2.4.1., il faut noter que:

Ces cotes sont à diminuer de 7 cm pour les crues maximales, de 9 cm pour les crues moyennes, et de 12 cm pour les faibles crues inférieures à 10.50m

Commentaires:

* En année moyenne la crue atteint 11.20 m IGN au droit du marigot de Roufi Aoudi où est projeté l'ouvrage-vanne pour le remplissage et la vidange de la plaine. Ce point correspond approximativement au PK 503 de la ligne d'eau du fleuve. Elle dépasse 10.40 m pendant 45 jours et 11.04 m pendant 15 jours, ce qui garantit la submersion de plus de 6.000 ha de la zone nord de la plaine (Solution I pour l'implantation de la digue).

* La crue centennale atteint 12.60 m à Roufi Aoudi où elle dépasserait 11.85 m pendant 45 jours. Dans la zone la plus en amont de la plaine, au droit de Ndiafane et Sinthiou-Pomar, la crue centennale atteindrait 13.00 m.

* En année de faible crue décennale, la côte 10.00 m est atteinte, et la côte 9.80 m pendant 15 jours. D'après M. OLIVRY, la crue de 1983 (la plus faible jamais enregistrée) n'aurait atteint que la côte 7.40 au Dirol. La submersion n'aurait ainsi concerné que moins de 1.000 ha, pendant quelques jours, car la décrue a été rapide.

2.4.4. Période des hautes eaux

D'après ROCHETTE, le maximum apparaît à Kaédi, et donc à peu de chose près au droit de la plaine du Dirol:

- en moyenne le 24 Septembre
- entre les dates extrêmes du 26 Août et du 26 Octobre
- pour les 2/3 des observations dans l'intervalle
16 Septembre - 2 Octobre
- pour les 1/3 des observations dans l'intervalle
20 Septembre - 26 Septembre.

2.4.5. Hauteurs maximales de la période 1982-85

!	!	1982	!	1983	!	1984	!	1985	!
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
!	Kaédi	10.20	!	8.60	!	8.00	!	10.46	!
!	Dirol	9.19	!	7.46	!	6.81	!	9.46	!
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!

Cotes IGN mesurées à l'échelle du pont vanne du PPG à Kaédi.

Relation [$H_{\text{max}}^{\text{Dirol}} = 1.08 H_{\text{max}}^{\text{Kaédi}} - 1.83 \text{ m}$] pour le calcul de la hauteur maximale correspondante à l'embouchure du Dirol.

2.4.6. Hauteurs prévues après Manantali

La mise en eau du barrage de Manantali est prévue pour Août 1988. Une étude de gestion de Diama et de Manantali est en cours^{1/}; les conclusions n'en seront connues que fin 1986. Cependant on peut rappeler les principaux résultats obtenus par le modèle mathématique de SOGREAH, exploités par GERSAR.

2.4.6.1. Crue artificielle

Une période transitoire est prévue pour l'exploitation de la retenue de Manantali, durant laquelle une crue artificielle annuelle permettra en année moyenne la culture de décrue sur 130.000 ha environ, et si possible 25.000 ha supplémentaires. Les paysans de la vallée pourront ainsi se convertir progressivement à la culture irriguée intensive, dont les surfaces aménagées devraient totaliser environ 75.000 ha en fin de période. Compte tenu des superficies actuellement aménagées, des rythmes d'aménagement passés et prévisibles, cette période couvrirait 10 à 15 ans.

Il faut cependant remarquer que même la crue artificielle "optimale" proposée par le groupement de Manantali ($Q_{\text{max}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{sec}$ et $Q = 1.800 \text{ m}^3/\text{sec}$ garanti pendant 1 mois à Bakel) absorbe un volume d'eau considérable: 5,6 milliards de m^3 pendant un mois, 9,9 milliards de m^3 sur 3 mois (montée de la crue et décrue)^{2/}. Ce volume ne peut être fourni par Manantali en année sèche. Ainsi les apports des années 1983-84 et 1984-85 ont été de 6,9 milliards de m^3 seulement à Bakel. Or Manantali ne régularise qu'environ 45% de ces apports; et le volume total de son réservoir est de 10,5 milliards de m^3 dont 7,85 milliards utiles. (Voir Annexe A4)

1/ Etude de gestion des ouvrages communs de l'OMVS par A. GIBB/EDF/EuroConsult

2/ On pourra se reporter au document "Réflexions sur l'optimisation de la crue artificielle", F. GUERBER. OMVS Juillet 1985. La crue artificielle proposée par SOGREAH après étude sur modèle mathématique est de 2.500 m^3/sec assurés pendant 1 mois.

2.4.6.2. Période de gestion normale de Manantali

Les cotes moyennes mensuelles de la ligne d'eau à Kaédi, calculées par SOGREAH-GERSAR pour l'exploitation optimale de Manantali en année d'hydraulique moyenne sont les suivantes:

Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	JUIL.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
5,90	5,90	5,80	5,65	5,65	5,90	6,45	9,25	11,50	10,80	8,45	6,26
!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!

Le maximum de Septembre à Kaédi (11,50 m) correspond à la cote suivante à la plaine du Dirol:

$$H_{\text{max Dirol}} = 1,08 \text{ (11,50 m)} - 1,83 = 10,59 \text{ m IGN.}$$

La crue centennale amortie par le barrage de Manantali, donne les cotes maximales suivantes à Kaédi et à la plaine du Dirol.

	Etat naturel de 1972 m IGN	Etat aménagé moyen terme Δz	Etat aménagé long terme Δz
Cotes à Kaédi	13.70	13.85 (+0.15)	14.51 (+0.81)
Cotes au Dirol	12.97	13.13 (+0.16)	13.84 (+0.81)

On voit que les cotes maximales H100 à Kaédi données par SOGREAH sont, dans l'état naturel, 40 cm plus élevées que celles données par ORSTOM (voir paragraphe 2.4.2.). Ce point devra être élucidé lors de l'étude de factibilité. La hauteur H100 dans l'état d'aménagement du long terme est très importante: 12.84 m IGN. On peut considérer que l'effet de laminage de Q100 dans Manantali compense approximativement l'effet d'endiguement du moyen terme.

2.5. Hydrologie du bassin versant du Dirol

2.5.1. But de l'étude

Nous savons que le maximum de la crue du fleuve Sénégal est atteint au droit de la plaine du Dirol dans la dernière décade de Septembre (Voir ci-dessus paragraphe 2.4.4.). Mais comme, la période la plus pluvieuse se situe en Août il paraît intéressant de stocker dans la plaine tous les apports du bassin versant afin de tenter d'augmenter la superficie inondée, d'allonger la durée de la submersion dont l'optimal est de 45 jours pour la culture de décrue, et de permettre des semis précoce donnant de meilleures récoltes.

Il est donc indispensable de connaître les caractéristiques des apports du bassin versant, dont la superficie semble à première vue considérable.

2.5.2. Données disponibles

L'ORSTOM a réalisé des études sur des bassins versants représentatifs (de celui du Dirol) dans les régions du BRACKNA et du TAGANT ^{1/}, sur l'oued Ghorfa situé au Sud-Est ^{2/}, et en 1980 une étude des bassins versants du Brakna situés au Nord du bassin versant du Dirol ^{3/}.

Le BCEOM a effectué une étude hydrologique pour l'aménagement de Tamourt en Naaj situé à l'Est de Moudjéria dans le plateau du Tagant.

En Novembre 1983 une mission a été effectuée sur le terrain par J.C. OLIVRY hydrologue de l'ORSTOM en compagnie de l'auteur du présent rapport.

Ce sont les conclusions de cette mission qui sont données ici.

2.5.3. Caractéristiques générales

La reconnaissance de terrain a permis de savoir que le bassin versant réel est bien moins étendu qu'on pouvait l'estimer à partir de la carte au 1/200.000, laquelle permettait de délimiter une zone de plus de 3.000 km² s'étendant jusqu'au lac de Mâl.

En effet, un barrage construit en 1974 à Tamourt Guellouârt, capte tout le haut bassin versant. Ce barrage, sans déversoir, haut de 3 m, n'a pas été submergé durant les 10 dernières années, relativement sèches.

Un autre petit barrage ^{4/} a été construit (très sommairement!) à 1 km à l'est d'Atène, en 1983, et capte une zone à fort ruissellement.

La superficie du bassin versant (B.V.) serait de 1.350 km² selon OLIVRY, dont 250 km² probablement très actifs. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 320 mm.

D'après les témoignages recueillis, des écoulements relativement importants ont lieu chaque année à Atène (extrémité Nord de la plaine du Dirol).

1/ Etudes de Y. BRUNET-MORET.

2/ Etudes de G. JACCON et H. CAMUS.

3/ Par Jacques HOORELBECKE.

4/ La pérennité de ce barrage, construit par une brigade du Génie Rual, est très hypothétique (remblais sablonneux non compactés).

2.5.4. Bilan annuel de l'écoulement

Nous pouvons considérer uniquement les résultats obtenus sur des bassins versants voisins, en notant les spécificités de chacun (résultats de mesures réelles):

- * Bassin versant de Dionaba (116 km^2) (Ke: coefficient de ruissellement)
en 1958 Ke = 9.6% pour P = 229 mm pluviométrie annuelle
1959 8.7% 226 mm
Il serait de: 11% pour 300
12% 450
- * Oued Ketchi (3.800 km^2) Ke = 8.5% pour 400 mm (exceptionnel)
5 300
2 250
1 190
- * Oued Amour II (95 km^2) Ke = 11% pour P = 290 mm
- * Lac de Mâl (900 km^2) Ke = 7.5% pour P = 280 mm en 1958
on en avait déduit Ke = 9.5% pour P = 500
6 130
mais en 1959 on relevait Ke = 1% pour P = 200 mm!

Conclusion: Les variations interannuelles sont considérables et la plus grande prudence s'impose pour avancer les valeurs des apports annuels.

2.5.5. Approche de la détermination de l'écoulement annuel et de la mise en eau de la plaine avant la crue du fleuve Sénégal.

Cette approche est figurée au tableau de la page suivante, établi par l'ORSTOM à partir des considérations et hypothèses suivantes:

- à partir du 10 Septembre la montée du fleuve prend le relai des apports du bassin versant pour le remplissage de la plaine ce qui correspondra à l'ouverture des vannes dans l'ouvrage de la digue, le niveau du fleuve étant plus élevé que celui de la plaine. On ne prend donc en compte, que les précipitations antérieures à cette date, soit environ 75% de la pluviométrie annuelle.

- le bassin versant est décomposé en 2 parties:
 - Bassin amont 1.270 km^2
 - Plaine Dirol 80 km^2Total = 1.350 km^2

- les précipitations moyennes, de fréquences données, sont obtenues à partir des résultats d'Aleg et Kaédi pour le bassin versant amont et de Kaédi pour la plaine proprement dite.

2.5.5.1. Estimation des apports du bassin amont du Dirol pour diverses probabilités

Source: OLIVRY, ORSTOM						
	1/10 Hum.	1/5 Hum.	1/2	1/5 Sec	1/10 Sec	
! ! Bassin amont	!	!	!	!	!	!
! ! S = 1.270 km ²	!	!	!	!	!	!
! 1 ! ke %	!	12	10	8	6	2
! 2 ! P moy. (mm)	!	500	420	320	240	200
! !	!	!	!	!	!	!
! 3 ! Ecoulement	!	!	!	!	!	!
! ! annuel 10 ⁶ m ³	!	76.2	53.3	32.5	18.3	5.2
! ! (2 x 1 x s)	!	!	!	!	!	!
! !	!	!	!	!	!	!
! 4 ! 75 % P (mm)	!	375	315	240	180	150
! 5 ! P x Ke = He	!	45	315	19.2	10.8	3
! ! (4 x 1)	!	!	!	!	!	!
! 6 ! V = 10 ⁶ m ³	!	!	!	!	!	!
! ! apports avant 10/9	!	57.2	40	24.4	13.7	3.8
! ! (5 x S)	!	!	!	!	!	!
! !	!	!	!	!	!	!
! ! Bassin Plaine Dirol	!	!	!	!	!	!
! ! s = 80 km ²	!	!	!	!	!	!
! 7 ! ke %	!	!	!	!	!	!
! 8 ! P moy. (mm)	!	60	60	60	60	60
! 9 ! 75% P (mm)	!	550	480	370	270	220
! 10 ! V apports 10 ⁶ m ³	!	!	!	!	!	!
! ! avant 10/9	!	19.8	17	13.4	9.6	7.9
! ! (7 x 9 x s)	!	!	!	!	!	!
! !	!	!	!	!	!	!
! 11 ! Total apports avant	!	77.0	57	37.8	23.3	11.7
! ! crue du Sénégal (6+10)!	!	!	!	!	!	!
! !	!	!	!	!	!	!
! ! Evaporation	!	!	!	!	!	!
! ! (6,7 mm x 30 j = 200mm)!	!	!	!	!	!	!
! 12 ! S km ² submersion	!	50	45	34	25	11.5
! ! (f(11))	!	!	!	!	!	!
! 13 ! V évaporé 10 ⁶ m ³	!	10	9	6.8	5.0	2.3
! ! (E x 12)	!	!	!	!	!	!
! !	!	!	!	!	!	!
! 14 ! Volume net 10 ⁶ m ³	!	6.7	46	31	18.3	9.4
! ! (11 - 13)	!	!	!	!	!	!
! 15 ! S inondée en ha <u>1/</u>	!	4.750	4.000	3.000	1.750	850
! !	!	!	!	!	!	!
! 16 ! Cote IGN d'immersion <u>2/</u> !	!	9.70!	9.30!	8.80!	8.00!	7.4!
! !	!	!	!	!	!	!

Nota: Ces estimations ne constituent qu'une approche

1/ S. est calculée à partir des courbes hauteur/Volume/Surface.

2/ C'est la cote de submersion de la plaine au 10 Septembre calculée à partir de la courbe hauteur/Volume.

2.5.6. Volumes ruisselés d'averses caractéristiques

L'étude hydrologique d'OLIVRY a défini deux zones de fort ruissellement, l'une de 400 km² à l'est et à l'ouest de la plaine du Dirol, l'autre de 300 km² dans la région de Mbarde.

Les estimations figurées au tableau ci-dessus, sont établis à partir de coefficients de ruissellement observées sur des bassins versants similaires.

Estimation des volumes ruisselés amenés au dirol pour quelques événements pluviométriques.

Source OLIVRY, ORSTOM.

Fréquence au dépassement	P ! mm (1)	P mov. ! mm (1)	Kr %	Hr mm	V 10 ⁶ M ³ (2)
1/10	108	81	40	32.4	22.7
1/5	90	67.5	35	23.6	16.5
1/2	68	51	35	17.9	12.5
1 fois par an	53	40	30	12	8.4
2 fois par an	41	31	30	9.3	6.5
5 fois par an	26	19.5	20	3.9	2.7
10 fois par an	15	11.2	15	1.7	1.2

(1) Avec coefficient d'abattement de 0,75.

(2) Avec total de superficie des bassins de 700 km².

2.5.7. Conclusion du rapport hydrologie du bassin versant

2.5.7.1. Pour la culture de décrue

Si les volumes en provenance du bassin amont du Dirol (1.270 km²) ne sont pas négligeables, leur importance dans la submersion de la plaine paraît secondaire. Ainsi, les apports amont d'une année décennale humide couvriraient moins de 5.000 ha dans la plaine alors que la crue décennale sèche du fleuve dépasse 9,80 m IGN pendant 15 jours et garantit la même superficie de submersion.

De plus, le gain en précocité dans la saison de la période d'inondation reste assez illusoire puisque les apports du bassin amont du Dirol concerteront d'abord les zones les plus basses de la plaine lesquelles connaissent déjà par le fleuve le temps de submersion le plus long.

Enfin, après Manantali, il est possible que la crue annuelle sera, en fonction des réserves faites, plus précoce qu'en régime naturel, ce qui est favorable aux cultures sur le walo et diminue d'autant l'intérêt de l'utilisation des apports du Dirol.

La totalité du bassin versant (3.000 km² environ) pourrait donner des apports beaucoup plus importants, qu'il y aurait lieu d'évaluer par une étude hydrologique détaillée.

2.5.7.2. Dans l'optique des périmètres irrigués, les apports précoces permettent de remplir dès le mois d'Août les mares et thalwegs de la plaine, le lit mineur du Dirol, dans lesquels on peut pomper l'eau pour l'irrigation des périmètres dans de meilleures conditions économiques, et sans attendre la montée du fleuve en fin Septembre.

Cet ensemble des lits mineurs, étendu par des grands fossés et trains, constituera un vaste réseau d'adduction d'eau, dont les extrémités pourront être équipées de stations de pompage fixes alimentant les périmètres irrigués qui seront aménagées dans la plaine.

Pour la pisciculture, ce gain de 1 à 2 mois sera également profitable.

2.5.8. Etudes hydrologiques à entreprendre:

Dans le cadre de l'étude de factibilité de l'aménagement de la plaine du Dirol, une étude hydrologique portant sur le fleuve Sénégal et le bassin versant doit être faite. Les termes de référence en sont donnés en annexe.

3. LE CONTEXTE HUMAIN DE LA PLAINE DU DIROL

3.1. La population cultivant en décrue dans la plaine du Dirol^{1/}.

3.1.1. Les principales ethnies

La plaine du Dirol est exploitée par 3 ethnies principales qui sont:

- | | |
|------------------|--------------------------|
| - Les Toucouleur | 87,7% |
| - Les Maure | 9,0% (pourcentages de la |
| - Les Peul | 2,6% période 1972-1973). |

3.1.2. Historique des peuplements

La réparation des exploitants dans les lieux d'habitation et sur les terres de culture est l'héritage des affrontements qui ont marqué l'installation, puis la cohabitation des groupes ethniques et des entités politiques de la région.

Il faut rappeler, d'abord, l'enjeu du point de vue agro-pastoral: à l'aval de Kaédi les bordures soumises aux rigueurs du climat sahélien (moins de 400 mm) sont utilisées comme terrains de parcours; les cultures dans les champs enclos près des villages et des campements ne produisent pas tous les ans. Le contraste devient vif, avec les champs du walo porteurs de récoltes de mil bien mieux assurées. La plaine du Dirol se trouve donc dans la partie de la vallée où l'exploitation des terres et des eaux du walo occupe une place vitale dans les systèmes agro-pastoraux.

Au temps de l'Etat peul, puis sous le régime des Almamis, la répartition de la population et l'exploitation des terres ont été modifiées à plusieurs reprises. La pénétration française et la traite ont affaibli ces états et exacerbé les antagonismes en développant un conflit quasi permanent entre les Maures et les habitants de la vallée. Le résultat, très net dans ce secteur, fut l'abandon de la rive droite du fleuve par les Toucouleur qui se replièrent sur l'île à morphil ou sur le diéri de la rive gauche; de ce fait les surfaces cultivées dans le walo mauritanien furent considérablement réduites. Ce n'est qu'avec et après la conquête coloniale que s'opéra le retour des Toucouleur; c'est de 1890 jusqu'à 1930 que sont fondés les villages actuels de la rive droite et qu'une partie des fractions peul traverse le fleuve.

^{1/} L'essentiel de ce chapitre est emprunté à l'étude ORSTOM intitulée: "Peuplement et cultures de saison sèche dans la vallée du Sénégal", par A. LERICOLLAIS et Yveline DIALLO. Paris 1980. Carte D., échelle 1/100.000.

3.1.3. Les Toucouleur

Sur les deux rives, entre Kaskas (au Sénégal) et MBagne, on dénombrait 50.000 paysans Toucouleur en 1972-73. Si le taux de croissance a été de 3% durant les 10 dernières années, leur nombre en 1983 serait de 66.000. A l'intérieur de ce groupe, LERICOLLAIS note que les échanges et les liens les plus denses sont surtout transversaux à la vallée; les déplacements saisonniers des cultivateurs et des pasteurs du diéri vers les cultures et les eaux de la vallée s'inscrivent sur un fond de liens historiques et lignagers entretenus de village à village de la rive gauche jusqu'au diéri mauritanien depuis le rétablissement des villages en Mauritanie et la reprise des terrains du walo mauritanien il ya moins de 100 ans.

Plusieurs chaînes de villages constituent avec les terrains de walo qu'ils exploitent des aires transversales à la vallée.

Ces villages conservent des relations matrimoniales et sociales denses; leurs terroirs demeurent imbriqués.

La taille, souvent importante, des villages toucouleur et la largeur du walo dans certains secteurs obligent les paysans à cultiver à grande distance. Dans certains cas, des campements saisonniers sont créés à proximité du principal terrain de culture; c'est dans la partie la plus large de la vallée, par exemple la zone de Bagoudine que ces habitats saisonniers, proches du terrain de culture, sont les plus fréquents. En outre, le groupe des pêcheurs effectue ses déplacements saisonniers, fréquemment, le long des cours d'eau pour s'installer sur les champs de berge (falo), à proximité des biefs du fleuve réservés pour la pêche (louguéré); ainsi, entre Boki et Walaldé les habitations de saison sèche s'échelonnent dans toute la boucle du méandre.

Dans tous les cas la culture prend une place importante, sinon dominante, dans le système agro-pastoral. Pour les villages riverains du fleuve et du Doué les cultures de berge et la pêche fournissent les autres ressources locales; en plus les paysans exploitent parfois des champs sur les levées (fondé) en culture pluviale, ou en décrue les années de très forte crue. Les villages de diéri sont adossés à une aire de champs enclos, porteurs de culture d'hivernage qui produisent quand la pluviométrie est suffisante. En outre, les paysans de ces villages possèdent des troupeaux importants.

3.1.4. Les Peul

Ils seraient au nombre de 26.000 environ en 1983, à cultiver dans cette section de la vallée comprise entre Kaskas et le Dirol. On les trouve surtout à l'amont en rive gauche entre Thilogne et Kaédi, et à l'aval entre Kaskas et MBagne.

Exceptionnellement ils sont très peu nombreux dans la plaine du Dirol: 329 en 1972-73, probablement de l'ordre de 400 en 1983.

Dans certains villages les Peul ne se différencient guère des Toucouleur; ni par l'histoire ni par les genres de vie ni même par les lignages. Ils ont été contraints par les Maure au même repli, sur la rive gauche, sur la rive droite, et ils sont retournés sur la rive droite au début de la période coloniale mais dans des proportions moindres. Ils cultivent un peu partout dans l'île à morphil et sur la rive gauche du Doué; mais ils sont plus concentrés à l'ouest de l'arrondissement de Saldé.

Le plus grand nombre habite pendant la saison sèche sur les fonds à proximité des terrains de culture; puis remonte s'établir dans le diéri avec les pluies.

Des effectifs notables cultivent le walo en habitant le frange du diéri d'une dizaine de kilomètres de largeur qui borde le walo. Cette localisation de l'habitat privilégie l'élevage. De là, les troupeaux importants, qui stabulent dans les campements, ont accès aux eaux de la vallée et aux pâturages de tout le diéri.

Enfin, à côté, et à proximité des points d'eau du haut-diéri, distants de plusieurs dizaines de kilomètres du walo, résident toute l'année des Peul qui, par ailleurs, exploitent des parcelles en culture de décrue. L'habitation principale étant ainsi fixée pour la conduite de l'élevage, quelques actifs descendent au walo pour le temps des travaux agricoles.

L'élevage est l'autre activité importante pour tous les cultivateurs peul. Ils tentent aussi la culture dans le diéri soumise à l'aléa pluviométrique.

3.1.5. Les Maure

Ils étaient évalués à 1.123 cultivateurs (9% de la population) en 1972-73 répartis sur la zone de culture de décrue allant de MBagne à Bélinabé, dont 80% constituent la plaine du Dirol. Leur nombre pourrait atteindre 1.500 en 1983.

Comme ailleurs, dans la population maure, ce sont les Haratinas -la catégorie sociale traditionnelle des serviteurs- qui cultivent. Les beïdanes -les nobles-, qu'ils soient de tradition guerrière ou maraboutique, vivent généralement plus au nord, à proximité des points d'eau et des talwegs, dans l'étendue des départements d'Aleg et Magta-Lahjar.

L'implantation des groupements haratinas dans la vallée semble se situer à l'époque des prélevements intenses d'esclaves, au temps de la traite. Utilisés d'abord comme captifs domestiques ou cultivateurs et pasteurs à proximité des campements de la tribu, ils furent aussi installés et regroupés en hameaux autonomes en bordure du walo pour y cultiver les terres délaissées, du fait de l'insécurité. Depuis ces villages de culture (abadaye) les Maure exploitent les terres de Walo toutes proches du diéri. Plusieurs grands terrains ont été conservés à l'époque du retour des Toucouleur. Ailleurs il n'y a guère de cultivateurs maures, hormis quelques familles paysannes fixées dans les villages toucouleur et cultivant leurs terres au prix de fortes redevances foncières.

Dans la zone du Dirol ils sont concentrés sur 3 villages: Bagoudine et Adabaye-Doubel situés en bordure Est du Dirol, Mbarki dans le diéri à 16 km au Nord-Ouest de Bagoudine. Tous leurs terrains de culture sont concentrés au Sud de Bagoudine.

Ce sont des haratinnes des tribus Tuabir et Intemodek du département d'Aleg; les principales fractions Tuabir habitent plus à l'est vers Mbidène-Dow (40 km au nord de Kaédi): les Intemodek sont ver jatoul (près de Monguel) et El-Bir sur l'ouest Savalel.

Pour les maures la production du Dirol s'ajoute aux cultures de bas-fonds et d'oueds pratiquées au Nord dans le bassin versant (diéri), aux ressources de lévage, et au produit de la cueillette de la gomme pour couvrir la plupart des besoins vivriers de la tribu.

Certains cultivateurs du walo se déplacent vers le Nord pour cultiver près des campements beïdanes en hivernage: zones de l'oued Guellouart, tributaire du Dirol.

LERICOLLAIS note que les petits barrages en terre réalisés au nord dans le bassin versant, accentue la coupure entre les fractions du diéri et celles du walo. Nous l'avons effectivement constaté.^{1/}

3.2. Les 3 ethnies face à l'aménagement hydroagricole.

LERICOLLAIS note que si les Toucouleur sont les principaux intéressés, leur insertion dans les aménagements peut être remise en question à cause de la frontière politique: beaucoup de Toucouleur résident d'un côté du fleuve et cultivent de l'autre.^{2/} Jusqu'à présent la circulation des personnes et des productions n'est pas trop entravée.

L'insertion des cultivateurs Peul se heurte au problème des distances qui séparent, dans le genre de vie traditionnel, les terrains et habitations saisonniers du walo, des parcours, cultures et habitations du diéri. Les exploitations en culture irriguée exigeant une présence quasi-permanente de la force de travail, imposent aux Peul de reconstruire la répartition des actifs et des lieux d'habitation qui leur est coutumière.

^{1/} Barrage de Tamourt Guellouar construit en 1974 et qui arrête une bonne partie des eaux alimentant le Dirol. Barrage de Belk Ebane à l'Est d'Atene, construit en 1983.

^{2/} D'après l'étude LERICOLLAIS, les effectifs d'exploitants toucouleur résidant de l'autre côté du fleuve au Sénégal, étaient très importants en 1973 et la situation n'a pas changé depuis: zone de Bababé 27% zone de MBagne 11%.

- Demandent que seuls les habitants des 8 (?) villages du Dirol soient employés pour la construction de la digue, "et qu'ils soient payés comme promis par la SONADER".

- L'USAID et la SONADER présents ayant fait valoir l'importance d'une participation des villages à l'exécution des ouvrages, les représentant des villages conviennent de reconsulter la population sur la nature de leur contribution au projet".

En conclusion, nous ne saurions trop insister sur la nécessité de maintenir et de développer des relations étroites avec la population de la plaine du Dirol et ses représentants (notables traditionnels des 3 principales ethnies, chefs politiques, responsables administratifs), pour la conception même du projet, à laquelle doit être associé le (ou les) représentant(s) de la population. Les futurs bénéficiaires doivent être considérés au départ, dans les faits, comme un partenaire à part entière à côté de la SONADER. Ceci veut dire par exemple qu'il participe aux réunions importantes où des décisions sont prises, qu'il est destinataire des principaux documents concernant le projet.

Une enquête sociologique et foncière, financée par l'USAID, a été lancée en Février 1986, avec l'appui d'un spécialiste Mauritanien. On se reportera aux termes de référence de cette étude, en annexes.

3.3. Importance et Répartition de la Population de la Plaine du Dirol

3.3.1. Nous donnons ci-dessous les chiffres établis par LERICOLLAIS en 1972-73 pour chacune des 2 unités naturelles AMC et KKA. Une partie seulement de ces 2 unités constitue la plaine du Dirol:

environ 80% de la superficie de AMC.
70% de la superficie de KKA.

Chiffres de 1972/73 et extrapolation à 1983 au taux de croissance supposé de 3% l'an*.

Nota: durant les 10 dernières années, l'émigration des populations du Nord vers la vallée du fleuve Sénégal a été importante.

Unités Naturelles	Total	cultivateurs	Maure	Peul	Soninké	Toucouleur	Wolof	Autres
AMC	8.094	1.025	156	0	6.866	0	0	47
estimation 1983*	10.500	1.350	200	0	9.000	0	0	62
KKA	4.373	96	173	0	4.075	0	0	27
estimation 1983*	5.700	130	230	0	5.300	0	0	35
Total AMC + KKA	12.467	1.123	329	0	10.941	0	0	74
estimation 1983*	16.200	1.480	430	0	14.300	0	0	97
% du total	100%	9%	2.6%	0	87.7%	0	0	0.6%

Le tableau ci-dessous donne pour chacun des principaux villages entourant la plaine, les chiffres de population du recensement de 1977.

Villages	Résidents	Menages
Woloum Atar	438	73
Foundou	1.432	242
Bagoudine	1.843	358
Niabina	1.043	164
M'Bahé	914	183
Dawalel	764	143
Feralla	1.194	167
Debaye Doubel	877	145
Atene	323	60
Nere Walo (Ndiafane)	661	102
Woloum Nere	1.045	185
Roufi Aoudi	146	26
Total	10.680	1.848

On peut estimer que la population totale concernée par l'exploitation de la plaine du Dirol, limitée à l'Ouest par Dawalel et à l'Est par Ndiafane, est de l'ordre de 13.000 personnes en 1983 dont 87% de Toucouleur.^{1/}

Par ailleurs les liens suivants ont été mis en évidence, entre villages situés de part de d'autre du fleuve Sénégal.

1/ Des chiffres plus actuels sont attendus, en provenance des préfectures de Kaédi et de MBagne, collectés récemment dans le cadre de la politique de "structuration des masses".

Notons l'importance de l'émigration vers Kaédi, dont la population est passée de 25.000 habitants en 1976 à 40.000 en 1983.

3.3.2. Liens Historiques entre les villages

Diéri Sénégalais	Walo Sénégalais	Walo Mauritanien	Diéri Mauritanien
	Sintiou-Amadi-	Roufi-Aoudi	
	Mayram		
Diaba Perlé		Diavalel	Foundou
			Bagounie
Mbolo		Mbagne	Hameïdat
		Mbagne-Dabbé	
Tyilamol			Niabina
Boguel-Beli-Edi	Vinding	Vinding-Reo	Mbahé
Galoya			Ferala
			Ali-Baïdi

Source: LERICOLLAIS, ORSTOM.

3.3.3. Chiffres Détaillés

Nous donnons ci-après 2 cartes synthétiques établies par LERICOLLAIS de l'ORSTOM en 1980, figurant les résultats d'enquêtes sur le terrain effectuées en 1972-73

Carte C3: Zone Sud-Est de la plaine du Dirol, répérée KKA dans l'étude ORTOM.

Carte C4: Zone Nord de la plaine du Dirol, répérée AMC dans l'étude ORTOM.

Par ailleurs on trouvera, dans le document de Mars 1984, en Annexe A les tableaux donnant pour chacune de ces zones

la répartition des ethnies par terrains de culture.
Tableaux A1, A2, A3.

- le lieu d'habitation des cultivateurs en saison sèche
Tableaux A4, A5.

3.4. Les problèmes fonciers

Les aspects fonciers de la plaine du Dirol sont complexes tant pour ce qui est des droits de propriété que des droits d'usufruit, l'origine des droits, et leur transmission, les modalités d'application. Par ailleurs la Mauritanie vient d'adopter une loi foncière mise en vigueur par un décret de Janvier 1984^{1/}.

La manière dont les problèmes fonciers seront appréhendés sera probablement déterminante pour le succès des actions de mise en valeur progressive de la plaine.

C'est pourquoi le Ministère du Développement Rural a décidé, avec un appui de l'USAID, de procéder à une enquête foncière portant sur l'ensemble du oualo du Dirol et les villages où résident les cultivateurs qui l'exploitent.

L'étude sera menée par un sociologue Mauritanien et de deux spécialistes Américains du "Land Tenure Center" de l'Université du Wisconsin. Le démarrage a eu lieu en Février 1986 et le rapport final est prévu pour Mai 1986^{2/}.

^{1/} Voir en annexe "les problèmes fonciers en Mauritanie".

^{2/} Un résumé des termes de référence est donné en annexe.

DIROL PLAIN : south-eastern zone (KKA).
Distribution of croplands and population

PLAINE du DIROL : zone Sud-Est (KKA)
Peuplement et zones de cultures (de sécheresse)

Source : LERICOLLAIS. ORSTOM - 1980.

The population is indicated in two locations:
La population est portée en 2 endroits :

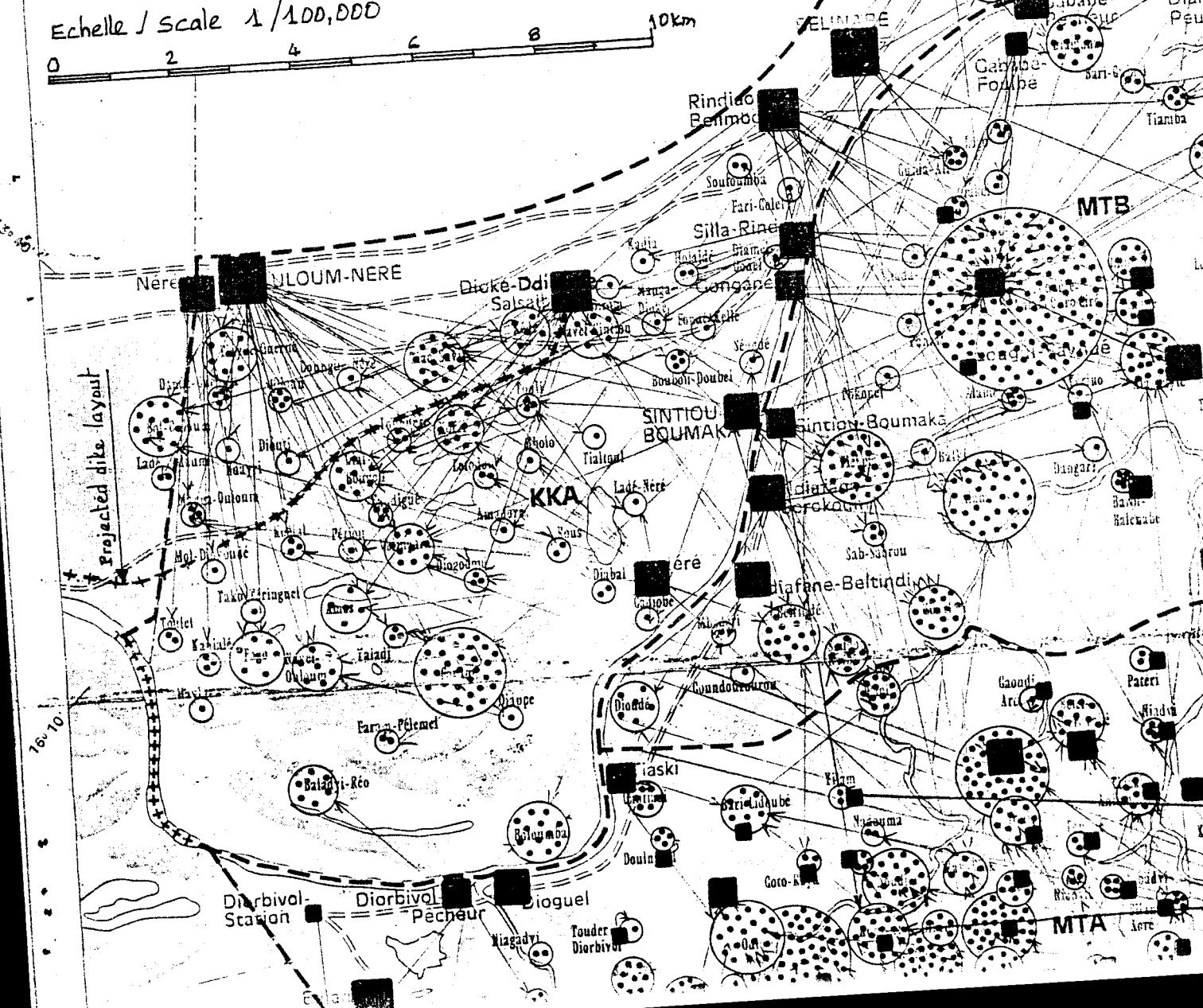
on the home location during the dry season.
 sur son lieu d'habitation de saison sèche.

on his main crop land
sur le terrain de culture principal qu'elle exploite.

Echelle / scale 1/100,000

0 2 4 6 8 10km

Projected dike layout



4. CULTURES DE DECRUE ET ALEAS CLIMATIQUES: L'IDEE DU PROJET

4.1. Les cultures de décrue dans la plaine du Dirol

4.1.1. Depuis des siècles, la culture de décrue est pratiquée sur les terres facilement inondables de la vallée alluviale du Fleuve Sénégal. On estime qu'en année de crue moyenne du fleuve, de l'ordre de 130.000 hectares sont cultivés sur les terres argilolimoneuses, inondées pendant une durée très variable, dont 48,000 hectares en Mauritanie. Mais durant l'année sèche 1972/73, 4,500 hectares seulement purent être cultivés sur la rive Mauritanienne

Les cultures se développent à partir de l'eau retenue par le sol lors de l'inondation, ou celle correspondant parfois à la nappe alluviale du fleuve. Ce mode de culture traditionnel a déterminé divers types de terroirs en fonction des caractéristiques topographiques - par rapport aux niveaux de crues du fleuve - ainsi que de la morpho-pédologie des terres: le falo, le walo et le fondé.

- Le falo: ce sont les flancs du fleuve, ou du marigot et de ses diverses ramifications, qui sont plantés au fur et à mesure de la baisse de l'eau, en maïs, patates douces, tomates, sorgho, niébé, etc..., les surfaces sont en général limitées, et de forte pente: c'est le cas de la zone du Dirol.

- le walo: ce sont les cuvettes de décantation facilement inondables dont les fonds sont très argileux (terres appelées hollaldés) et les rives argilo-limoneuses (faux hollaldés). On y cultive le sorgho dès que la crue se retire, le niébé.

- le fondé: ce sont les terres hautes limono-sableuses, atteintes seulement par les très fortes crues, exploitées en cultures précoces sous pluie.

Le Sorgho est cultivé en saison sèche de fin-Octobre à Mars-Avril

4.1.2. Dans la plaine du Dirol en année de très forte crue, la superficie cultivée est estimée à 2500 ha environ, constituée par deux grandes cuvettes:

-l'une s'étalant entre Ferrala et Bagoudine, de 700 ha environ entre un fond à la côte de 10 m.

-l'autre à l'Ouest de Foundou et Voloumé, de 1500 ha environ, entre un fond à la côte 6,30 m et la côte 8m/9.50 m.

Cette dernière cuvette comprend une grande mare qui ne peut s'écouler vers le Dirol en dessous de la côte 7,00 m. Sa profondeur moyenne serait de 70 cm lorsque l'écoulement vers le Dirol s'arrête. Ensuite le plan d'eau baisse par évaporation et infiltration, pour se tarir complètement vers Janvier.

4.1.3. Données globales concernant les cultures de décrue dans la plaine du Dirol

*Dans l'étude sociologique de 1980, A.LERICOLLAIS 1/ de l'ORSTOM définit une unité naturelle de plaine d'inondation (repère AMC) de 8150 ha de superficie totale, limitée au Sud-Est par une ligne allant de Roufi Aoudi à Ouloum Atar.

Surface totale de l' <u>Unité Naturelle AMC</u>	8150 ha
Altitude moyenne	9,40 m
Surface cultivée en 1970-71	2000 ha
Nombre de cultivateurs	8094
Taux par cultivateur	0,25 ha /cultivateur

*L'autre unité naturelle définie par A. LERICOLLAIS (repère KKA) s'étend à l'Est d'une ligne allant de Roufi-Aoudi à Ouloum-Néré, jusqu'à Kaédi. Ses caractéristiques sont les suivantes:

Surface totale de l' <u>unité naturelle KKA</u>	9.000 ha
Altitude moyenne	9,40 m
Surface cultivée en 1970-71	3.285 ha
Nombre total de cultivateurs	4.373
Taux par cultivateurs	0,75 ha/cultiv.

Cette unité présente des conditions favorables pour les années de crue moyenne. Malheureusement cet ensemble de cuvettes est mal drainé, le retrait des eaux est lent au cours des années de haute crue, ce qui retarde les semis. Lericollais note que "la culture se déplace alors vers les terres hautes des bassins de décantation et les fonds où elle rencontre des conditions moins favorables.

4.2. Les aléas de la culture de décrue (dans les conditions naturelles)

Les aléas de cette culture sont liés aux caractéristiques de la crue du Fleuve Sénégala, très variables d'une année sur l'autre.

D'abord la hauteur de crue détermine la superficie inondée, et les types de sol répartis à des côtes différentes (hollaldés bas, faux hollaldés, fondé et falo) et marqué par un système foncier rigide.

1/ André LERICOLLAIS et Y. DIALLO: "Peuplement et cultures de saison sèche dans la vallée du Sénégal", ORSTOM, Paris 1980. Voir extraits des 2 cartes en annexes.

Ensuite le rythme de la crue, intervient avec de nombreuses variables annuelles: date et forme de la pointe, qui déterminent le calendrier des semis, la durée de la submersion influant directement sur les rendements en fonction de la quantité d'eau disponible dans le sol. La durée de submersion optimale pour la culture du sorgho est estimée à 6 semaines.

On constate donc que les superficies cultivées en décrue varient approximativement dans les proportions de 1 à 10 entre une année sèche et une année moyenne, dans les conditions actuelles.

Culture de décrue	Année Sèche	Année Moyenne
Deux rives (Mauritanie + Sénégal)	14.000 ha	125.000 ha
Ensemble rive droite Mauritanienne	4.500 ha	48.000 ha
Plaine du Dirol	100 à 200	1.600 à 2.000

4.3. L'idée du projet d'aménagement de la plaine du Dirol

* Nous savons qu'en année moyenne (1 année sur 2) la crue du fleuve atteint ou dépasse la cote 11.20 m IGN, ce qui correspond à une superficie inondée de 6.100 ha dans la zone Nord de la plaine (au Nord d'une ligne Ferrala-Ndiafane), et plus de 10.000 ha pour la totalité de la plaine.

Par ailleurs nous savons que la décrue est rapide, surtout en année sèche: 6 à 10 cm par jour. Or les terres exigeraient une submersion de 4 à 6 semaines.

Enfin la plaine dispose d'un vaste bassin versant dont les apports s'écoulent très rapidement vers le lit du fleuve Sénégal, alors qu'ils permettraient d'inonder de vastes zones.

* L'idée simple consiste donc à isoler la plaine du fleuve par une digue située sur les levées hautes, et disposant d'ouvrages vannes pour maintenir le plan d'eau le plus élevé possible pendant la durée optimale requise pour les cultures, puis de baisser ce plan d'eau à la demande pour exonder les terres destinées aux cultures de décrue.

Par la suite cette digue permettra la protection contre les crues des périmètres irrigués intensifs qui y seront aménagés. Le but final de l'aménagement est la création de vastes périmètres irrigués, permettant une production intensive à 2 cultures annuelles (garantie quelle que soit le niveau de la crue) dans la zone nord endiguée où environ 6.000 ha de terres irrigables ont été identifiés. (Voir 2.3.4. ci-dessus).

5. DESCRIPTION DE L'AMENAGEMENT PROPOSE

5.1. Choix de l'implantation de la digue

Deux solutions d'implantation de la digue ont été identifiées, sur la base de la carte IGN échelle 1/50.000. En fin Janvier 1984 un levé topographique (profil en long de ce tracé) était disponible. Toutes deux dans leur partie Est sont localisées sur des levées de terres hautes, bourrelets de berge.

Le barrage sur le Ditol proprement dit, sera implanté à 200/300 m de l'embouchure, car celle-ci est située sur une boucle vive dont le bord convexe recule chaque année après la crue.

<u>Solution 1:</u> Ferrala-embouchure-Roufi Aoudi:	longueur	8.320 m
Roufi Aoudi-Ndiafane		6.476 m
	<u>Longueur totale</u>	<u>14.796 m</u>

<u>Solution 2:</u> Ferrala-embouchure-Roufi Aoudi:	longueur +	6.500 m
Roufi Aoudi-Diarango-Néré-Sintiou-Sylla		19.600 m
	<u>Longueur totale</u>	<u>26.100 m</u>

La solution 2 est de 77% plus longue, mais sur toute la partie Sud-Est la digue demanderait 1 m de moins de hauteur de remblais. Voyons les avantages et les inconvénients des 2 solutions.

5.1.1. Digue solution 1 Ferrala-Ndiafane 14,7 km

C'est la solution de base que nous avons retenue, au stade de l'avant projet sommaire.

Avantages:

- Digue moins longue, donc la moins coûteuse.
- Permet de maîtriser la submersion de 6.600 ha jusqu'à la courbe de niveau 12.000 m IGN, soit 6.000 ha cultivables environ (maximum, cultivables en décrue).
- Un ouvrage vanne^{1/} installé dans la digue au droit du thalweg de Roufi Aoudi permettrait de vidanger la plaine vers la zone Sud, laquelle pourrait être également exploitée en décrue sur plus de 2.000 ha à condition de construire 2 ouvrages-vannes (1 sur le marigot de Roufi Aoudi, et 1 à Sintiou-Pomar), et d'améliorer les capacités de drainage des thalwegs.

^{1/} Le levé topographique réalisé en Janvier 1984 a confirmé la possibilité de conception d'un tel ouvrage. Il serait situé au PK 10,532 (mesuré à partir de la borne S1 à Ferrala), et calé à la cote 8,50 m IGN.

Curves water level
Plain de Dioul : courbes $V=f(h)$ et $S=f(h)$
For dike layout solution I
pour trace digue pour la solution I (Roufi Roudi - Andifâne)

Surface (10^3 ha)
Level IGN
H

$S = f(h)$

11.00

10.00

9.00

8.00

7.00

6.00

5.00

4.00

Côte radier passe de Roufi Roudi
(vidange ou remplissage de la plaine)

Sill of flood gates.

22 Millions m^3

6.000ha cultivables
4.900ha.

Fond des marais
bottom of pools 6.30m

1.650ha 15.5 Millions m^3

1.000ha 10 Millions m^3

500ha 5 Millions m^3

Note : au dessus de 9.00m les valeurs de $V=f(h)$ sont limitées
à la carte IGN Kadi 1b (échelle 1/50 000) qui a servi au calcul des courbes.

Surface (10^3 ha)
Volume (10^6 m^3)
Y

200
150
100
50
0

200
150
100
50
0

200
150
100
50
0

200
150
100
50
0

- Permet à terme de créer des périmètres irrigués intensifs sur les terres hautes (de 9 à 12 m environ) par pompage dans le lit mineur du Dirol, et non plus dans le fleuve Sénégal^{1/}.

- Permettrait d'utiliser la digue comme route transversale de la plaine.

- Ne contrarie pas l'écoulement en crue du fleuve Sénégal.

Inconvénients:

- Ne protège que 6.600 ha d'une plaine qui en fait près de 10.000 ha. Cet inconvénient vaut surtout dans l'hypothèse de la création future de grands périmètres irrigués sur l'ensemble de la plaine.

5.1.2. Digue Solution 2: Ferrala-Roufi Aoudi-Néré- Silla 26,1 km

Avantages:

- Permettrait l'exploitation de toute la plaine en culture de décrue soit près de 10.000 ha (en supposant que la population serait suffisante); mais la topographie de la zone sud est défavorable.

- Permet aussi le passage progressif aux périmètres irrigués sur les terres hautes.

Inconvénients:

- Digue longue et coûteuse.

- Contrarie l'écoulement des hautes eaux de crues du fleuve Sénégal. Cette influence hydraulique devra être quantifiée lors de l'étude de factibilité, car elle pourrait constituer un inconvénient majeur. Le modèle mathématique SOGREAH-GERSAR a montré l'effet néfaste qu'aurait l'endiguement complet de la cuvette d'Oréfondé-Thilogne située en face sur la rive Sénégalaise. (Document GERSAR pour SAED, Nov. 1982, Chap. III Hydrologie page 77). Les niveaux de crues seraient relevés de près de 1 m.

5.2. Choix de la côte de niveau de l'endiguement

Ce choix est délicat car un projet d'amélioration de cultures de décrue, avec des rendements escomptés de 800 à 1.200 kg/ha, ne peut justifier des investissements élevés en endiguement. Mais par ailleurs la qualité des sols

^{1/} Une variante à cette solution consiste à endiguer la zone de Dawalel qui comprend plus de 400 ha de bonnes terres de la classe 1. Cette variante donnerait un surplus de longueur de digue de 3 km. Elle devra être étudiée et chiffrée au niveau de l'étude de factibilité.

de cette immense plaine permet de prévoir leur mise en valeur sous irrigation intensive, à moyen et long termes, une mise en valeur qui nécessitera obligatoirement une protection contre les crues (après Manantali). Deux options sont donc possibles.

3.2.1. Option A: Protection de la plaine contre une crue centennale

Le périmètre pilote du Gorgol (PPG), juste à l'amont de Kaédi, est protégé contre la crue de fréquence centennale (cote 13,30 m IGN) avec une revanche de 1,20 m y compris la protection contre le batillage. La crête de la digue est à 14,50 m. Le périmètre a une superficie nette agricole de 620 ha. Les coûts d'investissements ont été très élevés^{1/}.

Le périmètre semencier de Sylla 60 ha dans une 1ère phase, en cours d'achèvement avec un financement du PNUD, est protégé par une digue calée à la cote 13,60 m IGN. Ce qui correspond à la crue centennale avec une revanche de 70 cm.

La hauteur de crue centennale à l'embouchure du Dirol est, selon l'ORSTOM donnée par la formule suivante:

$$\begin{aligned} H100 \text{ Dirol} &= 1,08 H100 \text{ Kaédi} - 1,76 \\ &= 1,08 (13,30) - 1,76 = 12,60 \text{ m IGN}. \end{aligned}$$

En fait, la hauteur de crue centennale à l'embouchure du Dirol serait de 12,50 m IGN, car ORSTOM a établi sa formule en considérant que Dirol se trouve au PK 503, ce qui semble être inexact. L'embouchure du Dirol est situé au PK 498. (Voir ci-dessus 2.4.1.)

Si l'on voulait donner à la plaine du Dirol le même degré de protection que pour le périmètre pilote du Gorgol -soit la crue centennale avec une revanche de 1,20 m- la cote de la digue à l'embouchure devrait être de 13,70 m et au droit de Ndiafane 14,10 m IGN.

Dans le Shéma Directeur de la rive gauche, le GERSAR a utilisé le modèle mathématique élaboré par SOGREAH, pour déterminer les hauteurs maximales de crues le long du fleuve, dans les conditions actuelles ainsi que dans l'état aménagé (influence des barrages de Diama et de Manantali, ainsi que des endiguements prévus pour les aménagements hydroagricoles) pour diverses

1/ Les coûts de construction en 1977, plus le coût de reconstruction de la digue en 1983 s'élève à 1 milliard d'UM, soit 1,666 millions UM/ha net = 12 millions CFA/ha. Mais la digue et le pont vanne permettent de maîtriser le niveau de l'eau dans la vallée du Gorgol pour la culture de décrue. Ainsi 12.000 ha de sorgho de décrue sont cultivés en 1983-84 d'après SONADER (M. LEJEEUNE).

cavite
option 2

périodes de retour. L'extrapolation des chiffres du GERSAR au droit de l'embouchure du Dirol donne les hauteurs suivantes:

*Niveaux dans l'état naturel:

Crue décennale = 11.60 m IGN
Crue centennale = 12.95 m

*Niveaux dans l'état aménagé:

Crue décennale = 12.00 m IGN
Crue centennale = 13.28 m

C'est donc une hauteur de +0.45 m (par rapport à ORSTOM) et de 0.75 m que le modèle mathématique donne pour la crue centennale respectivement avant et après aménagements.

Au stade actuel on retiendra les chiffres ORSTOM:

H10 (embouchure du Dirol) = 12.00 m IGN
H100 " = 12.50 m.

Mais des investigations hydrologiques approfondies devront être faites lors de l'étude de factibilité, qui prendront en compte, en particulier, les aménagements prévus entre Saldé Wala et Matam.

Nous proposons d'araser la crête de la digue à la cote 13,00 m IGN au droit de l'embouchure, ce qui correspond à une revanche de 50 cm pour H100, et une revanche $\frac{1}{2}$ de 1 mètre pour la crue décennale H10 $\frac{2}{2}$.

La digue ne sera pas horizontale: son profil en long en crête suivra la pente de la ligne d'eau du fleuve pour Q100, soit 18 mm par kilomètre. Cote devant Ndiafane (PK 520) 13,40 m IGN.

1/ La revanche minimale devrait être de 1m, compte-tenu de la longueur du plan d'eau soumis aux vents dominants (Fetch). Le "Fetch" le plus défavorable est de l'ordre de 7 km pour vents de secteur N-E. Les vents dominants de secteur Est-Nord Est, font un angle de 45° environ avec la digue solution 1; les vitesses moyennes les plus faibles ont lieu en Octobre-Novembre et Décembre. Mais le risque de vent de tornade en Septembre doit être examiné avec soin. Un vent de 80 km/h avec un fetch de 7 km donne des vagues de 1 m de hauteur environ.

2/ Noter que la digue de protection du grand périmètre de Podor au Sénégal (1.100 ha) et qui doit être financé par USAID, donne une protection contre la crue décennale avec une revanche de 1.00 m. La protection contre la crue centennale n'est pas assurée, laquelle dépasserait de 20 cm la crête de la digue. Le périmètre pilote du Gorgol (PPG, 650 ha), est protégé contre la crue centennale avec une revanche de 1,20 m.

5.2.2. Option B: Protection minimale pour la culture de décrue

Pour le tracé de la digue Solution 1, le tronçon Ndiafane-Roufi Aoudi correspond à un bourrelet de berge à la cote 11m/11.50m.

A la cote 11 m IGN, environ 6.000 ha sont inondés dans la zone Nord de la plaine.

Il serait donc possible d'araser une digue à la cote 11,00 m IGN environ dans une première phase, comportant des tronçons submersibles et éventuellement fusibles, avec une partie insubmersible au droit de l'embouchure du Dirol comportant un ouvrage vanne fonctionnant dans les deux sens (vidange et remplissage de la plaine).

Une telle digue à la cote 11 m (en chapelet, que nous appellerons Solution 1B) aurait une longueur totale développée d'environ 7.970 ml. Son volume de remblais serait faible. Son coût serait considérablement réduit par rapport à la Solution 1A.

5.3. Caractéristiques de la digue

Indications préliminaires d'avant projet.

5.3.1. Géométrie

- Largeur en crête : 3.50 m (minimum pour le passage des engins)
Pente transversale 2% vers le fleuve Sénégal.
- Pente des talus
Côté fleuve 2 pour 1 2 horizontal/1 vertical.
Côté plaine 2 pour 1
- Décapage de la zone d'implantation 30 cm.
- Cote crête: Extrémité Ferrala 13,00 m IGN
Embranchure Dirol 13,00 m.
Extrémité Ndiafane 13,40 m.

5.3.2. Caractéristiques des remblais pour la digue

D'après les conclusions de l'Etude de SOGREAH faite pour les périmètres de Nianga, Matam et Boghé, les matériaux doivent satisfaire aux critères suivants:

Limites d'Atterberg: 8 IP 30
Granulométrie % d'éléments 5 compris entre 8% et 45%
% d'éléments 50 40% et 85%.

Les remblais seront disponibles à de faibles distances de transport.

Une reconnaissance géotechnique localisera les zones d'emprunts. Les matériaux trop argileux devront être écartés pour éviter les risques de retrait avec fissuration en saison sèche (voir problème digue du PPG).

5.3.3. Protection de la digue

En crête, une couche de 15 cm de graviers latéritiques protégera la digue contre l'érosion, la fissuration due au déssèchement, le passage des animaux et des hommes. Des graviers sont disponibles aux collines de Ndiafane, juste à l'extrémité Est de la digue.

Les talus côté fleuve et côté plaine^{1/} doivent absolument être protégés contre l'érosion de la pluie, et le batillage: deux solutions seraient théoriquement possibles:

- Protection végétale des talus: économique, mais résiste mal à la saison sèche. Des solutions devraient pouvoir être trouvées. (Profil P1).

- Protection par Rip-Rap (enrochements en vrac) posés sur un filtre synthétique du type tissus BIDIM (Profils P2 et P3). C'est la meilleure solution, mais elle est coûteuse. Cependant la proximité des gîtes de matériaux à Ndiafane devrait limiter les coûts.

Une troisième solution, mais qui ne réalise qu'une protection partielle contre le batillage et l'érosion, consisterait à planter de chaque côté de la digue, en pied de talus, une double rangée d'eucalyptus, très serrés ($e = 3$ m) et en quinconce. Elle est très peu coûteuse et aurait aussi une fonction de brise-vent.

De nombreuses rampes d'accès transversales à tous les endroits de passages traditionnels permettront aux animaux et aux hommes de franchir aisément la digue.

5.3.4. Protection du barrage

Il est impératif de protéger les deux talus par enrochements rangés à la main ($e = 30$ cm) et posés sur un filtre en Bidim. Les abords des ouvrages d'art (prise et vidange, dissipation, ouvrage vannes) seront protégés par gabions et perrés maçonnés. Des matériaux sont disponibles dans la zone de Ndiafane et probablement Ferrala.

5.4. L'infrastructure hydraulique proposée pour la plaine du Dirol

5.4.1. Au stade actuel d'avant projet, les ouvrages et travaux suivants peuvent être proposés pour la phase 1 d'aménagement de la plaine.

1/ Il faut remarquer qu'en année moyenne, la décrue du fleuve est assez rapide: $H(30j) = 10,70$ m $H(60j) = 9,90$ m au Dirol.
Et dans tous les cas plus rapide que la baisse du plan d'eau maîtrisée dans la plaine endiguée. C'est donc le talus côté plaine qui est le plus exposé (profil P2), sauf à long terme si toute la plaine est aménagée en périphérie. C'est également le talus côté plaine qui est le plus exposé au batillage dû aux vents dominants de N-Est.

a) Un barrage sur le lit mineur du Dirol, près de l'embouchure, crête à 13,00 m IGN, en terre compactée. Hauteur au thalweg 7 à 8 m, longueur environ 50 m équipée d'une prise amont avec conduite de vidange de fond et ouvrage de dissipation aval. (Il n'est pas nécessaire de prévoir un déversoir si un ouvrage vanne est prévu à l'est du marigot de Roufi Aoudi). Une autre solution consiste à équiper le barrage d'un pont-vanne similaire à celui du périphérique du Gorgol.

b) Une digue de fermeture de la plaine, en terre compactée, reliant le barrage à Ferrala à l'Ouest d'une part, et à Ndiafane côté Est d'autre part. (Solution 1).

Solution 1A: Cote 13,00 m à 13,40 m IGN, longueur totale 14.796 m.
Hauteur: inférieure ou égale à 2.50 m sur la moitié de cette longueur.

Solution 1B: Digue cote 11 m constituée de segments de digues
Longueur totale 7.970 m
Digue à la cote 13.00 m sur une longueur de 200m, au droit de l'embouchure.

c) Un ouvrage vanne, en béton armé, placé dans la digue à l'est du marigot de Roufi Aoudi, et dont le seuil sera à la cote 8,50 m IGN (ou une côte inférieure si possible). Il fonctionne dans les 2 sens: remplissage de la plaine par les hautes eaux du fleuve Sénégal puis fermeture des vannes, et vidange de l'eau de la plaine (décrue artificielle) en l'évacuant vers le fleuve.

d) Reprofilage du réseau de thalwegs et de lits mineurs du Dirol dans la zone Nord de la plaine, pour en améliorer le drainage. Il s'agit essentiellement de creuser les thalwegs à la pelle mécanique. Deux axes sont prévus:

- un drain allant de Savalelo (entre MBahé et Bagoudine) à l'embouchure du Dirol, et permettant de vidanger la grande mare (fond à 6.20 m) située au Sud-Ouest de Bagoudine.

- un drain allant de la grande mare située au Sud de Volumé (fond à 6.30 m) jusqu'à l'embouchure du Dirol.

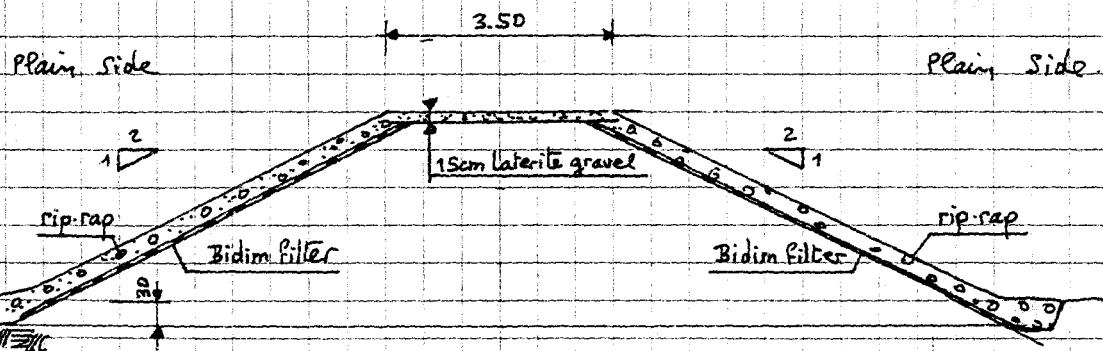
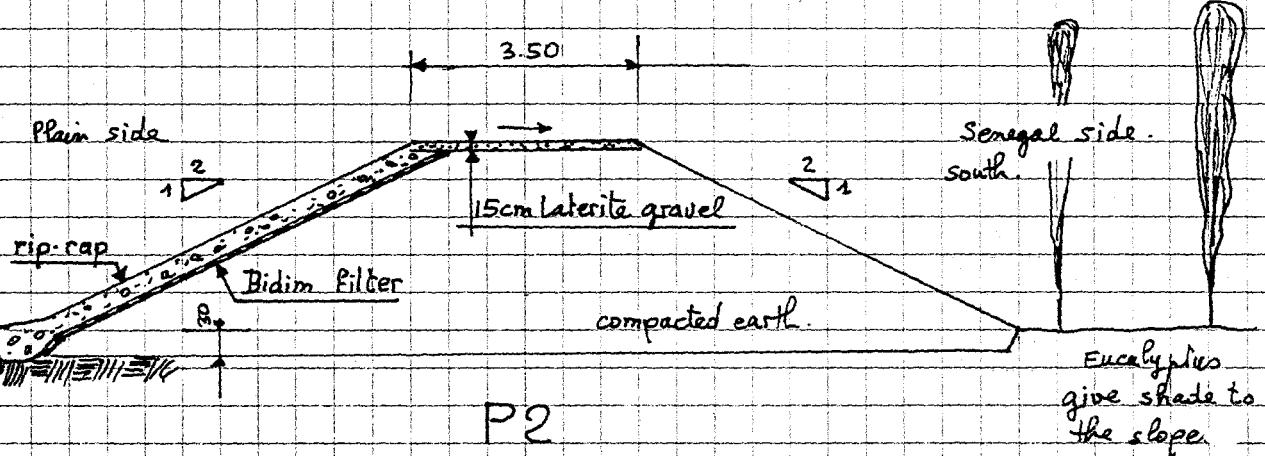
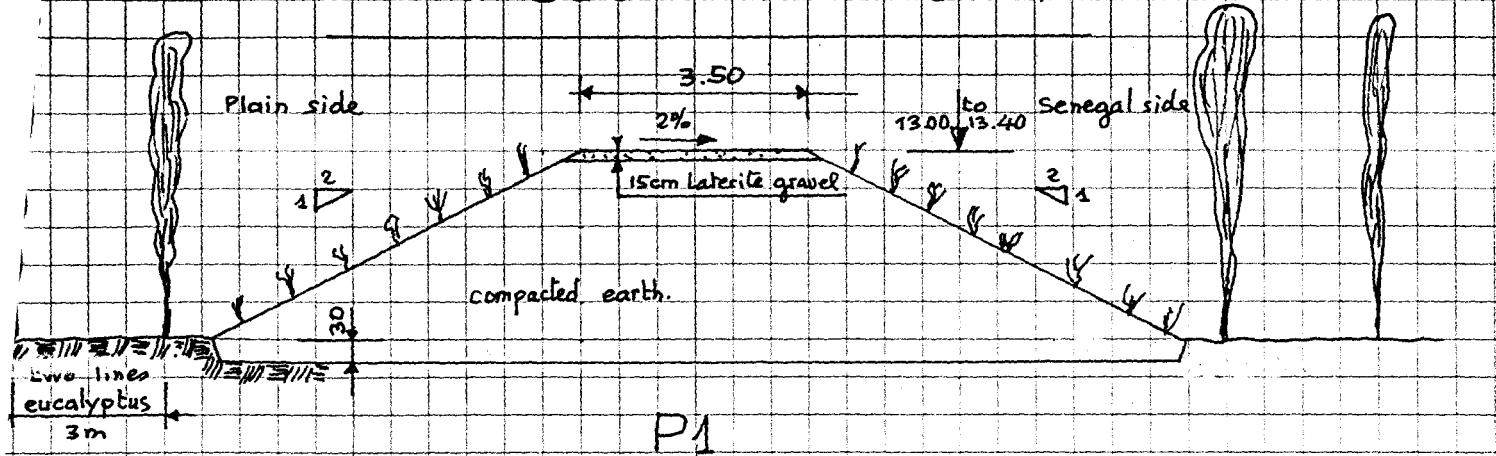
e) Drainage de la zone Sud: (s'étendant au Sud de la digue projetée solution 1).

- reprofilage du marigot de Roufi Aoudi, pour drainer les mares de Foram Saye et de Kofel.

- reprofilage du marigot de Tialtout Rouss pour drainer la zone de la mare de Rouss (si économiquement possible).

f) Régulation de la décrue en zone Sud pourrait être effectuée par deux ouvrages en béton armé, de type seuil batardable ou ouvrage vannes à crémaillère dont l'un serait situé sur le marigot de Roufi Aoudi avant l'embouchure, et l'autre sur le marigot de Tialtout Rouss, au droit de Sinthiou Pomar.

54.2 CROSS SECTIONS of the DIKE.



PROFILS en TRAVERS TYPES.

USDAO/RBDO/JLB / Dirol plain project

5.4.3. Caractéristiques de la prise-vidange sur le barrage du Dirol
(Voir croquis ci-après).

a) But

- Vidanger la plaine, lorsqu'en particulier le niveau s'abaisse jusqu'à la côte 8,50 m. (Cote du radier de la passe de Roufi-Aoudi) pour exonder les terres de culture de décrue situées entre la cote 8,50 m et la cote 7,0/7,50 m.

- Permettre la prise d'eau par pompage pour l'irrigation d'un périmètre de l'ordre de 300 ha prévu à Dawalel. L'eau pompée après la décrue sera celle de la tranche située entre les côtes 6,50 m et 7,50 m, contenue dans les 2 grandes mares et le lit mineur du Dirol, et dont le volume est de l'ordre de 7,5 millions de m^3 .

b) Capacités hydrauliques

(Ordres de grandeur seulement).

Tranche d'eau située entre 8,50 et 7,00 m: $V=21.000.000 m^3$ ($21 Mm^3$). Sa vidange doit pouvoir se faire en moins d'un mois (avant la fin du mois de Novembre). Compte tenu des infiltrations et évaporation, nous prendrons un volume de $20 Mm^3$ évacué en 25j. soit $0,8 Mm^3/jour$ soit $9,2 m^3/sec.$ en moyenne.

Ce débit est inférieur à celui d'une conduite de 1,0 m de diamètre, longueur 32 m, charge 2,0 m. Selon la formule de Sciméni:

$$Q = 48,3 D^{2,68} J^{0,56} \quad Q \pm 10,2 m^3/Sec.$$
$$D = 1,00 \text{ m}, J = \frac{2}{32}$$

c) Caractéristiques

Un tube en tôle d'acier, 0 100 cm intérieur revêtu de béton coulé dans une fouille de section rectangulaire. La fouille étant ouverte à la pelle mécanique dans le remblai compacté du corps de la digue. Le tuyau de vidange traverse donc le corps de la digue, dans l'axe de l'embouchure du Dirol. Son axe sera approximativement à la côte 5,50 m IGN.

Bassin de dissipation à l'aval, mur parafouille, enrochements et gabions.

Tour de prise avec vanne à l'amont, reliée au barrage par une passerelle.

COTÉ FLEUVE SÉNÉGAL.

Senegal River side

COTÉ PLAINE DU DIROL

Dirol plain side.

mécanisme vanne
control mechanism of
sluice gate

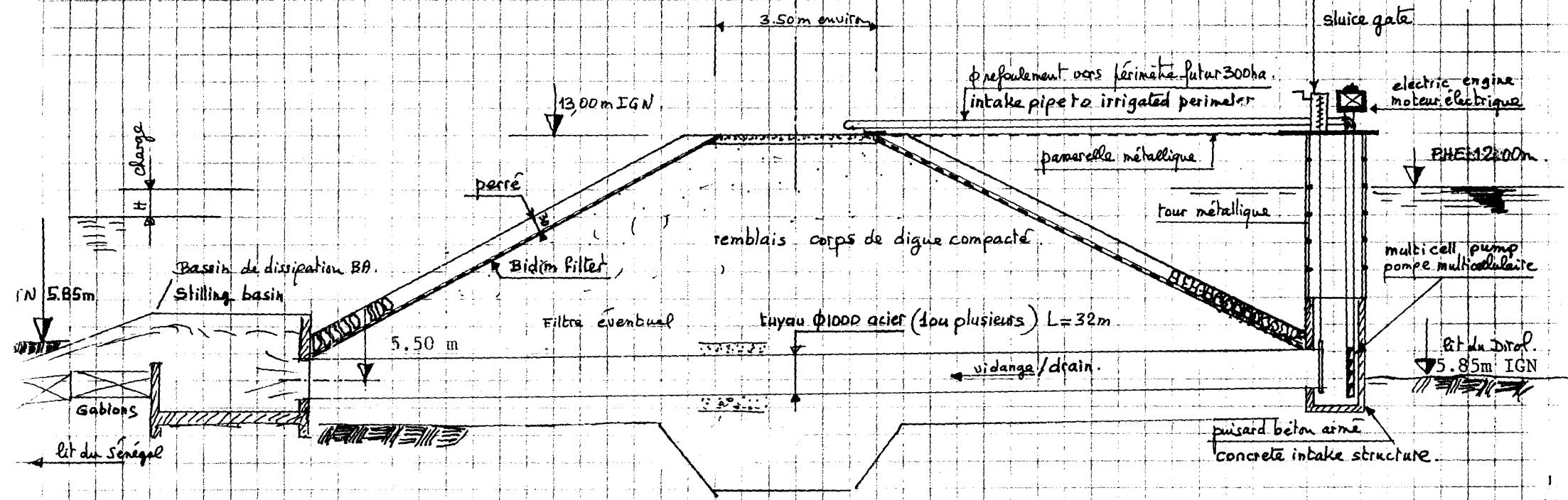
electric engine
moteur électrique

RHE 1200 m.

multi cell pump
pompe multicellulaire

Pat du Dirol.
5.85m IGN

puisard béton armé
concrete intake structure.



Schema de principe / Diagram

5.4.4. BARRAGE sur le DIROL : Coupe ou droit ouvrage de prise et vidange

Pour 1 tuyau :

DIROL DAM

: Cross section through intake/drain structure

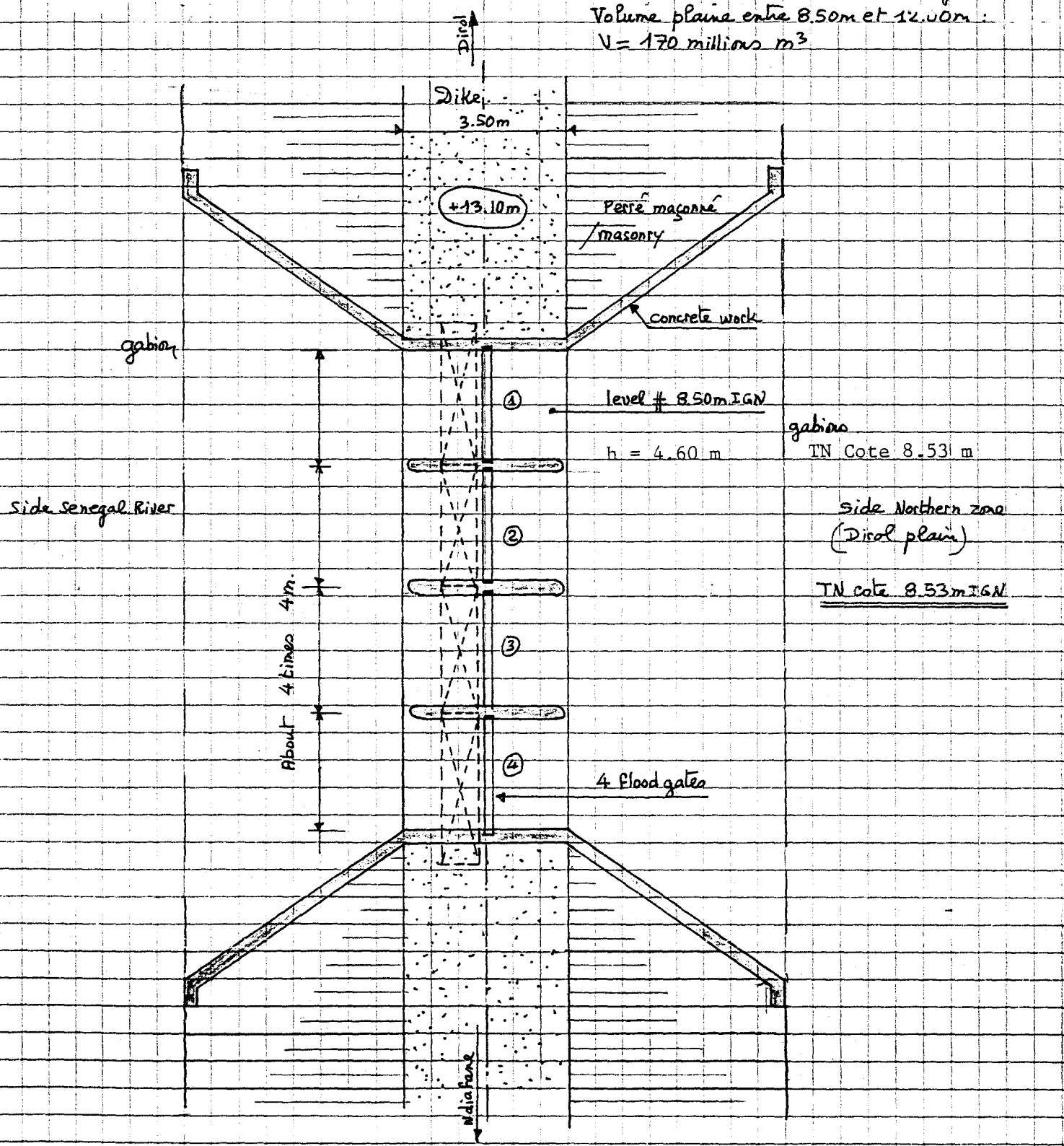
charge H	ϕ m^3/sec
2,00	10,2
1,50	8,70
1,00	6,93
0,50	4,70
0,25	3,19

- Cote du Terrain naturel dans le lit mineur : 5.85m IGN
- Level of the bed of the dry bed : 5.85m IGN

5.4.5. Ouvrage Vannes de Roufi Aoudi (Schéma de principe) mare de Kofel
Flood gate at Roufi Aoudi (preliminary design)

- Localisation : au PK 10.532 mesuré à partir de Ferrala . En face de la mare de Kofel.
- Vitesse maxi de montée du Sénégal en crue : 30cm/jour.
- Volume correspondant tranche d'eau 30cm dans la plaine : 17 millions m³
- Débit de l'ouvrage sous H=20cm $Q = 40 \text{ m}^3/\text{sec}$ soit 3,45 millions m³/jour
 $H = 30\text{cm}$ $Q = 73,5 \text{ m}^3/\text{sec}$ 6,35 millions m³/jour.

Volume plaine entre 8.50m et 12.00m :
 $V = 170 \text{ millions m}^3$



La tour sera conçue pour supporter une plateforme à la cote 13,00 m ou mieux 13.50 m recevant une station de pompage comprenant:

- un corps de pompe multicellulaire à axe vertical d'une capacité d'environ 1.000 m³/heure.
- un moteur électrique en tête.
- un tuyau de refoulement supporté par la passerelle puis la digue et alimentant le périmètre futur prévu à Dawalel.

5.4.4. Variante: Pont-vanne sur le barrage du Dirol

Il s'agirait d'un ouvrage en béton armé avec vannes wagon, similaire à celui du périmètre pilote du Gorgol.

5.5 Avantages apportés par la digue.

A court terme la digue améliore la culture de décrue; à moyen et long termes elle permet le développement progressif des périmètres irrigués dans la zone nord endiguée.

1. Augmenter la superficie inondée en années moyenne et sèche.

La digue permet de capter et de conserver dans la plaine un plan d'eau correspondant à la pointe de crue du Sénégal, augmentée des apports du bassin versant du Dirol.

Ceci est particulièrement intéressant si la hauteur de crue est faible ou très faible comme en 1983 (8,50 m à Kaédi, soit environ 8,000 m à la passe de Roufi Aoudi), et si la décrue est rapide (6 à 10cm par jour en 1982 et 83).

2. Permettre une durée optimale de la submersion. L'ouvrage vanne et la vidange du barrage permettent de maîtriser la baisse du plan d'eau de la plaine endiguée, pour répondre à deux exigences de la culture de décrue (du sorgho et maïs):

- a) assurer des semis précoces, c'est la 1ère condition pour de bons rendements,
- b) garantir une durée minimale de submersion de 1 mois, et si possible 1.5 mois.^{1/}

^{1/} Une submersion de 1 mois permet une imbibition suffisante du sol. Une durée de 1,5 mois réalise la destruction des adventices, et diminuera les travaux de binage. Les essais de MEYMARD à Guédé et de CANTIER à Kaédi ont montré qu'au delà 1/1.5 mois la durée de submersion est sans influence sur les rendements. Par contre la date de semis après le retrait des eaux est déterminante: les rendements chutent rapidement pour les semis faits après le 1er Décembre.

La moyenne des maxima de hautes eaux se situe le 24 Septembre. On commencera donc à semer les bords supérieurs de la plaine à partir du 25 Octobre en année moyenne. Le plan d'eau est abaissé, compte tenu des pertes par infiltration et évaporation, de telle manière que les derniers semis soient faits avant le 15 Décembre. ^{1/}

3. Permettre l'exploitation des terres basses en cultures fourragères de décrue (sorgho, maïs, etc...) semées en fin de saison, c'est-à-dire en Décembre.

4. Permettre le développement progressif de périmètres irrigués (pour la Solution 1A) sur les meilleures terres hautes à proximité des villages (entre les côtes 8 m et 11 m environ), irrigables durant la saison d'hivernage dans des conditions optimales par pompage dans les thalwegs de la plaine -surcreusés au besoin- et utilisés de Septembre à Décembre comme canaux d'irrigation. ^{2/}

Après le mois de Décembre, lorsque le niveau de l'eau dans la plaine est limité aux mares (cotes de 6 m à 7m), l'eau d'irrigation pourrait venir de puits ou forages peu profonds exploitant la nappe alluviale. ^{3/} Ceci sera particulièrement intéressant pour les jardins villageois (cultures maraîchères) et les vergers villageois (bananiers, papayers, citrus, manguiers). ^{4/}

1/ Les semis tardifs de sorgho donnent de faibles rendements, car, son cycle étant de 130 à 140 jours, il fructifie durant la période où l'harmattan souffle provoquant des échaudages. Pour le maïs l'expérience de Kaédi a montré que la date limite de semis est le 25 Décembre. Au delà les risques de stérilité sont grands.

2/ Les meilleures zones identifiées par l'étude pédologique de SEDAGRI (Carte au 1/50.000) sont:

- les terres de fondé environnant le village de Dawalel: plus de 300 ha.
- les terres situées à l'Ouest des villages de Foundou et Débaye-Doubel (300 ha).
- les terres à l'Ouest de Bagoudine (250 à 300 ha).
- etc...

3/ La factibilité technique et économique de cette méthode sera étudiée en liaison avec le projet eaux souterraines de l'USAID "Groundwater Monitoring". La subersion prolongée de la plaine augmentera la capacité de la nappe alluviale.

4/ Des petits jardins potagers sont déjà entrepris par des femmes avec l'appui de la SONADER et du Corps de la Paix Américain, dans les zones proches du fleuve, l'eau étant approvisionnée à la main: Dawalel, ...

* Un périmètre de 300 ha à 400 ha environ pourrait être aménagé à court terme sur les terres de Fondé au N-O de Dawalel cotes 10 à 11 m IGN. Ce périmètre serait irrigable à partir d'une station de pompage fixe située sur le fleuve Sénégal près de Dawalel. A long terme, l'aménagement de toutes les terres irrigables par pompage est l'objectif final pour la mise en valeur de la plaine du Dirol.

5. Autres Avantages:

a) Le développement de la pisciculture est possible dans le lit mineur du Dirol qui devrait pouvoir être maintenu en eau de Juillet à Janvier. Ces 6 mois correspondant à la durée d'élevage du Tilapia nilotica^{1/}.

b) La remontée de la nappe alluviale de la plaine, due à une submersion prolongée, devrait favoriser l'alimentation des puits villageois et des forages en bordure de plaine et très probablement utilisables pour l'irrigation; favoriser la plantation de brise-vent en Eucalyptus, pour quadriller progressivement la plaine ^{2/}, et la création de vergers de manguiers qui après quelques années d'irrigation pourraient s'alimenter directement dans la nappe alluviale.

^{1/} Voir l'expérience du Peace Corps à Bakel in "Bakel: périmètres irrigués, Jean Lebioas, p. 59.

^{2/} A condition qu'un plan de lutte contre les oiseaux granivores (Quéléa) soit mis en place.

6. DEVIS ESTIMATIF DES TRAVAUX

6.1. Digue du Dirol: Calcul des quantités - Solution 1A & 2A (crête à 13m)

Le détail des calculs, faits à partir des levés topographiques de 1984, est donné dans le document de Mars 1984, pages 49 à 58 -pour la Solution 1A.

Les quantités de la Solution 2A sont calculées à partir des cotes relevées sur la carte au 1/50.000 IGN MAS.

	Longueur digue (m)	Volume Remblais compactés (m ³)	Surface emprise (m ²)	Volume décapage (m ³)	surface talus (m ²)	
Solution 1A	14.796	483.149	222.323	66.697	95.330	
Solution 2A	24.300	715.408	328.330	98.499	135.994	

6.2. Digue du Dirol: Estimation des coûts de travaux (Solution 1A)

L'estimation a été effectuée en Mars 1984 sur la base des hypothèses et données suivantes:

Calcul des quantités:

Les quantités sont déterminées à partir du levé topographique effectué en Janvier 1984 par le bureau Assane Diouf de Dakar. (Voir plans joints).

Prix Unitaires:

Nous avons pris en compte les prix obtenus pour deux récents marchés de travaux de tenassements effectués dans la zone de Kaédi:

- la réfection de la digue du périmètre pilote du Gorgol exécutée par une entreprise privée, travaux achevés en Juillet 1983.

- exécution des 62 km de la route Aleg-Boghé pr un groupement d'entreprises privés, travaux achevés en Mai 1983.

Le prix retenu pour le m³ de remblai compacté est de 240 UM/m³. C'est le prix actualisé à Janvier 1984 de la route Aleg-Boghé. Celui de 450 UM/m³ obtenu pour la digue du Gorgol est exagéré, à cause des conditions de passation de ce marché, et élevé du fait des grandes distances de transport des matériaux.

Montants:

Total estimé, sans frais d'études et supervision des travaux:

269.120.000 UM soit US \$ 4.806.000

Pour 7.500 ha cultivés en année moyenne (cultures de décrue). Ce montant correspond à un investissement de:

35.880 UM/hectare ou US \$640/hectare.

Pour 600 ha de décrue, ce qui correspond également à la superficie théoriquement irrigable dans la zone Nord endiguée, il s'agit alors d'un investissement de:

44.800 UM/hectare ou US \$800/hectare.

En incluant les frais d'études (3%) et la supervision des travaux (5%), le montant global du projet s'élève à 290 millions d'UM ou 5.190.000 \$.

Digue du Dirol: Devis Estimatif des Travaux
Dirol Dike: Cost Estimate (with survey data, March 1984)
 (sur la base des données du levé topographique, 15-3-84)

Solution/Option 1A
Digue cote 13.00 m IGN à l'embouchure

Désignation des travaux Items	Unité !Unit	Quantité !Quantity	Prix Unitaire Unit Cost (UM)	Produits Item Cost (UM)
!Installation du chantier, amené, repli du matériel	!glob.	1	10.000.000	10.000.000
!Construction site set up, to and from machinery transp.				
!Débroussaillage	m2	222.323	7	1.556.261
!Clearing and grubbing.				
!Décapage emprise digue et ouvrages e=30cm	m3	66.697	120	8.003.640
!Scrapping right of way of the dike, !depth 30 cm.				
!Remblais compacté pour corps de digue . . .	m3	483.149	240	115.955.760
!Borrow fill for the dike.				
!Couche de protection e=15cm en crête (gravier latéritique).	m3	7.767	1.000	7.767.000
!Crest protection in laterite gravel 15 cm.				
!Filtre en Bidim sur un talus	m2	95.330	290	27.645.700
!Bidim filter carpet on 1 slope of the dike				
!Protection talus sud en rip-rap/Rip-rap .	m3	30.090	1.000	30.090.000
!				
!Ouvrage de vidange du barrage sur le Dirol! !a) Tuyau acier 0	ml			
!b) Béton à 350 kg	m3		17.550	
!c) Coffrage	m2		1.250	
!d) Acier en béton	t		90.000	
!e) Vanne	u			15.000.000
!f) Tour de manoeuvre et passerelle	glob.			
!g) Gabions	m3		4.500	
!				
!Ouvrage-vanne dans digue à Roufi-Aoudi	-			
!a) Béton pour pertuis	m3		17.550	
!b) Coffrage	m2		1.250	
!c) Acier à Béton	t		90.000	
!d) Vanne écran	glob.			18.000.000
!e) Protection en gabions	m3		4.500	
!f) Perré maçonné	m3		9.500	
!g) Terrassements pour ouvrage	m3		800	
<u>Total</u>			UM 234.018.000	
			\$U.S. 4,179,000	

Avec imprévus 10%: Total UM = 269.120.000

US\$ = 4,806,000

Pour 6.000 ha l'investissement correspond à 44.800 UM/ha.

ou 800 \$/ha.

Taux 1\$ = 56 UM (1984)

6.3. Sensibilité du coût de construction de la Digue à l'augmentation de la cote de crête

6.3.1. Position du problème

La cote d'arase proposée pour la crête de la digue à l'embouchure du Dirol est 13.00 m IGN (Solution 1). Cette cote correspond à une protection contre la crue centennale H100 avec une revanche de 45 à 50 cm, et contre la crue décennale H10 avec une revanche de 1m. Ces revanches ne tiennent pas compte des vagues dues au vent, lesquelles peuvent atteindre une hauteur de 1m par vent de 80 km/h.

En fonction de l'importance de l'infrastructure d'irrigation intensive que l'on décidera d'installer derrière la digue, et du délai prévu pour cette installation, il est intéressant de connaître le coût d'une protection supplémentaire contre les crues du fleuve Sénégal. C'est cette étude de sensibilité qui a été faite sur ordinateur pour 3 tranches de 25 cm au dessus de la cote 13.00 m IGN.

6.3.2. Définition des options:

Elles correspondent à des cotes de digue au droit de l'embouchure du Dirol. A partir de l'embouchure jusqu'à Ndiafane, pour toutes les options, la digue a une pente longitudinale de 18 mm par kilomètre ce qui correspond au gradient hydraulique de la crue centennale entre Kaédi et Diobivol.

Option 1Aa: +0.25 m, digue cote 13.25 IGN.

Correspond à une protection contre H100 avec une revanche de 0.75 m et contre H10 avec une revanche de 1.20 m.

Option 1Ab: +0.50 m, digue cote 13.50 m IGN.

Correspond à une protection contre H100 avec une revanche de 1.00 m, laquelle est le minimum recommandé pour les barrages en terre et les digues classiques

Option 1Ac: +0.70 m, digue cote 13.70 m IGN.

Correspond à une protection contre H100 avec une revanche de 1.20 m, qui est la revanche choisie pour le périmètre pilote du Gorgol à l'amont de Kaédi.

Les résultats de cette étude de sensibilité sont données ci-après.
L'augmentation du coût de l'ouvrage est sensiblement proportionnel à
l'augmentation du volume de la digue.

				Quantités							
		Cote de la digue	Vol remblais	Surface Emprise	Volume Décapage	Surface talus	Volume Remblais	Augmentation %	Total Coût	Estimation (UM)	
Solution	Option	(m) IGN	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ²)	(m ³)				
	1	13.00	483.149	222.323	66.697	95.330	+0		234.018.000		
	1Aa	13.25	545.068	237.119	71.136	103.601	+11,3%		260.462.000		
	1Ab	13.50	610.672	251.915	75.575	111.872	+26,0%		294.862.000		
	1Ac	13.70	665.811	263.752	79.126	118.489	+37,6%		322.000.000		

6.4. Coût comparés de deux scénarios d'aménagement

Il est intéressant de comparer les coûts des deux scénarios d'aménagement suivants:

Scénario 1: Construction en une seule phase d'une digue selon le tracé 1 à la côte 13 m IGN (Solution 1A), réalisant la protection de toute la zone Nord contre la crue centennale avec une revanche de 50 cm.

Scénario 2: Construciton dans une première phase d'un ensemble d'éléments de digue à la cote 11 m IGN selon le tracé 1 (Solution 1B). Ce chapelet de digue est submersible.

COMPARAISON DES COUTS DES DEUX SCENARIOS DE DEVELOPPEMENT

en 1.000 \$U.S.	Scenario 1 (Digue 1A à 13 m)	Scenario 1 (Digue 1B à 11 m)
Phase 1:		
Digue tracé 1, crête à 13 m IGN	3.589,6	-
Digue submersible, crête à 11m IGN	-	900,0
Ouvrage de vidange & ouvrage vanne	589,4	-
Ouvrage vanne		400,0
Sous-total	4.179,0	1.300,0
Imprévus	<u>627,0</u>	<u>130,0</u>
	4.806,0	1.430,0
Coûts des études	144,0	300,0
Supervision des travaux 5%	240,0	74,0
Coût infrastructure	5.190,0	1.804,0
Assistance technique	524,0	600,0
Coût Total Phase 1	<u>5.714,0</u>	<u>2.404,0</u>
Dates d'achèvement possible	1988/89	1987/88
Coût par ha cult. de décrue(6000ha)	952 \$/ha	-
(5000ha)	-	480\$/ha
Phase 2:		
Achèvement vers la fin du siècle	-	
Digue portée à la cote 13.0 m IGN (longueur totale 14,8 km)		3.000,0
Imprévus	-	300,0
Supervision des travaux 5%		<u>150,0</u>
Coût Total Phase 2	-	<u>3.450,0</u>
Total Phases 1 et 2	5.714,0	5.854,0
Coûts par hectare (6.000 ha)	952 \$/ha	976 \$/ha

Remarque: Les coûts de fonctionnement et de maintenance ne sont pas pris en compte. Ceux-ci seront plus importants dans le scenario 1.

7. ACTIVITES PREVUES AU PROJET PLAINE DU DIROL

Elles sont envisagées en 3 phases.

7.1. 1ère Phase

a) Etude de factibilité de l'aménagement de la plaine du Dirol pour l'extension et l'amélioration de la culture de décrue.

b) Projet d'exécution détaillé et dossier d'appel d'offres pour la réalisation des travaux: barrage, digue, ouvrages hydrauliques, pistes et autres ouvrages connexes.

c) Préparation d'un programme d'actions pour l'amélioration de la culture de décrue du sorgho (+ niébé et maïs), et quelques activités d'accompagnement (cultures fourragères; traction animale et élevage; pêche et pisciculture, plantation de brise vent, jardins et vergers villageois). Ceci pourrait être effectué par la mise en place dès que possible d'une équipe d'assistance technique légère composée d'un (d'une) socio-économiste, et de 2 ou 3 volontaires du Corps de la Paix américain, travaillant directement avec la population et ses représentants ("les structures de masses").

7.2. 2ème Phase

a) Construction de l'infrastructure hydraulique: barrage, digue, ouvrages, etc... par une entreprise, sur appel d'offres.

b) Mise en oeuvre d'un programme d'amélioration de la culture de décrue (sorgho, niébé, maïs, fourrages), et d'un ensemble d'activités d'accompagnement (Voir c) ci dessous), par SONADER et des organisations villageoises appuyées par une équipe d'assistance technique basée à Kaédi et comprenant des Volontaires du Corps de la Paix Américain.

c) Mise en oeuvre des activités d'accompagnement:

- promotion de la traction animale, cultures fourragères et appui à l'élevage, santé animale. Identification des paysans leaders.
- programme de puits et/ou forages villageois. Moyens d'exhaure par technologie adaptée.
- promotion des jardins et vergers villageois^{1/}; plantation de brise-vent; première approche des problèmes pratiques de la réforme agraire. Formation des producteurs.

^{1/} Ces jardins et vergers villageois seront irrigués à partir de puits et forages équipés de moyens d'exhaure adaptés. Des forages de reconnaissance et des piézomètres seront réalisés en 1986-87 dans le cadre du projet OMVS/USAID "Eaux Souterraines".

- Santé villageoise, protection maternelle et infantile, alphabétisation. Participation des femmes au développement.
- Protection des cultures en particulier lutte contre les oiseaux granivores, en liaison avec l'OCLALAV.
- développement de la pisciculture et appui à la pêche.

d) Préparation des projets et programmes d'actions de la 3ème phase en concertation avec les représentants des paysans, y compris les femmes.

7.3. 3ème Phase

C'est le passage à la production intensive sous irrigation, qui est l'objectif final de l'aménagement de la plaine du Dirol.

a) Exécution d'un programme de périmètres irrigués sur la périphérie de la plaine (entre les courbes de niveau 9.50 m et 13.00 environ) pour le riz, la polyculture, le maraîchage et la fruiticulture. Il s'agirait, en principe, d'unités de 60 ha environ, autonomes sur les plans hydraulique et gestion, réalisées dans le cadre de la réforme agraire^{1/}.

b) Actions d'appui à ce programme d'irrigation.

- Vulgarisation agricole et formation des organisations paysannes.
- Crédit agricole, destiné en particulier à la culture attelée et peut être à la mécanisation agricole.
- Constructions rurales, équipement et infrastructures des groupements de producteurs, pistes de production et brise-vent.
- Continuation du programme social: eau potable, santé, PMI, rôle des femmes, technologies adaptées.
- Appui aux initiatives privées concernant la maintenance des équipements (groupes motopompes, matériel agricole, moulins,...) l'approvisionnement en intrants, l'artisanat.
- Assistance technique à la base.

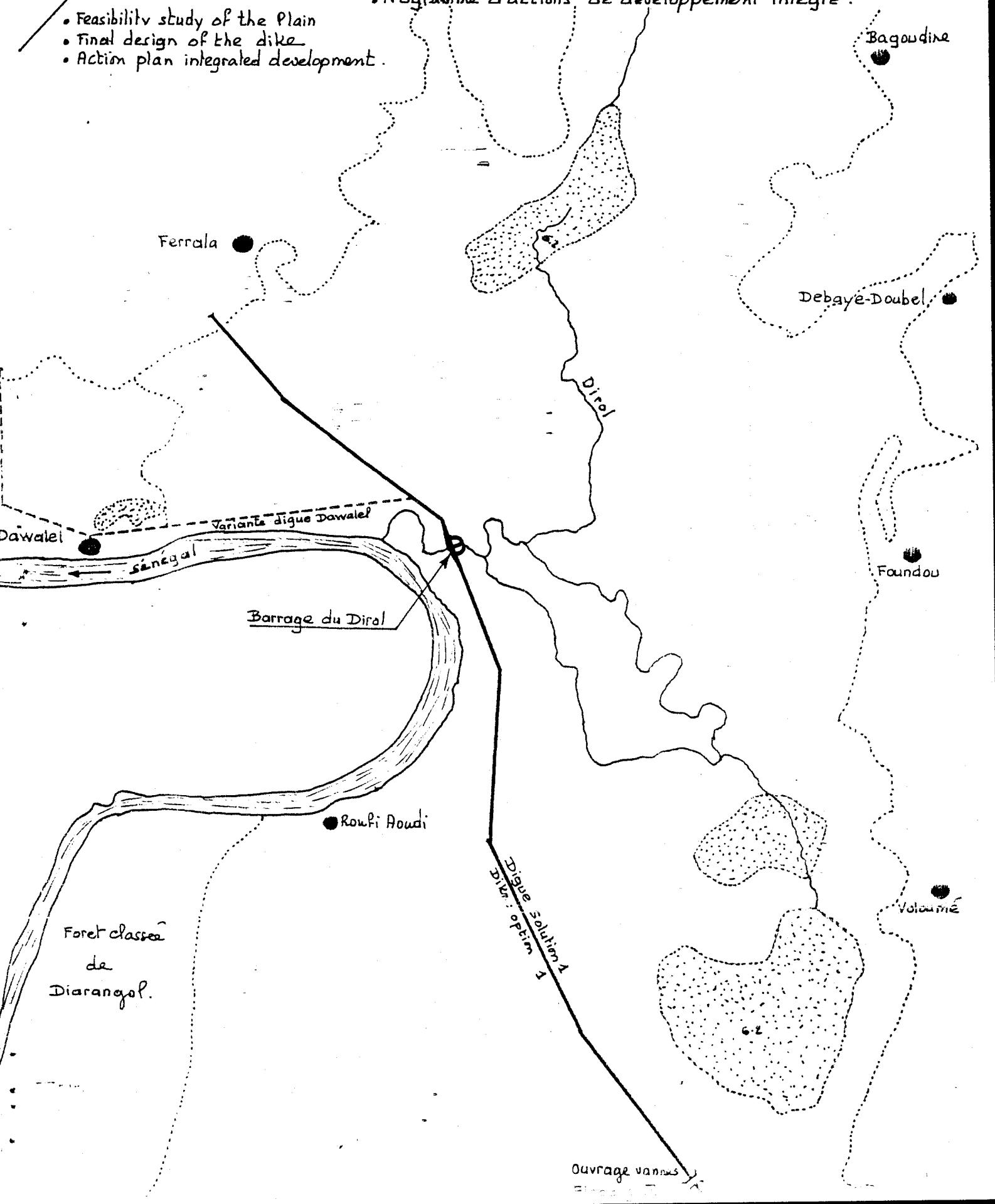
1/ Certains de ces périmètres (maraîchage, arbres fruitiers) pourraient être irrigués à partir de pompage dans des forages exploitant la nappe alluviale du fleuve Sénégal, et l'aquifère du canal fossile du fleuve Sénégal (voir croquis en annexes).

Phases d'aménagement / Phasing of development.

Phase : 1.

- Etude de factibilité de l'aménagement de la Plaine du Dirol
- Etude d'exécution de la digue et de ses ouvrages hydrauliques
- Programme d'actions de développement intégré.

- Feasibility study of the Plain
- Final design of the dike
- Action plan integrated development.



AMENAGEMENT DE LA PLaine DU DIROL / DIROL PLAIN PROJECT - 7.3 (2)

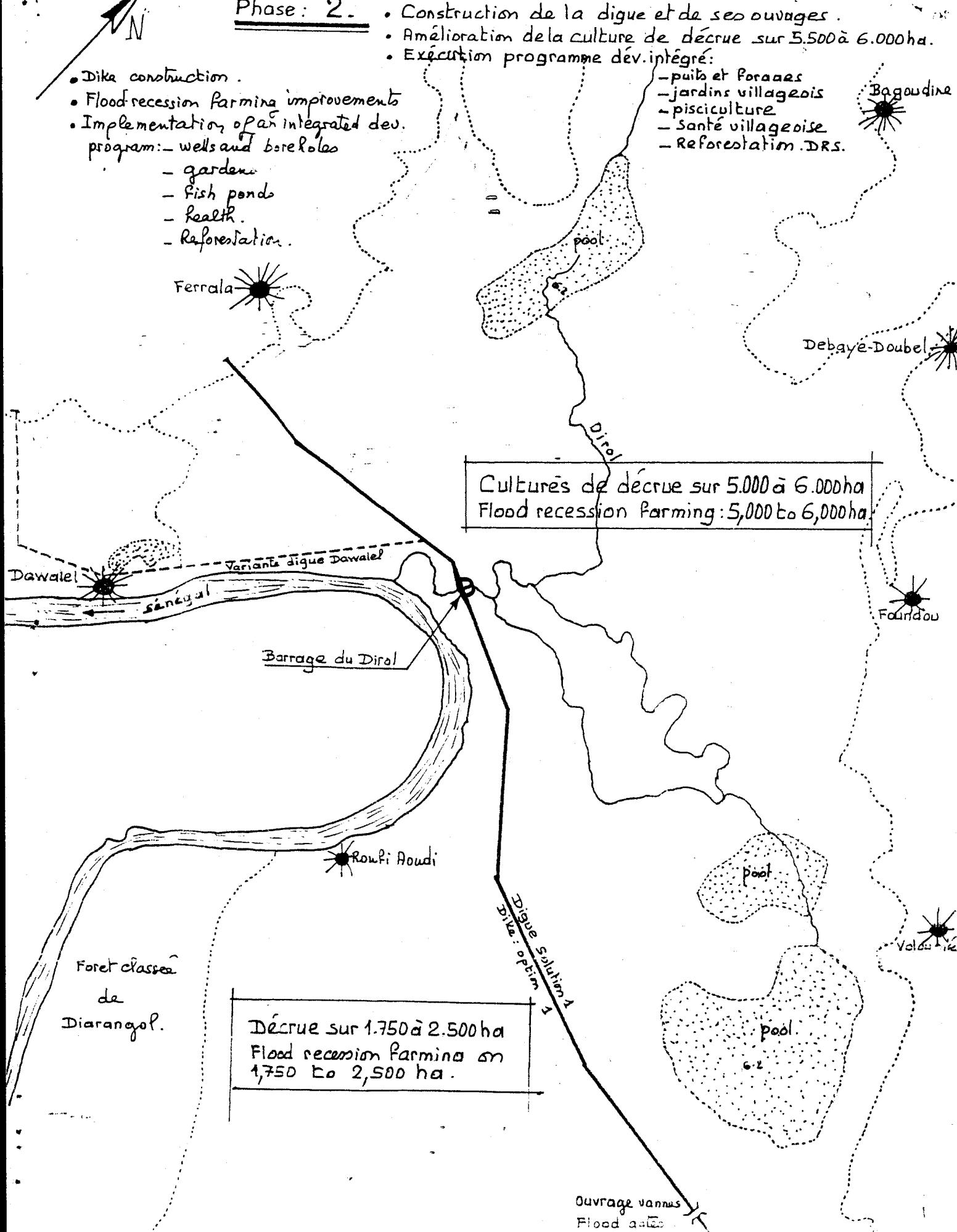
Phases d'aménagement / Phasing of development.

Phase: 2.

- Construction de la digue et de ses ouvrages.
- Amélioration de la culture de décrue sur 5.500 à 6.000 ha.
- Exécution programme dév. intégré:

- puits et Poraages
- jardins villageois
- pisciculture
- Santé villageoise
- Reforestation D.R.S.

- Dike construction.
- Flood recession farming improvements
- Implementation of an integrated dev. program:
 - wells and boreholes
 - gardens
 - fish ponds
 - health
 - reforestation.



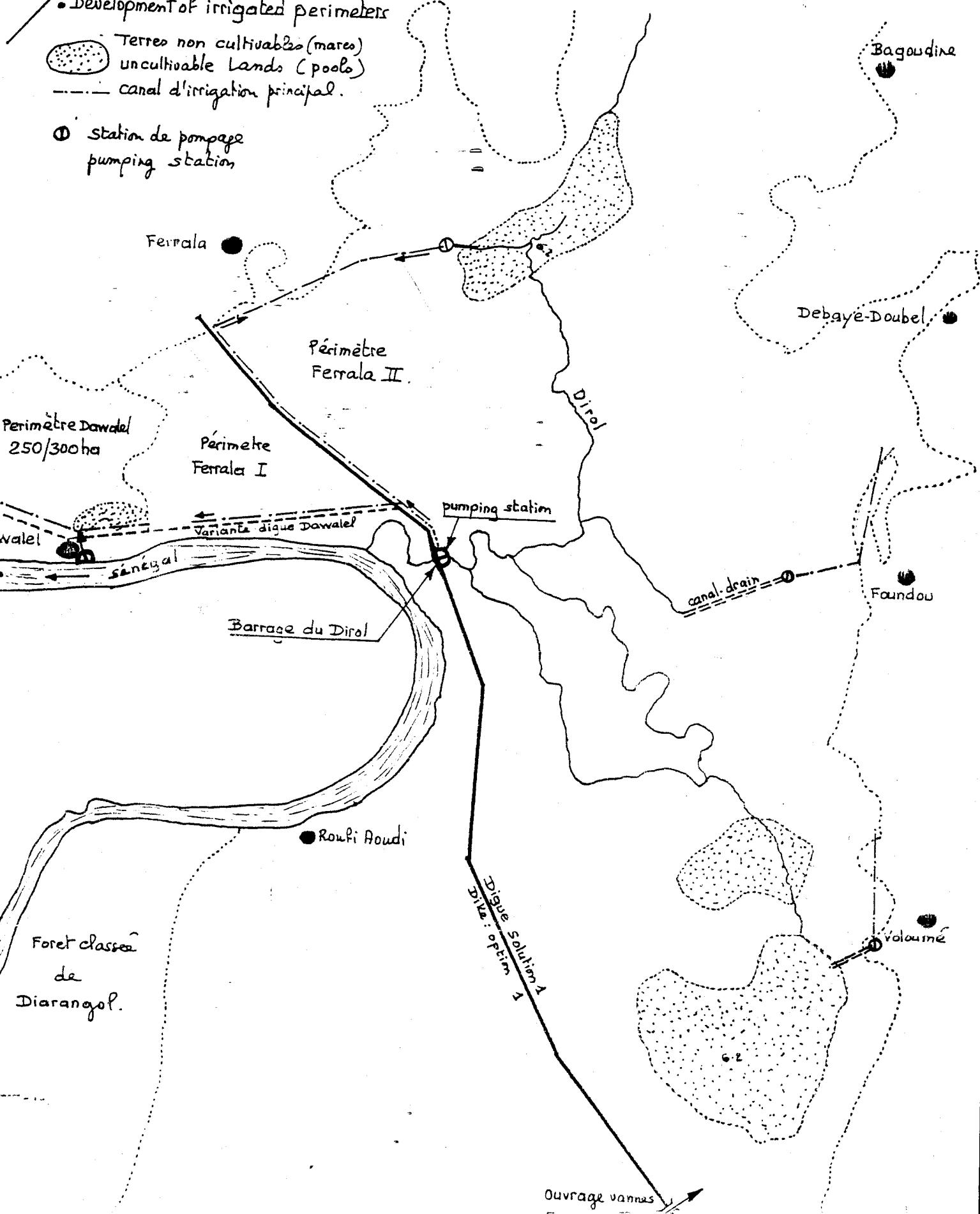
Phases d'aménagement / Phasing of development.

Phase 3. Réalisation de Périmètres irrigués

• Development of irrigated perimeters

Terres non cultivables (mares)
uncultivable Lands (pools)
--- canal d'irrigation principal.

① station de pompage
pumping station



c) Programme de développement intégré de la zone du projet avec en particulier des actions d'appui à l'élevage et de protection de l'environnement, comprenant les principaux thèmes suivants: plantations villageoises, plantations forestières/fourrages aériens, régénération du Gommier (Acacia Senegal) mise en défense, régénération des pâturages et DRS, santé animale. La zone géographique d'intervention est à définir. Elle pourrait comprendre d'abord les environs de la plaine du Dirol jusqu'à Kaédi et le bassin versant du Dirol, puis être étendue à un quadrilatère Kaédi-Boghé-Aleg-Lac de Mâl.

7.4. Amélioration des cultures de décrue.

7.4.1. Thèmes de vulgarisation pour l'amélioration du sorgho de décrue au Dirol.

a) Préparation du sol

- travail du sol avant la submersion: la recherche dans la vallée a montré que le labour ne donne aucun supplément de rendement.
- mais le désherbage soigneux avant la crue (en Août) est nécessaire.

b) Semailles

- les semis doivent être faits aussitôt que possible après le retrait des eaux, dès que le sol est "portant" (délai de ressuyage de 10 jours).
- traitement des semences aux fongicides.
- densité du semis 10.000 poquets à l'hectare, avec 6 à 8 grains par poquet, poquets espacés de 1 m x 1 m.
- protection des semis contre les grillons.
- la mécanisation des semis est possible en culture attelée.

c) Variétés sélectionnées

- Ecotypes de la vallée du Sénégal sélectionnés par l'IRAT. (Samba Souki, Diaknaté, Pourdi, Sevil).

d) Engrais chimiques

- application de 80 kg de perlurée par hectare, dose optimale conseillée par la recherche. Enfouissement au trou de 20 à 40 cm de profondeur à 20 cm du poquet.
L'application de fortes doses d'engrais ne serait économiquement pas possible. Mais une dose minimale est indispensable dans le cadre d'une rationalisation des techniques culturales.

e) Entretien des cultures

- le démarrage à 2 ou 3 plants par paquet; soit une densité de 20 à 30.000 plants à l'hectare.
- sarclo-binage à la main ou avec attelage après le démarrage.
- sarclages.

f) Défense des cultures

- gardiennage.
- lutte contre les oiseaux en liaison avec OCLALAV.

g) Protection des récoltes

- techniques de protection et de conservation.

7.4.2. Amélioration de la culture du Niébé (Cow Pea).

Cette légumineuse, bien adaptée à la zone, est probablement la seconde culture dans la plaine du Dirol, après le sorgho.

Elle est cultivée pour ses graines, consommées en sec ou comme haricot vert. La population consomme ses feuilles comme épinards, et le reste de fanes est donné au bétail. Elle est rustique et résistante à la sécheresse.

La culture du niébé est traditionnellement conduite comme celle du sorgho de décrue, sans soins particuliers. Elle est pratiquée soit en culture pure soit en association avec le sorgho. Dans ce dernier cas les rendements seraient légèrement inférieurs. Ils se situent autour de 150 kg/hectare, les maximum ne dépassant pas 200 kg. Les facteurs limitants du rendement sont, par ordre d'importance, le parasitisme, les techniques culturales défectueuses, les problèmes variétaux.

Améliorations possibles dans la plaine du Dirol.

- Semis après le sorgho, sur les bonnes terres, au plus tard le 15 Décembre.
- Densité 40.000 poquets à l'hectare, à 3 graines par poquet soit 20 à 25 kg de graines à l'hectare.
- Application d'engrais à raison de 80 kg/ha environ (urée et supertripôle).
- Protection phytosanitaire contre les nématodes, chenilles, insectes, semences traitées au DDT.
- Semences sélectionnées.

Rendements moyens après améliorations ci dessus: 600 kg/ha.

Sous irrigation, le niébé en culture pure, protégé contre les parasites et fertilisé peut donner des rendements moyens de 1.500 kg/ha.

7.5. AMELIORATION DE LA CULTURE DE SORGHO: ACQUIS DE LA RECHERCHE DANS LA ZONE DE KAEDI
 IMPROVEMENT OF FLOOD RECEDITION CULTIVATION OF SORGHUM: AG. RESEARCH DATA AVAILABLE FOR KAEDI ZONE

	P. SAPIN, agron. IRAT - 1968 Station recherche Kaédi	J. CASTIAUX, OMVS/FAO - 1970 Station recherche Kaédi	NGUYEN VU, Agron. Essais Guédé & Kaédi par MEYMAR & CANTIER	essais IRAT
Rendements actuels Current yields/Kaedi	0 à 400 kg/ha Moyenne/average 365kg/ha	365kg/ha	350-450kg/ha	
Techniques améliorées Improved ag. techniques	Semis: précoce sur sol portant en ligne Densité: 1m x 1m 6 à 8 gr par poquet Protection c. les grillons Démarrage à 2 plants Sarclo binage Sarclage Lutte contre les oiseaux R = 600 à 800 kg/ha	Désherbage-pas de labour Densité: 1m x 1m, 6 à 8 gr par poquet Protection c. les grillons Démarrage à 2 plants Sarclo binage après le démarrage Sercelages nombreux si nécessaire Lutte contre les oiseaux Conservation des récoltes R = 600 à 800 kg/ha	Désherbage avant la crue semis précoce Densité: 1m x 1m, 5 à 6gr par poquet Semences traitées Protection c. les grillons Démarrage à 3 plants Sarclobinage Lutte contre les oiseaux R = 800 à 850 kg/ha	
+ Utilisation engrais/Improved techniques plus fertilizers	- idem - thèmes techn. ci-dessus + Utilisation 80 à 100 kg/ha!journées de travail selon de perlurée (engrais enfoui misoës) à 30 cm du poquet), soit 8 gr par trou	idem thèmes tech. ci-dessus! (main-d'œuvre = 85,5 Utilisation 80 à 100 kg/ha!journées de travail selon de perlurée (engrais enfoui misoës) à 30 cm du poquet), soit 8 gr par trou	Utilisation variétés sélectionnées Respect calendrier cultural Dose économique d'azote perlurée dans trou à 20cm du poquet à 25 cm de profondeur Le phosphore est sans effet!	(Main-d'œuvre 82 HJ d'après IRAT)
	R = 1.200 kg/ha Moyenne très facilement obtenue: 700 kg/ha	R = 1.250 kg/ha	R = 1.220 à 1270 kg/ha R = 1322 kg/ha pour 103 unités de N R = 1.200 kg/ha milieu paysan	R = 1.200 à 1.350 kg/ha

8. ELEMENTS D'EVALUATION ECONOMIQUE DE L'AMELIORATION DE LA CULTURE DU SORGHO
DE DECRIE

8.1. Au niveau du Cultivateur: (valeur fin 1983/début 84)

La culture de 1 ha de oualo en sorgho, avec l'application d'un système de culture améliorée incluant l'utilisation de la traction animale pour le sarclo binage, demande 82 journées^{1/} de travail pour un homme, d'après l'IRAT.

La superficie par exploitant dans la plaine du Dirol, après la construction de la digue, sera environ de 1 ha par exploitant^{2/} garanti 8 à 9 années sur 10.

La valorisation de la journée de travail dans la zone de Kaédi est de 90 à 100 UM par journée. ^{3/}

Rendements pris en compte

Culture traditionnelle, non sécurisée	365 kg/ha
Techniques améliorées sans engrais	800
Techniques améliorées + 80 kg perlurée	1.200

Prix d'achat de l'engrais par le paysan

Perlurée	12 UM/kg
----------	----------

Prix de vente du Sorgho

Recette brute du paysan pour 1 ha de sorgho.

Produit de la vente	1200 kg x 18	=	21.600 UM
Dépense engrais	80 kg x 12	=	<u>960</u>
	Recette brute	=	20.640

Valeur des 82 journées de travail	7.790
Traitements des semences	200
Frais de sarclo-binage (location, fourrages)	<u>600</u>
	8.590

Revenu net = 12.050 UM par hectare

1/ D'après la MISOES, 85,5 journées de travail, en milieu traditionnel et sans distinction de la nature de la main d'œuvre (hommes, femmes, enfants). (Voir schéma directeur GERSAR, titre I Normes Agronomiques - Chapitre IV page 4).

2/ La mission MISOES estime que la superficie moyenne par exploitant est de 2 ha de Oualo, pour l'ensemble de la vallée, et en année moyenne.

3/ Etude socio-économique Moribadjan KEITA pour la zone de Bakel, USAID 1983.

8.2. Au niveau de la plaine du Dirol

8.2.1. En année moyenne (fréquence 50%), la crue du fleuve atteint 11.20 m et dépasse 11.04 pendant 15 jours, ce qui permettra la submersion d'eau moins 6.000 ha dans la zone Nord endiguée, sur lesquels nous considérons que 5.500 ha seront exploitables en culture de décrue.^{1/}.

Dans la zone Sud, quelques aménagements hydrauliques (seuils batardables, fossés de drainage) devraient permettre l'exploitation de 2000 à 3000 ha en année moyenne. Au stade actuel de conception du projet nous considérons 2.000 ha.

Total exploitable en culture de décrue en année moyenne: 7.500 ha
(c'est la superficie atteinte ou dépassée 5 années sur 10)
Production possible en sorgho :

*Techniques améliorées sans engrais : rendement 800 kg/ha

production globale $7.500 \times 0,800 = 6.000$ tonnes de sorgho

*Techniques améliorées + fumure azotée : rendement 1.200 kg/ha
(80 kg/ha de perlurée)

production globale $7.500 \times 1,200 = 9.000$ tonnes de sorgho

8.2.2. En année de forte crue décennale (fréquence 10%) la crue atteint 12.04 m et dépasse 11.85 m pendant 15 jours. Les superficies exploitables correspondantes seraient de:

zone nord endiguée : 6.000 ha

zone sud : 2.500 Total 8.500 ha

(c'est la superficie atteinte ou dépassée 1 année sur 10)

Production possible en sorgho:

*Techniques améliorées sans engrais

$p = 8.500 \times 0,800 = 6.800$ tonnes de sorgho

*Techniques améliorées + 80 kg/ha perlurée

$p = 8.500 \times 1,200 = 10.200$ tonnes de sorgho

8.2.3. En année de faible crue décennale^{1/} (fréquence 90%), la crue atteint 10.00 m et dépasse 9.80 m pendant 15 jours. Les superficies exploitables correspondantes seraient de :

zone nord endiguée : 4.350 ha

zone sud : 1.750 ha Total 6.100 ha

(c'est la superficie atteinte ou dépassée 9 années sur 10)

production possible en sorgho:

^{1/} Les fonds de mares, non cultivables, représentent environ 500 ha, situés entre les côtes 6.20 m et 7.00 m IGN.

*Techniques améliorées sans engrais

$p = 6.100 \times 0,800$ 4.880 tonnes de sorgho

*Techniques améliorées + 80 kg/ha de perlurée

$p = 6.100 \times 1,200$ 7.350 tonnes de sorgho

8.2.4. Après la mise en service du barrage de Manantali, la gestion de l'eau du réservoir n'étant pas encore arrêtée, il n'est pas possible d'avancer des chiffres définitifs. Cependant, les études du groupement Manantali (1977) et du GERSAR permettent de dire que la crue modulée pour une année sèche de période de retour de 20 ans atteindra 10 m à l'embouchure du Dirol. La crue moyenne, de fréquence 50%, atteindra 10.60 m.

Les superficies exploitables correspondantes seraient les suivantes:

-Année fréquence 95%, sèche (1 année sur 20) côte 10.00 m

zone nord endiguée:	4.700 ha
zone sud :	1.800 ha
	Total <u>6.500 ha</u>

Production sorgho de décrue

*Techniques améliorées sans engrais

$p = 6.500 \times 0.800$ = 5.200 tonnes de sorgho

*Techniques améliorées + 80 kg perlurée/ha

$P = 6.500 \times 1.200$ = 7.800 tonnes de sorgho

-Année moyenne (fréquence 50% ou 1 année sur 2) côte 10.60

zone nord endiguée :	5.250 ha
zone sud :	2.000 ha
	Total <u>7.250 ha</u>

production sorgho de décrue

*Techniques améliorées sans engrais

$p = 7.250 \times 0.800$ = 5.800 tonnes de sorgho

*Techniques améliorées + 80 kg/ha de perlurée

$p = 7.250 \times 1.200$ = 8.700 tonnes de sorgho.

1/. Il faut remarquer qu'en année de très faible crue comme en 1983 (fréquence 99% environ) la crue n'atteindrait que la cote 7,50 m IGN environ au droit du Dirol. Ceci correspond à environ 1.000 ha submergés dans la zone Nord, et rien dans la zone Sud. Dans ces conditions environ 500 ha seulement seraient exploitables dans la zone Nord endiguée, en supposant que le bassin versant ne fournirait aucun apport. Mais avec la digue, les apports du bassin versant en année sèche 1/5, inondent la zone Nord jusqu'à la cote 8.00 m soit 1.650 ha.

8.3. Evaluation au Niveau National

En année moyenne la plaine du Dirol pourrait produire environ 9.000 tonnes de sorgho de décrue sur 7.500 ha, sans difficultés majeures prévisibles: utilisation de techniques simples, d'engrais en faible quantité (80 kg/ha), sans besoin de pompage.

Cette production moyenne, représente 3 fois la production moyenne actuelle de paddy du périmètre pilote du Gorgoll^{1/}.

Elle représenterait 60 à 70% de la production nationale de céréales attendues en Mauritanie pour la campagne 1983-84, laquelle est estimée de 12 à 14.000 tonnes^{2/}.

En année de faible crue, cette production resterait à un niveau élevé, environ 7.350 tonnes, soit environ le dixième des importations de céréales en 1983. Mais en année de très faible crue, comme 1983, la production serait négligeable, de l'ordre de quelques centaines de tonnes seulement, si les apports du bassin versant étaient eux même très faibles.

Les considérations ci-dessus ne veulent pas dire que la production céréalière par cultures de décrue soit une solution d'avenir pour la Mauritanie, dont les besoins seront de l'ordre de 450.000 tonnes en l'an 2000! Selon M. JUTON, les superficies ainsi aménageables en décrue améliorée ne dépasseraient pas 30.000 ha, dans le meilleur des cas, ce qui correspondrait à une production globale de l'ordre de 35.000 tonnes. La culture de décrue ne procure que de faibles revenus aux paysans, elle gardera un caractère aléatoire même après la mise en service du Barrage de Manantali, et ne peut constituer qu'une solution transitoire vers une production intensive et garantie sous irrigation. L'objectif final est d'aménager la plaine du Dirol en périmètres irrigués.

1/ Le PPG a produit 3.000 tonnes de paddy en hivernage 1982 et 4.000 tonnes (sur 615 ha) en hivernage 1983. Il pourrait produire 6.000 tonnes par an en 2 cultures.

2/ Entre 1962 et 1970 la production nationale de céréales est estimée à 90.000 t par an. La production de 1972 est évaluée à 12.000 tonnes. Les besoins annuels en céréales de la Mauritanie peuvent être estimés à 250.000 tonnes en 1983-84 (1.600.000 habitants x 155 kg/habitant/an). En fin 1985, la Mauritanie estime ses besoins à 336.000t (1.745.000 hab. x 192 kg).

8.4 ESTIMATIONS DES PRODUCTIONS DE SORGHO DE DECRUE DANS LA PLAINE DU DIROL POUR DIFFERENTES HYPOTHESES D'EXPLOITATION
 PRODUCTION ESTIMATE OF FLOOD RECEDENCE SORGHUM IN THE DIROL PLAIN FOR VARIOUS ASSUMPTIONS

Hypothèses / Hypothesis	Fréquence / Frequency	Période de re-tour / return pe-riod (année/year)	Superficie submergée/ Flooded area Zone nord (ha) niveau	Superficie exploita-ble / Cultivable area Zone Nord Zone Sud	(ha)	Total	Production extensive techn. améliorées sans engrais/Improved ag. techniques with out fertilizer (t. sorgho)	Production intensive techn. améliorées + engrais/Improved ag. techniques + fertilizer (80 kg/ha urée)	Production actuelle/ current production	Valeur prod. extensive (brute) Production value (gross) without fertilizer	Valeur prod. intensive Production value (gross) with fertilizer	Valeur totale mil.UM	Valeur totale mil.UM	Niveau de la crue du Dirol Peak water level at Dirol maxi atteint maxi PWL m IGN	H. 15 j level 15 days m IGN		
Conditions naturelles / Existing conditions							Rendement/Yield = 800 kg/ha	Rendement/Yield = 1,200 kg/ha	R = 375 kg/ha						Valeur brute marché-engrais/market value minus fertilizer		
. forte crue / high flood	10%	1 an/10	6,500	6,000	2,500	8,500		6,800		10,200	900 (2.300 ha)		122,4		175,44	12.04	11.85
. crue moyenne / average flood	50%	1 an/2	6,000	5,500	2,000	7,500		6,000		9,000	600 (1.600 ha)		108,0		154.80	11.20	11.04
. faible crue / low flood	90%	1 an/10	4,850	4,350	1,750	6,100		4,880		7,350	75 (200 ha)		87,4		126.44	10.00	9.80
Après Manantali / in Manantali condi-tions																	
.																	
. crue moyenne	50%	1 an/2	5,750	5,250	2,000	7,250		5,800		8,700	-		104,4		149.64	10.60	
. faible crue 1/20	95%	1 an/20	5,200	4,700	1,800	6,500		5,200		7,800	-		93,6		134.16	10.00	

8.5. Prix des céréales et des engrais en Mauritanie

A.

	Prix au producteur			Prix au consommateur		Prix au marchés ruraux	
	UM/kg	1983	1984	UM/kg	1984	1985	1985
Riz paddy	12,50	12,50	14,00	15,00	22,50	21,50	
Sorgho	13 à 15,00	15,00	21,50	15,00	22,50	21,50	
Mil	13 à 15,00	15,00	21,50	15,00	22,50	21,50	
Maïs	13	15,00	21,00	15,00	22,50	18,00 - 25,00	
Blé	-	15,00	21,00	15,00	22,50	21,50	
Niébé	# 25	-	-	-	-	25,00 - 50,00	

B. Prix des engrais (1985)

Tous types (phosphate tricalcique, KCl, NPK, Urée): 12 UM/Kg.

8.6. PLAINE DU DIROL : ANALYSE COUTS/BENEFICES
en 1.000 UM par hectare (sur 6.000 ha)

	1987		1990				1995				2000				2002			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Revenus nets sans aménagement/ Net returns without development	1.80	1.80	1.80	1.80	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	
<u>Scenario 1/Option 1</u> Digue/Dike 13.0 m IGN																		
- Revenus agricoles/Net crop returns	1.80	6.30	6.30	6.30	6.30	13.20	13.20	13.20	13.20	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	
- Coût d'aménagement/Development costs	4.59	64.00	3.20	2.27	1.60	0.27	0.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
- Revenus>Returns	-2.79	-57.70	3.10	4.03	4.70	12.93	12.93	13.20	13.20	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	
- Bénéfices Economiques Nets/ Net Economic Benefits	-4.59	-59.40	1.30	2.23	2.90	6.63	6.63	6.90	6.90	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	
IRR 6%	NPV at 8 % = -6.4																	
<u>Scenario 2/Option 2</u> Digue/Dike 11.0 m IGN																		
- Revenus agricoles/Net crop returns	1.80	6.30	6.30	6.30	6.30	13.20	13.20	13.20	13.20	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	
- Coûts d'aménagement/ Development costs	19.07	9.65	1.33	1.33	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
- Revenus>Returns	-17.27	-3.35	4.97	4.97	5.63	13.20	13.20	13.20	13.20	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	17.40	
- Bénéfices Economique Net/ Net Economic Benefits	-19.07	-5.17	3.17	3.17	3.83	6.90	6.90	6.90	6.90	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	11.10	
IRR phase 1 seule/ phase 1 only 20%	NPV at 8% = 29.8																	
IRR phase 1 et 2/ phase 1 and 2 18%	NPV at 8% = 16.3																	
	*(....) Coût d'aménagement en phase 2/ Development Cost of phase 2.																	

IRR: Taux de Rentabilité Interne/Internal Rate of Return
NPV: Valeur Actualisée/Net Present Value

(Source. WMS II team, Juillet 1985).

ANNEXES

A.	Enveloppe des lignes d'eau	A1 à A6
B.	Digue du périmètre pilote du Gorgol Canal fossile du Sénégal	B1
C.	Cartes: C1 Location map. C2 Diroul plain project 1/200.000. C3-C4 Population 1/100.000. C5 Périmètres SONADER existant dans la zone C6 Aménagements prévus dans la zone C7 Ortho photo plans 1/10.000 disponibles dans la zone	C5 C6 C7
D.	Bibliographie	D1 à D4
E.	Détail superficies par zones et par classes de sols	E
F.	Les problèmes fonciers en Mauritanie: extraits de l'ordonnance du 5 Juin 1983	F

Cartes échelle 1/50.000:

- M1: Zone Nord, digue solution 1.
- M2: Zone Sud, digue solution 2.
- M3: Carte des aptitudes culturales.

Cotes maximales IGN.

ENVELOPPE DES LIGNES D'EAU DANS LE SENEGAL

- pour la crue centennale amortie par Manantali
- pour la crue artificielle optimale

d'après le modèle mathématique SOGREAH. 1981

20

18

16

14

12

8

6

4

2

CENTENNIALE avec MANANTALI Stade 1-2 (moyen terme)

CENTENNIALE avec MANANTALI Stade 2-2 (long terme)

CRUE ARTIFICIELLE
OPTIMALE Stade 1-2

Plaine du
Diral

MATAM

400

450

KAEDI

DIORBIVOU

SALDE

550

600

BOGHE

650

700

Point Kilométriques

CARACTERISTIQUES DES CRUES DES ANNES DONT LES SUPERFICIES CULTIVEES EN DECRUE ONT FAIT L'OBJET D'INVENTAIRES PAR OBSERVATIONS AERIENNES DIRECTES
(OMVS - JUTON, MUTSAARS, BENSOUSSAN, RIJKS ET HAMDINOU

Années	H et Q à Bakel	1970/71	1972/73	1973/74	1976/77	1977/78	1985
Date du démarrage de la crue		18 Juin	28 Juin	10 Juin	3 Juil	5 Juil	
Date du maximum de la crue		8 Sept	8 Sept	25 Août	23 Août	21 Sept	10-9
Hauteur maximale en m IGN		20,80	17,44	19,58	18,11	18,22	
Débit correspondant en m ³ /s		3.425	1.428	2.546	1.728	2.036	
Hauteur 30 jours en m IGN		19,20	<u>16,42</u>	18,10	16,77	<u>16,40</u>	
Débit correspondant en m ³ /s		2.324	1.057	1.730	1.184	1.054	
Date de l'apparition de Q = 300m ³ /s	11 Nov.	6 Nov.	28 Oct.	2 Déc.	2 Nov.		
Module annuel en m ³ /s		540	265	361	370	288	
<u>Superficies cultivées en décrue ha</u>							
Rive gauche		61.800	10.740	62.100	17.585	11.402	
Rive droite		48.300	4.500	34.900	15.140	4.168	
Ensemble Vallée		110.200	15.240	97.000	32.725	15.570	

Fréquence des crues considérées:

- Crue de 1970 : Moyenne faible à faible
- Crue de 1972 : Centennale sèche
- Crue de 1973 : Centennale sèche mais avec 2 retours qui l'ont améliorée.

Aucun inventaire par observation aérienne directe n'a été fait pour des crues moyennes ou fortes. L'inventaire que l'OMVS a décidé de faire pour 1985-86 concernera aussi une crue faible.

Les services Agricoles du Sénégal donnent les chiffres de 50.000 ha (crue 1960 moyenne faible) et de 88.000 ha (crue 1956 moyenne forte). Pour la rive gauche Sénégalaise le chiffre moyen de 75.000 ha est proposé par l'OMVS; et 50.000 ha pour la rive droite.

Le tableau de la page suivante compare les superficies inondées (cultivables) par la crue de 1973 et celles de la crue "optimale" proposée par le Groupement de Manantali.

SURFACES INONDEES (CULTIVABLES EN DECRUE)
MAXIMALES, PENDANT 15 J., 30 J., 45 JOURS PAR LA
CRUE DE 1973, ET PAR LA CRUE "OPTIMALE".

D'après GERSAR, Nov. 1982

Crue optimale à Bakel: $Q_{max} = 2.500 \text{ m}^3/\text{sec.}$
 (comparable à la crue de 1973) $Q_{30j} - 1.800 \text{ m}^3/\text{sec.}$
 (Voir hydrogramme page suivante)

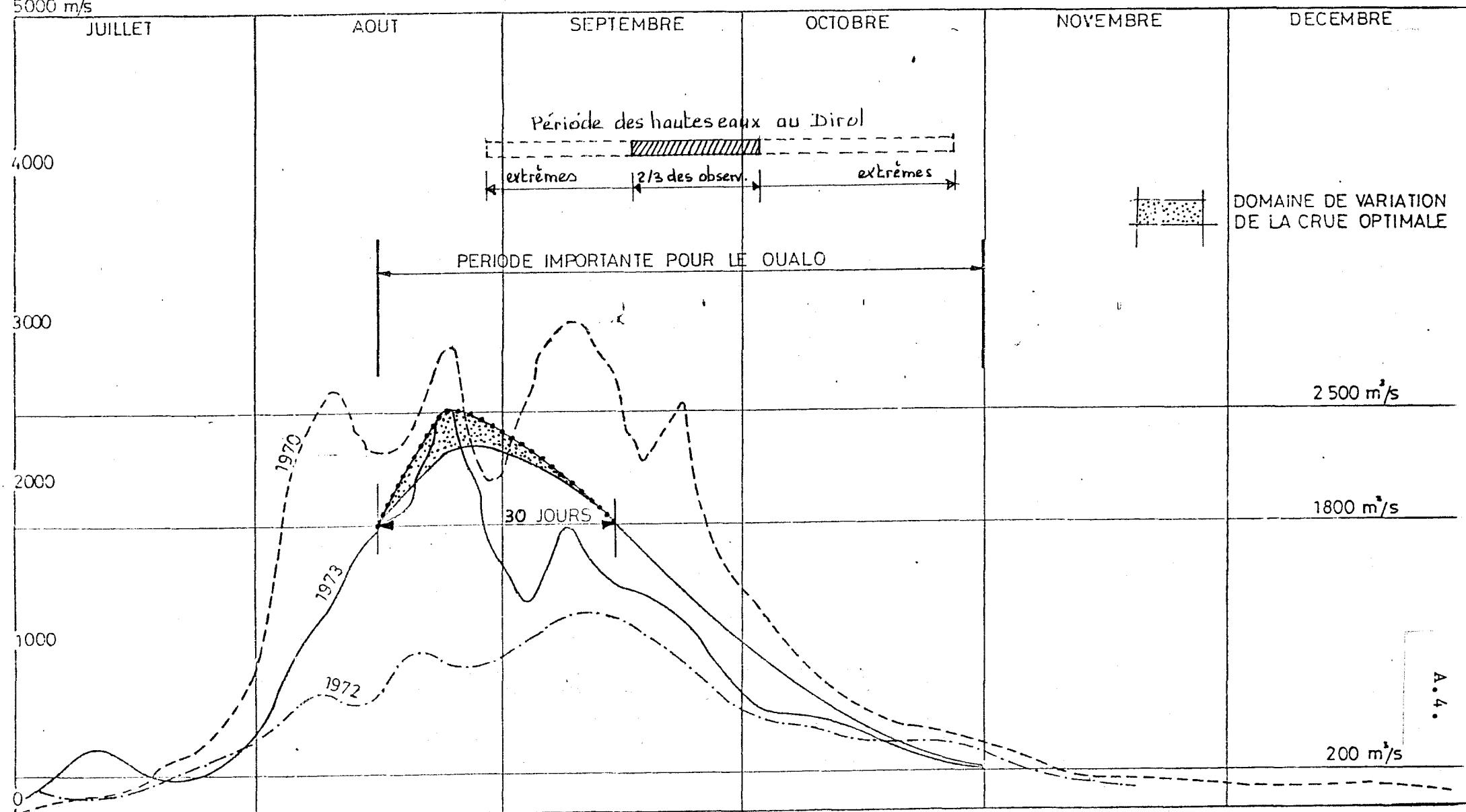
Régions	Surfaces inondées en km ²												
	Crue optimale (ou crue artificielle)					Crue 1973							
	Modèle stade 1.2							(Moyen terme 1985)					
	S max	S 15	S 30	S 45	S max	S 15	S 30	S 45	S max	S 15	S 30	S 45	
- De Bakel à la naissance de Doue	768	679	433	183	861	602	457	232					
- Ile à Morfil	713	667	531	363	555	522	437	319					
- De la confluence Sénégal-Doue à Richard-Toll	435	412	344	244	373	357	303	215					
- Delta (RD)	401	385	365	335	397	382	362	337					
Total R. Gauche	1.280	1.167	852	493	1.193	970	769	470					
Total R. Droite	1.037	976	821	632	933	893	790	633					
TOTAL GENERAL	2.317	2.143	1.673	1.125	2.186	1.863	1.559	1.103					

GERSAR conclut: "Les résultats obtenus confirment l'analyse à partir des hauteurs maximales en crue. La crue optimale devrait permettre d'assurer les besoins actuels en culture de décrue."

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

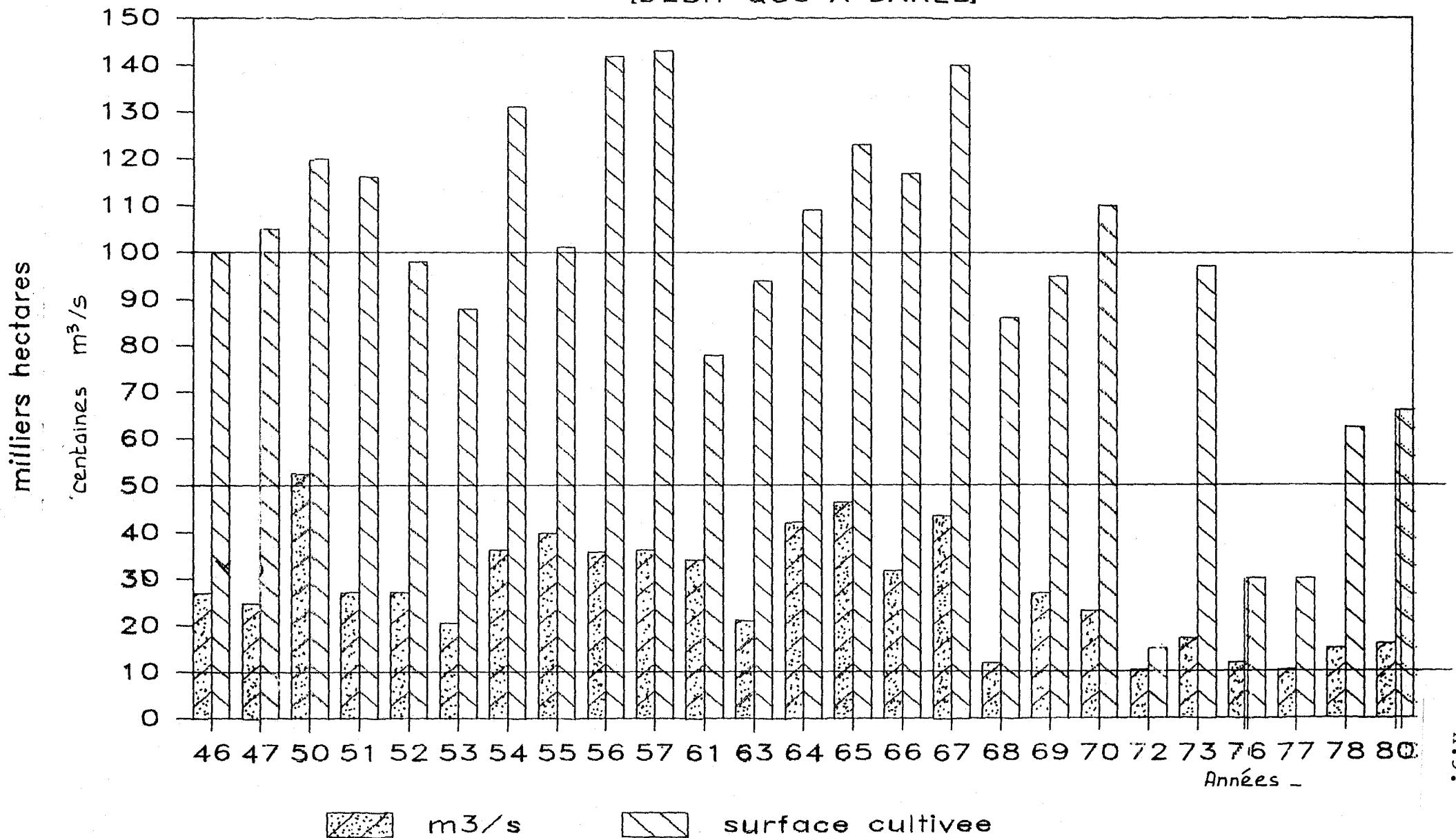
DEBIT
5000 m³/s

Source: GERSAR. Nov 1982 - et JLB -



CORRELATION SUPERFICIE/CULT. DECRUE

[DEBIT Q30 A BAKEL]

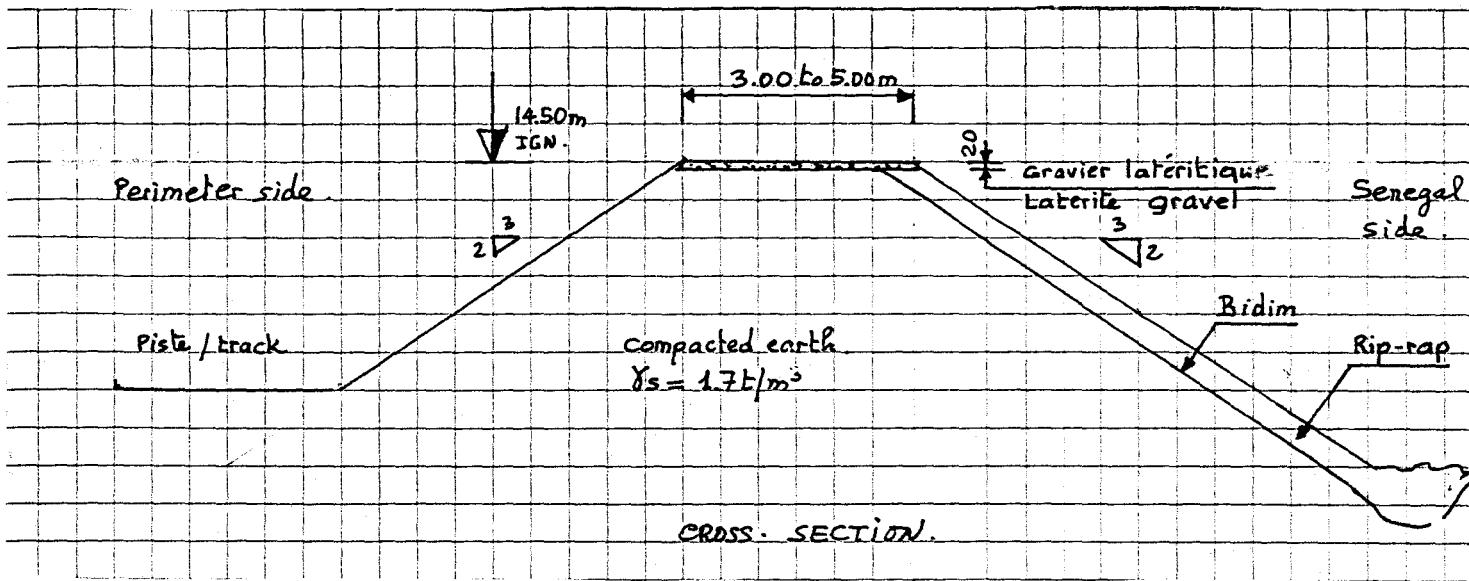


Station de Bakel: caractéristiques hydrologiques

Année	Q max. (m ³ /sec)	Volume V (km ³)	Module Q moy. (m ³ /sec)	Année	Q max. (m ³ /sec)	V km ³	Q moy. (m ³ /sec)
1903-04	3560	19,9	630	1945-46	6480	20,4	943
1904-05	4790	23,1	734	1946-47	4460	23,4	743
1905-06	3830	27,4	868	1947-48	4360	21,0	666
1906-07	9340	38,6	1225	1948-49	3590	18,0	571
1907-08	2850	16,4	521	1949-50	3760	14,7	466
1908-09	4200	24,1	764	1950-51	7630	36,3	1150
1909-10	5490	28,4	899	1951-52	5340	26,5	840
1910-11	3840	21,1	668	1952-53	5060	22,6	716
1911-12	3330	16,9	537	1953-54	4180	19,9	630
1912-13	3290	17,7	562	1954-55	6610	33,6	1066
1913-14	1040	8,5	270	1955-56	5260	33,0	1048
1914-15	1885	13,9	442	1956-57	6050	30,0	952
1915-16	3140	18,6	591	1957-58	5660	32,4	1028
1916-17	4200	21,7	688	1958-59	8170	32,6	1035
1917-18	4960	20,4	646	1959-60	5460	24,9	788
1918-19	7300	36,0	1140	1960-61	3550	19,6	620
1919-20	3560	16,7	529	1961-62	7030	29,7	943
1920-21	5630	26,2	832	1962-63	4410	24,2	768
1921-22	2850	13,6	430	1963-64	3760	21,0	665
1922-23	9070	38,4	1218	1964-65	7180	30,6	970
1923-24	4670	29,8	755	1965-66	6580	34,1	1078
1924-25	6350	39,1	1240	1966-67	5600	27,9	880
1925-26	4610	26,4	838	1967-68	5840	34,2	1080
1926-27	2290	16,4	519	1968-69	3188	12,9	410
1927-28	6460	33,9	1074	1969-70	4071	25,6	808
1928-29	5490	28,4	902	1970-71	3743	18,0	570
1929-30	5490	28,3	897	1971-72	4618	19,1	628
1930-31	4610	26,4	836	1972-73	1525	8,7	255
1931-32	4300	23,2	737	1973-74	2815	9,78	310
1932-33	4850	24,2	766	1974-75	6575	23,8	755
1933-34	5490	26,3	834	1975-76	4755	19,0	602
1934-35	5340	22,0	698	1976-77	2500	14,7	467
1935-36	6680	36,7	1163	1977-78	2600	10,2	323
1936-37	7600	38,9	1232	1978-79	3252	15,9	505
1937-38	3590	20,3	643	1979-80	1981	9,6	303
1938-39	5630	25,6	806	1980-81	3885	12,6	401
1939-40	3400	17,6	558	1981-82	3128	13,7	433
1940-41	2760	13,5	429	1982-83	2520	9,8	310
1941-42	2890	13,2	417	1983-84	1200	6,9	219
1942-43	3590	13,7	436	1984-85	899	6,9	219
1943-44	3480	21,0	665	1985-86	2606	(11,3)	(360)
1944-45	1740	10,4	330				

Périodes	Durées	Moyenne des Qmax. m ³ /sec	Moyenne des V km ³	Moyenne des modules m ³ /sec
1903-85	82 ans	4.496	22,32	708
1903-72	69 ans	4.798	24,19	768
1975-85	10 ans	2.672	11,9	378

DIGUE DU PERIMETRE DU GORGOL (Refaite en 1983)
DIKE OF GORGOL PERIMETER (Rebuilt in 1983)



Construction cost by contractor EGB-DODIN (local + French firms)
Financed by EDF.

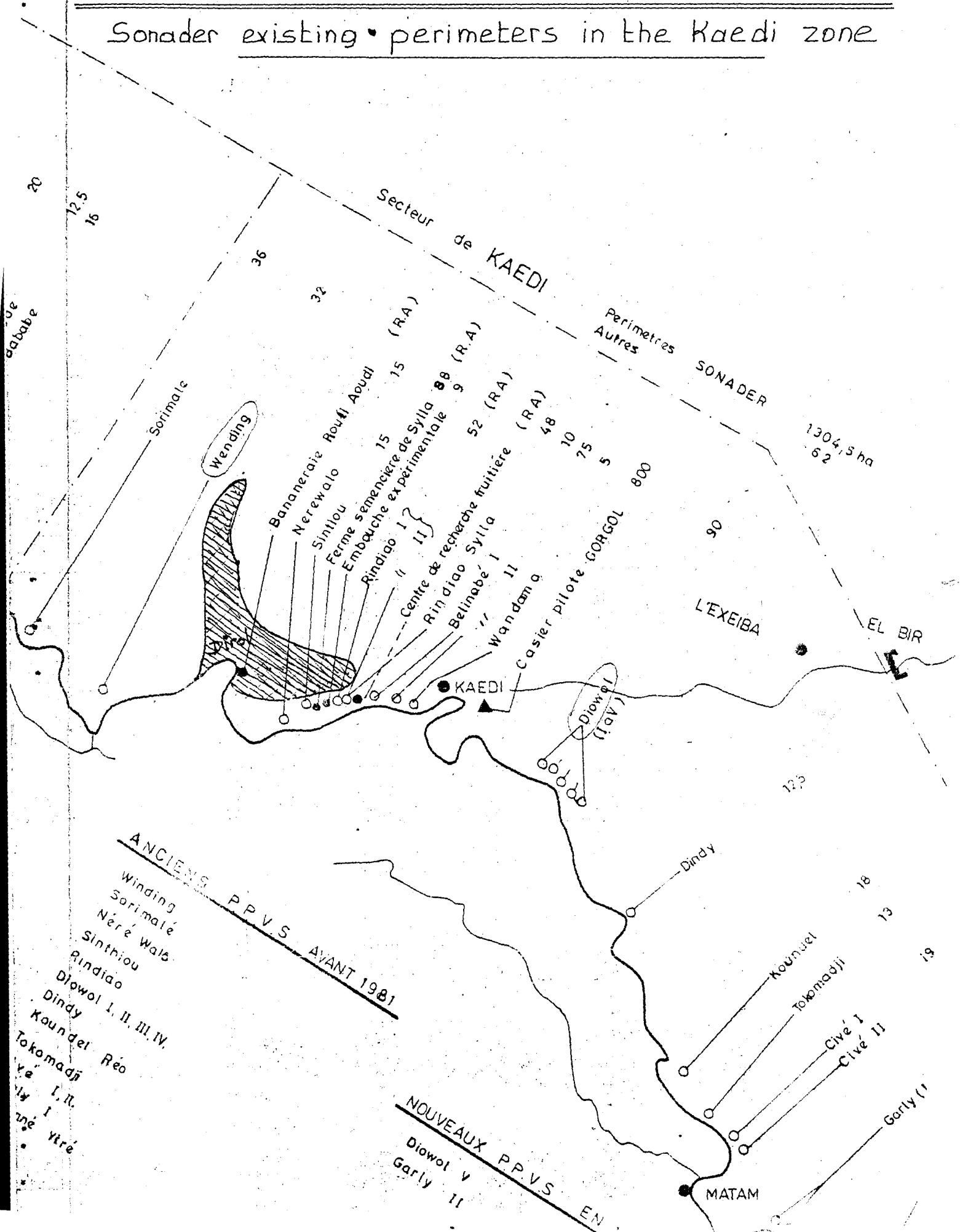
		UM	
1	Installation et repli du chantier, laboratoire	global	23,723,800
2	Déblais	30,000 m ³	258
3	Remblais	72,000 m ³	450
4	Plus-value transport (1) de 150 à 500 m (2) de 500 à 1.600 m	26,000 m ³ 17,000 m ³	60 176
5	Geotextile BIDIM	878	291
6	Revêtement latéritique	2,500 m ³	2,012
& 7	Laterite gravel for protection + Rip-rap		
8	Gabions	400	5,160
	TOTAL	UM =	74,448,498
		US \$ #	1,329,000

- Durée des travaux: 95 jours/Duration of works: 95 days.
- Engins utilisés/Heavy equipment used:
 - * au début/at the beginning: 2 bulls 6 scrapers
 - 2 graders 3 citerne
 - 2 tamping
 - * Puis/then: 4 bulls 10 scrapers 3 tamping
 - 3 graders 2 citerne 2 compacteurs
 - 2 chargeurs (loaders) 11 trucks à pneux.
- Rendements moyens obtenus/Average performance rates of heavy equipment.

Scrapers 8 m ³	2.000 m ³ /jour pendant 20 jours
remblais	4.000 m ³ /jour pendant 40 jours
déblais	4.000 m ³ /jour pendant 8 jours.

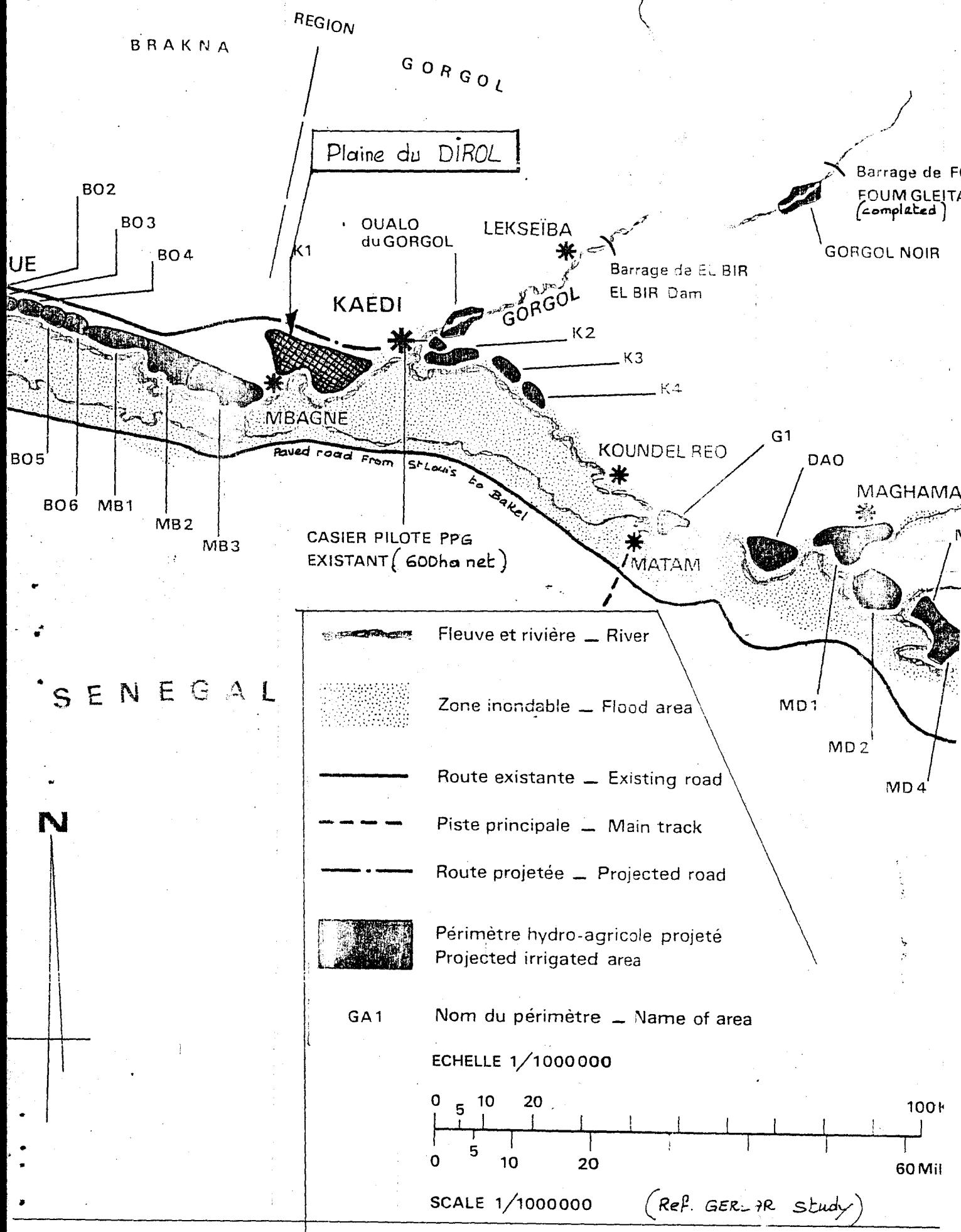
Périmètres existants SONADER dans la zone de Kaédi.

Sonader existing perimeters in the Kaédi zone



EXISTING and PLANNED PROJECTS_C6-

Plaine du DIROL : aménagements existants et prévus dans la zone



BIBLIOGRAPHIEAMENAGEMENT DE LA PLAINE: DONNEES DE BASE DISPONIBLES.
(Listes sectorielles non exhaustives).

Plan Directeur des Aménagements Hydro-Agricoles de la Vallée du Sénégal par GERSAR (Juin 1980).

1. Topographie

- Carte IGN échelle 1/200.000 (feuille Kaédi).
- Nivellement de précision et chaîne géodésique faits par IGN le long du fleuve Sénégal (bornes à Kaédi, M'Bagne, ...).
- Nivellement le long du Fleuve Sénégal par la Sté Allemande ZULDORF.
- Couverture aérienne 1/50.000 par TELEDYNE, Décembre 1980 (Infra-rouge et noir et blanc).
Canevas géodésique et de nivellation établi en 1979-1980.
- Couverture aérienne au 1/10.000 de Mars 1980 par TELEDYNE, avec restitution Ortho-photo-carte échelle 1/10.000 pour des zones spécifiques: Mbagné (feuilles 59-60-61) et Kaédi-ville (feuille 55): ne concerne malheureusement que la bordure Ouest de la plaine du Dirol.
- Photogrammétrie 1/50.000, avec équidistance des courbes de niveau 1m, ayant servi comme fond de plan aux "cartes d'aptitudes culturales des terres de la vallée du Sénégal", feuille 1b Kaédi, intitulée Fond Planimétrique de l'Afrique de l'Ouest. (MAS, IGN).
- En cours (Décembre 1983): profil en long de l'axe de la digue pour le tracé solution 1 (Ferrala-Ndialafane), par le Bureau Assane Diouf. Et levé 1/20.000 zone implantation du barrage à l'embouchure du Dirol.
- Travaux topographiques USAID/Bureau Assane Diouf Dakar, Janvier 1984, comprenant:
 - plan topographique échelle 1/2.000 du site du barrage du Dirol;
 - profil en long du tracé de la digue (Solution 1);
 - tracé en plan du P.L. digue solution 1 (échelle 1/10.000);
 - croquis de rattachement au nivellation IGN de la vallée.

2. Hydrologie et Eaux Souterraines

2.1. Hydrologie:

- ORSTOM: "Le Contexte hydrologique de l'aménagement de la plaine du Dirol", par J. Claude OLIVRY, Novembre 1983.
- ORSTOM annuaire hydrologique du Fleuve Sénégal.
- ORSTOM, Y. BRUNET-MORET, Campagnes hydrologiques dans le Brakna et le Tagant: - campagne 1958, document daté Avril 1959.
- campagne 1959, document daté Juin 1960.
- ORSTOM, Monographie du Fleuve Sénégal; données d'observations hydrologiques tome 2. Décembre 1966 par C. ROCHELLE.
- ORSTOM, OMM Projet AGRHYMET, Hydrologie Mauritanienne, rapport de la campagne 1980 par J. HOORELBECK.
- Direction des Travaux Publics, Nouakchott: un appel d'offre lancé pour Mai 1983, d'étude des ouvrages de la route BOGHE-KAEDI, comprenant une étude hydrologique des bassins versants alimentant la plaine du Dirol. Cette étude ne sera probablement pas disponible avant Juillet 1984.
- BCEOM: Etude hydrologique pour l'aménagement de Tamourt-en-Naaj.
- GERSAR: Modèle mathématique SOGREAH, Nov. 1982 et Juin 1984.

2.2. Eaux Souterraines

- "Etude hydrogéologique de la vallée du fleuve Sénégal", par Paul ILLY, Juin 1973 (163 pages + cartes). PNUD.
- Voir aussi pour information "Périmètre irrigué de Matam par Bechtel, 1976. "Groundwater Monitoring Project" by USAID (Démarré en 1984).
- Documents projet eaux souterraines OMVS/USAID St. Louis (1985-86).

3. Pédologie.

- FAO/OMVS: a) "Carte d'aptitude culturale des terres de la Vallée du Fleuve Sénégal". Echelle 1/50.000, sur fond photogrammétrique avec courbes de niveaux équidistance 1m, feuille Kaédi 1b.

b) "Carte pédologique et géomorphologique de la Vallée du Delta du Fleuve Sénégal" échelle 1/50.000.

Ces 2 séries de cartes ont été établies en 1969 par SEDAGRI et IGN (France)

- ORSTOM: pédologie concernant 2 cuvettes du bassin versant seulement:
 M. GAVAUD "Etude pédologique des cuvettes argileuses dans le Cercle de Brakna,
 Mai 19590, comprenant 2 volumes et 6 cartes:

- Gadel	échelle 1/20.000.
- Dionaba	1/10.000.
- *Tamourt Guélouar	1/10.000 (EV du Dirol).
- Oued Ketchi	1/20.000.
- Tamourt en Naaj Nord et Sud	1/20.000.
*Lac de Mal, Oued Leye	1/20.000 (BV du Dirol).

4. Sociologie (et cultures de décrue)

- ORSTOM: "Peuplement et culture de saison sèche dans la vallée du Sénégal" par A. LERICOLLAIS et Yveline DIALLO, Paris 1980. (Carte D., échelle 1/100.000 concerne la plaine du Dirol).

- Ministère de la Coopération (France), IRAM, Février 1983, "La place des femmes dans le développement économique et social de la vallée du Fleuve Sénégal". (M. TARI et A. CORREZE).

5. Culture du sorgho (dans la vallée du Sénégal).

* Production des céréales dans la vallée Les Sorghos	J. CASTIAUX Juillet-Août 1970
* Note relative aux Méthodes de culture dans la vallée du Fleuve Sénégal. Hors-Zone deltaïque	J. CANTIER 1958-1959
* Activités du C.R.A. dans la vallée du Fleuve Sénégal Hors-Zone deltaïque	GAUDEFROY DEBONBYNES 1955-1956
* Inventaire des Essais Techniques Culturales sur le sorgho de décrue dans le Oualo du Gorgol	I.R.A.T. 1971
* La Moyenne Vallée du Sénégal	MISOES 1958
* Les essais de Guédé	MEYMARD 1956-1957
* La culture du sorgho de décrue dans la vallée du Fleuve Sénégal. Propositions de la Recherche Agronomique pour son amélioration.	M. SAPIN Juillet 1971
* Séminaires mil-sorgho	CNRA - IRAT Bambe
* Note technique sur la consommation en eau du sorgho de décrue	D. RIJKS Décembre 1971
* Morphologie et croissance de l'enracinement	J.L. CHOPART 1970

6. Cultures Maraîchères.

Documents IRFA. En particulier, un aperçu général des connaissances acquises est données dans: "Point de la situation et alternatives d'organisation de la production fruitière pour la vallée du Sénégal". Institut de Recherche sur les Fruits et Agrumes (IRFA) par C. LENORMAND, Juillet 1981.

7. Recherche Agronomique:

Projet PNUD/FAO: "Recherche Agronomique et Développement Agricole dans le bassin du Sénégal: Conclusions et recommandations du Projet". OMVS/FAO Rome 1977.

Plaine du Dirol: Détail superficies par zones et par classes de sols.

		Zone Nord	Zone Sud	
Classe 1 (jaune)	Zone Dawalel =	450	Marigot Roufi Aoudi =	125
	Zone Bagoudine:		Bourrelet forêt	
Facilement irrigable	- Ouest =	307	Diarangol =	190
	- Est =	115	Hautes levées Diaout =	380
	Zone Foundou =	410	Sinthiou Pomar =	800
	Nord Ferrala =	55		
	Haute levée piste			
	Ndiafane =	180		
Total = 3.012		1.517		1.495
Classe 2 (vert)	Zone lit mineur Dirol	150	Nord Roufi Aoudi =	
	Séoutate =	37	Foram Kébir =	
Irrigable	Bagoudine =	270	Kofel =	
	10 taches isolées veto	80	Rouss Sud =	
	Ouest Dawalel	48		
	2 zones v.11.p.12.0	130		
Total = 3.715		715		3.000
Classe 1R (marron)	Ensemble =	3.953		0
Rizicultivable				
Total = 3.953				
Classe 6 (blanc)	Mare Nord =	130	Faram Kébir =	160
	Petits mare Voloumé	85	Faram Saye =	75
Non irrigable	Grande mare Voloumé	285	Kofel =	95
	Mamelon Ferrala =	35	Rouss =	90
	Zone B devant PK500	10	Autres =	40
	Autres =	15		
Total = 1.020		560		410
Totaux par zone		6.745		4.955
TOTAL GENERAL PLAINE		11.700 dont 10.680 irrigables		

LES PROBLEMES FONCIERS EN MAURITANIE

Le système foncier Mauritanien est dominé par les notables propriétaires. L'intervention accrue de l'Etat dans le secteur rural et le secteur urbain, nécessitait une législation claire qui favorise le développement. Une ordonnance de réorganisation foncière et domaniale a été promulgée le 5 Juin 1983. Le décret du 19 Janvier 1984 (No. 84.009) est la décision d'application de cette ordonnance^{1/}. Elle stipule en particulier:

"ARTICLE 2: L'Etat reconnaît et garantit la propriété foncière privée qui doit, conformément à la charia, contribuer au développement économique et social du pays.

ARTICLE 3: Le système de la tenure traditionnelle du sel est aboli.

ARTICLE 9: Les terres "mortes" sont la propriété de l'Etat. Sont réputées mortes les terres qui n'ont jamais été mises en valeur ou dont la mise en valeur n'a plus laissé de traces évidentes.

ARTICLE 13: La mise en valeur d'une terre domaniale sans concession préalable ne confère aucun droit de propriété à celui qui l'a faite. En pareil cas, l'Etat peut soit reprendre le terrain, soit régulariser l'occupation.

ARTICLE 20: Les concessions de grande superficie ne seront accordées que si l'investissement projeté présente un impact économique et social appréciable et seulement dans la mesure où les intérêts légitimes des petits propriétaires sont sauvagardés.

ARTICLE 21: Le droit de propriété ne peut empêcher la réalisation d'un projet d'intérêt national ou régional et ne s'aurait en particulier entraver l'expansion harmonieuse d'une agglomération urbaine.

Nul ne pourra cependant être contraint de céder ses droits si ce n'est pour cause d'utilité publique et moyennant une juste compensation."

^{1/} Document disponible en Français et en Anglais



RIM - SONADER
USAID

AMENAGEMENT DE LA PLAINE DU DIROL
ETUDE DE FACTIBILITE
TERMES DE REFERENCE POUR LES ETUDES TOPOGRAPHIQUES

SOMMAIRE

- I. Cadre de l'Etude Topographique
- II. Contexte Physique et Données de Base
- III. Travaux de Topographie à Réaliser
- IV. Description Détailée des Tâches
 - 4.1. Cartographie détaillée au 1/10.000 de 8.000 ha
 - 4.2. Cartographie expédiée au 1/10.000 de la zone Sud sur 5.000 ha
 - 4.3. Nivellement pour profiles en long de divers tracés d'endiguement de la plaine
 - 4.4. Rattachement de 3 échelles limnimétriques au nivelllement IGN
 - 4.5. Vérification des différents nivelllements et rattachement au système IGN
- V. Délais d'Exécution - Documents à Remettre
- VI. Modalités de Soumission des Prix et de Selection des Offres

ANNEXE

AVERTISSEMENT

Ce document correspond à la version provisoire datée du 10 Juillet 1985, revue pour tenir compte des observations de la SONADER, formulées dans sa lettre du 30 Septembre 1985 adressée à Monsieur le Directeur de l'USAID/Nouakchott.

I CADRE DE L'ETUDE TOPOGRAPHIQUE

1.1. Dans le cadre de son programme bilatéral en République Islamique de Mauritanie, l'USAID a élaboré en 1983/84 un document préliminaire^{1/} concernant l'aménagement hydroagricole de la plaine du virol. Cette grande plaine d'inondation s'étend sur la rive droite du fleuve Sénégal à environ 25 kilomètres à l'aval de Kaédi.

Après examen du dossier par les autorités Mauritaniannes et la réunion de travail tenue au Ministère du Développement Rural (MDR) le 13 Décembre 1984, il a été décidé d'effectuer l'étude de factibilité en 1985/86, avec un financement de l'USAID^{2/}. Les réunions et les contacts qui ont suivi entre le MDR et l'USAID (en particulier le 3 Juillet 1985) ont permis de préciser les objectifs du projet ainsi que les modalités de mise en valeur des potentialités de la zone; de définir les grandes lignes des études préalables à mener afin de pouvoir évaluer et comparer les diverses solutions possibles d'aménagement hydroagricole de la plaine^{3/}.

Les travaux de topographie font partie de ces études préalables. Une première tranche de leviers topographiques a été réalisée en 1983-84^{4/}. Le présent document définit une deuxième phase de travaux topographiques nécessaires à la conception de l'aménagement de la plaine et à l'étude de factibilité.

1.2. Les travaux de topographie seront effectués par un bureau d'études local choisi après appel d'offres. Le marché sera passé entre l'adjudicataire et l'USAID, sur des bases qui auront reçu l'accord préalable du Ministère du Développement Rural. La Direction de l'Agriculture, en sa qualité de maître de l'ouvrage sera chargée de la supervision et du contrôle des travaux de topographie, avec l'appui de l'USAID.

1/ "Aménagement hydroagricole de la plaine du Dirol", par Jean LeBlosa, USAID/RBDO Mission de Dakar, Mars 1984.

2/ Mauritania River Valley Development (682-0237).

3/ Réunion du 3 Juillet 1985 tenue au MDR sous la présidence du Directeur de l'Agriculture.

4/ Par le bureau d'études topographiques EAD, Dakar - Janvier 1984.

II. CONTEXTE PHYSIQUE ET DONNEES DE BASE

2.1. La plaine du Dirol est une vaste zone inondable couvrant 12.000 hectares environ entre les villages de Silla et de Dawalel. La période des plus hautes eaux du fleuve Sénégal est la dernière décade de Septembre, mais la plaine peut être inaccessible pour des levers terrestres entre les mois d'Août et de Décembre.

On y accède par la route Boghé-Kaédi.

2.2. La zone est facilement localisable sur la carte IGN à l'échelle 1/200.000, feuille Kaédi. Le document cartographique le plus précis disponible est le "Fond Planimétrique" échelle 1/50.000, édité par IGN en 1968 pour le compte de la FAO, comprenant des courbes de niveau équidistantes de 1m, tracées par la MAS.

Teledyne a effectué en Janvier 1980 une couverture aérienne à l'échelle du 1/50.000 en panchromatique et fausses couleurs à l'infrarouge, pour l'ensemble du bassin du Sénégal (OMVS-USAID). Pour des zones spécifiques il existe une couverture au 1/10.000 avec restitution en ortho-photocartes à l'échelle du 1/10.000. Malheureusement, dans cette région elles ne couvrent que la ville de Kaédi et la vallée à l'Ouest de Mbagne (Voir plan joint).

Divers nivelllements de précision ont été faits le long du fleuve par IGN, et par d'autres firmes pour le compte de l'OMVS.

2.3. Dans le cadre de l'avant projet de l'aménagement de la plaine du Dirol, l'USAID a fait réaliser en Décembre 1983/Janvier 1984, les travaux topographiques suivants:

- le lever (tracé en plan et profil en long) d'une ligne polygonale de 14,7 km allant de Ferrala à Ndiafane, et dite tracé de la digue solution 1;
- le lever au 1/2000 d'une zone d'environ 50 ha, située près de l'embouchure du Dirol dans le fleuve Sénégal;
- le rattachement à la borne IGN Mlle 50 de Kaédi, avec un tableau donnant les écarts avec les bornes OMVS.

Ces documents sont disponibles aux bureaux de la direction de l'Agriculture, de la SONADER, de l'USAID Nouakchott, et du bureau USAID/RBDO de Dakar.

III. TRAVAUX DE TOPOGRAPHIE A REALISER

Ils comprennent les tâches suivantes:

3.1. Une cartographie détaillée à l'échelle du 1/10.000, avec courbes de niveau équidistantes de 1 m et courbes intermédiaires tous les 50 cm, couvrant une superficie d'environ 7.250 ha., constituant la zone Nord de la plaine, plus environ 750 ha dans la zone de Dawalel, soit un total de 8.000 ha.

3.2. Une cartographie expédiée au 1/10.000, avec fond planimétrique obtenu à partir des photos existantes Teledyne, et une altimétrie limitée aux principaux axes de drainage. Elle concerne la zone Sud et couvrira environ 5.000 ha.

3.3. Le niveling pour profils en long de différents tracés d'endiguement sur une longueur totale de l'ordre de 26,3 km.

3.4. Le rattachement au niveling IGN des 3 échelles limnimétriques de la zone: l'échelle ORSTOM du port de Kaédi, l'échelle SONADER du pont vanne du Gorgol, et l'échelle de Diorbivol située sur la rive Sénégalaise.

3.5. La vérification des différents nivellements et rattachement au système IGN.

IV. DESCRIPTION DETAILLEE DES TACHES

4.1. Cartographie détaillée au 1/10.000 de 8.000 ha

4.1.1. Il s'agit de lever deux zones contiguës, figurées au plan en annexe:

a) La partie de la plaine d'inondation du Dirol située au Nord de l'axe d'endiguement Ferrala-Ndiafane (dit solution No. 1), et limitée approximativement par la courbe de niveau 12.000 m IGN. Les limites effectives de la zone à lever seront celles des terres irrigables figurées à la carte d'aptitude culturale de SEDAGRI à l'échelle 1/50.000.

Cette zone, dite "Zone Nord", a une superficie d'environ 7.250 ha. Elle a grossièrement la forme d'un triangle dont les sommets sont Ferrala, Ndiafane et Atène.

b) La Zone de Dawalel, d'une superficie de 750 ha environ. C'est la zone de terres irrigables limitées au Nord par le tracé de l'endiguement solution No. 1 (Ferrala - embouchure du Dirol), à l'Est par le fleuve Sénégal jusqu'à Dawalel, à l'Ouest par une ligne Nord-Sud de coordonnée 632,8 sur la carte au 1/50.000. et partout ailleurs par les limites de la carte SEDAGRI.

4.1.2. La carte sera obtenue à partir d'une Polygonale de ceinture "entourant" la plaine, reliée au profil en long existant Ferrala-Ndiafane, et rattachée au système IGN de nivellation général de la vallée. Cette polygonale de base passera obligatoirement par les villages périphériques ^{1/}, où seront placés des bornes en béton numérotées, et où les puits et forages villageois seront nivélés et marqués d'un repère ^{2/}. Une borne sera placée à chaque sommet de la polygonale. Elle comportera une transversale Ouoloum-Roufi Aoudi, recoupant le profil en long de l'endiguement solution 1. La polygonation sera faite au théodolite T2 pour les mesures d'angles et au distancemètre pour les mesures de longueurs.

4.1.3. L'altimétrie sera obtenue par levé terrestre direct après détermination d'un canevas de base couvrant toutes les zones à étudier. Les points du canevas seront rattachés au même système que celui de la polygonale de ceinture. La densité moyenne des points levés sera de 1 point pour 3 hectares, soit une maille de 200 m x 150 m. Le levé, effectué à partir des bornes des canevas, sera conduit de manière intelligente: les fonds plats des grandes mares ne nécessitent pas cette densité (1 point pour 10 ha suffirait); par contre tous les thalwegs et axes de drainage seront soigneusement levés, ainsi que tous les éléments permettant de se repérer sur le terrain (arbres, cases, monticules, pistes et routes, etc...).

4.1.4. La planimétrie sera obtenue à partir de la photomosaïque redressée des photos aériennes échelle 1/50.000 de Teledyne (1980), agrandie à l'échelle du 1/10.000. Tous les détails planimétriques possibles seront reportés: routes, pistes, mares, thalwegs, arbres, cases, etc...

4.1.5. Les courbes de niveau équidistantes de 1 m seront tracées en trait continu, et les courbes intermédiaires 0.50 m en tireté. Dans les zones plates on tracera les courbes 0.25 m et 0.75 m.

4.1.6. Le bornage sera réalisé avec soin, sachant que la plaine est nue et sans relief et qu'il est difficile de se repérer sur le terrain, et qu'elle est inondable. La polygonale de ceinture, à l'exclusion du profil d'endiguement solution 1, mais y compris l'axe Voloumé-Roufi Aoudi, sera matérialisée par des bornes en béton numérotées avec repères métalliques de 20 x 20 cm en tête et de 60 cm de profondeur d'ancre au minimum, distantes en moyenne de 3 km. Dans les villages elles pourront être remplacées par les margelles de puits ou des murs existants stables en maçonnerie cimentée.

1/ Villages de Dawalel, Ferrala, Mbahé, Niabina, Atène, Bagoudine, Debaye-Doubel, Foundou, Ouoloum (Voloumé), Ndiafane.

2/ Boulon scellé au ciment dans la margelle, permettant ultérieurement des mesures piézométriques aisées.

Dans la plaine elle-même on placera un quadrillage de points bétonnés avec une maille régulière 2 km x 2 km, en directions orthogonales Nord-Sud et Est-Ouest. Chaque point sera constitué par un fer à béton Ø 14 enfoncé sur 80 cm de profondeur et coiffé d'une borne en béton coulée sur place de 15 x 15 cm en tête et de 35 cm de hauteur, numérotée lisiblement. Un piquet en bois peint, placé à côté, dépassant le sol de 80 cm minimum, et numéroté également, permettra de trouver facilement la borne 1^{er}, complété par une croix de 1 m x 1 m tracée à la chaux au sol, à chaque borne.

4.1.7. Le découpage de la carte au 1/10.000 de la zone Nord et de la zone de Dawalel se ferait en 3 feuilles de 80 x 90 cm (à l'extrême Nord le village d'Atène, à l'extrême Sud le village de Ndiafane). Le bord Ouest des 2 feuilles correspondra au méridien de Niabina, et permettra le raccordement aux orthophotoplans de Teledyne (feuilles No. 60 et 59, échelle 1/10.000, 1980), en planimétrie et altimétrie. Le découpage final sera à convenir avec la SONADER qui souhaiterait conserver le format des ortho-photo plans Teledyne (55 cm Nord-Sud, 54 cm Est-Ouest).

4.2. Cartographie expédiée au 1/10.000 de la zone Sud sur 5.000 ha

4.2.1. La zone à lever, appelée zone Sud de la plaine du Dirol, s'étant sur environ 5.000 ha, et est limitée au Nord par le tracé de l'endiguement solution 1 jusqu'au village de Ndiafane, à l'Ouest par le fleuve Sénégal, à l'Est par le méridien passant par Sylla, et partout ailleurs par les limites de la carte SEDAGRI (aptitudes culturales échelle 1/50.000).

4.2.2. La polygonale de ceinture sera constitué par:

- le profil en long digue solution 1, jusqu'à Ndiafane, déjà réalisé en Janvier 1984;
- le profil en long digue solution 2 jusqu'à sa jonction à l'Est avec la route Boghé-Kaédi: à exécuter, voir plus loin paragraphe 4.3.;
- la fermeture jusqu'à Ndiafane: à exécuter sur 4 km environ.

4.2.3. L'altimétrie sera obtenue par levé terrestre "expédié". L'objectif est d'obtenir une carte hydrographique cotée, sûre, permettant d'avoir une bonne compréhension du fonctionnement hydraulique de la zone (sa submersion, sa vidange, son drainage). Tous les grands axes de drainage, les principaux thalwegs seront levés jusqu'à leur embouchure dans le fleuve. La densité des points levés et cotés sur le plan sera en moyenne de 1 point pour 10 hectares, ce qui veut dire qu'à l'intérieur de la polygonale de ceinture au minimum 500 points seront levés. De plus les éléments caractéristiques du terrain (arbres, pistes, accidents,...) permettant de se repérer, seront levés; soit environ 100 points supplémentaires.

1/ Ce repérage sera utilisé lors des études pédologiques, des enquêtes foncières, des études hydrologiques à entreprendre en 1984 et 1985.

4.2.4. La planimétrie sera obtenue à partir de la photomosaïque redressée Teledyne, comme précédemment (voir paragraphe 4.1.4.).

4.2.5. Les courbes de niveau seront tracées à équidistance de 1 mètre. Dans les zones plates on tracera les courbes intermédiaires à 0.50 m.

4.2.6. Le bornage de la polygonale de ceinture sera effectué comme prévu dans la zone Nord (Voir 4.1.6.).

Dans la plaine elle même un minimum de 5 bornes seront placées à des endroits judicieux facilement localisables et en général exondés.

4.2.7. La carte sera représentée sur une seule feuille de 80 x 130 cm.

4.3. Nivellement pour profils en long de divers tracés d'endiguement de la plaine

Les profils en long à établir seront similaires à celui établi en Janvier 1984 pour la solution 1 Ferrala-Ndiafane. Ils seront exécutés au niveau N3. Chaque profil sera défini par:

- un profil en long, aux échelles $L = 1/5.000$ et $H = 1/200$
- un tracé en plan échelle $1/10.000$ donnant les angles, cotes, distances et les coordonnées X et Y.

Chaque angle de changement de direction sera matérialisé par 1 borne ou un couple de bornes. Un plan général, échelle $1/50.000$, figurera tous les profils en long et les polygonales de ceinture (y compris le PL Solution 1 déjà réalisé).

Les nivelllements pour profils en long à effectuer d'une longueur totale de 26,3 km sont les suivants:

Variante 1A Dawalel:

Le tracé part de la zone de l'embouchure du Dirol (sommet S3 du profil solution 1) jusqu'à Dawalel puis rejoint le piton situé au Nord du Namargol. Longueur totale à lever: 6,3 km.

Variante 2 zone Sud:

Le tracé part de la zone de Roufi Aoudi (sommet S5 du profil solution 1) longe le bord Est de la forêt classée puis le fleuve jusqu'à Sylla et la route Roghé-Kaédi. Longueur totale à lever: 20,0 km.

4.4. Rattachement de 3 échelles limnimétriques au nivelllement IGN

A exécuter au niveau N3.

4.4.1. L'échelle ORSTOM de Diorbivol, en rive gauche Sénégalaïse, sera rattachée au profil en long "variante 2 zone Sud". à travers le fleuve et la forêt de Diarangol.

Cheminement nécessaire: 2,2 km.

4.4.2. L'échelle ORSTOM du port de Kaédi sera rattachée aux bornes OMVS 26A et SRE33 et à la borne IGN Mille 50.
Cheminements nécessaires: 3,1 km.

4.4.3. L'échelle du pont-vanne du Gorgol sera rattachée au système IGN (vérification aux bornes ci-dessus). On vérifiera la justesse de la cote du boulon fixé au mur de la station de pompage du périmètre pilote du Gorgol, marqué "14,00 m IGN".
Ceci nécessite un cheminement de 1,7 km.

La longueur totale de cheminement à réaliser est donc de 7 km environ.

4.5. Vérification des différents nivelllements et rattachement au système IGN

Ceci ne nécessite pas -a priori- de travaux de terrain, mais seulement une recherche méticuleuse auprès des organismes ayant procédé à des travaux de topographie dans la zone située entre le Périmètre du Gorgol (PPG) et MBagne: OMVS, SONADER, IGN Dakar, PNUD et FAO, divers bureaux d'études de topographie, Ministère de l'Equipement et des Transports NKCHTT pour la route Boghé-Kaédi, etc.

Les bornes existantes, intéressant le projet du Dirol, seront identifiées et portées sur un plan au 1/50.000.

Un tableau synoptique des diverses bornes sera dressé, mettant en évidence les écarts observés entre les divers nivelllements, et donnant un croquis de localisation des bornes.

V. DELAIS D'EXECUTION - DOCUMENTS A REMETTRE

5.1. Délais d'Execution

Les travaux à réaliser au titre du présent appel d'offres, et décrits aux paragraphes III et IV ci-dessus, devront-être réalisés dans un délai de 4 (quatre) mois à compter de la date de réception par l'entrepreneur de l'ordre de service.

En principe, les travaux devraient commencer le _____ (si la plaine est accessible à cette date), et être achevés le _____.

5.2. Documents à Remettre

- (a) - Cartes détaillées au 1/10.000 de la zone Nord et Dawalel (8.000 ha).
 - Carte au 1/10.000 de la zone Sud (5.000 ha).
 - 1 calque stable (film reproductible)
 - 2 Contrecalques
 - 10 tirages héliographiques
 - 1 négatif de la photomosaïque
 - Carnets et croquis de terrain, notes de calcul.

(b) Nivellement pour profils en long, rattachements.

Les documents à remettre comprennent: les plans, réseaux d'opération, le canevas de la cartographie ci-dessus, indiquant les stations et les bornes avec leur numéro; les tableaux des croquis de repérage des bornes, le tableau des coordonnées des bornes (X, Y, Z).

- 1 Calque stable de chaque pièce dessinée,
- 2 Contrecalque de chaque pièce dessinée,
- 10 tirages de chaque document.

Avant tirage définitif des plans, un modèle de cartouche en deux langues (français et anglais), avec titres et légendes, sera soumis à l'USAID et au MDR Nouakchott.

VI. MODALITES DE SOUMISSION DES PRIX ET DE SELECTION DES OFFRES

6.1. Le soumissionnaire est avisé de ce que les prix 1 et 2 de la cartographie au 1/10.000 pour la zone Nord (8.000 ha) et pour la zone Sud (5.000 ha) seront forfaitaires, incluant toutes sujétions (polygonale, bornage, dessins...). Les 2 prix forfaitaires resteront inchangés même si les superficies réellement levées sont supérieures aux chiffres prévus (8.000 ha et 5.000 ha respectivement) jusqu'à +10% au maximum.

6.2. Les profils en long seront réglés au nombre de km réellement exécutés (Prix No. 3). Toutefois l'entrepreneur devra signaler à l'USAID et au MDR, avant exécution, tout dépassement par rapport aux quantités indiquées à l'appel d'offres.

On procèdera de même pour le nivellement des échelles (Prix No. 4). Le prix No. 5 sera réglé forfaitairement sur présentation de la note technique "comparaison des divers nivelllements et rattachement au système IGN".

6.3. Le soumissionnaire remettra son offre avec les renseignements suivants:

(a) Les détails techniques du mode opératoire proposé pour la cartographie tant pour le travail de planimétrie à partir des photos que d'altimétrie par lever terrestre. Mêmes renseignements techniques pour les autres travaux de topographie.

(b) Le personnel et le matériel qui seront mis en oeuvre en précisant le nombre de brigades et leur composition, les noms et qualifications des techniciens en précisant s'ils sont ou non salariés du soumissionnaire. On précisera bien l'expérience professionnelle et le niveau de formation de chacun; le nombre et le type de l'équipement topographique proposé, des véhicules.

(c) Les associations qu'il contractera avec le nom du ou des associés. L'associé pourra ne pas être de nationalité Mauritanienne.

(d) Le planning d'exécution détaillé, établissant que le soumissionnaire peut exécuter ce travail dans les délais.

(e) Les prix HT, exprimé en UM, valable pour un marché passé et exécuté en 1985 et 1986, valable jusqu'au 31 Décembre 1986:

- prix forfaitaires No. 1, 2, et 5
- prix unitaires pour les prix No. 3 et 4.

Il fournira un tableau récapitulatif du prix total HT, prenant en compte les quantités indiquées pour les prix unitaires No. 3 et No. 4.

6.4. Les offres seront jugées selon les critères joints au présent document, par une commission comprenant 3 membres de l'USAID et 3 membres du MDR.

USAID/RBDO

MAURITANIE

ETUDE DE FACTIBILITE DE LA PLAINE DU DIROLCRITERES DE SELECTION DES OFFRES POUR LES TRAVAUX DE TOPOGRAPHIE

		Cotation sur
A.	<u>Qualifications et Expérience</u>	
1.	Expérience en travaux similaires	5
2.	Réputation relative à la qualité des prestations	5
B.	<u>Qualifications du Personnel Proposé</u>	
1.	Expérience professionnelle	10
2.	Niveau de formation	5
C.	<u>Qualité Technique et Adéquation de la Proposition</u>	
1.	Mode opératoire et matériel proposé	5
2.	Perception des problèmes et contraintes	5
3.	Délais d'exécution/aptitude à respecter le planning	10
D.	<u>Prix Soumis</u>	
1.	Coût forfaitaire pour la carte au 1/10.000 de 8.000 ha (zone Nord) (Cotation proportionnelle entre les extrêmes: le moins disant obtient la note maximale, le plus cher la note zéro)	20
2.	Coût forfaitaire pour la carte expédiée au 1/10.000 de 5.000 ha (zone Sud). Cotation proportionnelle entre les extrêmes	5
3.	Prix unitaires pour autres travaux topographiques: addition du prix au km de profil en long dans axe d'ouvrages et du prix au km de cheminement (cotation proportionnelle entre les extrêmes).	5
		75

RIM -- MDR
USAID

AMENAGEMENT DE LA PLAINE DU DIROL
ETUDE DE FACTIBILITE
ELEMENTS DE TERMES DE REFERENCE POUR LES ETUDES HYDROLOGIQUES

1. Une première approche hydrologique de la zone du projet a été faite en 1983 par l'USAID/RBDO avec l'appui de l'ORSTOM.

La conception du plan général d'aménagement hydro-agricole de la plaine nécessite une connaissance plus précise des caractéristiques hydrologiques du Fleuve Sénégal d'une part, du bassin versant d'autre part. A ces deux provenances d'eau s'ajoute d'ailleurs une troisième: le potentiel en eau souterraine de la nappe alluviale, pour lequel on se reportera à l'annexe

2. L'Hydrologie du Fleuve Sénégal

Les études devront être menées selon les lignes directives suivantes:

2.1. L'étude fréquentielle des hauteurs maximales de crues (pointes) et des hauteurs caractéristiques (H dépassée pendant 15 jours, 30 jours, 40 jours, 50 jours) à Kaédi, faite par Rochette dans la monographie du Fleuve Sénégal (ORSTOM, 1974) doit être actualisée:

- pour intégrer les dernières années sèches jusqu'en 1985-86,
- pour tenir compte des endiguements réalisés et prévus dans la zone et influençant la ligne d'eau au droit du projet (les références seront constituées par les plans nationaux Sénégalais et Mauritanien). Il s'agira d'une étude dans les conditions "sans Manantali".

2.2. L'OMVS procède depuis Novembre 1985 à l'étude de gestion des barrages de Manantali et de Diama (GIBB-EDF-Euro Consult.), comprenant en particulier les prestations suivantes:

- a) Une étude d'optimisation de la crue artificielle pour les cultures de décrue, compte tenu notamment de la production d'énergie;

- b) L'étude du remplissage et de l'exploitation de la retenue du barrage de Manantali, tenant compte des quinze dernières années caractérisées par une hydraulique particulièrement faible;
- c) La détermination de la durée de la phase transitoire d'utilisation de la crue artificielle, compte tenu du développement de l'agriculture irriguée, des concurrences dans l'utilisation de l'eau.

Cette étude devrait être disponible en fin 1986, mais de nombreux éléments seront prêts au cours de 1986.

Pour la période après Manantali, démarrant en Août 1988, l'étude hydrologique du fleuve au droit de la plaine du Dirol, exige de connaître les caractéristiques de la crue artificielle optimale, et la période sur laquelle elle sera appliquée.

L'hydrologue devra établir une étude fréquentielle des H maximales et des H caractéristiques, dans diverses hypothèses d'aménagement, et divers scénarios de gestion du réservoir de Manantali.

2.3. Il ne semble pas que le modèle mathématique SOGREAH serait d'une utilisation aisée pour les investigations ci-dessus. L'ORSTOM propose une méthodologie simple qui se résume de la manière suivante:

- a) Calage d'un modèle de propagation de la crue du fleuve sur le bief Bakel-Kaédi-Dirol, permettant d'établir une étude complète des hauteurs moyennes décadaires au droit des ouvrages de prise et de vidange, dans le système "avant Manantali";
- b) Evaluation des effets de la gestion du fleuve (gestion des lâchures de Manantali) retenue par l'OMVS, au droit de Bakel, et transfert par le modèle au niveau du Dirol.

2.4. Ces résultats seront utilisés conjointement avec des résultats spécifiques des études de topographie (axes de drainage et d'alimentation naturels, tracé des chenaux de communication), et de pédologie (perméabilité et capacité de rétention des sols), ce qui permettra d'élaborer le calendrier optimal de gestion des eaux de la plaine.

Cette étude, établie en simulant la gestion sur la plus longue période possible (pour les cycles de remplissage et de vidange), permettra de caler les cotes des ouvrages hydrauliques, en fonction de risques de fréquence donnée.

3. L'Hydrologie du bassin versant de la Plaine du Dirol

Il est nécessaire de connaître les débits et volumes écoulés provenant du bassin versant. L'étude fréquentielle des apports déterminera en particulier les volumes maximum et minimum escomptés avec une probabilité de 10%, le volume minimum escompté avec une probabilité de 1%.

Une reconnaissance détaillée du terrain, après étude des photos aériennes Teledyne IRC et N-B, est nécessaire pour délimiter le bassin versant maximum, les différents sous bassins dont certains sont contrôlés par de petits barrages rudimentaires (Oued Guellouar, Oued Belk Rbane). Elle permettra de proposer la meilleure utilisation des sous-bassins, et des solutions pour augmenter les volumes écoulés utilisables.

On établira les estimations des débits des différents sous-bassins à partir des estimations de coefficients de ruissellement faites par l'ORSTOM pour des bassins versants de la zone, et les apports correspondants dans la plaine du Dirol. On prendra en compte les séries climatiques complètes jusqu'en 1985-86.

Etant donné l'importance des observations de terrain, le MDR de Mauritanie souhaite qu'il soit fait appel à un hydrologue expérimenté familier avec la région, et travaillant en association avec des hydrologues nationaux du programme AGRHYMET.

AMENAGEMENT DE LA PLAINE DU DIROL
ETUDE DE FACTIBILITE
ELEMENTS DE TERMES DE REFERENCE POUR LES ETUDES PEDOLOGIQUES 1/

I. ORIENTATION GENERALE

1.1. Compte tenu de l'existence des cartes SEDAGRI à l'échelle du 1/50.000 (carte pédologique et géomorphologique, carte d'aptitude culturelle des terres), l'étude pédologique nécessaire au dossier de factibilité doit avoir pour but de:

- a. Vérifier la cartographie SEDAGRI par une prospection répartie sur le terrain et les types de sols identifiés;
- b. Analyser l'homogénéité de la classe dominante (sols rizicultivables) apte à la décrue, par prospection transversale (sans les zones de bas-fonds);
- c. Permettre l'identification des aptitudes culturales principales pour décider des types d'exploitation et conduire aux choix d'aménagement des PIV de première phase, ce qui implique une pédologie détaillée des zones prioritaires.

1.2. Compte tenu de la lourdeur de ces études, il est proposé de choisir 500 ha de sols dans des zones répondant aux buts énoncés répartis à Dawalel (300 ha environ), Foundou (100 ha) et Ferralla Nord (100 ha).

1/ Ref. note du 10 Janvier 1985, du Ministre du Développement Rural. (Ainsi que le document interne USAID/WMS II Report, July 1985 page 45 - en Anglais). Par ailleurs, un document intitulé "Termes de Référence pour l'Etude Pédologique de la Plaine du Dirol", Septembre 1985, a été élaboré par la SONADER.

1.3. L'étude pédologique sera présentée à l'échelle du 1/10.000, pour l'ensemble de la plaine. Les études pédologiques seront menées simultanément avec les travaux de cartographie au 1/10.000, afin que tous les sondages puissent être levés (en X,Y,Z) par le géomètre.

1.4. Le prélèvement d'échantillons et les analyses de laboratoire devraient être confiés au laboratoire de la SONADER, qui est doté de bons moyens en personnel et en équipement.

Les études pédologiques seront menées sous le contrôle du bureau d'Ingénieurs Conseils chargé de l'étude de factibilité de la plaine.

La classification des sols utilisée sera celle du USDA (U.S. Department of Agriculture). Il sera établi une table de concordance de cette classification avec la classification ORSTOM utilisée par SEDAGRI.

1.5. Nature des travaux

1.5.1. Pour l'ensemble de la plaine, potentiellement irrigable ou exploitable en décrue, une première reconnaissance appuyée sur un examen approfondi des photos aériennes au 1/50.000 de Teledyne (Fausses couleurs infra-rouge, et panchromatique noir et blanc), permettra de déterminer les grands axes des sondages, et leur densité.

1.5.2. Pour la pédologie détaillée des 500 ha, on procédera à un sondage tous les 4 ha au moins, et à une analyse complète au moins pour 4 sondages, et deux tranchées par type de sol.

1.5.3. Les analyses comprendront la granulométrie, le ph, la conductivité, le dosage NPK, et, pour les analyses approfondies le dosage des bases échangeable, la détermination de la capacité d'échange, la perméabilité (si possible mesurée *in situ*), le point de flétrissement pF3 et pF 4,2; les limites d'Atterberg.

II. TERMES DE REFERENCE DE L'ETUDE PEDOLOGIQUE (Proposés par la SONADER)

L'étude comprendra quatre phases principales:

- Reconnaissance des unités géomorphologiques,
- Identification des zones homogènes et choix des trois sites les plus favorables pour la création des périmètres irrigués,
- Etude détaillée des trois sites (3 périmètres irrigués),
- Cartographie des sols: carte pédologique et carte des aptitudes culturales.

2.1. Reconnaissance des unités géomorphologiques

Avant d'entreprendre des études pédologiques détaillées, toutes les cartes et les photographies aériennes seront examinées ainsi que la reconnaissance des unités géomorphologiques sera exécutée afin de mieux situer la zone du projet dans son contexte géomorphologique, de façon à comprendre la genèse des sols et à reconstituer leur histoire.

Cette phase de l'étude est indispensable pour avoir une vue générale de l'ensemble et une appréciation suffisante aussi bien en intensité qu'en étendue des différents risques présents ou des différents facteurs favorables rencontrés.

Les informations fournies par cette étude doivent permettre une compréhension satisfaisante des études détaillées qui seront ensuite exécutées.

A l'issue de cette analyse, il sera possible de localiser les principales unités pédologiques ainsi que les zones à exclure de l'aménagement et de choisir les emplacements des profils représentatifs.

Cette phase sera faite à partir de la reconnaissance générale du terrain, de l'interprétation des photographies aériennes et des cartes pédologiques, ainsi que d'autres matériels existants.

2.2. Identification des zones homogènes et choix de 3 sites favorables pour la création des périmètres irrigués

Cette étude sera réalisée en accord avec les directives pour la description des sols de la FAO qui sont basées sur le "Soil survay manual" (Agricultural Handbook No. 18) du département de l'Agriculture des Etats-Unis.

La reconnaissance des sols sera réalisée sur les surfaces prévues pour la mise en valeur, soit environ 6100 ha.

Elle comprendra des sondages de reconnaissance à la tarière, l'examen détaillé des sols sur des tranchées ainsi que l'exécution d'analyses de laboratoire.

2.2.1. Reconnaissance des sols par sondages à la tarière

Le but de cette reconnaissance qui sera effectuée sur 6100 ha environ, est de déterminer la nature des sols et leur épaisseur. On réalisera un sondage par 10 ha, soit 610 sondages à une profondeur de 1,20 m avec les descriptions de la texture des différents horizons rencontrés, leurs épaisseurs, leurs couleurs, la présence de matières organiques, de gravier, de calcaire, etc...

Les sondages seront effectués le long des transversales espacées de 200m, basées sur les transversales de topographie.

A chaque cinquième sondage, un échantillon de surface (0-30 cm) sera prélevé (soit 122) et remis au laboratoire pour la détermination de la texture, pH, MO et NPK.

2.2.2. Examen détaillé des sols avec tranchées

Des tranchées seront effectuées à une profondeur de 1,5 m avec une densité de 1 tranchée par 50 ha en moyenne, soit au total: 122 profils.

La localisation des tranchées dépendra de la nature des sols et de leur répartition. A cet égard, la densité des tranchées pourra être plus importante dans certaines zones et plus faible dans d'autres, suivant les besoins, sans changer la moyenne sur l'ensemble du terrain étudié.

Pour chaque tranchée, il sera effectué une description des différents horizons, indiquant: texture, structure, couleur, présence de gravier et de cailloux, carbonates, état d'humidité, enracinement, ainsi que 40 mesures des vitesses d'infiltration par la méthode de double cylindre seront réalisées.

Trois échantillons par profil seront prélevés, soit 366 échantillons, pour effectuer les analyses suivantes au laboratoire:

- Sur chaque échantillon prélevé (soit 366 échantillons):
 - * granulométrie,
 - * pH,
 - * conductivité électrique,
 - * bases échangeables,
 - * capacité d'échange,
 - * phosphore ass.,
 - * potassium ass.,
- Sur les échantillons de surface (soit 122 échantillons):
 - * carbone,
 - * azote,
- Sur 2 profils de chaque type de sol (soit 40 échantillons environ):
 - * humidité équivalente,
 - * point de flétrissement,
 - * bilan ionique (si nécessaire).

Sur la base de la reconnaissance précédente des sols, trois sites, de 60 ha chacun au minimum, seront choisis et une étude approfondie de ces sites sera effectuée.

2.3. Etudes détaillées des 3 sites (3 périmètres irrigués)

Au niveau des 3 sites de 60 ha chacun, un sondage à la tarière sera réalisé, par 1 ha, soit 180 sondages, à une profondeur de 1,20 m, avec la description de la texture des différents horizons rencontrés, leurs épaisseurs, couleurs, présence de matières organiques, de calcaire et de graviers.

Pour chaque sondage, on effectuera le prélèvement d'un échantillon de surface (0-30 cm) qui sera envoyé au laboratoire en vue de déterminer la granulométrie, pH, MO et NPK (soit 180 échantillons).

Les tranchées seront effectuées à une profondeur de 1,5 m, avec la densité:

1 tranchée par 4 ha, soit au total 45 profils, avec une description détaillée de chaque horizon rencontré comme la texture, structure, couleur, présence des graviers, d'enracinements, de carbonates, l'état d'humidité.

Vingt mesures de la perméabilité seront faites par la méthode de double cylindre.

Trois échantillons au minimum par profil seront prélevés (soit 135 échantillons) et envoyés au laboratoire pour effectuer les analyses.

Pour chaque échantillon (soit 135), seront effectués: granulométrie, pH, salinité, bases échangeables, capacité d'échange, phosphore et potassium assimilables.

Sur chaque échantillon de surface (45 échantillons) seront déterminés carbone et azote.

Sur les échantillons de chaque deuxième profil (soit 66 échantillons), on effectuera humidité équivalente et point de flétrissement.

Le bilan ionique sera fait si nécessaire.

2.4. Récapitulation des travaux

2.4.1. Travaux de terrain

Dénomination	Sondage	Profil	Echantillon	Infiltration
<u>Travaux sur l'ensemble de la zone: 6600 ha</u>				
- Sondages à la tarière à 1,20 m (1/10 ha) description, prélèvement d'échantillons	610	--	122	--
- Tranchées à 1,50 m (1/50 ha) description, prélèvement d'échantillons	--	122	366	--
- Mesures d'infiltration	--	--	--	40
<u>Travaux sur les 3 sites (60 ha chacun)</u>				
- Sondages à la tarière à 1,20 m (1/1 ha) description et prélèvement d'échantillons	180	--	180	--
- Tranchées à 1,50 m (1/4 ha) description et prélèvement d'échantillons	--	45	135	--
- Mesures d'infiltration	--	--	--	20
TOTAL	790	167	803	60

2.4.2. Travaux au laboratoire

Dénomination	Sites/Nbre de dosage	6600 ha	180 ha	Total
1) Préparation d'échantillons	488	135	623	
2) Humidité	488	135	623	
3) Granulométrie	488	135	623	
4) pH	488	135	623	
5) Conductivité électrique	366	135	501	
6) Bases échangeables	366	135	501	
7) Capacités d'échange	366	135	501	
8) Phosphore ass.	488	135	623	
9) Potassium ass.	488	135	623	
10) Carbone	244	45	289	
11) Azote	244	45	289	
12) pF 3	40	66	106	
13) pF 4.2.	40	66	106	
14) Bilan ionique	10	10	20	
TOTAL	4.604	1.447	6.051	

2.5. Documents à remettre

- Les cartes pédologiques seront établies selon la classification américaine à l'échelle 1/10.000 pour l'ensemble du terrain étudié et au 1/2000 pour les 3 périmètres.

La localisation des sondages à la tarière et des tranchées accompagnées de numéros de profil, ainsi que des limites des sols seront reportées sur les cartes pédologiques.

La description de chaque profil sera donnée en annexe.

- La carte d'aptitudes des sols, qui regroupera les sols en fonction de leurs spécificités particulières, sera plus détaillée que la carte pédologique.

Les sols qui peuvent être utilisés de la même façon et qui donneront les mêmes rendements pour une culture donnée, seront regroupés dans la même classe.

En complément de la carte pédologique, cette carte prendra en compte des facteurs tels que la salinité, les possibilités de drainage, la teneur en eau (capacité de rétention) et la profondeur.

Le type de cultures possibles sur ces sols avec leur limitation sera donné pour chaque type d'aptitude.

L'échelle de ces cartes sera, comme pour la carte pédologique, au 1/10,000 pour l'ensemble de la Plaine du Dirol et au 1/2000 pour les 3 périmètres.

- Le rapport comprendra l'interprétation de tous les résultats de reconnaissance et des analyses de laboratoire. Il comportera les recommandations concernant:

- * l'aptitude des sols aux cultures de décrue et d'irrigation,
- * les aptitudes culturales des sols,
- * les diverses façons de cultures recommandées.

RIM - MDR
USAID

AMENAGEMENT DE LA PLAINE DU DIROL
ETUDE DE FACTIBILITE
TERMES DE REFERENCE POUR L' ETUDE DU REGIME FONCIER (Résumé) 1'

La mission USAID/Mauritanie s'est engagée à procéder à une étude sociologique et foncière de la zone du Dirol, indispensable et préalable à l'élaboration d'un plan de développement hydroagricole de la plaine. L'étude a démarré en Février 1986, avec deux experts américains du Land Tenure Center, Université du Wisconsin, assisté d'un spécialiste Mauritanien.

1. Les objectifs de l'enquête sont

- obtenir l'adhésion de la population au projet, en les faisant participer à sa conception,
- identifier les leaders, les notables, les éléments les plus dynamiques de la population,
- déterminer si l'approche de l'aménagement de la plaine correspond aux désirs de la population,
- comprendre la structure foncière de la plaine, identifier les ayant-droit et localiser les terres de chaque groupe d'ayant-droit,
- identifier les contraintes au développement: main-d'œuvre disponible, motivations, conflits, etc...
- faire les recommandations pour que l'élaboration du projet se fasse dans des conditions optimales d'adhésion et de participation des populations.

2. Les tâches suivantes seront réalisées:

- a) Etudier les villages qui se trouvent dans la Plaine et dans ses alentours afin de déterminer la situation du régime foncier qui y prévaut.
- b) Identifier les divers groupes et classes qui ont des droits fonciers dans la Plaine du Dirol, ainsi que les divers types de droit d'usage dont ils jouissent.

- c) Estimer les effets et les contraintes potentielles provenant des usages fonciers courants sur les systèmes d'utilisation de l'eau, en tenant particulièrement compte des types de systèmes qui intéressent le Projet.
- d) Estimer l'impact potentiel de la construction de digues, telles que proposées dans les rapports USAID/RBDO et WMS-II, sur la situation du régime foncier.
- e) Déterminer comment l'introduction de l'irrigation à petite échelle pourrait affecter la situation du régime foncier, particulièrement en ce qui concerne les surfaces identifiées dans les études de l'USAID/RBDO et du WMS-II.
- f) D'une façon générale, les walos cultivés par les villages ou les groupes majeurs, et les porter sur les cartes à l'échelle de 1/10,000.
- g) Identifier le nombre et la localisation des parcelles qui sont exploitées dans la Plaine, de même que ce qui y est produit.
- h) Fournir un minimum d'information de base sur le régime foncier en vue de se conformer à la législation Mauritanienne concernant l'utilisation de la terre et le développement.
- i) Proposer des stratégies afin d'éviter ou de minimiser les problèmes liés au régime foncier et les contraintes qui pourraient contrarier le Projet d'Aménagement de la Plaine du Dirol, conçu comme une unité naturelle de développement.
- j) Identifier les chefs et les décideurs avec lesquels l'USAID, le MDR et autres planificateurs de projets pourraient traiter, ainsi que les processus qui devraient être appliqués pour garantir la solution des problèmes fonciers.
- k) Préparer un programme des tâches pour établir les cartes des terres et le système foncier qui s'applique à ces terres, ainsi que toute autre tâche ou sujet qui selon les experts devrait être examiné dans une phase ultérieure de l'étude.

