

5 10654

ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

(O.M.V.S.)

HAUT COMMISSARIAT

DIRECTION DU DEVELOPPEMENT
ET DE LA COORDINATION

CELLULE D'EVALUATION ET DE
PLANIFICATION CONTINUE

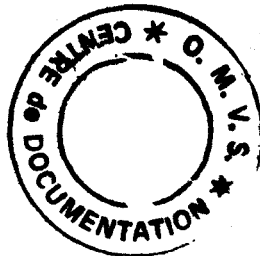
SEMINAIRE SUR LA CONCEPTION, LA REALISATION
LA MAINTENANCE ET LES COUTS DES AMENAGEMENTS
HYDROAGRIQUES DANS LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

DAKAR DU 21 AU 24 AVRIL 1986

THEME I: CONCEPTION GENERALE DES PERIMETRES D'IRRIGATION

AMENAGEMENT DE LA PLAINE DU DIROL
(MAURITANIE)

(Un exemple de conception évolutive tenant compte
de la culture de décrue)



Mars 1986

Jean LeBloas
USAID/Sénégal/Mauritanie

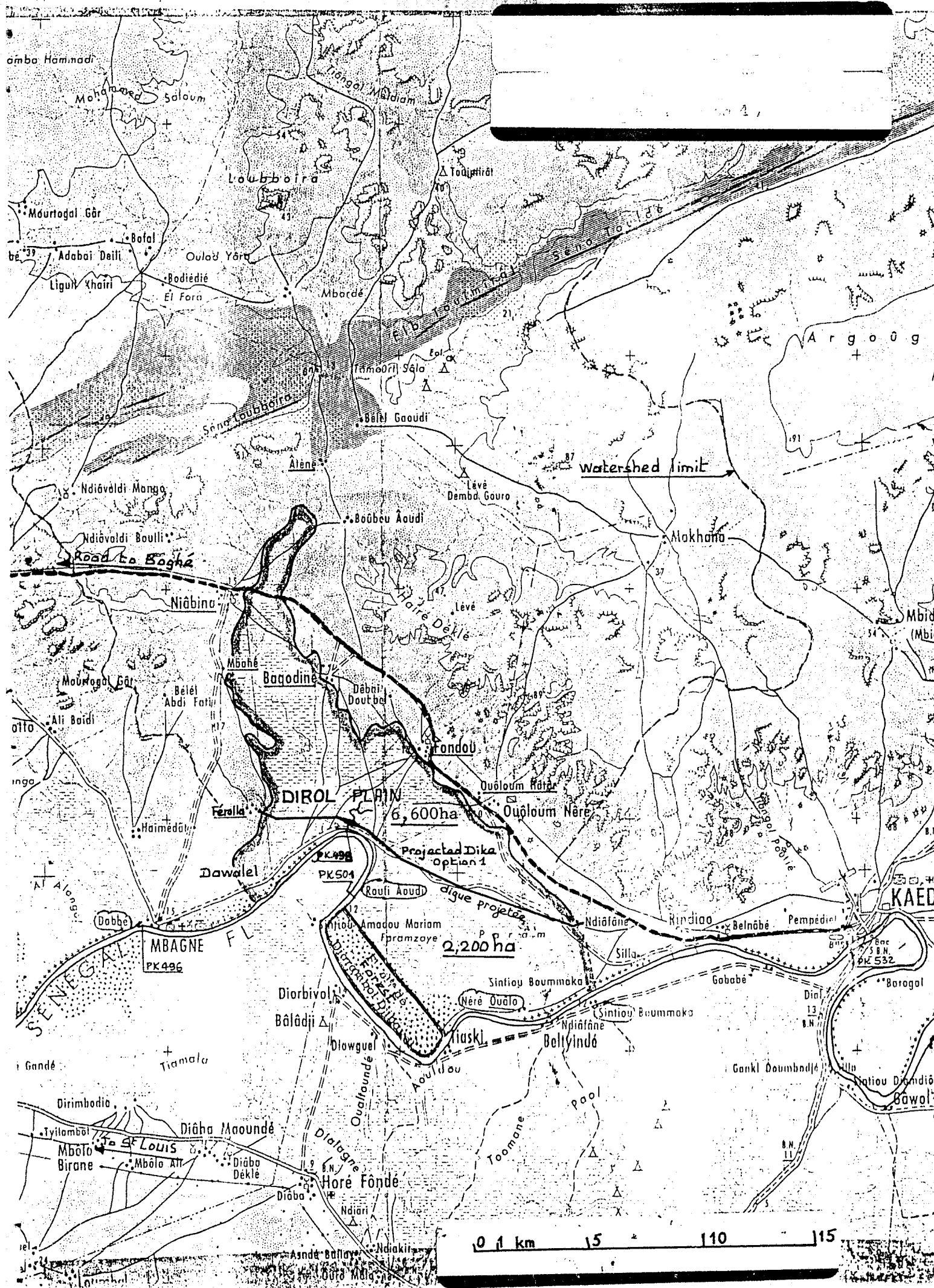
SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
Résumé et Conclusions	1-3
1. <u>Données générales sur la Mauritanie</u>	4
2. <u>Le Milieu naturel de la plaine du Dirol</u>	5-10
2.1. Caractères Généraux des Sols	5
2.2. Hydrologie du fleuve Sénégal au droit de la plaine du Dirol .	6
2.2.1. Etude fréquentielle des hauteurs caractéristiques . .	6
2.2.2. Période des hautes eaux	7
2.2.3. Hauteurs maximales de la période 1982-85	7
2.2.4. Hauteurs prévues après Manantali	7
2.3. Hydrologie du bassin versant du Dirol	9
2.3.1. Estimation des volumes ruisselés amenés au Dirol pour quelques événements pluviométriques	10
2.3.2. Conclusion du rapport hydrologie du bassin versant . .	10
3. <u>Le Contexte humain de la plaine du Dirol</u>	11-12
3.1. Les principales ethnies	11
3.2. Les ethnies face à l'aménagement de la plaine	11
3.3. Les problèmes fonciers	12
4. <u>Cultures de décrue et aléas climatiques: l'idée du projet</u>	13-14
4.1. Le Sorgho est cultivé en saison sèche de fin-Octobre à Mars-Avril	13
4.2. Les aléas de la culture de décrue	13
4.3. L'idée du projet d'aménagement de la plaine du Dirol	14

5.	<u>Description de l'aménagement proposé</u>	15-21
5.1.	Choix de l'implantation de la digue	15
5.2.	Choix de la cote de niveau de l'endiguement	16
5.3.	L'Infrastructure hydraulique proposée pour la plaine du Dirol	19
5.4.	Avantages apportés par la digue	20
6.	<u>Comparaison des coûts des deux scénarios de développement</u>	22
7.	<u>Activités prévues au projet "Plaine du Dirol"</u>	23-27
7.1.	1ère phase	23
7.2.	2ème phase	23
7.3.	3ème phase	24
7.4.	Amélioration des cultures de décrue	25
7.5.	Amélioration de la culture de Sorgho	27
8.	<u>Eléments d'évaluation économique</u>	28-33
8.1.	Au niveau du cultivateur	28
8.2.	Au niveau de la plaine	29
8.2.1.	Années moyennes dans les conditions naturelles	29
8.2.2.	Années fortes dans les conditions naturelles	29
8.2.3.	Années faibles dans les conditions naturelles	30
8.2.4.	Après Manantali	30
8.3.	Evaluation au niveau national	31
8.4.	Estimation des productions de sorgho de décrue dans la plaine du Dirol pour différentes hypothèses d'exploitation	32
8.5.	Plaine du Dirol: Analyse coûts/bénéfices	33

ANNEXES

- A.1. Enveloppe des lignes d'eau dans le Senegal
- A.2. Caractéristiques des crues des années dont les superficies cultivées en décrue ont fait l'objet d'inventaires par observations aériennes directes.
- A.3. Surfaces inondées (cultivables en décrue) maximales pendant 15 j., 30 j., 45 j. par la crue de 1973, et par la crue "optimale".
- A.4. Hydrogramme de crue optimale à Bakel en comparaison avec quelques crues naturelles.
- C.3. Peuplement et zones de cultures de décrue.
- Carte M1 - Plaine du Dirol.
- Correspondence des hauteurs maximales de crue à Kaédi.
- Courbes $V = f(h)$ et $S = f(h)$.



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'Pourié 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 promulguée 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 Manantali, 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 ajouté 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'aquifère du canal fossile du fleuve Sénégal récemment mis en évidence par télédétection.

1. DONNEES GENERALES SUR LA MAURITANIE

On donnera seulement dans ce résumé les chiffres concernant le secteur agricole.

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 de la "mission conjointe gouvernement-donateurs, Novembre 1985).

	! Surf cultivée!	Rendement	! P. Brute	! Pertes	! P. Nette	!
	! ha	! t/ha	! t	! %	! 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/!	! 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.

2. LE MILIEU NATUREL DE LA PLAINE DU DIROL

2.1. Caractères Généraux des Sols

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. Conviennent 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.

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.

2.1.1. Superficies par classes

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

2.2. Hydrologie du fleuve Sénégal au droit de la plaine du Dirol

2.2.1. Etude fréquentielle des hauteurs caractéristiques

* 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 1 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 Ndiáfane 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.

^{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.

2.2.2. 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 28 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.

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

2.2.4. 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.

2.2.4.1. 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.

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

Il faut cependant remarquer que même la crue artificielle "optimale" proposée par le groupement de Manantali ($Q_{\max} = 2.500 \text{ m}^3/\text{sec}$ 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)^{1/}. 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)

En année moyenne, la crue optimale atteindra la cote 10.61 m IGN dans la plaine du Dirol, au stade de développement du moyen terme. (Voir GERSAR/SOGREAH, modèle mathématique, Nov. 1982, page 40). Cette cote de submersion correspond à 5.800 ha inondés dans la zone nord.

Il faut remarquer qu'en cas de construction et mise en exploitation de la centrale électrique durant la période de transition, il y aura lieu de choisir la priorité en année décennale sèche, pour la gestion du réservoir de Manantali:

- * la priorité à la culture de décrue permet de garantir cette dernière sur 100.000 ha environ; la production de 468 GWH; à condition d'accepter une baisse du volume de Manantali de 2,3 milliards de m^3 , à récupérer les années suivantes (il est bien entendu que les cultures irriguées reçoivent la priorité absolue);

- * culture de décrue sur 65.000 ha seulement pour toute la vallée, mais permettant de retrouver le niveau initial du réservoir (cote 199 m); et production possible de 473 GWH dans l'année (de 0 à 144 GWH par mois);

- * culture de décrue sur 20.000 ha seulement, et production de 637 GWH dans l'année (de 26 à 144 GWH par mois).

Conclusion: Il est donc établi dès à présent que, durant la période transitoire de crue artificielle, l'année d'hydraulicité moyenne ou excédentaire ne pose pas de problème pour la pratique de la culture de décrue sur au moins 100.000 ha. Pour le cas particulier de la plaine du Dirol le cote de l'eau atteindra ou dépassera 10.60 m, ce qui correspond à un minimum de 5.800 ha dans la zone nord. En année décennale sèche, la concurrence de la production d'énergie nécessitera un choix de priorité.

^{1/} On pourra se reporter au document "Reflexions 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.

2.2.4.2. 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'hydraulicité 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.

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

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

!	!	Etat naturel !	Etat aménagé !	Etat aménagé !
!	!	de 1972 !	moyen terme !	long terme !
!	!	m IGN !	z !	z !
!	!	!	!	!
! Cotes à Kaédi !	13.70	! 13.85 (+.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.

2.3. Hydrologie du bassin versant du Dirol

La carte IGN au 1/200.000 permet de délimiter un bassin versant de 3.000 km2 environ, s'étendant jusqu'au lac de Mâl. Une reconnaissance a permis de localiser plusieurs retenues collinaires dans le haut bassin, qui limitent le bassin actif du Dirol à 1.350 km2 dont 250 km2 sont probablement très actifs.

2.3.1. Estimation des volumes ruisselés amenés au Dirol pour quelques événements pluviométriques.

Source OLIVRY, ORSTOM.

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

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

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

2.3.2. Conclusion du rapport hydrologie du bassin versant

2.3.2.1. 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 concerneront 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.

2.3.2.2. 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 drains, 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.

3. LE CONTEXTE HUMAIN DE LA PLAINE DU DIROL

3.1. Les principales ethnies

La plaine du Dirol est exploitée par 3 ethnies principales, réparties dans 12 principaux villages, totalisant environ 13.000 habitants (voir cartes C3 et C4). Ce sont:

- Les Toucouleur	87,7%
- Les Maure	9,0%
- Les Peul	2,6%

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. 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 reconsidérer la répartition des actifs et des lieux d'habitation qui leur sont coutumiers.

Les agriculteurs maures (Haratine) demeurés dépendants de leurs anciens maîtres beïdanés, auront-ils les moyens en s'intégrant dans les casiers irrigués de se dégager de cette tutelle? Cette population qui relève administrativement des départements du Nord, dont la présence dans le walo n'est souvent que saisonnière, devrait être considérée sans que soient masqués les liens qui demeurent avec les cadres traditionnels de la tribu.

3.2. Les ethnies face à l'aménagement de la plaine

En 1981 la SONADER proposait à une réunion des notables des villages de la plaine du Dirol, de créer un périmètre irrigué de 300 ha près du village de Dawalel. Elle s'est heurtée à un refus de ces notables. On comprend aisément que ces derniers soient soucieux avant tout de conserver leur rang social et leurs privilèges: ils savent bien que le périmètre irrigué introduirait un "égalitarisme", et dévaloriserait les redevances de Oualo que les propriétaires fonciers perçoivent actuellement.

Par contre les notables furent ouverts à l'amélioration des terres de Oualo.

Cette position nous fut confirmée lors d'une réunion tenue au village de Ferrala le 4 Avril 1983, et qui peut se résumer dans les points suivants:

- "Les villages sont d'accord pour la construction du barrage-digue qui permettra de ralentir la décrue, et ainsi d'étaler les cultures dans le temps.
- Pour l'instant ils ne demandent pas de périmètre irrigué pour la riziculture. Ils aviseront après la construction du barrage-digue.
- Ils ne désirent pas qu'on touche à la structure foncière, ni qu'on les oblige à créer une coopérative. Ils sont d'accord pour la création d'un groupement chargé de la gestion du plan d'eau du Oualo après la construction de la digue.

3.3. 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.

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 menée par un sociologue Mauritanien et deux spécialistes Américains du "Land Tenure Center" de l'Université du Wisconsin, a démarré en Février 1986 et le rapport final est prévu pour Mai 1986. D'ores et déjà des tensions très fortes ont été identifiées, particulièrement entre les communautés Haratine de Boubou Aoudi, Débaye-Doubel et Hijaj d'une part, et la communauté Toucouleur de Bagoudine d'autre part.

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

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

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.

*En année de crue moyenne, SONADER estime la superficie cultivée à 2.300 ha. Le chiffre est très probablement exagéré et à diminuer de la surface des fonds de mares (700 ha). On aurait ainsi 1.500 ha en année moyenne.

*En année de très faible crue, comme 1983, la submersion concerne une superficie réduite, et est de courte durée. Si l'imbibition du sol est insuffisante, la culture de décrue est risquée, voire impossible. Ainsi en 1983 la cote 8,40 m a été atteinte à Kaédi seulement pendant 3 jours à 2 reprises, ce qui correspond à 7.40 m à l'embouchure du Dirol. Au dessous de 7,00 m, les eaux du Sénégal ne peuvent plus alimenter les mares. A Kaédi, la côte 7,80 m a été atteinte ou dépassée seulement pendant 30 jours. Par ailleurs le fond des mares, constitué de sols hydromorphes très argileux, n'est pas cultivable, probablement jusqu'à la côte 7,00 m.

Dans ces conditions, de l'ordre de 100 à 200 ha, situés entre les côtes 7 m et 7.50 m, ont été cultivés en 1983, en sorgho. Nous avons pu le constater lors d'un survol par avion le 11 Janvierr 1983.

En 1984 la crue atteignit seulement 8.0 m IGN à Kaédi, soit environ 6.80 m à l'embouchure du Dirol. La superficie cultivée en décrue dans la plaine était négligeable, et ce fut très probablement la plus mauvaise année depuis le début du siècle.

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 Sénégal, 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.

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 levés 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.

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, et d'un levé topographique (profil en long). Toutes deux dans leur partie Est sont localisées sur des levées de terres hautes, bourrelets de berge.

Le barrage sur le Dirol 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 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.

- 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 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.

^{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.

5.2.1. 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 somencior de Sylla 60 ha dans une dernière 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:

$$\begin{aligned} H_{100} \text{ Dirol} &= 1,08 H_{100} \text{ Kaédi} - 1,76 \\ &= 1,08 (13,30) - 1,76 = 12.60 \text{ m IGN.} \end{aligned}$$

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

*Niveaux dans l'état naturel:

Crue décennale = 11.60 m IGN
Crue centennale = 12.95 m

^{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 14.000 ha de sorgho de décrue auraient été cultivés en 1983-84 d'après SONADER, 11 à 12.000 ha en 1984-85, et 23.000 ha en 1985-86.

*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 1/ de 1 mètre pour la crue décennale H10 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.

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.

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) 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 1,20m

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 m. Son volume de remblais serait faible. Son coût serait considérablement réduit par rapport à la Solution 1A.

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

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 équipé 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 périmètre pilote 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 coté 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.

5.4. 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 lère 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.

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.

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. Ceci sera particulièrement intéressant pour les jardins villageois (cultures maraichères) et les vergers villageois (bananiers, papayers, citrus, manguiers).

* 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.

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, et la création de vergers de manguiers qui après quelques années d'irrigation pourraient s'alimenter directement dans la nappe alluviale.

6. 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)
<u>Phase 1:</u>		
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	627,0	130,0
	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
<u>Coût Total Phase 1</u>	<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) (5000ha)	952 \$/ha ~ 400 000 F/ha	~ 200 000 F/ha - 480\$/ha
<u>Phase 2:</u>		
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%		150,0
<u>Coût Total Phase 2</u>	-	<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.

1\$ E.U = 73 UM)

1 UM = 5 CFA) Février 1986

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 maraichage 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.

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.

c) Programme de développement intégré de la zone du projet avec en particulier des action 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 supertriple).
- 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 RECESSON 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 Kaedi	! NGUYEN VU, Agron. ! Essais Guédé & Kaédi par ! MEYMARD & CANTIER	! essais IRAT
! Rendements actuels	! 0 à 400 kg/ha			
! Current yields/Kaedi	! Moyenne/average 365kg/ha	! 365kg/ha	! 350-450kg/ha	
! Techniques améliorées	! Semis: précoce sur sol	! Désherbage-pas de labour	! Désherbage avant la crue	
! Improved ag. techni-	! portant en ligne	! Densité: 1m x 1m, 6 à 8 gr	! semis précoce	
! ques	! Densité: 1m x 1m 6 à 8 gr	! par poquet	! Densité: 1m x 1m, 5 à 6gr	
	! par poquet	! Protection c. les grillons	! par poquet	
	! Protection c. les grillons	! Démarrage à 2 plants	! Semences traitées	
	! Démarrage à 2 plants	! Sarclo binage après le	! Protection c. les grillons	
	! Sarclo binage	! démarrage	! Démarrage à 3 plants	
	! Sarclage	! Serclages nombreux si	! Sarclobinage	
	! Lutte contre les oiseaux	! nécessaire	! Lutte contre les oiseaux	
		! Lutte contre les oiseaux		
		! Conservation des récoltes		
	! R = 600 à 800 kg/ha	! R = 600 à 800 kg/ha	! R = 800 à 850 kg/ha	
! Techniques améliorées	! - idem - thèmes techn.	! idem thèmes tech. ci-dessus	! Utilisation variétés	! (Main-
! + Utilisation	! ci-dessus +	! (main-d'oeuvre = 85,5	! sélectionnées	! d'oeuvre
! engrais/Improved	! Utilisation 80 à 100 kg/ha	! journées de travail selon	! Respect calendrier	! 82 HJ d'après
! techniques plus	! de perlurée (engrais enfoui	! misoes)	! cultural	! IRAT)
! fertilizers	! à 30 cm du poquet), soit	! Utiliser maximum 80 kg/ha	! Dose économique d'azote	
	! 8 gr par trou	! perlurée dans trou à 20cm	! 110 kg/ha de perlurée,	
		! du poquet à 25 cm de	! enfoui à 40 cm de	
		! profondeur	! profondeur	
		! Le phosphore est sans effet		
	! R = 1.200 kg/ha	! R = 1.250 kg/ha	! R = 1.220 à 1270 kg/ha	! R = 1.200 à
	! Moyenne très facilement		! R = 1322 kg/ha pour	! 1.350 kg/ha!
	! obtenue: 700 kg/ha		! 103 unités de N	
			! R = 1.200 kg/ha milieu	
			! paysan	

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

8.1. Au niveau du Cultivateur: (valeur 1984)

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 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 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.

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	=	960
	Recette brute	=	20.640

Valeur des 82 journées de travail	7.790
Traitement des semences	200
Frais de sarclo-binage (location, fourrages)	600
	8.590

Revenu net = 12.050 UM par hectare

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 $7.500 \times 0,800 = \underline{6.000 \text{ tonnes de sorgho}}$

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

production globale $7.500 \times 1,200 = \underline{9.000 \text{ tonnes de sorgho}}$

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

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

*Techniques améliorées + 80 kg/ha perlurée

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

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

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	<u>6.100 ha</u>

(c'est la superficie atteinte ou dépassée 9 années sur 10)
production possible en sorgho:

*Techniques améliorées sans engrais	
p = 6.100 x 0,800	4.880 tonnes de sorgho
*Techniques améliorées + 80 kg/ha de perlurée	
p = 6.100 x 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 x 0.800	= 5.200 tonnes de sorgho
*Techniques améliorées + 80 kg perlurée/ha	
P = 6.500 x 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 x 0.800	= 5.800 tonnes de sorgho
*Techniques améliorées + 80 kg/ha de perlurée	
p = 7.250 x 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 Gorgol^{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 RECESSON 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 (ha)			Production extensive techn. améliorées sans engrais/Improv- ed ag. technics with out fertilizer (t. sorgho)			Production intensive techn. améliorées + engrais/Improved ag. technics + fertilizer (80 kg/ha urée)			Production actuelle/ current production (t)	Valeur prod. exten- sive (brute) Production value (gross) without fer- tilizer			Valeur prod. inten- sive Production value (gross) with ferti- lizer			Niveau de la crue du Dirol Peak water level at Dirol			
				Zone Nord	Zone Sud	Total	Zone Nord	Zone Sud	Total	Zone Nord	Zone Sud	Total		Zone Nord	Zone Sud	Valeur totale mil.UM	Zone Nord	Zone Sud	Valeur totale mil.UM	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	(10.45)		
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	(9.85)		

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

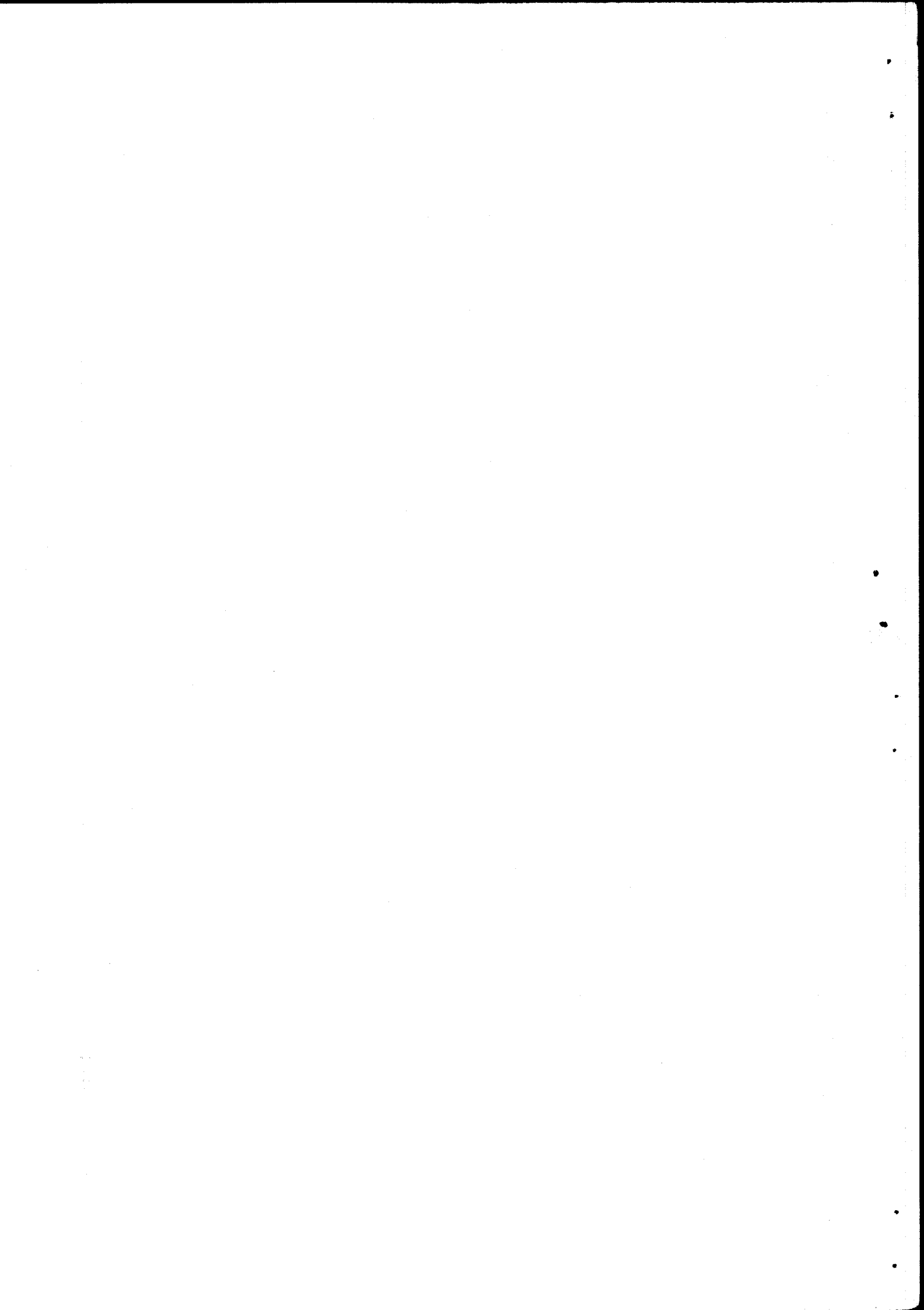
	1987	1990					1995					2000					2002	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Revenus nets sans aménagement/ Net returns without development	1.80	1.80	1.80	1.80	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30		
Scenario 1/Option 1																		
Digue/Dike 13.0 m IGN																		
- 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		
- 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		
- 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		
IRR 6%		NPV at 8 % = -6.4																
Scenario 2/Option 2																		
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		
- 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		
- 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		
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																

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

(Source: WMS II team, Juillet 1985).

A N N E X E S

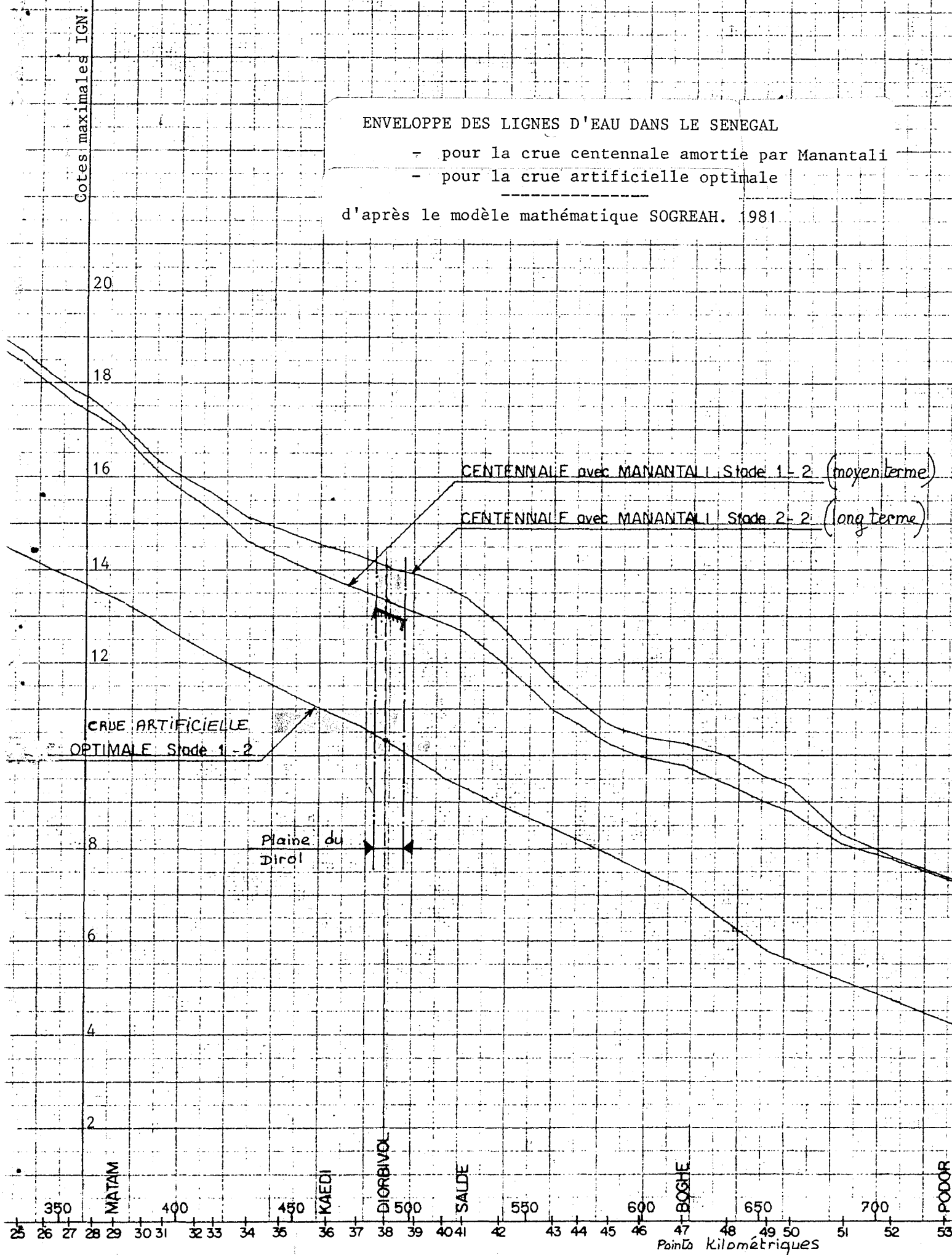
=====



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



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 m3/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 m3/s		2.324	1.057	1.730	1.184	1.054	
Date de l'apparition de Q = 300m3/s		11 Nov.	6 Nov.	28 Oct.	2 Déc.	2 Nov.	
Module annuel en m3/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

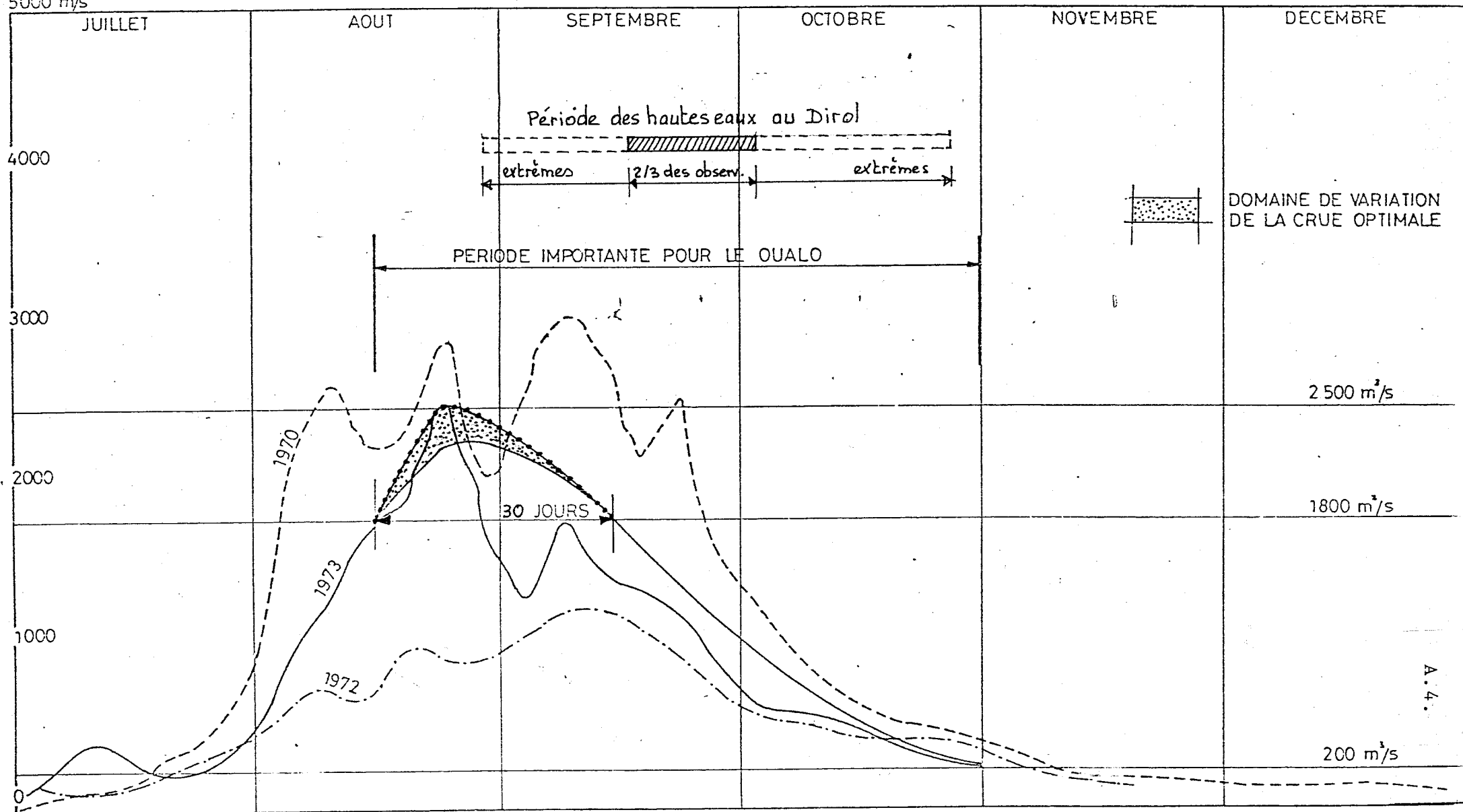
Crue optimale à Bakel: Qmax = 2.500 m3/sec.
(comparable à la crue de 1973) Q30j - 1.800 m3/sec.
(Voir hydrogramme page suivante)

Régions	Surfaces inondées en km2							
	Crue optimale (ou crue artificielle) Modèle stade 1.2 (Moyen terme 1985)				Crue 1973			
	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

Source: GERSAR. Nov 1982 - et ILB -



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

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

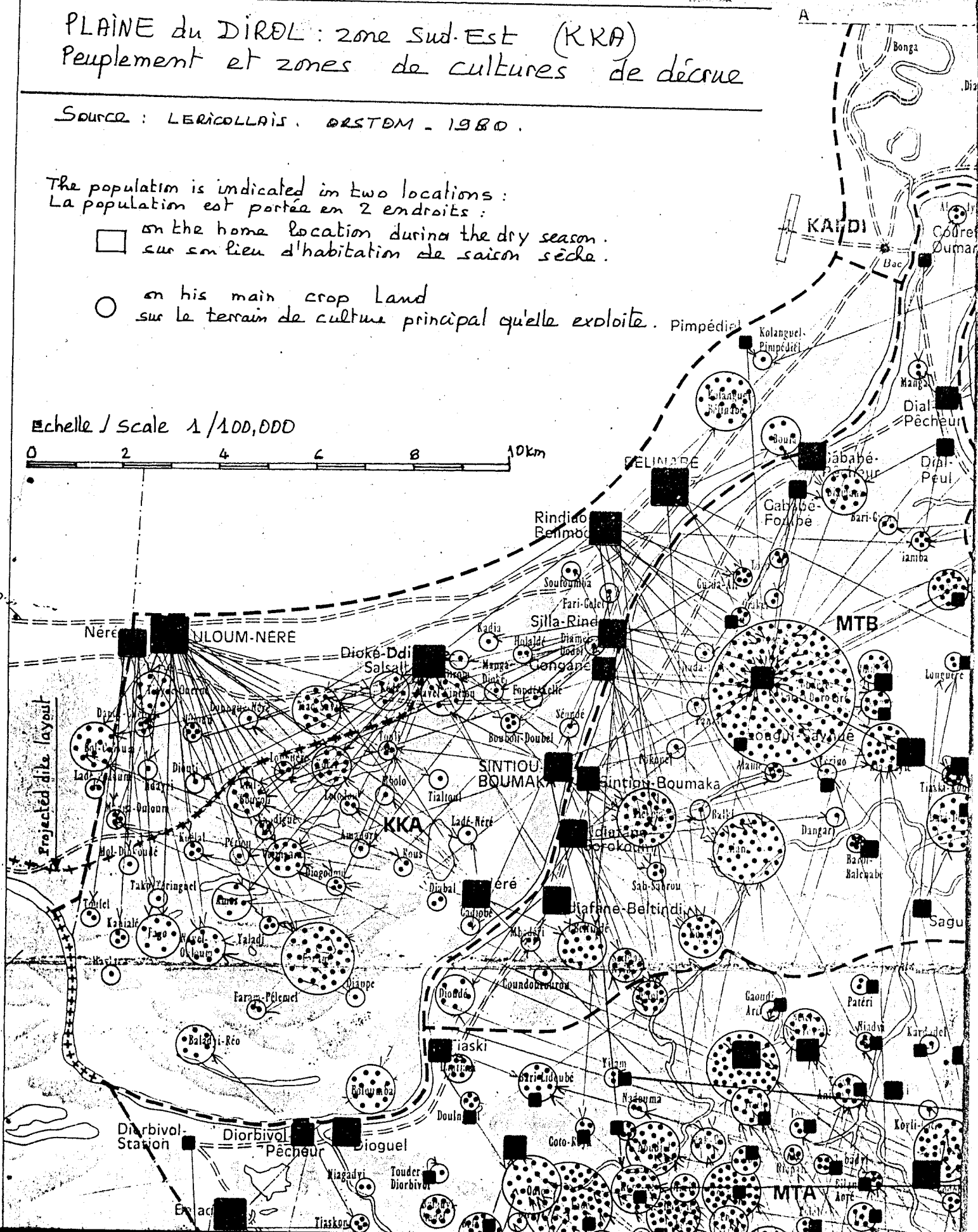
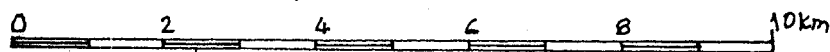
Source : LERICOLLAIS, ORSTOM - 1980.

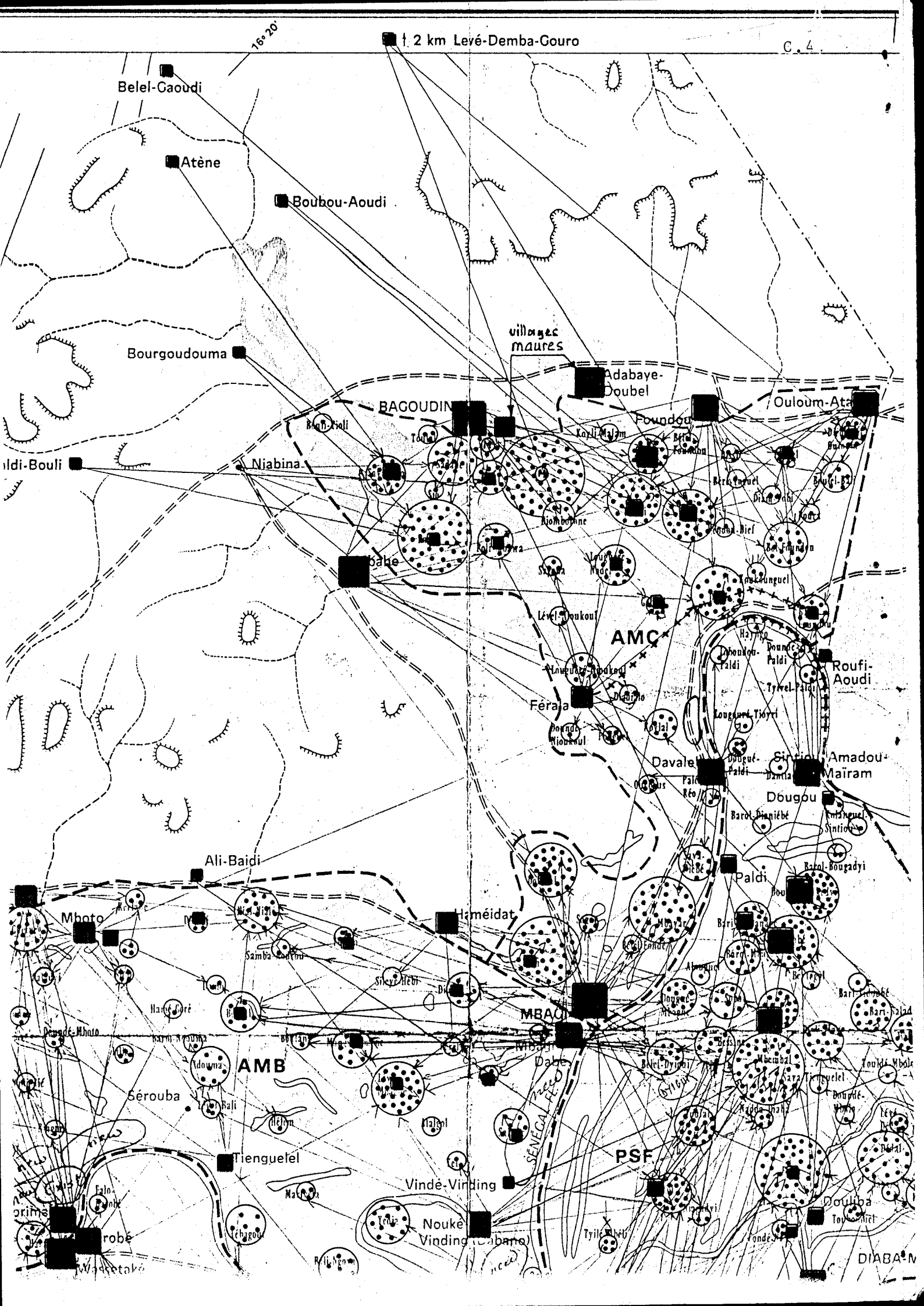
The population is indicated in two locations:
La population est portée en 2 endroits :

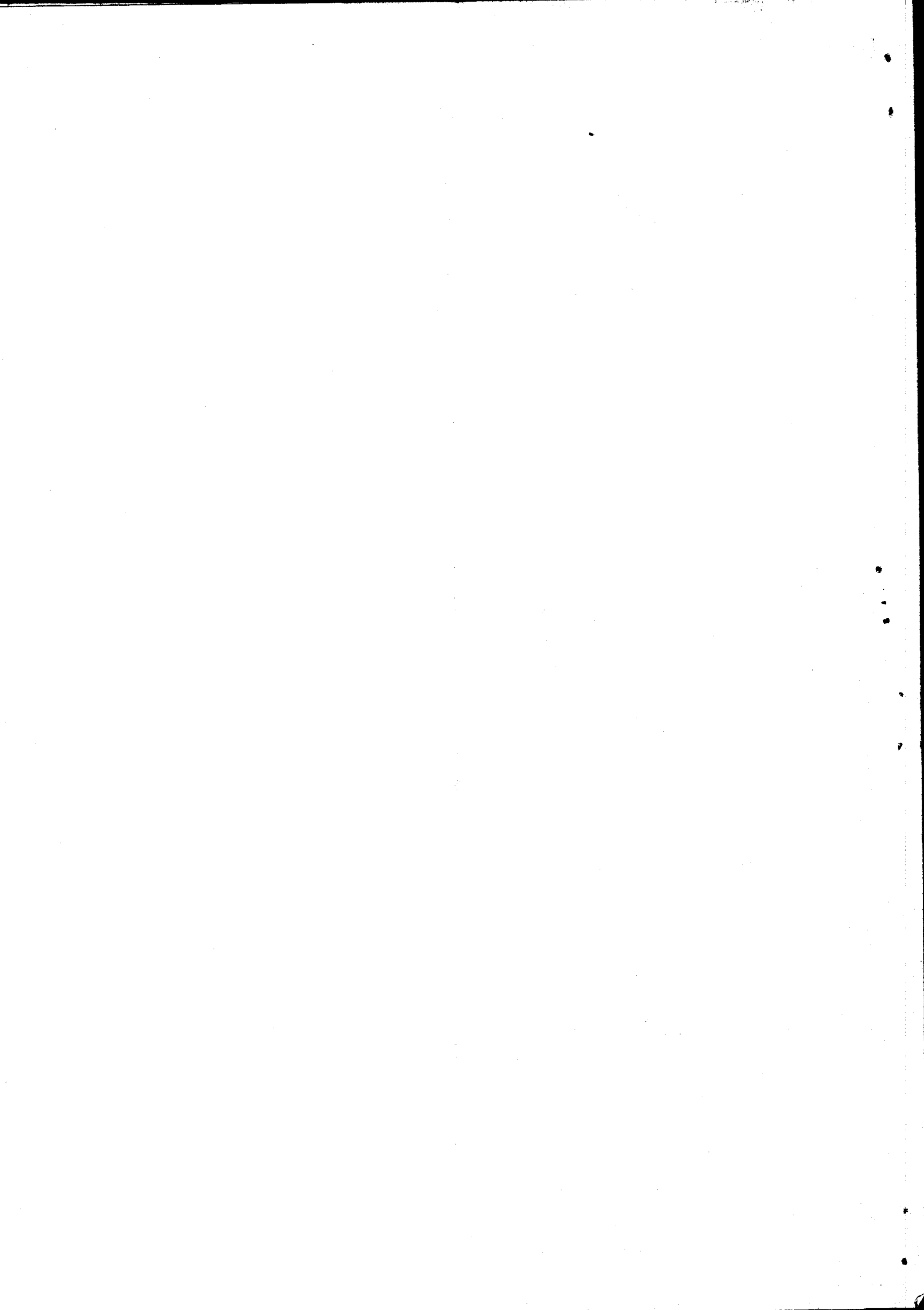
□ on the home location during the dry season.
sur son lieu d'habitation de saison sèche.

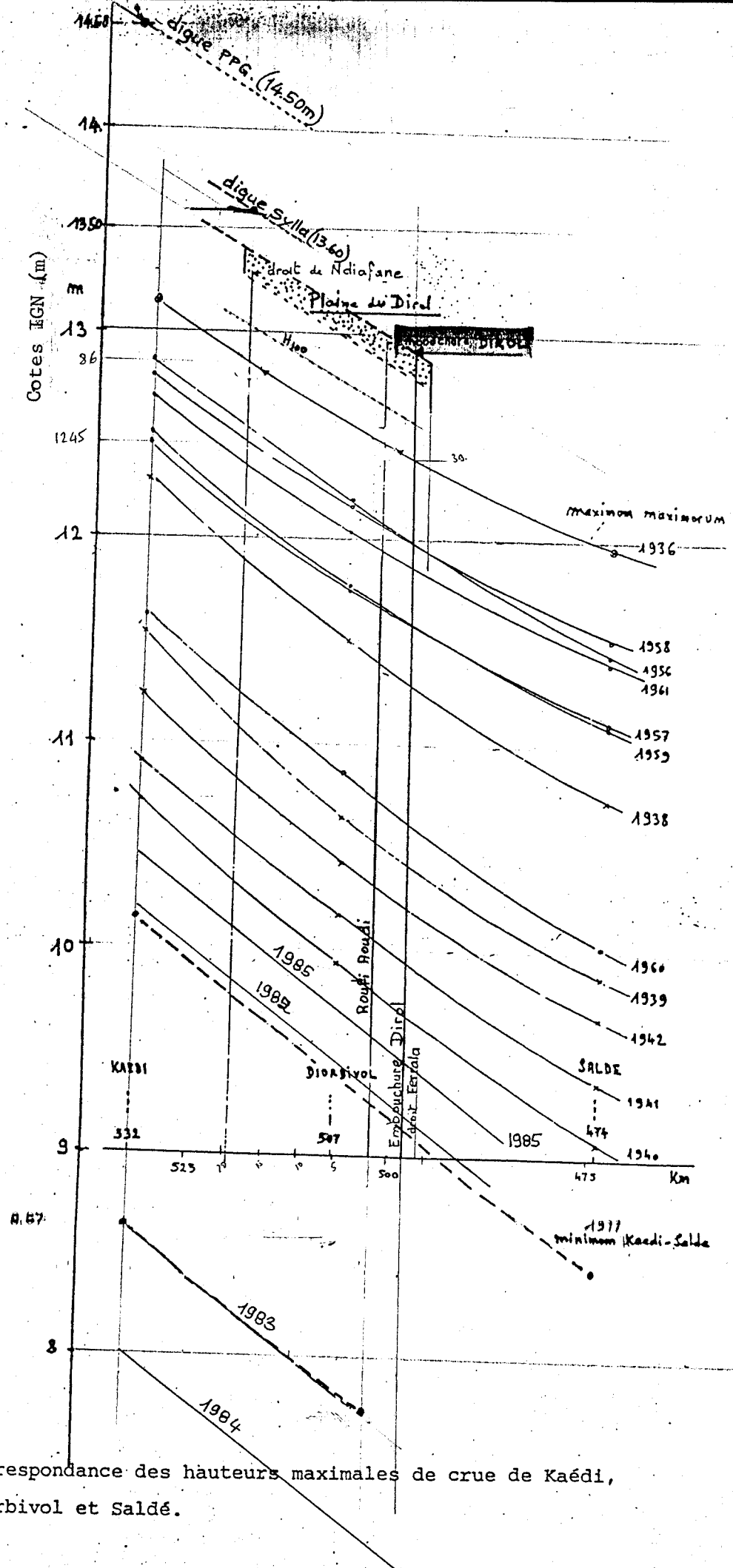
○ on his main crop land
sur le terrain de culture principal qu'elle exploite.

Echelle / scale 1/100,000



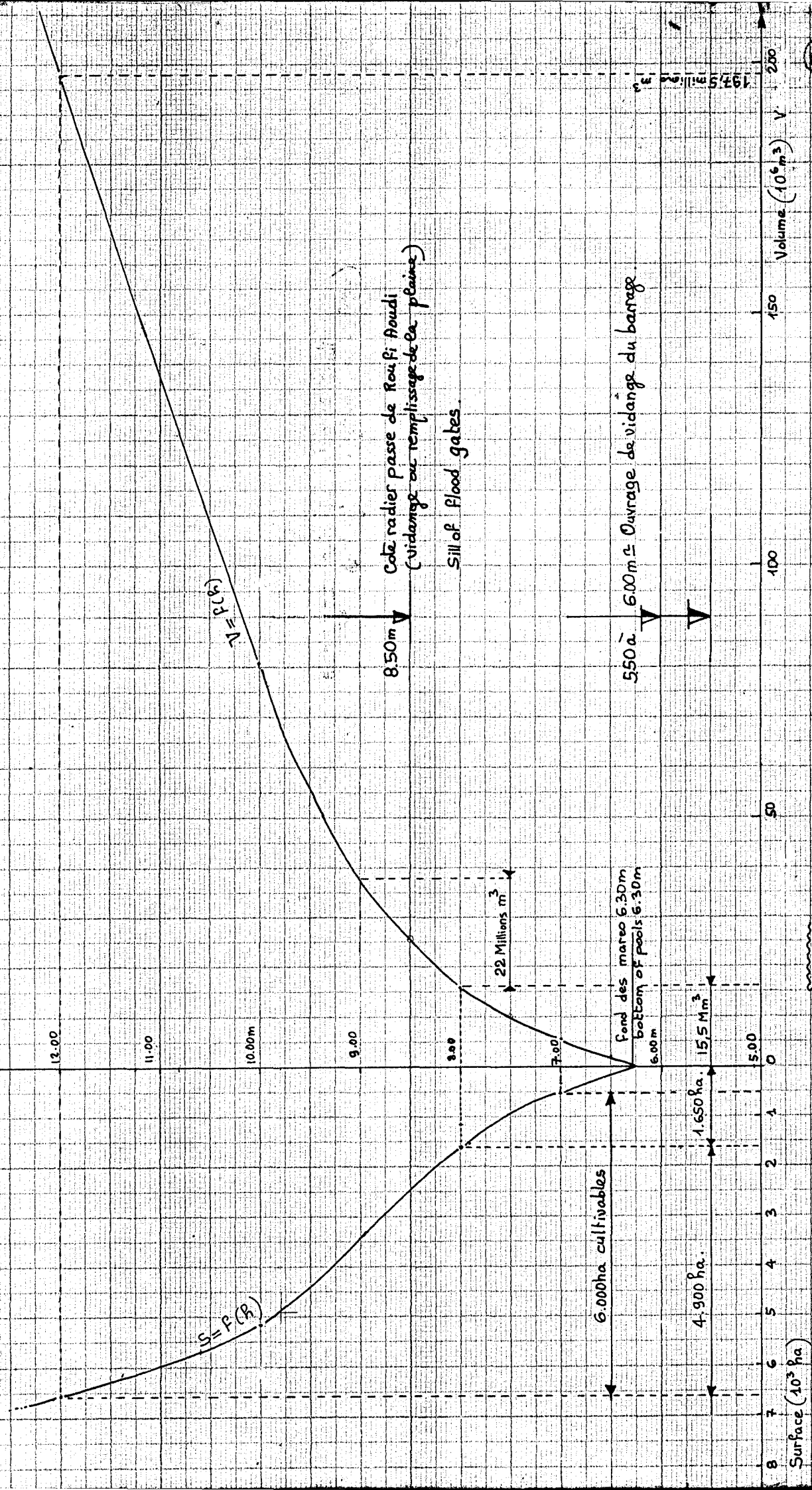






Correspondance des hauteurs maximales de crue de Kaédi,
Diorbivoul et Saldé.

Curves water volume / area
 Plaine du Dirol : courbes $V=f(h)$ et $S=f(h)$
 For dike layout solution I
 pour trace digue Solution I (Roufi Aoudi - NDiafane)



Nota: au dessus de 9.00m les valeurs de Vet S sont limitées
 à la carte IGN Khadi 16 (échelle 1:50,000) qui a servi au calcul des courbes.