

09654
NUN

4960

République islamique de Mauritanie
Ministère du développement rural
SONADER
Nouakchott, Mauritanie

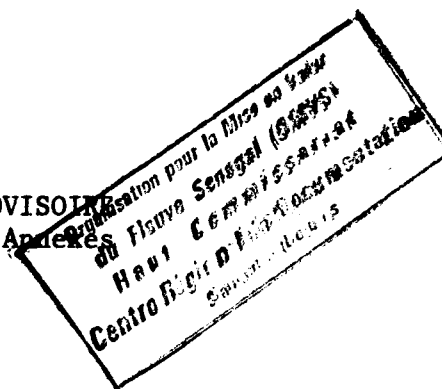
Association
internationale
de développement
Washington, USA



ETUDE DE CONSOLIDATION ET D'EXTENSION
DU PERIMETRE DE FOUM-GLEITA, PHASE II

CONSOLIDATION DE LA PHASE I

RAPPORT PROVISOIRE
Volume 2 - Annexes



Février 1988

Code n° 5.37.017

Euroconsult
Arnhem, Pays-Bas

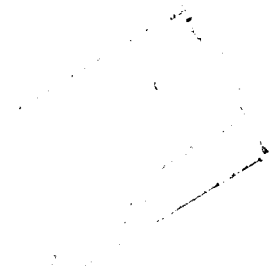
Sodese Engineering
Nouakchott, Mauritanie

09657

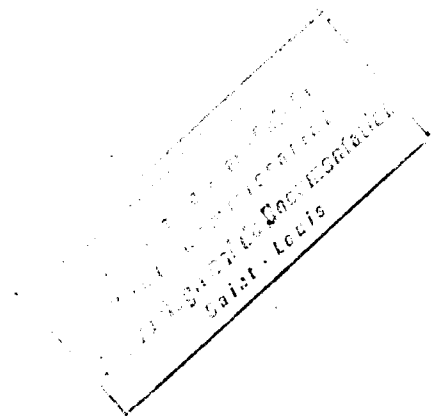
Le présent rapport se compose de deux volumes:

Volume 1 - Rapport principal

Volume 2 - Annexes



**ANNEXE A
CONSOLIDATION ET
ENTRETIEN DES
INFRASTRUCTURES
EXISTANTES**



ANNEXE A - CONSOLIDATION ET ENTRETIEN DES INFRASTRUCTURES EXISTANTES

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
A.1 Situation actuelle	A.1
A.1.1 Cadre naturel	A.1
A.1.2 Projet original	A.2
A.1.3 Réalisations	A.3
A.2 Contraintes	A.5
A.2.1 Barrage et prise principale	A.5
A.2.2 Canal d'amenée et canaux primaires P1 et P2	A.5
A.2.3 Canaux secondaires	A.7
A.2.4 Drains principaux et secondaires	A.7
A.2.5 Canaux et drains tertiaires	A.8
A.2.6 Ouvrages d'art	A.8
A.2.7 Pistes	A.8
A.3 Analyse et proposition de solutions	A.8
A.3.1 Stabilisation des talus des canaux	A.10
A.3.2 Protection des grands ouvrages d'art	A.26
A.3.3 Lutte contre l'ensablement des dalots et drains	A.36
A.3.4 Reboisement autour et à l'intérieur du périmètre	A.40
A.3.5 Entretien des réseaux	A.43
A.3.6 Capacité de transit des canaux d'amenée et principaux	A.44
Appendices	A.49

LISTE DES APPENDICES

Appendice I - Inventaire des dégâts	A.49
II - Reboisement	A.59

LISTE DES PHOTOS

Photo A.1 - Ravinement des talus	A.6
A.2 - Erosion des talus par batillage	A.6
A.3 - Affouillement à l'endroit des ouvrages	A.7
A.4 - Roseaux dans drain tertiaire	A.9
A.5 - Erosion des talus à l'emplacement des tuyaux de vidange	A.9
A.6 - Refoulement par tuyaux flottants	A.19
A.7 - Refoulement par rejet direct	A.19

TABLE DES MATIERES (suite)

Page

LISTE DES TABLEAUX

Tableau A.1 - Volume de schistes de protection	A.13
A.2 - Volume des dépôts	A.16
A.3 - Travaux de curage	A.17
A.4 - Fonctionnement des dalots en place	A.29
A.5 - Types et dimensions des protections des dalots/ quantités de matériaux nécessaires	A.35
A.6 - Longueur de brise-vents par secteur d'irrigation	A.42

LISTE DES FIGURES

Figure A.1 - Formations morphologiques	A.1
A.2 - Rapport force d'érosion/pente du talus	A.10
A.3 - Protection des talus contre le batillage	A.14
A.4 - Protection des talus à l'endroit des ouvrages d'art	A.20
A.5 - Descente de l'eau de vidange	A.21
A.6 - Schéma d'un abreuvoir	A.22
A.7 - Schéma d'un type d'un endroit de baignade	A.22
A.8 - Plan de situation des dalots et siphons	A.27
A.9 - Profil en long irrégulier de l'oued au niveau des dalots	A.28
A.10 - Plan type de protection des dalots sous canal	A.32
A.11 - Dalot PK900, deviation du canal d'amenée	A.37
A.12 - Dalot PK900, protection en amont et en aval	A.38

ANNEXE A

CONSOLIDATION ET ENTRETIEN DES INFRASTRUCTURES EXISTANTES

A.1 Situation actuelle

A.1.1 Cadre naturel

Les caractéristiques naturelles seront mentionnées pour autant qu'elles ont une relation avec les aspects à traiter dans cette annexe.

Le périmètre irrigué de Fom-Gleïta est situé dans la vallée du Gorgol Noir, en aval des monts Oua-Oua, à 80 km environ au nord-est de la capitale régionale Kaédi, à 25 km à l'ouest de la préfecture de M'bout et à 8 km environ au nord de la route Kaédi-M'bout. La vallée y présente un relief assez plat, en faible pente vers l'ouest (0,4%), avec de légères ondulations généralement perpendiculaires à l'axe du Gorgol; les gradients transversaux sont d'environ 1 %.

La morphologie se caractérise par des formations incohérentes. C'est ainsi que l'on rencontre (voir Fig.A.1):

- des alluvions (sable, limon, argile) de quelques mètres d'épaisseur;
- une couverture détritique: cailloux de petites dimensions, couches minces recouvrant les alluvions sous-jacentes;
- des dépôts éoliens: sables fins, couleur brun-rougeâtre;
- des cailloux quartzitiques: cailloux quartzitiques arrondis dont les dimensions varient de quelques millimètres à quelques centimètres et dont les couches varient de quelques centimètres à quelques mètres d'épaisseur.

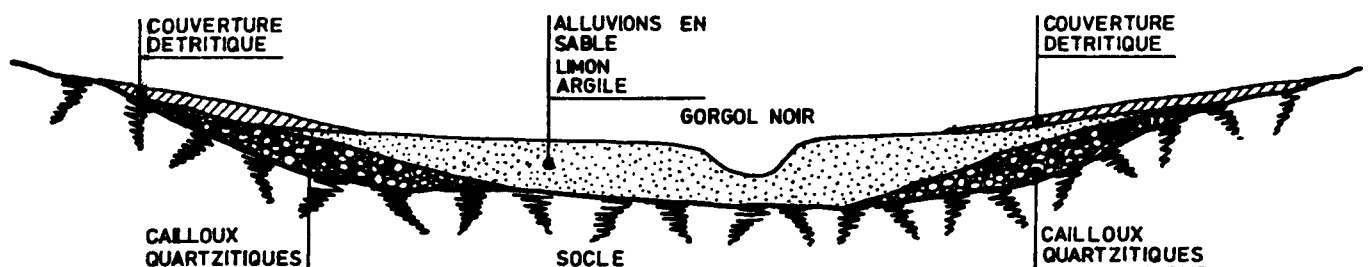


Figure A.1 - Formations morphologiques

Le socle qui apparaît parfois en surface est formé de schistes quartzitiques et micaschistes alternés, de quartzites (roches fortement compactées, grains quartzitiques cimentés), de schistes à feuillaison très marquée et de roches filoniennes.

A.2

La densité humide des sols cultivables est de 1,369 à 1,609 et la densité sèche de 1,312 à 1,482. La perméabilité K varie de $1,9 \times 10^{-5}$ à $1,14 \times 10^{-4}$ cm/sec.

Le climat de la région est sahélien; il comprend une saison des pluies de mi-juin à mi-octobre (hivernage) et une saison sèche. Dans la période février-mai, soufflent souvent l'harmattan et parfois des vents de sable, souvent assez forts.

La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 430 mm mais reste quelques fois au-dessous de 300 mm. Les pluies se présentent sous forme d'averses de forte intensité. A M'bout, on enregistre une fréquence décennale de 100 mm/jour.

La température moyenne annuelle est de 27,5 °C. La température est la plus élevée en juin-juillet (41 à 42 °C) et la plus fraîche en janvier (24 à 25 °C). L'évaporation est très forte: 2 250 mm en nappe d'eau libre.

A.1.2 Projet original

Le projet de Foun-Gleïta est un projet de mise en valeur par irrigation qui vise l'augmentation de la production céréalière, notamment le riz, et doit avoir pour conséquences, la réduction du déficit alimentaire du pays, la fixation des populations rurales et leur mise à l'abri des aléas climatiques et l'amélioration du niveau de vie de 40 000 personnes. A cela s'ajoutent les éléments d'élevage et de pêche qui pourront utiliser les ressources déjà existantes et amélioreront la rentabilité des investissements et l'élément de protection de l'environnement.

Sur la base des critères topographiques, et en particulier d'une étude pédologique sur 6 800 ha réalisée par le bureau Il Nuovo Castoro (I.N.C.), une superficie nette de 3 600 ha a été sélectionnée à des fins de mise en valeur pour des cultures irriguées.

Le projet de mise en valeur de cette superficie comprenait les infrastructures d'irrigation, de drainage et de routes suivantes:

- un barrage-voûte en béton sur le Gorgol Noir, à la sortie des monts Oua-Oua, permettant de stocker 5 millions de m³ d'eau;
- une prise d'eau;
- un réseau d'irrigation composé de:
 - . un canal d'amenée - 3 595 m
 - . un canal principal P1 - 14 027 m
 - . un canal principal P2 - 19 025 m
 - . 36 canaux secondaires - total 60 428 m
 - . canaux tertiaires - total 362 330 m
- un réseau de drainage extérieur et de protection du périmètre composé de:
 - . 11 oueds aménagés ou naturels
 - . des contrefossés sur le côté amont du canal d'amenée et 2 canaux principaux - total 28 436 m

A.3

- un réseau de drainage intérieur du périmètre, composé de:
 - . drains secondaires - total 105 525 m
 - . drains tertiaires - total 275 537 m
- un réseau routier, composé de:
 - . une liaison entre le périmètre et la route Kaédi-M'bout (2,5 à 3 km)
 - . pistes principales (35 km)
 - . pistes secondaires (149 km)

Pour des raisons financières, il s'avérerait nécessaire de réduire le programme original du projet. Sur le plan de l'aménagement, la superficie irrigable a été ramenée de 3 600 ha à 2 000 ha; les 1 600 ha restants ont été réservés pour une deuxième phase. Des 2 000 ha de la première phase, 560 ha ont été aménagés et sont en exploitation (première tranche de la phase I) tandis que l'aménagement de 1 440 ha (deuxième tranche de la phase I) est actuellement en cours de réalisation par l'entreprise chinoise Complant. Les travaux doivent être terminés en 1988. Le potentiel exploitable fin 1988 sera donc de 2 000 ha environ.

A.1.3 Réalisations

Au stade actuel, fin 1987, les infrastructures d'aménagement hydro-agricoles suivantes ont été réalisées:

- Le barrage-voûte en béton, achevé et mis en eau en 1984. Le barrage est pourvu d'un déversoir de crue de 3 passes de 10 m chacune au centre du barrage, d'une vidange de fond de 2 m et d'une mini-centrale hydro-électrique pour l'éclairage du barrage et la manipulation des installations mécaniques.
- Les installations de prise, comprenant l'ouverture de prise dans le rocher en rive gauche munie d'une vanne, la galerie de prise, dimensionnée pour un débit de 21 m³/sec sous une charge de 3 m, la cheminée d'équilibre et l'ouvrage de répartition. La vanne de prise proprement-dite entre la cheminée d'équilibre et l'ouvrage de répartition est constituée d'une vanne secteur à niveau aval constant.
- Le canal d'amenée, en remblai compacté, de 3 595 m de long et dimensionné pour un débit de 10,7 m³/sec. La largeur du fond (ou plafond) est de 8 m et le fruit (ou pente) des talus 1,5:1 (h:v), aussi bien pour les talus intérieurs que pour les talus extérieurs. A la fin du canal, on trouve un partiteur circulaire ayant 12 passes, dont 7 passes alimentent le canal P2 et 5 passes le canal P1. De ces 5 passes, en principe 2 sont fermées en permanence, chacune par 9 petites vannes batardeaux.
- Le canal principal P1 (rive droite), réalisé sur 10 900 m, pour la plupart en remblai compacté. Le débit en tête du canal est de 3,1 m³/sec. La largeur du fond est de 3,5 m au début et de 1,50 m à la fin du canal. Le fruit des talus est 1,5:1 (talus, intérieurs et extérieurs). Ce canal traverse le Gorgol par un pont-aqueduc de 60 m.

- Le canal principal P2 (rive gauche), réalisé sur 16 100 m, pour la plupart en remblai compacté. Le débit en tête du canal est 7,3 m³/sec. La largeur du fond est de 6,00 m au début et de 2,50 m à la fin du canal. Le fruit des talus est de 1,5:1 (talus intérieurs et extérieurs).
- Canaux secondaires: les canaux suivants ont été réalisés et fonctionnent: S9 (1 671 m), S9/1 (365 m), S10 (430 m), S27 (1 990 m), S27/1 (1 980 m), S27/2 (1 930 m) et S27/3 (560 m), soit un total de 8 926 m. Dix-neuf canaux (60 km) ont été uniquement remblayés et seront terminés dans la tranche en exécution actuellement et 17 canaux (20,5 km) n'ont pas encore été entamés (seront probablement réalisés dans la phase II).
- Canaux tertiaires: les canaux tertiaires, y compris les aménagements terminaux, n'ont été réalisés que sur les 560 ha aménagés et actuellement en exploitation. Il s'agit d'environ 56 km de canaux. Les travaux sur les 1 400 ha (2ème tranche de la phase I) sont en cours d'exécution et leur achèvement est prévu pour fin 1988. Il s'agit d'environ 140 km de canaux.
- Drainage extérieur et de protection du périmètre:
 - . les oueds ont été aménagés à l'exception de l'oued Silliwol (DP 11) qui se trouve dans la zone d'extension;
 - . les contrefossés ont été réalisés pour protéger les canaux principaux actuels. Il s'agit de 15 km environ.
- Drainage intérieur:
 - . les drains secondaires ont été réalisés sur l'ensemble de la superficie de 2 000 ha de la phase I. Ils s'étendent sur 60 km environ;
 - . les drains tertiaires n'ont été réalisés que sur les 560 ha aménagés et en exploitation. Ils s'étendent sur 43 km environ.
- Pistes:
 - . la liaison entre le périmètre et la route Kaédi-M'bout n'a pas encore été réalisée. Actuellement, on se sert d'une piste provisoire qui mène en direction sud-sud-est, de la base vie vers la route Kaédi-M'bout (voir aussi Annexe B);
 - . les pistes principales ont été réalisées le long des canaux principaux existants (33 km environ) avec quelques bretelles et liaisons. Cela fait un total de 40 km environ de pistes principales;
 - . les pistes secondaires n'ont été réalisées que sur la superficie aménagée de 560 ha et ne s'étendent que sur 7 km environ.

Précisons que les réseaux réalisés comprennent également les ouvrages d'art.

- Brise-vents:

Au total, 11,8 km de brise-vents ont été réalisés, à savoir 9,8 m au nord du canal P1 à hauteur du S9/S10 et 2 km au nord du canal P2 à hauteur du S27.

A.2 Contraintes

Le barrage ainsi que les réseaux primaires et secondaires d'irrigation, de drainage et de pistes ont été achevés en 1984 et les réseaux tertiaires d'irrigation, de drainage et de pistes, ainsi que les aménagements terminaux de la première tranche (560 ha) de la phase I en 1984 et 1985. Fin 1987, ces infrastructures de base et la première tranche des aménagements fonctionnaient donc depuis 2,5 à 3 ans. Pendant cette période, on a rencontré un certain nombre de problèmes et d'insuffisances qui seront mentionnés ci-dessous.

A.2.1 Barrage et prise principale

La stabilité du barrage est contrôlée par le relevé systématique d'un certain nombre de points d'observation. Leur interprétation a été confiée à la société Lahmeyer, l'ingénieur-conseil chargé de la surveillance et de contrôle de l'exécution des travaux. Dans le rapport annuel 1985-1986 du projet, nous relevons que le barrage s'est déplacé vers l'aval de 25 mm au centre et de 17 mm aux extrémités. Ces valeurs seraient acceptables.

La galerie de prise peut être fermée à l'amont par une vanne, mais il n'y a pas de système de sécurité. Si la vanne ne fonctionnait plus, il n'y aurait pas moyen de la réparer parce que les moyens de sécurité pour mettre à sec l'entrée manquent.

La vanne principale entre la cheminée d'équilibre et l'ouvrage de répartition est actionnée manuellement, le système automatique étant inopérant actuellement. En plus, la vanne ne se ferme pas entièrement: il reste une ouverture minimale de 6 à 13 mm.

A.2.2 Canal d'amenée et canaux primaires P1 et P2

On y constate:

- le ravinement de la crête et des talus intérieurs et extérieurs des digues sous l'effet du ruissellement des pluies et quelquefois des phénomènes de renard (voir Photo A.1);
- l'érosion de la partie des talus située au-dessous du niveau d'eau, suite au batillage (voir Photo A.2);
- l'érosion ou affouillement des talus intérieurs des canaux en amont et en aval de chaque ouvrage d'art à la jonction des talus protégés avec les talus non-protégés (voir Photo A.3);
- à certains endroits, l'érosion des talus par la présence humaine et/ou le passage de bétail;
- la modification de la géométrie des digues et de la surface mouillée des canaux par:
 - . la dégradation par batillage et érosion;
 - . la mauvaise tenue des matériaux sous l'eau;
 - . le colmatage par les matériaux érodés et dépôts sableux apportés par le vent (surtout le canal d'amenée et le canal P1)

A.6

Photo A.1 - Ravinement des talus

Photo A.2 - Erosion des talus par batillage

Photo A.3 - Affouillement à l'endroit des ouvrages

- à certains endroits de gros arbustes poussent sur le talus.
- des réparations d'érosions et d'affouillements par l'application de couches de schistes.

A.2.3 Canaux secondaires

Dans les canaux secondaires, on constate les mêmes phénomènes que mentionnés au paragraphe A.2.2 auxquels s'ajoute la croissance importante d'herbes, de roseaux et de plantes diverses.

Une liste détaillée des constats au canal d'amenée et aux canaux primaires et secondaires est donnée dans l'Appendice 1 de la présente annexe.

A.2.4 Drains principaux et secondaires

Les oueds en général ne posent pas de problèmes. Les crues sont parfois très fortes mais d'une durée relativement courte. A quelques endroits se présentent des inondations. (Voir Annexe C.)

Le passage des canaux d'irrigation par les oueds se fait par dalot sous le canal d'irrigation ou par siphon inversé sous l'oued. A l'endroit des siphons, on constate une faible érosion des talus des oueds. A l'endroit des dalots, sous le canal d'irrigation, on constate l'érosion et l'affouillement des talus des oueds en amont et en aval de l'ouvrage (voir Appendice A.1). On y trouve souvent un ensablement du fond.

Le dalot no 1 (aussi connu comme dalot PK 900) est un cas particulier. En 1984, lors d'une pluie de 128 mm en 24 heures (fréquence d'environ 1:20), l'eau est montée (côté amont) jusqu'à moins d'un mètre au-dessous de la crête de la digue du canal. En plus, on constate que le lit de l'oued en amont de l'ouvrage n'est pas stable. Cette année, de forts affouillements du terrain naturel et des changements du lit se sont produits. Des travaux provisoires de protection de schistes ont été faits.

Outre l'érosion des talus et le colmatage du fond, les drains secondaires sont souvent obstrués (en partie ou entièrement) par l'herbe, les roseaux etc.

A.2.5 Canaux et drains tertiaires

Outre l'érosion et l'affouillement habituels, le problème de la croissance des herbes, roseaux, etc. est encore plus marquant dans les canaux et surtout les drains tertiaires. Les paysans qui sont chargés de l'entretien n'en ont pas compris la nécessité (voir Photo A.4).

Les talus des drains sont surtout érodés à l'emplacement des tuyaux de vidange des parcelles (voir Photo A.5).

Les cadenas qui fixent la position des modules qui règlent le débit des canaux tertiaires, ainsi que les glissières, sont souvent bloqués par la poussière.

A.2.6 Ouvrages d'art

Les ouvrages d'art en béton sont en bon état. L'aqueduc dans le canal P1 qui traverse l'oued DP2 présente une fuite par un mauvais joint entre 2 éléments.

A.2.7 Pistes

Les pistes sont en général bien entretenues. Le seul moyen pour passer de la zone rive droite à la zone rive gauche pendant toute l'année est le pont sur le canal d'amenée et le pont-aqueduc sur le Gorgol Noir dans le canal P1. Un gué dans le Gorgol, praticable pendant une partie de la saison sèche, se trouve entre le village centre et le village nord. Ce moyen précaire de franchissement du Gorgol oblige les paysans et les voitures à faire de grands détours, notamment pendant l'hivernage.

A.3 Analyse et proposition de solutions

Le barrage et ses équipements annexes (prise, galerie, tour d'équilibre, ouvrage de répartition) n'ont pas encore été réceptionnés définitivement. Cet ensemble est encore sous la responsabilité de l'ingénieur-conseil chargé de la surveillance des travaux et ne sera pas

Photo A.4 - Roseaux dans drain tertiaire

Photo 5 - Erosion des talus à l'emplacement des tuyaux de vidange

traité dans la présente annexe. Pourtant, nous attirons l'attention sur l'absence de mesures de sécurité à l'entrée de la prise et pour le fonctionnement de la vanne principale. Nous attirons l'attention également sur le fait qu'il est nécessaire, même après la réception définitive, de continuer le contrôle systématique de cet ouvrage, y compris l'inspection de la galerie de prise. Il sera intéressant d'effectuer un certain nombre de mesures de débit pour contrôler si l'ensemble du système de la prise principale fonctionne correctement et donne le débit calculé et nécessaire pour la totalité du périmètre. Nous recommandons de faire ces mesures dans le courant de l'année 1988.

Nous n'avons pas d'observations à faire sur les pistes dans le cadre de la présente annexe. Un schéma de la circulation est présenté dans l'Annexe B.

Nous traitons ci-après les infrastructures d'irrigation et de drainage, dont les contraintes se subdivisent comme suit:

- stabilisation des talus des canaux;
- protection des grands ouvrages d'art;
- lutte contre l'ensablement des dalots et des drains;
- reboisement autour et à l'intérieur du périmètre;
- entretien des infrastructures;
- capacité de transit des canaux d'amenée et canaux principaux.

A.3.1 Stabilisation des talus des canaux

A.3.1.1 Talus secs

Le ravinement et les phénomènes de renards dans la crête et les talus secs des digues (talus intérieurs au-dessus du niveau d'eau et talus extérieurs) sont causés par le ruissellement des eaux de pluie de grande intensité sur le corps nu des digues. Le fruit des talus a été fixé conformément aux calculs de stabilité, mais ne tient pas compte du phénomène d'érosion par ruissellement. La résistance contre cette érosion des sols éoliens à structure plus ou moins monograine de forme sphérique, dont les digues ont été construites, est très faible, malgré un bon compactage pendant l'exécution. Le problème est complexe: pour le même volume d'eau s'écoulant par le talus, la vitesse et donc la force tractive, est fonction du fruit du talus (plus la pente est raide, plus la force est importante), par contre pour la même force le long du talus, le composant érosif (a) est plus fort sur un talus faible que sur un talus raide (voir Figure A2).

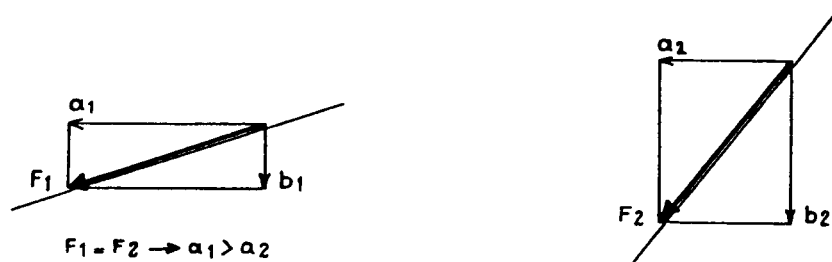


Figure A.2 - Rapport force d'érosion/pente du talus

Mais nous remarquons que, où que ce soit dans le monde, aucun remblai non-protégé ne résiste à des ruissellements de cette force.

L'érosion des talus par l'homme se rencontre surtout aux endroits de concentration de la population c'est-à-dire, pour le canal P1, près de la prise S10 et pour le canal P2, en face de la base vie et au pont entre la prise S25 et la prise S27, enfin là où la population se sert du canal pour y puiser l'eau, se baigner, laver le linge, etc.

L'érosion des talus par le passage du bétail se fait à plusieurs endroits mais est moins marquante.

Ces érosions se sont déjà produites directement après l'achèvement des travaux d'exécution et le projet s'est efforcé de les combattre. Les essais pour stabiliser les cavaliers par fascinage n'ont pas réussi et ont été abandonnés. Actuellement, on applique une couverture de schistes broyés, avec succès semble-t-il.

En règle générale, on peut envisager les solutions de protection des talus suivantes:

- enherbement: c'est la solution la plus appliquée et la plus économique malgré, dans le cas de Foun-Gleïta, une attention particulière portée à l'arrosage au début. Pourtant, cette solution est déconseillée pour les raisons suivantes:
 - . selon les épidémiologistes, l'enherbement des talus intérieurs attirera et fixera les escargots transmettant la bilharsiose et est pour cela strictement interdit;
 - . l'enherbement des talus extérieurs attirera des animaux qui, après avoir brouté, monteront sur la digue pour s'abreuver dans le canal, ce qui aggravera l'érosion.
- revêtement en béton: en tenant compte de la nature des matériaux de remblai, ce serait, pour Foun-Gleïta, la meilleure solution pour les talus intérieurs (en combinaison avec un enherbement des talus extérieurs). Mais la réalisation de ce travail, avec le système primaire d'irrigation fonctionnant depuis plusieurs années, deviendrait trop coûteuse en ce moment. Outre les coûts directs du revêtement (remise en état des talus, mise en place d'une filtre, réalisation du revêtement), on perdrait plusieurs récoltes du fait que ce travail demanderait la mise à sec du canal concerné pendant une certaine période.
- revêtement par schistes: nous pensons que l'application d'une couche de schistes est la seule solution valable dans les conditions actuelles, bien qu'elle ne donne pas une protection totale et nécessite aussi un entretien régulier. Mais elle a l'avantage que les matériaux sont disponibles en abondance et que leur mise en oeuvre est facile et les coûts relativement bas si le travail est exécuté par de la main d'oeuvre payée dans le cadre du programme "Vivres contre travail".

Ce type de protection doit encore être appliqué sur quelques petites parties du canal d'amenée (la majeure partie de ce canal est déjà protégée selon ce système) et sur pratiquement la totalité des canaux P1 et P2. Les travaux consisteront à :

- combler les ravins et renards avec de la terre argileuse humide, et régler les talus;
- couvrir les talus extérieurs et la crête d'une couche de schistes broyés de 8 cm d'épaisseur, bien compactée. Les schistes auront des dimensions différentes, entre 1 à 2 cm, parfois 15 à 20 cm, mais la plupart devront se trouver entre 8 à 12 cm.
- couvrir les talus intérieurs d'une couche de schistes broyés de 15 cm d'épaisseur, bien compactée. Cette couche est composée d'une couche inférieure d'environ 6 cm d'épaisseur de schistes de dimensions différentes entre 1 à 8 cm et d'une couche supérieure d'environ 9 cm d'épaisseur de schistes de dimensions différentes entre 6 à 15 cm, dont la plupart entre 10 et 15 cm.

La différence entre cette couche et celle du talus extérieur est due au fait que le niveau d'eau actuel du canal montera, dans l'avenir, à son niveau maximum (c'est-à-dire que la zone de batillage se déplacera aussi) et que les schistes d'origine moscovite risquent de se détériorer sous l'influence alternée eau-air dans la zone de batillage.

Si l'on réussissait à faire pousser ici et là un peu d'herbe fine sur les talus extérieurs et la crête, la protection en serait renforcée.

Ce type de protection est donc applicable sur les talus extérieurs, la crête et les talus intérieurs jusqu'à la zone attaquée par le batillage.

Avant la mise en place de cette protection, il est recommandé d'effectuer un nivellement topographique de la crête pour vérifier si la crête des digues est encore à la cote du projet. Si nécessaire, il faudra effectuer un redressement.

Les surfaces des digues à protéger par couches de schistes et les volumes nécessaires sont présentés dans le Tableau A.1. Les surfaces ont été calculées pour le talus extérieur et la crête (couche de 0,08 m d'épaisseur) et pour le talus intérieur jusqu'à la zone actuelle de batillage (couche de 0,15 m d'épaisseur). On a pris pour base, par mètre de digue, 4,50 m² à couvrir pour le talus extérieur et la crête et 2,00 m² pour le talus intérieur ou, par mètre de canal, respectivement, 9,00 m² et 4,00 m². Vers l'aval, ces chiffres diminuent respectivement de 9,00 m² à 5,00 m² et de 4,00 m² à 3,00 m² par mètre de canal.

Selon les informations reçues, la mise en place des couches de schistes, à partir de matériaux apportés par des camions et réalisée par une équipe de 10 personnes pourrait se faire à raison d'une progression de 200 m (longueur de digue) par mois. Le revêtement des digues des canaux P1 et P2 à la main demandera donc $2 \times 27000 : 200 = 270$ mois à 10 personnes, c'est-à-dire 225 personnes pendant 12 mois ou 113 personnes pendant 24 mois. En se basant sur environ 24 jours de travail par mois

Tableau A.1 - Volume de schistes de protection

Canal	Talus	Longueur section m	Surface section m ²	Surface totale m ²	Epaiss. couche m	Volume m ³
Amenée pratiquement terminée						
P1	ext. + cr.	2000	9	18000	0,08	1440
	int.	2000	4	8000	0,25	1200
	ext. + cr	5000	8	40000	0,08	3200
	int.	5000	3	15000	0,15	2250
	ext. + cr.	4000	5	20000	0,08	1600
	int.	4000	3	12000	0,15	1800
P2	ext. + cr.	11000	9	99000	0,08	7920
	int.	11000	4	44000	0,15	6600
	ext. + cr.	5100	8	40800	0,08	3264
	int.	5100	3	15300	0,15	2295
		27000		312100		31569

ou 280 jours de travail par an, on aura besoin d'une capacité de production et de transport de 32000 : 280 = 115 m³/jour. Avec une capacité journalière de transport de 40 m³ pour un camion (charge 12 t = ± 8 m³, 5 voyages par jour), cela nécessite 3 camions pendant 1 an ou 1,5 camions pendant 2 ans. On aura aussi besoin d'un chargeur pour mettre des dépôts de schistes sur la crête des digues.

Le ramassage des schistes au site d'emprunt demandera environ 80 personnes et un chargeur pendant 1 an ou environ 40 personnes et un chargeur pendant 2 ans.

En plus, on aura besoin de 4 plaques vibrantes pour le compactage des couches de schistes sur la crête des digues, de marteaux pneumatiques et de petit matériel (pioches, marteaux, pelles, etc.).

A.3.1.2 Talus sous l'influence du batillage

L'érosion par le batillage se présente surtout dans le canal d'amenée et les 2 canaux primaires, au niveau de l'eau. Les vents forts pendant l'harmattan et les tornades peuvent provoquer des remous importants. L'érosion se présente aussi dans les zones de courbes concaves des canaux sous l'influence des lignes de courant qui causent une augmentation de la vitesse d'eau.

Actuellement, cette érosion a déjà atteint une profondeur moyenne de 0,50 à 0,60 m, mais elle empire rapidement. Elle est due à la faible cohésion des sols de remblai des digues.

On distingue trois formes de cohésion:

- la cohésion vraie, suite à l'attraction moléculaire entre les grains et particules;
- la cohésion apparente, suite aux forces capillaires du sol non saturé;
- la résistance cohésive, causée par la forme irrégulière des grains.

La cohésion apparente disparaît sous l'eau et la résistance cohésive est, dans le cas de Foum-Gleïta, pratiquement nulle étant donné la forme sphérique des grains de sable éolien. La résistance à l'attaque des remous est donc faible, malgré un bon compactage lors de l'exécution.

Pour parer à cette érosion, le service d'entretien du projet a comblé les trous avec des plaques de schistes entassées. Plus tard, sur d'autres tronçons, on a placé 2 rangs de grosses plaques de schistes verticales et derrière elles des plaques horizontales. C'est une protection pratique, mais elle ne fait que retarder l'érosion qui, bien que moins rapide, se produira tout de même à long terme. Si le niveau d'eau était maintenu à la cote actuelle, on devrait envisager un autre type de protection, par exemple un tissu filtrant, type Bedim ou autre, empêchant le déplacement des particules de sol sous l'influence du batillage, et tenu en place par un gabion (voir Fig.A.3). Mais le niveau d'eau actuel est fonction du débit actuel, qui n'est que de l'ordre de $2 \text{ m}^3/\text{sec}$ dans le canal d'amenée. Dans l'avenir, quand les canaux auront leur débit maximum, le niveau d'eau dans les canaux primaires sera supérieur au niveau actuel et la zone érodée actuellement par le batillage sera la plus grande partie du temps sous l'eau (des fluctuations, en fonction des débits, auront toujours lieu). Nous pensons qu'une protection par plaques de schistes (2 rangs verticaux, placés devant des couches horizontales - voir Fig.A.3) est une solution valable, mais qui nécessitera quand même une surveillance et un entretien réguliers.

Il faut noter qu'avec la montée du niveau d'eau dans le canal, la zone attaquée par le batillage montera vers les talus protégés par la couche de schistes broyées. Cela nécessitera une surveillance intensive de la stabilité de cette couche.

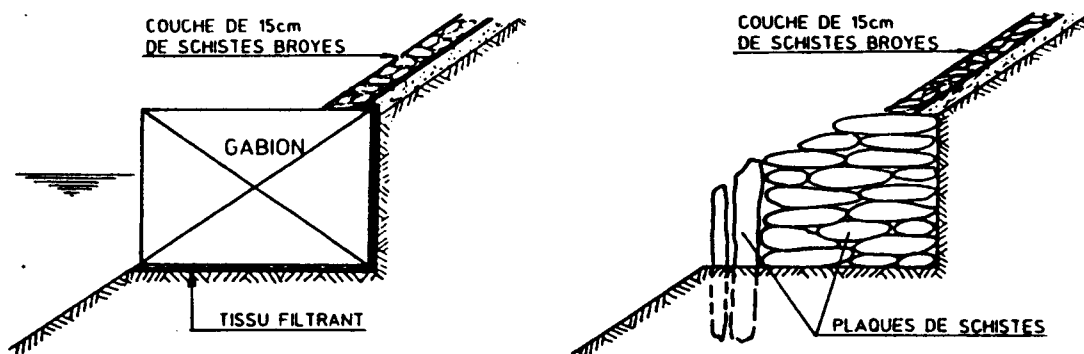


Figure A.3 - Protection des talus contre le batillage

Nous faisons remarquer également que la solution par gabions et tissu aussi bien que la solution par plaques de schistes changeront le profil hydraulique du canal et le coefficient K de rugosité.

On aura besoin de $0,25 \text{ m}^3$ de plaques de schistes par m de digue ou $0,5 \text{ m}^3/\text{m}$ de canal. D'une longueur totale de 30 500 m, environ 24 000 m sont à réparer, cela demandera $12\,000 \text{ m}^3$ de plaques de schistes. Selon les informations obtenues, une équipe de 10 personnes est capable de faire 250 m par mois. On aura donc besoin de $2 \times 24\,000 : 250 = 192$ mois pour 10 personnes, c'est-à-dire 160 personnes pendant 1 an ou 80 personnes pendant 2 ans. Dans ces cas, on aura besoin de respectivement 43 m^3 de schistes par jour (1 an = 280 jours de travail) ou 21 m^3 de schistes par jour (2 ans = 560 jours de travail), ce qui demande 1,5 camion de 12 tonnes ($\pm 8 \text{ m}^3$, en moyenne 3 à 4 voyages par jour = 24 à 32 m^3 par jour) pendant 1 an ou 1 camion pendant 2 ans.

Le ramassage au site d'emprunt demandera une quarantaine de personnes pendant 1 an ou une vingtaine pendant 2 ans.

Au site d'emprunt et au chantier, on aura besoin d'un chargeur, mais on peut utiliser les engins déjà mentionnés dans le Paragraphe A.3.1.1. Du petit matériel (pioches, marteaux) est à prévoir.

A.3.1.3 Talus au-dessous de la zone de batillage

A l'exception des affouillements à la jonction des sections protégées et non-protégées des talus à l'endroit des ouvrages d'art, nous n'avons pas constaté d'érosion des talus au-dessous de la zone de batillage. Par contre, on y trouve un changement du profil par le colmatage par les matériaux érodés des talus des digues et les dépôts des vents de sable. L'épaisseur de la couche colmatée est d'environ 0,40 à 0,60 m (pendant 3 ans de service). Cela diminue la capacité du canal et un curage sera nécessaire. Quoiqu'il s'agisse en fait d'un entretien périodique, cet aspect est traité ici en tenant compte du fait qu'il concerne aussi une action de consolidation qui doit être réalisée avant la mise en exploitation des zones d'extension. Le curage pourrait être fait manuellement ou mécanisé.

(a) Curage manuel

La population n'ayant pas l'habitude de travailler dans l'eau et en raison de la profondeur d'eau des canaux, il sera nécessaire de mettre les canaux à sec pendant longtemps en cas de curage à la main. Les dépôts sont estimés à $81\,000 \text{ m}^3$ fin 1987 et à $96\,000 \text{ m}^3$ environ vers mi-1989 (voir Tableau A.2).

Tableau A.2 - Volume des dépôts

Canal	Volume en m ³	Volume en m ³
Amenée	15 730	18 580
P1*	22 650	26 750
P2*	42 920	50 670
	81 300	96 000

* à partir du partiteur

Supposons que le curage commence après l'hivernage 1989 et que la tâche moyenne de main-d'oeuvre soit de 1 m³/jour, le curage demandera 96 000 homme/jours, soit 340 personnes pendant un an ou 680 personnes pendant 6 mois (280 jours ouvrables/an/homme). Cela entraîne la perte de respectivement 2 récoltes ou 1 récolte.

Le travail pourrait aussi être fait selon le programme suivant: d'abord le canal d'amenée, demandant 18 580 hommes/jours, puis le canal P1 demandant 26 750 hommes jours (mais le canal d'amenée et le canal P2 fonctionnant), ensuite le canal P2, demandant 50 670 hommes jours (canal d'amenée et canal P1 fonctionnant). Le délai d'exécution est fonction de l'importance de la main d'oeuvre, mais il serait possible d'organiser les travaux de manière à ce que le curage du canal d'amenée ne cause pas la perte d'une récolte, tandis que le curage des canaux P2 et P2 provoquerait uniquement la perte de récolte de la superficie desservie par le canal concerné.

Quel que soit le programme, le curage à la main demande une main-d'oeuvre importante et nécessitera la mise à sec des canaux.

(b) Curage mécanisé par pelle hydraulique

Cette méthode de curage demandera aussi la mise à sec des canaux.

Par ailleurs l'utilisation d'une telle pelle pose des problèmes de place. Le curage par une pelle hydraulique à partir de la crête de la digue est impossible à cause de la largeur insuffisante de la crête. Mettre la pelle au pied de la digue, du côté extérieur n'est pas une meilleure solution à cause de la hauteur de la digue et de la portée insuffisante de la pelle. La seule possibilité d'utiliser une pelle hydraulique est de la placer dans le canal. Cela est possible pour des canaux ayant une largeur de fond de 2,50 m ou plus mais nécessitera des travaux complémentaires de terrassement, à savoir la construction de rampes en terre temporaires pour monter sur la digue et descendre dans le canal à l'endroit de chaque ouvrage d'art dans le canal. Ce travail ainsi que l'évacuation des terres curées vers les dépôts hors du canal nécessitera l'utilisation d'un camion, au moins

pour le canal d'amenée et la première partie des canaux P1 et P2. Dans les sections aval il sera possible de déposer les terres curées directement au dehors du canal, mais on aura besoin de main d'oeuvre pour le réglage.

La pelle ayant une capacité nette de travail de 250 à 300 m³/jour (y compris nettoyage, réparation, déplacement, repos du chauffeur etc.), le camion sera le facteur limitant. Sa capacité est d'environ 150 à 160 m³ par jour sur base de 3 voyages de 8m³ par heure (chargement, déchargement, transport), 8 heures de travail par jour et une efficacité de 80 %. Avec une équipe comprenant une pelle hydraulique et 2 camions de 12 tonnes (= 8 m³) on obtiendra une capacité de 250 à 300 m³ par jour. Le curage demandera donc, après l'hivernage 1989:(voir Tableau A3)

Tableau A.3 - Travaux de curage (durée du travail)

	Curage (jours)	Construction des rampes (jours)	Total jours de travail
Canal d'amenée	70	2	72
Canal P1	101	6	107
Canal P2	191	8	<u>199</u>
Total			378

On pourrait prévoir le même programme d'exécution que mentionné au Paragraphe 3.1.3.(a), c'est-à-dire d'abord le canal d'amenée, puis le canal P1 (canal d'amenée et P2 fonctionnant) et ensuite le canal P2 (canal d'amenée et P1 fonctionnant). Il en résulte une récolte perdue de la zone P1 et une de la zone P2.

(c) Curage mécanisé par drague-suceuse

Une méthode qui ne gêne pas l'irrigation consiste en l'utilisation d'une petite drague-suceuse. Il existe des dragues-suceuses de petit modèle qui ont été conçues spécialement pour un travail à petite ou moyenne échelle demandant une grande précision. On les utilise aussi bien pour la réalisation des travaux neufs (canaux, bassins, plan d'eau) que pour l'entretien des ouvrages existants (recalibrage ou curage de canaux, fossés, bassins, étangs etc.). Ces dragues suceuses ont des dimensions réduites (longueur 7 m, largeur 1,75 m, tirant d'eau 0,60 m, superstructure 0,50 m). Elles sont aisées à manoeuvrer, même dans les canaux étroits, de transport facile, opérationnelles à l'instant et elles ont une grande capacité de travail. La boue ou le sable est aspiré par un tuyau d'aspiration muni d'une bouche spéciale et ensuite refoulé par des tuyaux flottants et/ou déposé par terre dans un dépôt

spécial ou rejeté directement sur le terrain à gauche ou à droite du canal (voir Photos A6 et A7). La capacité nette varie, selon les conditions de travail et les précisions demandées, de 2500 m³ à 3500 m³ par semaine de 5,5 jours de travail. Pour le projet Founm-Gleïta, on partirait de la moyenne, c'est-à-dire 3000 m³/semaine environ ou 550 m³ par jour. Cela nécessiterait donc 175 jours de travail ou 180 jours environ, y compris le passage des grands ouvrages d'art.

Cette méthode a l'avantage qu'on travaille dans l'eau et qu'elle permet donc la continuation normale de l'irrigation. Mais elle nécessite une grue pour le passage de chaque ouvrage d'art. En plus il faut signaler que cette méthode de dragage demande un travail très spécialisé. Pour cette raison, ce type de drague-suceuse n'est pas vendu mais tout travail est réalisé en régie, en louant l'engin y compris le conducteur/mécanicien. Cette approche est logique, d'abord pour des raisons techniques (manoeuvre de l'engin, précision du travail) mais aussi pour des raisons économiques. L'engin est seulement rentable s'il travaille plus au moins en permanence. Et le travail de curage (gros entretien) ne se fait qu'à une fréquence de 1 fois tous les 5 à 6 ans.

A.3.1.4 Talus à l'endroit des ouvrages d'art

Les affouillements à la jonction des sections protégées et non-protégées des talus sont dus à un compactage du remblai habituellement insuffisant à cet endroit et à un changement de la rugosité du talus. Ce changement de rugosité provoque des tourbillons d'eau qui ont un effet érosif. Deux types de protection pourraient être envisagés:

- (a) protection par gabions suivant le talus, posés sur une couche intermédiaire filtrante de gravillons ou schistes, ensuite un engazonnement en mottes, bien compacté. Entre les gabions et l'engazonnement, sur toute l'épaisseur des gabions, est prévue une feuille en plastique, servant d'écran antiérosif (voir Figure A.4);
- (b) protection par engazonnement en mottes seulement, bien compacté (voir Figure A.4).

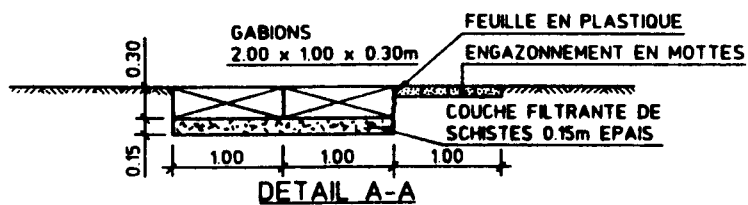
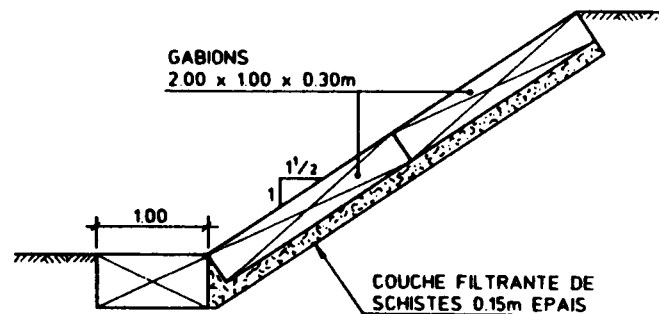
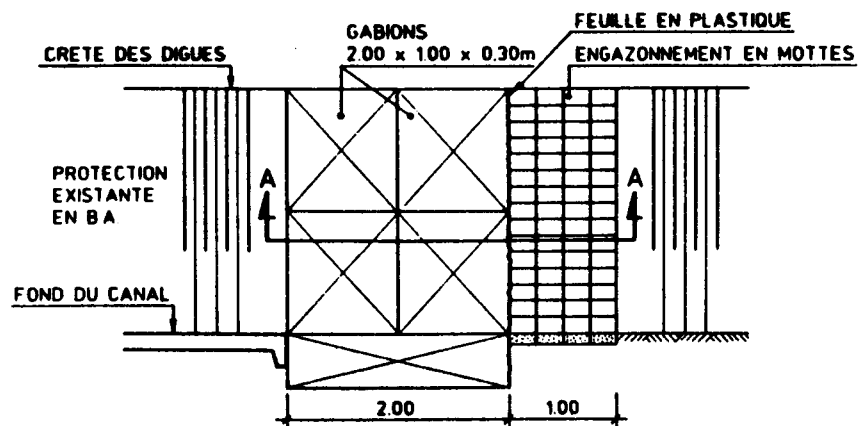
Etant donné la faible vitesse de l'eau dans le canal (0,30 m/s selon la conception originale du projet), nous conseillons l'application d'une protection de type b là où les lignes du courant en principe ne changent pas, donc là où le canal est déjà protégé par du béton armé, tel qu'au passage des grands dalots au-dessous du canal ou en amont de la plupart des ouvrages d'art. Par contre, là où les lignes du courant changent, comme à l'entrée et à la sortie des siphons, en aval des chutes etc., nous conseillons une protection de type a, par gabions.

Il est également conseillé de prévoir des champs spéciaux pour y cultiver de l'herbe qui, une fois bien poussée et ayant atteint un bon développement racinaire sera coupée en mottes et utilisée pour la protection des talus.

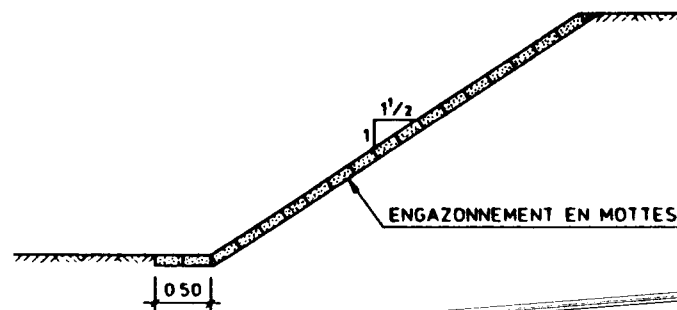
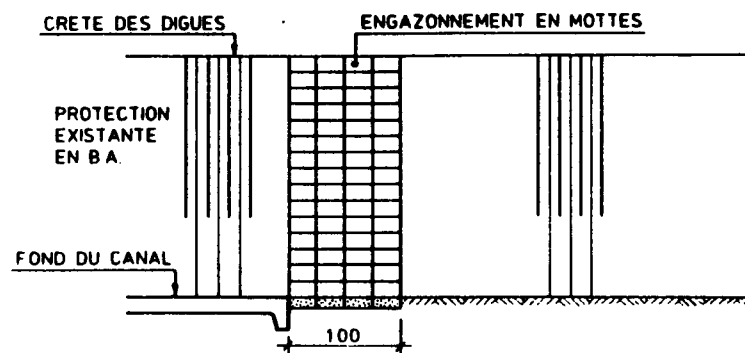
Ce principe de protection est aussi valable pour les canaux principaux que pour les canaux secondaires.

Photo A.6 - Refoulement par tuyaux flottants

Photo A.7 - Refoulement par rejet direct



PROTECTION TYPE A



PROTECTION TYPE B

FIG. A.4 PROTECTION DES TALUS A L'ENDROIT DES OUVRAGES D'ART

A.3.1.5 Talus des réseaux secondaire et tertiaire

Les aspects traités ci-dessus concernent notamment les canaux principaux, c'est-à-dire le canal d'amenée, le canal P1 et le canal P2. Le ravinement et l'érosion des talus et de la crête des cavaliers des canaux d'irrigation affectent aussi le réseau secondaire, mais il serait trop onéreux d'y appliquer les mêmes mesures de protection. Un curage sera nécessaire, suite au colmatage et à la croissance continue de roseaux, plantes, etc., mais cela fait plutôt partie de l'entretien régulier et sera traité dans le Paragraphe A.3.5.

Dans les drains tertiaires, on trouve une forte érosion du talus à l'endroit du tuyau de vidange des parcelles. L'eau sortant des tuyaux tombe sur le talus du drain et provoque une forte érosion locale (voir Photo A.5). Pour éviter que cela ne s'aggrave, et ne colmate le drain, nous proposons que la sortie du tuyau soit munie d'une descente ouverte en plastique, en forme de U, qui suit le talus et se termine au fond du drain (voir Figure A.5). Posée sur le talus, elle ne gêne ni l'entretien manuel, ni l'entretien mécanisé.

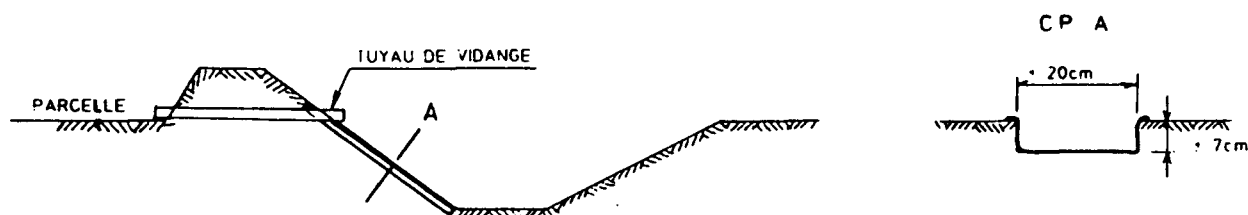


Figure A.5 - Descente de l'eau de vidange

A.3.1.6 Mesures spéciales

Pour éviter que le bétail ne vienne s'abreuver dans les canaux et n'endommage les talus des digues des canaux, nous recommandons la construction d'abreuvoirs, tous les 3 km environ, situés à l'extérieur du périmètre à 100 m environ de la digue. Les bacs pourront être construits entièrement en béton ou avec une dalle en béton et des parois en briques d'aggloméré recouverte d'une couche d'enduit. Ils seront alimentés à partir du canal au moyen d'un tuyau en plastique passant d'abord sous la digue par un siphon inversé et enterré ensuite sous la piste. La sortie du tuyau sera munie d'un clapet automatique. Le sol autour du bac sera revêtu d'une couche de schistes (voir Figure A.6). On pourrait envisager une dizaine de ces abreuvoirs.

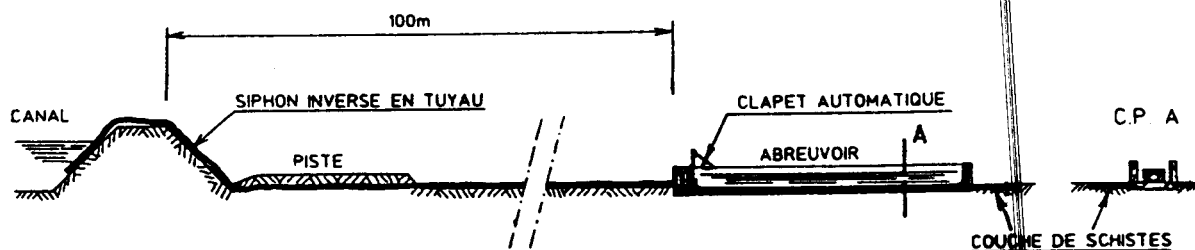


Figure A.6 - Schéma d'un abreuvoir

Aux environs des villages, les paysans se baignent dans l'eau du canal d'irrigation, y lavent le linge etc. Pour faciliter la descente dans l'eau et protéger les talus, il est recommandé de construire des escaliers par gabions couverts d'une couche de béton de 12 à 15 cm d'épaisseur. Le fond pourra être protégé par une dalle de béton (voir Fig.A.7). On pourrait choisir 4 emplacements, situés par ex. à 50 m à l'amont et à 50 m à l'aval du pont existant sur le canal P2 et du futur pont sur le canal P1.

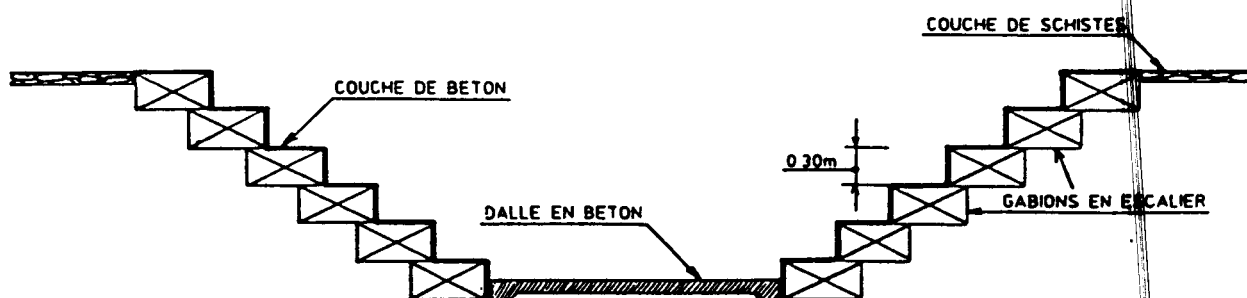


Figure A.7 - Schéma d'un type d'un endroit de baignade

A.3.1.7 Besoins en main-d'oeuvre et en matériel et coûts des travaux(a) Besoins en main d' oeuvre et en matériel

Il est supposé un délai d'exécution de deux ans; un délai plus court exigerait une trop grande concentration de main d'oeuvre et de matériel.

Les besoins pour les différents types de travaux sont estimés comme suit:

- Protection des talus par une couche de schistes

- . nombre de manoeuvres : au chantier 113, au site d'emprunt 40,
total 153 personnes
- . matériel : 1,5 camion de 12 tonnes
2 chargeurs
4 plaques vibrantes
2 marteaux pneumatiques
1 compresseur
matériel divers

- Protection contre le battillage

- . nombre de manoeuvres : au chantier 80, au site d'emprunt 20,
total 100 personnes
- . matériel : 1 camion de 12 tonnes
2 marteaux pneumatiques
1 compresseur
matériel divers

- Protection des talus des canaux à l'endroit des ouvrages d'art

- . nombre de manoeuvres : au chantier 1, au site d'emprunt 1,
total 2 personnes
- . matériel : 0,5 camion de 12 tonnes
600 gabions de 2,0 x 1,0 x 0,5 m
120 gabions de 2,0 x 1,0 x 0,3 m
950 m² d'engazonnement

Les travaux repris sous a, b et c sont très clairement liés et seront exécutés en même temps en utilisant le même matériel. Au total on aura donc besoin pendant deux ans du personnel et du matériel suivants:

. manoeuvres	: 255
. matériel	: 3 camions
	2 chargeurs
	4 plaques vibrantes
	4 marteaux pneumatiques
	2 compresseurs
	matériel divers (pelles, pioches)
	600 gabions 2 x 1 x 0,5 m
	120 gabions 2 x 1 x 0,3 m
	950 m ² d'engazonnement
. personnel cadre et spécialistes	: 1 ingénieur/coordonateur
	2 contrôleurs
	5 chauffeurs

Le service d'entretien du projet disposant déjà d'un camion et d'un chargeur, deux camions et un chargeur restent donc à acheter.

- Curage des canaux principaux

Une drague-suceuse, de petit modèle, équipé de 300 m de tuyau et manoeuvrée par un conducteur/mécanicien expatrié devra être louée pour huit mois de travail environ. En plus on aura besoin, pendant cette période, d'une grue (disponible au projet ou en location) et de deux personnes en permanence.

- Mesures spéciales

. abreuvoirs	: 10 exemplaires
tuyaux en plastique	: 1200 m
. baignades	
1 ex. long de 100 m sur canal P1	: 600 gabions de 2 x 1 x 0,30 ,
2 ex. long de 100 m sur canal P2	: 1600 gabions de 2 x 1 x 0,30 m
. descente d'eau pour la protection des talus	: 7200 m

(b) Coûts

Les coûts ont été estimés en UM comme suit:

- Travaux de protection

Sont repris sous cette rubrique l'ensemble des travaux de protection mentionnés aux trois premiers alinéas du Paragraphe A.3.1.7 (a) (c'est-à-dire talus, batillage et affouillements):

. Main-d'oeuvre: 255 manoeuvres,	payés par le PAM	
. Investissements (achats hors taxes)		
2 camions 12 t, y compris 15 % pièces détachées	11 200 000	
1 chargeur, y compris pièces détachées	7 000 000	
2 compresseurs, y compris 4 marteaux pneumatiques et pièces détachées	1 600 000	
petit matériel divers	1 000 000	
600 gabions 2 x 1 0,50 m	2 200 000	
120 gabions 2 x 1 x 0,30 m	400 000	
950 m ² engazonnement	100 000	
Sous-total		23 500 000
. Fonctionnement - 2 ans		
3 camions à 2500 km/mois chacun		
carburant + lubrifiant	1 900 000	
pièces détachées	3 400 000	
2 chargeurs		
carburant + lubrifiant	1 000 000	
pièces détachées	3 100 000	
2 compresseurs + marteaux		
carburant + lubrifiant	300 000	
pièces détachées	200 000	
Sous-total		9 900 000
. Personnel cadre - 2 ans		
ingénieur/coordonateur	1 900 000	
2 controleurs	1 000 000	
5 chauffeurs	2 400 000	
Sous-total		5 300 000
Sous-total (a)		38 700 000
- <u>Curage des canaux par drague-suceuse</u>		
Transport maritime du matériel		
Rotterdam - Nouakchott A/R + frais de port	2 950 000	
Transport routier Nouakchott - Fouta-Gleïta A/R	1 440 000	
Location temps mort pendant transport (2 x 6 semaines)	1 940 000	
Location pendant période de travail (32 semaines)	13 250 000	
Frais de séjour du personnel (34 semaines)	1 430 000	
Billets d'avion (4)	580 000	
Imprévus 5 %	1 080 000	
		22 670 000
Sous-total (b) arrondi		22 700 000
(à comparer avec la perte d'une récolte 550 ha à 4 t à 18 000 UM = 39 600 000 UM)		

- Mesures spéciales

. Abreuvoirs 10 unités	1 370 000	
Tuyaux 1200 m	530 000	
	<hr/>	
Sous-total		1 900 000
. Baignades		
Gabions 2200 ex., 2 x 1 x 0,30	7 330 000	
Béton maigre 672 m ³	12 000 000	
Béton pour dalles 210 m ³	4 620 000	
Transport schistes	20 000	
	<hr/>	
Sous-total arrondi		23 970 000
		24 000 000
. Descentes d'eau 7200 m		3 600 000
		<hr/>
Sous-total (c)		29 500 000
Grand total a + b + c =		90 900 000
		=====

A.3.2 Protection des grands ouvrages d'art

On considère comme "grands ouvrages d'art" les ouvrages d'art qui se trouvent dans le tracé des oueds et permettent aux eaux des oueds de traverser les canaux primaires d'irrigation et d'arriver enfin au Gorgol Noir. Les données hydrauliques de base ont été présentées dans l'Annexe C: Caractéristiques hydrauliques de la zone et Inondations.

A.3.2.1 Situation actuelle des drains et ouvrages d'art annexes

Les aqueducs et siphons sont réservés aux grands oueds drainant des bassins de plusieurs dizaines de km². Les lits généralement bien marqués ont été recalibrés en drain principal (DP) au tracé rectiligne et aux berges insubmersibles. Ces drains principaux ont été prévus pour qu'il n'y ait aucun débordement pour la crue de projet définie par INC. La conséquence directe est que l'effet de laminage entraîné par l'épandage naturel des crues est supprimé et qu'il y a donc une concentration plus rapide des écoulements au niveau du Gorgol Noir. Quant aux dalots répertoriés sur la Figure A.8, ils ont été calés assez bas compte-tenu de la cote du radier des canaux. Ils créent donc une irrégularité dans le profil en long de l'oued comme l'indique le schéma ci après (Fig.A.9). Ces dalots sont les exutoires des drains extérieurs, ou de bassins de quelques km².

(a) Siphons et aqueduc

Ne créant pas de singularité dans le profil en long de l'oued ou la section d'écoulement, ces ouvrages ne font pas l'objet d'une érosion importante depuis leur construction. La crue de 1984 n'a pas laissé de traces significatives. Cependant au niveau des culées il faudra prévoir quelques protections classiques pour ce type d'ouvrage.

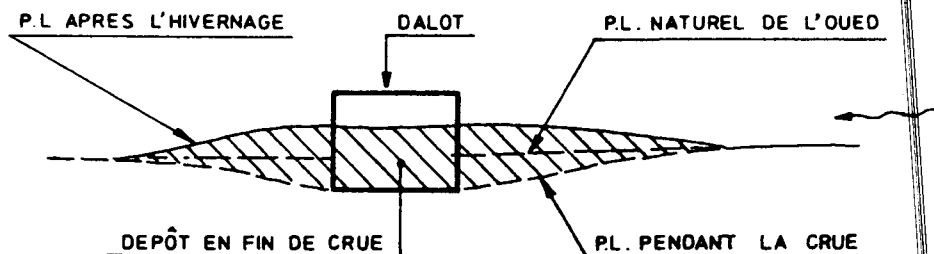


Fig. A.9 - Profil en long irrégulier de l'oued au niveau des dalots.

(b) Dalots

Comme nous l'avons indiqué précédemment, les dalots ont de manière générale été enterrés par rapport au profil en long naturel de l'oued. Les conséquences sont les suivantes :

- les ouvrages sont tous ensablés après l'hivernage et certainement après chaque crue ;
- les dalots fonctionnent tous en régime moyen c'est-à-dire que le niveau de l'eau en amont et en aval dépasse très souvent le sommet de l'ouverture.

Cette submersion du remblai à proximité de l'ouvrage entraîne des érosions importantes en amont et en aval auxquelles il faudra absolument remédier. Les protections par enrochement ou gabions réalisées par le projet dans ce but devront être renforcées. Ces érosions sont d'autant plus importantes et dangereuses que l'ouvrage présente un débouché faible par rapport aux débits estimés ou possibles. C'est pourquoi il nous a paru important d'estimer le risque de détérioration au niveau de chaque dalot compte-tenu des évaluations de débit déduites notamment des tracés de crues et des débits possibles de différentes périodes de retour (20 ans, 50 ans). C'est ce que nous avons indiqué dans le Tableau A.4.

(c) Drains

Les drains principaux (DP) franchis en aqueduc ou en siphon ne posent pas de problème de débordement ou d'érosion particulier. Ces drains sont les exutoires des grands oueds. Il est toutefois important de s'assurer que ces drains ne peuvent être contournés en tête par un bras ou un affluent du lit principal ce qui ne semble pas être le cas pour les ouvrages existants. Pour les dalots l'exutoire est toujours calibré à l'aval et a souvent ses berges érodées sur quelques mètres à la sortie de l'ouvrage. Cette érosion est provoquée par les vitesses importantes à la sortie de l'ouvrage. Par un processus d'érosion régressive la pérennité du dalot peut être mise en cause. A l'amont l'oued n'est pas toujours calibré, les berges sont cependant franches, mais érodées ou érodables. Elles nécessitent d'être consolidées si l'on veut éviter une érosion qui se prolongerait jusqu'au dalot, érosion qui est parfois accentuée par l'arrivée des drains extérieurs en pied de canal principal (DR2 sur canal P1).

Tableau A.4 - Fonctionnement des dalots en place

Canal	Position	Caractéristiques L x h (m)	H amont (m)	H aval (m)	Q maxi écoulé (m³/s) 1984	V/ms	Evaluation pour Q50			Evaluation pour Q100			Risque
							Q50 m³/s	V50H m/s	amont* (m)	Q100 m³/s	V100 m³/s	H amont* (m)	
Amenée	PK 900	4(2,0 x 1,5)	3,95	2,62	37	3,1	45	3,8	4,6	52	4,3	5,3	débordement
	PK 1160	1,0 x 0,8	2,70	2,00	1,8	2,2	2,8	3,1	3,1	2,5	3,1	3,4	érosion
	PK 2160	1,0 x 0,85	2,33	1,80	1,6	1,9	2,3	2,7	2,8	2,6	3,1	3,1	érosion
	PK 2929	2(2,0 x 1,5)	3,75	2,28	19	3,2	22,7	3,8	4,5	26	4,3	4,9	érosion importante à cause vitesse excessive
P1	DR2	1,0 x 1,0	2,30	2,00	1,5	1,5	1,8	1,8	2,5	2,1	2,1	2,6	érosion
	DR5	2(2,0 x 1,5)	3,30	3,16	6,0	1,0	15 ¹	2,5	4,1	17	2,8	4,3	érosion, limite du débordement
	DR7	2(2,0 x 1,5)	2,50	1,85	13	2,1	16	2,7	2,9	18	3,0	3,1	ensablement et réduction capacité
	DR9	1,0 x 1,0											érosion faible au pied du dalot
P2	DR19	2(1,5 x 1,5)	3,45	2,51	12	2,6	15	3,3	4,1	17	3,8	4,5	érosion, ensablement en fin de crue
	DR21	1,5 x 1,0	3,00	2,00	4,0	2,7	5,0	3,3	3,6	5,7	3,8	4,0	érosion ensablement en fin de crue
	DR22	1,5 x 1,0	2,65	2,05	3,1	2,1	4,0	2,7	3,1	4,6	3,1	3,4	érosion, ensablement en fin de crue
	DR24	1,5 x 1,0	2,75	2,01	3,4	2,3	4,3	2,9	3,2	4,9	3,3	3,5	érosion, ensablement en fin de crue
	DR25	1,0 x 1,0	2,75	2,11	2,1	2,1	2,7	2,7	3,1	3,1	3,1	3,5	érosion, ensablement en fin de crue

* H amont pour la crue cinquantennale a été calculée en supposant que H aval ne variait pas

¹ Evaluation à partir de la régression QJ 1,8S^{1,3}

A.3.2.2 Principe de consolidation et entretien

(a) Consolidation

Compte tenu des conséquences qu'entraînerait une rupture de canal au niveau d'un dalot, il nous semble nécessaire d'envisager un renforcement ou une protection des ouvrages hydrauliques correspondant à la crue centennale.

Signalons que le risque de débordement est d'autant plus grand que l'impluvium est étendu. En effet les volumes à écouler étant plus importants, l'effet d'écrêtement provoqué par la digue du canal est plus faible. En conséquence des dispositifs anti-érosifs (gabions, enrochements) devront être prévus à l'entrée et à la sortie des ouvrages ainsi qu'au niveau des drains éventuellement recalibrés. Ces travaux de consolidation devront être réalisés en tenant compte des caractéristiques des écoulements de période de retour 100 ans indiquées dans le Tableau A.4. La définition de ces travaux de consolidation est donnée dans le chapitre suivant (A.3.2.3).

L'ouvrage du PK 900 sous le canal d'amenée nécessite d'être doublé permettant ainsi l'évacuation de la crue cinquantennale ($Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$) avec les caractéristiques d'écoulement suivantes: vitesse dans l'ouvrage = 1,90 m/s, H-amont = 3,2 m et pour la crue centennale ($Q = 52 \text{ m}^3/\text{s}$) à l'exutoire du PK 900: vitesse dans l'ouvrage = 2,2 m/s, H-amont = 3,3 m.

(b) Entretien

Comme il a été indiqué au Paragraphe 3.2.1 tous les dalots ont leur radier plus bas que la cote naturelle de l'oued drainé. Ceci se traduit par un ensablement des ouvrages en fin de crue. Le phénomène est accentué au niveau du canal P2 où le transport solide semble plus important. Les dépôts sont emportés lors de la crue suivante si elle est suffisamment importante mais créent temporairement un obstacle à l'écoulement, provoquant une élévation du niveau d'eau à l'amont et une mise en vitesse localisée.

Entre deux hivernages les dépôts dans les dalots se consolident, deviennent le siège d'une végétation plus ou moins dense. Il est donc absolument nécessaire d'éviter cette phase de consolidation par un curage systématique des dalots en saison sèche. Ce curage devra se poursuivre en amont et en aval de l'ouvrage sur une distance de l'ordre de 5 fois l'ouverture.

A.3.2.3 Protection autour des ouvrages des drains: aqueducs, siphons et dalots

Comme il a été déjà dit plus haut, les drains au passage des siphons et de l'aqueduc n'ont pas subi une érosion significative. Pour la protection de ces ouvrages importants, il suffira de garder un nombre de cages de gabions en réserve afin de pouvoir en cas de calamité, intervenir rapidement et aussi empêcher l'aggravation du problème. Par contre, dans le cas des dalots, il serait à conseiller d'entamer dans un bref délai des travaux de consolidation de ces ouvrages.

En fait les passages en dalot manquent tous d'une protection adéquate à leurs extrémités amont et aval, ce qui provoque une dégradation des talus sous l'influence de la vitesse croissante à l'entrée de l'ouvrage et décroissante à la sortie. Ces dégradations peuvent finalement mettre en danger les digues des canaux principaux sous lesquelles passent les dalots et, étant donné la forte érodibilité des terres constituant les digues, provoquer des dégâts importants.

Il est à signaler à ce sujet que la SONADER a déjà exécuté des travaux de protection aux endroits présentant le plus de risques. A part les travaux d'amélioration applicables à tous les dalots, s'ajoute la modification à apporter au dalot au PK 900 du canal d'amenée dont les dimensions sont trop réduites pour faire passer correctement les eaux de crue. Les travaux à faire sur ce dalot seront traités séparément.

(a) Protection des dalots sous canaux principaux.

Ils sont au nombre de 13 dont 4 sous le canal d'amenée, 4 sous le canal P1 et 5 sous le canal P2 (voir Figure A.8). Les protections à prévoir en amont et en aval de ces ouvrages dépendent des circonstances locales et peuvent différer de dalot à dalot. C'est ainsi que différents types de protection ont été prévus lesquels sont représentés dans les Figures A.10 (A à F).

La où les drains ont été creusés dans les schistes une protection est à prévoir seulement sur le talus autour de l'ouvrage (type D et F). La où les schistes s'arrêtent à une certaine distance du dalot, la protection est à prolonger jusqu'à la rencontre des schistes (types C et E). La protection des talus par des gabions (type E et F) a été prévue là où la digue du canal d'irrigation est particulièrement haute ou son talus très raide.

Pour les autres cas, les types A et B peuvent être utilisés; type A pour des longueurs "L" supérieures à 8 m; type B pour les longueurs inférieures à cette distance, la longueur "L" étant égale ou supérieure à 2,5 fois la profondeur d'eau dans le drain. La protection est constituée de gabions de 1,00 x 1,00 m ou d'un enrochement (schistes ou autres) de 30 cm d'épaisseur sur un filtre sable/gravier de 15 cm d'épaisseur. Ce filtre sert à empêcher l'érosion du sol en dessous des enrochements et gabions.

Le Tableau A.5 présente pour les différents dalots du secteur le type de protection prévu, ses dimensions et la quantité de matériaux de construction nécessaires. Pour le choix du type de protection et ses dimensions, on a consulté la publication "Design of small canal structures, USDI 1974".

(b) Modification du dalot au PK 900

Ce dalot dont les dimensions d'après l'étude hydrologique sont trop réduites a provoqué déjà, lors du passage d'une crue, un niveau très élevé dans le drain qui a failli dépasser celui de la digue du canal d'amenée. Il s'avère nécessaire de doubler la capacité de cet ouvrage, qui en ce moment possède une section de 12 m² (4 ouvertures de

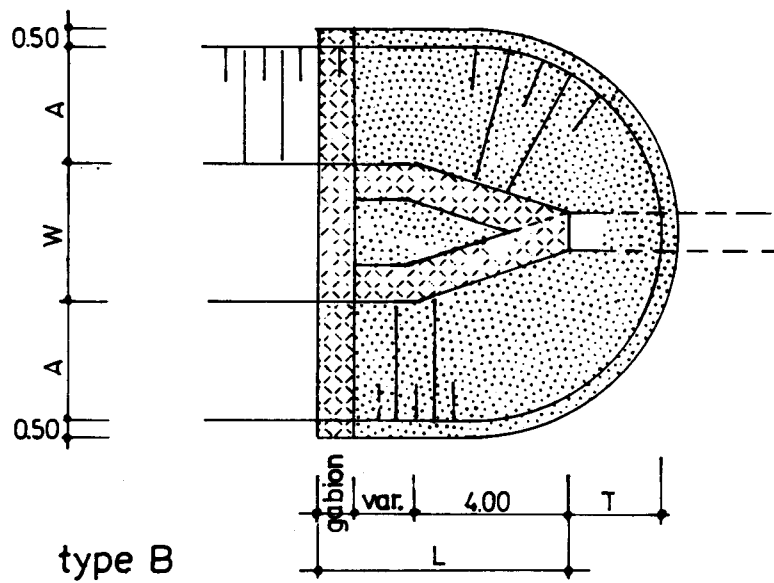
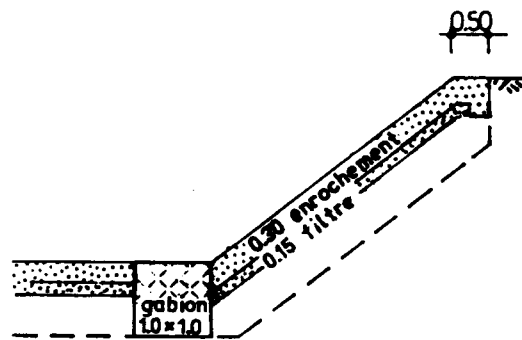
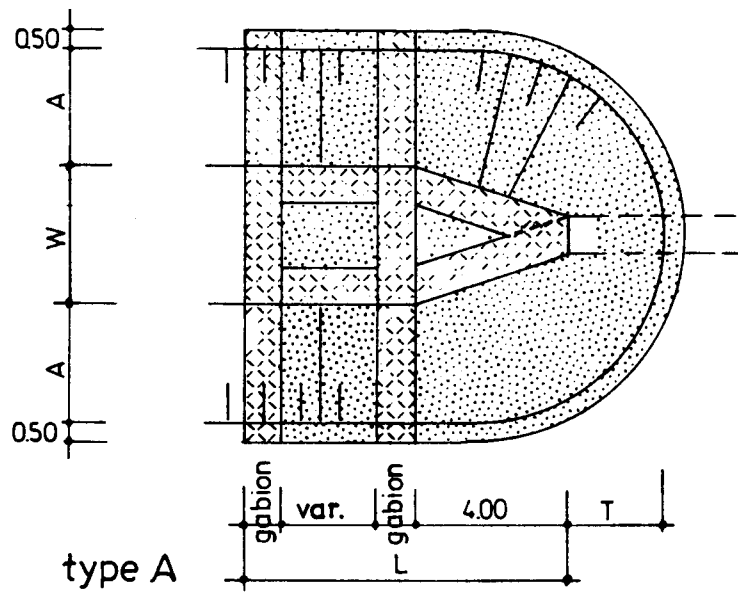


FIG. A.10 PLANS TYPE DE PROTECTION DES DALOTS SOUS CANAL

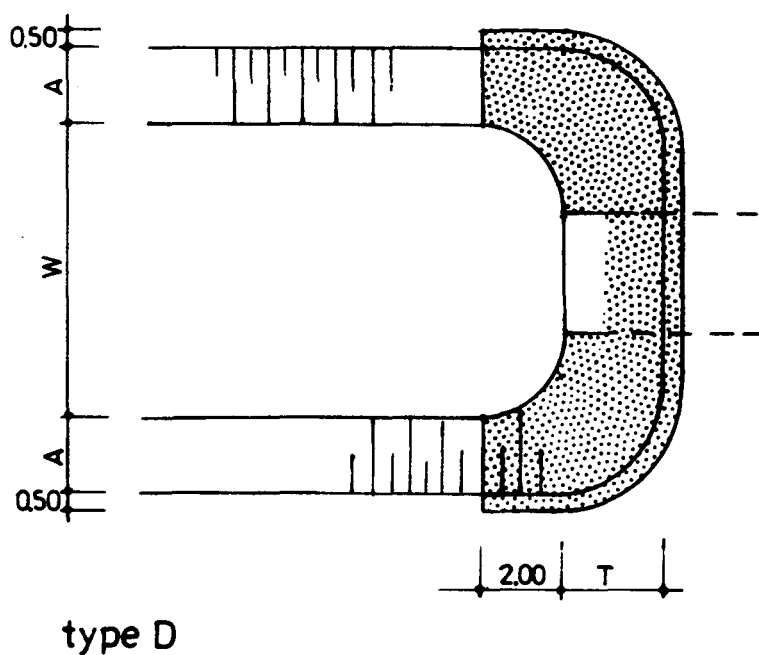
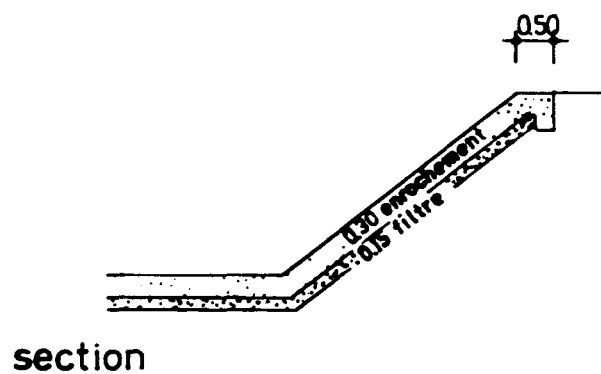
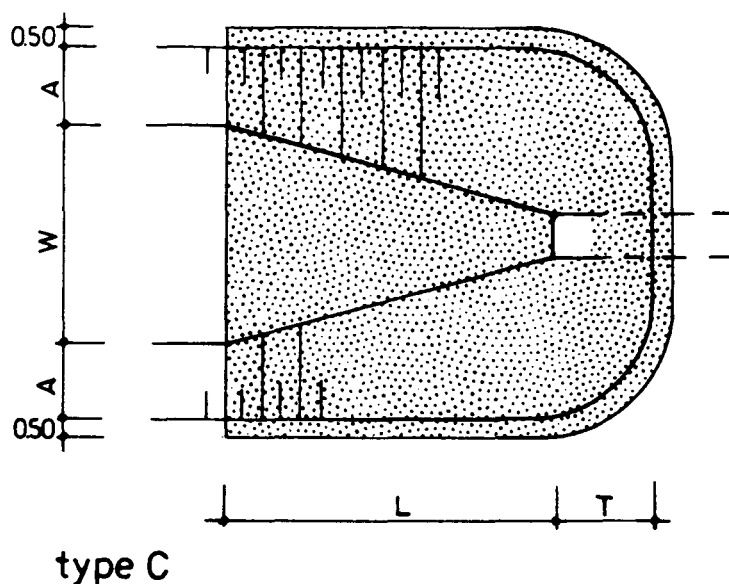
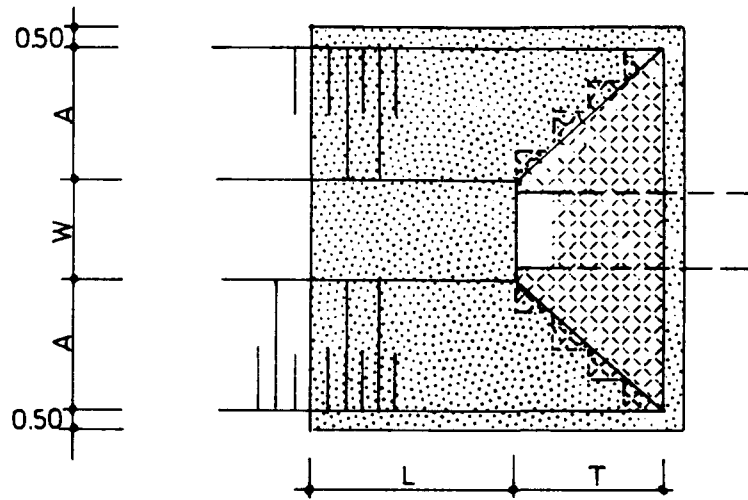
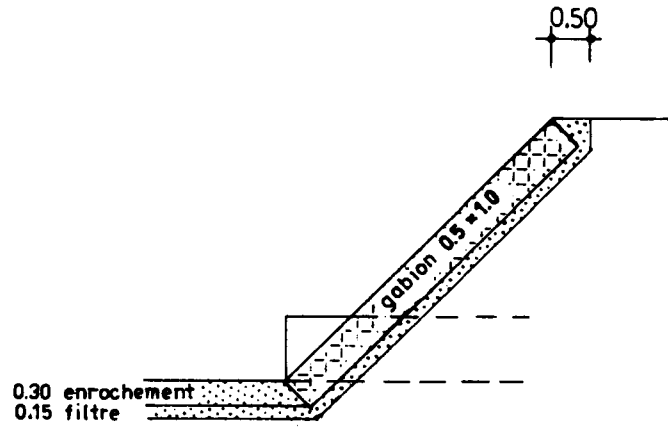


FIG. A.10 PLANS TYPE DE PROTECTION DES DALOTS SOUS CANAL (SUITE)

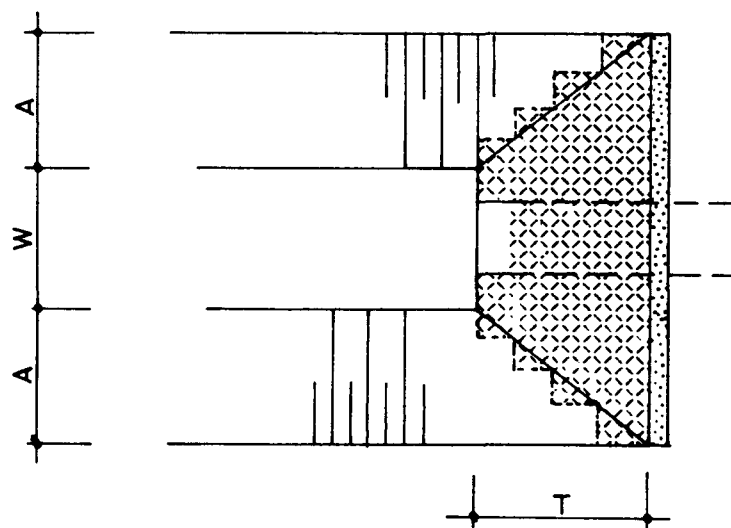
A.34



type E



section



type F

FIG. A.10 PLANS TYPE DE PROTECTION DES DALOTS SOUS CANAL (SUITE)

Tableau A.5 - Types et dimensions des protections des dalots/quantités de matériaux nécessaires

Dalot	Type de protect.	Dimensions approx. ¹				Quantités				
		A	W	T	L	Gabions 1x1 m	Gabions 1x0,5 m	Enrochement m ³	Filtre m ³	Cage de gabions 1x1m
1160 amont	-							5,0		
1160 aval	A	3,15	3,70	2,50	8,50	36,5		63,5	13,5	
2160 amont	C	1,55	3,30	1,90	10,00			29,0	14,5	
2160 aval	B	1,55	3,30	1,50	7,50	21,5		37,5	8,0	
2929 amont	D	2,50	6,00	5,00	-			16,3	8,2	
2929 aval	D	2,95	8,30	1,70	-			12,9	6,5	
DR2 amont	C	2,40	4,30	3,40	10,00			39,8	19,9	
DR2 aval	B	2,40	4,30	3,00	6,00	20,5		35,2	7,3	
DR5 amont	C	1,25	9,90	2,90	5,00			34,4	17,2	
DR5 aval	A	3,25	7,80	4,00	10,50	50,5		94,3	21,8	
DR7 amont	D	2,80	10,70	4,70	-			29,7	14,9	
DR7 aaval	D	2,30	8,60	2,70	-			16,5	8,3	
DR9 amont	B	2,30	1,40	2,10	4,00	19,9		29,4	4,8	
DR9 aval	B	0,50	6,00	3,40	6,00	21,1		31,0	4,7	
DR19 amont	D	3,80	6,00	2,70	-			20,5	10,3	
DR19 aval	D	3,80	6,00	2,50	-			23,5	11,8	
DR21 amont	F	2,50	4,00	4,75	-		42,2	21,1	6,3	
DR21 aval	D	1,75	6,00	3,50	-			12,6	6,3	
DR22 amont	F	3,00	4,00	4,60	-		54,3	27,2	8,2	
DR22 aval	D	1,75	6,00	3,50	-			12,6	6,3	
DR24 amont	E	3,55	2,50	4,20	5,00		40,6	43,3	17,6	
DR24 aval	D	1,75	6,00	3,50	-			14,0	7,0	
DR25 amont	E	2,85	2,80	4,50	5,00		46,9	39,7	15,1	
DR25 aval	C	1,75	6,00	3,50	25,00			100,0	30,0	
siphons et aqueduc										100,00
						170,00	184,00	789,00	288,00	100,00

¹ Voir Figure A 10

1,50 m de haut et 2,00 m de large). Etant donné la faible hauteur disponible entre le fond du canal d'amenée et le plafond du drain, la hauteur du dalot supplémentaire devra être la même que celle du dalot existant, ce qui conduit à la solution d'un dalot supplémentaire ayant les mêmes dimensions que l'ouvrage existant c'est-à-dire 4 ouvertures de 1,50 m de haut et 2,00 m de large.

Ce dalot supplémentaire doit de préférence se situer à côté de l'ouvrage existant. Ainsi suffit-il d'élargir le drain existant au lieu de creuser un deuxième drain. On a supposé que la réalisation des travaux sur le dalot PK 900 ne devait provoquer qu'une courte interruption de l'apport d'eau d'irrigation. Il sera donc nécessaire de dévier les eaux du canal d'amenée pendant l'exécution des travaux. Pour que le débit à dévier soit aussi réduit que possible il est à conseiller d'entamer les travaux avant la mise en eau de l'extension du périmètre d'irrigation.

On a cherché à voir s'il était possible de faire passer le débit du canal d'amenée dans des buses métalliques et de construire le dalot en dessous de celles-ci. Mais étant donné la faible hauteur libre disponible cette solution a été rejetée.

Il est donc proposé de dévier le canal d'amenée comme il a été indiqué sur la Figure A.11. Cette déviation se fera de préférence du côté amont de l'ouvrage afin de ne pas couper la piste qui longe le canal d'amenée. La protection à prévoir en amont et en aval du dalot élargi est représentée sur la Figure A.12.

A.3.2.4 Coûts relatifs à la protection des grands ouvrages d'art

La modification du dalot PK 900 sera réalisée à l'entreprise dans le cadre des travaux d'extension du périmètre. Les coûts d'exécution de la modification, y compris la déviation temporaire du canal d'amenée sont estimés à 30 000 000 UM.

La protection des autres dalots installés sous les canaux principaux nécessite l'achat de 460 gabions, y compris 100 gabions à réserver pour les cas d'urgence. Les coûts d'achat de ces gabions s'élèvent à 1 700 000 UM. Leur mise en place et leur remplissage requerront l'intervention de 3 personnes pendant un an, à payer par le PAM et demanderont de nombreux trajets de camions. Les frais de fonctionnement des camions sont déjà compris dans les coûts de fonctionnement estimés dans le Paragraphe A.3.1.7.

A.3.3 Lutte contre l'ensablement des dalots et drains

A.3.3.1 Ensablement

Le matériau sédimentaire argilo-limoneux dont a été formé la région du projet est moyennement perméable mais très sensible à l'impact des gouttes de pluie qui forment en surface une pellicule de battance

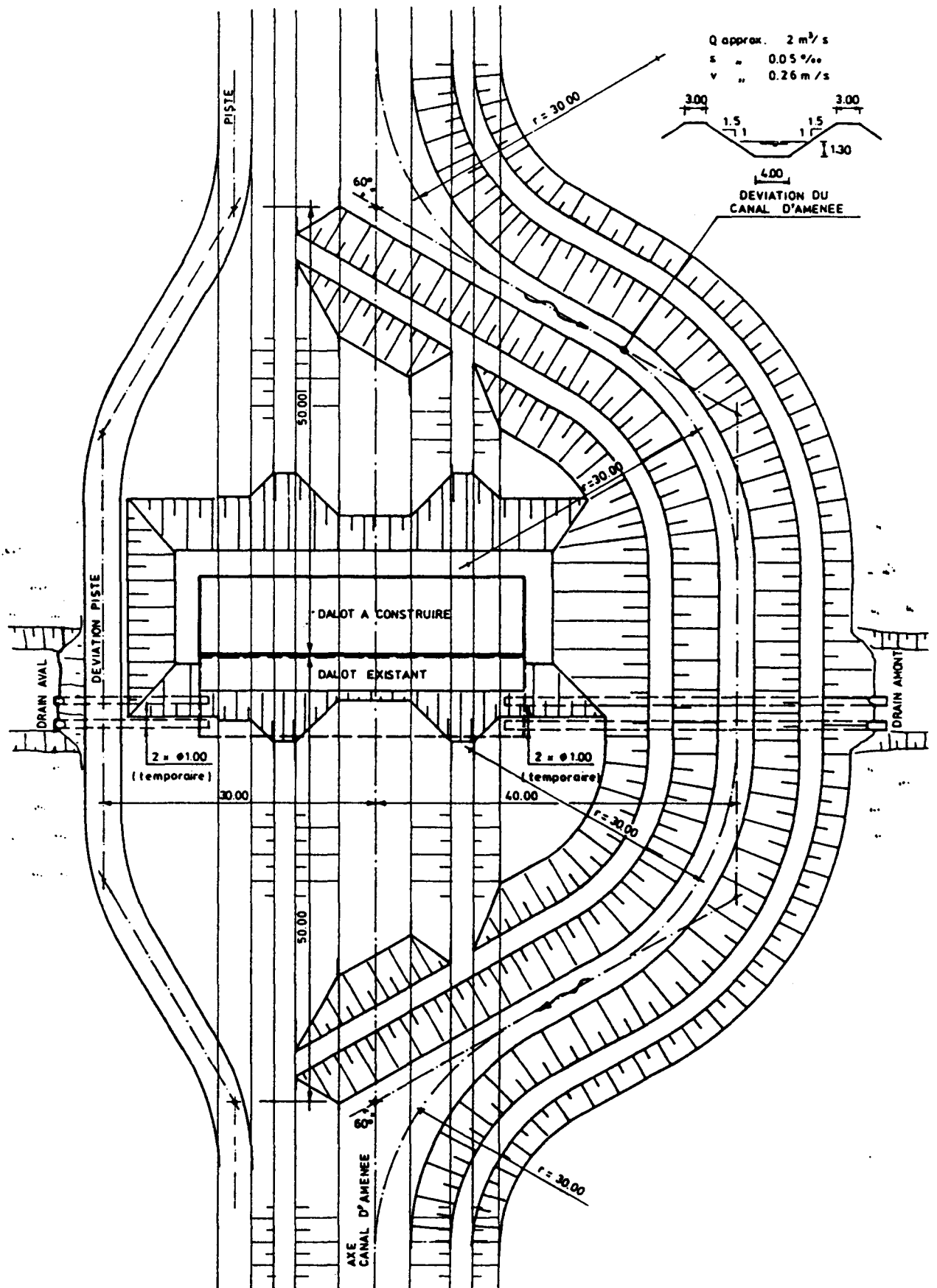
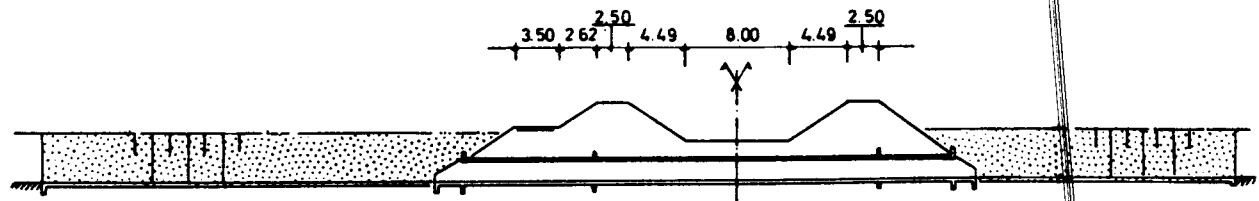


FIG. A.11 DALOT PK 900, DEVIATION DU CANAL D'AMENEE

A.38



COUPE SUR L'AXE DU DRAIN

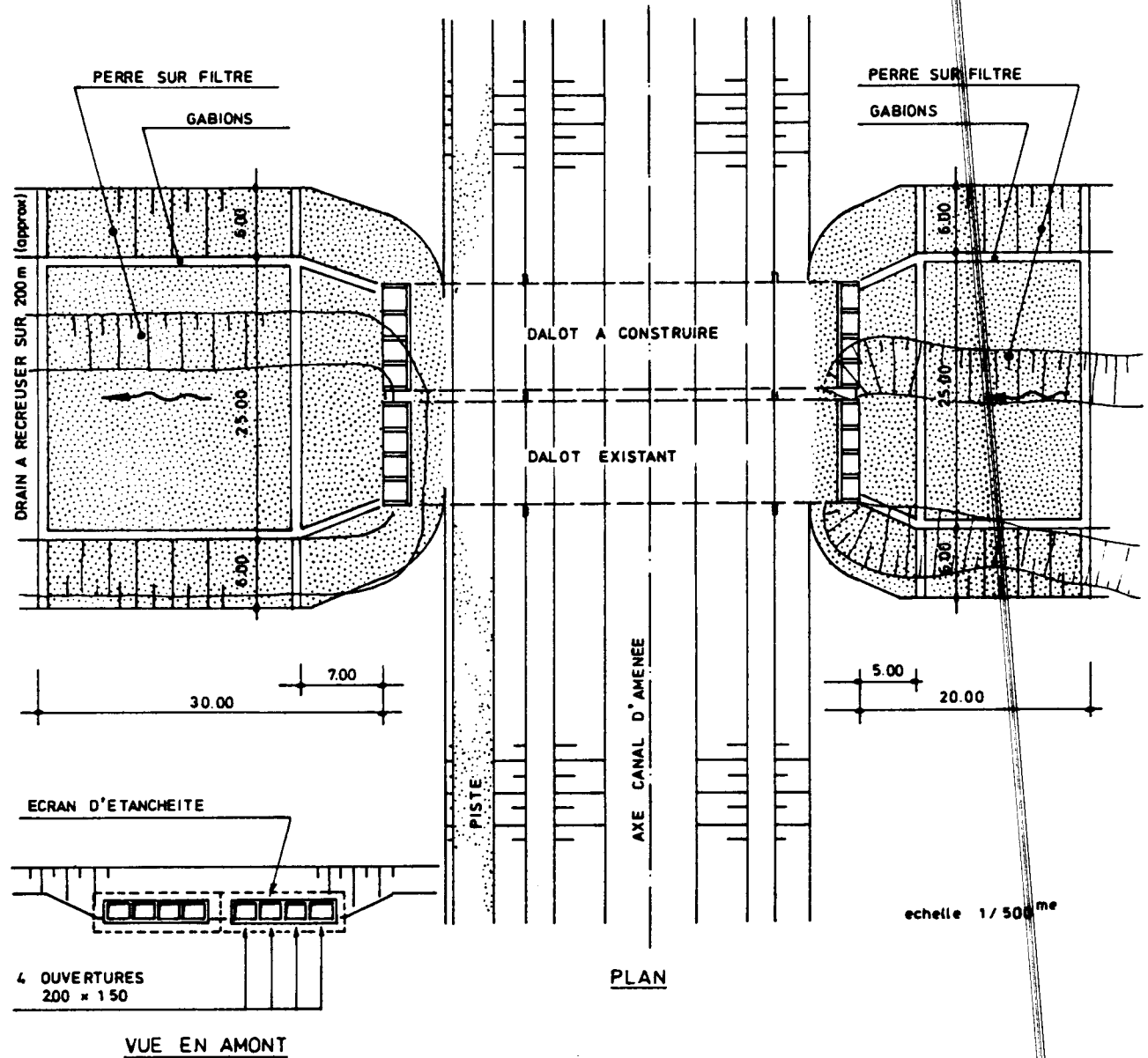


FIG. A.12 DALOT PK 900, PROTECTION EN AMONT ET EN AVAL

laquelle limite considérablement l'infiltration. Cela explique l'importance du ruissellement (supérieur à 80 % des précipitations). La nature des matériaux sédimentaires explique la faible résistance à l'érosion. Le ruissellement entraîne beaucoup de particules (sables, limon) qui se concentrent dans les oueds et sont emportées par les crues. L'eau de crue des oueds est donc très chargée en matériaux solides. Ils sont déposés en fin de crue, et créent ainsi dans les dalots, un obstacle temporaire à l'écoulement. Ce phénomène ne sera pas résolu à court terme et le projet devra se préparer à un entretien régulier des dalots par un curage systématique en saison sèche.

L'ensablement des drains principaux (oueds) est, dans les conditions actuelles, un phénomène naturel inévitable. Le lit des oueds n'est pas stable lors des crues, mais cela ne pose pas de gros problèmes. Les matériaux solides sont emportés lors des crues et déposés à la fin de la crue.

A.3.3.2 Mesures

Le seul moyen de diminuer l'ensablement des oueds est d'essayer de diminuer l'érosion des bassins versants provoquée par le ruissellement, c'est-à-dire de prévoir des mesures de conservation des sols. On peut distinguer 2 types de terres, à savoir: les terres de production destinées aux cultures et les terres de protection portant une végétation généralement naturelle.

(a) Terres de protection

La conservation des terres de protection repose essentiellement sur la permanence d'une couverture végétale - forêt ou prairie permanente - aussi complète que possible: il importe donc au premier chef de défendre la végétation existante contre les dommages que l'homme et les animaux sont susceptibles de lui causer. En plus, il est important d'étendre les zones couvertes de végétation notamment sur les terres nues de la région de Foun-Gleïta, cela réduira l'effet du splash et le ruissellement.

Un autre moyen pour réduire le ruissellement (et donc l'érosion) consiste à construire de petits casiers entourés de diguettes. Cette méthode est présentée au Paragraphe 4.5 de l'Annexe C. On pourrait y pratiquer la culture de décrue.

La construction de petits barrages rustiques ou en gabions diminuera le déplacement des matériaux solides dans les oueds.

(b) Terres de production

Les terres de production dans les bassins versants consistent uniquement en des champs de cultures de décrue dans certaines parties humides. Mais ces champs pourraient aussi être entourés de diguettes retenant ainsi l'eau des pluies et diminuant le ruissellement. Leur superficie pourrait être élargie en poursuivant la construction de casiers entourés de diguettes.

Les moyens classiques de conservation de terres ne sont pas pratiqués et leur mise en oeuvre n'est envisagée ni à long terme ni à bref délai. Il s'agit des moyens suivants: labour à plat en courbes de niveau, culture en billons suivant les courbes de niveau, sous-solage, ripperage, terrassage, haies, banquettes algériennes, dérayure etc. Cependant, certains pourraient être pratiqués à petite échelle. Par exemple, les champs entourés de diguettes pourraient à l'avenir être disposés en terrasses.

A.3.4 Reboisement autour et à l'intérieur du périmètre

Le périmètre du Gorgol Noir est situé de part et d'autre du lit du fleuve qui a une orientation est-ouest à la sortie du barrage. Le vent dominant de saison sèche chaude est l'Harmattan qui souffle à partir du nord-est. La végétation environnante est très clairsemée quand elle existe et n'est donc pas de nature à jouer un rôle quelconque dans la protection du périmètre.

Les actions à entreprendre en matière de reboisement correspondent à plusieurs objectifs et sont présentées dans les paragraphes suivants.

A.3.4.1 Protection des canaux primaires par brise-vent

Tout d'abord il s'agit de protéger les canaux principaux contre les apports de sable et pour cela de prévoir au nord des canaux P1 et P2 des rideaux d'arbres brise-vents. Des réalisations ont déjà été effectuées par le projet et les résultats sont encourageants.

En 1985, un brise-vent de 3 km a été réalisé au nord du canal P1 à hauteur de l'irrigateur S10. Les plantations étaient constituées de Prosopis, Eucalyptus et Parkinsonia. A l'intérieur du brise-vent qui comportait 6 lignes, des agrumes et des bananiers ont été plantés. En 1986, 6,8 km supplémentaires ont été réalisés au niveau du P1 et 2 km au niveau du P2 à la hauteur du canal secondaire S27. Sur les 26,5 km de canaux primaires (10,5 km sur le P1 et 16,0 km sur le P2), 11,8 km de brise-vents ont été réalisés.

Le projet bénéficie d'une assistance du PAM pour la réalisation des brise-vents: en effet, toute la main-d'oeuvre depuis la pépinière jusqu'à l'irrigation est rémunérée en vivres. Ainsi pour l'année 1986, la main-d'oeuvre consacrée à la réalisation des brise-vents correspond à 47 880 journées de travail, soit une occupation permanente sur 12 mois pour 133 personnes. L'absence de comptabilité analytique ne permet pas de déterminer le coût d'installation et d'entretien des brise-vents déjà réalisés.

Le programme 1987 n'est pas connu de façon précise. Par prudence il sera retenu une réalisation de 2 km. Il resterait donc à réaliser environ 10 km de brise-vents le long des canaux principaux.

La partie du P2 depuis le partiteur jusqu'au DP10 ayant une orientation NE-SW se trouve dans l'axe où souffle l'Harmattan et la mise en place d'un brise-vent dans cette partie serait sans doute de peu d'effet. Les 10 km définis ci-dessus tiennent compte de cette partie non aménagée.

Les aménagements de brise-vents proposés sont du même type que ceux déjà réalisés, cependant les raies d'irrigation par rangée d'arbres devront être mieux matérialisées à la charrue rigoleuse (il en existe une dans le projet mais elle n'est pas utilisée pour le moment), ou à défaut par un passage de grader.

Les brise-vents installés sur la partie nord du P1 devraient aussi constituer une barrière pour empêcher les animaux de venir s'abreuver dans le canal, la contre-partie étant qu'il faudra aménager des abreuvoirs tous les 3 km environ pour permettre l'abreuvement de ces mêmes animaux.

La protection extérieure du brise-vent côté nord pourrait être réalisée avec une haie d'Euphorbia balsamifera qu'il faudrait faire venir dans un premier temps mais qui se bouture facilement et qui a la particularité de pousser en hauteur au fur et à mesure des dépôts de sable. C'est ce qui sert de haie aux champs cultivés dans toute la partie nord du Sénégal. Le brise-vent sera constitué au-delà par 5 rangées d'arbres espacés de 3 m entre les lignes, les arbres eux-mêmes étant espacés de 2 m sur les lignes. Deux rangées de Prosopis juliflora encadreront trois rangées d'Eucalyptus camaldulensis ou terteticornis.

On observe que l'effet d'un brise-vent varie avec sa perméabilité, c'est-à-dire avec la proportion de vides qu'il contient par rapport à sa surface totale. Une faible perméabilité provoque une diminution plus importante de la vitesse du vent mais, par suite de la création de tourbillons, la zone protégée est plus réduite. La perméabilité optimale varie entre 40 et 50 % de vides. Les brèches sont dangereuses parce qu'elles provoquent une augmentation de la vitesse du vent appelé "effet venturi". En conséquence, le brise-vent doit être continu et il sera nécessaire de compléter son efficacité. L'épaisseur, par contre, a peu d'importance. Quand l'épaisseur du brise-vent augmente, sa perméabilité diminue et par conséquent, son efficacité aussi. Par exemple, on constate qu'une bande forestière de 600 m de large exerce une action moins efficace qu'un rideau d'arbres de 20 m. L'effet protecteur maximum est atteint lorsque le brise-vent est perpendiculaire à la direction du vent.

A.3.4.2 Installation de brise-vent à l'intérieur du périmètre

En second lieu, il convient de protéger les canaux, voire les parcelles, à l'intérieur du périmètre. Il n'est cependant pas envisageable d'installer des brise-vents sur l'ensemble du périmètre avec une densité telle qu'elle permettrait de contrecarrer les effets du vent sur l'ensemble des parcelles. Il est proposé à ce niveau d'installer des brise-vents le long des canaux secondaires ou tertiaires dont l'orientation coupe le sens du vent dominant et là où une place est disponible pour l'installation du brise-vent. Il s'agira là d'une seule ligne d'arbres composée de Prosopis juliflora.

Certains projets avaient envisagé l'installation de brise-vents le long des drains secondaires, mais nous n'avons pas retenu cette solution car la situation actuelle sur le réseau de drainage de la partie aménagée ne reflète pas la situation normale (une partie des eaux du barrage emprunte le réseau d'irrigation et de drainage pour rejoindre le Gorgol à l'aval, et le réseau de drainage est pratiquement tout le temps en eau).

Le Tableau A.6 indique par secteur d'irrigation les linéaires qui seront à réaliser.

Tableau A.6 - Longueur de brise-vents
par secteur d'irrigation

Canal secondaire	Longueur (m)
S1	1500
S2	500
S4	2600
S5	1950
S6	1600
S7	600
S8	2400
S9	1950
S16	750
S17	2800
S21	3000
S23	2500
S24	850
S25	2050
S27	6750
Total	31800

Un tel volume d'aménagement peut être envisagé sur une période de 5 ans.

Une partie de la population est opposée à l'installation des brise-vents sous prétexte qu'ils servent de gîte aux oiseaux, mais l'installation des brise-vents amène plus d'avantages que d'inconvénients et elle se révèle indispensable dans le cas de réalisation de périmètres maraîchers ou d'arboriculture. Pour ces deux derniers cas d'installation des brise-vents ne pourra s'envisager que lorsque les surfaces maraîchères ou fruitières auront été localisées sur le terrain.

A.3.4.3 Plantation d'ombrage dans les villages

En dehors de la Base Vie, les trois villages (Nord, Centre et Sud) ne possèdent pour le moment aucune plantation d'arbres. La localisation même des villages sur des points hauts fait que la nature des terrains n'est pas très favorable à des plantations, mais celles-ci sont cependant possibles (exemple de la Base-Vie). Il n'est pas envisageable de faire supporter par le projet la plantation et l'entretien d'arbres d'ombrage dans les villages, mais le projet pourra intervenir en mettant des plants à disposition. Les plantations au niveau des villages devraient se faire dans le cadre de travaux communautaires sous l'impulsion du service de vulgarisation au travers des groupements précoopératifs. Tout arbre planté devant ensuite être arrosé, une opération de plantation ne pourra être basée que sur le volontariat et à condition que l'eau soit disponible dans chaque village à partir d'un réservoir ou d'une borne fontaine. Dans ces conditions il serait alors possible d'envisager dans un premier temps la plantation d'un ou deux arbres par famille tenant compte de la charge d'irrigation que cela représentera par la suite.

A.3.4.4 Plantations ligneuses pour bois de feu

Les terrains en bordure du Gorgol Noir sont inaptes à l'aménagement mais pourraient convenir à des plantations d'arbres pour la production de bois de feu dont les besoins au niveau du périmètre ne feront qu'augmenter du fait de la concentration de la population. Le rapport CTFT fait état de besoins annuels de $0,6 \text{ m}^3/\text{personne}$, ce qui conduit à des besoins de l'ordre de $18\,000 \text{ m}^3/\text{an}$ pour la population qui sera installée sur les 3600 ha à aménager. Ce volume correspond à la production annuelle de 900 ha de plantation ligneuse intensive irriguée ou de $180\,000 \text{ ha}$ de formations ligneuses naturelles. La solution d'un tel problème n'est plus à l'échelle du projet.

Cependant dans le cadre de la mise en place d'une station expérimentale sur le projet, la réalisation de plantations en bordure du fleuve pourrait être envisagée dans les zones où des canaux tertiaires arrivent à proximité (notamment extrémité des S16 et S17).

Des aspects plus généraux concernant le reboisement, qui intéressent non seulement le projet Foun-Gleïta mais aussi la région, sont présentés dans l'Appendice A.II.

A.3.5 Entretien des réseaux

Malgré les mesures proposées dans le Paragraphe A.3.1, un entretien sera toujours nécessaire. L'entretien a un caractère régulier, périodique mais il est recommandé de faire une inspection intensive lors de la saison des pluies et lors de l'harmattan et de faire intervenir la brigade d'entretien dès qu'un dégât est constaté. Une légère érosion peut s'aggraver rapidement.

L'enlèvement systématique de chaque arbustre, arbre, etc. qui commence à pousser dans les talus ou sur la crête des digues sera également nécessaire.

Le curage des canaux principaux comme proposé dans le Paragraphe A.3.1.3, la protection des talus avec des schistes et le reboisement autour du périmètre étant réalisés, on peut s'attendre à une diminution considérable des dépôts dans les canaux. Cela veut dire que la fréquence des curages du système primaire d'irrigation diminuera.

Les grands oueds ne demandent guère d'entretien. Seuls les ouvrages d'art requièrent une inspection régulière, notamment les protections en amont et en aval de chaque ouvrage ainsi qu'une intervention immédiate en cas de besoin. Etant donné la morphologie des bassins versants et le lit des oueds, le dépôt de sable par les crues à l'endroit des dalots est un phénomène inévitable. Un curage régulier des dalots sera donc nécessaire entre deux hivernages pour éviter la consolidation des sables par le développement d'une végétation formant ainsi un obstacle pour la première crue suivante. Le curage peut être fait à la main ou mécanisé mais nécessite un camion pour le transport à une certaine distance des dépôts curés.

Le réseau des canaux et drains secondaires demande un entretien systématique et périodique, au moins une fois par an et de préférence mécanisé. L'arrachement des plantes et notamment des roseaux est difficile à faire à la main et l'on constate que la population coupe la végétation en laissant les racines qui repoussent rapidement. De manière générale l'entretien mécanisé peut être fait par une pelle hydraulique ou un tracteur équipé d'un godet spécial. Les 2 pelles, type Poclain, dont dispose le service d'entretien doivent être capables d'effectuer ce travail d'entretien. Mais un stock de pièces détachées doit être disponible pour assurer leur fonctionnement.

Etant donné la grande importance d'un bon fonctionnement des réseaux primaires et secondaires d'irrigation et de drainage, il est nécessaire que l'entretien de ces réseaux soit centralisé par le service d'entretien du projet.

L'entretien des canaux et drains tertiaires est fait par les paysans mais laisse à désirer. Une attention particulière et permanente est nécessaire pour que ce travail soit bien fait. Voir aussi l'Annexe D: système de mise en valeur.

A.3.6 Capacité de transit des canaux d'amenée et principaux

A.3.6.1 Dimensionnement

Les canaux principaux (canal d'amenée, canaux P1 et P2), en terre, ont été dimensionnés pour que les vitesses maximales d'écoulement soient inférieures à 0,30 m/sec. Les calculs ont été faits avec un coefficient de Manning Strickler $K=40$. Cette valeur était probablement correcte directement après l'achèvement des travaux d'exécution: section transversale correcte, talus nets correspondant bien à la conception, etc. Mais elle est trop élevée pour l'état actuel des canaux (érosion des talus, enrochements, développement de végétation) et elle le sera aussi après les travaux de consolidation (enrochements, changement de rugosité). En effet, le coefficient K devrait plutôt être voisin de 30.

De plus, on constate un changement du profil, aussi bien dans l'état actuel (érosion des talus, enrochements, ensablement du fond) qu'après l'exécution des travaux de consolidation (enrochement des talus, curage). Il est donc fort probable - mais ceci reste à vérifier - que la capacité de transit des canaux d'amenée et principaux changera et que la ligne d'eau du projet pour un débit donné ne sera plus la même.

Vu cette incertitude, nous rappelons que le dimensionnement des canaux d'amenée et principaux a été conçu avec revanche comprise entre 0,45 m et 0,75 m. Des calculs effectués sur base des paramètres du projet original pour la section mouillée pleine (c'est-à-dire: revanche = 0) montrent que, dans ces conditions, la capacité du canal d'amenée sera supérieure à 20 m³/s et celle du canal P1 de l'ordre de 4 m³/s et du canal P2 d'environ 12 m³/s.

La revanche assure donc une certaine sécurité et latitude dans la répartition des débits en ce qui concerne le canal d'amenée (20 m³/s contre 10,4 m³/s) et le canal P2 (12 m³/s contre 7,2 m³/s), mais il y a cependant un certain risque pour le canal P1 (4 m³/sec contre 3,1 m³/s) compte tenu de l'incertitude concernant le coefficient K.

A.3.6.2 Rappel du fonctionnement du partiteur en bout de canal d'amenée

La répartition du débit entre P1 et P2 à l'extrémité du canal d'amenée s'effectue à l'aide d'un partiteur circulaire composé de 12 passes de 3,75 m:

- 5 passes débouchent dans le canal P1;
- 7 passes débouchent dans le canal P2.

En fonctionnement normal, seules 3 passes du canal P1 sont ouvertes, les 2 autres sont obstruées par un ensemble de vannettes métalliques. Cela permet de répartir le débit dans les proportions 3/10 pour P1 (3,13 m³/s) et 7/10 pour P2 (7,21 m³/s).

Ces proportions peuvent être modifiés. Par exemple, les 2 passes obstruées pourraient se situer au niveau du P2 permettant une répartition équitable entre P1 et P2, c'est à dire 5,22 m³/sec chacun. Il en résulterait un débordement du canal P1. Un autre scénario consisterait à n'obstruer aucune passe. Le débit total QT en tête serait distribué suivant les ratios suivants: 5/12 pour P1 (4,35 m³/s) et 7/12 pour P2 (6,09 m³/s). Le canal P1 serait complètement plein, sans revanche ou déborderait légèrement.

A.3.6.3 Pertes par infiltration dans les canaux

Dans le projet de Nuovo Castoro, les pertes par infiltration ont été calculées à l'aide de la formule suivante.

$$I = \frac{P \times L \times C}{86400}$$

avec I = pertes en m³/s
 P = périmètre mouillé (m)
 L = longueur du canal (m)
 C = perte unitaire par m² de section
 mouillée (m³/j.m²)
 C = 0,400 m³/j.m²

Nous avons essayé de vérifier le coefficient C en effectuant plusieurs mesures sur les canaux d'amenée et P1 et P2. Le bilan sur un bief reste délicat compte tenu du faible débit délivré en tête du réseau (1 m³/s).

Sur le canal d'amenée, C a été évalué à 0,140 m³/s mais l'impression de l'évaluation reste trop importante pour accorder du crédit au résultat trouvé.

Nous conseillons donc aux responsables du projet d'effectuer de nombreux bilans sur des biefs différents afin de vérifier les hypothèses du projet.

APPENDICE A.1
INVENTAIRE DES DEGATS

CANAUX	OUVRAGES	AMONT						AVAL					
		RIVE DROITE			RIVE GAUCHE			RIVE DROITE			RIVE GAUCHE		
		Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions
CANAL TETE MORTE	Dalot no.1* = dalot 900	af	pr \cong 0,30m lng \cong 2,50m	p.st.	af	pr \cong 0,30m lng \cong 4,0m	2 gabions	af	pr \cong 0,40m lng \cong 1,0m	p.st.	af	pr \cong 0,50m lng \cong 2,0m	p.st.
	Dalot no.2	af + ER	pr \cong 0,40m lng \cong 3,0m	p.st. + complément pierres schiste	af	pr \cong 0,30m lng \cong 3,5m	2 gabions	af+forte ER	pr \cong 0,50m lng \cong 4,0m	2 gabions	petit af + légère ER	pr \cong 0,20m lng \cong 1,0m	p.st.
	Dalot no.3	af + ER	pr \cong 0,40m lng \cong 3,0m	p.st. + complément pierres schiste	af + ER	pr \cong 0,40m lng \cong 5,0m	2 gabions + complément pierres	petite ER	pr \cong 0,10m lng \cong 1,0m	consolidation avec shiste fin			
	Pont no.1 (entre dalot no.3 et partiteur)	ER très importante	pr \cong 0,40m lng \cong 2,0m	mortier de ciment avec formation gouttière 0,05 x 0,5 + gabion	idem rive droite	pr \cong 0,40m lng \cong 2,0m	idem rive droite	i d e m a m o n t			i d e m a m o n t		
	Partiteur	ER très importante	pr \cong 0,20m lng \cong 3,0m	p.st + complément schiste	ER importante	pr \cong 0,20m lng \cong 2,0m	p.st	ER + af (RD/RG entrée P1)	pr \cong 0,20m lng \cong 10,0m	prolonger revêtement sur 10 m	ER + af (RD/RG entrée P2)	pr \cong 0,20m lng \cong 10,0m	prolonger revêtement sur 10,0m
CANAL PI	Pont-siphon (sur Gorgol)	ER + rav. profond	pr \cong 0,20m lng \cong 3,0m	mortier + confection gouttière 0,05 x 0,5m + gabion au point bas de la berge	i d e m r i v e d r o i t e			excavation + rav.	7mx3mx1,6m	remblaiement + mortier + confection gouttière 0,05x0,5m + gabion au point bas de la berge	rav. + rig. + af	6mx4mx1,5m	terrassment + mortier + confection gouttière 0,05x0,5m + gabion au point bas de la berge
	Ouvrage bétonné d'étranglement à l'entrée du pont-siphon	ER importante + af	pr \cong 0,30m lng \cong 10,0m	2 gabions + complément schiste	i d e m r i v e d r o i t e								

CANAL	OUVRAGES	AMONT						AVAL					
		RIVE DROITE			RIVE GAUCHE			RIVE DROITE			RIVE GAUCHE		
		Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions
CANAL P1	Ouvrage bétonné d'élargissement à la sortie du pont Siphon	-	-	-	-	-	-	ER + af	pr \cong 0,30m lng \cong 10,0 m	2 gabion + complément schiste	idem	rive droite	
	S1 (partie radier sur P1)	af + ER	pr \cong 0,30m lng > 10,0m	2 gabions + complément schiste	af + ER	pr \cong 0,20m lng > 10,0m	2 gabions + complément schiste	af + E2	pr \cong 0,40 m lng > 10,0m	2 gabions + complément schiste	idem	rive droite	
	S2 (partie radier sur P1)	af + ER	continu de part et d'autre sous le talus de béton entre AM et AV	2 gabions + rembourrage de schiste	af + ER	pr \cong 0,20m lng > 10,0m	idem ci-dessus	af + ER	pr \cong 0,30m lng > 10,0m	idem ci-dessus	idem	rive droite	
	Dalot no.1												
	S3 (radier/P1)												
	S4 (partie radier/P1)	af + ER	pr \cong 0,30m lng \cong 2,0m	p.st	idem	rive droite		af + ER	pr \cong 0,20m lng \cong 3,5m	2 gabions	idem	rive droite	
	S4/1 (partie radier/P1)	af + EC	pr \cong 0,20m lng \cong 3,5m	2 gabions	idem	rive droite		af + ER	pr \cong 0,20m lng > 4,0m	2 gabions + complément schiste	idem	rive droite	
	Pont Aqueduc	af + ER + rav	pr \cong 0,40m lng \cong 4,0m	2 gabions	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		
	S5 (partie radier/P1)	af + ER	pr \cong 0,20m lng \cong 2,0m	p.st	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		
	S6 (partie radier/P1)	af	pr \cong 0,30m lng \cong 4,0m	2 gabions	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		
	S6 (partie radier/P1)	début ER	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		

CANAUX	OUVRAGES	AMONT						AVAL					
		RIVE DROITE			RIVE GAUCHE			RIVE DROITE			RIVE GAUCHE		
		Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions
CANAL P1	R9 (radier/P1)	Début ER	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		R D	et	R G
	S7 (partie radier/P1)	idem	S6	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		R D	et	R G
	S8 (partie radier/P1)	af + ER	pr \cong 0,20m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		R D	et	R G
	R10 (radier/P1)	idem	R9										
	S9 (partie radier/P1)	af	léger	p.lgr.	af + Fis. dans la dalle	léger	p.lgr. Colmatage avec ciment	af	pr \cong 0,30m lng \cong 1,50m	p.st.	idem	rive droite	
	S10 (partie radier/P1)	Début d'af	quelques centimètres	Protection légère	idem	rive droite		af	pr \cong 0,20m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite	
CANAL P2	Siphon (entre partiteur et S.16)	af important + fente de retrait entre talus bétonné et terre compactée (cavalier)	pr \cong 0,50m lng \cong 2,0m lrg. \cong 0,10m lng \cong 2,5m	p.st. Rembourrage + compactage	af	idem	rive droite	af + ER	pr \cong 0,40m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive gauche	
	S16 (partie radier/P2)	af	pr \cong 0,40m lng \cong 3,0m	2 gabions	af	pr \cong 0,15m lng \cong 1,0m	p.st.	af	pr \cong 0,40m lng \cong 3,0m	2 gabions	af	pr \cong 0,20m lng \cong 1,0m	p.st.
	S17 (partie radier/P2)	af + ER	pr \cong 0,30m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		R D	et	R G
	Siphon (entre S17 et S18)	af léger	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		af alarmant	pr \cong 0,50m lng \cong 3,0m	2 gabions	idem	rive droite	

CANAUX	OUVRAGES	AMONT						AVAL					
		RIVE DROITE			RIVE GAUCHE			RIVE DROITE			RIVE GAUCHE		
		Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions
CANAL P2	S18 (partie radier/P2)	af + ER	pr \cong 0,30m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite		idem	amount		RD	et	RG
	S19 (partie radier/P2) + Passerelle	af + ER	pr \cong 0,40m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite		idem	amount		RD	et	RG
		Fis.talus béton		Colmatage ciment	Fis.talus béton		Colmatage ciment				Fis.talus béton		Colmatage ciment
	S20 (partie radier/P2) + Passerelle	af + ER léger	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		af très important	pr \cong 1,0m lng \cong 3,0m	2 gabions	idem	rive droite	
	Siphon inversé (entre S20 et S21)	Début d'ER	quelques centimètres de profon- deur	p.st.	ER + af	pr \cong 0,15m lng \cong 1,0m	p.st.	ER + af	pr \cong 0,20m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite	
	S21 (partie radier/P2)	af + ER	pr \cong 0,30m lng \cong 1,5m	p.st.	idem	rive droite		af + ER	pr \cong 0,40m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite	
	Dalot- radier (entre S21 et S22)	af + ER	pr \cong 0,30m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite		af + ER	pr \cong 0,50m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite	
	S22 (partie radier/P2) + Passerelle	idem S21			idem S21			idem S21			idem S21		
	Dalot- Radier (entre S22 et S23)	af + ER	pr \cong 0,20m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite		af + ER	pr \cong 0,3m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite	
	S23 (partie radier/P2) + Déversoir de sécurité	Début d'af	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		idem amont			RD et RG		

CANAUX	OUVRAGES	AMONT						AVAL					
		RIVE DROITE			RIVE GAUCHE			RIVE DROITE			RIVE GAUCHE		
		Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions
CANAL P 2	Dalot-radier (entre S23 et S24)	af + ER très inquiétants	pr \cong 0,80m lng \cong 3,0m	2 gabions	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		
	S24 (partie radier/P2)	af très faible	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		
	Dalot-radier (entre S24 et S25)	af + ER très dangereux	pr \cong 0,50m lng > 3,0m	2 gabions	idem	rive droite		af + ER très dangereux	pr \cong 0,50m lng \cong 10,0m (jusqu'au talus bétonné de S25)	plusieurs gabions sur 10,0m	idem	rive droite	
	S25 (partie radier/P2)	voir aval dalot ci-dessus						af + ER	pr \cong 0,50m lng \cong 3,0m	2 gabions	idem	rive droite	
	Passerelle (reliant village sud + V. centre)	ER + RAV + af	pr \cong 0,50m lng \cong 1,0m	Revêtement mortier ciment + gouttières + gabionnage	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		
	S26 (partie radier/P2)	Dégâts encore minimes		p.st.	idem	rive droite		af + ER	pr \cong 0,40m lng \cong 3,0m	2 gabions	af + ER	pr \cong 0,40m lng \cong 1,0m	p.st.
	S27 (partie radier/P2) + passerelle	af + ER	af sous schiste apporté pour refection talus canal	p.st. de l'ouvrage	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		
	S28 (partie radier/P2)	af faible	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		
	Déversoir de sécurité à l'aval de P2)	af + ER	pr \cong 0,30m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD et RG		

CANAUX	OUVRAGES	AMONT						AVAL					
		RIVE DROITE			RIVE GAUCHE			RIVE DROITE			RIVE GAUCHE		
		Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions
CANAL S9	Ouvrage de prise de S9							af + ER	pr \cong 0,20m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite	
	Ouvrages de prise de T55 à T65 et déversoirs	légers af + ER	en moyenne pr \cong 0,10m lng \cong 0,50m	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD	et	RG
CANAL S10	Ouvrage de prise de S10							ER au-dessus de la protection au niveau bas du talus	pr \cong 0,10m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite	
	Ouvrages de prise de T66 à T68 et déversoirs	Débuts af + ER	pr \cong 0,10m lng \cong 0,50m	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD	et	RG
CANAL S18	Ouvrage de prise de S18							ER due à fréquen- tation ménagère	pr \cong 0,20m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite	
CANAL S27/1	Partiteur S27-S27/1 (partie sur S27 protégée par gabionnage) Diagnostic relatif à entrée S27/1							af sous gros schiste	pr \cong 0,20m lng \cong 1,5m	p.st.	idem	rive droite	
	Prises T154 et T155	af + ER	pr \cong 0,30m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD	et	RG
	Déversoir chute							af + ER	pr \cong 0,50m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite	

CANAL	CANAL S27/1	CANAL S27/2	Ouvrages	AMONT						AVAL					
				RIVE DROITE			RIVE GAUCHE			RIVE DROITE			RIVE GAUCHE		
				Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions
			Prises T156 + T157 + Déversoir de chute	af + ER	pr \cong 02,0m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite			idem	amont		RD et RG	
										af + ER	pr \cong 0,50m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite	
			Prises T158 et T159 + Déversoir de chute	af + ER	pr \cong 0,30m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite			idem	amont		RD et RG	
										af + ER	pr \cong 1,50m lng \cong 3,0m	2 gabions	af + ER	pr \cong 1,0m lng \cong 2,0m	2 gabions
			Prises T160 et T161 + Déversoir de chute	af très faible	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite			idem	amont		RD et RG	
										af + ER	pr \cong 0,30m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite	
			Déversoir de sécurité (entre T161 et T162) * Partie sur S27/1 * Partie exutoire déversoir	Début af	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite			idem	amont		RD et RG	
													idem	ci-dessus	
			Prise T162 + Déversoir de chute	af faible	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		af important	pr \cong 0,40m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite	
										af très important	pr \cong 0,80m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite	
			Prise T163	af faible	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		af important	pr \cong 0,50m lng \cong 1,0m	p.st.	idem	rive droite	
			Prise T164		idem ci-dessus		idem	rive droite			idem ci-dessus		idem	rive droite	
			Prise S27/2 + Prise T166							af + envasement	pr \cong 1,0m lng \cong 2,0m	Dévasement + p.st.	af + envasement	pr \cong 1,0m lng \cong 3,0m	Dévasement + 2 gabions
										af	pr \cong 0,30m lng \cong 0,50m	p.st.	idem	rive droite	

CANAL	OUVRAGES	AMONT						AVAL					
		RIVE DROITE			RIVE GAUCHE			RIVE DROITE			RIVE GAUCHE		
		Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions	Nature	Caractérist.	Solutions
CANAL S27/2	Prises T167 et T168 + Déversoir							af	pr \cong 0,30m lng \cong 0,50m	p.st.	idem	rive droite	
								af	pr \cong 1,0m lng \cong 1,0m	p.st.	af	pr \cong 1,0m lng \cong 3,0m	2 gabions
	Prises T169 et T170 + Déversoir	af léger	quelques centimètres	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD	et	RG
								af important	pr \cong 0,90m lng \cong 1,0m	p.st.	af important	pr \cong 1,0m lng \cong 1,5m	p.st.
	Prise T171	af faible	pr \cong 0,30m lng \cong 0,50m	p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD	et	RG
	Prises T172 et T173	af	pr \cong 0,30m lng \cong 1,0m	p.st.	af	pr \cong 0,50m lng \cong 2,5m	p.st.	af	pr \cong 1,0m lng \cong 2,0m	p.st.	idem	rive droite	
	Déversoir sécurité (5m à l'aval des prises ci-dessus)							af très important au bout exutoire	1 m x 2 m	p.st.	large trou entre talus béton et T.N.		Rembourrage + Tassement
CANAL S27/3	Ouvrages répartition S27/3 et (T176 à T181)	af moyens		p.st.	idem	rive droite		idem	amont		RD	et	RG

COMMENTAIRES SUR LE TABLEAU

En dehors de ces principaux ouvrages, le reste du diagnostic conduit au constat suivant:

(a) Canal tête morte

Presque 80 % de la longueur totale du canal tête morte est, soit érodée, soit affouillée, soit ravinée. L'enherbement n'y est pas très inquiétant. On rencontre sur chaque talus environ 3 nids de poules tous les 500 m; la protection avec le gros schiste a, en général, favorisé l'affouillement.

(b) Canal P1

On estime la partie affouillée ou érodée ou ravinée à 50 % de la longueur totale. L'enherbement n'est pas alarmant. L'affouillement a, par endroits, été favorisé par le gros schiste de réparation.

(c) Canal P2

90 % environ de la longueur totale est soit affouillée, soit érodée, soit ravinée. Quelques roseaux passagers réduisent la section mouillée du canal (≈ 10 ml x 1,5 m largeur). Développement d'arbustes sur 400 m sur la rive gauche. Début d'ensablement sur environ 100 m au niveau du talus gauche. La fréquence de nids de poules est d'environ 2/km mais ils sont concentrés par endroits sur une distance de 5 m. Les réparations opérées à l'aide du gros schiste ont favorisé les affouillements.

(d) Les secondaires

Pour ceux qui ne sont pas encore en service, leurs prises sont envasées en général à 100 % (ou ensablées). Les opérations de dévasement ont débuté.

Ceux qui sont en service sont:

- sur 60 à 70 % de leur longueur: enherbés, affouillés ou érodés dans les secteurs de S9 et S10;
- sur 100 % de leur longueur exécutés de façon artisanale, affouillés et érodés dans le secteur de S18;
- à 100 % bien desherbés dans le secteur de S27. Quelques ravinements et moyennement érodés. Gîtes de poissons sur toute la longueur du S27 avec des diamètres allant jusqu'à 40 cm le long des berges.

(e) Les tertiaires

Dans la partie exploitée du périmètre, 90 % de la longueur totale de tertiaires est très fortement enherbée jusqu'à annulation de la section mouillée, sur environ 40 % de cas.

(f) Les prises parcellaires

Secteurs S9 et S10: environ 10 % de daliettes vannées n'adhèrent plus au talus des tertiaires entraînant parfois des passages d'eau dans les parcelles malgré la fermeture des vannettes, tellement l'affouillement est important à ce niveau.

Ce chiffre atteint sensiblement 99 % dans le secteurs de S18 et S27, avec pas moins de 5 % de cas où la vannette de fermeture n'existe plus.

(g) Les drains

Environ 99 % de la longueur totale de drains primaires, secondaires et tertiaires en fonctionnement se dressent comme des haies vives avec une section mouillée presque nulle. Les dalots d'attente des drains non encore fonctionnels sont envasés à 60 % environ.

APPENDICE A.II REBOISEMENT

A.II.1 Généralités

Dans le cadre du Plan National de Reboisement (FAO/Zacki, 1982), est prévu un programme de reboisement de 25 600 ha dans la région du Gorgol, soit environ 10 % des surfaces des périmètres agricoles.

La construction d'un réservoir d'eau et le développement des périmètres irrigués nécessitent la coupe d'environ 60 500 m³ de bois, dont 33 900 m³ proviendront de la zone de défrichement du réservoir et 21 600 m³ des périmètres. En outre, il y aura une perte d'accroissement annuel du bois estimée à 0,03 m³/ha/an, ce qui, sur un cycle de 30 ans, correspond à 23 400 m³. La perte totale en bois est donc estimée à 84 000 m³ (Sentenac, 1982). Se basant sur ces estimations, Sentenac a calculé les superficies à reboiser afin de compenser les pertes en production de bois.

Le volume annuel de consommation locale (40 000 personnes) varie entre 20 000 et 30 000 m³ (0,5 à 0,75 m³/habitant/an). Compte tenu de la crise actuelle d'énergie dans le pays, il est évident que les programmes de reboisement visent surtout à combler la carence en bois d'œuvre et bois de feu de la population. C'est sans doute pour cette raison que l'on a notamment proposé un reboisement de 300 ha, avec apport en eau pendant une certaine période après la mise en place des plants, en choisissant pour ce faire une essence exotique à croissance rapide, l'Eucalyptus. Dans ces conditions, cette essence peut atteindre une croissance de 20 m³/ha/an avec un cycle de production de 12 ans.

Dans les paragraphes suivants, nous discuterons le programme de reboisement pour la zone de Fouta-Dioul, en mettant surtout l'accent sur l'objectif le plus important: la protection des cultures et l'établissement de brise-vents aux périphéries des périmètres.

A.II.2 Couvert naturel des ligneux

Le couvert naturel des ligneux est caractéristique de la zone sahélo-soudanienne. On y trouve à la fois des espèces sahéliennes mais aussi des éléments de la zone soudanienne:

- *Acacia senegal*
- *Acacia nilotica*
- *Ziziphus mauritana*
- *Balamites aegyptiaca*
- *Bauhinia rufescens*
- *Combretum* spp.
- *Terminalia* spp.
- *Boscia senegalensis*
- *Sclerocarya birrea*
- *Bombax costatum*
- *Adansonia digitata*
- *Tamarindus indicus*.

Les dernières espèces, surtout les *Sclerocarya* et les baobabs ont beaucoup souffert de la sécheresse des années 1970, résultant en une mortalité très élevée.

A.II.3 Reboisement avec apports en eau

Les terrains prioritaires pour le reboisement sont situés dans la partie N-NE du périmètre irrigué. Il a été prévu de réaliser en 5 ans (à partir de 1982) une plantation forestière de 300 ha à l'extérieur et à l'intérieur du périmètre. Cette plantation prévoit des apports en eau et les essences utilisées sont:

- 90 % Eucalyptus camaldulensis et E. tereticornis (plantations forestières);
- 10 % Prosopis juliflora et Acacia senegal (brise-vents aux périphéries du périmètre).

Une description détaillée du projet est donnée par Sentenac (1982). Le coût total d'exécution du projet (1982-1987) s'élève à UM 101 131 479, soit UM 33 710 à l'hectare.

Ces investissements nous semblent extrêmement élevés et nous doutons de la rentabilité de l'entreprise, qui est par ailleurs calculée à 9,5 %. Le taux de rentabilité des plantations forestières bénéficiant d'apports en eau est basé sur une production en bois de 20 m³/ha/an ou davantage et sur des prix du marché en vigueur dans les centres urbains. Pourtant, l'expérience (Niger, Sénégal) montre bien que ces prix sont peu réalistes, pour la simple raison que la plupart des paysans ne paient pas pour leurs besoins en bois. Pour atteindre un taux de rentabilité de 9,5 %, il est nécessaire qu'un marketing soit mis au point et qu'un plan d'aménagement détaillé soit établi afin d'organiser et de contrôler d'une façon rationnelle l'écoulement des produits forestiers vers les centres urbains.

A.II.4 Reboisement à sec

Sentenac (1982) a constaté que les conditions édaphiques et climatiques ne permettent pas un reboisement en sec ayant pour objectif la production de bois de feu et de service. Ceci s'applique au neem et à l'eucalyptus, mais à notre avis il ne justifie pas le choix de ces essences exotiques dans la zone. Les peuplements naturels que l'on y trouvait étaient bien adaptés aux conditions édaphiques et climatiques et parmi les espèces qui couvraient auparavant la zone, il existe des espèces pouvant convenir pour les projets de reboisement à sec.

Pourtant, la présence d'un socle schisteux à 0,80 m de profondeur gênera le développement racinaire des ligneux. Le choix est donc limité aux essences ayant un développement racinaire superficiel, telles que les Acacias, le Bauhinia, le Ziziphus et d'autres. Les propositions de Sentenac (1982, p. 31-31) d'établir des gomméraires (A. senegal) peuvent être suivies.

A.II.5 La protection des casiers rizicoles à l'aide de brise-vents

L'établissement de brise-vents autour des périmètres irrigués réduira la vitesse du vent et modifiera de façon appréciable le microclimat à l'intérieur des casiers. Ils auront en général un effet positif sur la production agricole des champs qu'ils abritent. La forme et la structure des brise-vents constituent toutefois une condition essentielle pour leur efficacité.

Rappelons à ce propos les quelques principes suivants:

- l'action d'un brise-vent, placé perpendiculairement aux directions prédominantes des vents nocifs se fait sentir de deux côtés: "au vent" et "sous le vent";
- la hauteur du brise-vent est importante: son effet se fait sentir jusqu'à une distance égale à une fois sa hauteur dans la zone située "au vent" et à 10-20 fois sa hauteur du côté "sous le vent". Prenons par exemple des arbres d'une hauteur moyenne de 3 m: leur efficacité "sous le vent" atteindra 30 à 60 m. Lorsque la zone à protéger est plus grande que la zone protégée par le brise-vent, il est nécessaire d'implanter plusieurs lignes successives. Lorsque l'on craint des vents soufflant d'une direction différente de celle des vents dominants, un quadrillage de brise-vents est nécessaire;
- l'efficacité d'un brise-vent diminue quand la vitesse du vent augmente;
- l'efficacité d'un brise-vent est fonction de sa perméabilité, c'est-à-dire la proportion de vides qu'il contient par rapport à la surface totale du rideau. La perméabilité optimale varie entre 40 et 50 % de vides;
- on doit éviter des brèches; ceci exigera souvent la plantation d'arbustes ou buissons à la base du brise-vent, surtout lorsqu'il est composé d'une seule ligne de plantation;
- l'épaisseur du brise-vent est peu importante; en principe une simple ligne d'arbres et arbustes peut engendrer le même effet qu'un rideau de plusieurs rangs. Toutefois, l'expérience a montré que les brise-vents les plus efficaces étaient constitués par des rideaux d'arbres composés de quatre rangs au moins, soit 10 à 12 m de large (Mémento forestier, p. 753). Une telle option est souvent irréalisable sur les berges des canaux d'irrigation, les endiguements et les banquettes étroites des casiers de riz;
- afin d'éviter la turbulence sur les côtés, la longueur d'un brise-vent doit être au moins égale à 11 ou 12 fois sa hauteur.

A.II.6 Le choix des essences

Le choix des essences de ligneux destinés à l'établissement d'un brise-vent dépend des facteurs suivants:

- disponibilité et coût des matériaux (graines, boutures, plants);
- adaptabilité aux conditions édaphiques et climatiques locales;
- attrait pour les oiseaux granivores nuisibles;
- impact sur le bilan d'eau et la fertilité du sol (qualité de litière).

Dans la zone de Foun-Gleïta, l'installation de brise-vents vivants composés d'arbres et d'arbustes constitue un risque réel de prolifération des oiseaux granivores nuisibles comme les tisserins et les mange-mil déjà présents dans la zone en grand nombre. Ces oiseaux utilisent les arbres et arbustes du brise-vent comme lieu de perche et pour la nidification ce qui, combiné avec une disponibilité abondante des graines (surtout en cas de double culture) créera des conditions optimales pour leur prolifération rapide. Ce problème se posera surtout au moment de la récolte de la culture de contre-saison (mois de mai) quand les casiers constituent la seule source de nourriture pour ces oiseaux.

Le contrôle de ces oiseaux est extrêmement difficile et coûteux, ce qui peut faire baisser considérablement la rentabilité du projet. Les activités entreprises par l'OCLALAV dans la région sahélo-soudanienne depuis les années 1970 n'ont pas apporté de solution définitive à ce problème, et le seul moyen de lutte efficace semble actuellement consister en un gardiennage permanent depuis la période de développement des semences jusqu'à la fin de la récolte.

Un rideau d'arbres produisant des graines et des fruits constitue également un habitat de choix pour certains rongeurs (rats) qui y trouvent abri et nourriture. L'envahissement d'un périmètre par les rats peut provoquer à court terme des dégâts très sérieux aux cultures de riz et exiger des mesures de contrôle coûteuses. Tous ces problèmes proviennent de la perturbation du milieu naturel causée par le développement agricole moderne. Le contrôle de ces fléaux nécessite un investissement important et une action continue et coordonnée des paysans intéressés.

Les espèces locales semblent les plus aptes pour assurer la fonction de protection des cultures, mais leur production en bois est probablement inférieure à celle de certaines espèces exotiques, comme l'eucalyptus, le prosopis et d'autres. Il faut donc avant tout clarifier les objectifs du projet de reboisement dans la zone.

A.II.7 L'objectif de reboisement à sec

Le premier objectif de l'établissement de brise-vents à la périphérie des casiers rizicoles est de protéger les cultures contre les effets nocifs du vent du nord et du nord-est. En second lieu, leur implantation peut contribuer à la production de bois dont le pays a besoin.

Ces deux objectifs sont toutefois difficiles à poursuivre simultanément. Il nous semble dès lors que le premier objectif doive prévaloir sur le deuxième, ce qui permet de choisir des essences locales bien adaptées aux conditions écologiques de la zone.

A.II.8 Notions sur les essences forestières

Pour l'implantation de brise-vents, les espèces locales semblent les plus aptes aux conditions écologiques de la zone, bien que du point de vue de la production, certaines espèces exotiques les surpassent. Les espèces recommandées sont:

- *Acacia macrostachya*
- *Acacia nilotica*
- *Acacia senegal*
- *Acacia seyal*
- *Euphorbia balsamifera*
- *Commiphora africana*
- *Bauhinia rufescens*
- *Ziziphus maurettiana*

Parmi les essences exotiques, on ne note qu'un seul candidat: *Prosopis juliflora*. Quelques caractéristiques de ces espèces sont résumées ci-après.

(a) Espèces locales

Acacia macrostachya petit arbre ou arbuste (jusqu'à 8 m), préférant des sols durcis ou argileux sur bas-fonds et versants érodés. Bois utilisable comme combustible, la gomme est mangeable. Planté comme haie. Plutôt une espèce soudanienne, exigeant une pluviométrie entre 400-1000 mm/an mais dont les besoins en eau souterraine sont restreints.

Acacia nilotica: le gonakié, bois préféré pour la fabrication du charbon de bois; un arbre qui peut atteindre 20 m de haut, très adapté à la culture en haies et brise-vents, convenant aux sols argileux lourds saisonnièrement inondés. Germination des graines 80 % après traitement (scarification). Prospérera dans les conditions de la zone, mais pour une bonne régénération naturelle une inondation temporaire du sol est nécessaire. Produits: bois de feu, charbon de bois, perches, pieux et tannin (graines).

Acacia senegal: le gommier, petit arbre (2-6 m) convient surtout sur des sols sablonneux bien drainés (dunes fossiles), très résistant à la sécheresse. Reproduction par graine, taux de levée jusqu'à 95 % dans les pépinières (après traitement pendant une nuit dans l'eau chaude). Sous-produit: gomme arabique. Pousse aussi sur des sols limoneux légers et les grès argileux bien drainés. Pas apte pour des sols argileux lourds.

Acacia seyal: arbre de 4 m et plus, préférant des sols limoneux ou argileux (vertisols) temporairement inondés, mais convient aussi sur sols argileux non inondés. Graines sujettes aux attaques d'insectes. Sur sols riches, sa croissance est rapide dans la jeunesse (plus de 1 m/an) et sa taille adulte est de 8 à 10 m. Taillis: les rejets de souche poussent abondamment et rapidement (caractéristique importante pour brise-vent).

Bauhinia rufescens: arbre de 8 m, très résistant à la sécheresse; très bonne germination des graines trempées dans l'eau chaude pendant une nuit. Peu exigeant du point de vue sol: sol sec, sableux, pierreux, argileux. Feuilles relativement larges et denses, formant une cime assez "fermée". Gousses et feuilles appréciées par le bétail. Pluviométrie exigée: 400-1000 mm/an. Pousse surtout sur les berges des cours d'eau, dépressions etc. Colonise les jachères.

Commiphora africana: croissance lente; essence par excellence pour l'implantation des haies vives (feuilles peu appréciées par le bétail); reproduction par bouture (environ 1 m de longueur dont 30 cm enterrés). Peut être planté pendant la saison sèche (janvier). Pas besoin d'arrosage.

Euphorbia balsamifera: arbuste herbacé très branchu, produit du latex, pas apprécié par le bétail (à l'exception peut-être des chameaux). Croissance lente. Très résistant à la sécheresse (précipitations 150-600 mm/an), survivant même à des années très sèches. L'apport d'eau de la rosée semble important. Utile comme deuxième rang de sous-bois dans un brise-vent. Planter en boutures.

Ziziphus mauritiana: arbuste de 5 à 6 m de hauteur; croissance très lente. Plutôt utile comme 2ème rang de sous-bois dans un brise-vent. Supporte la sécheresse (précipitations 150-500 mm/an). Peu exigeant du point de vue des sols. Supporte une inondation temporaire.

(b) Espèces exotiques

Prosopis juliflora: arbre de 12 à 15 m de hauteur, semper virens, avec une cime assez "fermée". Prospère en des endroits secs en formant des racines très profondes. (Notons que le socle schisteux à 30 à 80 cm de profondeur dans la zone poserait des problèmes). S'installe bien sur des sols sableux (dunes) mais pas sur des sols mal drainés. Les gousses de prosopis font un très bon prix à Nouakchott (fourrage bétail).

Parkinsonia aculeata: une essence à croissance rapide et avec une bonne reproduction par graines; mortalité des plants souvent élevée exigeant un regarni. Sa physionomie fait qu'elle ne convient pas bien pour l'implantation des brise-vents: tiges verticales, cime ouverte, l'arbre se dégarnit du bas.

Toutes ces essences résistent aux conditions climatiques de la zone et la plupart sont peu exigeantes en ce qui concerne le type et la fertilité du sol. La vitesse de croissance (hauteur) est probablement par ordre croissant: Prosopis, Acacia nilotica, Acacia senegal, Acacia seyal, Euphorbia, Bauhinia, Ziziphus, Commiphora.

Notons que tous les Acacias, le Prosopis, le Bauhinia et le Ziziphus créeront un habitat par excellence pour les oiseaux granivores et des rongeurs nuisibles à la recherche de fruits, graines, abris, lieux de nidification et de perche, etc.

A.II.9 Autres options

Avec le retour d'une pluviométrie "normale" on pourrait espérer une réhabilitation naturelle du couvert végétal, surtout en appliquant une mise en défens combinée avec un semis direct des essences locales appropriées. A ce propos, on note de bons résultats dans le Gumbelt (ceinture de gommeraies) au Soudan, dans des conditions édaphiques et climatologiques comparables. Pourtant un tel système est voué à l'échec si l'on n'obtient pas la participation active des paysans intéressés, ce qui demande une sensibilisation intensive des groupements de population.

La production en bois d'un peuplement mis en défens est d'ailleurs très inférieure aux 20 m³/ha/an obtenus avec arrosage prolongé, et ne dépasse probablement pas les 0,8 m³/ha/an, surtout pendant les premières années du projet.

Etant donné la crise de l'énergie qui affecte la Mauritanie et qui a déjà provoqué une forte dégradation des forêts de gonakiés dans la région du fleuve Sénégal (écoulement du charbon de bois vers Nouakchott et autres lieux), les projets de reboisement de Fouta-Gleïta doivent être incorporés dans la stratégie nationale forestière. Il est peu probable qu'une plantation forestière par arrosage constitue à long terme la solution pour la crise d'énergie et de bois du pays.

En ce qui concerne le deuxième objectif de reboisement dans la zone de Fouta-Gleïta, notamment la protection des cultures irriguées, l'établissement des forêts avec un apport régulier en eau ne se justifie pas.

ANNEXE B
ACCES AU PERIMETRE ET
SCHEMA DE CIRCULATION

ANNEXE B - ACCES AU PERIMETRE ET SCHEMA DE CIRCULATION

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
B.1 Circulation à l'intérieur du périmètre	B.1
B.1.1 Situation actuelle	B.1
B.1.2 Etat des pistes	B.1
B.1.3 Inconvénients du système routier actuel	B.3
B.1.4 Proposition pour la construction d'ouvrages routiers	B.3
B.2 Accès au périmètre à partir de la route Kaedi-M'Bout	B.5
B.2.1 Situation actuelle	B.5
B.2.2 Amélioration de l'accès au périmètre	B.5
B.3 Coûts	B.10

LISTE DES FIGURES

Figure B.1 - Pistes et ouvrages annexes à l'intérieur du périmètre; état actuel	B.2
B.2 - Pistes et ouvrages annexes à l'intérieur du périmètre: ouvrages à construire	B.4
B.3 - Pont sur le Gorgol Noir plan type	B.6
B.4 - Plan type des ponts sur P1 et P2	B.7
B.5 - Canal d'amenée passerelle au PK 2160	B.8
B.6 - Liaison de la base vie à la Route Nationale	B.9
B.7 - Pont aqueduc sur l'Oued Kow-plan type	B.11
B.8 - Raccordement des villages principaux au Tracé B	B.12
B.9 - Routes-plan type de la section	B.13
B.10 - Passage en radier - Plan type	B.14

ANNEXE B
ACCES AU PERIMETRE ET SCHEMA DE CIRCULATION

La présente annexe concerne le schéma de circulation dans la zone du projet. On peut distinguer la circulation à l'intérieur du périmètre et l'accès au périmètre à partir de la route Kaedi-M'bout.

B.1 Circulation à l'intérieur du périmètre

B.1.1 Situation actuelle

Une vue d'ensemble des pistes et ouvrages annexes est donnée à la Figure B.1. Trois pistes importantes desservent l'intérieur du périmètre:

- Une piste dite "P1" longeant le canal P1 du côté périmètre qui dessert la partie Nord. Cette piste a un prolongement le long du DP5 jusqu'à la rive droite du Gorgol Noir.
- Une piste dite "P2" longeant le canal P2 du côté périmètre desservant la partie Sud. Cette piste rejoint à l'Est la piste P1 au pont aqueduc sur le Gorgol Noir.
- Une piste le long du canal d'amenée allant du pont aqueduc jusqu'au barrage de Foum-Gleïta.

Deux ouvrages importants ont été incorporés à la piste P1: le pont aqueduc sur le Gorgol Noir et un radier à côté de l'aqueduc sur le DP2. La piste P2 connaît trois passages en radier respectivement à côté des siphons S7, S8 et S9.

Deux ouvrages temporaires sur le canal P1 permettent d'atteindre à partir de la piste P1 le village Nord (barrage en terre) et une station d'essai située au Nord du S5 (passage busé).

La piste P2 est reliée à la Base Vie du côté Est par une route qui part du passage en radier à côté du siphon S8 et du côté Ouest par une route partant d'un pont sur le canal P2 entre les villages Sud et Centre. Cette route est prolongée à partir du pont sur le P2 jusqu'à la rive gauche du Gorgol Noir.

Enfin une piste passant par un pont sur le canal d'amenée à proximité du partiteur permet d'aller de la Base Vie au barrage de Foum-Gleïta sans passer par la piste P2.

B.1.2 Etat des pistes

En général les pistes à l'intérieur du périmètre sont en bon état et, à l'exception de quelques rétrécissements au passage des dalots, suffisamment larges (6 à 7 m). Les pistes sont pour la plus grande partie pourvues d'une couche graveleuse. Quelques réfections de couche seront surtout à faire entre le S8 et S25 du canal P2 et du S7 vers le pont aqueduc.

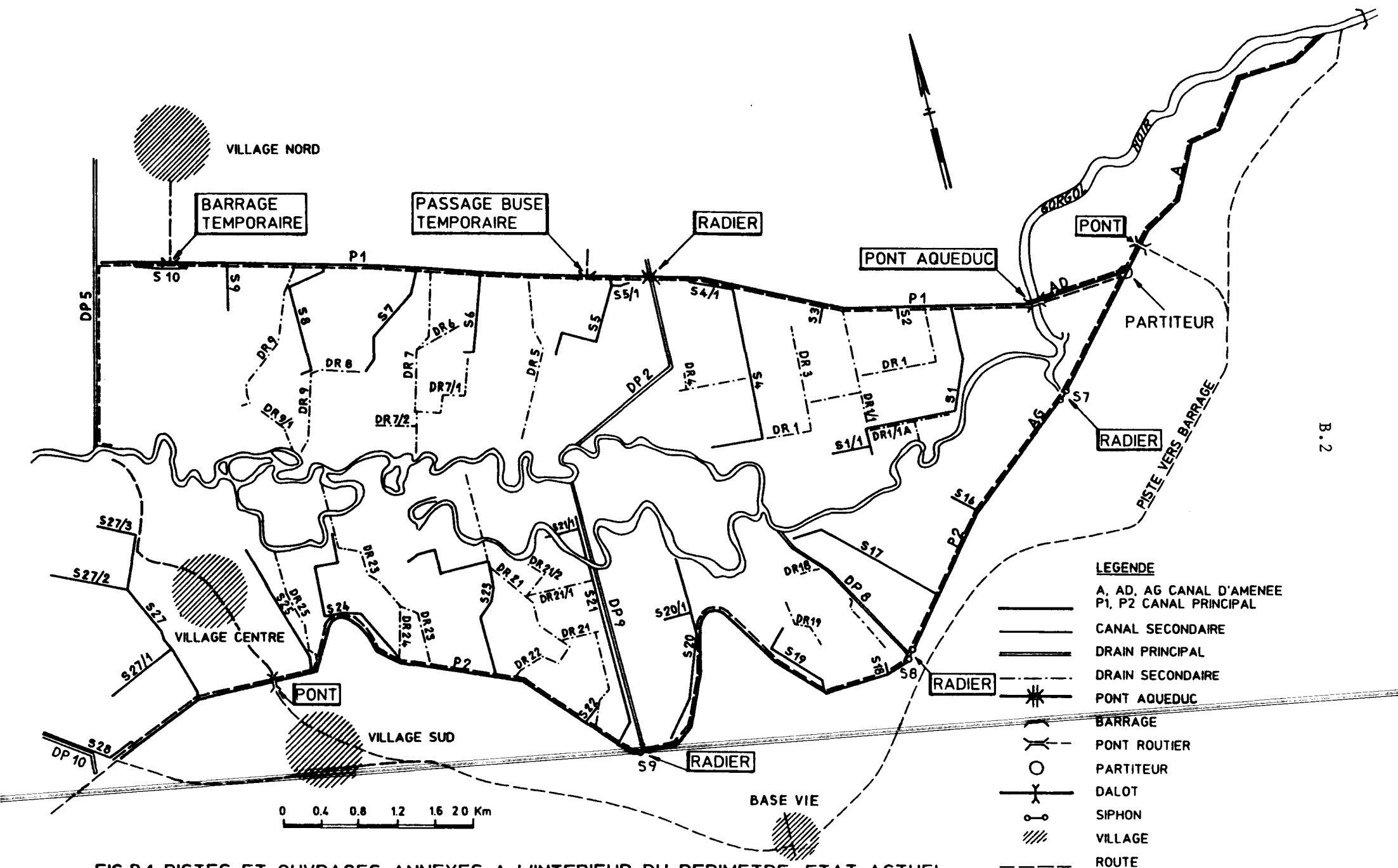


FIG.B.1 PISTES ET OUVRAGES ANNEXES A L'INTERIEUR DU PERIMETRE, ETAT ACTUEL

Pour ce qui est des pistes de liaison avec l'extérieur, la piste vers le village Nord devrait avoir une couche graveleuse, tandis que la route en dehors du périmètre allant de la Base Vie au pont sur le canal d'amenée (qui d'ailleurs est peu utilisée) nécessite un passage à la niveleuse et une couche graveleuse à quelques endroits. Les travaux à faire sur le tronçon Base Vie - Village Centre seront traités plus loin.

B.1.3 Inconvénients du système routier actuel

Un des plus grands inconvénients du système routier actuel est l'absence d'un axe central ou d'une connexion entre les deux extrémités des canaux P1 et P2 à l'Ouest du périmètre. C'est ainsi que pour aller de la Base Vie vers le Nord ou l'Ouest par exemple, il faut passer par l'Est pour y traverser le Gorgol Noir. En outre, à partir de la Base Vie, on ne peut atteindre la partie Centrale et Sud du périmètre qu'en allant vers l'Est (Radier S8) ou vers l'Ouest (pont Village Centre). Pour éviter de grands détours il sera nécessaire de construire des passages sur le Gorgol Noir et le canal P2.

B.1.4 Proposition pour la construction d'ouvrages routiers

(a) Pont sur le Gorgol Noir

Pour améliorer l'accessibilité de la partie nord du périmètre un deuxième passage du Gorgol Noir s'impose. D'après les informations recueillies sur place le meilleur endroit pour construire un pont serait à proximité du point de rencontre DP5/Gorgol Noir (voir Figure B.2). Cet endroit, bien que pas tout à fait central serait à préférer à cause d'un seuil schisteux dans le lit du Gorgol utile pour la fondation du pont. Le site a d'ailleurs l'avantage de se trouver dans l'axe village Centre-village Nord. Un profil en travers topographique du fleuve à l'endroit du seuil schisteux n'a pas pu être fait à cause de l'écoulement du Gorgol Noir, mais à l'aide d'un télémètre la portée a pu être estimée à 100 m environ.

(b) Pont sur le P2

L'accessibilité de la partie Centre/Sud pourrait être améliorée en construisant un pont sur le canal P2 aux environs du S22.

(c) Ponts sur le P1

Les deux ouvrages temporaires sur le canal P1 devraient être également remplacés par des ponts pour faciliter l'accès aux villages au Nord du périmètre.

(d) Passerelle sur le canal d'amenée

Une passerelle au PK 2160 du canal d'amenée permettrait aux villageois d'aller du village à l'Est du canal aux champs situés à l'ouest et éviterait qu'ils utilisent les dalots des drains comme ils le font actuellement.

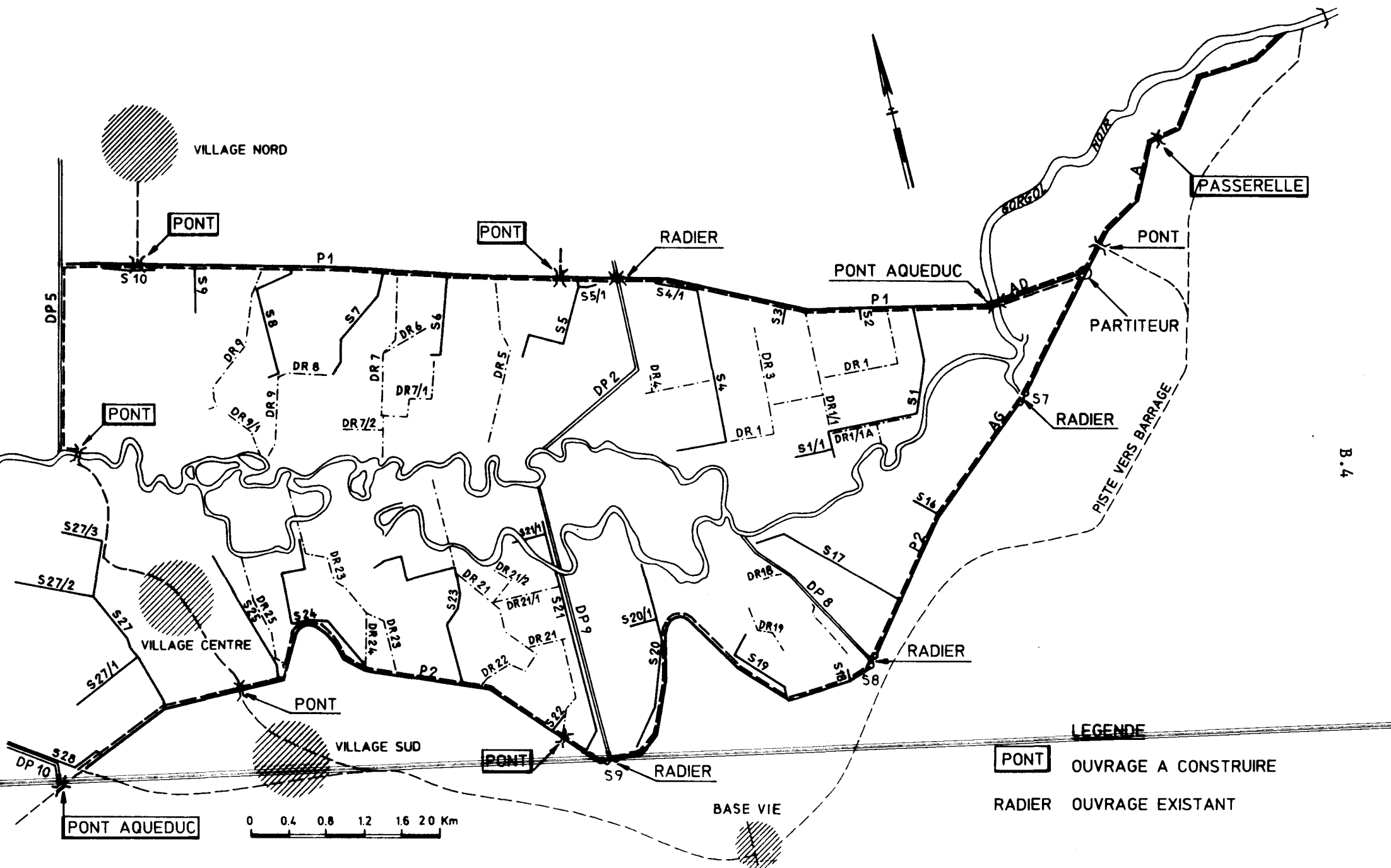


FIG.B.2 PISTES ET OUVRAGES ANNEXES A L'INTERIEUR DU PERIMETRE; OUVRAGES A CONSTRUIRE

Les Figures B.3 à B.5 donnent un aperçu des dimensions des ponts et de la passerelle.

B.2 Accès au périmètre à partir de la route Kaedi-M'Bout

B.2.1 Situation actuelle

Le périmètre de Foum-Gleïta se trouve au Nord de la Route Nationale Kaedi-M'Bout à environ 120 km de Kaedi et 30 km de M'Bout (voir Figure B.6). Entre la Route Nationale et la Base Vie du Périmètre de Foum-Gleïta se situe l'Oued Kow, un oued important avec un bassin versant de plus de 130 km².

L'importance du gabarit de cet oued empêche d'aller directement de la Route Nationale à la Base Vie en venant du centre important de Kaedi. Pour arriver à la Base Vie il est dans ce cas nécessaire de faire un détour vers le Sud-Est et de passer à proximité du mont Oua-Oua où quelques affluents de l'Oued Kow sont à traverser. La traversée de ces affluents est pénible en saison des pluies à cause de l'écoulement et difficile en saison sèche à cause du fort ensablement de ces passages. Une fois passé ces affluents et avant d'arriver à la Base Vie, la route n'est plus bien marquée et se divise en plusieurs tracés, contournant de part et d'autre les points d'érosion.

L'accès au périmètre n'est donc pas toujours facile. Il est évident que lorsque l'aménagement du périmètre progressera et que l'évacuation des produits agricoles commencera à prendre un certaine envergure il faudra créer une bonne connexion Route Nationale - Base Vie praticable toute l'année.

B.2.2 Amélioration de l'accès au périmètre

B.2.2.1 Choix du tracé

Pour le choix du tracé d'une route qui relie la Base Vie à la Route Nationale il sera nécessaire de savoir dans quelle direction le débouché des produits agricoles de la plaine aura lieu:

- vers l'Est en direction de M'Bout ou
- vers l'Ouest en direction de Kaedi.

Si le transport se faisait en direction de M'Bout, le tracé qui existe actuellement pourrait être plus au moins suivi (tracé A, Figure B.6). La route (d'une longueur totale d'environ 16 km) se situerait dans ce cas pour la plus grande partie sur la ligne de crête entre le bassin versant du Gorgol Noir et celui de l'Oued Kow. Il resterait néanmoins à traverser environ 7 affluents de l'Oued Kow près de la Route Nationale à proximité du mont Oua-Oua.

Si l'évacuation des produits se faisait en direction de l'Ouest, vers Kaedi, la route pourrait suivre le tracé B de la Figure B.6. Cette route d'une longueur totale d'environ 16 km suivra sur toute sa longueur les lignes de partage des eaux Gorgol Noir-Oued Kow puis Oued Kow-Oued Silliwo. Dans ce cas cependant l'Oued Kow serait à traverser et étant donné son gabarit, l'ouvrage devrait être important. Une

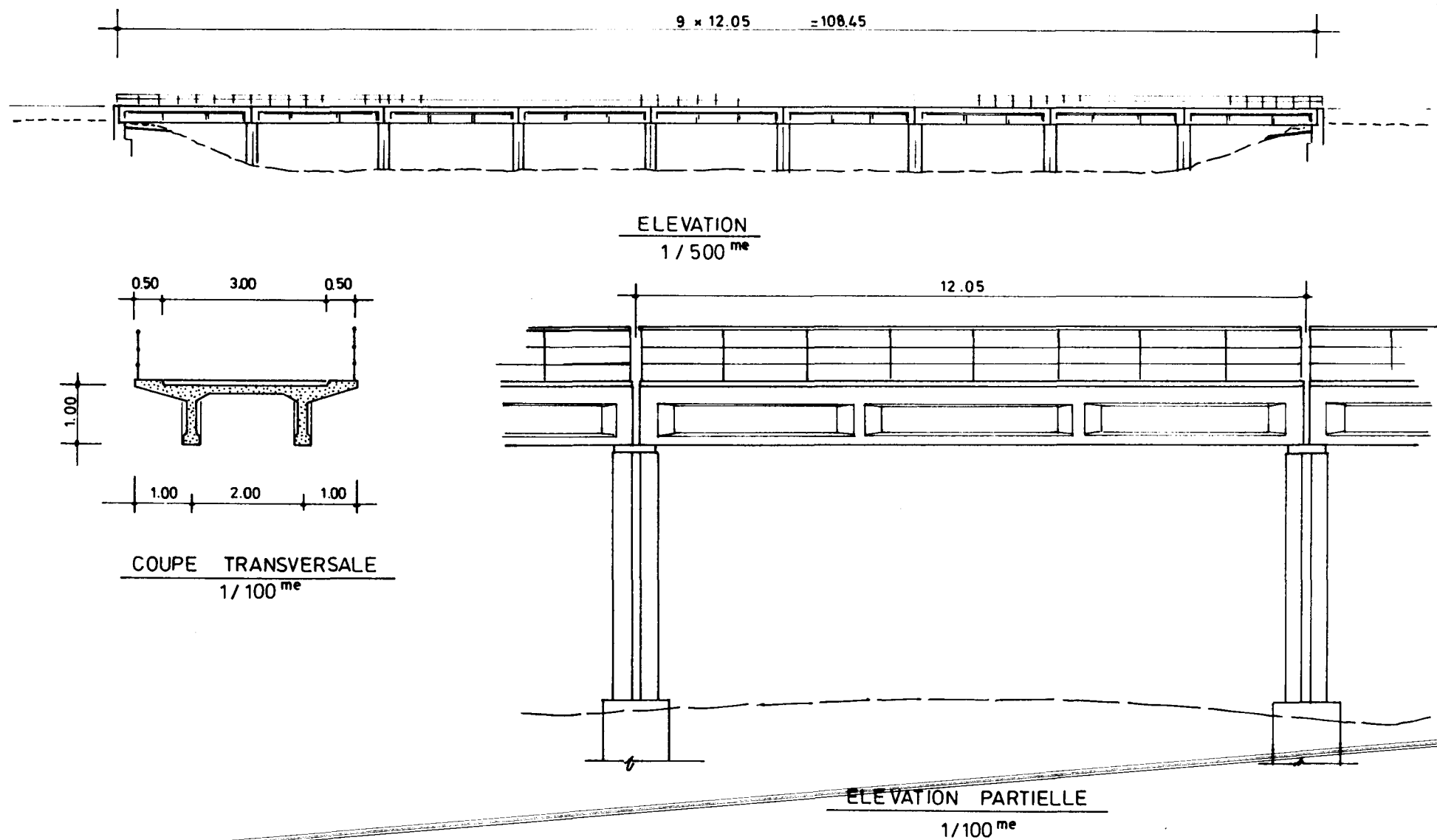


FIG. B.3 PONT SUR LE GORGOL NOIR PLAN TYPE

B.7

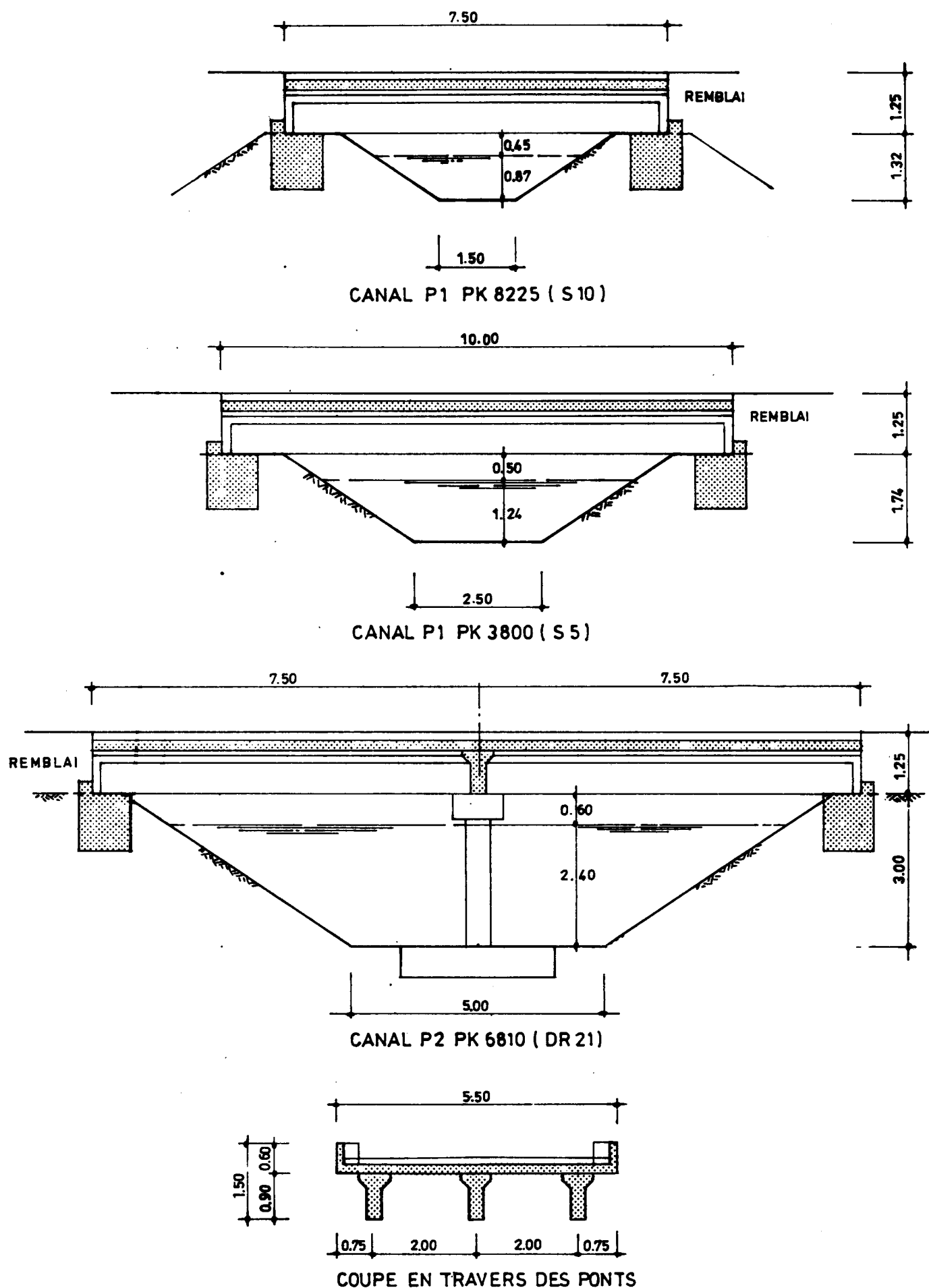
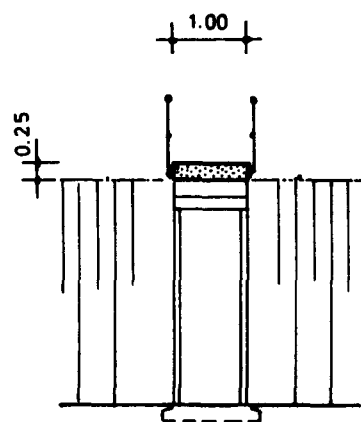
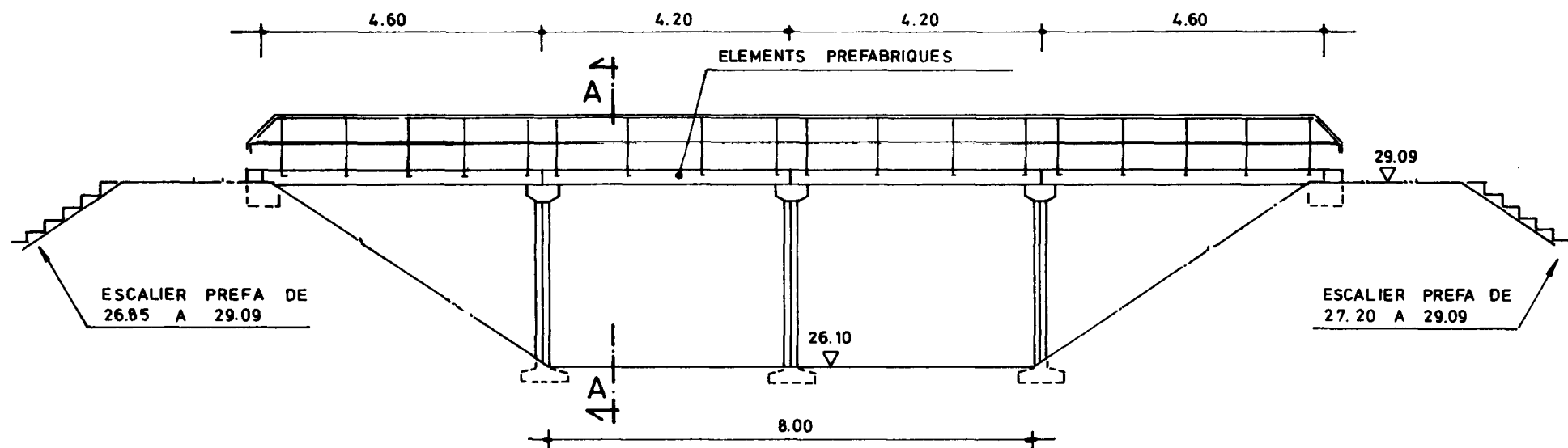
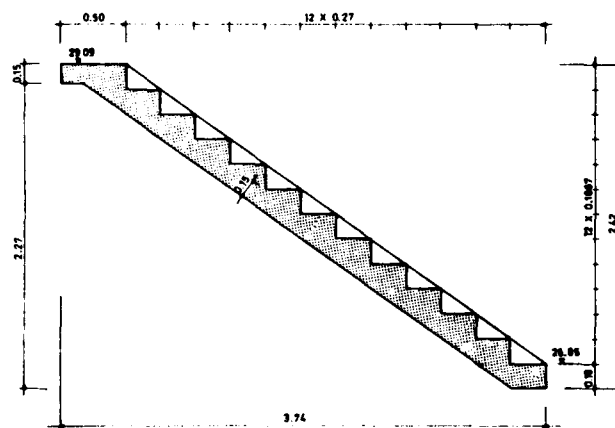


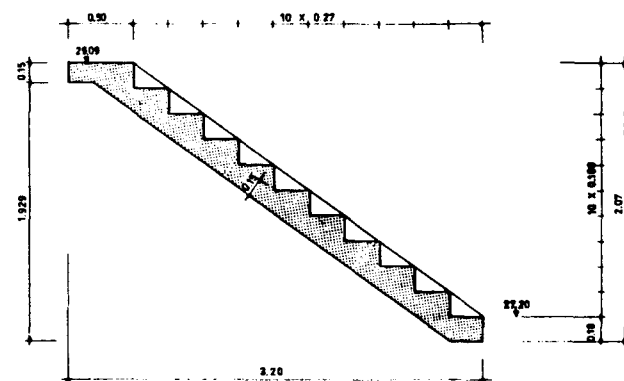
fig. B4 PLAN TYPE DES PONTS SUR P1 ET P2



COUPE A-A
ech. 1/100



ESCALIERS PREFABRIQUES
ech. 1/60



B.8

fig. B5 CANAL D'AMENEE PASSERELLE AU PK 2160

B.10

économie pourrait être réalisée si on pouvait remplacer le siphon originellement prévu du canal P2 au DP10 (Oued Kow) par un pont-aqueduc qui permettrait le passage de la circulation du tracé B (voir Figure B.7).

Le tracé B présente un certain nombre d'avantages comparé au tracé A. Il permet entre autres une bonne liaison de la future zone d'extension avec la Base Vie et la Route Nationale, et facilite l'accès aux villages Sud, Centre et Nord à partir de la Route Nationale (voir Figure B.8).

B.2.2.2 Caractéristiques de la route

Pour un plan type de la section on peut se reporter à la Figure B.9. Bien que quelques recherches sur ce point soient encore à faire, la résistance à la charge du terrain en état sec semble suffisante pour pouvoir supporter le trafic. Les problèmes se poseront en saison des pluies quand les terres sablo-limoneuses sont fortement sujettes à l'érosion.

Pour contrarier l'effet de l'érosion et la dégradation, la route doit:

- suivre autant que possible la ligne de partage des eaux;
- être, aussi bien sur la couche de roulement que sur les talus, protégée par une couche graveleuse;
- être pourvue d'un bon système de drainage latéral.

Il a été constaté que même si le terrain naturel possède une faible pente, une érosion importante des sols peut se manifester après le passage des pluies. Il serait donc nécessaire de projeter le système de drainage latéral de façon que l'accumulation des eaux écoulées de part et d'autre de la route soit évitée. Pour ce faire, on prévoiera un nombre de passages de route permettant d'évacuer les eaux vers une dépression ou drain naturel avant que les eaux ne s'accumulent trop. Vu que les drains risquent de transporter des déchets solides, la préférence pour ces passages est à donner aux radiers plutôt qu'aux passages busés lesquels risquent de s'ensabler rapidement. Ces radiers doivent permettre le passage de camions semi-remorques de 30 t de charge et de porte-chars transportant le matériel de terrassement. Un plan type de radier est donné dans la Figure B.10.

B.3 Coûts

Les coûts relatifs aux aménagements proposés ont été estimés comme suit:

	Coûts en UM
Pont sur canal P1 près du S10	1 900 000
Pont sur canal P1 près du S5	2 100 000
Pont sur canal P2 près du S22	3 800 000
Passerelle sur canal d'amenée	900 000
Pont sur Gorgol Noir	33 000 000
sous total	41 700 000
Route d'accès principale, 16 km à 5500 UM/m	88 000 000
3 radiers dans route d'accès à 2 800 000	8 400 000
sous total	96 400 000

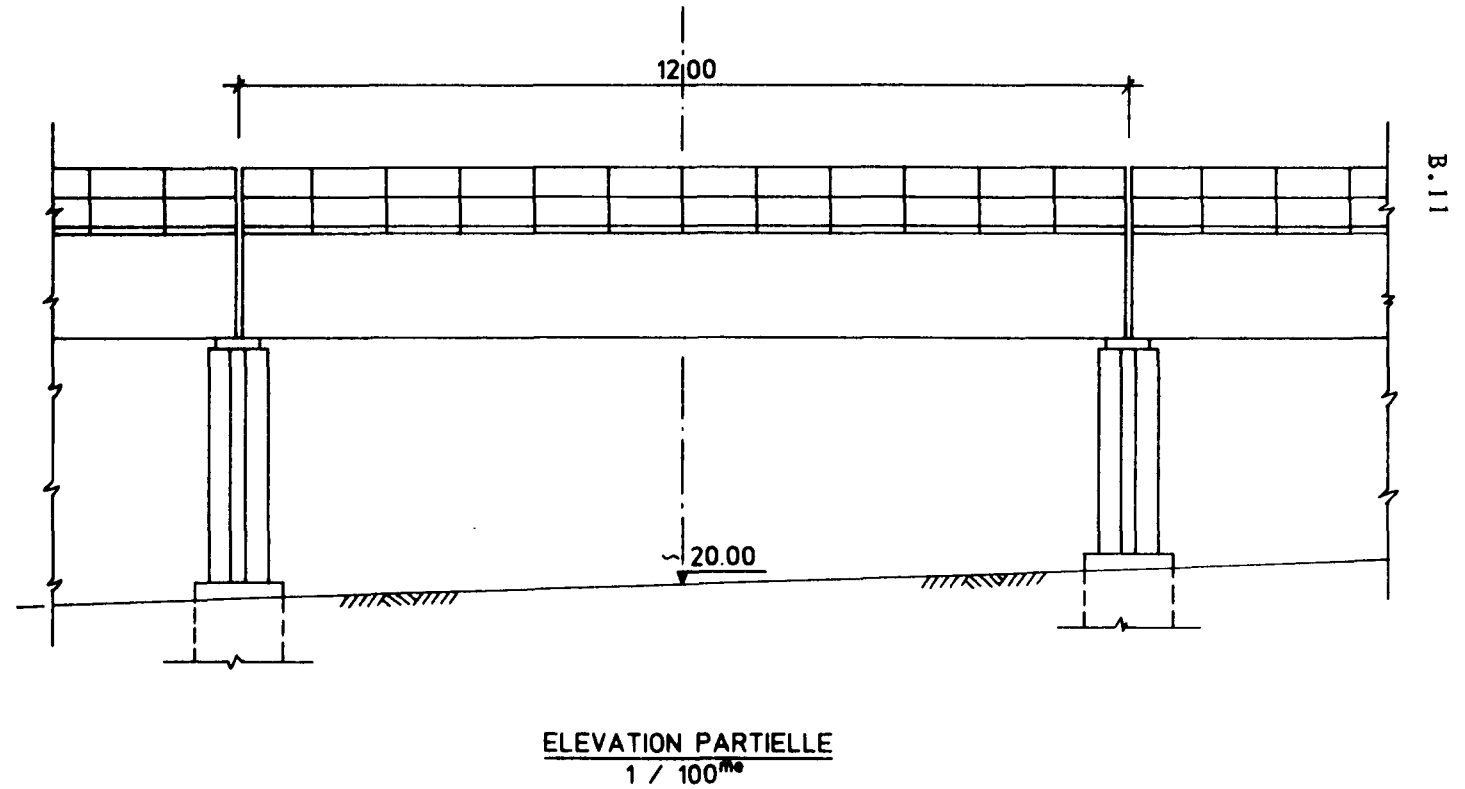
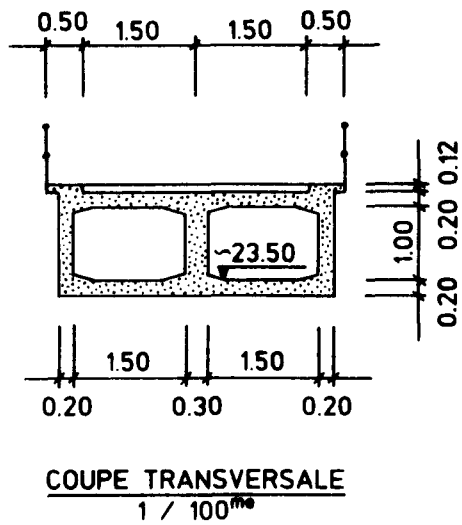
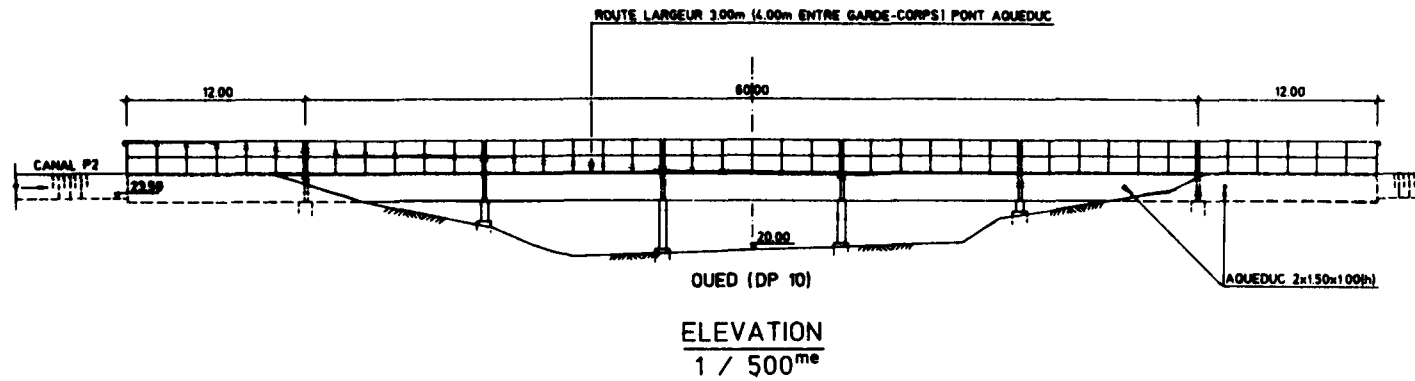


FIG.B.7 PONT AQUEDUC SUR L'OUED KOW PLAN TYPE

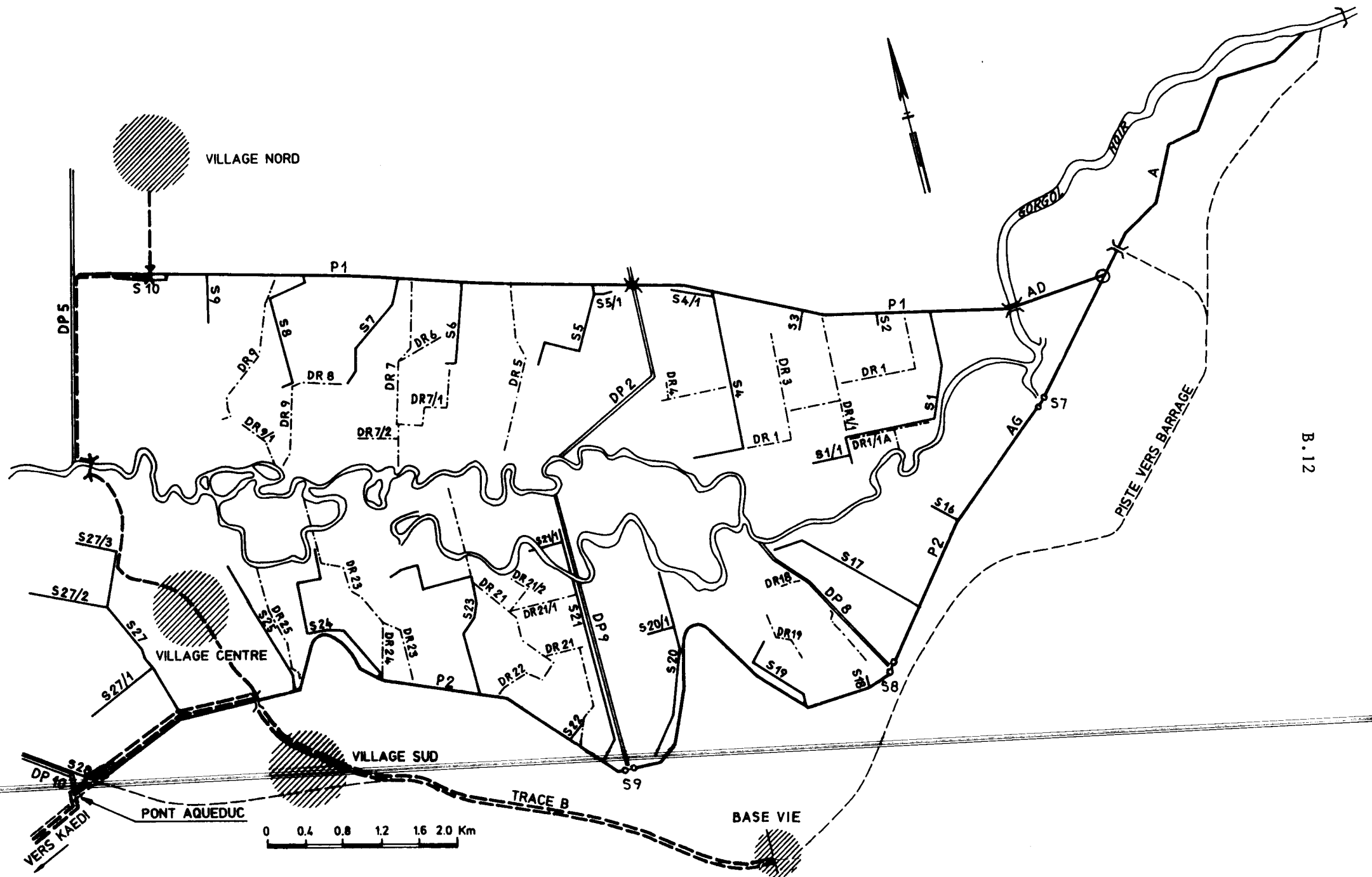


FIG.B.8 RACCORDEMENT DES VILLAGES PRINCIPAUX AU TRACE B

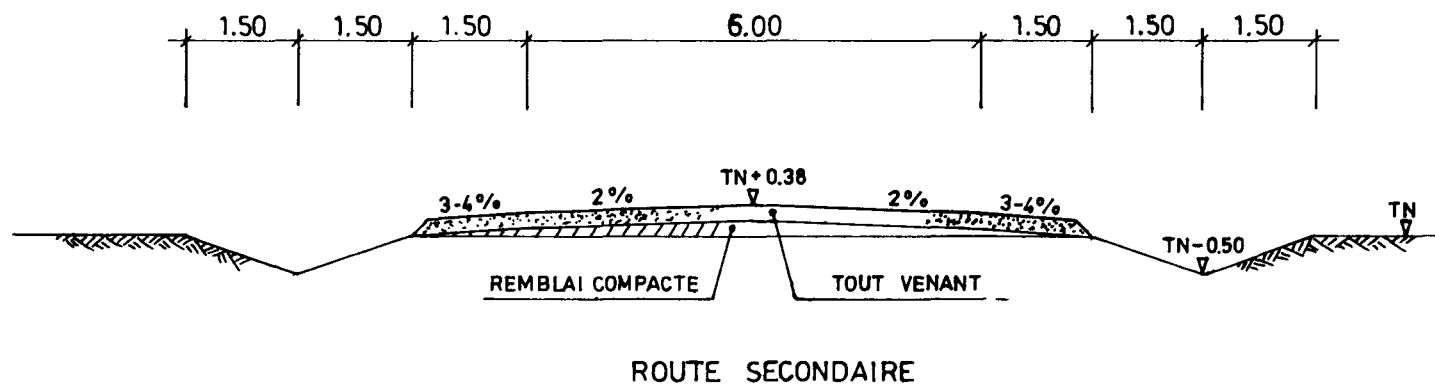
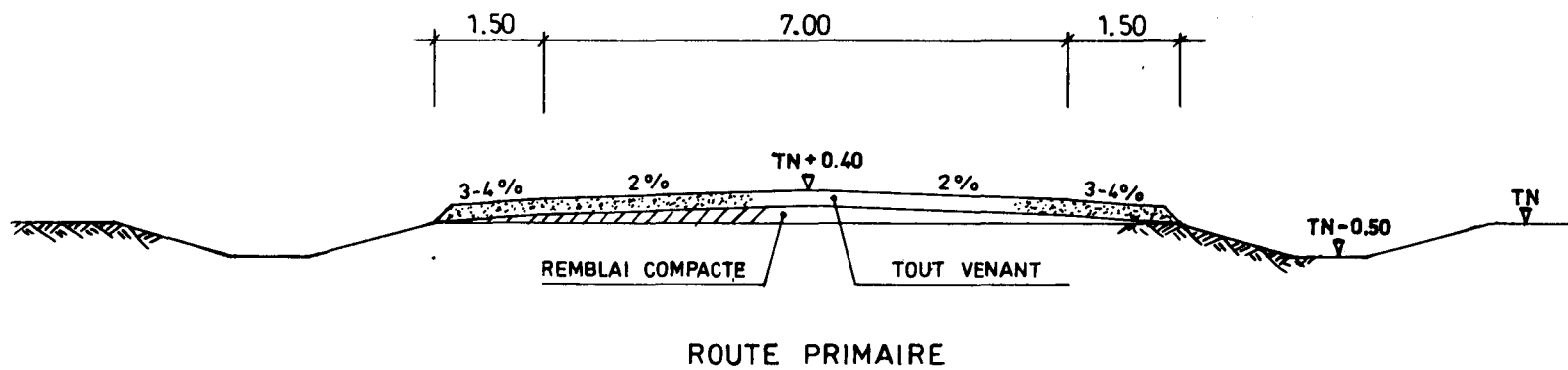
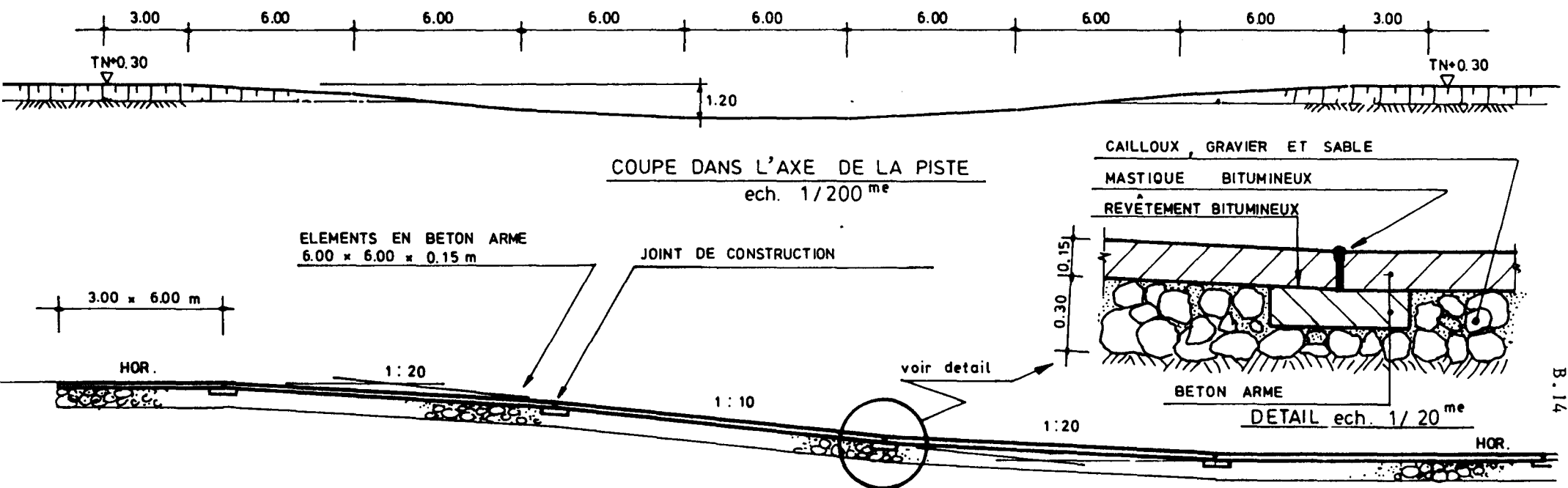


FIG. B.9 ROUTES-PLAN TYPE DE LA SECTION



1/2 COUPE DANS L'AXE DE LA PISTE
ech. 1/100^{me}

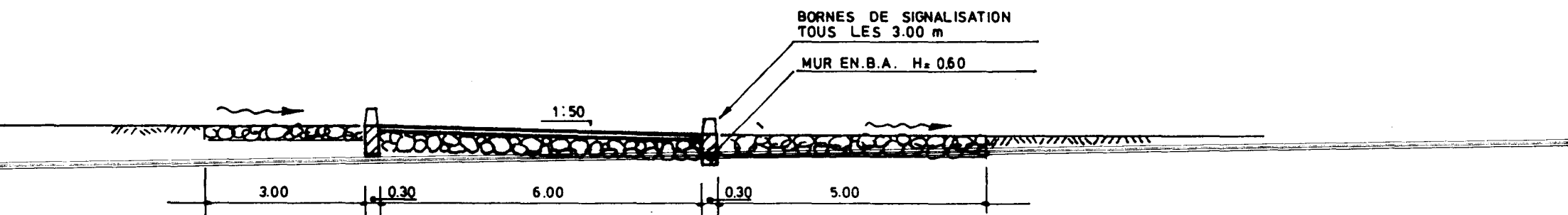


fig. B10 PASSAGE EN RADIER - plan type

ANNEXE C
CARACTERISTIQUES
HYDROLOGIQUES DE LA
ZONE ET INONDATIONS

ANNEXE C - CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DE LA ZONE ET INONDATIONS

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
C.1 Vérification des débits des affluents du Gorgol Noir	C.1
C.1.1 Données pluviométriques	C.1
C.1.2 Caractéristiques des bassins versants	C.1
C.1.3 Débits	C.3
C.2 Comportement des oueds et Incidence des aménagements du périmètre	C.5
C.2.1 Régime naturel des affluents du Gorgol Noir	C.5
C.2.2 Incidence des aménagements du périmètre	C.8
C.3 Crues du Gorgol Noir en tête de périmètre	C.8
C.3.1 Le Gorgol Noir avant barrage	C.8
C.3.2 Le Gorgol Noir après barrage	C.8
C.4 Inondations dans le périmètre	C.9
C.4.1 Le système Gorgol Noir et affluents	C.9
C.4.2 Mécanisme des inondations	C.11
C.4.3 Données sur les inondations	C.12
C.4.4 Conclusions sur les risques d'inondation	C.14
C.4.5 Mesures pour limiter les inondations	C.14
C.4.6 Programme d'études complémentaires	C.20

LISTE DES APPENDICES

Appendice C.I - Enregistreurs Preslog et Rainlog	C.25
--	------

LISTE DES TABLEAUX

Tableau C.1 - Estimation des débits évacués par les dalots	C.6
C.2 - Précipitations journalières maximum à Foum-Gleïta.	C.13

LISTE DES FIGURES

Figure C.1 - Courbes intensité - durée des pluies	C.2
C.2 - Carte des bassins versants des affluents du Gorgol Noir	C.4
C.3 - Courbes débit - surface pour Q_{50}	C.7
C.4 - Extrait de photo satellite Landsat 1977	C.10
C.5 - Schéma d'aménagement	C.16
C.6 - Aménagements amont	C.17
C.7 - Schéma de protection	C.19
C.8 - Points de mesures des précipitations et des débits proposés	C.21

ANNEXE C
CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DE LA ZONE ET INONDATIONS

C.1 Vérification des débits des affluents du Gorgol Noir

C.1.1 Données pluviométriques

C.1.1.1 Pluviométrie annuelle

Le périmètre de Foum-Gleïta est sous l'influence du climat sahélien caractérisé par un hivernage s'étalant de juin-juillet à septembre-octobre. La pluviométrie moyenne annuelle sur le périmètre est de l'ordre de 280 mm répartie principalement entre les mois de juillet (14 %), août (42 %) et septembre (40 %). Ces chiffres reposent sur les données pluviométriques à:

- M'bout où la pluviométrie a été mesurée de 1966 à 1980;
- Kaedi où la pluviométrie est mesurée depuis 1966. La moyenne annuelle à cette station est de 400 mm;
- Foum-Gleïta où la station météorologique a été mise en place en 1983.

C.1.1.2 Précipitations maximales

La station la plus représentative dans la zone du projet est celle de M'bout, la station de Foum-Gleïta étant trop récente. Nous reprendrons donc les valeurs maximales des précipitations journalières indiquées par l'ORSTOM pour cette station.

Fréquence	annuelle	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100
Hauteur de pluie en mm	49,9	61,8	79,3	93,8	109,6	132,7	152,1

D'autre part nous indiquons sur le graphe à la Figure C.1 les courbes Intensité-Durée de précipitation de différentes fréquences (1/10, 1/20). Ces courbes sont extraites de "l'Etude des averses exceptionnelles en Afrique occidentale" réalisée par l'ORSTOM.

C.1.2 Caractéristiques des bassins versants

C.1.2.1 Superficie

Nous avons délimité les bassins versants des affluents du Gorgol Noir concernés par le périmètre sur les cartes au 1:200 000, seuls documents existants à ce jour. Il est certain que ce support suffit pour un impluvium de grande taille (quelques dizaines de km²) mais il est imprécis lorsque la taille se réduit à quelques km² ou moins.

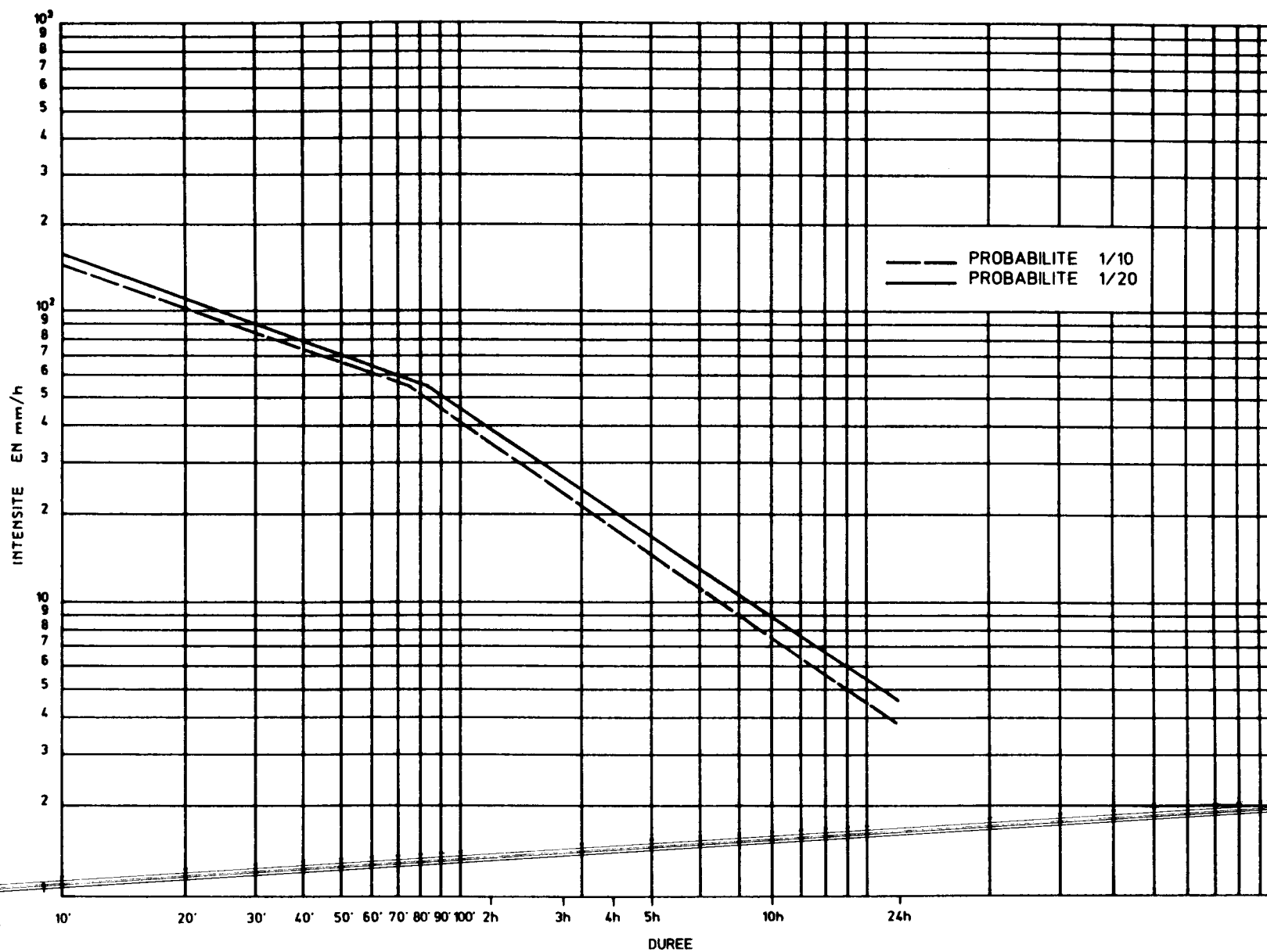


FIG. C.1 COURBES INTENSITE-DUREE DES PLUIES

C.3

La visite de terrain et les photographies aériennes au 1:1000 limitées au périmètre nous ont cependant permis d'identifier quelques petits bassins entre les grandes unités hydrographiques bien identifiées dans l'étude INC de 1978.

Les limites et superficies de tous les bassins sont reportées sur la Figure C.2.

C.1.2.2 Géomorphologie

Le Gorgol Noir coule d'Est en Ouest et reçoit dans la zone du projet des affluents orientés Nord-Sud selon la direction de la chaîne des monts Oua-Oua ainsi que des falaises de moindre importance qui séparent très souvent les bassins-versants. Ces formations cambriennes fortement plissées sont des schistes traversés par des bancs de quartzites. Du point de vue géomorphologique on distingue:

- sur les zones hautes des bassins: des formations schisteuses fortement altérées;
- sur la majeure partie des bassins: des glacis à sols argileux très battants, pratiquement dépourvus de végétation;
- dans les zones basses ou d'épandage: des alluvions récentes sableuses, et plus près du Gorgol Noir des sols profonds couverts par une végétation d'épineux assez dense.

En conclusion le relief est modéré et les terrains sont moyennement perméables bien que généralement sableux sous une croûte limoneuse imperméable (sols battants).

C.1.3 Débits

C.1.3.1 Définition de la méthodologie

Il n'y a aucune donnée disponible concernant l'hydrologie des affluents du Gorgol Noir débouchant dans le périmètre de Foun-Gleïta: les niveaux d'eau et les débits ne sont pas mesurés. Il n'est donc pas possible d'utiliser des méthodes statistiques permettant de déterminer avec une relative précision les caractéristiques des crues de ces oueds. L'application de méthodes analogiques ou formules empiriques telles que la méthode de Rodier et Auvray (ORSTOM), du CIEH, ou la formule de Giandotti déjà utilisées dans les études précédentes n'apporterait pas de résultats plus certains que ceux déjà énoncés dans l'étude INC de 1978.

En conséquence nous avons préféré faire une enquête de terrain et relever les traces de crue au niveau des ouvrages hydrauliques sous canal correspondant aux franchissements des oueds. Nous avons pris comme hypothèse que les hauteurs d'eau ainsi relevées correspondaient à la crue assez exceptionnelle de 1984, crue engendrée par une précipitation de 109,3 mm de période de retour 20 ans si on se réfère aux données du Paragraphe C.1.1.2 pour la station de M'bout. Cette hypothèse a d'ailleurs été vérifiée auprès des riverains et des techniciens de la SONADER à Foun-Gleïta.

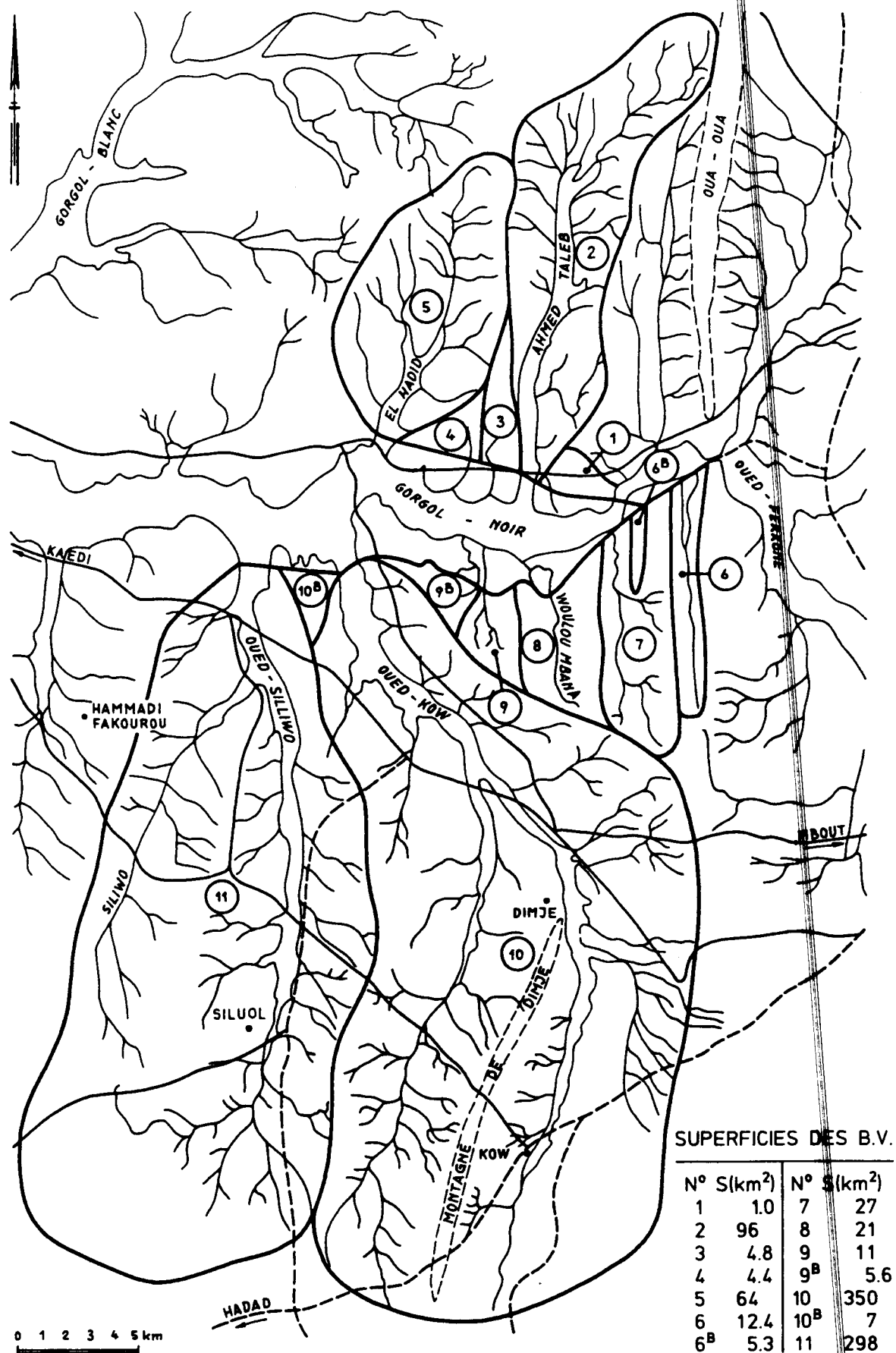


FIG.C.2 CARTE DES BASSINS VERSANTS
DES AFFLUENTS DU GORGOL NOIR

C.1.3.2 Résultats des relevés de terrain

Les évaluations ont été affectuées essentiellement au niveau des dalots qui sont les ouvrages les plus critiques par la tenue du canal. En effet les passages en siphon épousent parfaitement la forme du lit de l'oued et ne créent donc pas d'obstacle à l'écoulement ce qui a été confirmé par le peu de traces d'érosion au niveau de ces ouvrages. Les résultats sont consignés dans le Tableau C.1. En supposant que les estimations correspondent à la crue de période de retour 20 ans, il est facile d'en déduire les débits pour les crues plus rares à partir du rapport des précipitations correspondantes.

Ce tableau montre que pour 2 bassins versants le débit de projet est un peu faible. Il s'agit principalement du bassin n° 6 mais aussi du bassin n° 4. Pour bon nombre de dalots la comparaison n'a pu être faite car les impluviums n'avaient pas été individualisés dans l'étude INC: bassins 6 bis et 9 bis. Cette délimitation reste toutefois imprécise compte-tenu de la petite échelle de la carte topographique disponible à ce jour (1:200 000). Les estimations des débits de période de retour 50 ans ont été reportés sur la Figure C.3 ainsi que les débits de projet INC.

Une conclusion générale ne peut être tirée au vu de ce graphique: les estimations faites sur les petits bassins versants ne peuvent être extrapolées aux grands bassins et la dispersion des résultats est assez grande. Cependant par mesure de sécurité nous retiendrons que pour $S < 15 \text{ km}^2$, Q_{50} peut être estimé à partir de la formule $QE = 1,8 S^{1,3}$ établie par régression linéaire à partir de l'échantillon des 6 estimations. Le coefficient de corrélation est de 0,94.

C.2 Comportement des oueds et Incidence des aménagements du périmètre

C.2.1 Régime naturel des affluents du Gorgol Noir

Les affluents du Gorgol Noir débouchant dans le périmètre de Foun-Gleïta connaissent quelques crues brèves pendant l'hivernage. Les temps d'écoulement croissant avec la superficie de l'impluvium varient, selon les populations riveraines, de quelques heures à une journée maximum pour une crue importante.

Le périmètre se situe dans la zone d'épandage de ces oueds qui est caractérisée par:

- sinuosité et élargissement des lits d'oueds;
- dépôt solide important: en effet l'érosion est importante sur la partie active du bassin versant à cause de la nature des terrains et l'absence quasi-totale de végétation, notamment en début d'hivernage. Le ralentissement de l'écoulement dans la plaine alluviale du Gorgol Noir se traduit inévitablement par une sédimentation;
- débordement et inondation à l'approche du Gorgol Noir pour les grands affluents traduisant une capacité insuffisante du système Gorgol-Affluents au niveau du périmètre comme nous le verrons dans le chapitre Inondations.

Tableau C.1 - Estimation des débits évacués par les dalots

Canal	Position	Caractéristiques L x h (m)	B.V. N° drainé	S(km ²)	Q estimé (m ³ /s)	Q projet INC	Q50 déduit de Q estimé	Q100 déduit de Q estimé
Amenée	pk 900	4 (2,0 x 1,5)	6	12,4	39	30	47	54
	pk 1160	1,0 x 98						
	pk 2160	1,0 x 0,85	6 Bis	5,3	21	inclus dans B.V. n°7	25	29
	pk 2929	2 (2,0 x 1,5)						
P1	DR2	1,0 x 1,0	1	1,0	1,5	17,5*	1,8	2,1
	DR5	2 (2,0 x 1,5)	3	4,8	6,0	13	7,3	8,3
	DR7	2 (2,0 x 1,5)	4	4,4	13	13	16	18,0
	DR9	1,0 x 1,0	drain extérieur					
P2	DR19	2 (1,5 x 1,5)	9 Bis	5,6	13		16	18,0
	DR21	1,5 x 1,0						
	DR22	1,5 x 1,0						
	DR24	1,5 x 1,0						
	DR25	1,0 x 1,0						

* Débit indiqué par la totalité du bassin versant n° 1 tel que défini dans l'étude INC. Le drain DR2 n'est pas le seul exutoire de ce bassin.

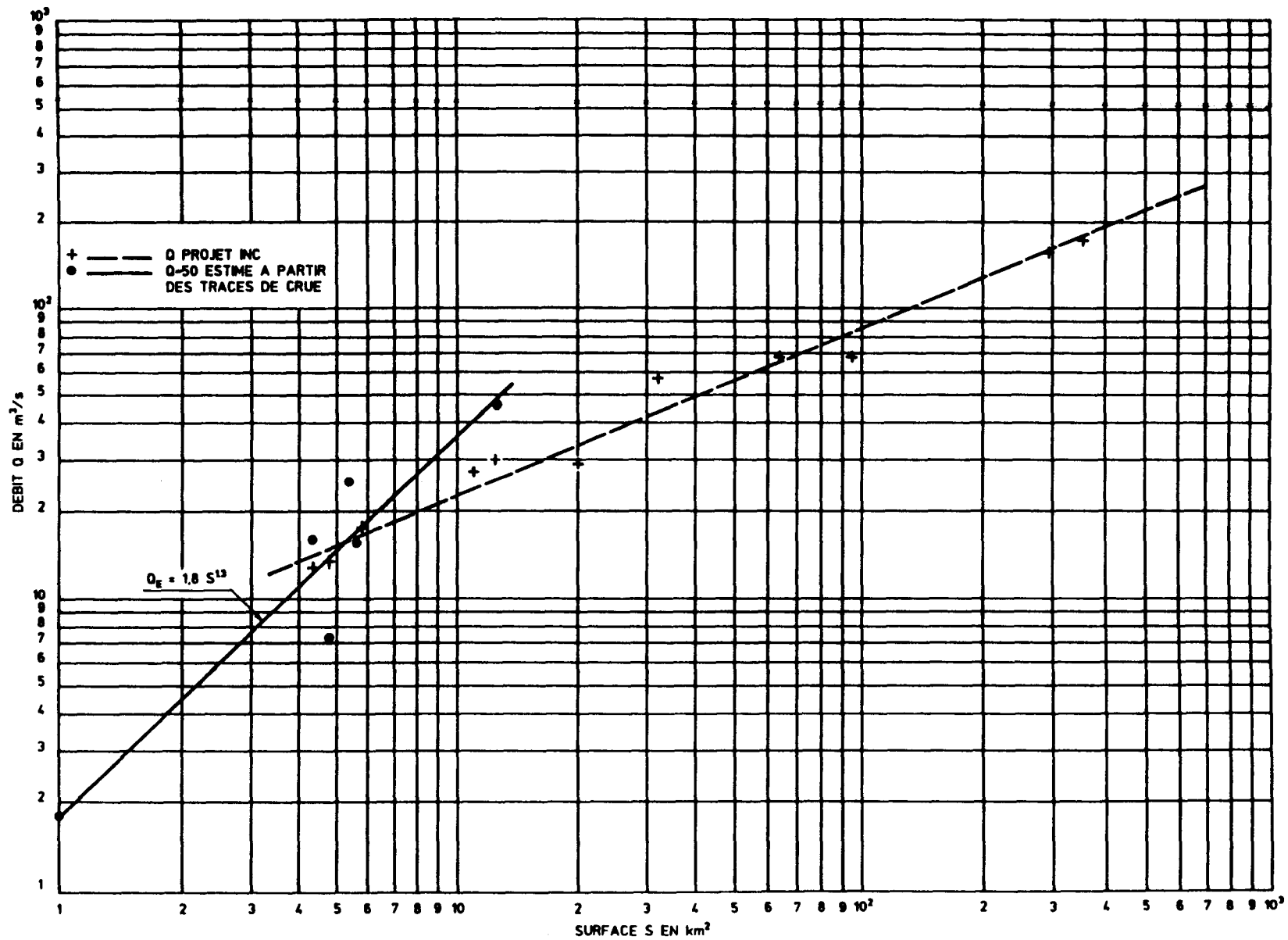


FIG. C.3 COURBES DEBIT - SURFACE POUR Q_{50}

C.2.2 Incidence des aménagements du périmètre

Les grands affluents du Gorgol Noir sont franchis par les canaux d'amenée ou principaux (P1 et P2) par des passages en siphon ayant peu d'effet sur le débit transité. Cependant les aménagements en drain calibré et rectiligne (DP) de l'amont du siphon jusqu'à la confluence avec le Gorgol Noir suppriment l'effet de laminage de crue entraîné par la sinuosité naturelle du lit et le débordement qui y était associé. Par là-même on assiste à une augmentation relative des apports et des débits de crue à l'arrivée dans le Gorgol. Les débordements directs du drain sont donc supprimés mais le risque d'inondation par élévation du niveau des eaux du Gorgol est amplifié (pour la part correspondant aux crues de l'affluent). Comme nous le verrons ultérieurement cette inondation par les eaux du Gorgol Noir est facilitée par les bras morts des affluents court-circuités par les drains calibrés.

Les petits affluents (quelques km² de bassin versant) sont franchis en dalots qui constituent un point bas dans le profil en long de l'oued et un rétrécissement de section. Cette singularité se traduit par des débordements importants en amont de l'ouvrage et par la constitution de mares temporaires provoquant la mise en charge du dalot. Ce phénomène hydraulique provoque un écrêtement des crues des petits oueds en amont du périmètre proprement dit et farovise également les dépôts solides au niveau de l'ouvrage à cause de sa position basse.

C.3 Crues du Gorgol Noir en tête du périmètre

C.3.1 Le Gorgol Noir avant barrage

Le bassin versant du Gorgol Noir au niveau du barrage de Foun-Gleïta a une superficie de 8950 km². Nous rappelons ci-après les débits de crue maximaux enregistrés pour différentes années (ORSTOM, Génie rural et service hydrologie de la Mauritanie).

	1958	1959	1960	1961	1972	1973	1974	1975	1977	1978
Q Max m ³ /s	172	152	125	152	152	118	150	180	159	157

Sur ces dix années de mesures, le débit maximal de crue est de l'ordre de 150 m³/s. Les écoulements du Gorgol Noir commencent généralement en juillet pour se terminer en septembre-octobre. Plusieurs pointes de crue pouvaient se produire mais le plus généralement l'écoulement maximum apparaissait en août, ce qui est cohérent avec la pluviométrie.

C.3.2 Le Gorgol Noir après barrage

Rappelons les principales caractéristiques du barrage de Foun-Gleïta:

- cote de couronnement 38,00

C.9

- cote maximale de retenue	36,90
- cote normale de retenue	33,80 (cote de déversement)
- cote minimum de retenue	30,00
- évacuateur de crue:	ouverture 30 m
- vidange de fond:	diamètre 2 m

Le débit de l'évacuation de crue est de 277 m³/s à la cote de couronnement du barrage (38 m). Ces capacités d'évacuation correspondent évidemment à des écoulements extrêmement rares et difficiles à quantifier compte-tenu:

- de la connaissance limitée des débits naturels du Gorgol Noir Foum-Gleïta (10 années de mesure);
- de la dépendance débits évacuateur - gestion de la retenue et surfaces irriguées.

Sur le deuxième point il est intéressant de noter les résultats des mesures faites depuis 1985 par la SONADER et la conclusion de l'étude Lahmeyer sur "la Gestion des eaux de la Vallée du Gorgol".

- Mesures SONADER

	1985 (10/9)	1986 (5/10)	1987 (4/10)
Q _{max} évacuateur de crue (m ³ /s)	5,4	61	39,7
Pluviométrie annuelle (mm)	303	286	281

L'année 1985 correspond à la fin de la mise en eau de la retenue.

- Etude de simulation Lahmeyer

Pour une surface irriguée de 3800 ha dans le périmètre de Foum-Gleïta, il ne devrait pas y avoir déversement en année moyenne et donc a fortiori en année quinquennale sèche, alors qu'en année quinquennale humide le débit maximum de l'évacuateur devrait être de l'ordre de 50 m³/s en septembre-octobre, donc après les crues des différents affluents du Gorgol.

C.4 Inondations dans le périmètre

C.4.1 Le système Gorgol Noir et affluents (Figure C.4)

Le Gorgol est un affluent du fleuve Sénégal qu'il rejoint à environ 80 km à l'aval du périmètre de Foum-Gleïta et 60 km environ après sa confluence avec le Gorgol Blanc. Sa pente moyenne dans le périmètre et jusqu'à sa confluence avec le Sénégal est d'environ $1,6 \times 10^{-4}$ m/m. Le Gorgol Noir au droit du barrage draine un bassin versant de 8950 km².

La surface totale drainée par les affluents débouchant dans le périmètre de Foum-Gleïta est de l'ordre d'un millier de km² avec des impluviums individuels allant de quelques km² à plusieurs centaines de km². Compte-tenu de l'importance de ces bassins affluents une crue de fréquence f donnée sur le Gorgol ne peut être considérée comme la résultante des crues de même fréquence f de chaque affluent.

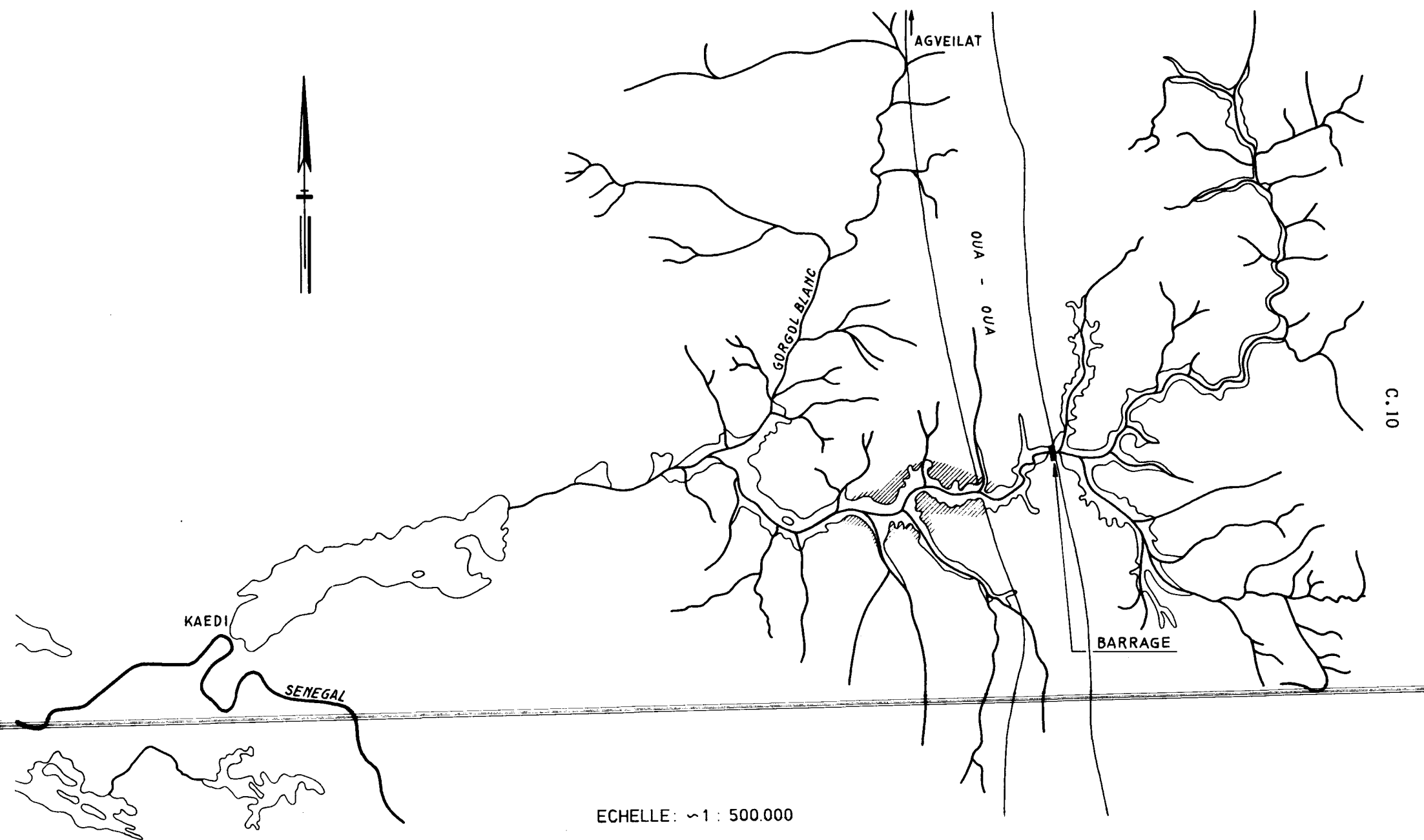


FIG.C.4 EXTRAIT DE PHOTO SATELLITE LANDSAT 1977

La superficie du bassin du Gorgol Blanc au niveau de sa confluence avec le Gorgol Noir est d'environ 9500 km². Nous donnons ci-après, pour fixer les idées, les débits maximaux de crue relevés à la station d'Agueibat sur le Gorgol Blanc (S = 8370 km²).

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Q (m ³ /s)	33,3	36,4	34,6	85	33	61	37	63

Ce qui donne pour Q_{max} moyen 48 m³/s.

Le débit du Gorgol Blanc à sa confluence avec le Gorgol Noir n'a pas fait l'objet de mesures mais on peut estimer a priori qu'il est du même ordre de grandeur que ci-dessus, c'est à 30 à 50 % de celui du Gorgol Noir.

C.4.2 Mécanisme des inondations

C.4.2.1 Avant les aménagements hydro-agricoles

Comme indiqué précédemment la pente du Gorgol Noir est très faible et conserve sensiblement la même valeur dans le périmètre et sur l'ensemble du trajet barrage-confluence avec le Sénégal (0,16 m/km). Cette pente est en conformité avec le tracé sinueux du Gorgol et confirme que l'on se trouve dans la partie transfert du bassin et non dans la partie active.

Cette faible pente limite donc les vitesses d'écoulement et la débitance de l'oued. D'après "l'Etude d'inondation du périmètre du Gorgol Noir à Foum-Gleïta" (BCEOM - juillet 1986), la capacité de transit du Gorgol avant débordement est inférieure à 100 m³/s, à comparer au débit moyen du Gorgol avant barrage (150 m³/s) ainsi qu'aux débits des affluents les plus importants débouchant dans le périmètre.

La capacité de transit limitée du Gorgol freine également l'écoulement des affluents et favorise leur débordement à l'approche du Gorgol Noir comme le montre l'extrait de photo satellite (Figure C.4). Ainsi il est clair que les oueds Silliwo (DP11), Ko (DP10), el Hadid (DP5), Ahmed Taleb (DP2) provoquaient des inondations dans leur état naturel.

C.4.2.2 Après les aménagements hydro-agricoles

Le barrage de Foum-Gleïta a un double effet sur les crues du Gorgol Noir:

- écrêtement: avec le périmètre entièrement équipé, les déversements en année moyenne devraient être nuls;
- retardateur: en année humide (par exemple quinquennale humide) les déversements auraient lieu fin septembre - début octobre donc après les crues des affluents.

En conséquence on peut considérer que les inondations dans le périmètre seront provoquées par les apports des affluents. Les aménagements du périmètre en cours ou réalisés n'affectent pas le Gorgol mais les grands affluents cités au Paragraphe C.4.2.1.

En effet ceux-ci sont rectifiés et calibrés pour la crue cinquantennale si bien que le laminage des crues avant l'arrivée dans le Gorgol se trouve réduit et le débordement des grands affluents supprimé. Ces travaux modifient le processus d'inondation. Le Gorgol reçoit maintenant des débits et volumes plus importants et lors qu'ils sont supérieurs à sa capacité de transit, les eaux remontent les anciens lits d'oueds court-circuités par les drains calibrés (D.P.). Ces bras morts débordent alors, inondant les parties basses environnantes, le processus étant favorisé par le réseau de drains qui débouchent généralement dans ces bras morts.

C.4.3 Données sur les inondations

C.4.3.1 Mesures

Le Gorgol et ses affluents dans le périmètre de Foun-Gleïta ne font l'objet d'aucune mesure systématique de niveaux et de débits pendant l'hivernage, ce qui limite tout essai d'analyse quantitative des inondations. Les seules données disponibles à ce jour ont plutôt un caractère qualitatif et se réfèrent à la crue exceptionnelle de 1984 qui a servi de base à l'étude BCEOM de juillet 1986.

C.4.3.2 Inondations de 1984

Les fortes précipitations du 2 juin 1984 (109,3 mm) de période de retour estimée à 20 ans, ont entraîné des inondations importantes dans le périmètre qui ont été identifiées dans les zones mises en valeur c'est-à-dire à proximité du DP10 (oued Ko) et du DP5 (oued el Hadid). Quelques relevés ont en effet été effectués par la SONADER dans ce secteur et confirmés par les techniciens lors de la visite de terrain effectuée dans le cadre de cette étude. Les principales indications à noter sont les suivantes:

- PHE au niveau du seuil rocheux en amont du DP5 (profil BCEOM n° 31) = 21,75 m. A cette cote correspond un débit de 118 m³/s calculé par le BCEOM.

- Casiers inondés:

En Rive gauche du Gorgol Noir

- S27/1 quartier 164
- S27/2 quartier 176 avec une hauteur d'eau atteignant 1 mètre quartier 175
- S27/3 Les eaux sont remontées par un "bras mort" de l'oued Ko puis par le DR 27/1 et le drain tertiaire D182/3
- S28 Les quartiers à proximité de l'ancien lit de l'oued Ko ont été inondés

En Rive droite du Gorgol Noir

S10 Inondation des quartiers 68 à proximité du drain DP5.

Durée de submersion: d'après les informations recueillies sur place elle a été de l'ordre de 3 à 4 jours.

Toutes ces indications restent très qualitatives mais indiquent les zones sensibles et confirment sur ce point les résultats de l'étude BCEOM que nous exposerons par la suite. Elles confirment également le processus d'inondation énoncé au Paragraphe C.4.2.3. Ces indications sont cependant insuffisantes pour tracer des limites exactes de l'inondation, d'autant plus qu'elles ne correspondent à l'inondation maximale à cause des problèmes d'accessibilité.

C.4.3.3 Inondations depuis 1984

Nous rappelons au Tableau C.2. les précipitations maximales journalières enregistrées à la station de Foum-Gleïta et la période de retour correspondante.

Tableau C.2. Précipitations journalières maximum à Foum-Gleïta

Année	Précipitations max. journalières	Période de retour
1985	61 mm	2 ans
1986	52,3 mm	1 an
1987	45,6 mm	1 an

Ces pluies ne semblent pas avoir entraîné d'inondation "gênante" d'après nos informations recueillies sur place. Les inondations sembleraient donc être provoquées par des précipitations exceptionnelles plus rares mais il est certain que nous disposons de trop peu de données pour tirer des conclusions précises.

C.4.3.4 Résultats de l'étude BCEOM

Le BCEOM a déterminé les limites d'inondation provoquée par l'écoulement dans le Gorgol d'un débit constant de $125 \text{ m}^3/\text{s}$, débit correspondant sensiblement à celui de la crue de 1984 estimé à $118 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cinq zones ont été identifiées: trois zones à risque élevé à cause des hauteurs de submersion importantes et deux zones à risque plus faible ($h \leq 0,5 \text{ m}$). Les zones à risque élevé se trouvent à proximité des drains DP10 (oued Ko), DP5 (oued el Hadid) et pour la zone V à l'exutoire du petit bassin n° 1. En fait pour ce dernier la durée de submersion devrait être assez faible.

Nous rajouterons une 6ème zone à risque élevé qui se trouve en aval du DP10 dans le périmètre d'extension du canal P2, et dont les limites correspondent à la courbe de niveau 21. Cette zone à risque est

en accord avec ce qui ressort de la photo satellite (Figure C.4). Il est à noter que le millier d'hectares de "zones naturelles" inondables en rive droite correspond essentiellement à cette 6ème zone.

C.4.4 Conclusions sur les risques d'inondation

A défaut de mesures et relevés précis nous retiendrons les conclusions suivantes:

- Une inondation "gênante" a une période retour supérieure à 1 ou 2 ans. Elle est provoquée par les affluents du Gorgol, compte tenu de l'effet du barrage de Foun-Gleïta.
- Ces inondations sont liées à la capacité de transit limitée du Gorgol qui présente un profil hydraulique très plat et sensiblement constant jusqu'à sa confluence avec le Sénégal.
- La carte des zones inondables établie par le BCEOM (1986) est un document représentatif des zones sensibles. La période de retour des inondations représentées est difficile à définir dans l'absence de mesure. Retenir la période de retour de 20 ans correspondant à celle de la précipitation enregistrée est probablement faux si l'on considère que les zones inondables le sont simultanément. Cependant si l'on compare le débit de 125 m³/s aux estimations de débits de 20 ans des principaux affluents, cette période de retour reste significative. En effet

oued Ko	DP10	Q20 = 143 m ³ /s
oued Silliwo	DP11	Q20 = 129 m ³ /s

 Ainsi l'écoulement de 125 m³/s pourrait correspondre à une crue de 20 ans d'un seul oued ci-dessus ou à la résultante d'écoulement de même fréquence de petits oueds, la superficie maximale de l'impluvium concerné se situant entre 200 et 300 km².
- Les zones à risque élevé (hauteur importante $\geq 0,6$ m) se situent essentiellement près des grands drains DP5, DP10 et DP11. Le périmètre d'extension du canal P2, en aval du DP10 est une zone sensible aux inondations.
- Les durées de submersion sont au maximum de l'ordre de quelques jours.

C.4.5 Mesures pour limiter les inondations

C.4.5.1 Principe

L'analyse précédente a montré que les inondations provenaient essentiellement des apports des grands affluents du Gorgol Noir dans le périmètre et qu'elles étaient dues à la capacité d'évacuation limitée du Gorgol Noir. En conséquence les mesures pour limiter les inondations devront, pour être efficaces, permettre d'atteindre le double objectif suivant:

- réduire les débits de pointe des affluents principaux par des aménagements amont permettant la rétention de l'écoulement;

- limiter les étendues des inondations dans la vallée du Gorgol Noir en créant des bassins inondables judicieusement implantés compte tenu:
 - . de la topographie, des axes de drainage naturels;
 - . de la sensibilité aux inondations et de l'importance de celle-ci;
 - . des aménagements réalisés, prévus ou à prévoir.

Ceux-ci pourront être modifiés en fonction des sites retenus.

C.4.5.2 Les possibilités d'aménagement amont

(a) Les documents disponibles

Les seuls documents cartographiques disponibles pour des investigations sur les bassins versants des affluents du Gorgol sont les cartes IGN au 1:200 000. L'imprécision liée à l'échelle et à l'ancienneté des cartes limite considérablement les possibilités d'étude étant donné le relief peu marqué de la région.

Les photos au 1/10 000 ne débordent que très légèrement au-delà zone du périmètre et ne sont donc pas exploitées pour l'étude des aménagements amont.

(b) Les possibilités d'aménagement

Compte tenu du relief très peu marqué d'une part, et du transport solide important en période de crue d'autre part, les aménagements du type barrage collinaire ne sont pas adaptés. Les aménagements devront également:

- être simples et facilement réalisables, de préférence par les riverains: ils seront donc de dimensions réduites;
- permettre le développement des cultures d'hivernage (sorgho) en augmentant l'infiltration;
- éventuellement être associés à des travaux de reboisement qui auraient comme avantage de ralentir l'écoulement et l'érosion.

En conséquence nous proposons un schéma d'aménagement composé de digues principales barrant partiellement l'oued dans les sections les plus étroites et de diguettes ($h < 0,5$ m) entourant les champs comme celles que réalisent déjà les agriculteurs (Figure C.5).

Nous avons figuré sur l'extrait de cartes au 1:200 000 (Figure C.6) des sites possibles pour de tels aménagements. Pour chaque site nous avons indiqué la superficie S du bassin versant concerné, le volume V de crue cinquantennale estimé à partir de l'hypothèse d'un écoulement d'environ $40\,000\text{ m}^3/\text{km}^2$ et une estimation du débit Q de crue cinquantennale reposant sur les résultats de l'étude INC (formule de Giandotte), avant application du coefficient de réduction K compte-tenu de l'effet plus réduit des inondations dans les parties amont des bassins versants. Q et V restent des ordres de grandeur qu'il conviendrait de préciser par des mesures au droit des sites d'aménagement. Il est également évident qu'une cartographie plus précise (échelle 1:20 000 par exemple) de toute la zone d'aménagement est nécessaire pour définir un schéma d'aménagement optimum prenant en compte la topographie, l'occupation des sols (routes,

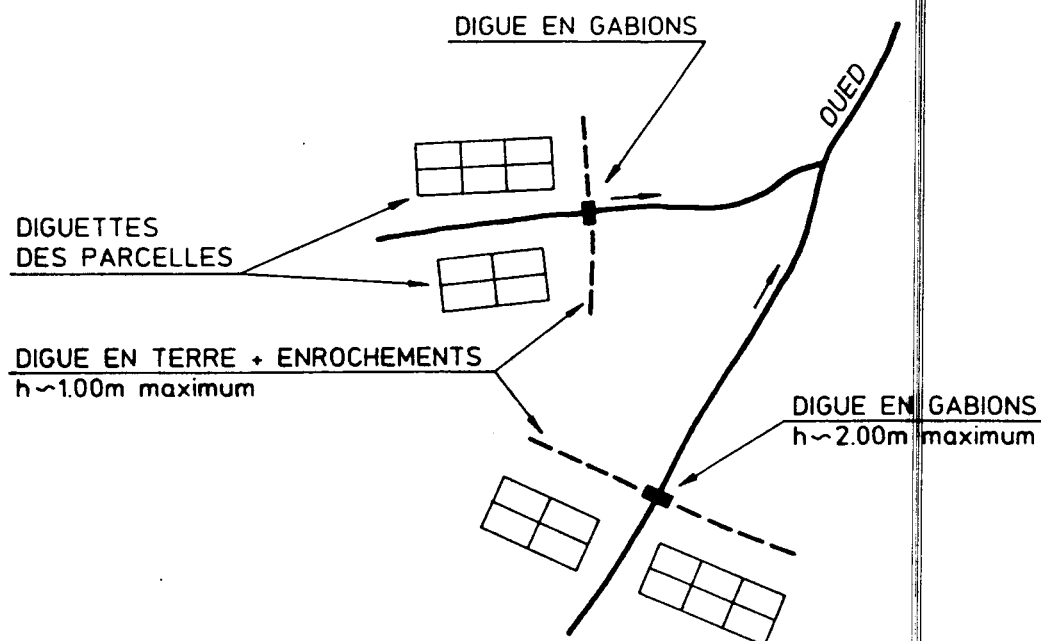


Figure C.5 - Schéma d'aménagement

village, zone de cultures), la pédologie, et l'hydraulique. Le dimensionnement des digues principales et des diguettes dépendra de toutes ces données et des caractéristiques hydrauliques de l'oued aménagé.

(c) Aménagement sur l'oued Kow

Nous avons également figuré sur la Figure C.6 les limites de la digue principale qui pourrait être construite sur le site de l'oued Kow identifié par la SONADER et qui a fait l'objet d'une visite lors de notre mission à Fomm-Gleïta. Ce site semble en effet tout à fait adapté au type d'aménagement décrit précédemment. La longueur de la digue pour créer un obstacle de 1 mètre environ dans le lit majeur de l'oued est de 450 mètres environ. Ces caractéristiques sont à optimiser en fonction de la topographie de la cuvette et du débit de crue au droit du site. La submersion possible d'un tel aménagement nécessite de prévoir une protection par enrochement, renforcée à proximité du lit mineur. Les vitesses de déversement devront être limitées à 1 m/s maximum ce qui correspond à une charge d'environ 15 cm au-dessous du seuil.

Un autre site d'aménagement possible sur l'oued Kow a été identifié près du village Kow. Une tentative de construction de digue a d'ailleurs été faite par les villageois.

(d) Aménagements juste en amont des ouvrages sous canal- Canal d'amenée, dalot pK 2160

Une digue en tout-venant a été construite en amont de cet ouvrage. Une brèche existe également. Cette protection pourrait être consolidée en prenant en compte les écoulements drainés par l'ouvrage du pK 2929.

- Canal P1, dalots du DR2 et DR5

Des diguettes en amont de ces dalots pourraient être réalisées pour atteindre l'objectif de limitation des débits et de transport solide tout en favorisant les cultures d'hivernage déjà pratiquées dans ces zones.

C.4.5.3 Les aménagements dans le périmètre

Ces aménagements tiendront compte du processus d'inondation exposé au Paragraphe C.4.2. On réservera donc des zones naturelles pour l'inondation. Dans ces casiers limités par des digues de hauteur réduite (1 à 2 m max.) siègeront les axes de drainage ou les "toras morts" d'affluents empruntés par les eaux de débordement du Gorgol (voir schéma Figure C.7).

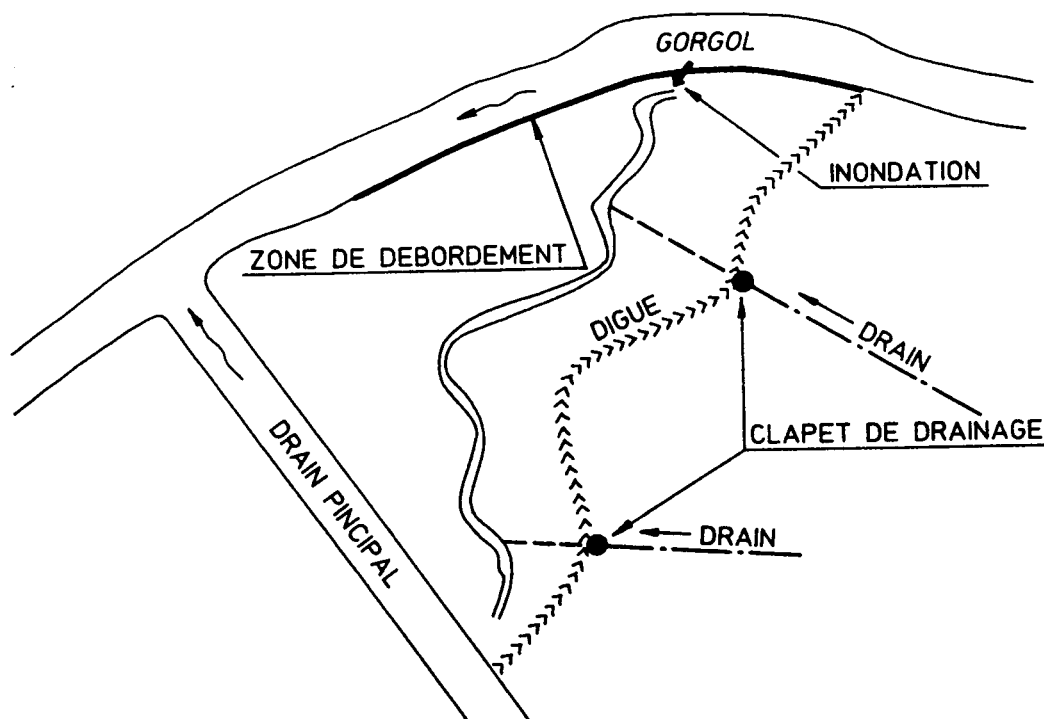


Figure C.7 - Schéma de protection

Ces casiers seront implantés sur la base des documents suivants:

- Carte d'inondation au 1:20 000 du périmètre du Gorgol (BCEOM, 1986). Il sera tenu compte notamment des zones de débordement du Gorgol Noir.
- Les plans au 1:5000 indiquant la topographie, les axes de drainage naturel et les aménagements projetés (canaux d'irrigation et drainage, parcellaire).
- Cartes pédologiques.

Des zones destinées initialement à être aménagées pour la culture irriguée pourront être réservées à l'inondation si elles présentent un risque élevé d'inondabilité (hauteur d'eau importante, détérioration des récoltes).

C.4.6 Programme d'études complémentaires

Définir précisément les aménagements pour limiter les inondations nécessite d'avoir le maximum de données de base concernant:

- le ruissellement et le comportement en crue du Gorgol Noir et de ses principaux affluents;
- des documents cartographiques précis.

C.4.6.1 Hydrométéorologie

Deux campagnes de mesures des précipitations et des débits sont nécessaires. Les points de mesures proposés sont indiqués sur la Figure C.8. Neuf stations de mesures de débits nous semblent utiles si l'on veut étudier les inondations et les possibilités d'aménagement amont. En tenant compte du fait que l'intervention humaine dans les relevés est toujours un point faible (absences, manque d'exactitude) nous recommandons que les mesures de niveau soient réalisées par des enregistreurs électroniques entièrement automatiques et ayant une autonomie de plus d'un an. Ces instruments mesurent et enregistrent la pression d'eau à une heure d'intervalle pendant une longue période (12 mois), aussi bien dans les conditions arides que humides, sans exiger d'entretien ou changement de batteries. Le traitement de données enregistrées par ce type d'appareil est effectué directement par ordinateur à l'aide de logiciels appropriés (voir Appendice 1). La corrélation niveau-débit sera établie à partir de jaugeages au moulinet effectués lors des crues.

Les précipitations devront être mesurées en 5 points en plus de la station actuelle à proximité du barrage. Un enregistreur électronique du même type que précédemment pourrait être utilisé afin d'avoir un enregistrement continu permettant de déterminer les intensités des précipitations (voir Appendice 1). Les corrélations débits-précipitations permettront de:

- définir la fréquence des écoulements enregistrés;
- estimer le coefficient de ruissellement et préciser aussi les hypothèses de dimensionnement des ouvrages hydrauliques de drainage (dalots, siphon, drain).

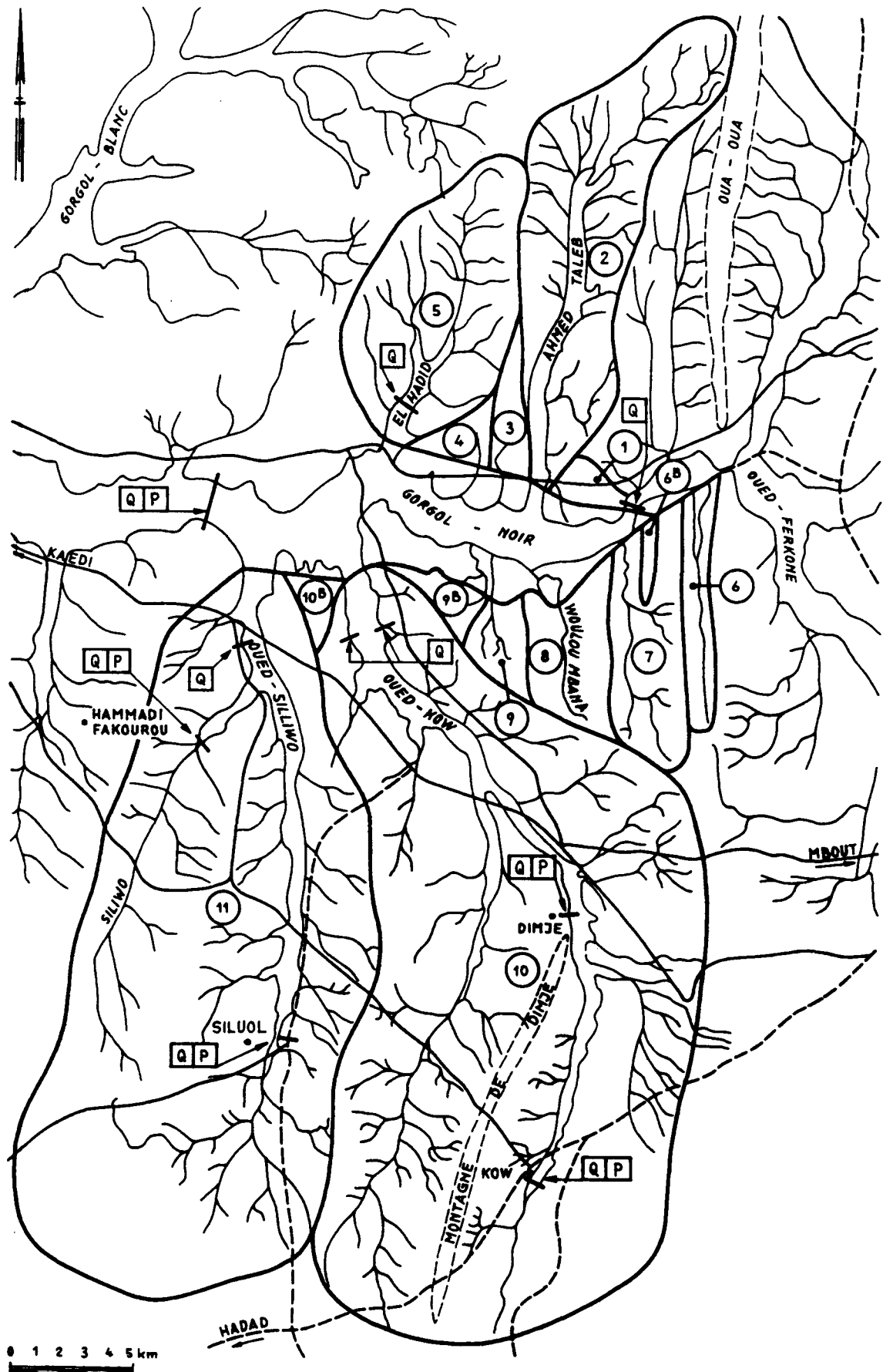


FIG. C.8 POINTS DE MESURES DES PRECIPITATIONS (P)
ET DES DEBITS (Q) PROPOSES

Parallèlement à ces mesures, des relevés précis et suffisamment denses de zones inondées devront être effectués.

C.4.6.2 Cartographie

Les documents existants sont à une échelle trop petite et trop ancienne (30 ans). Il nous semble donc nécessaire de procéder à une cartographie au 1:50 000 minimum ou mieux au 1:20 000 de toute la région concernée. Cette cartographie peut être faite par restitution de nouvelles photos aériennes au 1/50 000. La possibilité de restitution à partir d'image satellite SPOT peut être envisagée mais la précision sera certainement moins bonne.

APPENDICE C.I ENREGISTREURS PRESLOG ET RAINLOG

Les appareils Preslog et Rainlog sont des enregistreurs électroniques de niveaux d'eau et de précipitations. Ils ont été mis au point, développés et produits aux Pays-Bas. Nous en avons obtenu de très bons résultats dans des pays arides (Yemen, Gambie) et dans des pays humides (Indonésie, Bangladesh). Ces appareils sont aussi applicables dans les réseaux d'irrigation pour mesurer les débits de l'eau d'irrigation utilisée par les paysans (par exemple pour définir les redevances).

Ces instruments mesurent et enregistrent la pression d'eau à une heure d'intervalle pendant une longue période (12 mois), sans exiger d'entretien ou changement de batteries. Ils ne nécessitent pas non plus de stations d'essais coûteuses. L'enregistreur, conjointement à l'équipement de traitement de données, ouvre de nouvelles perspectives financières et scientifiques dans le domaine des mesurages.

Les enregistrements de pression sont contrôlés par un microprocesseur et stockés dans un block-mémoire amovible (Eprom).

Les enregistrements sont d'abord lus par un micro-ordinateur (modèle PX8) avec adaptateur Eprom. En fonction du logiciel sélectionné, les résultats peuvent être présentés sous forme de tableaux. Il existe deux types d'enregistreurs équipés chacun du même système électronique. La différence se situe dans le type de détecteur. Le Rainlog dispose d'un détecteur de pression relative, tandis que le Preslog (niveau d'eau) possède un détecteur de pression absolue.

Les écarts de pression sont au choix, une portée de 2 mètres étant habituelle pour le Rainlog.

Le Preslog possède une portée de 0 à 2 Bar. Au niveau de la mer, cela correspond à une portée dynamique de 10 mètres. La précision des mesures est d'environ 0,2% pour le Preslog et 0,5% pour le Rainlog. La résolution de leur portée de mesure dynamique est de 1/2000 pour le Rainlog et 1/4000 pour le Preslog.

Les intervalles de mesure peuvent être fixés entre 1 heure et 30 secondes. Les instruments disposent d'un signal sonore pour contrôler le fonctionnement.

APPLICATIONS

Niveaux d'eau des rivières

Pour ce type d'utilisation, l'enregistreur doit être fixé dans le lit de la rivière. Une fois installé, il peut demeurer en place pendant une période de 12 mois au maximum.

L'instrument fonctionne sans problème malgré les déplacements de sables et graviers. La période d'enregistrement terminée, l'enregistreur doit être ouvert de manière à retirer le bloc-mémoire et à le remplacer par un autre. Une première lecture est alors effectuée par le micro-ordinateur. Si l'on veut effectuer une correction barométrique, un second enregistreur est nécessaire. Cet enregistreur couvre une vaste zone et un enregistreur "à sec" peut donc servir pour plusieurs enregistreurs "sous eau".

Niveau de la nappe phréatique

De la même manière, le Preslog peut faire office d'enregistreur de niveau des eaux souterraines. Avec un diamètre de 3 pouces (environ 7,5 cm), il peut être placé dans des tuyaux d'eau. Dans le cas de tests de pompage, l'intervalle entre les mesures peut être ramené à un intervalle pratique.

Une mesure repère peut être effectuée au début et à la fin de la période de test. Le repère marque différents tests de pompage. Un interrupteur éteint le courant entre ces tests. Le nombre total de mesures réalisables est de 10 000.

Précipitations

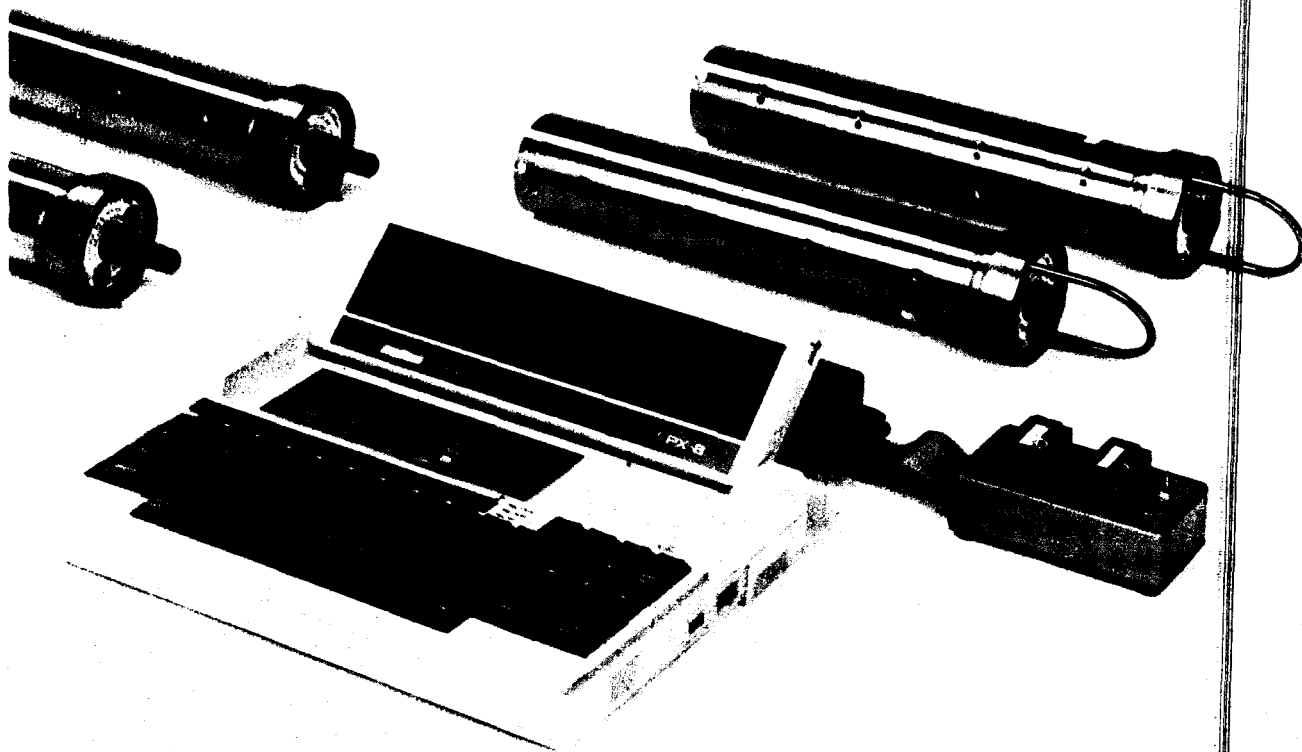
Pour effectuer des enregistrements de précipitations, le Rainlog est raccordé au fond d'un pluviomètre. Une augmentation de pression signifie donc une chute de pluies. Les diminutions de pression résultant de l'évaporation ou de la vidange du collecteur sont ignorées. Un simple programme indique ensuite les résultats.

Rainfall and waterlevel logger

Processor controlled, long operation time, no maintenance,
data processing facilities



PRESLOG®-waterlevel logger and RAINLOG®-rainfall logger



The electronic waterlevel and rainfall loggers are developed by the International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, and designed and produced in the Netherlands, The Hague.

The instruments measure and record the water pressure at one hour intervals over a long period (12 months), without requiring maintenance or change of batteries. No expensive test-stations are required.

The logger, together with the data-processing facilities, provides a new financial and scientific approach in field measurements.

The pressure recordings are controlled by a microprocessor and stored in an internal removable memory block (Eprom).

The records are first read by a personal computer (type PX8) with Eprom-adaptor.

Depending on the software chosen the results can be presented in tables.

Two types of loggers are available, both with the same electronics. The difference is based on the type of sensor. The Rainlog has a relative pressure sensor, the Preslog (water-level) has an absolute sensor. The pressure ranges are on request. A range of 2 meter is standard for the Rainlog.

The Preslog has a range of 0-2 Bar. At sea-level this is a dynamic range of 10 meters. The precision of the measurements is approximately 0,2 per cent. for the Preslog and 0,5 per cent. for the Rainlog. The resolution of its dynamic measuring range is 1/2000 for the Rainlog and 1/4000 for the Preslog.

The measuring interval can be set in steps between 1 hour and 30 seconds. An operational check by an audio signal is built in.

Applications

River-level

For this application the logger must be anchored in the river bed. After this installation the logger is left for a maximum period of 12 months.

The instrument functions without disturbance, despite shifting sand and gravel. After the operation time the logger has to be opened, the memory block removed and a first view is taken by the personal computer.

For barometric correction an additional Preslog is necessary.

This logger covers an extensive area. One dry-logger can thus be combined with several wet-loggers.

Groundwater-level

In the same way the Preslog can function as a groundwater-level logger. Its 3 inch diameter allows positioning in water-pipes. By so-called pump-tests, the measuring interval can be reduced to a convenient period.

A marker measurement can be set at the beginning or end of the test-period. The marker initials several pump-tests. An external power switch is set off between these tests. The total number of measurements is 10.000 records.

Rainfall

For rainfall registration the Rainlog is connected to the bottom of a rain-container. Only increases of pressure means rainfall. Decreases of pressure due to evaporation or emptying of the collection cylinder are ignored. A simple program shows the results afterwards.

ANNEXE D
SYSTEME DE MISE
EN VALEUR

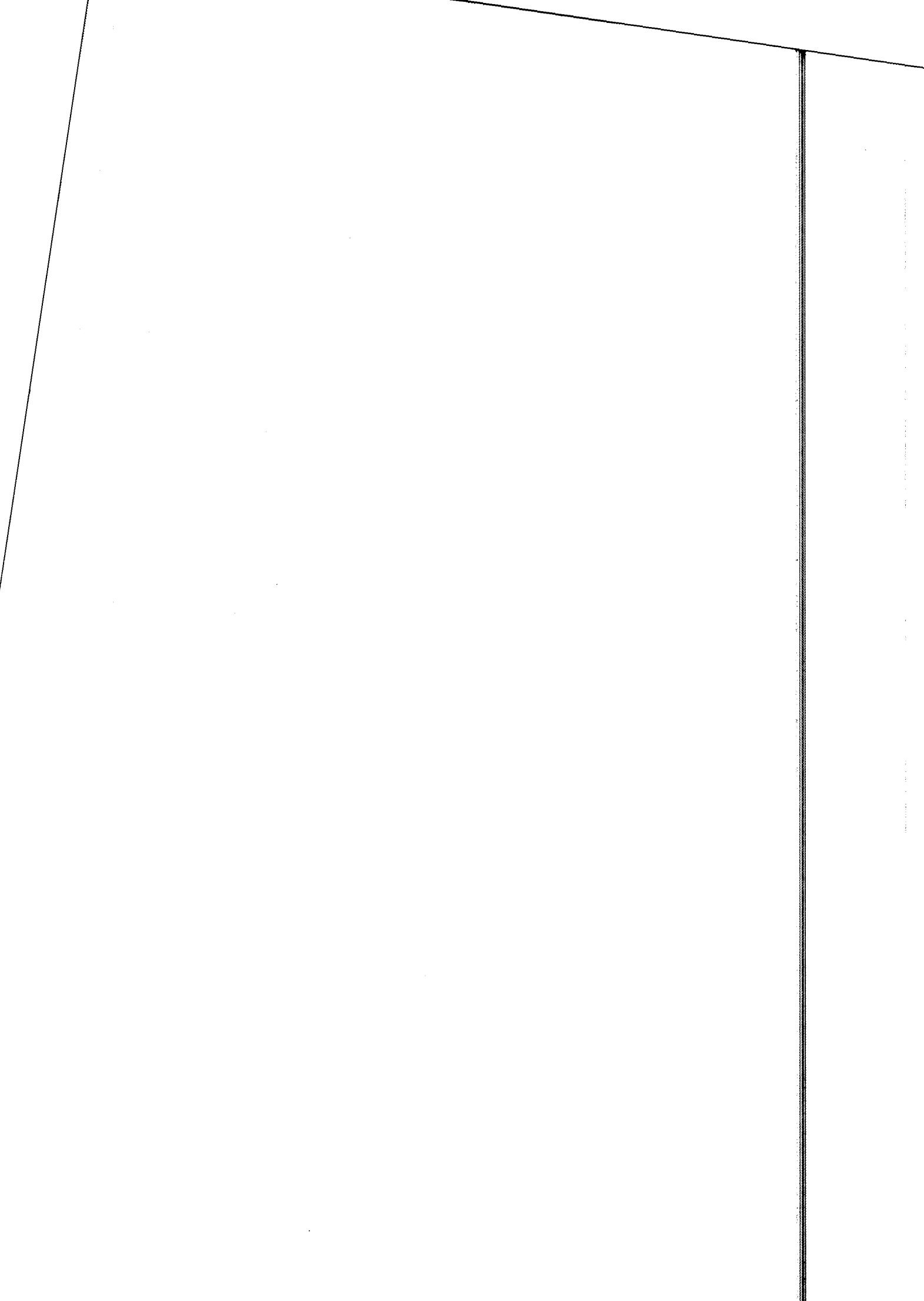


TABLE DES MATIERES

	Pages
D.1 INTRODUCTION	D.1
D.2 SITUATION ACTUELLE	D.2
D.2.1 Environnement physique	D.2
D.2.1.1 Climat	D.2
D.2.1.2 Topographie et pédologie	D.2
D.2.2 Développement agricole actuel au projet	D.3
D.2.2.1 Mise en valeur	D.3
D.2.2.2 Irrigation	D.4
D.2.2.3 Calendrier agricole et rendements	D.6
D.2.2.4 Intrants et redevances	D.10
D.2.2.5 Les revenus d'exploitation	D.11
D.2.3 Institutions et organisation	D.12
D.2.3.1 Organisation du projet	D.12
D.2.3.2 Encadrement/formation	D.15
D.2.3.3 Organisation coopérative	D.16
D.2.3.4 Crédit	D.18
D.2.3.5 Commercialisation	D.19
D.2.3.6 Recherche d'accompagnement	D.20
D.2.3.7 Vivres contre travail	D.21
D.2.4 Systèmes agricoles en dehors du projet	D.23
D.2.4.1 Culture de décrue	D.23
D.2.4.2 Culture pluviale	D.23
D.2.4.3 Elevage	D.24
D.2.4.4 Maraîchage	D.24
D.2.4.5 Reboisement	D.25
D.2.4.6 Pêche	D.25
D.2.5 Contraintes et conclusions	D.26
D.3 Propositions de mise en valeur	D.28
D.3.1 Mise en valeur en agricole	D.28
D.3.1.1 Les superficies mises en valeur	D.28
D.3.1.2 Exploitation proposée	D.29
D.3.1.3 Recommandations techniques	D.31
D.3.1.4 Besoins en main-d'oeuvre	D.32
D.3.1.5 Surface des exploitations	D.35
D.3.1.6 Besoins en eau	D.41
D.3.1.7 Compte d'exploitation	D.41
D.3.1.8 Développement du maraîchage	D.42
D.3.2 Aspects sociaux et institutionnels	D.48
D.3.2.1 Installation des populations	D.48
D.3.2.2 Organisation et gestion du projet	D.50

TABLE DES MATIERES (suite)

D.3.2.3	Formation-vulgarisation	D.56
D.3.2.4	Organisation des paysans	D.57
D.3.2.5	Recherche d'accompagnement	D.58
D.3.2.6	Développement de la pêche	D.59

LISTE DES APPENDICES

Appendice D.I	- Fiche technique des méthodes culturales actuellement suivies au PGN (1985-1987)	D.63
D.II	- Coût horaire des machines	D.64
D.III	- Besoins en eau des cultures	D.69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau D.1	- Classification des sols dans la zone du projet	D.3
D.2	- Répartition des cultures plantées en 1985-1987 au projet (en ha)	D.8
D.3	- Rendements des cultures plantées en 1985-1987 au projet (t/ha)	D.8
D.4	- Compte d'exploitation global pour la production de l'année 1986	D.11
D.5	- Groupements précoopératifs	D.16
D.6	- Redevances perçues par le service de crédit agricole en 1986 (en UM)	D.19
D.7	- Répartition des surfaces par classe de vocation de sol	D.28
D.8	- Temps de travaux pour la riziculture	D.33
D.9	- Temps de travaux pour les cultures de sorgho, de maïs et de niébé	D.34
D.10	- Temps de travaux pour la culture de sorgho fourrager	D.35
D.11	- Calendrier cultural, temps de travaux et besoins en main-d'oeuvre pour l'assolement riz-riz	D.36
D.12	- Calendrier cultural, temps de travaux et besoins en main-d'oeuvre pour l'assolement riz-maïs	D.37
D.13	- Calendrier cultural, temps de travaux et besoins en main-d'oeuvre pour l'assolement riz-maïs	D.38
D.14	- Besoins en eau mensuels bruts par type d'assolement	D.41
D.15	- Rendement moyen des cultures en t/ha	D.42
D.16	- Compte d'exploitation en UM pour une superficie de 0,5 ha apte à la culture du riz, après 4 ans de production, sans mécanisation	D.43

TABLE DES MATIERES (suite)

LISTE DES TABLEAUX (suite)

Tableau D.17 - Compte d'exploitation en UM pour 1,0 ha apte à la culture du riz, après 4 ans de production, avec mécanisation	D.44
D.18 - Compte d'exploitation en UM pour 1,0 ha apte aux cultures de sorgho et maïs, après 4 ans de production, sans mécanisation	D.45
D.19 - Compte d'exploitation en UM pour 1,0 ha apte aux cultures de sorgho et maïs, après 4 ans de production, avec mécanisation	D.46
D.20 - Système d'exploitation pour les cultures maraîchères	D.47
D.21 - Répartition des attributaires par village en fonction des villages d'origine	D.48
D.22 - Installation des attributaires sur la deuxième tranche d'aménagement	D.49
D.23 - Population des villages de la zone d'influence de périmètre	D.51
D.24 - Prévision de la valeur ajoutée des activités de pêche	D.60
D.I.1 - Fiche technique des méthodes culturales suivies au PGN	D.63
D.II.1 - Coût horaire des machines: tracteur à roue	D.64
D.II.2 - Coût horaire des machines: charrue à 3-4 disques	D.65
D.II.3 - Coût horaire des machines: pulvérisateur à disques	D.66
D.III.1 - Calcul des besoins en eau d'une parcelle de 1 ha apte à la riziculture	D.67
D.III.2 - Calcul des besoins en eau d'une parcelle de 1 ha apte aux cultures de sorgho et de maïs	D.68

LISTE DES FIGURES

Figure D.1 - Exemple de quartier traditionnel	D.5
D.2 - Calendrier agricole en usage du projet	D.7
D.3 - Organigramme actuel de la direction du projet	D.13
D.4 - Proposition d'organigramme pour le projet Gorgol Noir	D.52

ANNEXE D
SYSTEME DE MISE EN VALEUR

D.1 Introduction

La présente Annexe fait partie de l'Etude de consolidation et d'extension du périmètre de Foum-Gleïta, Gorgol Noir, Phase II, et porte sur les systèmes agricoles actuellement utilisés dans le projet ainsi que sur les possibilités de développement pour une extension d'environ 1600 ha au cours de la phase II.

Le projet dans son ensemble vise à la mise en valeur d'un périmètre d'une superficie totale de 3600 ha nets en aval du barrage de Foum-Gleïta, barrage dont la retenue peut atteindre quelque 5 millions de m³ d'eau. Un réseau d'irrigation par gravité peut assurer l'alimentation en eau du périmètre au départ de cette retenue, et permettre au moins une double culture annuelle.

Les objectifs du projet sont les suivants:

- augmenter la production céréalière nationale et, par conséquent, réduire le déficit alimentaire du pays;
- offrir une possibilité de s'établir, et donc de mener une vie sédentaire, aux populations rurales nomades qui migrent vers le sud suite à la détérioration de l'environnement;
- améliorer les conditions de vie des populations sédentaires déjà installées, notamment celles qui pratiquaient la culture de décrue dans la zone actuellement inondée située à l'arrière du barrage;
- enrayer l'exode vers les grands centres urbains en garantissant de bons moyens de subsistance en zone rurale;
- créer des possibilités de production piscicole, à plus grande échelle que par le passé, en vue notamment d'améliorer le régime alimentaire de la population locale.

Le Chapitre D.2 est consacré au développement agricole et aux activités connexes actuellement en cours dans le projet.

Le Chapitre D.3 contient pour sa part une série de recommandations concernant les futurs systèmes de production agraire au sein du projet. On y a étudié la marge d'exploitation que l'on peut prévoir pour les différents types d'exploitation agricole (Paragraphe D.3.1.7) tandis que dans le Paragraphe D.3.2, on a examiné les conséquences en fonction d'une certaine rapidité d'implantation choisie dans l'hypothèse où la taille des exploitations augmente de 0,5 à 1,0 ha.

D.2

D.2 Situation actuelle

D.2.1 Environnement physique

D.2.1.1 Climat

Le climat du territoire du Gorgol Noir dans la région du périmètre est de type sahélien et se caractérise par une saison humide, nommée hivernage (mi-juin/mi-octobre), une contre-saison sèche froide, cssf (mi-octobre/mi-février) et une contre-saison sèche chaude, cssc (mi-février/mi-juin).

Sur la base d'une analyse des données climatologiques des stations météorologiques de Kaedi et M'bout où les conditions climatologiques sont pratiquement identiques, il est permis d'établir les constatations suivantes:

- pendant la saison d'hivernage, il tombe approximativement 360 mm de pluies, avec un maximum en août d'environ 40% des précipitations totales; les températures sont modérées (température moyenne maximale inférieure à 40°C) et l'évapotranspiration se limite à 150-200 mm/mois. Des pluies torrentielles se produisent correspondant à un niveau de précipitations supérieur à 50 mm/24 h. A M'bout, on enregistre une fréquence décennale de 100 mm/j. L'importance des précipitations varie d'ailleurs fortement d'une année à l'autre et il se produit également des années relativement sèches comme ce fut le cas au cours de la dernière période de sécheresse;
- au cours de la contre-saison sèche froide, les températures sont basses, ce qui retarde la croissance des cultures. En janvier, la température moyenne maximale varie de 30 à 35°C. Les températures minimales absolues relevées en janvier sont d'environ 8-9°, ce qui interdit toute forme de riziculture pendant cette saison;
- la contre-saison chaude se caractérise par des températures extrêmement élevées (moyenne supérieure à 40°C) et une humidité atmosphérique basse; les températures maximales absolues se situent dans le trimestre d'avril-juin avec des valeurs de 45-46°C. C'est également le moment où souffle l'harmattan, un vent extrêmement sec et violent, capable de provoquer d'importants dégâts aux récoltes lorsqu'il souffle pendant la floraison; c'est notamment la raison pour laquelle la culture du maïs est déconseillée.

De plus amples détails concernant les conditions climatologiques de la zone sont repris dans l'Annexe C.

D.2.1.2 Topographie et pédologie

Deux études ont été effectuées sur les caractéristiques physiques de la zone: l'une en 1975 par Il Nuovo Castoro (INC), l'autre en 1986 par le BCEOM. Elles ont notamment permis de constater ce qui suit.

La zone du projet est située dans la plaine alluviale profonde du fleuve Gorgol Noir, juste en aval des monts Oua-Oua, à 120 km au

sud-est de Kaedi (chef-lieu régional) et à 10 km de la ville de M'bout (chef-lieu départemental). La pente longitudinale de la vallée est d'environ 0,4%; les gradients transversaux étant d'environ 1%.

Le matériau sédimentaire est argilo-limoneux de couleur verdâtre en profondeur. Il est très sensible à l'impact des gouttes de pluie qui forment en surface une pellicule de battance, laquelle limite considérablement l'infiltration. Dans ces conditions, le ruissellement est très fort et dépasse 80% des précipitations.

Les principaux sols de la zone du projet sont les suivants:

- des vertisols profonds de texture fine dans la partie aval;
- des isohumiques caractérisés par une texture fine à moyenne et par la présence à faible profondeur d'un horizon squelettique.

Une étude de classification des sols a été effectuée par l'INC sur une superficie de 6 850 ha. Sur la base des spécifications du "Water and Power Resources Service" des Etats-Unis, la classification a donné les résultats repris au Tableau D.1.

Tableau D.1 - Classification des sols dans la zone du projet

	Superficie (ha)	Pourcentage	Aptitude culturale
Sols de classe 1	765	18	toutes cultures
Sols de classe 2	880	21	riz, blé, maïs, sorgho
Sols de classe 3	535	13	riz
Sols de classe 4R	1 420	34	blé, maïs, sorgho,
Sols de classe 6	600	14	nulle

Presque tous les sols, à l'exception des sols à texture plus légère, sont aptes à la riziculture pendant l'hivernage. Pendant les saisons sèches, les terres ayant une haute teneur en argile et une faible perméabilité doivent être réservées à la riziculture, les autres terres pouvant servir à la culture d'autres céréales et légumineuses.

Il ne semble pas se poser de problème de salinité: les sols sont chimiquement pauvres mais avec un bon complexe absorbant permettant des fumures minérales appropriées.

D.2.2 Développement agricole actuel au projet

D.2.2.1 Mise en valeur

De la superficie totale du périmètre d'irrigation qui couvre 4 200 ha bruts et dont il est prévu de cultiver 3 600 ha nets, 550 ha ont été mis en production au cours de la première étape de la phase I (1985) et ont été entièrement distribués aux paysans attributaires.

La superficie des exploitations est basée sur 0,25 ha par actif, soit 0,50 ha pour un ménage de 2 actifs. La superficie d'une parcelle est d'environ 0,5 ha et la majorité des attributaires possède en effet une parcelle de cette taille. Dans quelques cas peu nombreux, lorsque l'exploitant possède une très grande famille de plusieurs actifs, la superficie attribuée peut être d'1 ha ou plus. Actuellement, 1142 familles sont installées sur le périmètre, dont la majorité sont originaires des terres ou villages inondées par les eaux de la retenue. Les parcelles sont remises aux attributaires complètement nivelées, et pourvues d'une vannette permettant le passage de l'eau d'irrigation et d'un tuyau de drainage en pvc. Elles sont subdivisées par les paysans à l'aide de diguettes, généralement en 6 sous-parcelles d'environ 800 m² chacune.

A l'exception des sols légers, tous les sols sont affectés à la riziculture pendant l'hivernage. Pendant la saison sèche, une deuxième culture de riz a lieu sur les sols argileux lourds, tandis que sur les sols qui ne sont pas spécifiquement aptes à la riziculture, les paysans pratiquent la culture du sorgho, du maïs et du niébé ou laissent leurs terres en jachère.

D.2.2.2 Irrigation

Le présent paragraphe traite sommairement du réseau tertiaire tandis que la Figure D.1 donne un exemple de quartier traditionnel, d'une superficie de 15 ha et composé de quelque 30 parcelles. Chaque quartier est alimenté en eau par ouverture de la vannette sur le canal tertiaire. Les vannettes sont pourvues d'un cadenas dont la clé est en la possession de l'encadreur qui gère le quartier. Dans la pratique, l'on constate toutefois que de nombreux cadenas sont cassés et que n'importe qui peut ainsi actionner les vannettes.

Vu l'exiguité de la superficie devant être actuellement alimentée, la capacité de la retenue dépasse largement les besoins en eau et la distribution d'eau ne tient pratiquement compte d'aucun plan d'irrigation avec rotation régulière. Cette situation résulte également du fait que peu de cultivateurs se tiennent au calendrier cultural imposé.

Au début de la saison de plantation, environ une semaine avant le labourage, le champ est mis en eau avec une lame de 5 cm. Dans le cas du riz, les travaux de préparation du sol sont effectuées sur une parcelle qui n'est pas entièrement inondée. Pendant la croissance des cultures sèches, de l'eau est admise dans le bassin environ une fois par semaine ou par 10 jours; pour le riz, l'admission d'eau est telle qu'elle permet d'inonder le champ en permanence.

Le Paragraphe D.3.1.6 traite plus en détail la question des besoins en eau des cultures dans le cadre du calendrier agricole défini et proposé dans cette étude.

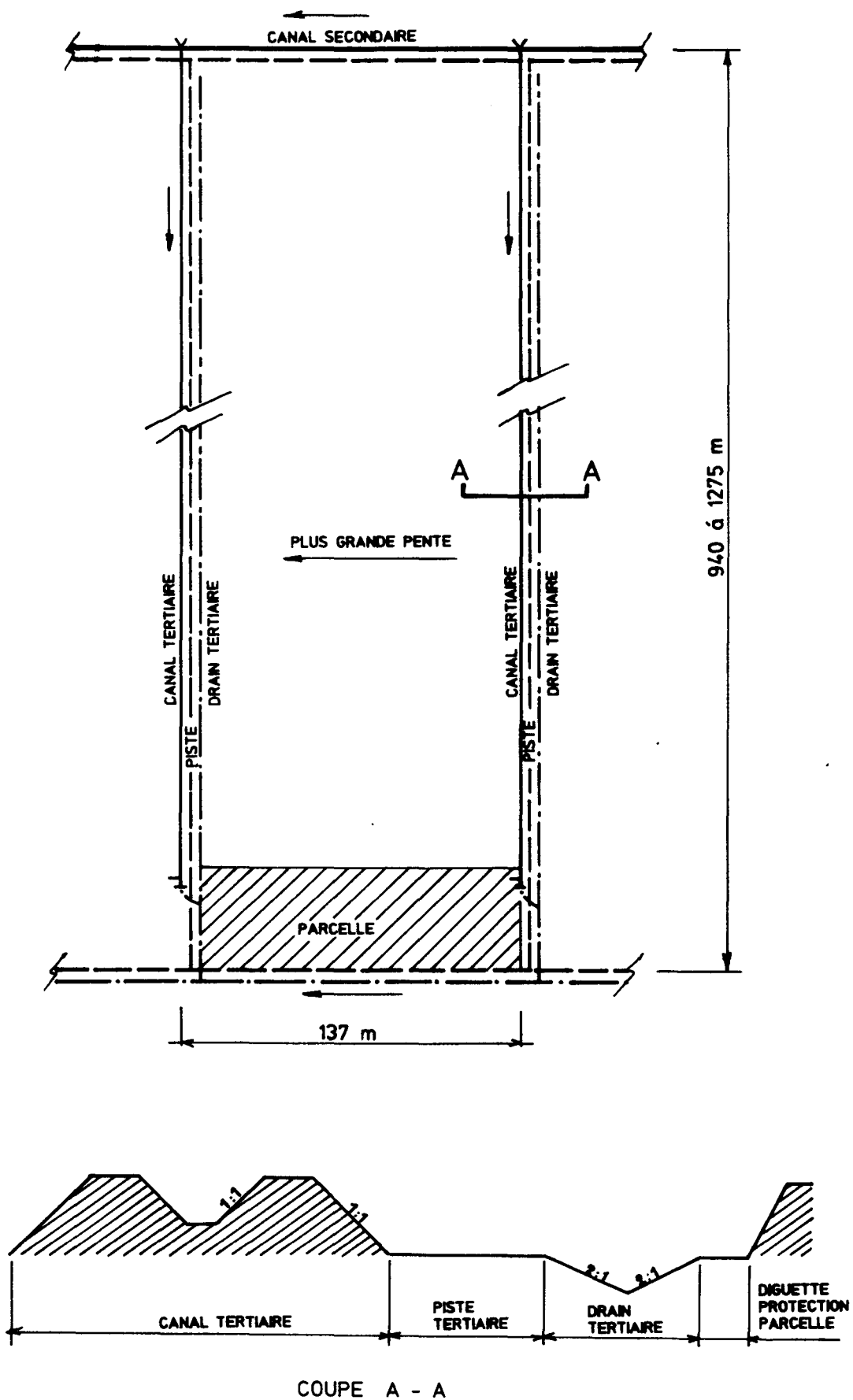


FIG. D.1 EXEMPLE D'UN QUARTIER TRADITIONNEL

D.2.2.3 Calendrier agricole et rendements

En se basant sur l'analyse des caractéristiques climatiques, on peut distinguer 3 périodes aptes à l'agriculture, à savoir:

- la saison humide (hivernage): juin/juillet - octobre
- la contre-saison sèche froide (cssf): novembre - février
- la contre-saison sèche chaude (cssc): mars - mai.

En vue de l'optimisation de la production, et en tenant compte de l'aptitude des sols, la gestion du projet a conseillé aux paysans de cultiver pendant l'hivernage du riz sur les sols assez lourds et des cultures sèches (maïs ou sorgho) sur les sols plus légers. Pendant la saison sèche, ils ont la possibilité de cultiver plusieurs cultures, soit pendant la période froide, soit pendant la saison chaude.

Le calendrier agricole proposé par la gestion du projet est repris à la Figure D.2. Une fiche technique des principales cultures (riz, sorgho et maïs) est donnée à l'Appendice D.I. Quant aux besoins en main-d'oeuvre dans le cas d'une culture totalement dépourvue de mécanisation, ils ont été établis sur la base des données disponibles et d'une petite enquête sur le terrain et figurent dans l'Appendice D.II.

A la lecture des Rapports annuels du projet, de même que lors de visites sur le terrain, il est apparu que tous les paysans ne se tiennent pas strictement au calendrier agricole prescrit. L'étalement des activités dans le temps, principalement du semis du riz dans les pépinières et des opérations de repiquage sur les parcelles, est fort important, ce qui a un effet négatif sur les rendements.

En théorie, il est possible de cultiver trois cultures par an sur une même parcelle, à savoir pendant l'hivernage, en cssf et en cssc; dans la pratique, cela s'avère pratiquement impossible. En effet, il faudrait pour ce faire suivre un calendrier très strict en matière de règles culturales et effectuer très rapidement les travaux de préparation du sol et les récoltes, ce qui, compte tenu de l'absence totale de mécanisation, n'est pas faisable dans les conditions actuelles. La gestion du projet vise à une intensité des cultures de 100% pendant la saison d'hivernage et d'environ 80% pendant la contre-saison, soit un total de près de 180%. Actuellement, cette intensité n'a pas encore pu être atteinte.

Le Tableau D.2 indique la répartition des cultures les plus importantes réalisée au cours des années 1985-1987.

Les rendements de ces cultures, établis sur la base d'un échantillonnage réalisé dans différentes parcelles cultivées du projet, sont indiqués dans le Tableau D.3.

	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.
Précipitations en mm	0	0	0	0	0	3	40	117	112	9	0	0
- Culture permanente riz-riz		riz en saison sèche chaude					riz hivernage					
Culture en rotation riz-sorgho	saison sèche froide				riz en saison hivernage					sorgho en		
Culture en rotation riz-maïs	saison sèche froide			riz en saison hivernage					mais en			
Culture permanente sorgho					sorgho en saison hivernage							

Figure D.2 - Calendrier agricole en usage au projet

Tableau D.2 - Répartition des cultures plantées en 1985-1987 au projet (en ha)

	Hivernage 1985	CSSC 1986	Hivernage 1986	CSSF 1986/87	CSSC 1987	Hivernage 1987
Riz	408	274	525	-	287	436
Sorgho	-	-	25	-	-	34
Maïs	97	71	-	15	-	3
Totaux	505	345	550	15	287	473
Intensité des cultures	92%	63%	100%	3%	52%	86%

Source: Rapports annuels des activités du projet 1985-1986

Tableau D.3 - Rendements des cultures plantées en 1985-1987 au projet (t/ha)

	Hivernage 1985	CSSC 1986	Hivernage 1986	CSSF 1986/87	CSSC 1987
Riz	3,9	2,8	4,7	-	2,8
Sorgho	-	-	1,3	-	-
Maïs	1,9	0,3	-	1,8	-

Source: Rapports annuels des activités du projet 1985, 1986, 1987

Lorsque l'on interprète ces chiffres de rendements, il ne faut pas perdre de vue que les échantillons ont été prélevés* dans les champs récoltés à temps. Les champs en jachère ou ayant été mis en culture si tardivement que la récolte en devenait négligeable n'ont pas participé à l'échantillonnage: il en résulte que les rendements obtenus ont un caractère trop optimiste. Globalement, ces chiffres donnent toutefois une impression assez juste des résultats obtenus lorsque l'exploitant se conforme strictement au calendrier cultural.

* Par parcelle de 0,5 ha, un échantillon de 1 m² a été prélevé au hasard, récolté puis pesé. Le résultat a ensuite été réduit de 20% de manière à contrebalancer la tendance naturelle qui consiste à sélectionner le meilleur morceau de terre. Pour la même raison, c'est-à-dire obtenir une sélection aussi neutre que possible, l'échantillonnage a été effectué par une équipe spéciale et non par des encadreurs. La récolte finale n'est ni mesurée ni livrée au projet, mais emportée par le paysan lui-même vers son domicile.

Les paragraphes suivants traiteront brièvement de l'expérience en matière de production irriguée des principales cultures du périmètre du Gorgol Noir.

(a) Production rizicole - hivernage

Dans l'ensemble, c'est pour cette culture que les instructions techniques sont le mieux suivies, que les difficultés sont les plus surmontables et que les récoltes sont les meilleures. Reste le fait que les paysans commencent leurs travaux trop tard: ceci a pour résultat de différer le repiquage jusqu'à la fin août/début septembre et donc de reculer la récolte vers les mois de décembre/janvier. Les rendements sont alors très bas et ne dépassent pas les quelque 1500 kg/ha. Dans l'ensemble, les variétés de riz cultivées sont à "cycle moyen" (135-140 jours) telles Jaya et BG 90-Z, dont la première est surtout préférée pour sa saveur.

(b) Production rizicole - cssc*

Les rendements sont généralement plus bas, malgré le plus grand nombre d'heures d'ensoleillement. Un semis en pépinières avant la mi-février s'est avéré infructueux à cause des basses températures. Les deux dernières campagnes agricoles ont notamment été marquées par plusieurs faits défavorables:

- l'intérêt modéré des exploitants (autres activités de culture de décrue, élevage de bétail);
- l'extrême violence et sécheresse de l'harmattan en mars/avril, capable de réduire fortement les récoltes lorsqu'il souffle pendant la floraison des plants de riz;
- les nombreux dégâts causés par les rongeurs dans les pépinières et par les oiseaux (*Quelea quelea*) en fin de période de maturation.

(c) Production de sorgho/maïs - hivernage

Ces deux cultures semblent convenir pour les sols plus légers, inaptes à la riziculture. Les paysans n'ont pas l'expérience de la culture en billons avec irrigation par siphonage; ils cultivent partout à plat, ce qui requiert plus d'eau qu'il n'est nécessaire. La situation sur les champs est assez disparate suite à un planage insuffisant. Les méthodes culturales traditionnelles sont encore suivies et les rendements sont assez réduits: un maximum de 2 t/ha pour le maïs et d'environ 1,5 t/ha pour le sorgho. Les variétés les plus appréciées sont le Early Thai pour le maïs et les variétés locales ainsi que les CE 145 et C 151 pour le sorgho.

(d) Production de sorgho/maïs - cssf

Lorsque la récolte des cultures d'hivernage a lieu à temps (c'est-à-dire en octobre/début novembre), le sorgho ou le maïs constituent

* La riziculture en cssf n'est pas faisable en raison des basses températures pendant les mois de janvier et février.

une excellente seconde culture. L'expérience montre toutefois qu'après les rudes efforts fournis pour la récolte d'hivernage, les paysans sont en général peu enthousiastes à se lancer immédiatement dans une seconde culture. Ceux qui malgré cela plantent une deuxième culture sèche n'effectuent pas de labour mais sèment directement en trous selon la méthode traditionnelle de culture de décrue. Le sorgho présente en outre l'inconvénient d'être une nourriture favorite des oiseaux et de nécessiter par conséquent un gardiennage intensif en période de récolte, soit en avril/mai. Quant à la production de maïs de la campagne 1986/1987, elle a été en grande partie détruite par les rats qui ont mangé de nombreux grains et jeunes plants. Les plantes qui furent laissées intactes donnèrent par contre de bons résultats.

(e) Production de sorgho/maïs - cssc

La production de maïs pendant la saison sèche chaude de 1986 (semis en janvier, récolte en mai) s'avèra un échec total suite aux effets de l'harmattan pendant la floraison; les rendements s'avérèrent de l'ordre de 300 kg/ha. Il convient donc de déconseiller fortement ces cultures pendant la cssc.

D.2.2.4 Intrants et redevance

Des graines de semence et des engrais chimiques ont été mis par le projet à la disposition des exploitants. Les semences de riz ont été produites, sous le contrôle du projet, sur les parcelles de paysans sélectionnés ou furent livrées par le centre semencier établi près de Kaedi. Elles ne furent pas traitées à l'aide d'insecticides chimiques. En ce qui concerne les semences pour le maïs et le sorgho, le paysan utilise généralement une partie de sa propre production de la culture précédente.

Les exploitants sont tenus de rembourser le prix des intrants à l'aide d'une partie de leur récolte. Ce montant varie en fonction de la quantité d'engrais et de semences utilisée. En 1986, le prix unitaire pour l'urée s'élevait à 24 UM/kg et pour les semences à 19 UM/kg. Outre cette redevance variable, l'exploitant est également tenu de payer par ha une redevance fixe de 10 000 UM/an pour l'eau, indépendamment du fait qu'il pratique une simple ou une double culture annuelle. Ces redevances peuvent être payées en argent ou en nature (paddy). Les agents de crédit agricole sont chargés, au nom du projet, du recouvrement des redevances et de la livraison des intrants.

Le paiement des redevances présente en fait certaines difficultés. Pour l'année 1986, environ 77% des frais totaux ont été remboursés. Des sanctions graves contre les paysans qui ne paient pas (telles expulsion du projet ou suppression de l'eau d'irrigation) n'ont pas encore été prises bien que des menaces aient été exprimées en ce sens. La seule sanction actuellement appliquée consiste à ne plus fournir d'intrants à crédit à un paysan qui n'a pas acquitté ses obligations de la culture précédente.

L'impossibilité de payer la redevance est d'ailleurs la raison pour laquelle certains paysans ne pratiquent pas de deuxième culture. Or une culture est insuffisante pour pouvoir s'acquitter de la redevance fixe et le paysan se trouve ainsi pris dans un cercle vicieux.

D.2.2.5 Les revenus d'exploitation

Il existe actuellement au niveau du Service formation-vulgarisation, un suivi de chaque attributaire en ce qui concerne le calendrier cultural, la période de pépinière et, de repiquage, la mesure de rendement, etc. Malheureusement, ces données ne sont pas exploitées sous forme de tableaux donnant le pourcentage de réalisation des différentes façons culturales au cours de l'année, ce qui permettrait de visualiser le mode de fonctionnement du périmètre à l'heure actuelle. Pour cette raison, il est également impossible d'individualiser les comptes d'exploitation suivant les types de cultures. Il existe des fichiers d'attributaires en ce qui concerne les redevances fixes et variables et la situation est récapitulée au niveau des 3 centres du Service de crédit agricole correspondant aux villages Nord, Centre et Sud. On établira donc un compte d'exploitation global au vu des renseignements disponibles pour l'année 1986 (Tableau D.4).

Tableau D.4 - Compte d'exploitation global pour la production de l'année 1986

Rubrique	Superficie cultivée (ha)	Production (t)	Valeur (UM)
<u>. Production</u>			
Cssc 1986			
- Paddy	274	767	14 189 500
- Maïs	74	24	504 000
Hivernage			
- Paddy	525	2 441	45 158 000
- Sorgho	25	43	903 000
Total production			60 755 000
<u>. Charges</u>			
- Intrants contre-saison			35 305 23
- Intrants hivernage			2 076 728
- Redevances contre-saison			2 561 250
- Redevances hivernage			2 561 250
Total charges			10 729 751
. Revenu brut d'exploitation			50 025 249

En admettant que les rendements des cultures calculés pour le paddy à partir de 1 m² par parcelle de 0,5 ha reflètent la réalité, on constate que les charges constituées par les intrants et les redevances ne représentent que 17,7 % du produit brut d'exploitation, ce qui paraît tout à fait acceptable.

Pour approcher davantage la réalité, il faudrait raisonner en revenu monétaire, mais celui-ci n'est pas facile à déterminer puisque les données disponibles ne conduiront qu'à des résultats partiels; ces derniers paraissent cependant intéressants. Les seules données certaines dont nous disposons sont celles concernant les achats de paddy par le CSA. Pour l'année 1986, ils ont été de 1166 tonnes.

L'établissement d'un bilan production-commercialisation sera basé sur les hypothèses suivantes:

- les nouveaux attributaires n'adopteront le riz en autoconsommation que progressivement. Pour l'année 1986, il a été admis une consommation de riz par habitant de 80 kg par an, ce qui correspond à 120 kg de paddy;
- pour un bilan global de la zone aménagée, on a supposé que le sorgho et le maïs produits étaient autoconsommés;
- au moment de la récolte, alors que le système de commercialisation n'est pas encore en place, les paysans ayant besoin d'argent vendent une partie de leur production à bas prix aux commerçants; à ce moment le prix du kg de paddy est de 10 UM.

Le revenu monétaire théorique serait le suivant:

Vente paddy CSA	1 166 t x 18 500 UM/t	= 21 571 000 UM
Vente commerce	1 332 t x 10 000 UM/t	= 13 320 000 UM
Total		34 891 000 UM

Dans ce cas, le montant des charges de production et redevances s'élève à 30,8 % du revenu monétaire théorique et paraît encore acceptable. Un point important, et qui n'est pas connu, concerne l'utilisation de la main-d'oeuvre extérieure à l'exploitation. C'est pourquoi, il s'avère essentiel de disposer au niveau du projet d'une cellule socio-économique permettant d'apporter une meilleure connaissance sur le fonctionnement des exploitations agricoles, et leurs problèmes spécifiques. Ce point sera traité dans le chapitre consacré à l'organisation du périmètre (voir D.3.2.2.).

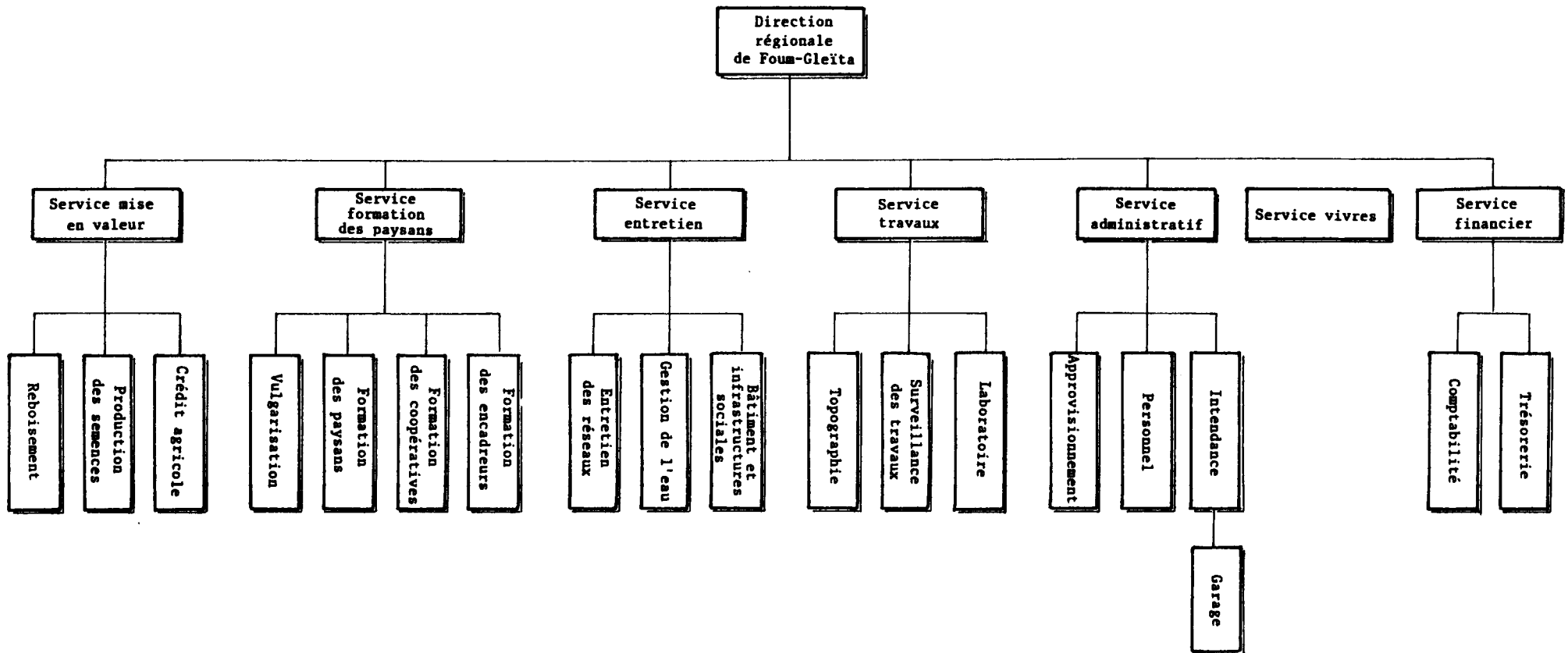
D.2.3 Institutions et organisations

D.2.3.1 Organisation du projet

La gestion du projet est entièrement confiée à la SONADER, par l'intermédiaire de sa Direction du projet de Foun-Gleïta. L'organigramme de la gestion est repris à la Figure D.3. La structuration est faite autour d'une Direction régionale dont dépendent 7 services:

- Service mise en valeur;
- Service formation-vulgarisation;

PROJET D'IRRIGATION GORGOL NOIR II



D.13

Figure D.3 -Organigramme actuel de la direction du projet

- Service entretien;
- Service travaux;
- Service administratif;
- Service financier;
- Service vivres.

Selon la liste du personnel établie en octobre 1987, il y avait 110 employés permanents dont 11 cadres. Des modifications ont été opérées en 1987 à la Direction du projet et on a l'impression que chaque service est dans l'attente d'une définition précise de ses fonctions et de ses relations avec les autres services.

Une série de problèmes ont été rencontrés dans l'organisation du projet, à savoir:

(a) Manque de définition des fonctions

Pour ne citer qu'un exemple, la Section vulgarisation qui dépendait du Service mise en valeur a été rattachée au Service formation, sans que le Service mise en valeur ait vu ses fonctions redéfinies.

(b) Manque de suivi des nouveaux exploitants

Au vu de l'organigramme, on peut constater qu'il n'existe pas de section socio-économique chargée de suivre les problèmes posés par les "nouveaux agriculteurs" et d'établir des données les concernant pour permettre à la Direction du projet de prendre des décisions en connaissance de cause.

Ainsi, l'opinion couramment répandue est que les surfaces attribuées par famille sont trop petites pour assurer des revenus corrects après paiement des charges de production et des redevances, et qu'il faudrait attribuer 1 ha par famille. Or, on constate sur le terrain qu'il existe un dérapage important du calendrier cultural sur la zone déjà aménagée. On a observé en novembre 1987 des parcelles semées en maïs ou sorgho à côté de parcelles portant du paddy prêt à être récolté et des parcelles dont la maturation n'avait pas encore commencé. Ce décalage entre les différentes parcelles est dû à l'insuffisance de main-d'oeuvre sur certaines exploitations pour réaliser les différentes façons culturales en temps voulu, ce qui fait que la culture de contre-saison sèche empiète sur la culture d'hivernage, etc.

En effet, l'attribution des parcelles au niveau de la première installation a été faite en adoptant la norme de 0,25 ha par actif avec un maximum de 1 ha par famille; en fait, il semble que l'on ne connaissait pas suffisamment l'occupation du temps de ces actifs et qu'il n'ont pas été suivis dans ce sens après leur installation. On manque donc de données quantitatives à l'heure actuelle pour proposer des solutions concrètes.

Il faut signaler que ce problème risque de se reproduire en ce qui concerne la deuxième tranche d'aménagement de la phase I, car les enquêtes réalisées par village font état des différentes familles

recensées et de la composition de ces familles pour déterminer les actifs, sans tenir compte de l'activité de ces familles, de la localisation des terres actuellement cultivées et de la façon dont ces familles assurent leur subsistance.

(c) Manque de coordination entre les services

Le Service entretien assure la gestion de l'eau sur le périmètre, ce qui paraît normal, mais pour décider des débits à délivrer en tête des tertiaires, il doit posséder un calendrier prévisionnel des besoins exprimés par le Service mise à valeur ou le Service vulgarisation. Un tel document n'existe pas et encore moins un réajustement en tenant compte des surfaces réellement cultivées.

D.2.3.2 Encadrement/formation

Etant donné que la majorité des exploitants ne connaissaient pas la riziculture irriguée, la formation des paysans et encadreurs a reçu une attention particulière dès le début de la mise en valeur. L'intervention d'encadreurs fut en outre considérée comme un moyen pour la gestion du projet de transmettre ses directives en matière de techniques culturales aux paysans, et de s'assurer ainsi que le calendrier cultural soit suivi avec exactitude.

Dans la pratique, il s'avéra que les paysans considéraient les encadreurs plutôt comme des contrôleurs au service de la gestion du projet que comme des conseillers chargés, dans leur propre intérêt, de leur apprendre les principes de la riziculture irriguée. Bien que les encadreurs aient reçu une formation, ils ne furent apparemment pas en mesure de convaincre les exploitants: le calendrier agricole est mal respecté, les techniques culturales modernes sont difficilement acceptées et certains encadreurs font même l'objet de méfiance.

Au début de 1987, le Service de Formation-Vulgarisation du projet a commencé à appliquer un système de formation connu sous le nom de "Formation et Visite" (F et V), adapté aux mentalités, attitudes et comportement des paysans et encadreurs. En ce moment, le projet dispose de 15 encadreurs qui desservent chacun une superficie d'environ 30 ha, correspondant à quelque 60 paysans.

Les principes de base du système de vulgarisation F et V sont:

- réunions régulières (hebdomadaires) des encadreurs avec le même groupe de paysans, à jour, heure et lieu fixes (parcelles de démonstration);
- formation d'un petit groupe de contact des paysans d'un quartier;
- réunion hebdomadaire d'apprentissage sur le terrain, en fonction des directives culturales du moment;
- établissement d'une relation encadreur-paysan caractérisée par un esprit de dialogue, et dans le cadre de laquelle le paysan a toute latitude de communiquer ses idées et ses besoins;
- formation régulière des encadreurs eux-mêmes sur des sujets actuels.

Il est actuellement encore trop tôt pour constater un changement dans l'attitude des encadreurs vis-à-vis des paysans. Ce qui est évident est que l'approche "sommet vers la base" fut un échec. Lors de la mise en valeur des 1400 ha qui vont être aménagés, il est prévu de lancer les activités de formation selon le système F et V le plus rapidement possible.

D.2.3.3 Organisation coopérative

Les groupements précoopératifs (GPC) ont commencé à être mis en place fin 1986 grâce au projet ACOPAM (Appui coopératif aux activités de développement assistées par le PAM en zone soudano-sahélienne) et en collaboration avec le service formation vulgarisation du projet Gorgol. Le projet ACOPAM qui s'étale sur 3 ans de 1986 à 1989 doit apporter un support pour l'organisation des coopératives et la construction des magasins d'engrais et des bâtiments coopératifs.

Depuis fin 1986, 11 GPC ont été créés regroupant 747 exploitants chefs de famille, soit 63 % des exploitants. (Il convient de signaler ici que le nombre d'exploitations ou d'exploitants varie suivant les services. Par exemple le nombre de familles attributaires est de 1112, le nombre de dossiers d'exploitants au niveau du Service crédit est de 1182). Le Tableau D.5 indique le nom des différents GPC et le village d'origine ainsi que le nombre de membres de chaque GPC. Par rapport aux dossiers de crédit on peut constater que pour le village Nord seuls 23,5 % des exploitants sont membres d'un GPC, pour le village Centre cette participation s'élève à 88,7 % et pour le village Sud à 66,4 %, ce qui traduit des motivations différentes suivant les villages de regroupement.

Tableau D.5 - Groupements précoopératifs

No.	Nom du village	Nom du GPC	Membres			Village périphérie
			Hommes	Femmes	Total	
1	Zreiga site	Bantare	70	10	80	centre
2	El Amar Sidi	Amar Sidi	55	34	89	centre
3	Tiongol Kole	Jokore Endam	27	6	33	sud
4	Khadara	Nasroun	46	30	76	centre
5	Ould Boughrou	Medina	41	34	75	sud
6	Rakna Dia	Kowral	36	8	44	sud
7	Oudey Lehdid	Salam	74	12	86	nord
8	Var Jek	Boural	34	4	38	sud
9	N'Doula	El Wai	39	16	55	centre
10	Gleita Debaye	Bouki Saboudou	96	22	118	centre
11	Taghada	Taghada	49	4	53	centre
Total			567	180	747	

Chaque GPC possède un bureau élu qui comprend 1 président, 1 vice-président, 1 secrétaire, 1 secrétaire-adjoint, 1 trésorier, 1 trésorier-adjoint, 1 magasinier. La tenue de documents comptables et de gestion nécessite une formation correspondante du personnel composant le bureau du GPC, cette formation est donnée actuellement par le Service de formation du projet Gorgol et par l'expert associé du projet ACOPAM. Le niveau très bas d'alphabétisation des attributaires nécessitera de poursuivre les actions de formation pendant au moins 5 ans au niveau de chaque GPC si on veut leur confier par la suite des responsabilités au niveau de la gestion des crédits et des approvisionnements.

Les membres de GPC ont réalisé à l'heure actuelle un magasin de stockage d'engrais par GPC, d'une surface de 51 m² et d'une capacité de 30 t. L'aide apportée par l'ACOPAM s'est faite sous forme de fourniture de matériaux à raison de 150 000 UM par magasin et de conseils pour la construction. Au niveau de chaque village de recasement est construit un bâtiment coopératif qui regroupe les différents GPC. Le bâtiment type prévu est de 96 m²; l'aide de l'ACOPAM sous forme de fourniture de matériaux se monte à 320 000 UM par bâtiment.

Le rôle dévolu aux différents GPC pour le moment concerne:

- la gestion des magasins d'engrais;
- la distribution des engrais aux membres du GPC;
- la supervision du remboursement des crédits de campagne;
- l'entretien des canaux et drains tertiaires;
- les travaux communautaires.

Chaque GPC possède une caisse alimentée par une cotisation des adhérents; le montant de la cotisation est décidé pour chaque GPC en assemblée générale et peut varier de 400 à 1000 UM par adhérent. Ce fonds de caisse sert à l'achat de petit matériel agricole pour les adhérents et des fournitures de bureau. Des avances de campagne sont consenties à certains adhérents qui doivent rembourser en paddy à la récolte; le paddy est payé 14 UM/kg. Certaines caisses disposeraient d'un fonds de 70 000 UM.

Il est envisagé pour la suite de créer des boutiques d'approvisionnement villageoises qui seraient tenues par les femmes.

Pour favoriser le développement des GPC, la direction du projet a décidé de fixer des taux différents de remboursement des redevances, pour avoir droit à un nouveau prêt d'intrants, suivant que l'exploitant est membre ou non d'un GPC:

- non membre d'un GPC, taux exigé 80 %;
- membre d'un GPC, taux exigé 50 %.

Lors de l'installation des paysans au cours de la première phase d'aménagement ceux-ci n'ont pas toujours été regroupés par maille hydraulique en fonction du village d'origine. La création des GPC a tenu compte de cet élément. Il y a alors discordance dans certains cas entre groupements de paysans de maille hydraulique et de GPC, entraînant des difficultés pour les travaux communautaires d'entretien des canaux.

La forme actuelle des GPC mérite d'être encouragée et développée mais nous mettons en garde le projet sur la nécessité d'une formation adéquate des différents membres du bureau des GPC avant de leur confier des responsabilités importantes. Il ne faudrait pas être tenté d'aller trop vite en ce domaine.

D.2.3.4 Crédit

Le Service crédit agricole du projet Gorgol est rattaché au Service mise en valeur. Ce service s'occupe de la distribution des intrants et de leur remboursement par les paysans (crédit de campagne gratuit appelé ici à tort redevance variable), ainsi que de la redevance fixe liée à l'attribution des parcelles ou à la fourniture d'eau, les points de vue variant suivant les interlocuteurs.

Actuellement, la redevance fixe est liée à la surface attribuée, car à la suite de contestations par les attributaires sur les surfaces réellement distribuées, le service topo a procédé à un relevé parcellaire et la redevance est basée sur le taux de 1 UM/m²/an, ceci est satisfaisant quant à la surface distribuée mais ne tient pas compte de la valeur agronomique de la terre distribuée. A ce sujet, des conflits existent avec les attributaires ayant obtenu des parcelles qui se sont révélées inaptes à la culture du riz et qui refusent de payer la redevance fixe. Les surfaces objet de ces litiges sont de 25 ha sur la zone II et 20 ha sur la zone IX. Les consommations en eau diffèrent suivant les types de cultures et il paraît normal d'en tenir compte dans l'établissement de la redevance, d'autant qu'à l'heure actuelle les produits bruts par hectare sont sensiblement différents entre une culture de paddy et celle d'un autre céréale.

En ce qui concerne les intrants, les demandes individuelles sont regroupées par GPC ou par village (travail à la charge des encadrateurs) et sont transmises au Service crédit. Celui-ci procède alors à une analyse du niveau de l'endettement individuel pour décider si le crédit de campagne peut être accordé ou non. Après l'aval du Service crédit c'est le Service intendance qui est chargé de l'approvisionnement des coopératives ou des villages. Le prix des intrants est fixé par la SONADER à :

- 24 UM/kg pour l'urée;
- 24 UM/kg pour le TSP;
- 19 UM/kg pour les semences de paddy;
- 24 UM/kg pour les semences de maïs.

Le remboursement du crédit de campagne se fait sans intérêt. Il s'agit là d'un système de crédit au sens classique du terme, car de toute façon, à l'heure actuelle, si les paysans pouvaient bénéficier d'un crédit bancaire ils ne pourraient se procurer les engrais qu'après de la SONADER.

Il n'existe pas pour le moment d'organisation de crédit agricole en Mauritanie. Le FND créé en 1980 avait 8,3 % de ses activités orientées vers l'agriculture et la pêche, ce qui représente 34 millions d'ouguiyas pour 1986. Et pour l'essentiel, ces crédits étaient accordés

à des exploitations de moyenne importance en bordure du fleuve Sénégal. Actuellement le FND a été fusionné avec la BMDC pour donner naissance à la Banque Nationale de Développement dont les statuts sont encore en gestation.

Pour l'année 1986, le service de crédit agricole disposait de 3 centres correspondant aux 3 villages du périmètre. Le Tableau D.6 récapitule les activités financières de Service de crédit agricole par village.

Tableau D.6 - Redevances perçues par le service de crédit agricole en 1986
(en UM)

Village	Nord	Centre	Sud	Total
Nombre d'exploitants	365	531	286	1 182
Redevance fixe contre-saison	771 250	1 170 000	620 000	2 561 250
Redevance variable c.-saison	999 938	1 521 305	1 009 280	3 530 523
Redevance fixe hivernage	771 250	1 170 000	620 000	2 561 250
Redevance variable hivernage	638 631	928 719	509 378	2 076 728
Total charge	3 181 069	4 790 024	2 758 658	10 729 751
Païement	2 577 516	3 450 732	2 276 301	8 304 549
Solde	603 553	1 339 292	482 357	2 425 202
Remboursement (en %)	81	72	82,5	77,4

Le taux de remboursement global est de 77,4 % mais il n'est pas fait de distinction bien précise entre redevance fixe et redevance variable quant au remboursement. Or, cette distinction doit être bien nette. En effet, à terme, si les GPC deviennent autonomes, la redevance fixe sera payée à la SONADER, le remboursement des intrants se fera à l'organisme de crédit, mais les deux seront une obligation pour l'exploitant comme résultant de deux contrats qu'il aura signés. Le premier le lie obligatoirement à la SONADER et comporte un caractère de pérennité du fait de l'exploitation ou non des parcelles attribuées. Le second ne revêt pas un caractère obligatoire, car, dans une hypothèse optimale et avec un système de double culture il est possible de concevoir que l'exploitant puisse payer ses intrants au comptant.

D.2.3.5 Commercialisation

A l'issue de chaque récolte de paddy, les paysans ont la possibilité de vendre leur surplus au Commissariat à la Sécurité Alimentaire (CSA), une centrale d'achat gouvernementale qui effectue temporairement des achats massifs aux environs du périmètre. Après la récolte de l'hivernage 1985, 700 tonnes, soit environ 35% de la production, ont ainsi été rachetées au prix de 14,5 UM/kg et payées en liquide. Après la

récolte de la cssc de 1986 il n'a plus été racheté que 168 t, soit environ 21% de la production, principalement parce que le CSA était confrontée à des problèmes de transport. En outre, les stocks du CSA étaient surencombrés suite à l'arrêt de fonctionnement de la rizerie de Kaedi.

De la récolte de l'hivernage 1986, 1000 t, soit l'équivalent de 41%, ont été rachetées au prix de 18,5 UM/kg. Ces quantités auraient pu être encore bien plus importantes si les acheteurs du CSA s'étaient manifestés plus tôt. En effet, bien des paysans se virent contraints par manque d'argent de vendre leur paddy, directement après la récolte, à des commerçants qui n'en donnaient que 10 UM/kg: une raison évidente de démotivation pour les paysans. Quant à la production de paddy de la cssc de 1987, soit environ 800 t, elle a été vendue pour moitié au CSA. Les transactions ont eu lieu à temps et presque rien n'a été vendu aux commerçants particuliers.

Autant que possible, le paddy racheté est transformé à Kaedi. La rizerie de la SONADER y possède une décortiqueuse d'une capacité de 1 t/h et en état de fonctionnement. La décortiqueuse du CSA, dont la capacité est de 0,5 t/h est en panne. Il en résulte que la SONADER se voit obligée de traiter à la fois le paddy provenant de quelque 1300 ha de petits périmètres, des 700 ha du grand périmètre appuyé par le FED ainsi que du périmètre de Foum-Gleïta dont la superficie est actuellement de 550 ha.

Pour la campagne d'hivernage 1987, le CSA a fait des prévisions d'achat de 1200 t de paddy sur le périmètre du Gorgol Noir mais avec un centre d'achat à M'bout où sont situés les bâtiments de stockage. Le CSA a donné l'assurance qu'il mettrait à disposition à partir du 15 décembre 1987 les moyens nécessaires pour assurer le transport du paddy depuis le périmètre jusqu'à M'bout. Il est prévu que le décorticage du paddy sera réalisé à M'bout par des privés qui travailleront sous contrat, à raison de 2,5 UM/kg de paddy pour un rendement en riz de 63 %.

Dans le cadre de l'augmentation prévisible de la production de paddy commercialisable sur le périmètre du Gorgol Noir, il paraît indispensable que le CSA dispose d'un point d'achat et de bâtiments de stockage au niveau du périmètre, surtout s'il est envisagé une implantation industrielle dans le futur. Ce point sera évoqué dans les recommandations.

D.2.3.6 Recherche d'accompagnement

Le test de méthodes culturales conseillées ou éventuellement nouvelles n'a pas lieu de manière structurée. Des contacts existent avec le Centre national de recherche agronomique et de développement agricole (CNRADA) à Kaedi, mais aucune recherche appliquée n'a encore été organisée à ce jour.

Deux experts de l'ADRAO ont effectué une mission d'appui en août 1986. Celle-ci a donné lieu à des recommandations concernant l'optimisation de l'épandage d'engrais et la protection phytosanitaire du riz.

Le CNRADA est le centre national de la recherche agricole en Mauritanie et effectue notamment des recherches sur le riz. Ces travaux se limitent toutefois à des essais dans les conditions optimales que connaît un tel centre. Aucune recherche n'est effectuée au niveau des exploitants en tenant compte des conditions paysannes.

La direction du projet a proposé que le CNRADA exécute des travaux de recherche appliquée, directement orientés sur les conditions locales, dans le périmètre du projet. Aucun accord n'a cependant encore été conclu à ce sujet.

D.2.3.7 Vivres contre travail

Depuis la mise en valeur du périmètre, les Nations Unies ont joué un rôle dans le projet par l'intermédiaire de leur Programme alimentaire mondial. Ce programme implique que certains travaux exécutés par des ouvriers du projet ne sont pas payés en argent par le projet mais en nature par le PAM; il s'agit des activités dites "Vivres contre travail". En outre, des paysans nouvellement installés ont reçu des vivres jusqu'au moment de leur première récolte.

Les activités "vivres contre travail" ont consisté, depuis 1983, en:

- travaux d'infrastructure, tels aménagement/construction de mosquées, dispensaires, écoles, etc. dans les nouveaux villages de colons;
- entretien des canaux principaux et secondaires;
- établissement de brise-vents le long des canaux principaux;
- déboisement/défrichement de nouvelles parcelles devant encore être attribuées;
- assistance des paysans nouvellement installés dans le périmètre.

Les rations alimentaires mensuelles des familles (composition classique de 5 personnes) consistent en:

- 112,5 kg de sorgho;
- 7,5 kg de lait en poudre;
- 6 kg d'huile végétale.

Au cours des trois premières années, environ 1000 à 1500 familles ont bénéficié d'une aide alimentaire. Ce chiffre est actuellement réduit à quelque 200 à 250 familles.

Un représentant du PAM travaille à la base vie de Foun-Gleïta. Le sorgho nécessaire au programme est en ce moment acheté dans la région, sur les marchés locaux et notamment à M'bout, tandis que le lait en poudre et l'huile sont importés.

Le programme en cours se termine à la fin de 1988, mais, compte tenu de l'extension de superficie prévue de 1400 ha, l'on considère qu'il convient de prolonger temporairement le programme au profit des paysans qui seront nouvellement installés. La question de savoir si les voies d'eau doivent être entretenues par le PAM est encore en suspens. Dans le cas d'une mise en valeur totale, les frais qui découlent de ces activités devraient, en principe, être intégralement couverts par les redevances fixes.

En 1986, les quantités de vivres distribuées ont été les suivantes: 915 t de sorgho, 61 t de lait et 49 t de beurre pour un total de 234 644 homme/jours. Les quantités distribuées correspondent à 8133 homme/mois de rations en tenant compte de la composition des rations indiquée ci-dessus. Un pointage rapide pour les différentes activités en rapport avec ces distributions de vivres a donné les résultats suivants:

	<u>h/mois</u>
Brise-vents	1596
Bâtiments sociaux	285
Briquetterie	187
Déboisement	1500
Hangar ACOPAM	253
Entretien canaux	1483
Bureau vivres	384
Aménagement parcelle	1680
Divers	765

Cet apport du PAM au projet est très important, pour ne pas dire capital, car il correspond à 678 travailleurs employés à plein temps par le projet, et ce nombre en lui-même comporte un aspect inquiétant. Ces résultats devraient être analysés, car ils peuvent avoir des conséquences importantes pour la suite du projet. Il convient donc, lorsque les données sont disponibles, de rapprocher les travaux réalisés des "dépenses" en homme/mois financées par le PAM en dehors de toute autre dépense d'achat ou d'apport de matériaux, déplacement de véhicules et personnel permanent.

C'est ainsi que l'on obtient pour la réalisation des brise-vents 1596 homme/mois, y compris les pépinières de 8,8 km de brise-vents et l'entretien de 11,8 km (irrigation - gardiennage). En estimant la valeur de la ration mensuelle du PAM à 3300 UM, la réalisation 1986 pour les brise-vents revient à 5 266 800 UM uniquement pour la main-d'oeuvre. En se référant à une étude CTFT d'octobre 1986 et qui se proposait de réaliser 126 ha de reboisement en 3 ans pour un coût global de 21 151 000 UM, on arrive à un coût par km de brise-vent équivalent de 84 000 UM. Le même coût dans le cas des vivres PAM ressort à 598 500 UM soit 7 fois plus cher et en ne tenant compte que de la main-d'oeuvre.

De la même façon, la main-d'oeuvre utilisée pour le confortement et l'entretien des canaux ressort à 4 900 000 UM et les travaux sur réseau tertiaire à 5 544 000 UM. Le consultant attire l'attention des responsables de la SONADER sur le risque que comporte le fait d'admettre des rendements très faibles de la main-d'oeuvre utilisée, sous prétexte qu'il s'agit de vivres PAM, car si par malheur cette "manne" était appelée à disparaître un jour, il s'avèrerait impossible de continuer ces types de travaux en rémunérant la main-d'oeuvre au taux officiel, d'autant que de mauvaises habitudes ayant été prises, il serait impossible d'en changer. Il est donc recommandé à tous les responsables de travaux utilisant comme base de rémunération du personnel le système "vivres contre travail" d'être beaucoup plus stricts sur les normes de rendements à réaliser.

D.2.4 Systèmes agricoles en dehors du projet

D.2.4.1 Culture de décrue

La culture de décrue se caractérise par le fait que la plantation a lieu sur des sols qui, peu de temps auparavant, ont été inondés pendant une période d'au moins 2 à 3 semaines, généralement par les crues du fleuve. Ce système cultural est pratiqué depuis déjà très longtemps le long du fleuve Sénégal et sur les rives du Gorgol Noir. Les superficies ainsi cultivées sont déterminées par l'ampleur et la durée de l'inondation annuelle.

Les cultures les plus représentées sont des variétés locales de sorgho, bien adaptées aux conditions écologiques, éventuellement en association avec le niébé. Etant donné que les cultures de décrue sont plantées à l'issue de la saison humide, la croissance dépend entièrement de la quantité d'humidité emmagasinée dans les sols.

Le travail du sol se limite à des activités de défrichage/sarclage, à la préparation de trous à l'aide d'une houe ou d'un bâton et à un ou deux désherbages après les semis; il n'est pratiquement fait usage d'aucun intrant. Un travail important consiste à fabriquer une clôture de branchages autour des (sous) parcelles et à assurer un gardiennage contre les oiseaux. Les rendements sont généralement bas. D'après une étude réalisée par Lahmeyer International (1987), les rendements varient de 800 à 200 kg/ha, selon que les sols sont respectivement bons ou marginaux.

La culture de décrue est pratiquée à différents endroits aux alentours du projet, notamment le long de certains affluents du Gorgol Noir. Elle est également pratiquée dans les bas-fonds où, en saison des pluies, l'on assiste à une concentration d'eaux stagnantes. Une zone importante pour cette méthode culturale est constituée par les sols exondés après le retrait des eaux de la retenue de Foun-Gleïta. Selon Lahmeyer, ces sols couvriraient les superficies suivantes:

- sol bon (classe 1)	0 ha
- sol moyen (classe 2)	1 500 ha
- sol marginal (classe 3)	2 000 ha
- sol incultivable	14 000 ha

Les superficies réellement cultivées après l'hivernage ne sont pas connues; lors de la présente mission, le réservoir était entièrement plein, ce qui n'a permis aucune observation.

Les paysans qui pratiquent la culture de décrue sur les terres exondées autour de la retenue semblent également disposer d'autres sources de revenus telles la pêche et l'agriculture irriguée dans le périmètre du projet.

D.2.4.2 Culture pluviale

Ce système de production n'est que faiblement représenté dans la zone du projet. Le déficit pluviométrique limite considérablement les

possibilités d'une telle pratique et la dégradation de l'environnement (vent, sécheresse) a même obligé certains paysans à abandonner leurs champs.

Les principales cultures sont le mil et le sorgho, éventuellement en association avec le niébé. Les travaux de préparation des sols se limitent au sarclage et la fabrication de poquets. Il n'est pas fait usage d'intrants. Il a été constaté, dans les environs du projet, que de petites diguettes avaient été construites à la houe en aval des parcelles dans l'espoir de mieux retenir les eaux. Dans l'ensemble, les semis ont lieu en juillet. Les rendements des semences sont de l'ordre de 200 à 400 kg/ha. Il est important qu'une clôture soit établie autour des champs afin de les protéger contre les animaux et qu'en saison de récolte, celles-ci soient défendues contre les oiseaux.

D.2.4.3 Elevage

L'élevage de bétail continue de constituer un aspect important des systèmes de production villageois, et cela bien que les troupeaux aient été décimés par les sécheresses successives des 15 dernières années. Avec l'avènement de la sécheresse, les troupeaux des nomades ont pénétré plus loin dans le sud en quête de pâturages et d'eau. La compétition entre les troupeaux des nomades et ceux des paysans sédentaires est de ce fait devenue intensive.

Autour du périmètre, les chèvres sont les animaux les plus nombreux. Différents troupeaux pénètrent chaque jour dans le périmètre malgré l'interdiction émise par la gestion du projet. Les dégâts qu'elles occasionnent aux canaux sont parfois importants, surtout lorsqu'il s'agit de canaux en remblais. Les chèvres constituent d'autre part la principale source de viande des familles paysannes et leur procurent du lait; c'est la raison pour laquelle les paysans se montrent peu enclins à les maintenir à l'extérieur du périmètre.

Les ovins et bovins sont beaucoup moins nombreux et ne représentent aucun danger pour l'infrastructure du projet. Les ânes sont des bêtes de somme très répandues dans la région bien que tous les paysans n'en possèdent pas. Ils sont utilisés pour transporter le paddy des parcelles vers la maison du paysan. Quant aux chevaux et chameaux, l'on n'en rencontre que de rares exemplaires.

Outre le fourrage provenant des pâturages, le bétail est également nourri à l'aide de résidus agricoles tels la paille de riz (bien qu'il soit ordonné de brûler la paille sur les champs), les tiges de sorgho et de maïs et les fanes du niébé. Vu l'importance que le bétail revêt pour les paysans, chaque calendrier agricole devra tenir compte de la production fourragère.

D.2.4.4 Maraîchage

Bien qu'il ait été prévu que chaque famille cultiverait environ 200 m² en cultures vivrières, le maraîchage n'est actuellement

pratiqué qu'à très petite échelle. Le long des canaux, l'on rencontre des cultures de niébé, choux, oignons et parfois tomates. Formellement, l'horticulture n'est pas encore intégrée dans le calendrier agricole, comme cela avait été conseillé par la gestion du projet.

Indépendamment des groupements précoopératifs, comme mentionné dans le Paragraphe D.2.3.3, un certain nombre de femmes se sont regroupées en associations ayant pour but de pratiquer le maraîchage en commun. Ces associations sont momentanément encore dans un stade précoce.

D.2.4.5 Reboisement

Des brises-vents sont installés le long des principaux canaux en vue de les protéger contre l'ensablement. Ils sont composés de trois lignées d'arbres lorsque le canal a été aménagé en remblai et de six lignées d'arbres lorsqu'il a été aménagé en déblai. Les espèces d'arbres utilisés sont les suivantes: Eucalyptus, Prosopis, Parkinsonia, Leucaena et Balamites.

Jusqu'à présent les brise-vents ont été régulièrement arrosés: pendant les huit premiers mois suivant leur plantation à raison d'une fois par semaine, pendant les huit mois suivants, à raison d'une fois par mois. Des bananiers ont été plantés entre les arbres à un endroit.

Bien que la nécessité de brise-vents se fasse également sentir à l'intérieur du périmètre, notamment en cssc lorsque souffle l'harmattan, l'on a toujours renoncé à en établir de peur qu'ils ne servent de lieu de perche pour les oiseaux. L'effet des brise-vents le long des canaux principaux est toutefois minime, bien que les arbres aient déjà atteint leur maturité (en direction horizontale leur effet se limite à 10 x la hauteur de l'arbre). C'est la raison pour laquelle l'on a également renoncé à reboiser à certains endroits inaptes à l'agriculture, même si cela aurait livré du bois de chauffage et d'autres produits secondaires.

Plus de détails concernant le reboisement sont donnés à l'Annexe A.

D.2.4.6 Pêche

Le barrage de Foun-Gleïta a entraîné la formation d'un lac de retenue dont la superficie varie entre 5000 et 10 000 ha, soit une moyenne de 7500 ha, et où l'on pratique la pêche. Une analyse des captures actuelles a été réalisée par Lazard (CTFT, 1986) et c'est sur cette étude que sont basées les considérations suivantes.

L'on distingue deux saisons de pêche au cours desquelles les rendements sont maximaux, à savoir l'hivernage et la cssf (surtout en décembre et janvier). Sur la base des chiffres relatifs à l'expérience dans d'autres lacs artificiels africains et compte tenu d'une faible profondeur moyenne (2 m) et d'une source de nourriture importante (décomposition de la végétation, nombreux résidus organiques de l'agriculture),

l'on peut estimer les rendements potentiels du lac à quelque 850 t/an. Les espèces de poissons les plus fréquemment observées sont: *Bagrus* spp., *Tilapia* spp., *Clarias* spp. (à l'état frais et séché) et *Alestes* spp. (séché).

L'activité halieutique des populations autochtones riveraines du Gorgol Noir est pratiquement inexistante dans la zone de la retenue; seuls quelques cultivateurs pêchent pour leur propre consommation. Une enquête effectuée en 1986 a révélé que 30 pêcheurs et 23 familles de pêcheurs professionnels (la pêche étant la seule ou principale activité) se sont installés dans sept campements autour de la retenue, aucun d'entre eux n'étant originaire de la région.

Les pirogues utilisées sont de type monoxyle pour les pêcheurs Toucouleurs (sénégalais et mauritaniens) et monoxyle ou en planche pour les pêcheurs maliens. Certains pêcheurs possèdent leur propre pirogue, d'autres la louent à des propriétaires généralement sénégalais basés à Fom-barrage (prix de location d'une pirogue 200-600 UM/mois). Les seuls engins utilisés sont les filets maillants et les palangres.

L'on ne dispose d'aucune information quantitative concernant les captures d'une année complète dans le lac de Fom-Gleïta. Sur la base de renseignements recueillis au cours d'une courte mission, la production peut être évaluée à une moyenne de 20 kg/pêcheur/jour, soit quelque 5 t/an. Ceci correspond assez bien aux résultats obtenus ailleurs dans des conditions similaires.

La majorité des pêcheurs vendent leur poisson à l'état frais aux commerçants/transporteurs. Pour le poisson frais, le prix payé par ces commerçants aux pêcheurs est de 45 UM/kg; lorsque les pêcheurs détaillent directement leur poisson au marché local (M'bout), le prix de vente est de 60 UM/kg pour le poisson frais et de 150 à 200 UM/kg pour le poisson séché. La vente dans les environs directs (par exemple le périmètre du projet) est très limitée étant donné que la population sédentaire locale n'est pas friande de poisson.

D.2.5 Contraintes et conclusions

Les paragraphes suivants reprennent les principales contraintes pesant actuellement sur un futur développement de l'agriculture.

En vue de réduire les frais d'investissement fort élevés auxquels elle se trouve confrontée, la gestion du projet a recommandé, à juste titre, de cultiver au moins deux cultures par an, ce qui est techniquement faisable. Dans la pratique, les exploitants ne tiennent compte de cette directive que dans une très petite mesure, ce qui donne lieu à divers problèmes:

- (a) La plupart des paysans n'éprouvent aucun besoin de cultiver une deuxième culture en css et ceci pour plusieurs raisons:
 - d'autres activités (culture de décrue, soins des troupeaux) jouissent d'une plus grande priorité;

- les résultats des cultures en css sont décevants (telle la culture du maïs en cssc);
 - les efforts supplémentaires requis directement après les travaux de la culture principale et nécessaires pour assurer le gardiennage contre les oiseaux pendant la css sont fort mal accueillis.
- (b) Dû à ce manque d'intérêt vis-à-vis d'une seconde culture annuelle, de nombreux paysans ne suivent pas avec précision le calendrier agricole. Dans ces conditions, une seconde culture devient inintéressante du point de vue technique culturale. Le fait que les paysans ne suivent pas de plan d'irrigation prévoyant une rotation de la distribution d'eau, ne fait que renforcer cette tendance.
- (c) A raison d'une culture de riz par an en saison d'hivernage (ce qui est le cas pour la majorité des cultivateurs), l'actuelle superficie disponible par ménage, soit 0,5 ha, donne une production suffisante pour nourrir une famille entière (compte tenu de besoins en riz correspondant à 180 kg/tête/an par famille de 5 équivalents adultes), mais ne laisse presque rien pour payer les redevances.
- (d) Les 3 à 4 t/ha de paddy actuellement récoltés en moyenne ne permettent absolument pas au paysan, outre le paiement des redevances, de s'occuper de la commercialisation des produits. Ceci ne fait que renforcer sa tendance à ne cultiver que pour sa propre consommation, une attitude que favorise également l'absence quasi-totale de toute économie financière et le peu d'articles ménagers disponibles sur le marché.

Il est évident qu'une seule culture par an est insuffisante pour les cultivateurs, bien au contraire: ceux-ci s'endettent, ne peuvent plus s'acquitter de leurs redevances et ont tendance à abandonner le projet. Cette disposition a été renforcée par le fait que, jusqu'en 1987, les paysans ont fait l'objet d'une approche trop dominatrice en ce sens que les encadreurs donnaient des directives plus ou moins strictes aux paysans sans s'informer des éventuelles difficultés que pourraient susciter leur application.

Bien que l'on puisse s'attendre à ce que le système de vulgarisation "Formation et Visite" qui a été récemment introduit permettra de donner aux paysans une plus grande connaissance et meilleure compréhension du processus agricole, il est encore trop tôt actuellement pour cultiver avec succès une deuxième culture.

Outre les raisons économiques qui soutendent le souhait d'une deuxième culture, la disponibilité de main-d'oeuvre dans les familles joue également un rôle. Dans les conditions actuelles, c'est-à-dire à raison d'une superficie de 0,5 ha par ménage de 2 actifs, la question de main-d'oeuvre ne constitue pas un facteur limitant. Toutefois, il est actuellement question d'étendre cette superficie à 1,0 ha par ménage de manière à faciliter le paiement des redevances et à permettre des efforts de commercialisation. Si tel était le cas, et dans le cadre d'une agriculture ne connaissant aucune forme de mécanisation, la main-d'oeuvre ne manquera pas de constituer un goulet d'étranglement. Le chapitre suivant envisagera plus en détail les possibilités et l'opportunité d'une mécanisation partielle.

D.3 Propositions de mise en valeurD.3.1 Mise en valeur en agricoleD.3.1.1 Les superficies mises en valeur

Au stade actuel de développement du périmètre du Gorgol Noir il est possible de distinguer trois catégories de superficies:

- les surfaces déjà aménagées et mises en culture, soit 550 ha nets qui correspondent à la première tranche d'aménagement de la phase I;
- les surfaces en cours d'aménagement, soit 1400 ha théoriques mais en fait 1 263 ha nets, ayant fait l'objet d'un APD qui correspondent à la deuxième tranche d'aménagement de la phase I;
- les surfaces prévues à l'aménagement dans la phase II qui varient de 1 200 à 1 600 ha suivant les estimations. Les études en cours et les études pédologiques prévues permettront de préciser l'importance de ces surfaces et leur répartition suivant les différentes aptitudes culturales. A ce stade de l'étude nous retiendrons l'hypothèse haute à savoir 1 600 ha.

Les surfaces totales aménagées sur le périmètres pourraient être de 3 400 ha à terme. Le Tableau D.7 récapitule ces différentes surfaces et leur répartition suivant les deux grandes aptitudes culturales:

- riz et céréales (terrains argileux);
- céréales autres que riz (terrains à texture plus grossière).

Tableau D.7 - Répartition des surfaces par classe de vocation de sol
(surfaces nettes aménagées en ha)

Vocation	Total	Riz-maïs-sorgho	Mais-sorgho arboriculture
Phase I			
1 ^o tranche	550	505	45 ¹
2 ^o tranche	1 250	1 050	200 ²
Phase II	1 600	1 400	200 ³
Total	3 400	2 955	445

¹ La détermination de ces surfaces résulte des constats faits sur le terrain et des indications du projet. Les parcelles étaient situées sur le S9 et le S27/3.

² Ces surfaces résultent de la comparaison de la carte des aptitudes culturales BCEOM avec le projet d'aménagement de la deuxième tranche de la phase I. Le projet a défini 1 263 ha nets aménageables.

³ Surfaces résultant de la carte pédologique INC.

D.3.1.2 Exploitation proposée

Dans le contexte de réalisation du périmètre irrigué du Gorgol Noir, pour qu'une culture soit retenue il faut à la fois qu'elle soit techniquement possible et économiquement rentable en tenant compte des informations disponibles (résultats de la recherche agronomique ou études de débouchés).

Les grands produits céréaliers tels que riz, sorgho ou maïs ne poseront pas de difficultés d'écoulement car la Mauritanie est pour le moment un pays chroniquement déficitaire. Le blé pourrait être une spéculation intéressante en contre-saison sèche froide mais une expérimentation préalable devra définir les variétés et les conditions de culture. Les cultures maraîchères si elles sont techniquement possibles, devront être développées avec prudence, car avec des bonnes pratiques culturales il est possible d'arriver très vite à des tonnages importants qui devront être écoulés sur le marché. Une étude de marché des produits maraîchers paraît très utile pour pouvoir orienter les productions, mais de toute façon les quantités produites seront limitées car les conditions géographiques du projet ne permettent d'envisager que la desserte des marchés environnants.

L'arboriculture fruitière peut aussi être développée sur les sols qui ne sont pas aptes à la riziculture, mais les conditions économiques de production devront également être définies à partir d'une étude de marché.

En se basant sur l'analyse de l'actuel système cultural et compte tenu des types de sols rencontrés et des conditions climatologiques en vigueur, l'on peut conclure que du point de vue de la technologie agricole, il est possible de cultiver l'ensemble du périmètre pendant les trois saisons de culture successives, ceci en admettant que la disponibilité en eau ne constitue pas un facteur limitant:

- hivernage: riz, sorgho, maïs, niébé;
- cssf: sorgho, maïs, niébé, sorgho fourrager, cultures vivrières;
- cssc: riz, cultures vivrières.

Sur la base des types de sols qui ont été classifiés au cours de deux études pédologiques antérieures, il est recommandé de cultiver du riz, du moins pendant la saison d'hivernage, sur tous les sols aptes à la riziculture (c'est-à-dire les sols appartenant aux classes 1, 2 et 3). Sur les sols trop légers et trop perméables pour convenir au riz, il est conseillé de cultiver du sorgho en association éventuelle avec le niébé et/ou le maïs.

Pour la contre-saison sèche, différentes variantes possibles ont déjà été mentionnées ci-dessus. Etant donné que les paysans ont besoin de cultures fourragères pour leur bétail et qu'il est d'autre part intéressant d'incorporer une légumineuse dans l'assolement en raison de leur pouvoir fixateur de l'azote, il est recommandé de planter différentes cultures à différents moments sur les sous-parcelles des paysans. Un avantage supplémentaire découlant de cette pratique est que la main-d'oeuvre requise est ainsi répartie sur une longue période de temps.

Pour l'exploitation des parcelles aptes à la riziculture, il est conseillé que chaque famille suive le système d'assolement suivant sur une parcel

- pendant l'hivernage: 100 % de riz;
- pendant la cssf, en rotation:
 - . 25 % de maïs/sorgho
 - . 25 % de niébé (ou de cultures fourragères)
 - . 50 % en jachère;
- pendant la cssc: 30 % de riz sur les sous-parcelles qui étaient en jachère pendant la cssf précédente.

Suivant ce système d'assolement, on arrive à une intensité de culture de 180%, soit 130 % de riz, 25 % de maïs (ou sorgho) et 25 % de niébé. En théorie, il est possible de planter 50 % de riz pendant la contre-saison sèche chaude, mais en pratique toutes les sous-parcelles ne seront pas cultivées à temps. Pour les cultures en sec (sorgho en hivernage et maïs en cssf), une intensité de 180% est également prévue.

Le fait de cultiver séparément le niébé offre l'avantage de pouvoir répartir les semis dans le temps (décembre à février), et donc de diminuer la pression exercée sur le paysan en ce qui concerne le calendrier des travaux de préparation du sol. Pour ce qui est de la riziculture, il est recommandé de semer en période d'hivernage une variété de riz à cycle moyen (130 à 140 jours) et en cssc une variété à cycle court (environ 120 jours).

Etant donné le court laps de temps qui s'écoule entre la récolte du riz de cssc et le semis du riz d'hivernage, il est proposé de limiter les travaux de préparation du sol à l'enfouissement des mauvaises herbes dans la boue. Cette technique permet à la fois de gagner du temps en évitant les allers et retours pour transporter les mauvaises herbes jusqu'aux diguettes et d'enrichir le sol à l'aide de matériel organique. Après la récolte du riz d'hivernage, et dans le cas où celle-ci n'est pas directement suivie de semences, le sol doit être labouré convenablement, de préférence à sec, de manière à bien aérer la couche arable.

Etant donné que l'hivernage est toujours consacré à la riziculture, l'on part du principe que les cultures en sec pendant la cssf seront cultivées à plat et non en billons, ce qui aura un effet négatif sur les rendements. Comme il est d'autre part extrêmement fatigant de fabriquer des billons directement après la récolte du riz, il ne serait pas réaliste de s'attendre à ce que les paysans se livrent à un tel travail à la main.

Concernant les travaux de préparation du sol pour les cultures sèches de la cssf, notons qu'il est possible de planter directement après la récolte du riz (sans travail du sol ou seulement du bino-sarclage) entre les anciens rangs de riz et en utilisant les façons culturales traditionnelles.

Sur les champs dont le sol est plus léger et inapte à la riziculture, il est proposé de planter du sorgho pendant l'hivernage. Pour la contre-saison sèche, il est possible de choisir le maïs et/ou le sorgho fourrager pendant la cssf et le niébé à partir du début janvier.

Etant donné que cette rotation ne contient pas de riz, il est conseillé dans ce cas de travailler à l'aide de billons permanents et d'effectuer l'irrigation par siphonage; ceci permet d'employer moins d'eau d'irrigation et, tout en réduisant ainsi les chances d'inondations locales, d'augmenter le potentiel de rendement.

Outre les cultures précitées, il est parfaitement possible de faire pousser des cultures vivrières pendant la cssf et, dans une moindre mesure, pendant la cssc. La question reste de savoir si le paysan sera disposé à réserver une de ses sous-parcelles à cet effet. L'on peut davantage s'attendre à quelques cultures le long des canaux. Le Paragraphe 4.5 sera consacré à la question de la culture maraîchère dans le cadre d'associations.

D.3.1.3 Recommandations techniques

Les recommandations techniques actuellement suivies au projet sont reprises à l'Appendice I. Nous suggérons toutefois de leur apporter les modifications suivantes:

(a) Pour le riz

- le labour précédant la culture d'hivernage est entièrement effectué à l'état submergé; à cet effet, le champ est mis en eau par une lame d'environ 20 cm. Toutes les mauvaises herbes peuvent alors être enfouies dans la boue et les travaux de planage éventuellement nécessaires demandent moins d'effort;
- l'application d'urée (200 kg/ha) se fait en trois doses: la première (100 kg) une semaine après le repiquage, la deuxième (50 kg) au moment du tallage et la troisième (50 kg) au stade de l'initiation paniculaire;
- précédant directement l'épandage de l'urée, il faut mettre la parcelle à sec afin d'éviter que l'urée ne se transforme en composés azotés volatils;
- l'on prévoit dans l'avenir un accroissement des mauvaises herbes (telles *Cyperus* spp, riz rouge et *Echinochloa*), ce qui requerra des opérations de sarclage au moins deux fois pendant la période de végétation. Il n'est toutefois pas recommandé d'utiliser des herbicides à cause des frais élevés qu'ils entraînent et de la nécessité de disposer de devises fortes;
- jusqu'à présent des mesures phytosanitaires n'ont pas été prises mais il faudra tenir compte dans l'avenir des foreurs de tiges (hivernage), suceurs de sève (cssc) et acariens (cssc). Ces ravageurs peuvent être efficacement combattus à l'aide de pesticides (notamment les organophosphorés);
- les semences devraient être traitées contre les insectes s'attaquant aux denrées stockées, donc de préférence avant leur stockage.

(b) Pour le maïs

- la meilleure période pour planter le maïs est le mois de novembre (en cssf); lorsque la plantation a lieu bien après novembre, l'on court le risque de voir la floraison coïncider avec l'harmattan, ce qui peut entraîner la destruction intégrale des récoltes;

- lorsque le maïs sert de deuxième culture après le riz d'hivernage, il n'y a pratiquement pas de temps disponible pour les travaux de préparation du sol. La seule solution consiste alors à planter de façon traditionnelle entre les souches de riz. Parmi les différentes possibilités de deuxième culture, le maïs est la plante dont les travaux préparatoires doivent débiter les premiers.

(c) Pour le sorgho

- sa culture est surtout conseillée en hivernage sur les terres inaptes à la riziculture;
- il est recommandé de planter en billons et d'irriguer par siphonage. Ecartements: 80 x 30 cm. Date des semis: du début à la mi-juillet.

(d) Pour le sorgho fourrager

- le sorgho fourrager est conseillé comme deuxième culture après le riz (hivernage); semis à plat entre la fin novembre et le début février avec un écartement de 80 x 20 cm;
- semis à raison de 20 kg/ha et de 2 à 3 grains par poquet; variétés traditionnelles de sorgho sucré telle Columbus grass, Velvet sorghum et Trudan);
- épandage d'urée (100 kg): 3 semaines après le semis.

(e) Pour le niébé

- le niébé est conseillé comme deuxième culture après le sorgho; semis à plat pendant la cssf (le moment du semis est moins précis et dépend surtout de la disponibilité en main-d'oeuvre);
- écartement: 30 x 30 cm ou en vrac; semis à raison de 20 kg/ha; variétés locales;
- récolte des gousses mûres à partir d'environ 2 mois mais peut durer plus longtemps étant donné que la plante produit de nouvelles feuilles et fleurs.

D.3.1.4 Besoins en main-d'oeuvre

Les surfaces des exploitations doivent réaliser un équilibre entre les disponibilités en main-d'oeuvre de l'exploitation et les besoins en main-d'oeuvre des cultures envisagées. Actuellement le périmètre est cultivé à la main et les goulets d'étranglements qui avaient déjà été mis en évidence correspondent en ce qui concerne la culture du riz à la préparation des sols et à la récolte.

Il est possible d'envisager de diminuer les contraintes de main-d'oeuvre pendant ces périodes en faisant appel à la culture mécanisée ou culture attelée sur certains sols, et en prévoyant un battage mécanique des récoltes.

Les Tableaux D.8, D.9 et D.10 donnent les temps de travaux par culture et par façon culturale en fonction du type de mise en valeur. Il a été ainsi envisagé pour la culture du riz un labour et pulvérisage mécanisé ainsi qu'un battage mécanisé. La culture attelée pourrait aussi être envisagée mais demanderait une technicité très élaborée et n'a pas été retenue. Pour les cultures sur terrain plus

Tableau D.8 - Temps de travaux pour la riziculture (homme-jours/ha)

Travaux	Riz d'hivernage			Riz contre-saison		
	Manuel	Labour mécanisé	Labour + batt. mécanisé	Manuel	Labour mécanisé	Labour + batt. mécanisé
Labour + mise en boue	45	19	19	67	19	19
Prep. pépinière	5	5	5	5	5	5
Repiquage	30	30	30	30	30	30
Semis	-	-	-	-	-	-
Fumure	2	2	2	2	2	2
Sarclages	24	24	24	24	24	24
Irrigation	8	8	8	8	8	8
Récolte	30	30	30	30	30	30
Battage/vannage	44	44	5	35	35	4
Transport	3	3	3	2	2	2
Gardiennage	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)
Entretien canaux diguettes	5	5	5	5	5	5
Total	196 + (30)	170 + (30)	131 + (30)	208 + (30)	160 + (30)	129 + (30)

léger, il a été envisagé à la fois la culture mécanisée et la culture attelée mais cette dernière ne pourra être envisagée qu'après une sérieuse expérimentation, car dans cette région d'élevage il n'existe aucune tradition de culture attelée.

Pour mettre en évidence les contraintes de main-d'oeuvre nous avons établi trois types d'assolements:

- riz - riz;
- riz - maïs;
- sorgho - maïs.

Les besoins en main-d'oeuvre correspondant au calendrier agricole recommandé sont récapitulés par quinzaine dans les Tableaux D.11, D.12, et D.13. Ces chiffres ne tiennent pas compte de travaux généraux tels l'entretien des canaux tertiaires, l'admission ou l'évacuation de l'eau d'irrigation ou la lutte phytosanitaire. De même, il n'est pas tenu compte des éventuelles activités des paysans en dehors du périmètre.

En ce qui concerne la double culture de riz, la demande de pointe en main-d'oeuvre se situe dans la deuxième quinzaine de juin avec 27 journées de travail pour la préparation des sols, ces travaux n'étant

Tableau D.9 - Temps de travaux pour les cultures de sorgho, de maïs et de niébé (homme-jours/ha)

Travaux	Sorgho hivernage			Maïs contre-saison froide			Niébé fourrager + grain		
	Manuel	Mécanisé	C. Attelée	Manuel	Mécanisé	C. Attelée	Manuel	Mécanisé	C. Attelée
Labour	25	-	12	2	-	12	2	-	12
Prép. pépinière									
Repiquage									
Semis	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fumure	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sarclages	40	40	20	40	40	20	20	20	10
Irrigation	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Récolte	12	12	12	12	12	12	10	10	10
Battage/vannage	4	6	6	4	6	6	2	2	2
Transport	10	10	4	12	12	5	14	14	4
Gardiennage	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	-	-	-
Entretien canaux diguettes	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Total	109	86	72	88	88	73	66	64	56
	+	+	+	+	+	+			
	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)	(30)			

Tableau D.10 - Temps de travaux pour la culture de sorgho fourrager (homme-jours/ha)

Travaux	Sorgho fourrager		
	Manuel	Mécanisé	Culture attelée
Labour	2	-	12
Prép. pépinière			
Repiquage			
Semis	8	8	8
Fumure	2	2	2
Sarclages	20	20	10
Irrigation	8	8	8
Récolte	50	70	70
Battage vannage			
Transport	125	175	44
Gardiennage			
Entretien canaux diguettes	5	5	5
Total	220	288	159

réalisés que par les hommes. En procédant à un labour mécanisé, les besoins en main-d'oeuvre à la même période sont ramenés de 25 à 9 journées par la préparation mécanisée des sols.

La succession sorgho-maïs ne fait pas apparaître de besoin de main-d'oeuvre supérieurs à 15 journées par quinzaine pour le travail effectué uniquement par les hommes.

D.3.1.5 Surface des exploitations

Comme il a déjà été dit, la surface de l'exploitation doit dépendre de la taille de la famille. Sur la base des données disponibles, il s'avère qu'à raison de 2 actifs par 0,5 ha, un ménage dispose tout juste de la main-d'oeuvre nécessaire pour effectuer les travaux pendant les mois de juin et juillet, et parfois en novembre/décembre. Dans le cas d'un système d'exploitation riz-riz sur 0,5 ha, il faut un minimum de 45 hj par quinzaine pendant le mois de juin et 37 hj en décembre per ha. Ce travail peut être fourni par 2 actifs dans une superficie de 0,5 ha mais il ne reste alors pratiquement plus de temps pour d'autres activités telles les soins au bétail ou d'éventuels travaux d'agriculture pluviale ou de décrue à l'extérieur du périmètre. Au cours des autres mois, la main-d'oeuvre ne constitue pas de facteur limitant. Notons que l'étalement des activités agricoles (préparation du sol et récolte) sur une période de temps plus longue est impossible en raison des conditions climatologiques (la deuxième culture du riz ne peut être semée avant le mois de février).

Tableau D.11 - Calendrier cultural, temps de travaux et besoins en main-d'oeuvre pour l'assolement riz-riz (homme-jours/quinzaine/ha)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D							
Culture manuelle		Pépinières 21-27 j				rizière 90-100 j			pépinières 21 j		rizière 110-120 j								
Préparation et entretien pépinières	5 20	23	24	30			5 22	23	20	10									
Préparation parcelles				1	0,5	0,5		1	0,5	0,5									
Repiquage				12	12	12			12	12									
Fumure				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Desherbage, sarclage		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
Irrigation																			
Coupe							10					10	20						
Battage							12					15	29						
Gardiennage							(10)	(10)			(10)	(10)	(10)						
Transport													3						
Entretien					5		2						5						
Total	25	24	25	32	13,5	6	13,5	1 (10)	23 (10)	45 (10)	27	24	22	11	13,5	1 (10)	10 (10)	35 (10)	37
Labour et battage mécanisés	5	10	11	32	13,5	6	13,5	1 (10)	13 (10)	24 (10)	14	11	22	11	13,5	1 (10)	10 (10)	22 (10)	11

Tableau D.12 - Calendrier cultural, temps de travaux et besoins en main-d'oeuvre pour l'assolement riz-maïs (homme-jours/quinzaine/ha)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Culture manuelle												
Pépinière					5							
Préparation parcelle					20	23	24				1	1
Semis											2	3
Repiquage								20	10			
Fumure									1			
Désherbage	10	10						0,5	0,5			
Irrigation	1		1	1		1	1	12	1	12	1	10
Coupe récolte				12				1	1	1	5	1
Battage					(4) HP*					5	20	5
Transport				12							15	10
Gardiennage		(10)	(10)	(10)							19	3
Entretien canaux					5				(5)	(10)	(10)	(5)
										5		
Total	11	10	1	1	1	24	5	25	23	25	21	12
			(10)	(10)	(10)				13	1,5	13	1,5
									(5)	(10)	(10)	
Labour et battage mécanisés	11	10	1	1	1	30	5	8	8	9	21	12
			(10)	(10)	(10)				13	1,5	13	1,5
									(5)	(10)	(10)	
										11	20	14
										(15)		7
											12	11

* Hors périmètre

Tableau D.13 - Calendrier cultural, temps de travaux et besoins en main-d'oeuvre pour l'assolement sorgho-maïs (homme-jours/quinzaine/ha)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Culture manuelle												
Labour					15	10					1	1
Semis						5					2	3
Fumure						2						
Sarclage		10	10				10	10				1
Irrigation	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Récolte battage (HP)*						12						1
Transport						12						
Gardiennage			(10)	(10)	(10)				(10)	(10)		
Entretien canaux			5							5		
Total	1	-	11	6	1	15	-	10	-	6	4	12
		10	(10)	(10)	24	18	11	11	1	22	4	11
				(10)	(10)				(10)	(10)		
Culture mécanisée	1	-	11	6	1	-	-	10	1	6	3	12
		10	(10)	(10)	30	8	11	11	(10)	27	3	11
				(10)	(10)					(10)		
Culture attelée	1	-	6	6	1	6	-	6	1	16	9	7
		5	-	(10)	17	14	5	-	6	(10)	9	6
			(10)	(10)	(10)				(10)	(10)		

* Hors périmètre

Il est difficile de prévoir dans quelle mesure les exploitants se montreront prêts à retarder ou même à supprimer certaines des activités qu'ils exercent en dehors du système d'exploitation proposé et qui leur coûtent du temps. En effet, si l'élevage correspond à un besoin traditionnel parmi ces paysans et est de ce fait difficile à modifier, les rendements potentiels et les prix des cultures à l'intérieur du périmètre seront par contre plus élevés si le calendrier agricole est suivi avec précision, ce qui consitue une incitation à se concentrer sur ces dernières.

Une alternative pourrait consister à augmenter la superficie par famille jusqu'à 1 ha, ce qui permettrait au paysan non seulement de nourrir sa famille mais également de produire pour la commercialisation. A cela s'oppose que la main-d'oeuvre dont dispose une famille moyenne, soit 2 actifs, est tout-à-fait insuffisante pour pouvoir gérer une telle exploitation. Pour résoudre le problème, l'on pourrait envisager de louer de la main-d'oeuvre extérieure (lorsque celle-ci est bien entendu disponible) ou de mécaniser une partie des activités en période de pointe.

Les paysans qui travaillent dans la zone du projet ne disposent toutefois que de peu d'expérience en matière de traction animale, voire même d'aucune lorsque celle-ci s'applique au labour et/ou au hersage. L'on trouve davantage d'expérience de ce genre dans certains périmètres établis le long du fleuve Sénégal, surtout au Sénégal. Comme autres facteurs jouant en défaveur du labour attelé notons la texture lourde de la plupart des sols du périmètre, ce qui les rend moins aptes à cette pratique, et le peu de temps prévu par le calendrier agricole pour les travaux de préparation du sol, ce qui oblige à des prestations intensives.

L'utilisation d'animaux pour le transport de biens (principalement des ânes pour la production agricole) mérite d'être encouragée, tandis que l'introduction de la culture attelée ne devra être testée que très progressivement. Aussi est-il conseillé que cette introduction soit effectuée par le projet dans le cadre d'un programme de recherche appliquée et ceci, à très petite échelle et avec la participation d'un petit nombre d'exploitants.

Une autre alternative pourrait consister à introduire des mototraceurs à roues. Dans plusieurs périmètres établis le long du fleuve Sénégal, de bons résultats ont été obtenus avec la mécanisation intégrale des travaux de préparation du sol. Dans ce cadre, il a été fait appel aux services d'entrepreneurs privés qui, contre paiement, assurent les travaux de labour et éventuellement de récolte pour les paysans. L'on ne dispose toutefois pas encore de données sur les coûts et prestations par hectare.

Sur la base de données théoriques concernant l'emprise et la vitesse de travail des instruments aratoires et compte tenu d'une efficience de 70%, les prestations brutes pour le labour (tracteur à roues de 75 CV avec charrue à 3-4 disques) et pour le hersage (tracteur à roues de 75 CV avec pulvérisateur tandem ou offset) sont de respectivement 3 h/ha et 0,8 h/ha. Sur la base d'un taux de fonctionnement de 60% (ce facteur tient compte des pannes) et d'un taux d'utilisation de 35 jours

de travail à raison de 10 heures par jour pendant les périodes de pointe, il faut prévoir pour une superficie de 2000 ha environ 29 tracteurs à roues avec un nombre égal d'instruments aratoires.

En cas d'extension ultérieure jusqu'à 3600 ha et si l'on part du principe que l'entièreté de cette superficie doit être labourée à environ la même époque, il faudrait encore ajouter à ce nombre quelque 23 tracteurs à roues supplémentaires. Il est fort probable que pour un nombre aussi important de machines, des ateliers privés raisonnablement équipés se développeront.

Les frais horaires de la mécanisation ont été calculés et sont repris dans les Tableaux D.II.1, D.II.2 et D.II.3 en appendice. Il en découle que le labour d'un hectare devrait coûter au paysan 6531 UM/ha pour le labour et 1803 UM/ha pour le hersage.

Outre le labour mécanisé, il est possible de mécaniser aussi la récolte (battage, vannage). En raison de la complexité de l'équipement et de son coût élevé, il vaut mieux y renoncer, pour le moment du moins, et ce, malgré le fait que cela épargnerait beaucoup de travail. Dès que la mécanisation du labour (entretien et disponibilité des pièces de rechange compris) s'avèrera faisable, on pourra envisager de mécaniser la récolte.

Quant à l'utilisation de tracteurs à roues pour le labour, il est conseillé d'introduire progressivement la mécanisation en partant du principe qu'au départ, dans la phase I (550 ha + 1400 ha), il faut encore temporairement travailler le sol à la main. Lors de l'extension pendant la phase II, la mécanisation sera vraisemblablement répandue de façon générale, et il faudra en tenir compte dans le tracé des parcelles. Si l'introduction de la mécanisation s'est faite avec succès (c'est-à-dire que l'entretien ne constitue pas de goulet d'étranglement), on peut supposer que l'exploitation des parcelles de la phase I sera elle aussi progressivement mécanisée même si les superficies par ménage sont trop petites et si leur tracé n'a pas été conçu pour une telle pratique.

Le rôle que le projet aura à jouer dans l'introduction de la mécanisation se limitera d'une part à faire des essais et d'autre part, si cela réussit, à stimuler des entrepreneurs privés et/ou des coopératives agricoles à offrir leurs services et venir travailler le sol pour plusieurs paysans à la fois. Il est déconseillé que le projet lui-même prenne en mains le labour mécanisé, même si les paysans promettent de payer.

En ce qui concerne les cultures en sec (sorgho, maïs), le manque de main-d'oeuvre pendant les périodes de pointe est moins important (voir Tableau D.13); le maximum par quinzaine est d'environ 25 hommes-jour par ha. Il est donc possible d'augmenter la parcelle d'un ménage de deux actifs à 1,0 ha. Cette superficie est certainement à recommander dans le cas de mécanisation (y compris le billonnage).

En fonction des données, la taille des exploitations devrait donc répondre aux normes suivantes:

Aptitude culturale	Culture manuelle	Culture mécanisée
Riz-riz/maïs	0,5 ha	1,0 ha
sorgho-maïs	1,0 ha	1,0 ha

D.3.1.6 Besoins en eau

Les besoins en eau ont été calculés pour les principales cultures et les calendriers agricoles envisagés. Ils figurent dans les Tableaux D.III.1 et D.III.2 en appendice. Une distinction a été faite entre les besoins en eau pour les champs aptes à la riziculture et pour ceux qui ne sont aptes qu'aux cultures en sec.

Les précipitations ont été basées sur une moyenne de 38 ans selon le calcul du rapport de Lahmeyer. Quant à l'évaporation, ce sont les calculs de INC qui ont été utilisés.

En ce qui concerne le rendement en eau, on s'est basé sur un rendement sur le terrain de 80 % et un rendement de distribution de 80 %, de sorte que les besoins en irrigation bruts sont égaux aux besoins en irrigation nets divisés par 0,64.

Les besoins en eau mensuels bruts sont reproduits dans le Tableau D.14 compte tenu des deux types d'assolements, à savoir celui pour les sols aptes à la riziculture et celui pour les sols aptes aux cultures en sec.

Tableau D.14 - Besoins en eau mensuels bruts par type d'assolement (en m³/ha)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Riz-riz/ maïs/niébé	1058	3964	2759	1827	1595	741	3497	1323	1034	3141	3900	844	25683
Sorgho-maïs	1825	2041	2003	1000	392	1981	2694	469	148	875	250	1156	14834

D.3.1.7 Compte d'exploitation

Les rendements moyens des cultures ayant servi de base au calcul des marges d'exploitation sont repris dans le Tableau D.15.

Tableau D.15 - Rendement moyen des cultures en t/ha

Culture	Année			
	1	2	3	4 et suivantes
Riz (hivernage)	3,5	4,0	4,5	5,0
Riz (cssc)	2,5	3,0	3,5	4,0
Sorgho (hivernage) manuel	1,2	1,4	1,6	1,8
Sorgho (hivernage) mécanisé	1,5	1,7	2,0	2,3
Sous produit manuel	3,5	4,0	4,5	5,0
Sous produit mécanisé	4,5	5,0	5,5	6,0
Maïs (cssf) manuel	1,4	1,6	1,8	2,0
Maïs (cssf) mécanisé	1,6	1,9	2,2	2,5
Sous produits manuel	3,5	4,0	4,5	5,0
Sous produits mécanisé	4,5	5,0	5,5	6,0
Niébé	0,4	0,5	0,6	0,6
Fanes	3,5	4,0	4,5	5,0

Dans les Tableaux D.16 à D.19, la marge d'exploitation a été calculé pour 4 variantes, c'est-à-dire pour les exploitations qui cultivent du riz comme culture principale (pendant l'hivernage) et une combinaison de riz-maïs-niébé comme deuxième culture en rotation (avec ou sans mécanisation), et pour les exploitations qui ont le sorgho comme culture principale et le maïs comme deuxième culture (également avec ou sans mécanisation). Une différence a été faite entre les rendements de cultures en sec avec ou sans mécanisation parce que dans ce dernier cas, on ne fait pas de billons.

Il ressort des données sur les marges d'exploitation que les rendements de la culture mécanisée sont supérieurs à ceux de la culture manuelle. Il faut faire remarquer toutefois qu'il a été tenu compte dans une certaine mesure de l'arrêt imprévu des machines dans les coûts des machines.

D.3.1.8 Développement du maraîchage

Comme déjà mentionné dans le Chapitre 3, il est possible pendant la cssf et, dans une moindre mesure pendant la cssc, de pratiquer le maraîchage à l'intérieur du périmètre en utilisant l'eau pour l'irrigation.

Il ressort de diverses enquêtes menées en 1986/1987 que ce sont surtout les femmes qui souhaitent former des associations, indépendamment des groupements précoopératifs, dans le but de cultiver des légumes en commun. Les associations seront formées en fonction d'affinités personnelles ou d'origines ethniques et leurs membres seront des femmes qui choisiront elles-mêmes leur gestion. Sur le plan financier, les associations seront totalement indépendantes (des groupements masculins) et disposeront d'une caisse séparée.

Tableau D.16 - Compte d'exploitation en UM pour une superficie de 0,5 ha apte à la culture du riz, après 4 ans de production, sans mécanisation

				Hivernage	Contre-saison sèche			Total
				100 % riz	30 % riz	25 % maïs	25 % niébé	marge exploit.
Coûts								
Rubrique	Unité	Quantité (par 0,5 ha)	P.U. (UM)					
Semence	kg	25	18	450	135	78 ²	63 ²	
Engrais de fond	kg	24	50	1 200	360	-	-	
Engrais d'urée	kg	24	100	2 400	720	300	-	
Redevance fixe	UM	-	5 000	2 500	2 500	-	-	
Main-d'oeuvre ¹	hj	200	-	21 200	6 800	2 600	1 600	
Coûts divers	UM	-	1 000	500	500	-	-	
Coûts totaux par culture				28 250	11 015	2 978	1 663	
Production								
Culture	Rendement ³		Prix					
	(t/ha)		(UM/t)					
Riz (hivernage)	5,0	18 500	46 250	-	-	-	-	
Riz (cssc)	4,0	18 500	-	13 875	-	-	-	
Maïs (cssf)	2,0	21 000	-	-	5 250	-	-	
Sous-produits (maïs)	5,0	1 500	-	-	1 575	-	-	
Niébé (cssf/c)	0,6	21 000	-	-	-	1 575	-	
Fanes	5,0	1 500	-	-	-	-	938	
Production totale par culture				46 250	13 875	6 825	2 513	
Marge d'exploitation				18 000	2 860	3 847	850	25 557

¹ Le gardiennage (fait par les enfants) compte pour 50 %² Basé sur respectivement 25 kg et 20 kg de semence par ha pour maïs et niébé à 25 UM/kg³ Rendement moyen après 4 ans de production

Tableau D.17 - Compte d'exploitation en UM pour 1,0 ha apte à la culture du riz, après 4 ans de production, avec mécanisation (battage manuel)

				Hivernage	Contre-saison sèche			Total
				100 % riz	30 % riz	25 % maïs	25 % niébé	marge exploit.
Coûts								
Rubrique	Unité	Quantité (par 0,5 ha)	P.U. (UM)					
Semence	kg	25	35	875	263	156 ³	125 ³	
Engrais de fond	kg	24	100	2 400	-	-	-	
Engrais d'urée	kg	24	200	4 800	1 440	1 200	-	
Redevance fix	UM	-	10 000	5 000	5 000	-	-	
Main-d'oeuvre ¹	hj	200	-	37 000	10 500	5 450	3 200	
Mécanisation ²	UM	-	8 334	8 334	2 500	2 084	2 084	
Coûts divers	UM	-	2 000	1 000	1 000	-	-	
Coûts totaux par culture				59 409	20 703	8 890	5 409	
Production								
Culture		Rendement ³ (t/ha)	Prix (UM/t)					
Riz (hivernage)		5,0	18 500	92 500	-	-	-	
Riz (cssc)		4,0	18 500	-	22 200	-	-	
Maïs (cssf)		2,5	21 000	-	-	13 125	-	
Sous-produits maïs		4,0	1 500	-	-	2 250	-	
Niébé (cssf/c)		0,6	21 000	-	-	-	3 150	
Fanes		5,0	1 500	-	-	-	1 875	
Production totale par culture				92 500	22 200	15 375	5 025	
Marge d'exploitation				33 091	1 497	6 485	384	40 689

¹ Le gardiennage (fait par les enfants) compte pour 50 %² Basé sur 1 x labour mécanisé à 6531 UM et 1 x hersage à 1803 UM par ha³ Basé sur respectivement 25 kg et 20 kg de semence par ha pour maïs et niébé à 25 UM/kg⁴ Rendement moyen après 4 ans de production

Tableau D.18 - Compte d'exploitation en UM pour 1,0 ha apte aux cultures de sorgho et maïs, après 4 ans de production, sans mécanisation

			Hivernage	Cssf	Total
			100 % sorgho	80 % maïs	marge exploit.
Coûts					
Rubrique	Quantité (par 0,5 ha)	P.U. (UM)			
Semences (kg)	25	25	625	500	
Engrais de fond (kg)	24	100	2 400	-	
Engrais d'urée (kg)	24	150	3 600	2 880	
Redevance fixe (UM)	-	10 000	5 000	5 000	
Main-d'oeuvre ¹ (hj)	200	-	24 800	16 480	
Coûts divers (UM)	-	2 000	1 000	1 000	
Coûts totaux par culture			37 425	25 860	
Production					
Culture	Rendement ² (t/ha)	Prix (UM/t)			
Sorgho	1,8	21 000	37 800		
Sous-produits	5,0	1 500	7 500		
Maïs	2,0	21 000	-	33 600	
Sous-produits	5,0	1 500	-	6 000	
Production totale par culture			45 300	39 600	
Marge d'exploitation			7 875	13 740	21 615

¹ Le gardiennage (fait par les enfants) compte pour 50 %

² Rendement moyen après 4 ans de production

Tableau D.19 - Compte d'exploitation en UM pour 1,0 ha apte aux cultures de sorgho et maïs, après 4 ans de production, avec mécanisation (battage manuel)

			Hivernage	Cssf	Total
			100 % sorgho	80 % maïs	marge exploit.
Coûts					
Rubrique	Quantité (par 0,5 ha)	P.U. (UM)			
Semence (kg)	25	25	625	500	
Engrais de fond (kg)	24	100	2400	-	
Engrais d'urée (kg)	24	150	3600	2880	
Redevance fixe (UM)	-	10 000	5 000	5 000	
Main-d'oeuvre ¹ (hj)	200	-	20 200	16480	
Mécanisation ² (UM)	-	10 137	10 137	8 110	
Coûts divers (UM)	-	2 000	1 000	1 000	
Coûts totaux par culture			42 962	33 970	
Production					
Culture	Rendement ³ (t/ha)	Prix (UM/t)			
Sorgho	2,3	21 000	48 300		
Sous-produits	6,0	1 500	9 000		
Maïs	2,5	21 000	-	42 000	
Sous-produits	6,0	1 500	-	7 200	
Production totale par culture			57 300	49 200	
Marge d'exploitation			14 338	15 230	29 568

¹ Le gardiennage (fait par les enfants) compte pour 50 %² Basé sur 1 x labour mécanisée à 6531 UM, 1 x hersage à 1803 UM et 1 x billonnage à 180 UM par ha³ Rendement moyen après 4 ans de production

Il est proposé qu'une parcelle d'environ 100-200 m² soit attribuée en propre à chaque membre d'une association sur le terrain mis à la disposition de cette association par la gestion du projet. Les membres sont responsables de la construction en commun d'une clôture autour de l'ensemble du terrain et pour l'entretien des voies d'eau. Les parcelles sont cultivées individuellement ou en association.

Le système d'exploitation sera basé sur une rotation dans le cadre duquel les légumes ne reviendront que tous les deux ans sur le même sol, ce qui permettra de limiter les maladies. Le Tableau D.20 donne un exemple de schéma de rotation. L'on prévoit que la plupart des légumes seront cultivés en association. Outre l'apport de matériel organique, de fortes doses d'engrais chimique seront également nécessaires (250-300 kg NPK/ha).

Tableau D.20 - Système d'exploitation pour les cultures maraîchères

Parcelle individuelle	Cssf	Cssc	Hivernage	Cssf	Cssc	Hivernage
Demi-parcelle	oignon carotte pomme de terre tomate	aubergine melon courgette pastèque	sorgho	niébé maïs	niébé pastèque	jachère
Demi-parcelle	niébé maïs	niébé pastèque	jachère	oignon carotte pomme de terre tomate	aubergine melon courgette pastèque	sorgho

Les légumes qui conviennent sont les suivants:

- légumes de cssf qui ne supportent pas les grosses chaleurs: oignon, carotte, pomme de terre, betterave rouge, tomate, laitue, chou et poivron;
- légumes de cssc qui supportent la chaleur et les vents violents: aubergine, gombo, melon, courgette et pastèque;
- légumes qui peuvent être plantés à tout moment: niébé.

Le rendement de la plupart des cultures maraîchères est de de l'ordre de 20 à 30 t/ha.

L'un des problèmes rencontrés fut le manque de semences certifiées de bonne qualité. L'une des tâches du projet devrait consister à apporter son aide pour l'achat de semences. Dans les circonstances actuelles, l'on ne prévoit pas la commercialisation des produits maraîchers. En outre, les associations ne disposent pas des moyens (notamment de transport) pour assurer de telles activités.

D.3.2 Aspects sociaux et institutionnels

D.3.2.1 Installation des populations

Le Tableau D.21 donne la répartition des familles installées sur les 550 ha actuellement en exploitation en fonction des villages d'origine et des villages de recensement. D'après ce tableau le nombre d'actifs se monte à 1993 soit environ 3,6 actifs/ha aménagé. Or les problèmes de main-d'oeuvre rencontrés sur le périmètre pour la réalisation des façons culturales en temps voulu, montrant que ce nombre est très théorique. C'est pourquoi, une meilleure connaissance des caractéristiques des familles des attributaires et de leur disponibilité effective pour travailler sur le périmètre constitue à notre avis une priorité absolue.

Tableau D.21 - Répartition des attributaires par village en fonction des villages d'origine

Village périmètre	Village d'origine	Nombre de familles	Nombre d'actifs
Nord	Ehel Hachim	117	180
	Elbeghra Nord	75	124
	Cire Demba Mody	29	54
	Diemlel	11	20
	Chelkitt Kerchet	4	7
	Oudey Lehdid Nord	95	188
	Hedeklou Nord	24	46
	Sous-total	355	619
Centre	El Amar Sidi	111	208
	Gleita Debaye	103	194
	Tagada	90	167
	N'doula	60	105
	Khazara	61	113
	Zreiga	68	116
	Amadou Tiadel	14	27
	Sous-total	507	930
Sud	Ould Boughrou	125	209
	Var Jerk	64	121
	Rakna Dia	22	41
	Trangol Kolle	16	30
	Magta Dioum II	9	18
	Magta Dioum I	14	25
	Sous-total	250	444
Total		1 112	1 993

Les familles d'attributaires de la première tranche d'aménagement provenaient pour l'essentiel de villages situés dans la zone de retenue du barrage où traditionnellement se pratiquaient des cultures de décrue. C'est ainsi qu'après avoir reçu une parcelle sur le périmètre, certaines familles sont retournées cultiver leurs anciens champs en contre-saison au détriment de la mise en valeur du périmètre.

Concernant la deuxième tranche d'aménagement de la phase I, il existe une liste de familles, recensées dans les différents villages de la région, en vue d'une installation sur les surfaces en cours d'aménagement. Le Tableau D.22 donne par village recensé, le nombre de familles, les surfaces prévues et la localisation sur le périmètre.

Tableau D.22 - Installation des attributaires sur la deuxième tranche d'aménagement

Villages	Effectif des villages	Superficie prévue (ha)	Localisation
Lehsey II	166	75	S8
Agwaïda	59	27	S7
Ould Ali	60	27	S7
Recasement	26	12	S7
Lehsey I	108	49	S6
Recasement	14	6	S6
Noibratt	100	45	S6
Bedhiab	97	44	S5
Bedhiab	37	17	S5
H' Bout	130	58	S4
Autres	100	45	S4
Lemseiguem	98	44	S3, S2
Recasement	26	12	S2
Awcheikech	148	67	S1
H' Bout	70	31	S16
Ould Boughrou	73	33	S17
Zreiga	44	20	S17, S19
Kowb Ehel Yamani	62	30	S19
Awechkech	222	100	S20
Tentrama	92	41	S20
Recasement	33	15	S20
Kowb Ehel Jaavar	132	60	S21
Bedhiab	45	20	S21
Lembeidiat	335	151	S22, S23, S24
Bedhiab	92	41	S25
N' Doula	20	9	S26
Gleita	30	13	S26
Autres	195	88	S26, S21, S22, S23
Total	2 614	1 180	

Ces données ont été élaborées par le projet et entérinées par le préfet de M'bout. Le fait de vouloir regrouper à la fois dans des nouveaux villages et sur le périmètre les habitants d'un même village d'origine, montre que l'on a tiré des leçons de l'expérience vécue, ce qui est une très bonne chose.

Mais le fait du vouloir installer les familles dans de nouveaux villages près du périmètre, procède d'une démarche qui tend à ignorer la situation actuelle de ces familles en considérant que toutes les activités doivent être concentrées sur les nouvelles surfaces attribuées, ce qui est loin de correspondre à la réalité.

Les affectifs recensés sont de 2614 familles pour 1180 ha attribués, la règle de répartition est encore de 0,45 ha/famille.

Les normes qui viennent d'être établies sont de nature à modifier de façon très importante les possibilités d'installation des familles. Une politique à ce sujet doit être clairement définie au niveau de la SONADER au moins pour le périmètre du Gorgol Noir, à savoir: les surfaces attribuées sur le périmètre doivent-elles constituer un appoint aux activités des familles attributaires ou au contraire constituer l'essentiel de leurs activités ?

L'opinion de l'ingénieur-conseil à ce sujet et qu'il faut adopter la deuxième solution pour pouvoir faire fonctionner le périmètre dans des conditions normales.

A cette fin, il convient que la SONADER mette en place immédiatement (sans attendre de nouveaux financements ou une nouvelle restructuration) une équipe d'enquête dirigée par un sociologue et 4 enquêteurs pour améliorer les connaissances du projet concernant les futurs attributaires.

En ce qui concerne les attributaires pour la phase II, il est peut-être un peu tôt pour effectuer un recensement des populations disponibles étant donné qu'on ne connaît pas de façon précise le nombre de familles concernées par la première phase d'aménagement. Quoi qu'il en soit, ces familles seront originaires des villages situés aux alentours du périmètre. Les données concernant la population actuelle de ces villages sont approximatives. La seule approche existante est celle réalisée par l'équipe de santé du dispensaire de Foum-Gleïta qui se déplace de village en village pour effectuer les vaccinations et a estimé approximativement la population des villages. Ces données sont résumées au Tableau D.23.

D.3.2.2 Organisation et gestion du projet

L'organisation du projet proposée (Figure D.4) est sensiblement différente de celle qui existe actuellement dans le projet. La direction régionale s'appuie sur une direction technique et un service administratif.

Tableau D.23 - Population des villages
de la zone d'influence
du périmètre

Villages	Population
Foum-Base	250
Foum-barrage	500
Foum-village	2 500
Village nord:	
- Oued el Hadid	700
- El Hechem	400
- Sirid el Madi	400
- Djamli	150
Village centre	1 000
Village sud	900
Gleita Dabai	300
Zrigha	200
Oulali	800
Agouida	500
Lahcei Ahmed sud	800
Lacei Ajmed nord	800
Windie M'Borndi	600
Dimje	600
Kowb Jaffar	1 000
Kowb Mellal	500
Tinteramit	1 000
Mouibrak	600
Sinthian M'badon	500
Crae Fil	500
N'dam	500
Ould Rami	800
Silioul	500
Total	17 300

Source: Dispensaire Foum Gleita

(a) Direction technique

La Direction technique comporte trois services dont certains sont appelés à disparaître par la suite. Ces services sont décrits ci-dessous.

Service Mise en valeur agricole

Ce service couvre les activités suivantes:

- recherche agronomique;
- reboisement;

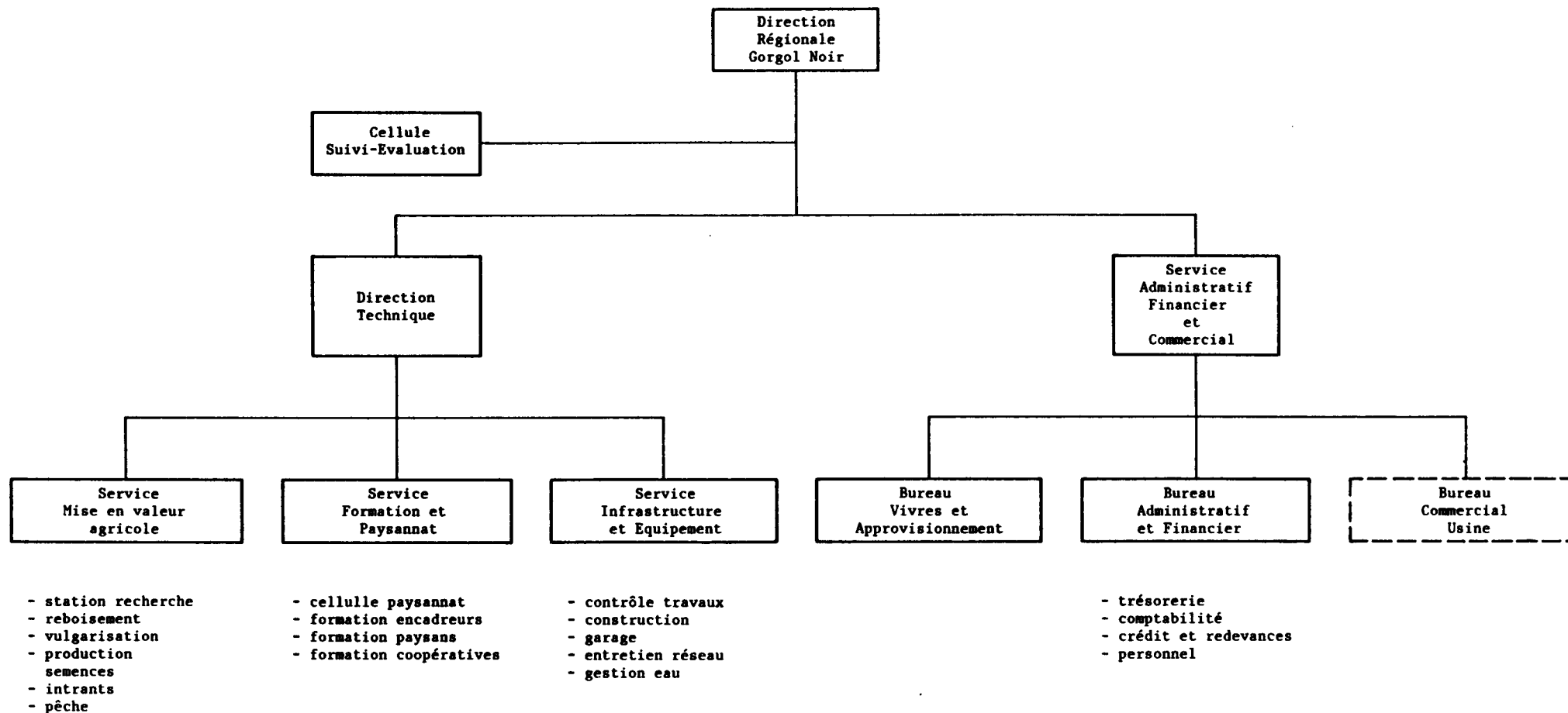


FIG. D.4 PROPOSITION D'ORGANIGRAMME POUR LE PROJET GORGOL NOIR

- production de semences;
- approvisionnement en intrants;
- vulgarisation;
- pêche.

L'activité de reboisement n'aura qu'une durée limitée; à partir du moment où les brise-vents seront mis en place, cette activité se limitera à l'entretien et à l'exploitation dans la mesure où cette tâche ne pourra être confiée aux groupements d'agriculteurs.

L'approvisionnement en intrants devrait théoriquement revenir au secteur privé qui traiterait directement avec les coopératives; mais dans la phase d'installation du projet, il est probable que le projet devra se charger de cette activité comme c'est le cas actuellement.

La recherche agronomique devrait être assurée par l'organisme national chargé de cette fonction. Il nous paraît cependant préférable d'évaluer le coût de cette activité même si par la suite le financement devait être extérieur au projet.

La production de semences concernant le riz, le sorgho et le maïs (à condition qu'il ne s'agisse pas d'hybrides) sera assurée au niveau du projet en attendant qu'un organisme puisse se charger de cette activité au niveau national.

La vulgarisation nous semble devoir relever du Service mise en valeur, car il lui est étroitement lié. A notre avis, le Service formation devrait se consacrer uniquement à la tâche de formation qui s'adresse à la fois aux encadreurs, aux paysans et aux coopératives. En raison de la petite taille des exploitations, quel que soit le scénario retenu, il paraît nécessaire de prévoir un encadrement dense dès les premières années de mise en valeur. Les responsabilités des encadreurs seront ensuite élargies à un plus grand nombre d'attributaires ou de surfaces. Il est possible de prévoir la progression suivante: 1 encadreur pendant 4 ans pour 30 ha ou 60 attributaires en exploitation manuelle, puis pour 60 ha pendant les 3 années suivantes et enfin pour 100 ha à partir de la 7ème année. Le système Formation et Visite tel qu'il est appliqué actuellement convient bien puisque le périmètre n'est pas marqué par le caractère propre aux polycultures et que les thèmes de vulgarisation sont assez aisés à faire passer; la relative prudence dans l'évolution de la densité d'encadrement tient compte du fait que les attributaires ne sont pas familiarisés avec les cultures irriguées.

Les agriculteurs sont regroupés dès le départ en Groupements Précoopératifs (GPC) qui tiendront compte d'une part de l'origine ethnique, du village d'origine et de la maille hydraulique. A terme, l'idéal serait que les GPC regroupés en coopératives puissent assurer leur autonomie technique et financière. C'est pourquoi dans la définition des redevances, il sera important de faire figurer une participation au coût de l'encadrement.

Le développement de la pêche devrait être supporté par le projet afin de promouvoir la pêche et d'éviter un développement anarchique

dans ce domaine. Les problèmes de commercialisation ne sont pas traités ici et devraient faire l'objet d'une étude spécifique après que les données statistiques auront été établies par le technicien de la pêche.

Service Formation et Paysannat

Dans le contexte du projet, ce service ne devrait avoir qu'une existence temporaire. Deux grandes tâches principales devraient lui être assignées: la collecte d'informations et la formation.

La collecte d'informations sur les futurs attributaires est une activité qui se situe à l'amont de l'aménagement. Elle porte sur les aspects suivants: composition de la famille, activités propres (agriculture, élevage, commerce), détermination de la partie de la famille disposée à migrer pour venir habiter dans les villages de regroupement prévus autour ou à l'intérieur du périmètre irrigué, détermination du temps qui sera consacré à la culture sur le périmètre. La connaissance des futurs attributaires constitue un aspect fondamental du bon fonctionnement du périmètre par la suite.

Nous avons signalé dans l'analyse de la situation actuelle la nécessité de mettre dès à présent à la disposition du projet un sociologue et une équipe d'enquêteurs pour mener à bien cette tâche.

Les activités de formation porte sur trois points:

- formation des encadreurs dans le système Formation et Visite avec intervention de spécialistes pour des points précis;
- formation des paysans: alphabétisation fonctionnelle;
- formation des responsables des groupements villageois précoopératifs puis des coopératives. Actuellement les groupements précoopératifs comptent une moyenne de 75 membres; il ne faudrait pas dépasser le nombre de 100 pour qu'il soit possible de continuer à gérer cette structure. En retenant ce nombre et compte tenu des hypothèses d'aménagement, il faudrait créer 23 à 52 groupements, il en existe déjà onze.

L'ACOPAM apporte actuellement son assistance à la formation des groupements précoopératifs. Il est souhaitable que cet appui puisse s'étendre à l'ensemble du périmètre au fur et à mesure que les aménagements se réaliseront.

Service Infrastructure et Equipement

Ce service regrouperait les activités suivantes:

- cellule de contrôle des travaux dans la phase d'aménagement;
- cellule de construction (bâtiments et infrastructure); cette cellule serait chargée de la réalisation en régie ou de la supervision de toutes les constructions réalisées au niveau du périmètre, qu'il s'agisse des bâtiments de la zone, des habitations de l'encadrement ou des bâtiments des coopératives;
- cellule mécanisation et son corollaire, le garage;
- cellule d'entretien des réseaux hydrauliques et des pistes;
- cellule de gestion de l'eau dans les périmètres qui comprendrait un chef de cellule et des aiguadiers à raison d'un aiguadier pour 250 à 300 ha.

De préférence à la surface dominée, c'est le nombre d'ouvrages à chaque aiguadier qui déterminera sa charge de travail. Il y aurait au total une douzaine d'aiguadiers pour le périmètre de 3400 ha.

(b) Service Administratif/Financier et Commercial

Le Service administratif et financier sera aussi commercial dans la mesure où une rizerie sera créée et gérée par le projet. Ce service comprendra alors selon les cas 2 ou 3 bureaux à savoir un Bureau administratif/financier, un Bureau vivres et approvisionnement et éventuellement, un Bureau commercial.

Bureau Administratif et Financier

Ce bureau comprendra les activités suivantes:

- personnel;
- trésorerie;
- comptabilité;
- crédit et redevances.

Dans les relations avec les agriculteurs, il conviendra de faire une nette distinction entre les notions de crédit et celles de redevances. Ces dernières seront dues au projet, même si dans la meilleure des hypothèses les coopératives seront en mesure de prendre en charge leur conseiller technique, car l'entretien du barrage ainsi que des réseaux primaire et secondaire restera à la charge du projet.

Le crédit pourrait se faire directement entre les coopératives et un organisme national lorsque celui-ci sera opérationnel, ce qui n'est pas le cas actuellement.

Bureau Vivres et Approvisionnement

Ce bureau existe déjà et distribue des vivres PAM dans le cadre du programme "Vivres contre travail". Il serait souhaitable que ce programme puisse se poursuivre jusqu'à la fin des aménagements du périmètre. Ce service revêt un caractère spécial dans cette période d'aménagement et d'extension du périmètre quant à l'approvisionnement en matériaux aussi bien qu'en intrants agricoles qui devra être assuré par le projet pendant plusieurs années encore.

Bureau Commercial/Usine

Au cas où une rizierie serait créée dans le périmètre du Gorgol Noir, elle devrait être gérée par le projet, ce qui constituerait un excellent moyen de récupération des redevances et faciliterait la planification de la production de riz pour le CSA (sans la rizerie, le CSA doit s'adresser à diverses petites décortiqueries). Les sous-produits seraient aussi disponibles en quantités suffisantes pour permettre de les valoriser dans des projets d'élevage.

Une cellule de Suivi et d'Evaluation devrait être créée et rattachée directement à la Direction régionale afin de constituer un instrument d'évaluation permanent du projet. Cette cellule comprendrait un ingénieur statisticien et un adjoint technique.

D.3.2.3 Formation-vulgarisation

Comme il a déjà été mentionné dans le Paragraphe D.3.4.2, un système adapté de "Formation et Visite" a été introduite en 1987 pour remplacer l'ancienne approche "du sommet vers la base". Ce système continuera à être appliqué lors de l'extension future du périmètre. Compte tenu des excellents résultats obtenus dans d'autres projets et circonstances similaires à l'étranger, l'on peut s'attendre à ce que s'installe ainsi un sentiment de confiance mutuelle entre paysans et encadreurs.

La formation devra s'adresser à deux groupes différents, à savoir les encadreurs et les paysans. Les activités organisées à leur intention consisteront en:

(a) Pour les encadreurs

- 1 jour par semaine de formation aux encadreurs groupés en salle. Cette formation sera assurée par des spécialistes dans les sujets traités;
- 5 jours par semaine de formation sur le terrain;
- des discussions sur les techniques culturales importantes pour la période en question;
- des discussions sur des thèmes généraux, méthodes d'approche, organisation opérationnelle;
- une formation individuelle complémentaire grâce à des cours à l'extérieur du projet.

(b) Pour les paysans

- rassemblement des paysans en petits groupes d'un même quartier de manière à ce qu'ils forment un groupe de contact (GC) et choisissent un paysan pilote;
- réunions d'apprentissage sur la (sous)parcelle du paysan pilote à un moment bien déterminé. Ces réunions devront contenir deux aspects, à savoir:
 - . un aspect technique afin de promouvoir le savoir et le comment faire du paysan;
 - . un aspect socio-psychologique afin que le paysan accepte les conseils techniques.

Il est extrêmement important qu'avant d'attribuer des nouvelles parcelles, l'on établisse un groupe de contact par tertiaire, en n'installant de préférence dans un tertiaire que des paysans faisant partie d'un même groupement de précoopérative.

En ce qui concerne les activités des encadreurs signalons que quelques mesures fort simples permettraient d'augmenter leurs prestations:

- les encadreurs devraient habiter dans les villages où vivent la majorité des paysans dont ils ont la charge; le village devrait se charger de leur hébergement, avec l'aide du projet ou éventuellement avec celle du programme "Vivres contre travail";

- le projet devrait mettre un moyen de transport (bicyclette ou cheval) à la disposition des encadreurs; celui-ci pourrait éventuellement devenir leur propriété et être payé par échéances;
- il faudrait envisager l'introduction d'un système de prime d'encouragement, basé par exemple sur l'importance de la participation paysanne, ce qui stimulerait les encadreurs dans leurs entreprises. La possibilité de suivre une formation à l'extérieur du projet (éventuellement à l'étranger) pourrait également servir de stimulant.

Les salaires et autres frais connexes des encadreurs sont actuellement imputés au projet (SONADER). Etant donné que l'on considère la formation des agriculteurs comme un élément d'importance nationale, il est conseillé de ne pas modifier cette situation et de ne pas porter ces frais à la charge des intéressés directs, c'est-à-dire les agriculteurs.

Avec une superficie actuelle de 560 ha, un encadreur a actuellement la charge de quelque 75 exploitants. Cet encadrement intensif peut progressivement diminuer pour atteindre une moyenne de 150 paysans par encadreur. Dans le cas où la superficie par famille augmenterait jusqu'à 1 ha, ceci correspondrait à environ 24 encadreurs pour l'ensemble du projet (3600 ha).

D.3.2.4 Organisation des paysans

L'attribution des parcelles aux paysans s'effectue actuellement à raison de 0,25 ha par actif. Il est question d'étendre cette superficie jusqu'à 1,0 ha par famille dans l'avenir. La participation à un groupement de précoopérative ne modifie pas les conditions de la propriété foncière.

Dans la pratique, il s'avère cependant que la parcelle standard attribuée est tantôt trop petite, tantôt trop grande pour certains exploitants (ou familles d'exploitants), ce qui dans le premier cas entraîne une sous-capacité de main-d'oeuvre et dans le second résulte en absentéisme, avec à la limite l'abandon de la parcelle. En outre, la composition et donc le potentiel de travail d'une famille paysanne varie dans le temps, ce qui devrait logiquement correspondre à une adaptation de la superficie attribuée.

Une alternative pourrait consister à attribuer une certaine quantité de terres non pas à des cultivateurs particuliers mais à un groupement préétabli, qui serait alors chargé d'assurer les activités agricoles en tant que groupe ou de répartir différentes parcelles entre ses membres. Un tel système augmente à la fois la flexibilité et la certitude que la totalité de la superficie sera cultivée (l'absentéisme disparaît étant donné que d'autres membres peuvent remplacer les agriculteurs négligents) et stimule le sentiment de groupe dès le départ. Le groupe est également mieux à même d'exercer un contrôle social sur les agriculteurs négligents et d'éviter ainsi d'éventuelles sanctions émises par la Gestion du projet (SONADER). En outre, il est possible de commencer par attribuer une superficie limitée à un membre, puis de lui remettre définitivement la parcelle entière après quelques années, lorsqu'il aura fait preuve de sa capacité (ou de la lui retirer au cas où il manifesterait trop peu d'intérêt).

Il convient d'ajouter parmi les avantages que des terres inaptes à l'agriculture pourraient par exemple être mises en valeur par l'ensemble du groupe sous forme de reboisement ou servir à l'élevage et que les travaux communautaires, tel l'entretien des canaux tertiaires et des digues, pourraient être exécutés en groupe. Les consultants recommandent d'effectuer des essais à petite échelle en distribuant des terres à un groupement de précoopérative.

Nonobstant ce qui précède, il est recommandé de continuer à établir des groupements de précoopérative tel que cela se fait actuellement, c'est-à-dire avec des membres de même origine ethnique et habitant la même région. Il convient d'autre part de renforcer la position de ces groupements et, dans ce cadre, de chercher à redistribuer et/ou agrandir les groupements existants. Il faudrait également réunir tous les groupements en une fédération qui pourrait alors servir d'interlocuteur auprès de la Gestion du projet.

Des questions telles achat, stockage et distribution d'intrants agricoles, et collecte des redevances devront momentanément être réglées par les groupements eux-mêmes, la fédération pouvant éventuellement être appelée à coordonner ces activités. Les groupements devront par conséquent disposer de fonds propres. Dans ces conditions, les exploitants auront à la fois la possibilité d'emprunter de l'argent contre paiement d'intérêts et celle de faire des économies. Lors de la vente du paddy, le groupement devra clairement jouer un rôle d'intermédiaire.

Pour que le groupement fonctionne bien, il est essentiel que les exploitants aient voix au chapitre. Outre le fait qu'ils élisent le comité de gestion, les membres doivent être en mesure, s'ils le désirent, d'apporter des modifications aux statuts et règlements du groupement et disposer pour ce faire de textes parfaitement clairs et compréhensibles. La gestion du groupement ne doit pas fonctionner comme instrument de contrôle qui impose à ses membres toutes sortes de règles sans que ceux-ci aient la possibilité de donner leur avis.

D.3.2.5 Recherche d'accompagnement

Dans le cadre d'un nouveau projet de l'ampleur du projet Gorgol Noir et dans une région où il n'existe pratiquement aucune expérience en matière d'agriculture irriguée en permanence, il est indispensable d'exécuter régulièrement des travaux de recherche agronomique appliquée. Cette recherche peut être organisée de différentes façons:

- exécution par le centre de recherche national CNRADA, le projet mettant à disposition le terrain et éventuellement la main-d'oeuvre;
- le projet exécute lui-même, sur son propre terrain et avec l'aide du CNRADA, un programme de recherche appliquée relativement simple;
- avec l'appui du CNRADA, le projet exécute un programme de recherche appliquée sur les parcelles paysannes; les paysans y participent, soit à titre individuel, soit au niveau des groupements de précoopérative.

La préférence devrait être donnée à cette dernière forme dans la mesure où elle donne la certitude que les résultats obtenus sont

effectivement réalisables au niveau paysan et du fait que les parcelles destinées à la recherche peuvent simultanément servir de parcelles de démonstration, ce qui faciliterait énormément la vulgarisation.

Notons que les coûts de la recherche devraient être supportés par le projet (SONADER) et ne pas être remboursés par les paysans.

Parmi les sujets de recherche peuvent notamment figurer:

- essais d'engrais; différents types, doses et calendriers pour les engrais à base de N et éventuellement de K pour le riz, le maïs et le sorgho;
- essais concernant le calendrier et les quantités des semences;
- essais variétaux, spécialement pour le riz d'hivernage, qui porteront notamment sur des variétés à cycle court, de manière à ce que les paysans puissent effectuer la récolte avant novembre et qu'ils aient le temps d'effectuer les travaux de préparation du sol pour la deuxième culture. Comme nouvelle culture pour la cssf, il convient d'envisager le blé;
- méthodes de préparation du sol, en irrigué et en sec, manuellement et mécaniquement;
- contrôle régulier de la salinité et de l'alcalinité;
- méthodes, calendrier et quantités de l'allocation d'eau;
- essais concernant la lutte phytosanitaire et le contrôle des mauvaises herbes.

Outre la recherche agronomique précitée, il faut également effectuer à court terme une enquête socio-économique qui étudiera la motivation, les aspirations et les relations des paysans.

En ce qui concerne la structure du personnel chargé de la recherche d'accompagnement, il est évident que l'actuel personnel du projet n'est pas en mesure de réaliser ce programme s'il ne dispose pas d'un appui supplémentaire. Celui-ci devra consister au moins en un spécialiste en irrigation et un ingénieur agronome, plus un appui régulier de différents experts du CNRADA de Kaédi. Pour l'enquête socio-économique, un expert sera nécessaire pendant au moins un an.

Compte tenu du peu d'expérience disponible en matière de recherche systématique, il est conseillé d'éventuellement adjoindre un chercheur agronomique expatrié à l'équipe d'assistance technique, lequel sera spécialement chargé de la formulation, l'exécution et l'évaluation de tous les essais.

D.3.2.6 Développement de la pêche

Les principaux éléments concernant la pêche sont tirés du rapport CTFT de 1986 comme expliqué au Paragraphe D.2.4.6. Un certain nombre d'informations ne sont pas disponibles notamment en ce qui concerne les tonnages prélevés et le nombre exact de pêcheurs. Cependant, les potentialités du lac de Foum-Gleïta ont été identifiées et peuvent servir de base aux projections concernant le volume des prélèvements effectués par année.

Selon le CTFT, il existe un potentiel de 200 pêcheurs; dans le contexte actuel, on peut estimer le nombre de pêcheurs à 80 en 1990. Des activités de promotion menées par un Service pêche dépendant du Projet Gorgol Noir pourrait amener l'effectif des pêcheurs à 200 au bout de 4 ans, soit une augmentation de l'effectif de 30 pêcheurs par an.

D'après les estimations, chaque pêcheur pourrait ramener 3 tonnes de poissons valorisés à 40 UM/kg. Les frais de production sont basés sur la location d'une pirogue à raison de 600 UM/mois et le renouvellement du matériel de 1500 UM/an.

Afin d'organiser les pêcheurs, d'assurer le contrôle et éventuellement la commercialisation, il conviendrait de mettre en place un technicien supérieur de pêche équipé d'un véhicule pour faire le tour du lac et d'une pirogue pour se déplacer sur le lac de retenue.

Les avantages découlant du développement de la pêche, sans tenir compte de la production actuelle, sont repris dans le Tableau D.24.

Tableau D.24 - Prévision de la valeur ajoutée résultant des activités de pêche

	1990	1991	1992	1993	1994	1995 et suiv.
<u>Valeur ajoutée</u>	2844	5688	8532	11376	11376	11376
<u>Investissements</u>						
- logement 100 m ²	3500	-	-	-	-	-
- véhicule	1100	-	-	-	-	-
- pirogue	400	-	-	-	-	-
<u>Fonctionnement</u>						
- technicien	550	550	550	550	550	550
- chauffeur	360	360	360	360	360	360
- véhicule et pirogue	360	360	360	360	360	360

APPENDICES

APPENDICE D.I
FICHE TECHNIQUE DES METHODES CULTURALES ACTUELLEMENT SUIVIES
AU PGN (1985-1987)

Tableau D.I.1 - Fiche technique des méthodes culturales suivies au PGN

	Riz	Sorgho	Maïs
Méthode de plantation	par repiquage	à plat	à plat
Semence (kg/ha)	35-40 kg/ha ¹	15	25
Engrais de fond (kg/ha)			
superphosphate	100 ²	100 ²	100 ²
Ecartement (cm)	20x20/15x15 ³	80x40	80x80
Engrais d'urée			
- 1er épandage (kg/ha)	100	100	100
moment	1 jour avant repiquage	15-20 jours après semis	15-20 jours après semis
- 2ème épandage (kg/ha)	100	50	50
moment	montaison	floraison	floraison mâle
Variétés ⁴	Jaya (135-140j)	var. locale	Early Thai
	BG90-2 (135-140j)	CE 145	
	TN1A (110-115j)	CE 151	
	IR1561 (110-115j)		

¹ semis dans une pépinière située dans la sous-parcelle d'un paysan, environ 2 kg urée/250 m² répandu après une semaine

² pas d'épandage pendant css

³ pour les variétés à cycle moyen (135-140 j) 20 x 20 cm, pour les variétés à cycle court (110-115 j) 15 x 15 cm

⁴ pendant la saison d'hivernage on plante des variétés de riz à cycle moyen, en cssc des variétés à cycle court

APPENDICE D.II
COUT HORAIRE DES MACHINES

Tableau D.II.1 - Coût horaire des machines: tracteur à roue (UM)

Informations générales

Type de machine	: tracteur à 4 roues		
Force motrice	: 75		
Prix d'achat	: 2 821 250		(Vo)
Valeur résiduelle	: 282 125	-	(Vr)
Valeur à amortir	: 2 539 125		(Vd)
Période d'amortissement	: 7	années	(Dy)
Utilisation annuelle	: 860	heures	(Au)
Taux d'intérêt	: 10	% année	(i)
Taxes	:	%) année	
Assurances	:	%) année	2 % (tis)
Abri	:	%) année	
Réparations et entretien	: 140	% de Vo	

Coûts de propriété

Amortissement	: $\frac{Vd}{Dy}$	= 362 732	(1)
Intérêts	: $\frac{i.Vo + Vr}{2}$	= 155 169	(2)
Taxes, assurances, abri	: tis.Vo	= 56 425	(3)
Coûts de propriété annuels totaux		574 326	(4)
Coûts de propriété horaires totaux:	$\frac{(4)}{Au}$	= 668	(5)

Coûts d'exploitation

Carburant	: 8 litres x 32	= 256	(6)
Lubrifiants, etc.	: 25 % de (6)	= 64	(7)
Réparation et maintenance	: $140 \% \times \frac{Vo}{Dy \times Au} =$	658	(8)
Divers	: -	-	(9)
Total des coûts horaires d'exploitation		978	(10)

Main-d'oeuvre

Coûts totaux des opérateurs	= $\frac{180\ 000}{860}$	= 209	(11)
Total des coûts horaires de propriété et d'exploitation		= 1 855	(12)

Tableau D.II.2 - Coût horaire des machines: charrue à 3-4 disques (UM)

Informations générales

Type de machine	: charrue à 3-4 disques		
Force motrice	: -		
Prix d'achat	: 388 500		(Vo)
Valeur résiduelle	: -		(Vr)
Valeur à amortir	: 388 500		(Vd)
Période d'amortissement	: 7	années	(Dy)
Utilisation annuelle	: 430	heures	(Au)
Taux d'intérêt	: 10	% année	(i)
Taxes	:	%) année	
Assurances	:	%) année	2 % (tis)
Abri	:	%) année	
Réparations et entretien	: 100	% de Vo	

Coûts de propriété

Amortissement	: $\frac{Vd}{Dy}$	= 55 500	(1)
Intérêts	: $\frac{i.Vo + Vr}{2}$	= 19 425	(2)
Taxes, assurances, abri	: tis.Vo	= 7 700	(3)
Coûts de propriété annuels totaux		82 695	(4)
Coûts de propriété horaires totaux:	$\frac{(4)}{Au}$	= 192	(5)

Coûts d'exploitation

Carburant	: litre x	= -	(6)
Lubrifiants, etc.	: % de	= -	(7)
Réparation et maintenance	: $100 \% \times \frac{Vo}{Dy \times Au}$	= 130	(8)
Divers	:		(9)
Total des coûts horaires d'exploitation		130	(10)

Main-d'oeuvre

Coûts totaux des opérateurs	=	-	(11)
Au			
Total des coûts horaires de propriété et d'exploitation	=	332	(12)

Tableau D.II.3 - Coût horaire des machines: pulvériseur à disques (UM)

<u>Informations générales</u>				
Type de machine	:	pulvériseur à disques		
Force motrice	:	-		
Prix d'achat	:	388 500		(Vo)
Valeur résiduelle	:	-		(Vr)
Valeur à amortir	:	388 500		(Vd)
Période d'amortissement	:	8	années	(Dy)
Utilisation annuelle	:	310	heures	(Au)
Taux d'intérêt	:	10	% année	(i)
Taxes	:		%) année	
Assurances	:		%) année	2 % (tis)
Abri	:		%) année	
Réparations et entretien	:	100	% de Vo	
<u>Coûts de propriété</u>				
Ammortissement	:	$\frac{Vd}{Dy}$	= 48 563	(1)
Intérêts	:	$\frac{i.Vo + Vr}{2}$	= 19 425	(2)
Taxes, assurances, abri	:	tis.Vo	= 7 700	(3)

Coûts de propriété annuels totaux			75 758	(4)
Coûts de propriété horaires totaux:		$\frac{(4)}{Au}$	= 244	(5)
<u>Coûts d'exploitation</u>				
Carburant	:	litre x	= -	(6)
Lubrifiants, etc.	:	% de	= -	(7)
Réparation et maintenance	:	$100 \% \times \frac{Vo}{Dy \times Au}$	= 155	(8)
Divers	:			(9)

Total des coûts horaires d'exploitation			155	(10)
<u>Main-d'oeuvre</u>				
Coûts totaux des opérateurs			= -	(11)
Au				
Total des coûts horaires de propriété et d'exploitation			= 399	(12)

APPENDICE D.III
BESOINS EN EAU DES CULTURES

Tableau D.III.1 - Calcul des besoins en eau d'une parcelle de 1 ha apte à la riziculture

	Unités	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Evaporation	mm	139	142	178	205	243	252	236	147	162	200	191	155	2250
Précipitations effectives	mm	0	0	0	0	0	3	40	117	112	9	0	0	281
Riz cssc 30 %														
Coefficient cultural			1,1	1,1	1,1	1,2	1,0	1,0						
Facteur de réduction de la superficie			0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,02						
Evapotranspiration	mm		15,6	58,7	67,7	87,5	50,4	4,7						
Pré-irrigation	mm		160	40	-	-	-	-						
Besoins en irrigation nets	mm		175,6	98,7	67,7	87,5	47,4	-						
Riz d'hivernage 100 M														
Coefficient cultural							1,1	1,1	1,1	1,05	0,95	0,95		
Facteur de réduction de la superficie							0,4	1,0	1,0	1,0	0,75	0,05		
Evapotranspiration	mm						103,8	161,7	178,2	210	136,1	7,4		
Pré-irrigation	mm						160	40	-	-	-	-		
Besoins en irrigation nets	mm						223,8	84,7	66,2	201	136,1	7,4		
Maïs 25 %														
Coefficient cultural		1,05	1,15	0,90	0,60	0,60						0,3	0,6	
Facteur de réduction de la superficie		0,25	0,25	0,25	0,2	0,05						0,1	0,25	
Evapotranspiration	mm	36,5	40,8	40,1	24,6	7,3						5,7	23,3	
Besoins en irrigation nets	mm	36,5	40,8	40,1	24,6	7,3						5,7	23,3	
Niébé 25 %														
Coefficient cultural		0,9	1,05	0,85	0,60	0,60						0,3	0,6	
Facteur de réduction de la superficie		0,25	0,25	0,25	0,2	0,01						0,1	0,25	
Evapotranspiration	mm	31,2	37,3	37,8	24,6	7,3						5,7	23,3	
Besoins en irrigation nets	mm	31,2	37,3	37,8	24,6	7,3						5,7	23,3	
Besoins en irrigation														
Besoins nets	mm	67,7	253,7	176,6	116,9	102,1	47,4	223,8	84,7	66,2	201,0	249,6	54,0	
Besoins bruts	mm	105,8	396,4	275,9	182,7	159,5	74,1	349,7	132,3	103,4	314,1	390,0	84,4	

Tableau D.III.2 - Calcul des besoins en eau d'une parcelle de 1 ha apte aux cultures de sorgho et de maïs

	Unités	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Evaporation	mm	139	142	178	205	243	252	236	147	162	200	191	155	2250
Précipitations effectives	mm	0	0	0	0	0	3	40	117	112	9	0	0	281
Sorgho 100 %														
Coefficient cultural						0,30	0,55	0,9	1,0	0,75	0,50			
Facteur de réduction de la superficie						0,35	1,0	1,0	1,0	1,0	0,65			
Evapotranspiration	mm					25,1	129,8	212,4	147	121,5	65			
Besoins en irrigation nets	mm					25,1	126,8	172,4	30	9,5	56,0			
Maïs 1/3 30%														
Coefficient cultural		1,05	1,15	0,9	0,6							0,3	0,6	
Facteur de réduction de la superficie		0,8	0,8	0,8	0,52							0,28	0,8	
Evapotranspiration	mm	116,8	130,6	128,2	64							16,0	74,4	
Besoins en irrigation nets	mm													
Besoins en irrigation														
Besoins nets	mm	116,8	130,6	128,2	64,0	25,1	126,8	172,4	30,0	9,5	56,0	16,0	74,0	
Besoins bruts	mm	182,5	204,1	200,3	100	39,2	198,1	269,4	46,9	14,8	87,5	25,0	115,6	