

AD. 100 HAR

SOCIETE DE MISE
EN VALEUR AGRICOLE
DE LA CASAMANCE
(SOMIVAC)

UNITED STATES AGENCY FOR
INTERNATIONAL DEVELOPMENT
(USAID)

**PLAN DIRECTEUR
DU
DEVELOPPEMENT AGRICOLE
DE LA
BASSE CASAMANCE**

ETUDES DE FACTIBILITE

**ANNEXES
VOLUME III**

AD. 100 HAR

**HARZA ENGINEERING COMPANY INTERNATIONAL
SEPTEMBRE 1984**

SOCIETE DE MISE
EN VALEUR AGRICOLE
DE LA CASAMANCE
(SOMIVAC)

UNITED STATES AGENCY FOR
INTERNATIONAL DEVELOPMENT
(USAID)

PLAN DIRECTEUR
DU
DEVELOPPEMENT AGRICOLE
DE LA
BASSE CASAMANCE

ETUDES DE FACTIBILITE

ANNEXES
VOLUME III

HARZA ENGINEERING COMPANY INTERNATIONAL
SEPTEMBRE 1984

TABLE DES MATIERES

Annexe D	PROJETS DE DEVELOPPMENT
Annexe E	MANUEL D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN
Annexe F	INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT

PLAN DIRECTEUR
DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE DE LA BASSE CASAMANCE

PHASE II - ETUDES DE FACTIBILITE

Annexe D

PROJETS DE DEVELOPPEMENT

Annexe D
PROJETS DE DEVELOPPEMENT

Table des Matières

	<u>Page</u>
D.1. Nivellement et Drainage des Terres	D-1
D.1.1. Reconnaissances au Site	D-1
D.1.1.1. Parcelle de Rizières	D-2
D.1.1.2. Terrains des Plateaux	D-2
D.1.2. Recommandations	D-3
D.1.2.1. Parcelles de Rizières	D-3
D.1.2.2. Drainage	D-6
D.1.2.3. Terrains des Plateaux	D-7
D.1.3. Effets Potentiels sur l'Environnement	D-7
D.2. Besoins en Eau	D-8
D.3. Irrigation - Forages Superficiels	D-13
D.3.1. Besoins en Eau d'Irrigation	D-13
D.3.1.1. Riz de Saison Pluvieuse	D-15
D.3.1.2. Riz de Saison Sèche	D-16
D.3.1.3. Culture Maraîchère de Saison Sèche	D-18
D.3.2. Schéma d'un système d'Irrigation et de Drainage	D-20
D.3.2.1. Superficie Irriguée	D-20
D.3.2.2. Réseau de Distribution	D-21
D.3.3. Construction de Forages Superficiels	D-23
D.3.4. Effets Potentiels sur l'Environnement	D-24
D.3.5. Les Forages Superficiels de l'Aire d'Etudes	D-25
D.3.5.1. Ressources Humaines	D-25
D.3.5.2. Ressources en Eau et en Terre	D-26
D.3.5.3. Répercussions des Forages Superficiels	D-27
D.3.5.4. Conditions Economiques	D-28
D.3.6. Analyse Economique	D-29

Annexe D

PROJETS DE DEVELOPPEMENT

Table des Matières (Suite)

	<u>Page</u>
D.3.6.1. Coûts des Projets	D-29
D.3.6.2. Budgets des Cultures	D-31
D.3.6.3. Prix et Coûts Economiques	D-38
D.3.6.4. Analyse Economique	D-46
D.3.6.5. Commercialisation	D-51
D.3.6.6. Acceptation Sociale	D-56
D.3.6.7. Disponibilité de la Main-d'Oeuvre	D-61
D.4. Irrigation - Forages Semi-Profonds	D-62
D.4.1. Reconnaissances au Site	D-62
D.4.2. Besoins en Eau d'Irrigation	D-64
D.4.3. Schéma du Système d'Irrigation	D-64
D.4.4. Construction des Forages	D-67
D.4.5. Effets Potentiels sur l'Environnement	D-68
D.4.6. Les Forages de l'Aire d'Etudes	D-68
D.4.7. Analyse Economique	D-69
D.4.7.1. Coûts du Projet	D-69
D.4.7.2. Budgets des Cultures	D-70
D.4.7.3. Prix et Coûts Economiques	D-73
D.4.7.4. Analyse Economique	D-73
D.4.7.5. Etude de Sensibilité	D-74
D.4.7.6. Analyse Financière	D-75
D.4.7.7. Variantes de Cultures	D-76
D.5. Réservoirs de Stockage pour l'Irrigation	D-84
D.5.1. Reconnaissance	D-84
D.5.1.1. Etudes Topographiques	D-85
D.5.1.2. Etudes de Fondations	D-86
D.5.1.3. Emplacement des Zones d'Emprunt	D-87
D.5.2. Dimensionnement des Barrages	D-87
D.5.2.1. Ouvrage de Restitution	D-90
D.5.2.2. Endiguement	D-91
D.5.3. Besoins en Eau d'Irrigation et Utilisation de l'Eau Emmagasinée	D-92

Annexe D

PROJETS DE DEVELOPPEMENT

Table des Matières (Suite)

	<u>Page</u>	
D.5.4.	Calculs des Réseaux d'Irrigation et de Drainage	D-94
D.5.5.	Construction	D-96
D.5.6.	Effets Potentiels sur l'Environnement	D-97
D.5.7.	Analyse Economique	D-97
	D.5.7.1. Coûts des Projets	D-97
	D.5.7.2. Budgets des Cultures	D-98
	D.5.7.3. Prix et Coûts Economiques	D-99
	D.5.7.4. Analyse Economique	D-105
D.6.	Barrage Anti-sel	D-107
D.6.1.	Etudes Topographiques	D-107
D.6.2.	Calculs de Barrages	D-108
D.6.3.	Construction des Barrages	D-111
D.6.4.	Calculs du Système de Mise en Valeur et de Drainage	D-111
D.6.5.	Construction du Réseau de Drainage	D-112
D.6.6.	Exploitation du Barrage et Mise en Valeur des Terres	D-113
D.6.7.	Effets Potentiels sur l'Environnement	D-114
D.6.8.	Analyse Economique	D-115
	D.6.8.1. Coûts du Projet	D-115
	D.6.8.2. Budgets Agricoles	D-118
	D.6.8.3. Prix et Coûts Economiques	D-119
	D.6.8.4. Analyse Economique	D-124
	D.6.8.5. Analyse Financière	D-126
	D.6.8.6. Etude de Sensibilité	D-126
D.7.	Coûts des Installations et Services de Soutien	D-127

Annexe D

PROJETS DE DEVELOPPEMENT

	<u>Tableaux</u>	<u>Page</u>
D.1.	Evapotranspiration et Précipitation de Référence	D-10 D-11
D.2.	Besoins en Eau du Riz Calculés Selon Deux méthodes, mm	D-12
D.3.	Besoins du Riz et des Oignons en Eau d'Irrigation de Forages Superficiels (Scénario Sécheresse)	D-14
D.4.	Forages Superficiels: Volume Utilisable et Super- ficiés Desservies	D-21
D.5.	Coûts Economiques de Projets de Forages Superficiels	D-30
D.6.	Coût du Diesel	D-32
D.7.	Budget des Cultures de l'Etude N° I-6	D-33
D.8.	Budget des Cultures de l'Etude N° I-16	D-35
D.9.	Résumé des Budgets des Cultures	D-36
D.10.	Budget des Cultures de l'Etude N° O-1 - Oignons	D-37
D.11.	Budget des Cultures de l'Etude N° I-19 - Riz	D-41
D.12.	Budget des Cultures de l'Etude N° I-9 - Riz	D-42
D.13.	Budget des Cultures de l'Etude N° B-4 - Riz	D-43
D.14.	Résumé des Prix Utilisés dans l'Evaluation des Budgets des Cultures	D-47
D.15.	Résumé de l'Analyse Economique du Projet de Forage Superficiel	D-48
D.16.	Projection de la Population de l'Aire d'Etude de la Basse Cambodge	D-53
D.17.	Demande par Habitant - Quelques Cultures Prises en Exemple	D-54

Annexe D

PROJETS DE DEVELOPPEMENT

Tableaux (Suite)

	<u>Page</u>
D-18	Demande Concernant La Production Maraichère de l'Aire d'Etude (Basse Casamance) D-55
D-19	Importation Européenne, Exportation Sénégalaise 1980-1990 D-58
D-20	Production Maraichère Totale de la Basse Casamance D-59
D-21	Budget des Récoltes de l'Etude N° B-3 D-60
D-22	Irrigation Requise pour l'Oignon D-66
D-23	Coûts Economiques d'un Projet de Forage Semi-Profond D-72
D-24	Production et Consommation Fruitière au Sénégal et Dans la Région de la Casamance D-77
D-25	Demande Fruitière Nationale D-78
D-26	Part Prise par la Casamance Dans l'Aire de Production Fruitière Additionnelle D-79
D-27	Budget de Culture N° F-1 - Bananes D-81
D-28	Budget de Culture N° F-2 - Agrumes D-82
D-29	Coûts Economiques de Projets de Forage Semi-Profond D-83
D-30	Zones de Drainage, Ecoulements et Sédimentation des Réservoirs D-88

Annexe D

PROJETS DE DEVELOPPEMENT

Tableaux (Suite)

	<u>Page</u>	
D-31	Texture de Divers Echantillons des Sols de Fondation à Cinq Sites de Barrage	D-89
D-32	Réservoir, Barrage et Aires Irriguées	D-93
D-33	Irrigation de Réservoir Exigée pour le Riz Transplanté	D-95
D-34	Résumé des Coûts de Projet de Réservoir	D-100
D-35	Budget des Cultures - Etude N° I-9, Riz	D-101
D-36	Budget des Recoltes de l'Etude N I-19	D-102
D-37	Sommaire des Budgets de Cultures Utilisés dans l'Analyse Economique du Projet de Réservoir	D-103
D-38	Aire du Projet de Réservoir, Revenu des Cultures Net Avec Irrigation	D-104
D-39	Résumé de l'Analyse Economique des Projets de Réservoir	D-106
D-40	Barrage Anti-sel d'Agnack - Coûts au cours de la Période de Construction	D-117
D-41	Budget des Cultures de l'Etude N° B-4	D-120
D-42	Budget des Recoltes de l'Etude N I-10	D-121
D-43	Résumé des Budgets Agricoles Utilisés dans l'Analyse du Barrage Anti-sel d'Agnack	D-122
D-44	Barrage Anti-sel d'Agnack - Calendrier de Cumul des Avantages Economiques	D-123
D-45	Flux des Coûts et Profits du Barrage Anti-sel d'Agnack	D-125
D-46	Prix des Produits de Base IBRD et Projections des Prix en Dollars Constants, 1981	D-130
D-47	Coûts de Capital, Entretien, Exploitation	D-131
D-48	Aire d'Etude Phase II - Superficie Cultivée 1980-83	D-132

Annexe D
PROJETS DE DEVELOPPEMENT

Tableaux (Suite)

		<u>Page</u>
D-49	Coûts des Services de soutien: Scénario Normal. Aire d'Etude de la Phase II	D-133
D-50	Aire d'Etude de la Phase II - Sommaire des Crédits Agricoles Exigés	D-134
D-51	Aire d'Etude de la Phase II - Sommaire des Coûts de Capital de la Tracti ^o n et des Batteuses à Riz	D-135
D-52	Aire d'Etude de la Phase II - Nombre de Tracteurs (Traction Animale et M ^o totracti ^o n)	D-136
D-53	Aire d'Etude de la Phase II - Coûts des Facteurs de Production Nécessaires au Programme Technique	D-137
D-54	Aire d'Etude de la Phase II - Stockage Exigé, Coûts d'Ensemble	D-138
D-55	Aire d'Etude de la Phase II - Stockage Exigé pour la Production	D-139
D-56	Aire d'Etude de la Phase II - Surplus/Production des Cultures	D-140
D-57	Aire d'Etude de la Phase II - Production Rizicole et Coût de Capital des Batteuses à Pédale	D-141
D-58	Aire d'Etude de la Phase II - Stockage Exigé - Facteurs de Production Agricole	D-142

Annexe D
PROJETS DE DEVELOPEMENT

Documents

- D-1. Evapotranspiration de Référence (E_{to}) selon l'équation modifiée de Penman de Ziguinchor 1951-1980. d'après les données climatiques de
- D-2. Sections Standars des Canaux D'irrigation
- D-3.
- D-4.
- D-5. Coupe type de forage superficiel
- D-6. Coupe type de puits moderne
- D-7. Carte topographique de la superficie du forage semi-profond
- D-8. Essais d'infiltration au sol type 301. Site du forage semi-profond de Toureounda
- D-9. Calculs de dimensionnement d'un arroseur
- D-10. Liste des pièces du système d'aspersion
- D-11. Coupe type de forage semi-profond
- D-12. Profils des sites de Barrages
- D-13. Courbes Hauteur-Volume des Barrages de Retenue
- D-14. Ouvrages types de vîlange et évacuateur des réservoirs
- D-15. Canal jaugeur en aval du Bassin d'Amortissement
- D-16. Courbe Hauteur-Volume, Barrage Anti-sel d'Agnack
- D-17. Calcul de la propagation des crues, Barrage d'Agnack
- D-18. Barrage Anti-sel d'Agnack
- D-19. Plan type pour la récupération des terres du Barrage Anti-sel d'Agnack

Annexe D

PROJETS DE DEVELOPPEMENT

Les résultats de la Phase I ont indiqué cinq types d'alternatives structurales qui promettent suffisamment pour mériter des études de niveau factibilité. Nous présentons ces études sur des alternatives spécifiques de développement du projet dans l'Aire d'Etudes de la Phase II dans les sections suivantes de ce chapitre:

- o Planage et Drainage des Terres
- o Irrigation - Forages Superficiels
- o Irrigation - Forages Semi-profonds
- o Irrigation - Réservoirs de Retenue

D.1. Nivellement et Drainage des Terres

Un aménagement correct de l'écoulement sur les terres agricoles dans la région de la Basse Casamance représente un facteur important si l'on vise une augmentation de la production agricole. Cet aménagement ferait intervenir, pour la plupart des terrains en riziculture, un nivellement jusqu'à une pente nulle, et des canaux de drainage pour charrier l'eau superficielle excédentaire de manière adéquate.

D.1.1. Reconnaitances au Site

Nous avons fait des études topographiques des rizières et des terres cultivées des plateaux. Nous avons sélectionné les aires étudiées afin qu'elles soient typiques de la topographie

superficielle des rizières et des terrains des plateaux dans l'Aire d'Etudes de la Phase II.

D.1.1.1. Parcelles de Rizières. Les reconnaissances ont confirmé des observations visuelles antérieures, à savoir que les agriculteurs ont accompli un travail considérable de terrassement en vue de mieux aménager l'écoulement. Cela s'est fait petit à petit au fil des ans au cours de leur préparation normale de la terre. Ce terrassement a donné des parcelles adjacentes qui présentaient des différences d'altitude courantes de 20 à 30 centimètres, de part et d'autre, par exemple, d'une même digue. A l'intérieur d'une même parcelle, il est courant de trouver des différences d'altitude de 20 à 30 centimètres. Même les rizières qui, à l'oeil nu, semblent être très plates ont des différences de 8 à 10 centimètres. Une parcelle de 1500 mètres carrés a une différence d'altitude de 75 centimètres entre son point le plus haut et son point le plus bas. Plusieurs des parcelles étudiées n'ont que 4 à 6 centimètres de sol de surface au-dessus d'une couche sous-jacente de sol très sableux. Cette condition pédologique limitera le terrassement possible de nivellement.

D.1.1.2. Terrains des Plateaux. Les terrains cultivés de plateaux qui ont été étudiés dans l'Aire d'Etudes ont des pentes se situant entre 0 et 4 à 5 pour cent. La plupart des cultures sont plantées en rangées parallèles à la pente maximum, donnant lieu à un ruissellement de l'eau de surface en rigoles, ce qui produit un mouvement du sol. On peut perdre éventuellement des couches de surface productives.

D.1.2. Recommandations

Nous préconisons plusieurs démarches pour niveler et drainer les terres agricoles de l'Aire d'Etudes et y améliorer l'aménagement de l'écoulement. Ces démarches peuvent être poursuivies grâce aux efforts éducatifs et sous la conduite des agents du service de vulgarisation agricole.

D.1.2.1. Parcelles de Rizières. Le nivellement et le drainage contrôlé ont l'avantage de fournir une inondation plus complète des rizières, permettant de diminuer la croissance des mauvaises herbes qui font concurrence avec les plants de riz pour les aliments et l'espace. Un second avantage est une plus grande retenue de la précipitation tombant sur la rizière permettant la croissance des plants sans qu'il se produise de ruissellement d'eau superficielle échappant à tout contrôle. Un troisième avantage est le charriage d'eau excédentaire de la rizière à un taux utile.

Nous préconisons le maintien d'une profondeur en eau d'environ 10 centimètres dans la rizière au cours de la saison de croissance, la déviation maximum devant être de 2 centimètres sur toute la superficie de la rizière. Ainsi donc les élévations de la surface du sol à l'intérieur même d'une parcelle de rizière devront être dans une marge de 2 centimètres (plus ou moins) de l'élévation moyenne. Les études au site ont permis de déterminer qu'en général les rizières ont besoin qu'on leur enlève environ 0,02 à 0,03 mètre cube de sol par mètre carré de superficie pour atteindre le niveau voulu d'uniformité d'élévation

de la surface du sol. Par conséquent, dans une parcelle de 500 mètres carrés, il faudra enlever 10 à 15 mètres cubes de sol. Même si le travail se fait manuellement, ce n'est pas un terrassement gigantesque. Naturellement, certaines parcelles exigeront moins, d'autres plus, que ce chiffre.

La tranchée maximum en toute rizière devra être inférieure à la profondeur de sol arable. Si l'on veut aboutir au niveau préconisé du terrain dans ces rizières dont la couche de sol organique est relativement mince, il sera nécessaire de les sous-diviser par des digues supplémentaires.

Une autre caractéristique du sol qui influe d'une manière critique, lorsqu'on veut produire la formation d'une lame d'eau d'infiltration, est le taux d'infiltration. Si ce taux dépasse 15 millimètres par jour, et si l'évapotranspiration est de 5 millimètres par jour, les dix centimètres de lame d'eau auront disparu en l'espace de cinq jours, à moins que des précipitations ne se produisent. Des essais d'infiltration faits sur des sols typiques des vallées sur lesquels on peut faire pousser du riz aquatique et phréatique dans l'Aire d'Etudes furent entrepris de janvier à mars 1983. La plupart des taux d'infiltration pour les sols non corroyés étaient de 1000 à 2000 millimètres par jour. Les sols corroyés avaient des taux d'infiltration d'environ 3 à 15 millimètres par jour.

Le nivellement des terres peut être fait grâce aux efforts éducatifs et sous la conduite des agents du service de vulgarisation. Une méthode est d'utiliser l'eau accumulée d'elle-

même pour indiquer les points élevés et les points bas dans une rizière. L'ennui, c'est que l'agriculteur voudra planter son riz aussitôt que le niveau d'eau dépasse la surface du sol et sera peu enclin à perdre du temps à remuer la terre avant de planter.

Une seconde méthode comporte l'emploi, par l'agent du service de vulgarisation ou par une autre personne compétente, d'un niveau et d'une mire d'arpentage de prix modique pour mesurer plusieurs élévations représentatives dans la rizière d'un agriculteur à la demande de ce dernier. L'agent du service de vulgarisation déterminera l'élévation moyenne de la rizière, installera un ou plusieurs pieux de 50 à 60 centimètres dans la rizière, le sommet de ces pieux se trouvant au niveau d'élévation moyenne et instruira l'agriculteur à se servir d'une limande et d'un niveau de charpentier pour déterminer le niveau de la rizière. L'agent peut avoir avec lui la limande et les niveaux de charpentier pour les prêter aux agriculteurs.

Au moment de l'arpentage, l'agriculteur devra avoir à sa disposition une planche en bois solide d'environ 1 mètre de long et d'au moins 30 centimètres de large ou bien une grosse bûche de palmier Rhum (Borasses aethiopicum) des mêmes dimensions, ou encore une quantité suffisante de briques d'argile réfractaire pour faire un déversoir d'issue. L'agent aidera l'agriculteur à placer le déversoir dans la digue dans la partie basse de la rizière, la crête du déversoir se situant à 10 centimètres au dessus de l'élévation moyenne de la rizière. Une longueur de déversoir de 10 à 20 centimètres est suffisante pour la plupart des

rizières à moins que la parcelle soit d'une grande superficie et que des ruissellements importants venant des hautes terres la sillonnent. Il faudra aussi installer un déversoir dans les parcelles nivelées par l'eau. L'agriculteur n'aura simplement qu'à enlever une partie de digue située au moins à 5 mètres du déversoir, lorsqu'il veut drainer la rizière. Il incombera à l'agent du service de vulgarisation de communiquer l'objectif du planage des terres, ainsi que des instructions pour le maintien des rizières, à toutes les personnes qui travailleront dans la rizière, y compris les femmes.

Les coûts associés à la méthode de planage par l'eau sont: ceux des services de l'agent du service de vulgarisation, la valeur du temps de l'agriculteur, les instruments d'arpentage, la règle, et le niveau de menuisier. Un agriculteur pourrait avoir intérêt à embaucher une équipe de jeunes compétents dans le planage pour faire le travail plus rapidement qu'il ne pourrait le faire à l'aide de la main-d'oeuvre qui lui serait disponible.

D.1.2.2. Drainage. Le drainage superficiel, dans toutes les vallées de l'Aire d'Etudes, se trouve normalement entravé par la pratique traditionnelle de la semaille du riz dans toutes les zones convenables sans laisser de routes continues ou non obstructuées permettant au ruissellement superficiel de s'écouler vers le fleuve Casamance. Là où la production du riz se trouve influencée de manière néfaste par l'incapacité d'écouler l'eau excédentaire des rizières (à cause de digues et de cultures plus en

aval), il incombera à l'agent du service de vulgarisation de fournir ses conseils et sa médiation aux villages concernés pour établir un débouché bien défini et suffisant, et pour en faire l'entretien périodique nécessaire.

D.1.2.3. Terrains des Plateaux. On pourra réduire le ruissellement superficiel et le déplacement excessif du sol par l'utilisation de rangées de cultures qui suivent les courbes de niveau des terres des plateaux, perpendiculairement plutôt que parallèlement à la direction naturelle de pente. On pourra construire de petits barrages de retenue du sol dans les sillons tous les 5 à 10 mètres afin de: (1) accumuler provisoirement la précipitation pour lui donner le temps de s'infiltrer, et (2) porter l'érosion au minimum si une brèche finit par se produire dans la rangée de contour. Si l'accumulation d'eau sur les sols dont les taux d'infiltration sont bas, est excessive et détrimentaire à la production agricole, on peut placer les rangées de culture à une faible pente (0,5% maximum). L'écoulement le long de ces rangées vers une issue doit se faire sans obstacle et il faut éviter que l'eau ne s'écoule d'une rangée à l'autre. Le planage des terres de plateaux n'est pas recommandé sur des pentes de plus de 0,5 à 1 pour cent, car la couche superficielle est mince et les terres escarpées exigent des couches profondes.

D.1.3. Effets Potentiels sur l'Environnement

Le processus lui-même de planage des terres n'aura que de faibles effets en dehors des champs. On peut s'attendre à de petites quantités supplémentaires de sédiments en suspension à

l'aval de chaque rizière planée, mais ces sédiments se déposeront généralement dans d'autres rizières. Les canaux de drainage et les marigots auxquels aboutiront ces canaux ne vont pas recevoir, vraisemblablement, de quantités considérables de sédiments.

D.2. Besoins en Eau

Les cultures de l'Aire d'Etudes peuvent recevoir de l'eau d'irrigation à partir de forages superficiels, de forages semi-profonds, et de réservoirs de retenue de l'eau superficielle. Chacune de ces sources d'eau possède ses propres caractéristiques et sa propre utilisation, que nous présenterons dans des sections individuelles de ce chapitre. La présente section traite cependant des besoins généraux en eau d'irrigation applicables à toutes les sources d'eau.

Nous avons utilisé les chiffres d'évapotranspiration (ET_o) mensuelle moyenne de référence pour chaque culture, tels qu'ils figurent au Chapitre 3, comme base de détermination des exigences en eau d'irrigation de chaque culture, sur une période de 10 jours. Nous avons choisi une approche conservatrice: (1) en utilisant les coefficients ET_o basés sur les données climatiques s'appliquant à quatre années sèches sur cinq; (2) en utilisant un total des chiffres de précipitation de 10 jours de probabilités diverses pour l'année qui équivalent au chiffre annuel de probabilité à 50 pour cent: et (3) en utilisant les coefficients qui conviennent aux cultures respectives. Les chiffres des coefficients ET_o et de précipitation adoptés pour les scénarios de

sécheresse et normal, figurent au Tableau D-1. La Figure D-1 donne une courbe des coefficients ETo.

L'utilisation effective de l'eau par le riz pluvial cultivé fut mesurée dans les lysimètres de la Station de Recherche de Djibélor au cours des saisons de pluies de 1973 à 1976. Les chiffres furent associés à l'évaporation de Classe A, et on calcula les coefficients de culture. Le Tableau D-2 donne les coefficients publiés et ceux de conversion d'un bac évaporatoire. Ces données s'appliquent pertinemment à l'Aire d'Etude, mais le riz n'avait pas été irrigué. Les valeurs plus conservatrices dont nous avons parlé plus haut sont utilisés pour les études de factibilité.

Tableau D-1 (Suite)

EVAPOTRANSPIRATION ET PRECIPITATION DE REFERENCE

Décade	ET _o ^{1/}		Précipitation ^{2/}	
	mm/d	Total, Période, mm	Total, Période, mm	Probabilité
NOV	1	5,6	56	
	2	5,7	57	
	3	5,6	56	
DEC	1	5,3	53	
	2	5,2	52	
	3	5,3	58	
TOTAL		2277	1208 (1491)	

1/ Montants calculés selon l'équation modifiée de Penman et les conditions climatiques mensuelles moyennes de sécheresse de 80 pour cent de probabilité, mesurées à Ziguinchor (1951-80).

2/ Les chiffres des précipitations qui ne sont pas entre parenthèses représentent le scénario de sécheresse, par ex. le total des précipitations décadaires choisies est essentiellement égal à la précipitation annuelle de 50 pour cent de probabilité (1203 millimètres) pour la période 1968-82 (Section 3.2.1.). Les chiffres des précipitations entre parenthèses représentent le scénario normal, par ex. le total des précipitations décadaires choisies est essentiellement égal et la précipitation annuelle de 50 pour cent de probabilité (1503 millimètres) pour la période 1921-80 (Section 3.2.1.).

Tableau D-2
BESOINS EN EAU DU RIZ CALCULES SELON DEUX METHODES, mm

<u>Décade^{1/}</u>	<u>Evapotranspi- ration d'un Bac Trans- piratoire</u>	<u>KC^{1/}</u>	<u>Besoins du Riz^{3/}</u>	<u>Besoins Du Riz^{4/}</u>	<u>Besoins- Riz Penman/Bac</u>
1(1 Juil)	43	0,60	26	60	2,3
2(2 Juil)	38	0,80	30	57	1,9
3(3 Juil)	36	1,02	37	59	1,6
4(1 Août)	33	1,10	36	52	1,4
5(2 Août)	32	1,20	35	51	1,5
6(3 Août)	35	1,20	42	57	1,4
7(1 Sep)	38	1,18	45	51	1,1
8(2 Sep)	37	1,12	41	54	1,3
9(3 Sep)	44	0,90	40	49	1,2
10(1 Oct)	41	0,80	33	51	1,5
11(2 Oct)	39	0,76	30		

1/ Pris au Tableau IV de la Méthode Pratique d'Estimation des Besoins en Eau des Principales Cultures Pluviales au Sénégal, C. Dancette, I.S.R.A. Dec/80; KC est la moyenne de 4 variétés de riz pluvial mesurée dans les lysimètres de Djibélor; première décade: 1-10 juillet.

2/ Moyenne des données de lysimètre de Djibélor de 1973-76.

3/ KC x Evap. Bc Classe A.

4/ Pris au Tableau D-3 (ETo x KC) pour le riz planté le 1-10 juillet.

D.3. Irrigation - Forages Superficiels

Pour les besoins de l'étude de factibilité portant sur l'approvisionnement des systèmes d'irrigation à partir de puits superficiels dans l'Aire d'Etudes, les trois forages d'essai traités au Chapitre 3 sont considérés comme étant des forages de production D.3.1. Besoins en Eau d'Irrigation

Les forages superficiels fournissent de l'eau d'irrigation sur toute l'année. Nous avons donc déterminé les besoins en eau d'irrigation pour la riziculture de saison sèche et de saison pluvieuse, à la fois pour le scénario normal et pour le scénario de sécheresse ainsi que pour la culture maraîchère au cours de la saison sèche. La présente section traite de ces besoins, qui sont résumés au Tableau D-3.

Tableau D-3

BESOINS DU RIZ ET DES OIGNONS EN EAU D'IRRIGATION DE PUIITS SUPERFICIELS
(SCENARIO DE SECHERESSE)

	Activité ^{1/}	ET ₀ ^{2/}	Super- ficie ^{1/}	KC ^{3/} Super- ficie ^{2/}	Super- ficie ^{3/}	Préc. mm ^{4/}	Super- ficie ^{1/}	Besoins Super- ficie ^{5/}	Aire ^{3/}
JUIN	1					0			
	2					11			
	3 Préparation	59	1,1			50	150		
JUIL	1 Plantage	55	1,1	1,1		70	55	130	
	2 et	52	1,1	1,1	1,1	94	13	27	90
	3 Submersion	54	1,1	1,1	1,1	150	0	0	12
AOUT	1	47	1,1	1,1	1,1	152	0	0	0
	2	46	1,1	1,1	1,1	167	0	0	0
	3	52	1,05	1,1	1,1	154	0	0	0
SEP	1	49	1,05	1,05	1,1	123	0	0	0
	2	51	0,95	1,05	1,05	107	0	0	0
	3	52	0,95	0,95	1,05	86	0	0	0
OCT	1 Moisson	54		0,95	0,95	29	0	0	0
	2 Moisson	55			0,95	12		0	0
	3 Moisson					3			
NOV	1		Riz				Oignon		
	2	Activité	ET ₀ ^{2/} x KC ³	Besoins ^{6/}		mm	ET ₀ ^{2/} x KC ³	Besoins ^{7/}	
	3		mm	mm		mm	mm	mm	
						Transplant.	56 x 4	37	
DEC	1						53 x .5	44	
	2						52 x .7	61	
	3 Plantage		58 x 1,1	0			58 x .75	73	
JAN	1		56 x 1,1	0			64 x 1,0	75	
	2		57 x 1,1	0			69 x 0,9	90	
	3		66 x 1,1	0			58 x 0,9	110	
FEV	1		64 x 1,1	0			64 x 1,0	107	
	2		69 x 1,1	0			69 x 0,9	103	
	3		58 x 1,25	0			58 x 0,9	87	
MARS	1		77 x 1,25	162			77 x 0,9	0	
	2		80 x 1,25	167			80 x 0,8	0	
	3		91 x 1,25	188		Moisson			
AVR	1		85 x 1,0	83					
	2		86 x 1,0	0					
	3 Moisson			0					
MAY	1								
	2								
	3								

1/ Des rizières de superficie variée (une parcelle individuelle, ou plusieurs parcelles) sont entreprises à raison d'une par jour sur un durée de 30 jours, selon le calendrier suivant: Jour 1: submersion de 100 mm d'eau, corroyage. Jour 2: drainage de toute eau de surface et plantage des graines pré-germées. Jour 6: 40 mm d'eau déversée pour un premier corroyage, ceci additionné de la somme de l'évapotranspiration de quatre jours précédents, moins précipitations. Jour 7 à 100: apport d'eau suffisant à l'évapotranspiration quotidienne, plus 5 mm par jour de hauteur d'infiltration, moins précipitations, sauf les quelques derniers jours, où le riz absorbe l'humidité du sol emmagasinée (prévoir 30 cm de zone de racine effective, et 2 mm d'humidité du sol disponible par centimètre de zone de racine) et l'eau de nappe d'eau d'infiltration (prévoir 100 mm de hauteur maximum, le reste au-dessus des 40 premiers mm venant des précipitations) et on laisse la parcelle s'assécher avant la moisson.

2/ Valeurs ET₀ prises au Tableau D-1.

3/ Valeurs KC prises au Bulletin d'Irrigation et de Drainage de la FAO No. 33 pour récolte et saison particulières.

4/ Pris au Tableau D-1.

5/ Inclut l'évapotranspiration du riz, la percolation profonde, 40 mm de nappe d'eau d'infiltration, moins précipitation et 90 pour cent de rendement des canaux pour la superficie individuelle plantée tous les 10 jours.

6/ Présumer du riz plants dans les vallées où il y a assez d'eau de reste provenant de la saison des pluies précédente pour l'évapotranspiration, pour durer jusqu'au 1er mars. Vers la fin de la saison de croissance, tout comme pour le riz de saison humide, utiliser l'humidité du sol emmagasinée et l'eau de nappe d'infiltration. Les quantités d'eau couvrent l'évapotranspiration du riz, la percolation profonde (5 mm/jour) et 90 pour cent de rendement des canaux.

7/ Inclut l'évapotranspiration des oignons, 60 pour cent de rendement d'irrigation global, et une irrigation interrompue 20 jours avant la moisson.

D.3.1.1. Riz de Saison Pluvieuse. Si l'on veut atteindre une production maximale de riz, il est important de procéder au contrôle des mauvaises herbes le plus tôt possible par l'inondation des rizières aquatiques. La production est meilleure si l'on inonde pour la lutte contre les mauvaises herbes, que si l'on apporte des compléments d'eau à la culture après la fin des pluies pour en parachever la croissance. Il est donc prévu que les dates des semailles du riz irrigué de saison pluvieuse auront lieu les 10 derniers jours de juin. Ceci est un compromis entre des semailles très tôt en saison d'une part, - avec un meilleur contrôle encore des mauvaises herbes, mais d'un autre côté plus d'eau d'irrigation résultant d'une précipitation moindre (ou une diminution de la superficie desservie par un forage de capacité donnée) - d'autre part, des semis plus tardifs, ce qui exige moins d'irrigation (ou une augmentation de la surface desservie), mais avec un contrôle moindre des mauvaises herbes ou plus de main d'oeuvre.

Nous avons déterminé les besoins en eau d'irrigation du riz aquatique de saison pluvieuse en admettant plusieurs hypothèses:

- o Des graines prégermées de riz de 110 jours sont plantées les dix derniers jours de juin et les vingt premiers jours de juillet.
- o Le sol a été corroyé et préparé pour l'ensemencement en utilisant l'eau de forage un jour avant le plantage (10 millimètres au cours de la première période de 10

- jours, 75 millimètres durant la seconde période de 10 jours, et 50 millimètres durant la troisième période).
- o On a convenablement plané chaque parcelle de rizière et on s'est bien assuré qu'il existe une prise d'eau réglable.
 - o On a préparé le terrain un jour avant le corroyage (réparation de digue, labour, planage).
 - o Dans les parcelles corroyées, au cours de la saison de croissance, l'infiltration moyenne passant au dessous de la zone de racines est de 5 millimètres par jour.
 - o Quatre jours après les semis, on ajoute 40 millimètres d'eau pour former une lame d'eau d'infiltration initiale, et on remplace la quantité perdue par évaporation mais en soustrayant toute précipitation qui se sera produite depuis le plantage.
 - o L'eau au-dessus de 40 millimètres, permettant une hauteur de lame d'infiltration de 100 millimètres, est fournie par les précipitations.
 - o L'irrigation satisfait aux besoins journaliers d'eau (évapotranspiration des cultures agricoles, augmentée de l'infiltration, diminuée des précipitations).
 - o Le riz mûrit avant qu'il faille irriguer davantage à la fin de la période de croissance pour les scénarios normal et de sécheresse.

D.3.1.2. Riz de Saison Sèche. La plupart des terres à riz aquatique voisines des trois forages superficiels étaient

toujours inondées jusqu'à au moins la première partie de février 1983. Cette condition s'est maintenue même après la saison pluvieuse de 1982 qui en fait représentait une condition de sécheresse de probabilité d'un an sur 30 dans le cadre du scénario normal et d'un an sur cinq dans le cadre du scénario de sécheresse. Les agriculteurs de la région ont quand même déclaré qu'ils s'attendaient à ce que les rizières des vallées s'assèchent bientôt et qu'ils auraient besoin d'apport complémentaire d'eau pour faire mûrir de façon satisfaisante leur riz d'hiver. Nous avons admis, pour déterminer la zone irriguée desservie par un forage superficiel pour une culture de riz de saison sèche, plusieurs hypothèses que nous présentons ici:

- o Les parcelles sont préparées et le riz repiqué la dernière décade de décembre et récolté les dix derniers jours d'avril.
- o Les parcelles présentent une submersion résiduaire d'environ 100 millimètres au moment du plantage qui satisfait aux besoins du corroyage et de l'irrigation par submersion.
- o L'infiltration moyenne passant au-dessous de la zone de racines est de 5 millimètres par jour durant la saison d'irrigation.
- o Chaque parcelle de rizière a été convenablement planée et présente une prise d'eau réglable.

- o Il y a, dans les parcelles des vallées, suffisamment d'eau résiduaire jusqu'à la fin de février pour ne pas avoir à irriguer avant mars, sauf de temps à autre, juste assez pour que la lame d'eau d'infiltration reste à une hauteur de 100 millimètres.
- o Il y a suffisamment d'eau disponible, en raison de la lame d'infiltration maintenue sur la parcelle et de l'humidité du sol pour satisfaire aux besoins les 20 premiers jours d'avril; l'irrigation maximale se produit la dernière décade de mars.

Besoins Irr. = $E_{To} \times KC$ + Infiltration, ou les dix derniers jours de mars,

Besoins Irr. = $(8,3\text{mm/j} \times 1,25 + 5\text{mm/j}) 11\text{j} = 169\text{mm}$

D.3.1.3. Culture Maraîchère de Saison Sèche. Les forages superficiels peuvent aussi être utilisés pour l'irrigation de légumes en saison sèche. On cultiverait ces légumes sur des terres près des forages qui ne suffisent pas aux besoins de la riziculture. Ce qu'il y a de plus important, c'est que la terre ne devra pas rester inondée pendant une longue période après la fin de l'hivernage. La culture maraîchère particulière dépendra de la capacité du marché à en absorber la production. L'agriculteur devra choisir les proportions de riz et de culture maraîchère, ainsi que les proportions de chaque culture maraîchère selon sa situation particulière.

Pour déterminer les coûts et les avantages économiques à un niveau factibilité pour la culture maraîchère de saison sèche, nous nous sommes servi des oignons comme culture maraî-

chère typique. Les oignons sont plantées en pépinières au cours de la dernière décade du mois d'octobre, et transplantés aux champs un mois plus tard. On applique l'irrigation finale à cette culture au cours de la dernière décade du mois de février et on récolte les oignons 20 jours plus tard. Ce calendrier de culture des oignons permet d'aiguiller le débit du forage vers la riziculture de saison sèche dès le 1er mars.

Une alternative qui peut s'avérer plus profitable qu'une triple récolte riz-légumes-riz est d'irriguer le riz d'hivernage et ensuite la culture maraîchère de saison sèche selon un calendrier tel qu'on tire le meilleur avantage possible des demandes du marché, et qu'on obtienne de meilleurs prix pour les récoltes. A l'heure actuelle, il y a surabondance de cultures maraîchères les quatre premiers mois de l'année, donc des prix bas. Vu le bon aménagement de l'écoulement rendu possible aux agriculteurs par l'irrigation à partir de forages superficiels, ceux-ci pourront choisir leurs cultures et leurs dates de semaille et de moisson de manière à satisfaire aux demandes du marché, et selon la disponibilité de leur main-d'oeuvre. Il n'y a pratiquement pas de restrictions quant aux dates de plantage et de moisson au cours de la saison sèche, de novembre à mai. Etant donné que la culture maraîchère n'occupe pas le même terrain que la riziculture d'hivernage, il sera possible, selon la disponibilité de la main-d'oeuvre, de cultiver des légumes tôt dans la saison, ou tard dans la saison, ou les deux.

D.3.2. Schéma d'un Système d'Irrigation et de Drainage

D.3.2.1. Superficie Irriguée. Nous avons sélectionné le débit de sécurité de chaque forage en nous basant sur nos explorations hydrogéologiques aux sites des forages superficiels. Nous avons fait un calcul des superficies irriguées pouvant être desservies au cours de la saison sèche et de l'hivernage pour chaque site, en utilisant les besoins en eau d'irrigation du riz et des oignons discutés dans la section précédente, ainsi que les volumes utilisables individuels. Nous avons admis un temps maximum de pompage, au cours des périodes d'utilisation maximum de l'eau, de 16 heures par jour sauf dans le cas de la riziculture d'hivernage. Pour celle-ci, nous avons admis la possibilité d'emmagasiner l'eau provisoirement dans quelques-unes des rizières au début de la saison pendant les périodes où il manque la main-d'oeuvre agricole nécessaire pour le corroyage de la terre. Ceci permettra une exploitation continue de la pompe, s'il le faut, et donc l'irrigation d'une superficie plus importante.

La durée globale de pompage pour l'ensemble des trois cultures est d'environ 2350 heures par an, ce qui permet de satisfaire aux besoins individuels d'irrigation (Tableau D-3) des superficies respectives (Tableau D-4). Les durées individuelles de pompage sont les suivantes: riz d'hivernage - 620 heures, riz de saison sèche - 540 heures, oignons - 1180 heures. La prise d'eau globale à partir d'un forage d'un débit de 10 mètres cubes par heure est de 23.500 mètres cubes, ce qui est inférieur au

volume utilisable annuel estimé de 25.000 mètres cubes par puits (Section 3.4.3.).

Tableau D-4

FORAGES SUPERFICIELS: DEBIT DE SECURITE
ET SUPERFICIES DESSERVIES

	<u>Diagon</u>	<u>Guidel</u>	<u>Pouboul</u>
Forages superficiels	10	8	6
Débit de sécurité, m ³ /h			
Riz d'hivernage			
Scénario normal, ha	4,8	3,8	2,9
Scénario de sécheresse, ha	3,9	3,1	2,3
Riz de saison sèche, ha	0,9	0,75	0,55
Oignons de saison sèche, ha	1,5	1,2	0,9
Total ^{1/}			
Scénario normal, ha	6,3	5,0	3,8
Scénario sécheresse	5,4	4,3	3,2

^{1/} Le riz de saison sèche et d'hivernage utilisent la même surface.

D.3.2.2. Réseau de Distribution. Les superficies devant être desservies par les forages de Guidel et de Diagon ont toutes deux une longueur d'environ 400 mètres et une largeur de 150 mètres. Le canal principal le long de la partie la plus élevée de la superficie irriguée, sera un canal en terre de 350 à 400 mètres de long, dont les dimensions sont données à la Figure D-2, muni d'ouvrages de prise d'eau en béton (Figure D-3) à des intervalles de 50 mètres. La superficie irrigable au site de

Pouboul est triangulaire et exigera un canal de 350 mètres de long de chaque côté de la vallée à cause d'un drain naturel et des régions plus élevées dans la vallée elle-même.

Les canaux principaux seront construits par les agriculteurs avec du sous-sol provenant des unités 301 ou 303^{1/} car les sols du site ne se compactent pas assez pour réduire l'infiltration de façon acceptable. Le tuyau en plastique enterré (63 millimètres de diamètre) présente une alternative attrayante au canal en terre parce qu'il donne lieu à une capacité améliorée de gestion de l'eau et exige moins d'entretien.

Les agriculteurs divertiront l'eau du canal principal qui s'écoulera d'une rizière à la rizière de niveau immédiatement inférieur. Les rizières auront été nivelées et munies d'un déversoir, comme nous en avons traité à la Section D.1.2.1.

En ce qui concerne les déversoirs, des parcelles irriguées, ils pourraient être constitués de deux parties. La partie inférieure aurait une hauteur de quatre centimètres afin de maintenir le niveau de la lame d'infiltration initiale et laisser l'eau excédentaire s'écouler vers la parcelle voisine. La partie supérieure aurait une hauteur de 6 centimètres afin de retenir les précipitations au niveau de 10 centimètres prescrit. Ces deux parties seraient amovibles. A chaque puits, on construirait

^{1/} Voir Annexe A pour la description des unités pédologiques et la carte de levé pédologique de l'Aire d'Etude.

un petit bassin de décantation muni d'un déversoir triangulaire en V et une échelle limnimétrique (Figure D-4)

D.3.3. Construction des Forages Superficiels

On peut utiliser à des fins d'irrigation des puits creusés à la main aussi bien que forages. A un emplacement donné, le type choisi dépendra des coûts, de la possibilité d'accès à un appareil de forage, et du rendement de la formation aquifère.

Des forages qui contiennent une chambre de pompage d'un diamètre d'au moins 15 centimètre et une crépine d'un diamètre de 10 centimètres peuvent fournir des débits nécessaires à l'irrigation, s'ils sont implantés de façon correcte dans un aquifère de bon rendement. Le schéma d'un forage typique est donné à la Figure D-5. On devra percer les forages à l'aide de la méthode par battage ou bien par une autre méthode qui n'utilise pas de fluide de forage pouvant occasionner l'obstruction partielle de la formation aquifère. La méthode par battage permettra une bonne identification des échantillons de sols, et par là un placement précis de la crépine. Les crépines devront avoir une rainure continue, qui fournit une ouverture maximum, telles que celles fabriquées par UOP - Johnson Division. Généralement, une rainure N° 30 (0,030 inch = 0,76 mm) sera utilisée. La difficulté de maintenir ouvert le forage tubulaire exige que la crépine se trouve au site en fin de forage. Afin de réduire les coûts, la crépine et le tubage peuvent être faits en PVC. La crépine et le tubage devront être implantés dans un trou dont

le diamètre soit au moins de 30 centimètres afin de pouvoir y installer une garniture de crépine adéquate.

Si l'on désire un puits creusé à la main, plusieurs options sont possibles. Bien que les puits traditionnels sans revêtement s'avèrent les moins coûteux, leur performance n'est pas satisfaisante dans les formations sableuses, à cause d'effondrements possibles. Cette situation est empirée par la fluctuation saisonnière de la nappe phréatique. Les puits à revêtement en béton offrent une solution coûteuse aux effondrements. Ils consistent en un puits de 1m,8 de diamètre et de 10 centimètres d'épaisseur de paroi. Lorsqu'on rencontre du sable, des buses de captage de 1m,4 (D.I) sont installés dans le tubage d'un plus grand diamètre. Les puits à revêtement en béton de plus grand diamètre ont le même débit que les forages pour peu qu'ils soient bien construits.

Il faut généralement pomper lors de l'excavation pour enlever l'eau. Des fentes seront laissées sur le côté pour que l'eau puisse entrer. Le schéma des puits typiques creusés à la main est donné à la Figure D-6.

Les puits creusés à la main ne doivent pas obligatoirement être revêtus de béton. On peut revêtir les puits de bois ou de briques en argile réfractaire, bien que la technologie de ce genre de construction ne soit pas matière courante au Sénégal.

D.3.4. Effets Potentiels sur l'Environnement

L'eau superficielle d'irrigation peut donner lieu aux conséquences écologiques suivantes:

- o La faune sauvage (et surtout les oiseaux et les mammi-
fères) jouit d'une plus grande disponibilité d'eau pour
boire et pour se baigner.
- o Certaines maladies humaines transmises par les animaux,
et notamment celles transmises par les moustiques (pa-
ludisme, filariase, dengue) et celle transmise par
l'escargot (schistosomiase) auront tendance à devenir
plus courantes au cours de la saison sèche, alors qu'à
l'heure actuelle elles sont en diminution.

D.3.5. Les Forages Superficiels de l'Aire d'Etudes

Le chiffre global de forages superficiels que l'on peut im-
planter dans l'Aire d'Etudes à des fins d'irrigation dépend des
ressources en eau, en terre, et des ressources humaines disponi-
bles ainsi que des conditions économiques existantes.

D.3.5.1. Ressources Humaines. On prévoit que les forages
superficiels: (1) permettront de semer une riziculture d'hiver-
nage tôt et de façon fiable, ce qui permettra une meilleure
utilisation de la main-d'oeuvre dans une région donnée; (2)-
assureront le mûrissement d'une riziculture de saison sèche;
(3) fourniront une quantité d'eau suffisante à la culture ma-
raîchère, et (4) augmenteront les rendements de toutes les cul-
tures, par comparaison avec les rendements dans des conditions
non irriguées. Vu ces bienfaits, nous prévoyons que les ressour-
ces humaines nécessaires seront disponibles à mesure que les
agriculteurs apprendront à gérer correctement l'eau supplémen-
taire fournie par les forages.

Une irrigation réussie de forages superficiels exigera l'intervention d'agents de vulgarisation dévoués du service agricole, adéquatement soutenus par l'administration et les finances. Il est essentiel aussi d'avoir à la disposition du projet des opérateurs fiables ainsi que des mécaniciens compétents pour faire le gros entretien des moteurs.

D.5.3.2. Ressources en Eau et en Terre. Les emplacements potentiels des forages superficiels à implanter sont montrés à la Figure B-15 (Annexe B) et traités à la Section 3.4.3. En comparant ces zones aux unités cartographiques des sols (Section 2.4. et Figures A-1 à A-3), il est possible de déterminer les emplacements favorables, du point de vue des ressources en terre et en eau, au développement de projets de forages superficiels. Des reconnaissances approfondies permettront d'identifier les sites spécifiques. En général, les sols des unités cartographiques 107, 108, 111, et 115 conviennent à l'irrigation des rizières. Ces unités pédologiques se trouvent dans la classification des terres $\frac{S3}{S3} \left(\frac{S3}{N} \right)$. La sélection finale de zones spécifiques de riziculture dépendra des sols dont le taux d'infiltration en profondeur soit acceptable après corroyage (environ 5 millimètres par jour ou moins) et un sol organique en surface suffisamment profond pour que le nivellement exigé puisse se faire sans exposer les couches sous-jacentes du sol qui sont inaptés à la culture.

D'après les ressources en terre et en eau disponibles, on estime pouvoir installer environ 50 forages superficiels dans l'Aire d'Etude à des fins d'irrigation sous le scénario de sécheresse, et, sous le scénario normal, environ 90. On tint compte des considérations suivantes pour arriver à ces conclusions:

- o Les emplacements à potentiel allant de bon à moyen pour y construire des forages superficiels
- o Les emplacements des unités cartographiques 107, 108, 111 et 115 reliées à ces emplacements potentiels (Figures A-1, A-2, A-3).
- o Les critères d'espacement des forages de 1000 mètres pour le scénario de sécheresse et de 500 mètres pour le scénario normal (Section 3.4.3.).
- o L'élimination d'un aménagement de forage le long de la Casamance en raison de l'intrusion probable de l'eau salée.
- o La superficie irriguée par forage est d'environ 5 hectares (Tableau D-4).

D.3.5.3. Répercussions des Forages Superficiels. Le rendement estimé étant de 4200 kilogrammes par hectare pour le riz irrigué (Section D.3.6.2.) le nombre de récoltes de riz par an étant de deux (Tableau D-3), et la consommation de riz étant de 110 kilogrammes par personne par an (Section 4), l'aire irriguée à partir d'un forage superficiel d'un débit de 8 mètres cubes par heure (Tableau D-1) devra produire une quantité de riz suffisante aux besoins de consommation d'environ 150 personnes, sous le scé-

nario de sécheresse, et d'environ 175 personnes sous le scénario normal. Ainsi donc, pour le scénario de sécheresse, les 50 forages estimés peuvent fournir du riz à environ 7500 personnes, soit 25 pour cent de la population de l'Aire d'Etudes; les 90 forages du scénario normal peuvent fournir du riz à 15.750 personnes, soit environ la moitié de la population.

Les moyennes étant de 10 personnes par famille et de 8 familles par forage, la superficie globale en riz nécessaire à satisfaire à leurs besoins de consommation serait de 2 hectares sur une aire globale en riz de 3,87 et de 4,55 hectares sous les scénarios de sécheresse et normal, respectivement. Le potentiel de surplus commercialisable par forage, c'est-à-dire la quantité qui reste après leur propre consommation, serait de 7,9 tonnes sous le scénario de sécheresse, soit de 395 tonnes à raison de 50 forages. Sous le scénario normal le surplus commercialisable par forage serait de 10,7; et global, de 963 tonnes par an. La Casamance dans l'ensemble importe 30.000 tonnes annuellement. Il semble donc que le surplus devrait s'écouler sans aucune difficulté. Pour les autres aspects de la commercialisation associée aux forages superficiels, voir la Section D.3.6.5.

D.3.5.4. Conditions Economiques. Afin que l'irrigation de forages superficiels réussisse, il faut qu'il y ait les conditions économiques suivantes:

- o Un crédit adéquat à des taux raisonnables permettant l'investissement de capitaux et des apports annuels.
- o Le matériel nécessaire disponible à des prix raisonnables au moment où il faut.
- o Des marchés à des prix convenables.

D.3.6. Analyse Economique

L'analyse économique étudie les profits économiques d'un projet de forage superficiel, dans le cas du riz de saison humide et de culture maraîchère et/ou de riz de saison sèche. Nous avons étudié les trois forages d'essai superficiels de Diagon, de Guidel et de Pouboul, qui ont chacun un débit de sécurité différent. Les résultats de l'analyse sont présentés en tant que taux de rentabilité interne (TRI) pour chacun des schémas de culture identifiés.

D.3.6.1. Coûts des Projets. Le Tableau D-5 présente les coûts estimés de la construction, de l'exploitation, de l'entretien, et du remplacement des forages superficiels et des réseaux d'irrigation. Le coût du forage est le coût actuel des trois forages d'exploration superficiels au cours de la saison sèche de 1982. Les coûts des pompes et des moteurs sont les prix actuels qui nous ont été cités pour l'unité de 4 CV de Dakar, y compris la livraison. Les travaux de génie civil sont basés sur les prix actuels des entreprises de la région, et sur une estimation récente pour des canaux d'irrigation superficielle faite par les ingénieurs de la SOMIVAC.

Tableau D-5

COUTS ECONOMIQUES DE PROJETS DE FORAGE SUPERFICIEL

Article	Vie (ans)	Diagnon (10 m ³ /h)		Guidel (8 m ³ /h)		Pouboul (6m ³ /h)	
		Coût Et. 1/ (1000 CFA)	Coût An. (CFA)	Coût Et. 1/ (1000 CFA)	Coût An. (CFA)	Coût Et. 1/ (1000 CFA)	Coût An. (CFA)
Forage	25	1 790	17 900	1 790	17 900	1 490	14 900
Pompe	7	156	6 300	156	6 300	156	6 300
Moteur	7	228	11 400	228	17 700	228	17 700
Abri	25	80	800	80	800	80	800
Déversoir de Mesure, Bassin	25	28	300	28	300	28	300
Canal	10	254	10 200	292	11 700	511	20 400
Nivellement de Terrain <u>2</u> /	-	455	-	360	-	275	-
Coût du Carburant			216 200		216 200		216 200
TOTAL		2 991	263 100	2 934	264 600	2768	270 300
Variante Tuyau <u>3</u> /	25	240		274		480	

1/ Impôts et taxes non compris. Pour l'analyse économique, le coût d'établissement du forage, de la pompe et du moteur sont majorés pour refléter le prix comptable des coûts des devises estimés à 1,1 fois le taux officiel de 350 CFA le dollar U.S. Le coût de change du forage est de 35 pour cent et, pour la pompe et le moteur, de 100 pour cent des coûts globaux. Les coûts financiers sont obtenus en ajoutant 25 pour cent aux coûts de change originaux pour les impôts et taxes.

2/ A raison de 75 000 CFA par hectare.

3/ Remplace déversoir, bassin et canal.

La durée de vie estimée et les coûts annuels de réparation présentés au Tableau D-5 ont été pris à un manuel d'entretien (Annexe E) préparé pour le Plan Directeur de la Basse Casamance par un Consultant E & E en octobre 1982, et ont été cités par un représentant de ventes de pompes et moteurs. Les coûts d'exploitation et d'entretien durant chaque saison d'irrigation maraîchère couvrent l'entretien journalier et le salaire de l'agent, mais ils ne couvrent pas les frais de carburant.

Les coûts annuels de carburant diesel sont présentés séparément au Tableau D-5. Ils nous ont été fournis par l'économiste de BIRD et cités pour le Sénégal^{1/}. La dérivation du coût du carburant adapté à l'Aire d'Etude se trouve au Tableau D-6. Dans l'analyse économique, le coût du diesel est estimé à 184 CFA le litre, et pour l'analyse financière, à 262 CFA le litre.

D.3.6.2. Budgets des Cultures. Afin d'estimer les bénéfices nets découlant du réseau d'irrigation de forage superficiel, on compare la condition "sans le projet" à la condition "avec le projet". La condition sans le projet est représentée par le budget des cultures réservé au riz des vallées semé directement, budget qui se trouve au Tableau D-7. La condition avec le projet incorpore les améliorations résultant de l'aide du service de vulgarisation, et de l'utilisation de fertilisant, de pesticides et de graines supérieures. Le rendement projeté sous le scénario normal est de 3.000 kilogrammes par hectare, soit un

^{1/} BIRD, Washington, D.C. Avril 1983.

Tableau D-6

COUT DU DIESEL
(U.S. \$/Tonne)

Raffinerie	\$ 362
Distribution	85
Impôt	<u>188</u>
TOTAL	\$ 635 ^{1/}

Frappé d'impôt à Dakar:	350 CFA/\$	222 000 CFA
Net d'impôt à Dakar:	350 CFA/\$	156 500 CFA

Majoration de 10 pour cent pour refléter l'ajustement de 10 pour cent du prix comptable du change et les coûts additionnels de distribution à l'Aire d'Etude

Frappé d'impôt, la tonne	244 200 CFA
Net d'impôt, la tonne	172 150
Frappé d'impôt, le litre ^{2/}	218
Net d'impôt, le litre	153

Projection des Prix à Long Terme

IBRD 1990 = 1,20 x (Prix 1983)^{3/}

Frappé d'impôt, le litre	262 CFA
Net d'impôt, le litre	184 CFA

^{1/} Source Mr. Redfern Economiste du Sénégal IBRD, Washington D.C., avril 1983.

^{2/} 1124 litres par tonne métrique.

^{3/} Perspectives des prix des principales matières premières, juillet 1982, révisé en décembre 1982 (IBRD).

Tableau D-7

BUDGET DES CULTURES DE L'ETUDE N° I-6

RIZ - PHREATIQUE- SEMIS DIRECT, VALLEE,
RECOLTE MANUELLE A LA FAUCILLE ET BATTEUSE A PEDALE

Article	Quantité		Valeurs - CFA/ha			
	ETUDE		SECHERESSE		NORMALE	
	Sécher.!	Norm.!	Ferme !	Econ. !	Ferme !	Econ. !
Rendement (kg/ha)	2 000	3 000!				
Recette Totale			120 000!	174 000!	180 000!	261 000
<u>Main-d'Oeuvre:</u>						
*Préparation de la terre	120	120!				
*Semis Repiq.	2	2!				
*Engrais	3	3!				
*Lutte contre ravageurs et mauvaises herbes	80	80!				
*Moisson	20	30!				
*Battage	7	10!				
*Irrigation						
*Divers	9	10!				
TOTAL MAIN-D'OEUVRE	241	255!		90 100!		95 400
<u>Autres Facteurs de Production</u>						
*Graines (kg/ha)	90	90!	6 700!	9 700!	6 700!	9 700
*Engrais (kg/ha)	250	250!	12 500!	35 300!	12 500!	35 300
*Pesticide (kg/ha)	10	10!	10 000!	10 000!	10 000!	10 000
*Petits Outils (CFA)			700!	700!	700!	700
*Capital E&E						
*Location Batteuse			8 000!	8 000!	12 000!	12 000
*Sacs			4 000!	4 000!	6 000!	6 000
*Vulgarisation				5 000!		5 000
TOTAL DES COUTS						
*Avec Main-d'Oeuvre			41 900!	72 700!	47 900!	78 700
*Sans Main-d'Oeuvre				162 800!		174 100
Recettes Nettes/Homme-jours!			324!	420!	518!	715
Recettes Nettes/Hectare			78 100!	11 200!	132 100!	186 900

profit économique de 86.900 CFA par hectare. Sous le scénario de sécheresse, le rendement projeté est de 2.000 kilogrammes par hectare et le profit économique net de 11.200 CFA par hectare.

La condition "avec le projet" est représentée par le budget des cultures réservé au riz irrigué semé directement, présenté au Tableau D-8. Le rendement projeté de 4 200 kilogrammes par hectare est dû à l'apport d'eau à la culture au moment adéquat, et à l'utilisation un peu plus élevée de fertilisant (250 à 300 kilogramme par hectare). Le profit économique net par hectare est estimé à 190 300 CFA. Ceci s'applique aux récoltes de riz de saison humide aussi bien que de saison sèche, c'est un budget amélioré "avec projet". Un résumé des budgets utilisés dans l'analyse se trouve au Tableau D-9.

Lors de l'évaluation de factibilité du projet de forage superficiel, on a supposé une préparation manuelle de la terre, et une récolte à la faucille et avec des batteuses à pédale. Dans la condition "sans le projet", on prévoit que cela prendra neuf ans aux agriculteurs pour avoir recours aux services de vulgarisation, aux engrais, pesticides, et graines de meilleure qualité. Grâce au projet, toutes les craintes d'un apport d'eau insuffisant seront dissipées, les améliorations se feront plus rapidement, disons sur une période de 5 ans. L'accroissement des profits économiques nets sous les deux conditions se fera vraisemblablement selon le calendrier prévu.

Tableau D-8

BUDGET DES CULTURES DE L'ETUDE N° I-16

RIZ - PHREATIQUE ET AQUATIQUE, IRRIGUE, SEMIS DIRECT,
RECOLTE MANUELLE A LA FAUCILLE ET BATTEUSE A PEDALE

Article	Quantité		VALEURS - CFA/ha	
	ETUDE		SECHERESSE ET NORMALE	
	Sécheresse et	Normal	Ferme	Econ.
Rendement (kg/ha)	!	4 200 !	!	!
Recette Totale	!	!	252 000 !	365 400 !
<u>Main-d'Oeuvre:</u>	!	!	!	!
*Préparation de la terre	!	120 !	!	!
*Semis Repiq.	!	2 !	!	!
*Engrais	!	3 !	!	!
*Lutte contre ravageurs et mauvaises herbes	!	3 !	!	!
*Moisson	!	40 !	!	!
*Battage	!	14 !	!	!
*Irrigation	!	14 !	!	!
*Divers	!	12 !	!	!
TOTAL MAIN-D'OEUVRE	!	208 !	!	82 200 !
<u>Autres Facteurs de Production</u>	!	!	!	!
*Graines (kg/ha)	!	90 !	6 700 !	9 700 !
*Engrais (kg/ha)	!	300 !	15 000 !	42 300 !
*Pesticide (kg/ha)	!	10 !	10 000 !	10 000 !
*Petits Outils (CFA)	!	!	700 !	700 !
*Capital E&E	!	!	!	!
*Location Batteuse	!	!	16 800 !	16 800 !
*Sacs	!	!	8 400 !	8 400 !
*Vulgarisation	!	!	!	5 000 !
TOTAL DES COUTS	!	!	!	!
*Avec Main-d'Oeuvre	!	!	57 600 !	92 900 !
*Sans Main-d'Oeuvre	!	!	!	175 100 !
Recettes Nettes/Homme-jour	!	!	935 !	1 310 !
Recettes Nettes/Hectare	!	!	194 400 !	190 300 !

Tableau D-9
RESUME DES BUDGETS DES CULTURES

Article	Amélioration sans Irrigation		Amélioration avec Irrigation
	Sécheresse	Normal	
Rendement (kg/ha)	2 000	3 000	4 200
Main d'Oeuvre Requise (Homme jours/ha)	241	255	208
Valeur Economique des Re- venus Bruts (CFA/ha)	174 000	261 000	365 400
Valeur Economique des Coûts de Production d'une Ferme (CFA/ha)	162 800	174 100	175 100
Valeur Economique du Re- venu Net d'une Ferme (CFA/ha)	11 200	86 900	190 300
Période de Consolidation des Profits (ans)	9	9	5

La culture maraîchère irriguée de saison sèche est représentée par le budget pour la culture d'oignons du Tableau D-10. Ce budget repose sur une étude faite en 1978 par le Centre pour le Développement de l'Horticulture sous l'égide de la FAO, et qui avait couvert 5 champs d'essais sur la culture d'oignons. Comme la culture maraîchère irriguée exige l'adoption de toutes nouvelles techniques, on prévoit une période de développement de 5 ans avant d'en récolter les profits.

Tableau D-10

BUDGET DES CULTURES DE L'ETUDE N° 0-1
OIGNONS

Situation	Quantité		VALEURS - F.CFA/ha	
	ETUDE		NORMALE	
	Sécher.	Norm.	Ferme	Econ.
Rendement (kg/ha)	30 000	1	500 000	1 500 000
Recette Totale				
<u>Main-d'Oeuvre:</u>				
*Préparation de la terre				
*Semis/transplant.				
*Engrais				
*Lutte contre ravageurs et mauvaises herbes				
*Moisson				
*Battage				
*Irrigation				
*Divers				
TOTAL MAIN-D'OEUVRE	404			202 000
<u>Autres Facteurs de Production:</u>				
*Graines (kg/ha)				
*Engrais (kg/ha)				
*Pesticide (kg/ha)				
*Petits Outils (CFA)				
*Capital O&M				
*Location Batteuse				
*Sacs				
*Vulgarisation				
TOTAL DES COUTS				
*Avec Main-d'Oeuvre			280 700	356 400
*Sans Main-d'Oeuvre				558 400
Recettes Nettes/Homme-jour			3 018	2 831
Recettes Nettes/Hectare		1	219 300	941 600

1/ Prix agricole = 50 CFA/kg.

Les budgets de ces tableaux pour la culture du riz englobent les conclusions des reconnaissances d'échantillonnage exécutées au cours de la Phase II. Les budgets sont ceux du Rapport du Plan Directeur de la Phase I qui ont été remaniés en ce qui concerne le temps de la main-d'oeuvre, les quantités des facteurs de production, les prix et coûts. La section qui suit traite de rendements de récoltes, prix et coûts révisés.

D.3.6.3. Prix et Coûts Economiques. L'analyse économique du projet de puits superficiel se base sur les coûts des facteurs de production, les prix des produits, et les tarifs de la main-d'oeuvre évalués en tant que prix économiques ou "prix comptables". Les prix économiques visent à refléter la vraie valeur à la société des biens et services, là où les prix actuels du marché sont anormaux. Les prix du marché peuvent être rendus anormaux par les contrôles gouvernementaux, tarifs, subsides, chômage ou sous-emploi, ou interventions de l'échange. Lorsque les anomalies du marché sont inexistantes, le prix de marché du produit de base est utilisé puisqu'il représente sa vraie valeur.

Les prix économiques du riz, des engrais, et du carburant sont les prix du marché international projetés des produits de base, publiés par la World Bank, qui ont été ajustés au point de consommation en y intégrant les frais de transport, emmagasinage, minoterie, et manutention. On a adopté l'année dernière le taux d'échange de 350 CFA/\$U.S., qui a été majoré à 385 CFA/\$U.S. pour refléter un prix comptable de 10 pour cent. Les Tableaux D-11, D-12 et D-13 montrent les calculs des prix économiques du riz et

des engrais. Les prix économiques du riz sont calculés pour la consommation en Casamance et à Dakar. Ces prix sont de 112 CFA/kg pour le riz consommé en Casamance, et de 87 CFA/kg pour le riz consommé à Dakar ou prêt à être exporté. Ils reflètent aussi les différences de qualité dont nous discuterons dans le paragraphe qui suit^{1/}. Le cas de base de l'étude économique utilisa le prix de Dakar de 87 CFA/kg. Toutefois, la majorité de la production accrue de riz - sinon toute la production - des projets de la Basse Casamance, pourrait être consommée localement, car la région de la Casamance importe à l'heure actuelle 300.000 tonnes de riz par an.

Le choix du prix économique du riz qui convienne le mieux à l'évaluation de la production rizicole au Sénégal a fait l'objet d'une discussion prolongée. Le Sénégal importe, à l'heure actuelle, 300.000 tonnes de riz de la Thaïlande. C'est du riz concassé à 100 pour cent, et cette qualité est considérablement moins chère sur le marché international. L'argument est avancé que le Sénégal continuera d'importer du riz de cette qualité inférieure, donc que la valeur économique de la production domestique devrait être établie par comparaison avec le prix actuel du riz importé. Le prix actuel du riz concassé à 100 pour cent est de 180 à 190 dollars U.S. par tonne fob Bangkok. Ceci re-

^{1/} Le prix du riz de Casamance suppose une importation de riz concassé à 100 pour cent transporté et consommé en Casamance. Le prix de Dakar suppose que le riz de meilleure qualité est utilisé à Dakar ou exporté de là.

flète une réduction de 35 à 40 pour cent sur le prix du riz concassé à 5 pour cent publié par l'USDA (Département de l'Agriculture U.S.).

Tableau D-11

CALCUL DU PRIX ECONOMIQUE DU RIZ CONSOMME A DAKAR

	<u>\$/Tonne</u>	<u>CFA/Tonne</u> ^{1/}
1. Riz fob Thaïlande concassé à 5%	455 ^{2/}	
2. Réduction pour Qualité Inférieure (20%)	364	140 100
3. Plus Transport Bangkok-Dakar	60 ^{3/}	23 100
4. Plus Manutention - Port		5 000
5. Prix à Quai - Dakar		168 200
6. Moins Transport Intérieur et Manutention		19 000
7. Prix à la Production - Riz Moulu		149 200
8. Valeur avant le Moulage (0,65)		97 000
9. Moins Coût Moulage par Tonne de Paddy		<u>10 000</u>
10. Equivalent de Riz Importé au Paddy à la Production		87 000
		soit 87 CFA/kg

1/ Taux officiel du change: 350 CFA par dollar U.S. Prix comptabilisé à 1,1 fois le taux officiel.

2/ Source: Projection des prix de matières premières BIRD pour 1983, prix constants à supposer les conditions offre-demande de 1990, BIRD, Déc. 1982.

3/ Source: U.S Department of Agriculture, Ocean Freight Division, 1983

Tableau D-12

CALCUL DU PRIX ECONOMIQUE DU RIZ CONSOMME EN CASAMANCE

Les hypothèses suivantes ont été faites à propos du riz consommé en Casamance:

1. Concassé à 100 pour cent importé et consommé en Casamance;
2. Réduction de prix du riz concassé à 5 pour cent = 20 pour cent;
3. Le prix du concassé à 100 pour cent basé sur les projections de prix à long terme BIRD (1990) (prix constants 1983) est $\$455 \times 0,80 = \$364/\text{Tonne}$;
4. Transport et Assurance Bangkok-DAKAR: $\$60/\text{Tonne}$;
5. Au coût à quai à Dakar, on ajoute les coûts de Transport intérieur et de manutention pour obtenir le prix à la production du riz moulu dans l'aire du projet.

	<u>CFA Par Tonne Métrique</u>	
	<u>IBRD, Prix</u>	<u>Actual</u>
	<u>Long Terme</u>	<u>1983</u>
- C.I.F. DAKAR (en CFA à 385 par \$)	= 163 200	96 250 ^{1/}
- Port et Transport Intérieur	= 24 000	24 000
- Prix A la Production: Riz Moulu	= 187 200	120 250
Valeur avant Moulage (0,65)	= 121 700	78 200
Moins Coût du Moulage	<u>10 000</u>	<u>10 000</u>
A la Production Equivalent Paddy	111 700	68 200
	soit 112 CFA/kg	68 CFA/kg

^{1/} Concassé à 100 pour cent fob Bangkok \$190 par tonne métrique plus \$60 transport et assurance à Dakar.

Tableau D-13

CALCUL DU PRIX ECONOMIQUE DE L'ENGRAIS

		<u>\$/Tonne</u>	<u>CFA/Tonne</u>
I.	1. Phosphate Diammonique, fob US Gulf	320	123 200
	2. Plus Transport	55	21 200
	3. Plus Manutention - Dakar		5 000
	4. Plus Transport Intérieur, Manutention		20 000
	5. Prix à la Ferme		169 400
II.	1. Urée, fob, Rotterdam	265	102 000
	2. Plus Transport	33	12 700
	3. Plus Manutention - Dakar		5 000
	4. Plus Transport Intérieur, Manutention		20 000
	5. Prix à la Ferme		139 700
III.	1. Chlorure de Potassium, fob, Vancouver	110	42 400
	2. Plus Transport	105	40 400
	3. Plus Manutention - Dakar		5 000
	4. Plus Transport Intérieur, Manutention		20 000
	5. Prix à la Ferme		107 800
IV.	Moyenne Pondérée de I-III		
	Proportions $\frac{5}{15}$ Phos D., $\frac{6}{15}$ Urée, $\frac{4}{15}$ KCl		140 900
			soit 141 CFA/kg

1/ Taux officiel du change: 350 CFA par dollar U.S. Prix comptabilisé à 1,1 fois le taux officiel.

Tableau D-14

RESUME DES PRIX UTILISES
DANS L'EVALUATION DES BUDGETS DES RECOLTES
(F 1983 CFA/kg sauf indiqué)

1. <u>Produits</u>	<u>Prix Fermier</u>	<u>Prix Economique</u>	
		<u>Dakar</u>	<u>Casamance</u>
Arachide	60 ^{3/}	107	-
Riz	60	87	112
Millet/Sorgho	55	51	83
Maïs	50	54	90
2. <u>Graine^{1/}</u>			
Arachide	74	133	-
Riz	74	108	-
Millet/Sorgho	68	-	103
Maïs	62	-	112
3. <u>Produits Chimiques</u>			
Fertilisant	50 ^{4/}	141	
Pesticides/Herbicides	1000	1000	
4. <u>Main-d'Oeuvre^{2/}</u>	-	500 CFA/homme-jour	
		350 CFA/femme-jour	
5. <u>Diesel</u>	262		184

1/ Prix des graines à 24 pour cent au-dessus du prix du produit comprenant un taux annuel d'intérêt de 12 pour cent. La graine de millet et de maïs d'après le prix du produit de Casamance.

2/ Taux de la main-d'oeuvre - hommes estimé à 500 CFA/jour
Taux de la main-d'oeuvre - femmes estimé à 70 pour cent de ce dernier.

3/ A la fin de 1983, le prix de l'arachide au producteur est descendu à 50 CFA/kg, ce qui était une baisse temporaire

4/ En 1984, il fut annoncé que le prix de l'engrais augmenterait jusqu'à 120 CFA/kg.

L'utilisation du prix de riz concassé à 100 pour cent en tant que donnée de base permettant d'évaluer la production domestique de riz implique que la production de riz de meilleure qualité n'a aucune valeur économique à long terme. Etant donné le fait qu'une quantité appréciable de riz d'importation est utilisée, et continuera à être utilisée, pour alimenter les marchés urbains, il est logique de conclure que certains secteurs d'achat seraient tout disposés à acheter du riz de meilleure qualité s'il était mis en vente. Toutefois, la force de ce secteur d'achat n'est pas définie. Sur les vingt cinq ans de vie économique du projet, il est probable que les préférences et l'empressement des citadins cossus à acheter du riz de meilleure qualité ne feront qu'augmenter. La production domestique de riz de qualité supérieure pourrait de même être exportée à des prix mondiaux adaptés à la haute qualité. C'est pourquoi utiliser le prix du riz concassé à 100 pour cent comme base d'évaluation du mérite économique de la production domestique peut imposer une restriction rigoureuse aux projets domestiques sans raison valable. Ainsi, une réduction de prix de 20% (comparée au prix projeté du riz concassé à 5 pour cent) fut jugée appropriée dans l'évaluation du projet.

Afin de démontrer la répercussion d'un changement de prix du riz sur le mérite économique du projet, une étude de sensibilité fut faite en utilisant une série de prix. La répercussion du changement de prix du riz sur le taux de rentabilité interne du

projet de forage de Guidel est présenté à la Figure D-21 sous forme graphique.

Le taux de la main-d'oeuvre agricole en Basse Casamance varie entre 500 et 700 CFA/jour. Pour les besoins de cette étude, un coût d'option de 500 CFA/jour pour hommes et de 350 CFA/jour pour femmes (70 pour cent du premier) fut utilisé.

Le taux réduit des femmes reflète le coût d'option plus bas de la main-d'oeuvre féminine. Dans chaque budget de cultures, un taux de salaire moyen pondéré est utilisé pour refléter les quantités estimées de main-d'oeuvre fournies par hommes et femmes pour une récolte particulière. Le résumé des prix utilisés dans les budgets des cultures se trouve au Tableau D-14.

La BIRD indique qu'un seul agent de vulgarisation pourrait s'occuper de 500 à 800 familles d'agriculteurs, selon le genre de cultures, leur intensité, l'importance de la ferme, etc. Dans le cas d'une ferme de taille moyenne de deux hectares par famille de l'Aire d'Etude, un agent de vulgarisation s'occupant de 500 familles rayonnerait sur 1000 hectares. Le coût estimé du service de vulgarisation par hectare est de 5000 CFA, c'est-à-dire qu'il représente un pourcentage relative bas, à savoir 3 pour cent, des coûts globaux dans les exploitations agricoles.

D.3.6.4. Analyse Economique. Les sections précédentes ont décrit la construction et les coûts d'exploitation du projet, les schémas de cultures, les aires de culture, les budgets et prix économiques permettant de déterminer la factibilité économique du projet d'irrigation de puits superficiel. Le Tableau D-15

présente le résumé des analyses économiques des schémas riz-riz, riz-oignons, et riz-oignons-riz sous les scénarios normal et de sécheresse pour les trois projets de puits. Pour le Projet de Guidel, le tableau montre également les résultats de l'étude de sensibilité et une analyse financière sous le scénario de précipitation de sécheresse. La chaîne des coûts et profits annuels sur une période d'analyse de 25 ans pour les différentes combinaisons de cultures est présentée en exemple à la Figure D-22. Cette chaîne de profits nets permet de calculer les diverses mesures du flux de liquidité escompté. Ces mesures, sont le taux de rentabilité interne (TRI), la valeur actuelle nette (VAN) et les rapports bénéfice-coût (B/C).

Dans le cas du site de Guidel, sous le scénario de sécheresse, si l'on utilise comme base^{1/} un prix de 87 CFA par kilogramme, ou valeur du riz consommé à ou exporté de Dakar, les résultats montrent un taux de rentabilité très élevé (au-delà de 37 pour cent) pour les combinaisons riz-oignons, et riz-oignons-riz. Le taux de rentabilité économique interne de la combinaison riz-riz est de 14,2 pour cent. Pour les sites de Diagon et de Pouboul, les TRI sont de 19,2 pour cent et 8,2 pour cent. Le forage de Pouboul irrigue 3,8 hectares en tout, Guidel 5,0 hectares, et Diagon 6,3 hectares.

^{1/} cf notes 1,2,3 en bas de page du Tableau D-11.

Tableau D-15

RESUME DE L'ANALYSE ECONOMIQUE DU PROJET DE FORAGE SUPERFICIEL

	<u>Diagon</u>	<u>Guidel</u>	<u>Pouboul</u>
Economique - Sécheresse ^{1/}			
Riz-Riz			
Riz-Légumes	19,2	14,2	8,2
Riz-Légumes-Riz	46,7	37,6	28,4
	48,7	39,1	29,2
Economique - Normal ^{1/}			
Riz-Riz			
Riz-Légumes	13,3	9,1	3,0
Riz-Légumes-Riz	42,2	33,9	25,3
	44,2	35,4	26,1
Financier - Sécheresse ^{2/}			
Riz-Riz			
Riz-Légumes		5,3	
Riz-Légumes-Riz		37,1	
		38,0	
Financier - Normal ^{2/}			
Riz-Riz			
Riz-Légumes		0,0	
Riz-Légumes-Riz		34,5	
		35,4	
Economique - Sécherese ^{3/}			
Riz-Riz			
		7,7	
Economique - Sécherese ^{4/}			
Riz-Riz			
		19,1	
Economique - Sécherese ^{5/}			
Riz-Riz			
		15,1	
Economique - Sécherese ^{3/}			
Riz-Riz			
		12,5	

-
- ^{1/} Prix économique paddy de 87 CFA/kg. cf Tableau D-11.
^{2/} Prix fermier paddy de 60 CFA/kg. (Prix Officiel).
^{3/} Prix économique paddy de 60 CFA/kg. cf. Tableau D-12.
^{4/} Prix économique paddy de 68 CFA/kg. cf. Tableau D-12.
^{5/} Prix économique paddy de 112 CFA/kg. Variante tuyau.
^{6/} Prix économique paddy de 87 CFA/kg. Pompe et moteur rempla-
cés tous les 4 ans.

On a exécuté des études de sensibilité pour déterminer l'influence des changements de la variable vitale, à savoir le prix du riz sur le mérite économique du projet de forage superficiel de Guidel. Sous le scénario de sécheresse, avec le prix du riz réduit à 68 CFA/kg, le TRI de la combinaison riz-riz à Guidel est de 7,7 pour cent comparée au TRI du cas de base de 14,2 pour cent. Si on augmente le prix du riz à 112 CFA/kg, le TRI de la combinaison riz-riz à Guidel est de 19,1 pour cent.

Pour le forage de Guidel, sous le scénario normal, les TRI économiques des combinaisons riz-riz, riz-légumes, et riz-légumes riz sont respectivement 9,1 33,9 et 35,4. Le TRI de la combinaison riz-riz plus bas sous le scénario normal que sous le scénario de sécheresse (9,1 pour cent contre 14,2 pour cent) reflète le revenu agricole net plus élevé que l'on prévoit sans le projet sous le scénario normal. On obtint des résultats similaires pour d'autres forages.

Une analyse financière fut faite à propos du projet de Guidel. Dans le cas de la combinaison riz-riz sous les scénarios sécheresse et normal, le TRI financier était de 5,3 et de 0,0 pour cent contre un taux de revenu économique de 14,2 et de 9,1 pour cent sous les scénarios de sécheresse et normal, respectivement. La forte baisse dans les taux de revenus financiers reflète l'effet combiné d'un prix de riz réduit (60 CFA le kilogramme au lieu de 87 CFA, c.a.d. une réduction de 31 pour cent) et de coûts de projets plus élevés. Les éléments de coût du

change du forage , de la pompe, et du moteur étaient prévus augmenter d'environ 25 pour cent sur les coûts économiques non-comptabilisés après l'addition des impôts et taxes. Les coûts de gaz oil augmentèrent de 42 pour cent sur les valeurs de l'analyse économique. Ces deux effets annullent les coûts financiers amoindris de main-d'oeuvre, engrais, et graines. Afin d'encourager la production du riz, le gouvernement devra peut-être modifier sa politique des prix et établir un prix de production qui soit plus en conformité avec la valeur économique à long terme du riz pour l'ensemble du pays^{1/}.

L'analyse des projets de forages superficiels montre que ces derniers sont intéressants du point de vue économique et qu'ils auront pour effet d'améliorer le bien-être économique et social sur le plan régional et national. Si l'on prend comme point de base le prix actuel relativement bas du riz (68 CFA/kg), un forage superficiel moyen, tel que celui de Guidel, engendre un taux de rentabilité interne économique de 7,7 pour cent. Avec le prix du riz plus élevé projeté (87 CFA/kg), le taux de revenu économi-

^{1/} Les prix mondiaux du riz sont prévus augmenter d'environ 39 pour cent entre 1983 et 1990 étant donné un dollar constant. Voir Tableau D-46 à la fin de l' Annexe.

que avec la combinaison riz-riz double à 14,2 pour cent. Dans le cas de forage irriguant les cultures maraîchères de saison sèche, en plus des deux récoltes de riz, le taux de revenu peut atteindre entre 39 pour cent.

L'analyse financière montre un déclin considérable des taux de revenus dû à la baisse de prix financier du riz et à l'élévation des coûts des projets en résultat de l'addition des impôts et taxes. Des coûts plus bas de facteurs de production n'ont pu contrecarrer ces deux facteurs. Les taux de revenus financiers présumant que tous les coûts de projet sont récupérés à partir des revenus agricoles. Cela ne fait donc pas état de l'obligation à rembourser et de la récompense financière des fermiers participant au projet. Les obligations de remboursement imposées aux agriculteurs sont supposées couvrir les frais de carburant et d'exploitation, selon les règlements de remboursement fixés par le gouvernement pour les projets de ce genre.

D.3.6.5. Commercialisation. Une étude de commercialisation fut faite dans le but d'estimer la demande potentielle de la Basse Casamance concernant les produits maraîchers.

On projetera les chiffres de population urbaine et rurale pour cette région jusqu'en l'an 2000, ainsi que le montre le Tableau D-16. En se basant sur des études faites par le Ministère du Développement Rural, on établit la demande de certains légumes par habitant. C'est ce qu'indique le Tableau D-17. On en déduit la demande locale et régionale (Tableau D-18).

Les demandes d'autres zones urbaines du Sénégal pour le maraîchage furent étudiées et on en déduisit le potentiel de la région à satisfaire ces demandes, du moins en partie. Il s'agissait des autres zones urbaines de Dakar, Saint-Louis, Kaolack, Thies, Louga et Diourbel Chef Lieu. Plusieurs de ces zones - Dakar (Cap-Vert), et Thiès - cultivent des légumes à grande échelle pour la consommation sénégalaise et pour l'exportation. Dans d'autres zones, à mesure que les projets locaux sont implantés, la production légumière pourra s'intensifier. Après discussions avec des experts gouvernementaux de commercialisation, il fut conclu qu'étant donné ces facteurs, et étant donné la position géographique de la région de la Casamance, le potentiel d'approvisionnement d'autres zones urbaines est très limité. Dans le cadre de cette étude, nous n'avons pas envisagé le potentiel d'approvisionnement d'autres marchés domestiques par la région de la Basse Casamance.

Des études sur le potentiel des fruits et des légumes du Sénégal sur les marchés européens ont défini les récoltes les plus exportables. Il s'agit des haricots verts, poivrons verts, aubergines, melons et tomates. Le marché d'importation européen est très concurrentiel et insiste sur des produits de qualité supérieure. Une étude sur les objectifs d'exportation du Sénégal^{1/}

^{1/} Le Maraîchage au Sénégal. Vol. II, La Commercialisation, Chapitre 2. Conclusions. Ministère du Développement Rural, Juillet 1980.

montre le Sénégal fournissant 6 pour cent (16 100 tonnes) des importations dont auront besoin la France, le Royaume Uni et l'Allemagne en 1990 (282 000 tonnes en dehors des pommes de terre). Pour les besoins de cette étude, on estime que la région de la Casamance fournira environ 10 pour cent de l'objectif national, consistant surtout en melons et poivrons. Pour l'année 1990, le potentiel d'exportation de la Casamance serait représenté par 1600 tonnes. Ces résultats se trouvent au Tableau D-19.

Tableau D-16

PROJECTION DE LA POPULATION
DE L'AIRE D'ETUDE DE LA BASSE CASAMANCE

Zone	1982 ^{2/}	1985	1990	1995	2000
Zones Rurales ^{1/}	281 603	303 400	326 800	352 100	379 310
Zones Urbaines ^{1/}	108 136	130 300	157 000	139 200	227 980
TOTAL ^{2/}	389 739	433 700	483 800	541 300	607 290
Ziguinchor ^{1/ 4/}	90 000	108 500	130 740	157 500	189 800
Zone Rurale ^{3/ 4/}	28 900	31 100	33 500	36 100	38 900

^{1/} Population projetée aux taux annuels de 3,8 et 1,5 pour cent pour les zones urbaines et rurales.

^{2/} Phase I Rapport Final, Vol. I, Tableau V-1.

^{3/} Phase I Rapport Final, Vol. II, Tableau X-2.

^{4/} Inclus dans les totaux de l'Aire d'Etude.

Tableau D-17

DEMANDE PAR HABITANT
QUELQUES CULTURES PRISES EN EXEMPLE^{1/}

(Kg/c/an)

	<u>Dakar</u>	<u>Autres Centres Urbains</u>	<u>Centres Ruraux</u>
1. Tomates de Table	10	8	1
2. Oignons	12	9	3
3. Pommes de Terre	9	6	1
4. Choux	7	6	1
5. Patates Douces	5	5	1
6. Aubergines	6	4	-
7. Légumes du type européen ^{2/}	6	5	-
8. Légumes du type africain ^{3/}	4	4	1
9. Concentré de Tomate	5	5	-
TOTAUX	64	52	8
<u>DEMANDE TOTALE</u>			
Sauf (9)	59	47	8
Sauf (3) + (9)	50	41	7

^{1/} Source: Le Maraîchage au Sénégal, Vol. II, La Commercialisation, Chapitre 2, Conclusions. République du Sénégal, Ministère du Développement Rural. Juillet 1980.

^{2/} Carottes, laitue, melons, radis, haricots verts, navets, artichauts, courgettes, concombres, poivrons, poireaux, Tableau 21, p. 40.

^{3/} Gombo, diakato, citrouilles, piments, épinards, etc. (sauf le manioc). Tableau 28, p. 49.

Tableau D-18

DEMANDE CONCERNANT LA PRODUCTION MARAICHÈRE
DE L'AIRE D'ETUDE (BASSE CASAMANCE)

	Année				
	1982	1985	1990	1995	2000
	(Tonnes/an)				
Demande Rurale ^{1/}	2 270	2 380	2 580	2 790	3 020
Demande Urbaine ^{1/}	5 350	6 030	7 370	9 000	11 000
Demande d'Exportation ^{2/}	0	700	1 500	1 650	1 800
TOTAL	7 600	9 100	11 500	13 400	15 800
Quantité disponible	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
Demande insatisfaite	3 600	5 100	7 500	9 450	11 800
Ha addition requis à					
20 T/ha	180	255	375	470	590
30 T/ha	120	170	250	310	390

1/ Demande de l'Aire d'Etude prise des Tableaux D-16 et D-17.

2/ Demande d'exportation à 10% du potentiel national d'exportation projeté.

L'approvisionnement maraîcher actuel étant estimé à 4000 tonnes comme indiqué au Tableau D-20, et le rendement moyen étant pour la région de 20 tonnes par hectare, la zone maraîchère serait augmentée de 400 hectares environ. Le Tableau D-18 montre les résultats de l'analyse pour la période 1982 à l'an 2000. Le Tableau D-20 montre la production maraîchère régionale de 1981-82.

En cas de production rizicole accrue en Basse Casamance, les plafonds du marché n'interviendront pas. L'importation nationale actuelle du riz dépasse 300 000 tonnes par an. La politique nationale déclarée est que le Sénégal se suffise à lui-même, en ce qui concerne la production de graines alimentaires, et la Casamance a un potentiel reconnu apte à satisfaire à la demande de riz. Pour accroître la production du riz, les forages superficiels de la Basse Casamance offrent les meilleures promesses à la riziculture irriguée.

D.3.6.6. Acceptation Sociale. Au cours des sondages au champ, les agriculteurs des alentours du forage de Guidel ont déclaré qu'ils étaient tout disposés à ré-ajuster les limites de leurs parcelles individuelles pour que l'eau du puits soit mieux distribuée à leurs champs. Ils ont également exprimé un intérêt à former une coopérative pour exploiter le forage. Ils ont proposé d'engager un des villageois pour faire fonctionner la pompe et le moteur plutôt que d'engager quelqu'un du dehors. Le responsable de la pompe n'aurait pas à s'y tenir en tout temps, mais il devrait périodiquement vérifier et ajuster le moteur, la pompe, et le système de transmission au cours de l'exploitation. Il s'occuperait également de l'entretien journalier.

Un des gros avantages du forage superficiel est qu'il supplémente l'alimentation en eau au début de l'hivernage quand ces dernières ne suffisent pas à la croissance des cultures. La préparation des terres, le plantage et la submersion d'eau initiale doit se faire entre le 21 juin et le 25 juillet environ.

Après cette submersion, on maintient la même hauteur d'eau pour tuer les mauvaises herbes. Les ouvrages de contrôle permettront d'emmagasiner l'eau la nuit pour la relâcher ensuite d'un champ à l'autre. Les agriculteurs comprennent déjà ce système qui ne demande qu'une légère modification des systèmes qui existent dans l'Aire d'Etude. Ce système n'obligerait pas tous les agriculteurs, utilisateurs d'un forage donné, à travailler tout le temps du pompage du forage. Les champs utilisés tout d'abord pour l'emmagasinement seraient ensuite drainés et plantés. Ce qu'il faut faire, c'est submerger la terre et la corroder au cours de la préparation, laisser l'eau stagner jusqu'au lendemain matin, puis drainer et planter la graine pré-germée. Après quatre jours, le riz sera assez haut pour qu'on puisse former une lame d'eau d'infiltration d'une hauteur d'environ 40 millimètres.

Tableau D-19

IMPORTATION EUROPEENNES, EXPORTATIONS SENEGALAISES 1980-1990

PART DE L'AIRE D'ETUDE DE LA BASSE CASAMANCE
DANS LES EXPORTATIONS TOTALES DU SENEGAL EN 1990
QUELQUES CULTURES PRISES EN EXEMPLE^{1/}

Cultures	Période	Impor- tation F+R.U.+A ² (Tonnes)	Expor- tation Sénégal (Tonnes)	Séné- gal % Total (%)	Impor- tations F+R.U.+A ² (Tonnes)	Objectif Sénégal Export. (Ton. %)
Haricots Verts	Déc-Avr	11 800	2 800	24	23 600	4 100 (17)
Poivrons	Jan-Mars	24 400	105	<1	48 800	3 650 (7)
Aubergine	Jan-Mars	6 500	1	<1	13 000	975 (8)
Melon- Cant.	Déc-Mars	1 800	800	11	3 600	265 (7)
Melon- Honeydew	Déc-Mars	5 400	800	11	10 800	820 (8)
Tomates	Fév-Avr	140 000	10	-	182 000	6 390 (4)
Pommes de Terre	Fév-Avr	28 900	-	-	28 900	1 020 (4)
				TOTAUX	! 310 700!	! 17 220 (6)
				TOTAL SAUF POMMES DE TERRE	! 281 800!	! 16 200 (6)

Part de l'Aire d'Etude dans les Exportations Nationales Totales:
à savoir 10 pour cent, ou 1600 tonne de l'Ouest.

^{1/} Source: Le Maraîchage au Sénégal, Vol. II.
La Commercialisation, page 3/4; Conclusion, Chapi-
tre 3.

^{2/} France, Royaume Uni, Allemagne de l'Ouest.

Tableau D-20

PRODUCTION MARAICHERE TOTALE DE LA BASSE CASAMANCE
1981-82 (ESTIMATION)

LEGUME	PRODUCTION TOTALE (Tonnes)
Tomate	756,0
Oignon	404,0
Chou	182,0
Pomme de Terre	25,2
Aubergine	70,0
Gombo	304,7
Tomate (Pimentée)	1000,0
Patate Douce	1 365,0
Piment	35,4
TOTAL	4 142,3

Source: Ministère de l'Agriculture, Mars 1983.

Tableau D-21

BUDGET DES RECOLTES DE L'ETUDE N° B-3

RIZ - AQUATIQUE, CONDITIONS NON SALINES, TRANSPLANTE
MOISSON MANUELLE , BATTEUSE A PEDALE

Article	Quantité		Valeurs - CFA/ha			
	ETUDE		SECHERESSE		NORMALE	
	Sécher.	Norm.	Ferme	Econ.	Ferme	Econ.
Rendement (kg/ha)	1 500	2 000				
Recette Totale			90 000	130 500	120 000	174 000
<u>Main-d'Oeuvre:</u>						
*Préparation de la terre	65	65				
*Semis Repiq.	50	50				
*Engrais	0	0				
*Lutte contre ravageurs et mauvaises herbes	0	0				
*Moissonnage	90	100				
*Battage	21	28				
*Irrigation	0	0				
*Divers	14	14				
TOTAL MAIN-D'OEUVRE	240	257		96 700		103 600
<u>Autres Facteurs de Production:</u>						
*Graines (kg/ha)	40	40	3 000	4 300	3 000	4 300
*Engrais (kg/ha)	0	0	0	0	0	0
*Pesticide (kg/ha)	0	0	0	0	0	0
*Petits Outils (CFA)			400	400	400	400
*Capital E&E						
*Location Batteuse						
*Coûts d'Investissement						
*Vulgarisation						
<u>Total des Coûts</u>						
*Avec Main-d'Oeuvre			3 400	4 700	3 400	4 700
*Sans Main-d'Oeuvre				101 400		108 300
Recettes Nettes/Homme-jour			361	524	454	659
Recettes Nettes/Hectare			86 600	29 100	116 600	65 700

D.3.6.7. Disponibilité de la Main-d'Oeuvre. Un forage superficiel d'une capacité de 10 mètres cubes par heure dessert en moyenne dix unités de production (fermes familiales). Il y a six ouvriers agricoles actifs par unité de production dont deux estimés disponibles à la riziculture. Ceci donne un total de 20 éléments actifs pour le forage. Une ferme moyenne fait deux hectares dont environ 0,4 hectare planté de riz de vallée, donc un total de superficie totale de rizière irriguée de quatre hectares par forage de 10 mètres cubes par heure.

Les budgets des cultures reflétant les conditions actuelles de base (Tableau D-21) et les conditions futures avec et sans irrigation (Tableaux D-7 et D-8) montrent la main-d'oeuvre requise pour les diverses activités. Dans la préparation du terrain, l'ensemencement et le transplant, le budget de base montre 115 jours par hectare, au lieu de 122 jours dans des conditions améliorées. A supposer 4 hectares de riz par forage, la main-d'oeuvre nécessaire à la préparation, l'ensemencement, et le transplant pour les conditions de base et les conditions améliorées seraient respectivement de 460 et 488 jours. Avec 20 éléments actifs travaillant à plein temps, cela prendrait 23 jours dans des conditions améliorées pour faire le travail. Ceci tombe dans les limites du temps estimé - entre le 21 juin et le 25 juillet, c'est-à-dire 35 jours. De plus, le temps de la main-d'oeuvre est mieux distribué avec l'irrigation de forage car les agriculteurs peuvent commencer plus tôt à préparer le terrain.

Avec l'irrigation, la durée du travail est considérablement réduite comparée à la situation améliorée sans irrigation (208 jours au lieu de 241 jours sous le scénario de sécheresse). Avec l'irrigation, il y a moins d'activité de désherbage et de lutte contre les ravageurs (80 jours au lieu de 3). L'effet global de l'irrigation sur la main-d'oeuvre exigée par la riziculture serait d'alléger la demande du travail de pointe en prolongeant la période durant laquelle ces activités peuvent prendre place, et de réduire la main-d'oeuvre exigée, en permettant aux travailleurs agricoles de se consacrer aux autres tâches.

D.4. Irrigation - Forages Semi-profonds

D.4.1. Reconnaitances au Site

Nous avons fait des levés topographiques et des essais d'infiltration du sol au site du forage d'essai semi-profond de Tourecounda. Ce site fut choisi pour les fins de l'étude de factibilité parce que les conditions y étaient typiquement celles des hautes terres.

Nous avons mesuré les élévations de la surface du sol sur environ 100 hectares de terre situés principalement à l'est du puits. La plupart des élévations furent mesurées sur un quadrillage de 200 mètres. Toutes sont cotées d'après le sommet du tubage du forage d'observation comme point de repère. Une carte en courbe de niveau de la région est donnée à la Figure D-7.

Deux emplacements furent choisis dans l'aire potentielle irriguée pour les essais d'infiltration du sol. Les sols de

l'aire sont classifiés comme appartenant à l'Unité Cartographique 301. Le forage d'essai N° 35 se situe dans le voisinage général. La classification de texture de ce sol typique est la suivante (voir l'Annexe A pour les résultats complets des analyses de laboratoire):

<u>Profondeur, cm</u>	<u>Classification Texturale</u>
0 - 28	Sablo limono-argileux
28 - 40	Argile ablo-limoneuse
40 - 107	Argile sableuse

A chaque emplacement d'infiltration du sol, nous avons fait trois essais à double anneau. Les résultats des trois essais typiques qui durèrent un minimum de 100 minutes sont présentés à la Figure D-8. Les taux d'infiltration initiale les deux premières minutes étaient de 500 à 1100 millimètres par heure, les taux d'infiltration finale du sol stabilisé étaient de 175 à 200 millimètres par heure.

Après que l'eau se fut infiltrée dans un anneau à chaque emplacement, dans des conditions pédologiques naturelles, le sol fut vigoureusement corroyé à la main, et l'essai continua. Après 50 autres minutes à un emplacement et un peu plus de trois heures à l'autre, le sol fut à nouveau travaillé et malaxé et l'essai continua.

Les taux d'infiltration finale mesurés étaient de 10 à 15 millimètres par heure. Ces taux sont très excessifs si l'on veut utiliser des méthodes d'irrigation superficielle. Les méthodes qui conviennent le mieux à ces sols dont les taux d'infiltration

s'avèrent être élevés, sont soit des systèmes par aspersion, soit au goutte à goutte.

D.4.2. Besoins en Eau d'Irrigation

Nous avons étudié la factibilité de l'irrigation de la culture maraîchère avec un système par aspersion au cours de la saison sèche, en utilisant les oignons comme légumes typiques. Pour irriguer la superficie la plus grande possible avec une capacité donnée de forage, nous avons choisi une saison de culture allant du mois d'octobre au mois de mars, au moment où l'évapotranspiration potentielle atteint son chiffre le plus faible, et nous avons considéré que le repiquage se ferait au cours de trois périodes de 10 jours.

Le Tableau D-22 présente un résumé des besoins en eau d'irrigation pour la culture d'oignons de saison sèche.

D.4.3. Schéma du Système d'Irrigation

Trois projets d'irrigation sur des sites de hautes terres sont exploités pour la production fruitière dans l'Aire d'Etude ou à proximité. L'un est une entreprise commerciale privée, l'autre, un projet gouvernemental, et le troisième est une coopérative bananière d'agriculteurs locaux. On y utilise les trois systèmes d'irrigation: de surface, par aspersion et au goutte à goutte. Nous avons choisi l'irrigation par aspersion parce que les méthodes d'irrigation superficielle ne conviennent pas aux sols dont le taux d'infiltration est élevé (Section D.4.1.) et l'irrigation au goutte à goutte donne lieu à la fois à des coûts plus élevés en capitaux et à une gestion plus complexe.

Nos hypothèses, méthodes, et calculs sont présentés à la Figure D-9. Le schéma du niveau factibilité est caractérisé par un espacement des aspergeurs Rainbird 14 070, sur une aire rectangulaire de 18 mètres sur 24 à raison de 16 aspergeurs par canal primaire (alimentés à partir du milieu de ce canal), 3 canaux primaires par unité d'irrigation, et 15 unités pour irriguer 31 hectares d'oignons. Ce dernier chiffre est fondé sur plusieurs hypothèses, y compris un rendement par forage de 150 mètres cubes par heure, un temps maximum de pompage de 16 heures par jour, et une période de culture allant d'octobre à mars. Le temps global de pompage se situe à environ 1300 heures par an. La Figure D-10 donne une liste des pièces ainsi que des coûts estimés.

Tableau D-22

IRRIGATION REQUISE POUR L'OIGNON

(Projet du Puits Semi-Profond)

Période	AIRE 1				AIRE 2			AIRE 3		
	<u>ET_o</u> ^{1/} mm	<u>KC</u> ^{2/}	<u>ET</u> mm	<u>Irr. Reg.</u> ^{3/} mm	<u>KC</u>	<u>ET</u> mm	<u>Irr. Req.</u> mm	<u>KC</u>	<u>ET</u> mm	<u>Irr. Req.</u> mm
Sept. 3			Semis							
Oct. 1						Semis				
2									Semis	
3	62	0,4	25	17						
Nov. 1	56	0,5	28	37	0,4	22	15			
2	57	0,7	40	53	0,5	28	37	0,4	23	15
3	56	0,75	42	56	0,7	39	52	0,5	28	37
Déc. 1	53	0,8	42	56	0,75	40	53	0,7	37	49
2	52	0,95	49	65	0,8	42	56	0,75	39	52
3	58	1,0	58	77	0,95	55	73	0,8	46	61
Jan. 1	56	1,0	56	75	1,0	56	75	0,95	53	71
2	57	0,9	51	68	1,0	57	76	1,0	57	76
3	56	0,9	59	79	0,9	59	79	1,0	66	88
Fév. 1	64	0,9	58	39	0,9	58	77	0,9	58	77

1/ Valeurs ETo prises au Tableau D-1.

2/ Valeurs KC prises au Bulletin FAO N°33 sur l'irrigation et le drainage.

3/ Sont supposés: des rendements de transport et d'application combinés de 75 pour cent, plantage, et moisson dur des périodes de 10 jours, une irrigation coupée 20 jours avant la moisson.

D.4.4. Construction des Forages

Les forages semi-profonds doivent être soigneusement construits par des foreurs expérimentés utilisant un matériel convenable. Bien qu'il soit courant d'utiliser des méthodes de forage rotary, ces dernières ne sont pas recommandées car elles entraînent souvent un colmatage de la formation aquifère par la boue de forage. Elles ne devraient être permises que si l'on utilise une boue "biograde" comme la Revert (produit de la Johnson Division UOP).

Les forages devront être exécutés avec la méthode par battage. Bien que cette méthode exige plus de temps, le risque d'obstruer l'aquifère se trouve porté au minimum, et les échantillons de la formation géologique restent intacts. Ceci permet un examen plus précis des échantillons pour déterminer la teneur en argile, la granulométrie, et ainsi donc la dimension de la rainure de la crépine ainsi que son emplacement dans le puits. On devra installer des crépines à rainure continue qui offrent une ouverture maximum, comme celles fabriquées par la Johnson Division - UOP. La dimension de la rainure devra être déterminée après examen des échantillons pris à la formation. La Figure D-11 montre un schéma typique de forage semi-profond.

Les diamètres des tubages et des crépines devront être d'au moins 20 centimètres, puisque ces dimensions diminuent les pertes du puits aux taux de débit de 150 mètres cubes par heure que nous envisageons. Pour ces débits, nous préconisons des

diamètres entre 30 et 35 centimètres pour les chambres de pompage, qui devront être longues d'au moins 60 mètres.

D.4.5. Effets Potentiels sur l'Environnement

Si le retrait d'eau d'irrigation dépasse l'alimentation de nappe souterraine à long terme, il est possible qu'un abaissement permanent de la nappe phréatique se fasse par ce forage dans l'aquifère. C'est là le seul effet écologique de l'irrigation par aspersion des terres des plateaux à considérer comme potentiellement sérieux.

D.4.6. Les Forages de l'Aire d'Etudes

Le même genre de ressources et de conditions sont nécessaires pour une irrigation efficace avec des forages semi-profonds et avec des forages superficiels (Section D.3.5.).

Tenant compte uniquement des terres disponibles, on pourrait construire environ 160 forages semi-profonds dans l'Aire d'Etude. Les facteurs suivants en ont décidé: (1) 37 000 hectares de terres disponibles environ (Chapitre 2); (2) espacement des forages sur un quadrillage de 1500 mètres (Section 3.5.3.). Bien sûr, un tel aménagement n'est pas prévu de si tôt, étant donné les ressources humaines et les conditions économiques limitées, et surtout la demande du marché.

Si l'on ajoute la contrainte posée par le volume utilisable annuel estimé de cinq millions de mètres cubes de l'aquifère semi-profond (Section 3.5.3 du Rapport Principal), aux besoins d'irrigation globaux de la culture d'oignons (Section D.4.2.: 1320 heures/an x 150 mètres cubes par heure par puits = 200 000 mètres

cubes par forage, cela donne un maximum de 25 forages semi-profonds, c'est-à-dire 775 hectares permis dans l'Aire d'Etude. La demande du marché de légumes est limitée (Section D.3.6.5.), mais celle des fruits, particulièrement des agrumes et des bananes est favorable (Section D.4.7.3.).

Nous avons fait l'analyse d'une étude de réseau d'irrigation semblable à celle traitée aux Sections D.4.2. et D.4.3., destinée à une variante de culture. Cette variante englobe 3 hectares d'oignons, dont la période de croissance se situe entre janvier et mai pour obtenir les prix de vente avantageux de saison sèche, 10 hectares de bananes et 10 hectares d'agrumes. C'est l'aire totale pouvant être irriguée par un forage de 150 mètres cubes par heure et sous les hypothèses des Sections D.4.2 et D.4.3. Si l'on tient compte du débit de sécurité annuel de l'aquifère ainsi que de la durée globale de pompage d'environ 3000 heures/an par forage sous le scénario de sécheresse, le nombre total de forages semi-profonds permis dans l'Aire d'Etude est de 11, c'est-à-dire qu'ils couvrent 253 hectares.

D.4.7. Analyse Economique

L'analyse économique du projet de puits semi-profond est basée sur une comparaison entre les coûts et les profits associés à l'aménagement et à l'utilisation de ce forage. On estime tout d'abord les profits de l'irrigation des légumes en saison sèche. Un forage semi-profond irrigue 31 hectares.

D.4.7.1. Coûts du Projet. Dans les sections précédentes,

on a décrit le projet et ses caractéristiques principales. Les coûts d'établissement sont représentés par le forage la pompe et son moteur, la tuyauterie d'irrigation, les têtes d'arroseur les vannes, et l'abri. Les coûts annuels d'exploitation et d'entretien sont les coûts nécessaires pour que les divers organes fonctionnent sans panne d'interruption. Le coût annuel du carburant est calculé d'après le nombre d'heures de service par an et la consommation par c.v./heure. Les coûts d'établissement et annuels ont été divisés en monnaie locale et en devises, ces dernières converties en monnaie locale en utilisant un taux de change comptable de 385 CFA le dollar. La liste des coûts d'établissement et des coûts annuels, y compris les coûts de carburant, en CFA équivalents, pour un projet d'irrigation maraîchère de 31 hectares, se trouve au Tableau D-23.

D.4.7.2. Budgets des Cultures. Les coûts et revenus des légumes irrigués ont été estimés d'après le budget de la culture d'oignons. Il est décrit à la Section D.3.6.2. dans l'analyse du Projet du Forage Superficiel et présenté au Tableau D-10. Sous la rubrique "sans le projet", il n'y aurait pas de culture de saison sèche sur les terres irriguées par un puits semi-profond, par conséquent le revenu sans projet est nul.

Les coûts et revenus par hectare de la culture d'un légume typique (l'oignon)(Tableau D-10) peuvent être résumés de la façon suivante:

- Rendement (kg/ha)	30 000
- Main-d'oeuvre (homme-jour/ha)	404
- Valeur Economique du Revenu Brut (CFA/ha)	1 500 000
- Valeur Economique des Coûts de Production Fermière (CFA/ha)	558 400
- Valeur Economique du Revenu net des Récoltes	941 600

Tableau D-23

COÛTS ECONOMIQUES D'UN PROJET DE FORAGE SEMI-PROFOND^{1/}
 (Variante Légume - 31 ha)

Article	Vie (an)	Coûts d'Etablis- sement	Annuels E & E (1000 CFA)	Coûts de Car- burant ^{2/}
Forages ^{3/}	25	24 610	123	
Pompe ^{4/}	10	10 292	500	
Moteur ^{4/}	10	5 325	150	3 187
Abri	25	2 530	25	
Tuyau Irrig.	40	19 300	193	
Têtes d'Arroseur ^{4/}	8	10 665	108	
Vannes ^{4/}	20	<u>3 465</u>	<u>20</u>	<u> </u>
TOTAUX		76 187	1 119	3 187
				(4 306)

^{1/} Voir Figure D-10, pour la ventilation des coûts.

^{2/} Les coûts de carburant sont basés sur 1320 heures d'ex-
 ploitation par an utilisant 17 318 litres de carburant à
 un coût économique de 184 CFA le litre.

^{3/} Le forage est estimé représenter 70 pour cent du coût
 total au prix du change.

^{4/} L'élément de change extérieur estimé à 100 pour cent.

D.4.7.3. Prix et Coûts Economiques. Les prix et coûts économiques utilisés dans les analyses des projets de forages semi-profonds ont été obtenus de la même façon que celle décrite précédemment. Pour la culture maraîchère, les prix à la ferme ont été obtenus à partir des prix de marché des principaux marchés urbains de gros. Les prix concurrentiels du marché des établissements urbains de gros reflètent la vraie valeur économique du produit mis en vente; par conséquent, le prix financier et économique à la production est le même. La production agricole et les coûts du projet sont ajustés, lorsqu'il convient, pour refléter les valeurs économiques dont il a été parlé.

D.4.7.4. Analyse Economique. Les sections précédentes ont décrit les coûts de construction et d'exploitation d'un projet, les zones mises en culture, les budgets des cultures, ainsi que les prix et coûts économiques qui permettraient de déterminer la factibilité économique d'un forage semi-profond.

On projeta les profits et coûts sur une période d'analyse de 25 ans qui représentent la durée de service estimée du forage. Les flux des coûts supposent des remplacements périodiques de pièces pour la pompe, le moteur, les têtes d'arroseur et les robinets.

Le bénéfice total estimé à plein développement représente l'irrigation de 31 hectares de légumes, d'un revenu net de 941 600 CFA annuel par hectare. Par conséquent, les avantages annuels globaux du projet en développement total sont de 29,2

millions de CFA. On estime qu'il faudra 5 ans avant que les avantages atteignent leur pleine réalisation.

Les résultats de l'analyse montrent un taux de rentabilité interne économique de 24,6 pour cent. Donc, les légumes étant la culture irriguée, le projet de forage semi-profond est un investissement avantageux, et il faudrait l'inclure dans le plan de développement de l'ensemble de la région.

La contrainte du marché, ou la limite de la quantité qu'on peut écouler, doit être prise en compte dans un plan d'aménagement régional (D.3.6.5.). Pour satisfaire à la demande estimée, il faut aussi prendre en compte la production maraîchère par des moyens traditionnels de même que celle des zones irriguées par des forages superficiels et semi-profonds.

D.4.7.5. Etude de Sensibilité. On établit une étude de sensibilité pour déterminer les répercussions des fluctuations des prix de marché et de la période de mise en oeuvre sur la faisabilité économique du projet. Avec 31 hectares de légumes soumis à l'irrigation, il faut peut-être réaliser le projet par étapes. Les contraintes du marché peuvent affecter les prix de façon adverse. Les élasticités de prix des principales cultures maraîchères consommées en Casamance ne sont guère connues. Afin d'éprouver l'effet des diverses hypothèses, l'étude de sensibilité a envisagé les combinaisons suivantes:

- 1) On irrigue la superficie totale en plusieurs étapes s'échelonnant sur trois ans. La nouvelle zone irriguée

mise en exploitation chaque année prendra 5 ans pour se développer à un plein potentiel de profit.

- 2) Le revenu brut des récoltes est diminué de 20 pour cent pour refléter l'abaissement des prix par rapport au niveau de l'analyse initiale.
- 3) Une combinaison de (1) et de (2), selon laquelle on irrigue par étapes sur 3 ans, et on réduit le revenu brut de 20 pour cent par rapport à l'analyse initiale.

Les résultats de l'analyse initiale et de l'étude de sensibilité sont donnés ci-dessous:

	<u>TRI (%)</u>
1) Analyse Initiale	24,6
2) Irrigation par Etapes sur Trois Ans	20,4
3) Revenu Brut de Récoltes Diminué de 20%	14,6
4) Combinaison de (2) et (3)	12,4

D'après les résultats de l'étude de sensibilité, le projet engendrerait des revenus suffisants pour offrir un taux de rentabilité économique acceptable.

D.4.7.6. Analyse Financière. Une analyse financière fut faite, dans laquelle les coûts fonciers étaient calculés d'après les prix en vigueur des facteurs de production, et les coûts de projet étaient augmentés de l'addition des impôts et taxes. Le prix financier à la production au producteur était le même que le prix utilisé dans l'analyse économique.

Le taux de rentabilité financier du projet est de 29,2 pour cent, comparé au taux de rentabilité économique primaire de 24,6 pour cent. La rentabilité financière plus élevée traduit les

coûts plus bas des engrais, et l'élimination du coût de la main-d'oeuvre qui rehaussent de 30 pour cent le revenu net agricole. Ces changements annullent les coûts d'établissement du projet, augmentés de 25 pour cent par les impôts et taxes et l'augmentation (42 pour cent) de prix du carburant.

D.4.7.7. Variantes de Cultures. La production fruitière peut être considérée dans l'exploitation des forages semi-profonds. La superficie réservée à cette production dans la région de la Casamance, pour satisfaire à la demande nationale, a fait l'objet d'une étude en juillet 1979; la consommation nationale et régionale y sont estimées.^{1/} Le Tableau D-24 présente la production et la consommation nationales et régionales en 1978. Le Tableau D-25 présente la répartition des récoltes fruitières en Casamance.

Du déficit national total de 1980-81 des cultures fruitières principales de 2000 hectares, 58 pour cent sont représentés par la Casamance, à savoir 1140 hectares. On a projeté la nouvelle superficie fruitière de la Casamance jusqu'en l'année 1995, en estimant un taux de croissance moyen annuel de 3 pour cent entre 1980 et 1995. Les résultats se trouvent au Tableau D-26.

Les principales récoltes fruitières de l'Aire d'Etude sont les agrumes, les bananes, les ananas et les avocats. A eux deux, les agrumes et des bananes représentent 85 pour cent de l'aire fruitière réservée à la région.

^{1/} Contribution des cultures fruitières au Développement de la Casamance, Rapport de mission par J. Gaillard, Juillet 1979.

Tableau D-24

PRODUCTION ET CONSOMMATION FRUITIERES AU SENEGAL
ET DANS LA REGION DE LA CASAMANCE
(1978)

RECOLTE	CONSOMMATION			PRODUCTION			Surplus- Déficit National
	Total Sénégal	Casa- mance	Reste du Pays	Total Sénégal	Casa- mance	Reste du Pays	
	(Tonnes)			(Tonnes)			(Tonnes)
Agrumes	40 000 ^{1/}	6 000	34 000	14 000	10 000	4 000	-26 000
Bananes	15 000	1 500	13 500	6 500	4 000	2 500	- 8 500
Mangues	26 000	4 500	21 500	34 000	19 000	15 000	+ 8 000
Ananas	6 000 ^{2/}	500	5 500	800	700	100	- 5 200
Avocats	800	80	720	200	50	150	- 600
Papaye	1 500	150	1 350	450	300	150	- 1 050
Grenadilles	350	30	320	70	40	30	- 280
Noix de Cola	15 000	120	14 880	80	80	0	-14 920

1/ Dont l'équivalent de 4000 tonnes sous forme de jus de fruit.

2/ Dont l'équivalent de 1000 tonnes sous forme de jus de fruit.

Source: Contribution des Cultures Fruitières au Développement
de la Casamance.
Rapport de Mission, J.P. Gaillard, Mai , Juin, Juillet
1979.

Tableau D-25

DEMANDE FRUITIERE NATIONALE

PART PRISE PAR LA CASAMANCE DANS LA PRODUCTION
ET LA SUPERFICIE ADDITIONNELLES FRUITIERES

RECOLTE	1978	Rendement Moyen Projeté	Superficie Additio- nelle pour Parer au Dé- ficit Natio- nal de 1978	Part de la Région de la Ca- samance dans le Total		Temps pour la Produc- tion ^{1/}	
	Demande Nationale Déficit(-) Surplus(+)			(Tonnes)	(Ton./ha)	(%)	(ha)
Agrumes	- 26 000	20	1 300	62	800	4	8
Bananes	- 8 500	25	340	50	170	1	1
Mangues	+ 8 000	17-20	-	-	-	4	10
Ananas	- 5 200	30	175	29	50	2	2
Avocats	- 600	7	86	70	60	4	8
Papaye	- 1 050	30	35	100	35	1	1
Grenadilles	- 280	10	28	100	28	1	1
Noix de Cola	- 15 000	1,5	10 000	NA	-	7	20
TOTAL			! 11 964	! 1 143 !			
TOTAL SANS NOIX DE COLA			! 1 964	! (58) 1 143 !			

Source: Voir Tableau D-24

^{1/} A = Première production fruitière
B = Première pleine production fruitière.

Tableau D-26

PART PRISE PAR LA CASAMANCE
DANS L'AIRE DE PRODUCTION FRUITIERE ADDITIONNELLE^{1/}

Catégorie	ANNEE			
	1980	1985 ^{2/}	1990 ^{2/}	1995 ^{2/}
	(Aire Additionnelle en Hectares)			
Agrumes	800	900	1 045	1 210
Bananes	170	190	220	255
Ananas	50	55	65	75
Autres Fruits	120	135	155	180
TOTAL DES FRUITS	1 140	1 280	1 485	1 720

^{1/} Selon la part réservée à la Casamance de la nouvelle aire de culture pour faire face aux demandes nationales additionnelles jusqu'en 1995. Cf Tableau D-25.

^{2/} Accroissement de 1980-81 à 1995 selon un taux annuel moyen de croissance de 3 pour cent.

On estima la valeur économique d'un forage semi-profond où les arbres fruitiers prédominaient dans le schéma des cultures. Pour les besoins de l'évaluation du projet, on prit un schéma de 10 hectares de bananes, 10 hectares d'agrumes, et 3 hectares de légumes pour une aire totale irriguée de 23 hectares. Sous cette variante de mise en culture, comme nous l'avons vu à la Section D.4.6., le nombre de forages s'élèverait à 11 dans l'Aire d'Etude.

Les agrumes ont une période de croissance de 10 ans, et lorsqu'ils sont pleinement développés, le revenu net par hectare est de 1 724 500 CFA/an. Ceci suppose un rendement de 20 tonnes à l'hec

tare, un prix à la production de 98 CFA le kilogramme et des coûts de production fermière de 235 500 CFA/an. Pour les bananes, le revenu annuel varie selon un cycle de 6 ans, avec un rendement de 30 tonnes par hectare dans le cycle de production initial, qui diminue à 20 tonnes par hectare à la fin du cycle. Le revenu net annuel par hectare est estimé d'une moyenne de 1 741 000 CFA par hectare sur le cycle de 6 ans. Ce chiffre se base sur le prix à la production de 100 CFA le kilo et sur des coûts de production fermière d'une moyenne de 759 000 CFA par hectare par an. Les budgets de récolte des agrumes et des bananes sont présentés aux Tableaux D-27 et D-28. La variante de schéma des cultures des fruits et légumes exigerait des modifications des investissements de capital et des coûts annuels du forage et de ses éléments. Dans les coûts d'investissement, les éléments affectés sont le forage, la tuyauterie d'irrigation, les têtes d'arroseur, et les vannes. Les coûts d'exploitation et d'entretien annuels et les coûts du carburant changeraient avec l'augmentation des coûts de carburant, car les heures d'exploitation passeraient de 1320 heures par an pour les légumes à 2935 heures par an pour la combinaison fruits et légumes. Les coûts de projet pour la variante fruits-légumes se trouvent au Tableau D-29.

Tableau D-27

BUDGET DE CULTURE N° F-1
BANANES IRRIGUEES

<u>1ère Année</u>				<u>Année du Projet</u>	<u>Rende- ment T/ha</u>	<u>Prix CFA/T.</u>	<u>Revenu Brut CFA/ha</u>
<u>Facteur de Production</u>	<u>Unité</u>	<u>Coût Unité CFA/ha</u>	<u>Coût Total CFA/ha</u>				
Main- d'Oeuvre	300 h-j	500	150 000	1	30	100	3 000 000
Plants	2 000	93	186 000	2	28	100	2 800 000
Engrais	3000 kg	141	423 000	3	26	100	2 600 000
Divers			28 000	4	24	100	2 400 000
Vulgarisation			<u>5 000</u>	5	22	100	2 200 000
TOTAL			792 000	6	20	100	<u>2 000 000</u>
				Années moyennes 1-6			2 500 000
<u>2ème-6ème Années</u>							
Main- d'Oeuvre	310 h-j	500	155 000	Coûts à la ferme Années moyennes 1-6			759 000
Engrais	4 000 kg	141	564 000	Revenu net de cul- ture (CFA/ha)			
Divers			28 000	Années moyennes 1-6			1 741 000
Vulgarisation			<u>5 000</u>				
TOTAL			752 000				

Source: Données résultant des études de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Ziguinchor, plus la revue des budgets des récoltes pris à des études faites par d'autres pays.

Tableau D-28

BUDGET DE CULTURE N° F-21/
AGRUMES - IRRIGUES

Année	1			2-4			5			6-9 ³ /			10-25 ⁴ /		
	No. Unités	Coût/ Unité CFA/ha	Total CFA/ha	Unités	Coût/ Unité CFA/ha	Total CFA/ha	Unités	Coût/ Unité CFA/ha	Total CFA/ha *	Unités	Coût/ Unité CFA/ha	Total CFA/ha	Unités	Coût/ Unité CFA/ha	Total CFA/ha
INTRANTS															
Arbres	150	555	83 250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Engrais	500 kg	141	70 500	500 kg	141	70 500	1000 kg	141	141 000	1500 kg	141	211 500	1500 kg	141	211 500
Main- d'Oeuvre	280 md	500	140 000	25 md	500	12 500	30 md	500	15 000	30 md	500	15 000	30 md	500	15 000
Vulgari- sation	L.S.	-	5 000	L.S.	-	5 000	L.S.	-	5 000	L.S.	-	5 000	L.S.	-	5 000
Divers	-	-	-	-	-	9 300	L.S.	-	9 300	L.S.	-	9 300	L.S.	-	9 300
TOTAL			289 750			97 300			170 000			240 800			240 800
BENEFICES NETS															
Année	1	2	3	4	5 ²	6 ³	7 ³	8 ³	9 ³	10 ⁴	25 ⁴ /				
Bénéfices Nets	298 750	-97 300	-97 300	-97 300	809 700	996 600	1 178 400	1 360 200	1 542 000	1 724 500	1 724 500	1 724 500			

- 1/ A partir des données fournies par l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole, Ziguinchor, et les budgets de cultures d'autres pays.
- 2/ Rendement de 10 tonnes/ha à 98 CFA/kg ou 980 000 CFA/ha.
- 3/ Augmentation progressive de la 5ème à la 10ème année.
- 4/ Rendement au plein développement: 20 tonnes/ha ou 1 960 000 CFA/ha.

Tableau D-29

COÛTS ECONOMIQUES DE PROJETS DE FORAGE SEMI-PROFOND^{1/}
 (Alternative Fruits-Légumes - 23 ha)

<u>Article</u>	<u>Durée de Vie (ans)</u>	<u>Coûts d'In- vestissement</u> (1000 CFA)	<u>Annuel E + E</u> (1000 CFA)	<u>Coûts de Carburant^{2/}</u>
Forage ^{3/}	25	23 000		
Pompe ^{4/}	10	10 292		
Moteur ^{4/}	10	5 325		7 090
Abri	25	2 530		
Tuyauterie d'Irrigation	40	11 600		
Tête d'Arroseur ^{4/}	8	1 552		
Vannes ^{4/}	20	3 742		
TOTAUX		58 041	1 095	7 090 (8 185)

- 1/ Voir Figure D-10. Coûts ajustés au système par aspersion irrigant 23 ha de fruits et légumes.
- 2/ Le coût du carburant est basé sur 2935 heures d'exploitation par an, exigeant 38.506 litres de carburant d'un coût économique de 184 CFA le litre.
- 3/ Le prix du forage estimé à 70 pour cent du coût total.
- 4/ Elément en devises estimé à 100 pour cent.

Selon les coûts et le revenu estimés ci-dessus, le taux de rentabilité économique interne d'un forage semi-profond, avec combinaison: fruits-légumes, est de 25,7 pour cent. Donc, la conclusion est que la production fruitière irriguée par forage semi-profond est une option économiquement viable et qu'il faudrait incorporer dans le plan de développement. Avec dix forage de production, on aurait une superficie de 200 hectares pour la culture fruitière. C'est environ 13 pour cent de la

nouvelle superficie de 1485 hectares de la région projetée pour l'année 1990.

La production fruitière irriguée de forages semi-profonds exigera un contrôle de la qualité et une commercialisation similaires à ceux des entreprises agricoles commerciales qui se spécialisent dans la fourniture aux marchés de produits de première qualité. Pour cette raison, il faudra des services et des installations de soutien qui assurent le succès du projet.

D.5. Réservoirs de Stockage pour l'Irrigation

L'étude de la Phase I a identifié six sites comme étant des réservoirs de stockage possibles dans la Zone IX. L'un des objectifs de l'étude de la Phase II était de confirmer la faisabilité technique de ces six sites et d'évaluer tout nouveau site identifié au cours de la reconnaissance photographique aérienne de 1982.

D.5.1. Reconnaissance

L'étude des photographies aériennes de 1982 a révélé trois sites possibles en outre des six sites identifiés dès l'abord dans la Phase I. Une analyse subséquente des photographies puis des visites faites aux sites ont éliminé deux des premiers sites (B-Niafena et D-Niadou) ainsi que deux des sites nouvellement identifiés, à cause de caractéristiques topographiques médiocres et du fait qu'ils entraîneraient l'inondation de très grandes superficies de terre de rizières. Nous avons fait des études de niveau factibilité sur le nouveau site près du village de Baraka

Poukao, ainsi que sur les quatre sites restants (Blaz, Camaracounda, Kaniaka, Santhiaba) identifiés à la Phase I. Les emplacements des sites sont montrés à la Figure 3-1 (Chapitre 3 du Rapport Principal). Nous avons appliqué à chaque site des procédés hydrographiques décrits au Chapitre 3 afin de déterminer les volumes de ruissellement, l'hydrogramme des crues, et la sédimentation du réservoir (Ces données sont résumées au Tableau D-30).

D.5.1.1. Etudes Topographiques. Des visites aux sites et l'emploi de photographies aériennes ont permis d'identifier, pour chacun des cinq sites du projet, un emplacement spécifique de barrage potentiel. Nous avons considéré quatre facteurs pour situer un axe: (1) un étranglement de la vallée qui permettrait de porter au minimum la taille de l'endiguement, (2) l'existence d'une aire de rizière irrigable à l'aval de l'axe et à une distance raisonnable, (3) une vallée relativement large et plate à l'amont de l'axe qui fournirait un volume acceptable de stockage, et (4) une aire limitée de rizière devant en fin de compte être inondée par le réservoir.

Nous avons fait des études des profils topographiques de chacun des axes de barrage, ainsi que des profils de coupe transversale des vallées à diverses distances en amont et en aval du site du barrage. Ces données d'étude furent utilisées pour déterminer le volume du réservoir, l'aire du réservoir, le volume de l'endiguement, et les élévations par rapport aux aires irrigables. La Figure D-12 montre les coupes transversales des cinq

sites de barrage. La Figure D-13 montre les courbes de volume de stockage des réservoirs.

D.5.1.2. Etudes des Fondations. Nous avons étudié les matériaux sous la surface des divers sites proposés de barrage. Nous avons utilisé une tarière et une sonde pour obtenir des échantillons jusqu'à une profondeur maximum de 2,7 mètres à trois ou quatre points le long de chacun des axes proposés de barrage.

La classification de la texture de chacun des 51 échantillons fut déterminée au toucher. Nous avons rencontré un matériau très sableux à tous les sites, et très peu d'autres matériaux à texture plus fine. Le laboratoire pédologique de la Station de Recherches de Djibélor a mené des analyses au tamis de divers échantillons typiques (Tableau D-31).

Presque tous les échantillons contenaient plus de 80 pour cent de sable, le reste étant du limon et de l'argile (granulométrie de moins de 74 micromètres-crible N° 200). Aucun des échantillons n'avait une granulométrie de plus d'un millimètre; la plupart du sable avait une granulométrie entre 74 et 300 micromètres.

Dans le U.S. Unified Soil Classification System régissant le sélectionnement des matériaux du sol pour les fondations et les endiguements des barrages en terre, les sols échantillonnés auraient reçu une classification de sols à gros grains (plus de 50 pour cent de l'échantillon dépassait la granulométrie 200). Ils auraient été décrits comme un mélange d'argile sableuse (SC)

ou mélange de limon sableux (SM). On peut les compacter assez bien, la compressibilité n'en étant que faible, et la perméabilité normalement moyenne ou basse. Les sols des sites des barrages fourniront des fondations adéquates pour les petits barrages proposés.

D.5.1.3. Emplacement des Zones d'Emprunt. Les sous-sols des Unités Cartographiques 301 et 303 conviennent à la construction de l'endiguement. Leur matériau a été utilisé avec de bons résultats pour l'endiguement du réservoir de Tamp. Aucun forage spécifique n'a été entrepris pour trouver des zones d'emprunt mais les Unités Cartographiques 301 et 303 se trouvent entre 300 et 500 mètres de tous les sites de barrage.

D.5.2. Dimensionnement des Barrages

Des considérations d'ordre physique et économique obligent à un compromis entre la hauteur du barrage, les dimensions du déversoir, et le volume du réservoir. Lorsque nous nous sommes penchés sur les compromis possibles entre ces variantes, nous avons fini par conclure que la hauteur du barrage au point le plus bas de la section de la vallée devra être entre 3 et 4 mètres. La profondeur de l'eau emmagasinée de façon permanente à ce même point serait de l'ordre de 2 mètres. Un évacuateur à coursier rectangulaire fut choisi comme déversoir principal avec un bassin de décantation Morris et Johnson (Figure D-14).

Tableau D-30

ECOULEMENTS, ZONES DE DRAINAGE,
ET SEDIMENTATION DES RESERVOIRS

Site	Zone de Drainage km ²	Apport de Pointe de 25 ans m ³ /s	ECOULEMENT DE SURFACE ^{1/} 10 ³ m ³						Sédi-ment Annuel 10 ³ m ³	Sédiment Capté ^{3/} 10 ³ m ³
			JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC		
Blaz	10,1	28,0	102	193	432	227	57	35	4,5	3,1
Baraka Poukao	4,9	16,8	55	105	234	123	31	18	2,4	1,7
Camaracounda	6,0	19,2	62	117	261	138	34	21	2,9	2,0
Kaniaka	18,0	40,9	165	311	695	366	91	55	7,5	4,7
Santhiaba	9,4	26,0	107	202	451	237	59	36	4,2	3,2

1/ Précipitation d'année quinquennale sèche (scénario normal) x zone de drainage x coefficient d'écoulement annuel x facteur de distribution mensuel (Tableau IV-10, Phase I, Plan Directeur, Rapport Final) les chiffres de 6 mois mis en tableau représentent 92 pour cent du ruissellement total annuel.

2/ D'après la Figure IV-11, Phase I, Plan Directeur, Rapport Final.

3/ D'après Heinemann, Une nouvelle courbe de rendement de piège pour petits réservoirs. Bulletin des ressources en eau Oct. 1981.

Tableau D-31

TEXTURE DE DIVERS ECHANTILLONS DES SOLS
DE FONDATION A CINQ SITES DE BARRAGE

Site	EMPLACEMENT DE L'ECHANTILLON		TENEUR ^{2/} Limon &		Texture ^{3/}
	Distance ^{1/}	Profondeur	Sable	Argile ^{4/}	
Baraka Poukao	10 NO	0 - 60	91,3	8,7	Sable
Blaz	0	120 - 240	90,8	9,2	Sable
	60 O	150 - 200	93,2	6,8	Sable
	100 E	25 - 90	85,1	14,9	Sable limoneux
Camaracounda	0	0 - 25	85,2	14,8	Sable limoneux
	0	60 - 75	92,0	8,0	Sable
	0	120 - 150	86,0	14,0	Sable limoneux
	45 N	75 - 100	93,1	6,9	Sable
	45 N	135 - 165	83,7	16,3	Sable limoneux
	100 S	75 - 90	80,0	20,0	Limon sableux
Kaniaka	100 S	120 - 165	78,9	21,1	Limon sableux
	4 E	180 - 270	86,4	13,6	Sable limoneux
	50 E	120 - 240	92,2	7,8	Sable
	15 O	50 - 160	93,1	6,9	Sable
	50 O	30 - 70	79,6	20,4	Limon sableux
	50 O	70 - 100	87,5	12,5	Sable limoneux
Santhiaba	0	75 - 170	87,5	12,5	Sable Limoneux

1/ Distance et direction (NO = nord-ouest) à partir du repère temporaire qui se trouve sur l'axe de la vallée ou tout près de l'axe.

2/ Résumé de l'analyse granulométrique.

3/ Classification de texture approximative sans connaître la quantité de limon et les fractions d'argile.

4/ L'observation visuelle révéla plus d'argile que de limon.

D.5.2.1. Ouvrage de Restitution. La considération des débits volumétriques mensuels de ruissellement qui figurent au Tableau D-30 d'une part, et d'autre part des études topographiques faites en vue d'établir les volumes des réservoirs ont démontré que même les volumes d'écoulement d'année quinquennale sèche au cours des mois de juillet, août, et septembre sont considérablement supérieurs au volume de stockage disponible à des hauteurs raisonnables de barrage. Seul donc l'écoulement vers la fin de l'hivernage a besoin d'être emmagasiné pour une utilisation subséquente. On peut utiliser le volume intégral du réservoir pour diminuer les débits d'écoulement de pointe pendant la plus grande partie de l'hivernage, à condition que les réservoirs soient vides au moment d'un ruissellement dû à un orage.

Pour permettre de vider le réservoir, l'ouvrage de restitution est muni d'une vanne glissante de fond de 60 centimètres de diamètre. Cette vanne sera ouverte jusqu'environ la mi-septembre lorsqu'on la fermera pour commencer à remplir le réservoir.

L'équation d'orifice $A = CA (2gh)^{1/2}$ permet de calculer la décharge par la vanne. Les valeurs spécifiques des facteurs de l'équation sont:

$$\begin{aligned}
 C &= 0,77 \\
 A &= 0,292 \text{ m}^2 \\
 (2g)^{1/2} &= 4,43 \\
 \text{ou } Q &= 0,996 \text{ h}^{1/2}
 \end{aligned}$$

Les écoulements par dessus l'évacuateur à chute furent calculés par l'équation de déversoir, $Q = CLH^{1/2}$, H étant mesuré au

dessus de la hauteur de la crête de l'évacuateur particulier. Une valeur A C de 1,3 fut utilisée dans les calculs.

A l'aide de ces équations d'orifice et de déversoir et des courbes des volumes de stockage (Figure D-13), on fit passer les courbes des débits d'écoulement pour une averse de retour de 25 ans (Figures B-8a, b, c) par les déversoirs de chaque site de barrage, jusqu'à l'obtention d'une solution convenable. Les résultats finaux, c'est-à-dire la décharge maximum, la longueur de l'évacuateur, son élévation, le volume et la superficie du réservoir à l'élévation de l'évacuateur, et la longueur du bassin de décantation, figurent au Tableau D-32. Nous avons incorporé dans la structure un tuyau muni d'une petite vanne glissante comme débouché vers le canal d'irrigation (voir Section D.5.4.).

D.5.2.2. Endiguement. L'endiguement du barrage sera du type remblai, les pentes latérales étant de proportion 2,5 contre 1 (c'est-à-dire de l'horizontal au vertical) et la largeur à la crête étant de 2 mètres. La hauteur de la crête de barrage par rapport au niveau original du sol dépend des conditions individuelles du site ainsi que des dimensions du déversoir pour une courbe nominale donnée d'écoulement. Les barrages ont une hauteur suffisante pour permettre un stockage permanent pour l'irrigation, un stockage provisoire pour l'écoulement des eaux d'inondation, et une revanche de 0,40 mètre.

Le Tableau D-32 énumère les volumes des endiguements, les longueurs des barrages, et les élévations des crêtes de barrage.

D.5.3. Besoins en Eau d'Irrigation et Utilisation de l'Eau Emmagasinée

L'eau des réservoirs n'est disponible à l'irrigation qu'entre le moment où le ruissellement superficiel aura commencé en saison pluvieuse et celui où l'eau emmagasinée aura été utilisée ou bien perdue par infiltration et évaporation. Plusieurs hypothèses ont été utilisées pour déterminer les besoins en eau du riz irrigué par les réservoirs. Nous les énumérons ci-dessous:

- o L'aire irrigable potentielle est entièrement plantée. Deux mois sont exigés, car la main-d'oeuvre est rare et il y a d'autres difficultés.
- o La dernière période de plantage recommandée est les dix derniers jours de septembre pour éviter la fleuraison du riz de fin novembre à janvier, qui sont des mois froids.
- o En outre, les rizières présentent une humidité résiduelle et elles n'ont pas besoin d'eau supplémentaire.
- o Le riz de 130 jours est planté en août, et celui de 100 jours en septembre.
- o Toutes les périodes de plantage de 10 jours, on plante divers pourcentages de l'aire totale à irriguer, car il faudra désherber de plus en plus quand on préparera la terre plus tard en saison.

L'eau d'irrigation de réservoir exigée par le riz fut déterminée à l'aide de ces hypothèses et de celles de la Section D.2. Le Tableau D-33 en présente les résultats.

Tableau D-32

RESERVOIR, BARRAGE ET AIRES IRRIGUEES

	<u>Baraka Poukao</u>	<u>Blaz</u>	<u>Camara- counda</u>	<u>Kaniaka</u>	<u>Santhiaba</u>
Aire de Drainage, km ²	4,9	10,1	6,0	18,0	9,4
Débit de Pointe, m ³ /s	16,8	28,0	19,2	40,9	26,0
Elév. Fond du Barrage, m (présumée)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Elév. du Déversoir, m	12,0	12,0	12,2	12,3	12,3
A Elévation Dévers.:					
Volume du Réservoir, m ³	40 000	68 000	45 000	97 000	107 000
Superficie du Réservoir, m ²	56 000	73 000	44 000	115 000	110 000
Rizièrre Inondée, ha	2,3	2,8	2,1	4,0	6,0
Longueur Déversoir, m	10	15	16	15	8
Longueur Barrage, m	220	190	200	350	330
Cote de la Crete, m	13,0	13,2	13,2	13,7	13,5
Volume du Barrage, m ³	1 900	2 000	2 400	5 400	8 000
Distance au Matériau d'Emprunt, m	300	350	350	500	300
Route Exigée, m	0,4	0,3	1,5	0	1,5
Longueur Bassin de Décantation, m	2,7	3,2	2,8	3,7	3,3
Débit Maximum Acheminé, m ³ /s	10,1	22,8	16,3	29,0	11,9
Zone Irriguée, ha	7,4	12,5	8,7	17,2	20,1
N° des Débouchés d'Irriga- tion au Barrage	1	1	2	1	2
Longueur Canal d'Irrigation	700	1 600	1 400	1 500	1 800
Débit Maximum du Canal, l/s	20	35	25	50	55
Dimension Tuyauterie de Vidange, mm	110	125	110	160	160

D.5.4. Calculs des Réseaux d'Irrigation et de Drainage

Nous avons déterminé les superficies irrigables (Tableau D-32) à partir des volumes permanents de stockage; des besoins en eau pour l'irrigation du riz à partir des réservoirs (Tableau D-33); des pertes au réservoir dues à une évaporation d'environ 200 millimètres en octobre et en novembre; des pertes admises de distribution et d'application de 45 pour cent; et d'un taux d'infiltration admis de 5 millimètres par jour dans les réservoirs.

Le réseau d'irrigation comporte un bassin de décantation avec un canal jaugeur et une échelle limnimétrique au débouché du petit tuyau latéral (Figure D-15), un canal en terre (Figure D-2) ou bien un canal en brique revêtu en béton des deux côtés des vallées (un côté seulement à Baraka Poukao et à Blaz), et des débouchés en béton tous les 100 mètres le long du canal là où il y a des rizières. La distribution d'eau à partir des débouchés sera semblable à celle du réseau d'irrigation des puits superficiels. Les rizières seront nivelées et des déversoirs d'issue seront installés comme nous en avons traité à la Section D.1.2.1.

Les calculs du réseau de drainage comportent un canal de drainage allant de la structure de débouché le long de la vallée, en suivant le cours d'eau naturel lorsque cela convient. Le drainage des rizières sera effectué par des petits déversoirs d'issue.

Tableau D-33

IRRIGATION DE RESERVOIR EXIGEE POUR LE RIZ REPIQUE, MM

Décade	Précip-itation ^{1/}	ET _o ^{2/}	Besoins d'Irrigation des Cultures ^{3/}						Irr. Req. Somme ^{5/}
			130 jours			100 jours			
			22% ^{4/}	22%	21%	12%	12%	11%	
AOUT 1	152	47	52/0						0
2	167	46	51/0	51/0					0
3	154	52	57/0	57/0	57/0				0
SEP 1	118	49	54/0	54/0	54/0	54/0			0
2	107	50	55/0	55/0	55/0	55/0	55/0		0
3	86	52	57/0	57/0	57/0	57/0	57/0	57/0	0
OCT 1	29	54	57/0	59/0	59/0	59/0	59/0	59/0	0
2	12	55	58/0	58/0	60/0	60/0	60/0	60/0	0
3	3	62	65/0	65/0	65/0	68/0	68/0	68/0	0
NOV 1	0	56	59/59	59/59	59/59	59/59	62/62	62/62	60
2	0	57	54/54	60/60	60/60	60/60	60/60	63/63	58
3	0	56	53/0	53/53	59/59	53/0	53/53	59/59	37
DEC 1	0	53	50/0	50/0	50/0	50/0	50/0	50/0	16
2	0	52	Moisson	49/0	49/0	Moisson	49/0	49/0	0
3	0			Moisson	50/0		Moisson	50/0	0
JAN 1	0				Moisson			Moisson	0
									Total = 171

1/ Montants décadaires de P₈₀ et P₅₀, total annuel: 1203 mm, qui est le chiffre annuel de P₅₀ pour le scénario de sécheresse.

2/ Valeurs ET_o prises au Tableau D-1.

3/ Besoin des cultures = ET_o x KC, valeurs KC prises au Bulletin FAO Irr. et Drain. n° 24 pour la saison humide, vent léger: 1,1 pour les deux premiers mois, 1,05 pour la mi-saison, et 0,95 pour le dernier mois de la saison de croissance; besoin d'irrigation = besoin des cultures en novembre et décembre, sauf les deux derniers tiers mensuels avant la moisson lorsque les besoins des cultures sont remplis par l'épuisement de l'eau de crue et l'humidité du sol; la précipitation satisfait aux besoins des cultures en août et septembre, l'humidité résiduelle est estimée suffisante en octobre car les taux d'infiltration sont bas.

4/ Les pourcentages sont les portions supposées de l'aire totale alimentées par le réservoir, plantées au cours de la période d'un tiers de mois respectivement.

5/ Total des besoins d'irrigation x pourcentages des zones respectives.

D.5.5. Construction

On creusera jusqu'à une profondeur d'environ 1,5 à 2 mètres dans le sol naturel à l'emplacement de la structure de débouché et on remplacera les matériaux naturels avec du sous-sol compacté provenant de l'Unité Cartographique 301 ou 303. La structure sera construite en béton armé sur une base de matériaux bien compactés. Les murs en ailes, les murs parafoilles, et la construction en palplanches atteindront la fondation même afin d'éliminer une infiltration excessive autour de la structure.

On fera un décapage du sol superficiel d'environ 0m,3 ainsi que de toute la végétation, y compris les arbres, de la zone de l'endiguement du barrage. On y mettra du sous-sol provenant des Unités Cartographiques 301 et 303 en couches épaisses de 0m,2, humidifiées pour leur donner une densité optimale, et compactées par des pilons manuels. Deux collets en béton ou en métal galvanisé, formant un carré de 1m,50 de côté, seront installées au $\frac{1}{3}$ et aux $\frac{2}{3}$ de la longueur du tuyau de débouché, pour protéger contre l'infiltration. Tout le remblai autour du tuyau de débouché et de l'ouvrage entier de débouché sera particulièrement bien compacté. Vu les matériaux sableux à tous les sites de barrage, on posera une couche de sous-sol 301 et 303, épaisse de 0,5 mètre, sur le sol du réservoir allant de l'endiguement même du barrage jusqu'à une distance vers l'amont de 5 mètres.

Les bassins de décantation au débouché d'irrigation, les ouvrages jaugeurs, et les canaux d'irrigation seront en béton ou en briques d'argile calcinée revêtues d'un mortier de sable-

ciment 3 à 1. Ils seront construits sur le sous-sol de plateau qui aura été soigneusement compacté.

D.5.6. Effets Potentiels sur l'Environnement

Les réservoirs de stockage sont de petites masses d'eau douce qui ont sensiblement les mêmes effets potentiels sur l'environnement qu'une augmentation de la quantité d'eau d'irrigation d'un forage sur le sol (Section D.3.4.).

On devra ausculter ces réservoirs, afin de surveiller des augmentations possibles dans la population d'escargots hôtes de schistosomes, et des larves de moustiques. S'il reste dans la zone du réservoir une petite mare d'eau vers la fin de la saison sèche, elle devra être traitée avec un molluscicide pour supprimer le décuplement des escargots qui aurait autrement lieu au cours du remplissage ultérieur du réservoir.

D.5.7. Analyse Economique

L'analyse économique des réservoirs de stockage potentiels compare le changement prévu dans la production et les revenus dans les zones affectées par le projet avec le coût de construction et d'exploitation des réservoirs.

D.5.7.1. Coûts des Projets. Les éléments des coûts pour chaque site sont le coût d'investissement pour la construction du barrage, les coûts d'exploitation et d'entretien annuels, et la perte de production agricole dans les zones inondées par le réservoir. Tous les coûts ont été séparés en monnaie locale et en devises, ces derniers convertis en équivalents en monnaie locale avec un prix comptabilité de 385 CFA par dollar

U.S. La durée économique prévue de chaque barrage et réservoir est de 40 ans, et la durée de la construction d'un an.

La valeur des terres perdues par l'inondation du réservoir a été estimée d'après le revenu des données du budget des cultures dont la description suit. Les coûts de chaque réservoir sont présentés au Tableau D-34.

D.5.7.2. Budgets des Cultures. Pour estimer les avantages résultant du projet, on compare les conditions de la région sans le projet aux conditions prévues avec le projet, une fois l'irrigation disponible et appliquée. Le riz est cultivé sous les deux conditions. On estime le changement prévu du rendement des récoltes, et les revenus bruts et nets résultant du projet d'après les études de budget des cultures. Sous la condition "sans le projet", le budget rizicole est pour le riz aquatique non salin, transplanté, moissonné à la faucille, et avec batteuse à pédale. Sous la condition "avec le projet", le budget rizicole suppose le même type de culture et le même niveau technologique, mais avec l'irrigation en plus. Dans les deux cas, la terre subit une préparation manuelle.

Une période d'aménagement de cinq ans est prévue sous les deux conditions. Le changement principal, "sans le projet", par rapport aux méthodes de culture actuelles, est la moisson à la faucille et à la batteuse à pédale (alors que la méthode actuelle se fait à la main), plus l'apport et l'utilisation de graines de meilleure qualité, d'engrais, et du service de vulgarisation.

"Avec le Projet", le rendement progressivement augmenté des récoltes est attribué à l'irrigation et à une utilisation un peu plus poussée de l'engrais par rapport à "sans le projet". Les Tableaux D-35 et D-36 présentent les budgets de cultures utilisés dans l'analyse. Le Tableau D-37 donne la liste des budgets. En analysant la valeur de la production perdue dans les régions inondées par les réservoirs, on a utilisé le budget "amélioré, sans le projet". Il est supposé que les revenus et rendements agricoles sous la condition améliorée sans le projet s'appliquent à la fois à la terre perdue à l'inondation et à la terre destinée à être irriguée par l'eau des réservoirs. Les aires irriguées par chaque réservoir et les revenus nets des cultures prévus pour chaque zone sont présentés au Tableau D-38.

D.5.7.3. Prix et Coûts Economiques. Les prix et coûts économiques utilisés dans l'analyse des réservoirs d'emmagasinement sont les mêmes que ceux utilisés dans l'analyse du projet de forage superficiel et décrits à la Section D.3.6.3.

Tableau D-34

RESUME DES COUTS DE PROJET DE RESERVOIR

Détail	Baraka Poukao	Blaz	Camara- counda	Ka- niaka	San- thiaba
A. Coûts d'Investissement (Millions de CFA)					
Evacuateur	8,9	13,0	13,9	13,2	8,4
Remblai	7,6	7,8	9,4	21,2	29,5
Canal	3,2	8,1	6,2	9,0	9,1
Route	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,9</u>	<u>0</u>	<u>0,9</u>
TOTAL	19,9	29,1	30,4	43,4	47,9
B. Coûts d'Exploitation et d'Entretien Annuels ^{1/} (CFA)					
	356 000		548 000		926 000
		518 000		803 000	
C. Valeur Economique de la Terre Inondée: (CFA/ha)					
	(s'applique à toutes les zones du réservoir)				
Sécheresse - De base		29 100			
Sécheresse - Améliorée ^{1/}		37 000			
Normal - De Base		65 700			
Normal - Amélioré ^{1/}		114 000			
D. Aire Inondée (ha)					
	2,3	2,8	2,1	4,0	6,0

^{1/} Le revenu amélioré sans irrigation s'accroît sur une période d'aménagement de 5 ans. Le plan de renforcement du revenu est de 75, 80, 85, 90, et 100 pour cent du revenu de plein développement dans les années 2 à 6 du projet.

Tableau D-35

BUDGET DES RECOLTES DE L'ETUDE N° I-9

RIZ - AQUATIQUE, NON SALE TRANSPLANTE, MOISSON MANUELLE
A LA FAUCILLE, BATTEUSE

Article	Quantité		Valeurs - F.CFA/ha			
	ETUDE		SECHERESSE		NORMALE	
	Secher.	Norm.	Ferme	Econ.	Ferme	Econ.
Rendement (kg/ha)	2 000	3 000				
Recette Totale			120 000	174 000	180 000	261 000
Main-d'Oeuvre:						
*Préparation de la terre	65	65				
*Semaille Transplant.	50	50				
*Fertilisant	3	3				
*Lutte contre rava-geuses et mauvaises herbes	3	3				
*Moissonnage	20	30				
*Battage	7	10				
*Irrigation	-	-				
*Divers	9	11				
TOTAL MAIN-D'OEUVRE	157	172		69 100		75 700
Autres Entrées:						
*Graines (kg/ha)	45	45	3 300	4 900	3 300	4 900
*Engrais (kg/ha)	250	250	12 500	35 300	12 500	35 300
*Pesticide (kg/ha)	10	10	10 000	10 000	10 000	10 000
*Petits Outils (CFA)			700	700	700	700
*Capital O&M						
*Location Batteuse			8 000	8 000	12 000	12 000
*Sacs			4 000	4 000	6 000	6 000
*Vulgarisation				5 000		5 000
TOTAL DES COUTS						
*Avec Main-d'Oeuvre			30 500	67 900	44 500	73 900
*Sans Main-d'Oeuvre				137 000		149 600
Recettes Nettes/Homme-jour			519	676	788	1 088
Recettes Nettes/Hectare			81 500	37 000	135 500	111 400

Tableau D-36

BUDGET DES RECOLTES DE L'ETUDE N° I-19
RIZ - AQUATIQUE, IRRIGUE, REPIQUE,
MOISSON MANUELLE, A LA FAUCILLE, BATTEUSE A PEDALE

Article	Quantité		VALEURS - CFA/ha	
	ETUDE		SECHERESSE ET NORMALE	
	Sécheresse	et Norm.	Ferme	Econ.
Rendement (kg/ha)	4	200		
Recette Totale			252 000	365 400
<u>Main-d'Oeuvre:</u>				
*Préparation de la terre	75 ^{b/}			
*Semaille Transplant.	50			
*Fertilisant	3			
*Lutte contre ravageurs et mauvaises herbes	3			
*Moisson	41			
*Battage	16			
*Irrigation	14			
*Divers	12			
TOTAL MAIN-D'OEUVRE	214			96 700
<u>Autres Facteurs de Production:</u>				
*Graines (kg/ha)	90		6 700	9 700
*Engrais (kg/ha)	300		15 000	42 300
*Pesticide (kg/ha)	10		10 000	10 000
*Petits Outils (CFA)			700	700
*Capita O&M			16 800	16 800
*Location Batteuse			8 400	8 400
*Sacs				
*Vulgarisation				5 000
TOTAL DES COUTS				
*Avec Main-d'Oeuvre			57 600	92 900
*Sans Main-d'Oeuvre				189 600
Recettes Nettes/Homme-jour			909	1 273
Recettes Nettes/Hectare			194 400	175 800

- a/ Le même budget est utilisé pour le scénario de sécheresse et le scénario normal.
- b/ Soixante jours pour la préparation des terres, quinze jours pour l'entretien des terres.

Tableau D-37

SOMMAIRE DES BUDGETS DE CULTURES UTILISES
DANS L'ANALYSE ECONOMIQUE DES PROJETS DE RESERVOIR

ARTICLE	AMELIORE SANS LE PROJET		AMELIORE AVEC LE PROJET
	Sécheresse	Normal	
Rendement (kg/ha)	2 000	3 000	4 200
Main-d'Oeuvre Requise (Homme jours/ha)	157	172	214
Valeur Economique du Revenu Brut (CFA/ha)	174 000	261 000	365 400
Valeur Economique des Coûts de Production Fermière (CFA/ha)	137 000	149 500	189 600
Valeur Economique du Re- venu Net des Cultures (CFA/ha)	37 000	111 500	175 800
Période du Renforcement des Profits (ans)	5	5	5

Tableau D-38

AIRE DES PROJETS DE RESERVOIR
REVENU DES CULTURES NET AVEC IRRIGATION

ARTICLE	Baraka Poukao	Blaz	Camara- Counda	Kaniaka	Santhiaba
Aire Irriguée (ha/an)	6,5	12,5	8,7	17,2	20,1
<u>Valeur Economique du Revenu Net Des Cultures</u>					
1) Avec Irrigation ^{1/} Revenu Annuel (1000 CFA)	1 142,7	2 197,5	1 529,5	3 023,8	3 533,6
2) Sans Irrigation ^{2/} Revenu Annuel (1000 CFA)	240,5	462,5	321,9	636,4	743,7
3) Augmentation Totale Résultant du Projet (1000 CFA/an)	902,2	1 735,0	1 207,6	2 387,4	2 789,9

^{1/} Avec irrigation après un développement de 5 ans. Le revenu de culture irriguée CFA/ha/an, est le même sous les scénarios normal et de sécheresse (Tableau D-36).

^{2/} Budget amélioré sans irrigation (37 000 CFA/ha/an), après un développement de 5 ans (Tableau D-35).

D.5.7.4. Analyse Economique. Les flux des coûts et profits de chaque projet ont été projetés sur une période de 40 ans et on a calculé leur taux de rentabilité interne. Les résultats de cette analyse en fonction du TRI de chaque projet se trouvent au Tableau D-39.

D'après les données et les hypothèses utilisées dans cette analyse, on voit que les projets de réservoir ne produisent pas de revenus suffisants pour justifier l'intégration des installations dans le plan d'aménagement.

Compte tenu des pertes de production dans les zones submergées par les réservoirs, l'accroissement de la production grâce à l'irrigation est insuffisant pour justifier les coûts de construction et d'exploitation des installations. Sous le scénario normal, et en prévoyant les coûts additionnels de réparation ou de remplacement de canaux, les taux de rentabilité seraient inférieurs aux revenus du Tableau D-39.

Dans une des études de sensibilité, au site de Santhiaba, on a exclus des coûts du projet la valeur de la production perdue afin de faire état de la possibilité qu'avec une agriculture de décrue une partie de la terre inondée puisse être cultivée une fois l'eau du réservoir épuisée au cours de la saison d'irrigation. Ce changement fit augmenter marginalement le taux de rentabilité interne de 1,3 pour cent à 2,0 pour cent. Sous les mêmes conditions, les avantages du projet furent augmentés en supposant un rendement de riz irrigué de 4500 kilogrammes par hectare (l'analyse initiale supposait 4200 kilogrammes par hec-

tare). Ce changement fit passer le taux de rentabilité interne du projet de 2,0 pour cent à 2,8 pour cent (Tableau D-39).

Tableau D-39

RESUME DE L'ANALYSE ECONOMIQUE DE RESERVOIR
RESUME DES PROJETS

	<u>Baraka Poukao</u>	<u>Blaz</u>	<u>Camara- counda</u>	<u>Kaniaka</u>	<u>Santhiaba</u>
Taux de Rentabilité Economique Interne (%)	0 ¹ / ₁	1,9 ¹ / ₁	-1,5 ¹ / ₁	1,1 ¹ / ₁	1,3 ¹ / ₁ 2,0 ² / ₁ 2,8 ² / ₁

-
- 1/ Aucun remplacement de canal n'est prévu; la valeur de la terre submergée est basée sur le rendement des cultures et le revenu sous le scénario de sécheresse.
- 2/ Aucun remplacement de canal n'est prévu; la valeur de la terre submergée est exclue des coûts de projet.
- 3/ Semblable à (2), avec, en plus, un rendement de riz augmenté de 4200 à 4500 kg/ha.

D.6. Barrage Anti-Sel

La Phase I n'a identifié qu'un seul site, Grand Agnack, comme site potentiel de barrage anti-sel dans la Zone IX. Au cours de l'étude de la Phase II, ce site a gardé son attrait de site potentiel de développement.

D.6.1. Etudes Topographiques

L'équipe topographique de la PIDAC fit des études topographiques de l'ancienne chaussée, de la nouvelle route, des coupes transversales du marigot au niveau du vieux pont et du nouveau pont, et de la superficie du sol des deux côtés du marigot de Sindone (Agnack) sur une distance d'environ 100 mètres en amont du nouveau pont. Un arpentage fut aussi fait de la crête de la banquette de la route traversant la vallée de Sindone, afin de déterminer une élévation maximum de crête pour un ouvrage anti-sel. En outre on a obtenu de nombreuses coupes transversales de la vallée sur une distance d'environ 7 kilomètres en amont du site du barrage, à partir de levés topographiques antérieurs, afin de déterminer le volume disponible de stockage pour l'écoulement des eaux d'inondation. Toutes les élévations mesurées sont référenciées au nouveau repère IGN (une élévation admise de 10,0 mètres) récemment établi sur le mur en aile sud-ouest du pont de la grand'route.

Le consultant fit aussi le levé de la hauteur du seuil des vannes glissantes, la hauteur du seuil de l'évacuateur et les divers niveaux de marée aux ouvrages de Diagon sur l'estuaire de Singher (Adéane). Les hauteurs sont calculées par rapport

au point de repère récemment établi sur le pont principal de Singher.

Les nouveaux points de repère sur les ponts de l'estuaire de Sindone et de Singher résultent des études de tracé de la grand'route de Ziguinchor à Kolda faits par les Ponts et Chaussées. On prévoit que les élévations IGN (Institut Géographique National) du repère seront éventuellement à notre disposition^{1/}. Ce repère peut être utilisé pour relier au niveau de la marée à Agnack les prises de mesure des marées faites à d'autres emplacements. Aux fins de la présente étude de factibilité, nous avons utilisé une élévation moyenne de haute marée de 8,4 mètres et une élévation moyenne de basse marée de 8,0 mètres en nous basant sur les données de l'étude. Ces élévations furent confirmées par des études des niveaux des hautes et des basses marées au mois de juin 1983.

D.6.2. Calculs de Barrages

Deux sites furent considérés pour les ouvrages: (1) le vieux pont, et (2) l'amont du nouveau pont. Le premier site, c'est-à-dire le vieux pont et sa chaussée, a été choisi. L'autre variante aurait exigé la construction d'une digue toute neuve et très chère, reliée à la route. L'ancienne chaussée ne demandera qu'une petite amélioration et devra être rehaussée pour lui permettre de servir d'endiguement efficace.

^{1/} Repère de Sindone = 3,07 mètres (nov. 83)

Environ 350 mètres de la banquette de l'ancienne route du côté ouest du marigot ont besoin d'être rehaussés en moyenne de 30 centimètres pour atteindre une hauteur de 9m,6, environ 20 centimètres en-dessous de la hauteur la plus basse de la nouvelle route. On a besoin d'un nouvel endiguement de 70 mètres de long pour fermer l'estuaire de Sindone.

Nous nous sommes servi des résultats de l'étude de classification des terres pour estimer la superficie des terres qui seraient inondées par un barrage anti-sel à Agnack (900 hectares). Nous avons établi une courbe de volume de stockage d'eau d'inondation (Figure D-16) en faisant une corrélation des études de profil de la vallée et des photographies aériennes. En plus de ce volume, il y a environ 500.000 mètres cubes de stockage dans les canaux à un niveau inférieur à la marée basse moyenne. Une partie importante de ce volume sera disponible pour la mise en valeur. Nous avons utilisé des procédés hydrologiques décrits au Chapitre 3 du Rapport Principal pour déterminer les volumes de ruissellement et la courbe des débits d'une crue de période de retour de 50 ans ($191 \text{ m}^3/\text{s}$ de pointe de débit) pour le site (Figure B-8c)

Nous préconisons l'utilisation de quatre clapets à marée de 90 centimètres de diamètre rattachés à un mur en béton armé et faisant partie intégrante des ouvrages de débouché. Une crête d'évacuateur à chute rectangulaire à une élévation de 8,7 mètres,

formera une partie du mur. Les eaux d'inondation dépassant la capacité de clapets s'écouleront par dessus la crête de l'évacuateur et retomberont dans l'eau de l'estuaire en dessous. On pourra rattacher le clapet à l'un ou l'autre côté du mur pour permettre le drainage normal et pour la mise en valeur, comme nous le décrivons à la Section D.6.4.

On choisit une revanche de 0,2 mètre au-dessus de la hauteur du débit de crue nominal par dessus la crête de l'évacuateur. La digue étant à 9,6 mètres, la hauteur de crue nominale est de 9,4 mètres.

En nous servant de cette élévation normale comme l'élévation maximum admissible pour la crue de période de retour de 50 ans, de la courbe de volume de stockage (Figure D-16), et des équations d'orifice et de déversoirs décrites à la Section D.5.2.1., nous avons fait passer la courbe des débits de crue (Figure B-8c) par les quatre clapets et les déversoirs de différentes longueurs. Un fonctionnement correct des clapets à marée est admis, plaçant le niveau de l'eau en amont à l'élévation de marées basses et plaçant donc le volume intégral de stockage à la disponibilité du stockage provisoire.

Le calcul final du barrage comporte une crête de déversoir de 14 mètres de long donnant lieu à une décharge de débit de pointe de 23,5 mètres cubes par seconde et une élévation de 9,4 mètres. La Figure D-17 donne le rapport informatique de cet écoulement des eaux de crue. L'ouvrage lui-même est montré à la Figure D-18.

D.6.3. Construction des Barrages

On enfoncera deux rangées de palplanches dans la zone de la banquette de l'ancienne route près de l'extrémité occidentale du vieux pont à environ -3,5 mètres. Une partie du matériau entre les deux rangées de pilotis sera enlevée à environ -3,5 mètres, et remplacée par un remblai de sous-sol compacté provenant du plateau. Les clapets à marée seront implantés à un niveau inférieur à la marée basse dans un ouvrage en béton armé de 25 mètres environ de long au dessus du rideau de palplanches. Lorsque l'ouvrage de vidange sera terminé, et les sections d'entrée et de sortie excavées jusqu'à 7,0 mètres, on utilisera le sous-sol des séries 301 et 303 des Unités Cartographiques pour former un endiguement entre l'extrémité ouest du vieux pont et l'extrémité est du nouveau pont pour fermer l'estuaire. Un segment bas de 10 mètres de long (El. 9,5) sera laissé dans la digue et servira de brèche lors des grandes crues. Le même type de sous-sol servira à améliorer et à rehausser le remblai de la vieille route.

D.6.4. Calculs du Système de Mise en Valeur et de Drainage

Il sera nécessaire de munir l'ensemble d'un réseau de canaux ouverts dans la vallée en amont du barrage, afin de charrier l'eau salée vers les terres pour faciliter le processus d'échange cationique et pour servir de drains aux eaux acides et salines ainsi qu'aux eaux douces excédentaires dans le sol (voir la Section D.6.6.). En nous fondant sur l'étude des photographies aériennes et sur nos études au site, nous avons établi que le réseau de drainage couvrira environ sept kilomètres en amont

du site de barrage et comportera des canaux de drainage ouverts de 300 mètres de long espacés de 150 en 150 mètres et construits perpendiculairement à l'estuaire de Sindone. Ce réseau de drainage s'étendra sur environ 7 kilomètres à l'amont du site du barrage. Les premiers 150 mètres d'un canal de drainage sur deux aura cinq mètres de large pour permettre le passage d'une péniche munie d'une pompe vers les zones de mise en valeur. Le reste des canaux de drainage aura deux mètres de large.

Le matériau excavé sera amoncelé sous forme de digues de part et d'autre des canaux. Des digues d'environ 0,6 mètre de haut seront construites des deux côtés de l'estuaire et de ses ramifications, et, de même, à 150 mètres à l'intérieur des terres, parallèlement à l'estuaire. Ce système de digues formera des superficies d'environ 2,2 hectares, devant recevoir l'eau salée qui sera pompée au cours des activités de mise en valeur. La Figure D-19 montre schématiquement une partie typique du système de mise en valeur.

D.6.5. Construction du Réseau de Drainage

Des canaux de drainage et des digues seront construits une fois que le barrage lui-même aura été terminé et que la première étape d'assèchement des terres aura commencé. Vu qu'il faudra construire environ 60 kilomètres de canaux et qu'on prévoit des terres toujours très mouillées et friables, nous proposons l'utilisation, pour la construction des canaux de drainage, de pelles en fouille dont le poids soit suffisamment faible pour n'exercer qu'une pression correspondamment faible sur le sol.

Les digues perpendiculaires aux canaux seront de dimensions relativement faibles. Elles seront construites à la main à partir des matériaux du sol sur place.

D.6.6. Exploitation du Barrage et Mise en Valeur des Terres

Pendant la saison pluvieuse, les vannes s'ouvriront dès que le niveau de l'eau en amont dépassera le niveau de la marée. Ceci portera au minimum la superficie se trouvant inondée pour de longues durées, et fournira un volume de stockage provisoire supérieur à tout écoulement d'averse éventuel. L'ouvrage en béton sera suffisamment large, cependant, pour laisser passer sans encombre la crue nominale même si le niveau de l'eau en amont est à la hauteur de la marée haute au début de l'écoulement d'averse.

Pendant la première saison sèche après la construction, les vannes seront ouvertes à tout moment où le niveau de l'eau en amont dépasse le niveau de la marée. Ceci permettra au sol en amont de l'ouvrage qui aura préalablement été affecté par la marée, de drainer et de s'assécher, et permettra aussi aux sols sulfurés de s'oxyder et de s'acidifier. Après cette oxydation, qui pourrait demander trois ou quatre mois, on rattachera les clapets à marée au côté amont de l'ouvrage et l'eau salée s'écoulera vers la zone en amont du barrage pour en porter le niveau jusqu'à celui de la marée haute.

On montera une pompe capable d'un débit d'environ 450 litres par seconde sur une petite péniche à faible tirant d'eau qui parcourra l'estuaire et les grands canaux de drainage. Un pompage d'eau salée s'effectuera vers les aires de superficie de 2,2 hec-

tares pour un échange cationique qui réduira l'acidité du sol. L'eau salée contient des cations qui par un processus d'échanges, remplaceront les ions d'hydrogène et feront baisser l'acidité produite par l'oxydation des sulfures à des niveaux acceptables. Il sera nécessaire de répéter ce cycle d'assèchement, d'oxydation, d'acidification, et d'échange cationique, 3 ou 4 fois, un total d'environ un mètre d'eau salée traversant le sol pour le déacidifier. Ensuite, on peut lessiver les sols à l'eau douce provenant des précipitations et du ruissellement. A ce moment-là, la partie de la vallée en amont de l'ouvrage anti-sel constituera une zone à eau douce continue. Par la suite, on ne rattachera les clapets à marée que du côté fleuve de l'ouvrage pour opérer le charriage du ruissellement excédentaire.

Deux péniches à pompes seront utilisées au cours de la première saison de pompage (environ six mois de saison sèche). Au cours de la seconde saison de pompage, trois autres péniches compléteront la dé-acidification. Comme nous l'avons dit plus haut, un mètre d'eau salée devra traverser le sol pour le déacidifier.

D.6.7. Effets Potentiels sur l'Environnement

Les effets sur l'environnement du barrage anti-sel seront évidents au dessus et en dessous du barrage. Ils dépendront largement de l'altération du régime salin-eau douce du marigot. Si la masse d'eau en amont du barrage reste douce, toute mangrove éventuelle y sera remplacée par une végétation mieux adaptée à l'eau douce. Etant donné qu'on permettra à cette eau de s'assécher pendant la saison sèche, la végétation se limitera à des ar-

bres qui tolèrent les crues sur les bords et à des algues dans les zones qui restent mouillées pendant la plus longue période de temps. On peut s'attendre à ce que l'élimination de la mangrove, qui sert d'habitat naturel à de nombreuses espèces de poissons, aura une influence néfaste sur l'industrie de la pêche, ce qui est arrivé dans d'autres régions qui possèdent des ouvrages anti-sel.

D.6.8. Analyse Economique

L'analyse économique du barrage anti-sel D'Agnack relie les avantages économiques provenant d'une production agricole accrue dans les zones influencées par le barrage aux coûts d'implantation et d'exploitation de l'installation. Nous avons divisé les zones qui bénéficieront du barrage en catégories selon le degré auquel le barrage influencera les rendements agricoles et le revenu agricole brut et net. La première catégorie de terre est représentée par la terre qui, sous les conditions actuelles, ne peut pas être cultivée. Cette terre est à présent inculte et continuera de l'être à l'avenir sans le projet. La seconde catégorie de terre qui bénéficie du projet est représentée par la terre qui peut être cultivée sous les conditions actuelles mais qui souffre de la condition saline et de rendements agricoles relativement faibles. La première catégorie représente un total de 550 hectares, et la seconde 350.

D.6.8.1. Coûts du Projet. Les coûts sont classifiés de la manière suivante: (1) coûts de capitaux et d'exploitation encourus au cours de la période de construction et de mise en va-

leur des terres, et (2) coûts annuels qui seront encourus une fois le projet mis en oeuvre.

Les coûts de capitaux principaux sont le barrage, les drains, les digues, et la mise en valeur des terres. Nous prévoyons une période de construction et de mise en valeur des terres de 4 ans. Pendant ce temps, des coûts d'exploitation seront encourus à mesure que seront installés le barrage, les drains et les digues.

Les coûts de capitaux et les coûts d'exploitation ont été séparés en éléments en monnaie locale et éléments en devises, ces derniers convertis en monnaie locale en utilisant le prix comptabilité de 385 CFA le dollar U.S.

Le Tableau D-40 donne un résumé des coûts de capitaux et d'exploitation d'année en année.

Tableau D-40

BARRAGE ANTI-SEL D'AGNACK
COUTS AU COURS DE LA PERIODE DE CONSTRUCTION

COMPOSANTES DES COUTS	ANNEE				TOTAL
	1	2	3	4	
COUTS CAPITAUX					
<u>Barrage:</u> Dollars U.S.	(17.000)	0	0	0	(17.000)
\$ en CFA	6.545.000				6.545.000
CFA sur place	74.800.000				74.800.000
<u>Drains:</u> Dollars U.S.	0	(163.200)	(244.800)	0	(408.000)
\$ en CFA		62.832.000	94.248.000		157.080.000
CFA sur place		6.560.000	9.840.000		16.400.000
<u>Digues:</u> CFA sur place		3.960.000	5.940.000	0	9.900.000
Réclamation, \$ U.S.			(120.800)	(181.200)	(302.000)
\$ en CFA			46.508.000	69.762.000	116.270.000
CFA sur place			9.320.000	13.980.000	23.300.000
COUTS D'EXPLOITATION					
<u>Barrage:</u> Dollars U.S.	0	(255)	(255)	(255)	(765)
\$ en CFA	0	98.000	98.000	98.000	294.000
CFA sur place		1.000.000	1.000.000	1.000.000	3.000.000
<u>Drains:</u> Dollars U.S.			(4.880)	(7.320)	(12.200)
\$ en CFA			1.879.000	2.818.000	4.697.000
CFA sur place			200.000	300.000	500.000
<u>Digues:</u> CFA sur place			80.000	120.000	200.000
TOTAUX: Dollars U.S.	(17.000)	(163.455)	(370.735)	(188.775)	(739.965)
<u>CFA:</u> sur place et devises	81.345.000	74.450.000	169.113.000	88.078.000	412.986.000

D.6.8.2. Budgets Agricoles. Pour faire l'estimation des bénéfices attribuables à l'implantation et l'exploitation du barrage anti-sel d'Agnack, nous avons comparé la condition "sans le projet" à la condition "avec le projet". Sous la condition "sans le projet", 550 hectares de terre (Catégorie 1) restent incultes à cause de problèmes de salinité, donnant lieu à des rendements agricoles et à des revenus nuls. Il est admis qu'à l'avenir aucun revenu ne sera réalisé sur cette terre, de quelque source que ce soit. Pour la terre classée sous la seconde catégorie soit 350 hectares, la condition "sans le projet" est basée sur un budget agricole de base pour le riz qui admet un riz aquatique et transplanté ainsi que des conditions salines comme montré au Tableau D-41. Nous avons modifié le budget de base en admettant que la moisson se fera à la faucille à l'aide de batteuses à pédale. Tous les autres apports de matériel sont admis comme étant les mêmes que dans les conditions de base d'origine.

La condition "avec le projet" est représentée par le budget agricole pour le riz aquatique, mis en valeur, transplanté, avec protection anti-sel (D-42). Le Tableau D-43 résume les budgets utilisés dans l'analyse économique.

Nous avons admis une période de 5 ans pour l'accumulation graduelle des avantages économiques, dans les deux conditions, "avec" et "sans". Le changement principal dans le cas de la condition "sans le projet" est constitué par la conversion à la méthode de moisson à la faucille assistée de batteuses à pédale. Ce changement fera considérablement diminuer la main-

d'oeuvre nécessaire sur place, réduisant le travail d'environ 270 jours sous la méthode actuelle de moisson à 170 jours avec la faucille. Cette diminution des coûts de main-d'oeuvre augmente la valeur économique du revenu agricole net. La méthode de moissonnage améliorée prendra cinq ans à bien s'établir.

"Avec le projet", la période d'établissement des services de vulgarisation, de l'utilisation des engrais, des pesticides, et des graines de qualité supérieure prendra également cinq ans.

Cette accumulation graduelle des avantages économiques du projet figure au Tableau D-44.

D.6.8.3. Prix et Coûts Economiques. Les prix et coûts économiques utilisés dans les analyses du barrage anti-sel d'Agnack sont les mêmes que ceux utilisés dans les analyses du projet des puits superficiels, et la description en a été faite à la Section D.3.6.3.

Tableau D-41

BUDGET DES CULTURES DE L'ETUDE N° B-4 - BASE MODIFIEE^{1/}RIZ - AQUATIQUE, MANGROVE, SALIN, REPIQUE,
MOISSON MANUELLE, A LA FAUCILLE, BATTEUSE

Situation	Quantité	VALEURS - CFA/ha	
	ETUDE	NORMALE ^{2/}	
	Norm.	Ferme	Econ.
Rendement (kg/ha)	2 000		
Recette Totale		120 000	174 000
<u>Main-d'Oeuvre:</u>			
*Préparation de la terre	75		
*Semaille Transplant.	50		
*Fertilisant	3		
*Lutte contre ravageurs et mauvaises herbes	3		
*Moisson	20		
*Battage	7		
*Irrigation	0		
*Divers	12		
TOTAL MAIN-D'OEUVRE	170		76 200
<u>Autres Facteurs de Production</u>			
*Graines (kg/ha)	40	3 000	4 300
*Engrais (kg/ha)	0	0	0
*Pesticide (kg/ha)	0	0	0
*Petits Outils (CFA)		400	400
*Capital E&E			
*Location Batteuse		8 000	8 000
*Sacs		4 000	4 000
*Vulgarisation			
TOTAL DES COUTS			
*Avec Main-d'Oeuvre		15 400	16 700
*Sans Main-d'Oeuvre			92 900
Recettes Nettes/Homme-jour			925
Recettes Nettes/Hectare		104 616	81 100

- ^{1/} Le budget de base modifié dans des conditions salines inclut le moissonnage à la faucille et la batteuse à pédale. Tous les autres facteurs de production sont les mêmes que pour le budget de base originel.
- ^{2/} Les précipitations sous le scénario de sécheresse sont insuffisantes pour justifier ce type de culture.

Tableau D-42

BUDGET DES RECOLTES DE L'ETUDE N° I-10

RIZ - AQUATIQUE, MIS EN VALEUR, MANGROVE, PROTECTION SALINE,
REPIQUE, RECOLTE MANUELLE A LA FAUCILLE, BATTEUSE A PEDALE

Situation	Quantité		VALEURS - F.CFA/ha	
	ETUDE		NORMALE	
	! Norm. !	! Ferme !	! Econ. !	
Rendement (kg/ha)	! 4 000 !	!	!	!
Recette Totale	!	! 240 000 !	!	! 348 000 !
<u>Main-d'Oeuvre:</u>	!	!	!	!
*Préparation de la terre	! 75 ^{a/} !	!	!	!
*Semaille Transplant.	! 50 !	!	!	!
*Fertilisant	! 3 !	!	!	!
*Lutte contre ravageuses et mauvaises herbes	! 3 !	!	!	!
*Moisson	! 39 !	!	!	!
*Battage	! 15 !	!	!	!
*Irrigation	! 0 !	!	!	!
*Divers	! 12 !	!	!	!
TOTAL MAIN-D'OEUVRE	! 197 !	!	!	! 89 000 !
<u>Autres Dépenses:</u>	!	!	!	!
*Graines (kg/ha)	! 90 !	! 6 700 !	!	! 9 700 !
*Engrais (kg/ha)	! 300 !	! 15 000 !	!	! 42 300 !
*Pesticide (kg/ha)	! 10 !	! 10 000 !	!	! 10 000 !
*Petits Outils (CFA)	!	! 700 !	!	! 700 !
*Capital E&E	!	!	!	!
*Location Batteuse	!	! 16 000 !	!	! 16 000 !
*Sacs	!	! 8 000 !	!	! 8 000 !
*Vulgarisation	!	! 0 !	!	! 5 000 !
<u>Total des Coûts</u>	!	!	!	!
*Avec Main-d'Oeuvre	!	! 56 400 !	!	! 91 700 !
*Sans Main-d'Oeuvre	!	!	!	! 180 700 !
Recettes Nettes/Homme-jour	!	!	!	! 1 301 !
Recettes Nettes/Hectare	!	! 183 932 !	!	! 167 300 !

a/ Soixante jours de préparation des terres, 15 jours d'entretien.

Tableau D-43

RESUME DES BUDGETS AGRICOLES^{1/}
 UTILISES DANS L'ANALYSE DU BARRAGE ANTI-SEL D'AGNACK

Rubrique	Cas de Base, Modifié, Sans Projet ^{2/}	Amélioré Avec le Projet
Rendement, kg/ha	2.000	4.000
Main-d'oeuvre Exigée, jours-personnel/ha		
Valeur Economique du Revenu Brut, CFA/ha	174.000	348.000
Valeur Economique de la Production Agricole, CFA/ha	92.900	180.700
Valeur Economique du Revenu Agricole Net CFA/ha	81.100	167.300
Période de Démarrage, ans	5	5

^{1/} On a utilisé le même budget pour les scénarios grande sécheresse et normal.

^{2/} Modifié pour refléter une moisson à la faucille avec des batteuses à pédales.

Tableau D-44

BARRAGE ANTI-SEL D'AGNACK
CALENDRIER DE CUMUL DES AVANTAGES ECONOMIQUES

Rubrique	ANNEE									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-40
I. TERRES NOUVELLES MISES EN VALEUR										
Superficie supplémentaire, ha	0	0	0	0	220	330	0	0	0	0
Superficie cumulative, ha	0	0	0	0	220	550	550	550	550	550
Avantage/an = 167.300 CFA ^{1/}					60	70/60	80/70	90/80	100/90	100
Rapport au total (%)	0	0	0	0	22.084	58.889	68.091	77.292	86.494	92.015
Total Cumulatif, (1000 CFA)	0	0	0	0	22.084	58.889	68.091	77.292	86.494	92.015
Superficie										
II. AMELIORATION DES TERRES CULTIVEES ACTUELLES										
Superficie supplémentaire, ha					140	210	0	0	0	0
Superficie Cumulative	0	0	0	0	140	350	350	350	350	350
Avantage/ha/an = 86.800 CFA ^{2/}					60	70/60	80/70	90/80	100/90	100
Rapport au total (%)	0	0	0	0	29.375	78.332	90.573	102.811	115.051	122.395
Total Cumulatif, (1000 CFA)	0	0	0	0	29.375	78.332	90.573	102.811	115.051	122.395
Superficie										
I+II. Total Cumulatif, Projet	0	0	0	0	29.375	78.332	90.573	102.811	115.051	122.395
(1000 CFA)										

^{1/} Source: Budget Agricole I-10, Annexe D, Tableau D-42

^{2/} Source: Budgets Agricoles I-10 et B-4, Annexe D, Tableaux D-42 et D-41.

D.6.8.4. Analyse Economique. Nous avons projeté les flux des coûts et des profits sur une période de 40 ans, et calculé la durée estimée du barrage ainsi que le taux de rentabilité interne du projet. Nous avons fait une variante de projection des coûts en admettant qu'il sera nécessaire de remplacer les drains et les digues après un laps de 20 ans. Le Tableau D-45 donne les flux projetés des coûts et des profits ainsi que le taux de rentabilité interne.

Les résultats montrent que, si l'on ne considère pas le remplacement des drains et des digues, le taux de rentabilité interne du projet est de 17,5 pour cent. En tenant compte du remplacement des drains et des digues au cours des années 20 et 21 du projet, le taux de rentabilité interne baisse légèrement à 17,1 pour cent. Sous les conditions avec le projet, à plein développement, on prévoit que la production totale de riz sera augmentée de 2900 tonnes par an. Cette augmentation réduirait les importations de riz de la Casamance, qui, à l'heure actuelle, se chiffrent en moyenne dans les 30.000 tonnes métriques par an.

L'analyse indique que le barrage d'Agnack représente un investissement économiquement attrayant et devrait être inclus dans le plan global de développement de la région de la Basse Casamance.

Tableau D-45

FLUX DES COÛTS ET PROFITS DU BARRAGE ANTI-SEL D'AGNACK
(1000 CFA)

Année	Coûts de la Période de Cons- truction	Coûts de la Période d'Exploi- tation	Total des Coûts	Profits Economiques du Projet	Profits Nets
1	81.345	0	81.345	0	- 81.345
2	74.450	0	74.450	0	- 74.450
3	169.113	0	169.113	0	-116.113
4	88.078	0	88.078	0	- 88.078
5	0	2.598	2.598	41.527	+ 38.929
6	0	6.495	6.495	81.371	74.876
7	0	6.495	6.495	93.610	87.115
8	0	6.495	6.495	105.849	99.354
9	0	6.495	6.495	116.874	110.379
10-19	0	6.495	6.495	122.395	115.900
20	91.690 ^{1/}	6.495	98.185	122.395	24.210
21	91.690 ^{1/}	6.495	98.185	122.395	24.210
22-40	0	6.495	6.495	122.395	115.900

Taux de Rentabilité Interne = 17,1 pour cent.

^{1/} En remplaçant digues et drains.

D.6.8.5. Analyse Financière. L'analyse financière du barrage d'Agnack a comparé les coûts et les profits du projet en utilisant les prix de marché réellement payés pour les matériaux nécessaires au projet ainsi que les produits qui en résultent. Les coûts ont été ajustés pour tenir compte des taxes, des impôts, et des subventions gouvernementales, ainsi que d'autres coûts financiers des intrants agricoles et des revenus financiers par hectare, présentés aux Tableaux D-41 et D-42. Le taux de revenu financier est de 16,5 pour cent, comparé au taux de revenu économique du cas de base de 17,5 pour cent.

D.6.8.6. Etude de Sensibilité. Nous avons fait une étude de sensibilité pour montrer l'influence que le changement des valeurs des flux des coûts et des profits projetés ont sur le mérite économique du projet. Dans cette analyse, (1) les avantages économiques du projet furent réduits de 20 pour cent par rapport aux valeurs obtenues dans l'analyse primaire; (2) les coûts du projet furent augmentés de 20 pour cent par rapport aux valeurs utilisées dans l'analyse primaire, et (3) nous avons évalué l'effet combiné produit par le changement à la fois des valeurs données aux avantages économiques et aux coûts économiques. Nous en présentons les résultats ci-dessous:

	<u>TRI (%)</u>
Analyse Primaire	17,5
Avantages (- 20%)	14,8
Coûts (+ 20%)	13,8
Avantages (- 20%), Coûts (+ 20%)	11,5

En nous basant sur les résultats de l'étude de sensibilité, le projet continue à engendrer un taux de rentabilité satisfaisant et est considéré techniquement et économiquement faisable.

D.7. Coûts des Installations et Services de Soutien

Les coûts des installations et des services de soutien nécessaires à l'implantation du projet furent estimés. Les installations comportent les hangars où seront emmagasinés les engrais et les pesticides dont on compte faire un usage plus extensif dans le plan de vulgarisation technique. De plus, la production agricole accrue exigera aussi des stockages permanents et temporaires pour les facteurs de production et les extrants, les superficies cultivées améliorant leur rendement d'une part, de nouvelles superficies étant plantées d'autre part. Les coefficients des rapports entre les quantités des intrants et des extrants et les volumes de stockage nécessaires ont été obtenus à partir des données du rapport final du Plan Directeur, Phase I, Volume II, Tableaux 11-4 et 11-6.

Les quantités des intrants et des extrants par hectare se basent sur les données des budgets de cultures. Le schéma des récoltes de l'Aire d'Etude de la Phase II se base sur les données d'utilisation des terres fournies par la SOMIVAC pour les années 1980-83. L'accroissement des terres cultivables représente les superficies rendues cultivables par l'irrigation des forages superficiels et semi-profonds et les projets de barrages anti-sel.

Les coûts de premier établissement de la commercialisation ne furent pas estimés pour l'Aire d'Etude de la Phase II. Les coûts de soutien de premier établissement de la commercialisation pourront être inclus dans l'étude qui déterminera les besoins de la Basse Casamance dans ce domaine particulier.

On commença par calculer le financement prévu pour l'achat des extrants agricoles, ce qui permet d'estimer les coûts des services de soutien de crédit agricole. Les données des budgets de cultures permirent d'estimer les prix monétaires annuels des facteurs de production agricole. Le capital global nécessaire pour acheter les tracteurs à traction animale ou les mototraceurs fut calculé d'après leur usage prévu dans l'Aire d'Etude ainsi que le coût par unité. Le crédit annuel nécessaire comprend le financement des coûts agricoles annuels et les coûts de capital des unités de traction animale et motrice.

Le coût de capital des batteuses pour le riz fut calculé sur l'hypothèse que d'ici la fin de la période d'aménagement, les batteuses à pédale auront été adoptées partout (disons la vingtième année du projet).

Les coûts de soutien tiennent également compte des coûts d'amélioration du réseau routier. L'annexe F présente l'étude des transports, et le plan ainsi que les coûts en ont été le résultat.

Les coûts des installations et des services de soutien supposent qu'on atteindra le niveau de production prévu, que les méthodes culturales auront été améliorées avec la vulgarisation,

et que la traction animale et motorisée se sera répandue sur toute l'Aire d'Etude de la Phase II. On a calculé le coût moyen par hectare dans les zones du projet, ce qui nous a permis d'estimer les coûts globaux du projet, y compris ceux des services de soutien. Les données et hypothèses sur lesquelles s'est fondée l'estimation des coûts de soutien se trouvent aux Tableaux D-46 à D-58.

Tableau D-46

PRIX DES PRODUITS DE BASE BIRD ET PROJECTIONS DES PRIX EN DOLLARS CONSTANTS 1981 A/

PRODUIT DE BASE	Unité	REEL							--ESTIME--		--PROJETE--			MOYEN 1960-70
		1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1985	1990	1995	
ENERGIE														
Pétrole	\$/BBL	16.3	17.2	17.4	14.8	19.2	29.0	34.3	32.8	30.8	32.0	37.0	41.0	4.5
Charbon	\$/MT	-	-	45	46	37	41	55	53	52	51	55	59	-
PROD. ALIMENT.														
Café	E/KG	216	464	720	421	395	326	283	310	294	262	265	315	305
Cacao	E/KG	187	301	514	392	340	248	208	175	174	146	145	173	193
Thé	E/KG	207	226	365	252	222	213	202	191	194	171	184	174	418
Sucre	\$/MT	672	375	243	198	220	602	374	189	196	372	372	372	252
Boeuf	E/KG	199	233	204	246	297	263	248	239	243	256	250	260	308
Bananes	\$/MT	370	378	373	330	336	361	401	373	355	351	326	297	517
Oranges	\$/MT	341	318	345	344	412	373	405	390	379	368	367	361	422
Riz	\$/MT	544	374	369	423	342	418	483	298	306	314	425	418	526
Blé	\$/MT	271	219	157	155	178	182	196	166	160	157	190	190	222
Mais	\$/MT	179	165	129	116	119	119	131	110	121	125	142	142	175
Grain de Sorgho	\$/MT	168	155	120	108	112	123	126	108	115	119	137	137	158
HUILES ET GRAISSES														
Huile de Palme	\$/MT	650	598	719	691	674	556	571	443	402	575	582	580	754
Huile de Coprah	\$/MT	589	615	784	786	1015	641	570	461	421	701	696	687	1078
Huile d'Arachide	\$/MT	1283	1090	1156	1242	916	822	1043	582	551	931	947	945	1032
Huile de Soja	\$/MT	927	644	782	698	683	569	507	446	409	642	648	646	797
Soja	\$/MT	329	340	380	309	307	282	288	243	234	316	365	337	366
Copra	\$/MT	384	404	546	541	694	428	379	312	299	489	506	495	663
Arachide	\$/MT	677	624	748	711	582	470	636	386	359	567	598	581	638
Noix de Palme	\$/MT	310	338	442	419	516	329	317	269	257	360	369	359	520
Farine de Soja	\$/MT	232	291	312	245	251	250	253	218	215	267	319	280	318
PROD. NON ALIMENT.														
Coton	E/KG	183	255	219	184	175	196	187	160	173	200	215	215	217
Jute	\$/MT	555	435	435	439	399	293	279	287	308	400	430	465	857
Caoutchouc	E/KG	99	128	124	127	147	155	125	101	105	134	156	161	192
Tabac	\$/MT	2271	2075	2266	1945	2196	2191	2350	2438	2430	2071	2110	2113	2762
BOIS														
Bûches (Lauan)	\$/CM	89	117	122	105	165	184	145	145	150	164	170	190	110
Bûches (Sapelli)	\$/CM	190	209	216	220	218	240	213	174	201	238	251	270	134
Bois Scié	\$/CM	249	247	209	236	350	348	314	301	313	339	350	375	268
METAUX & MINERAUX														
Cuivre	\$/MT	1852	2060	1778	1573	2046	2078	1742	1473	1793	2330	2601	2756	3506
Etain	E/KG	1028	1115	1460	1485	1594	1598	1416	1294	1290	1443	1650	1750	1030
Nickel B/	\$/MT	6841	7309	7056	5305	6175	7171	7560	7020	6594	7400	8044	8600	6437
Nickel C/	\$/MT	6220	6725	6213	4895	5817	6460	6736	5114	5150	6954	-	-	-
Aluminium D/	\$/MT	1313	1438	1536	1346	1351	1458	1676	1668	1617	1651	1791	1858	1856
Aluminium E/	\$/MT	1033	1268	1345	1203	1567	1648	1338	1184	1262	1651	-	-	-
Plomb	\$/MT	624	654	837	761	1245	863	727	547	617	837	840	850	793
Zinc	\$/MT	1112	1407	802	682	765	725	846	746	766	877	972	991	876
Minerai de Fer	\$/KG	33.8	32.2	29.3	22.3	24.0	25.4	24.3	25.9	25.4	26.5	28.5	29.0	51.0
Bauxite	\$/KG	37.9	40.0	41.8	39.5	37.7	39.2	40.0	35.8	35.5	36.3	37.7	38.3	31.7
Minerai de Man- ganèse	E/MT	206	213	201	164	142	149	168	163	157	160	155	160	245
ENGRAIS														
Roche Phosphatée	\$/MT	100	53	41	33	34	45	50	42	44	47	50	50	41
Urée	\$/MT	296	165	173	167	178	212	216	159	187	213	265	275	228
TSP	\$/MT	303	134	133	113	147	172	161	139	161	174	195	195	49
DAP	\$/MT	364	177	181	161	199	212	195	183	204	237	320	324	415
Chlorure de Potassium F/	\$/MT	122	81	69	65	79	110	112	80	94	103	110	110	95

A/ Les données ont été arrondies.

B/ Prix du marché commercial (prix fournisseur publié par Metals Week).

C/ Prix de Catalogue: Producteurs U.S.

D/ Prix de Transactions: Envois U.S. vers l'Europe (prix de marché libre).

E/ Chlorure de Potassium ou muriate de potasse.

Source: World Bank, Economic Analysis & Projections Department - Commodities & Export Projections Division

Tableau D-47

COUTS DE CAPITAL, ENTRETIEN, EXPLOITATION DE
LA TRACTION ANIMALE ET MOTRICE ET DE LA BATTEUSE A RIZ

	<u>Coût</u>	<u>Durée de Service (ans)</u>	<u>Super- ficie (ha)</u>	<u>Coût Annuel a/ CFA/ha</u>	<u>Entre- tien b/ CFA/ha</u>	<u>Exploi- tation CFA/ha</u>
<u>Traction Animale</u>						
Deux boeufs	130 000	8	5	4 550		1 300
Charrue UCF	41 200	8	5	1 440		-
Bineuse Sine	36 800	8	5	1 290		-
Semoir Super Eco .	48 400	8	5	1 690		-
Char à Boeufs	<u>108 000</u>	8	5	<u>3 770</u> b/		
Total	364 400			12 700	1 500 b/	1 300
Total Coût à la production/Ha				12 700	1 500	1 300
Total Coût économique/Ha e/				12 700	1 500	1 300
<u>Mototraction - Mangroves</u>						
Rototilleur	1 400 000	6	10	29 800		
Accessoires	110 000	8	10	<u>1 900</u>	4 800 c/	
Total Coût à la production/ha				31 700		7 200 d/
Total Coût économique/ha e/				34 900	5 200	5 700 d/
<u>Mototraction - Hautes Terres</u>						
Rototilleur	1 400 000	6	20	14 900		
Accessoires	110 000	8	10	<u>1 900</u>		
Total Coût Local/ha				16 800	2 500 c/	7 200 d/
Total Coût économique/ha d/				18 500	2 800 c/	5 700 d/
<u>Mototractor - Conditions Aquatiques</u>						
Rototilleur	1 400 000	6	15	19 900		
Accessoires	110 000	8	10	<u>1 900</u>		
Total Coût à la production/ha				21 800	3 300 c/	7 200 d/
Total Coût économique /ha e/				24 000	3 600 c/	5 700 d/
<u>Batteuse à Riz</u>	310 000	5	(4 CFA/kg) f/			

a/ A 11 pour cent d'intérêt.

b/ 12 pour cent de capital par an.

c/ 15% du coût.

d/ Comprend le carburant à 20 litres par hectare, plus le salaire de l'opérateur à 2000 CFA par hectare.

e/ 10% d'ajustement à la valeur comptabilité du change étranger.

f/ Cinquante kilogrammes par hectare sur la période de moissonnage de 90 à 120 jours à 11 pour cent d'intérêt, y compris main-d'oeuvre et entretien.

Tableau D-48

AIRE D'ETUDE PHASE II
SUPERFICIE CULTIVEE, 1980-83
(hectares)

	<u>1980-81</u>	<u>1981-82</u>	<u>1982-83</u>	<u>Moyenne</u>
Riz	3 457	5 494	5 367	4 775 ^{1/}
Millet	4 967	3 407	4 891	4 422
Sorgho	4 081	4 843	3 822	4 249
Mais	674	1 432	1 363	1 156
Pois à Vache	1 164	1 186	1 201	1 184
Pommes de Terre	131	-	-	44
Manioc	188	-	517	235
Arachides	<u>3 635</u>	<u>5 863</u>	<u>6 004</u>	<u>5 167</u>
Total	18 297	22 225	23 165	21 232
Précipitation (mm)	699	1 221	898	939

^{1/} Aire de rizière cultivée répartie comme suit: Pluvial (5 pour cent), Phréatique (35 pour cent), Aquatique milieu non salé (45 pour cent) et aquatique milieu salé (15 pour cent).

Tableau D-49

COUTS DES SERVICES DE SOUTIEN: SCENARIO NORMAL
AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II

Année du Projet	Stockage de Commer- cialisation	Crédit ^{1/} <u>10⁶ CFA</u>	Routes	Total	CFA/ha ^{2/}
1	0	10	50	60	2 655
2	0	20	25	45	1 910
3	20	30	4	54	2 390
4	0	40	4	44	1 945
5	20	44	4	68	3 010
6	0	48	4	52	2 300
7	0	52	4	56	2 480
8	0	56	4	60	2 655
9	0	60	4	64	2 830
10	33	70	4	107	4 735
11	0	80	4	84	3 715
12	0	90	4	94	4 160
13	0	100	4	104	4 600
14	0	100	4	104	4 600
15	0	100	4	104	4 600
16	0	100	4	104	4 600
17	0	100	4	104	4 600
18	0	100	4	104	4 600
19	0	100	4	104	4 600
20	0	100	4	104	4 600

1/ Administration du crédit et coûts d'inactivité estimés à 15 pour cent du crédit annuel exigé de 667×10^6 CFA (Tableau D-50) avec mise sur pied progressive jusqu'à la 12ème année.

2/ Basé sur l'aire totale = 22 600 hectares.

Tableau D-50

AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II
SOMMAIRE DES CREDITS AGRICOLES EXIGES
(1000 CFA)

Rubrique	Coûts de Capital ^{1/}	Coûts d'Ex- ploitation Annuels	Durée d'Ex- ploitation (ans)	Crédit Moyen Exigé par An ^{2/} <u>Total</u>	<u>Actuel</u> 80%
<u>Traction Animale</u>					
Animaux	306 800		8	38 350	
Equipement	298 304		8	37 288	
Chars à Boeufs	254 880		10	25 488	
<u>Mototraction</u>					
Moteur	85 500		8	10 688	
Equipement	10 450		8	1 306	
TOTAL TRACTION	(955 934)			(113 120)	(90 496)
Batteuses à Riz					
Normal	112 220		5	22 444	(17 955)
Sécheresse	79 670		5	15 934	(12 747)
<u>Coûts des Facteurs</u>					
Prod. Agric. (Normal)					
Engrais et Pesticides	(50% of Total)	424 048	1	424 048	
Divers Coûts Agricoles	(25% of Total)	134 245	1-5	134 245	
Total Fact. Agric. (Sauf Vulgarisation et Main-d'oeuvre agric.)		558 293		558 293	
<u>TOTAUX</u>					
Normal	1 068 154	558 293		666 744	
Sécheresse	1 035 604	474 549		577 792	

1/ Cf Tableaux D-47 et D-51.

2/ En pleine exploitation, prévue la 20ème année du projet.

Tableau D-51

AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II
SOMMAIRE DES COÛTS DE CAPITAL DE LA TRACTION
ET DES BATTEUSES A RIZ

	<u>No. Unités</u>	x	<u>Coût Par Unité</u> (CFA)	=	<u>Total</u> (1000 CFA)
<u>Traction Animale</u>					
Animaux	2 360 ^{1/}		130 000		306 800
Equipement	2 360		126 400		298 304
Char à Boeufs	2 360		108 000		<u>254 880</u>
TOTAL					859 984
 <u>Mototraction</u>					
Moteur	95 ^{1/}		900 000		85 500
Equipement	95		110 000		<u>10 450</u>
TOTAL					95 950
 <u>Batteuses à Riz</u>					
Normal	362 ^{2/}		310 000		112 220
Sécheresse	257		310 000		79 670
TOTAL					
Normal					1 068 154
Sécheresse					<u>1 035 604</u>

^{1/} Cf Tableaux D-47 et D-52

^{2/} Cf Tableau D-57.

Tableau D-52

AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II
NOMBRE DE TRACTEURS (TRACTION ANIMALE ET MOTOTRACTION) 1/ 2/

Cultures	Aire (ha)	Pourcent. Traction Animale (%)	Pourcent- tage Moto- traction (%)	Aire Des- servie Traction Animale (ha)	Aire Desservie Moto- traction (ha)	Nombre d'Unités de Traction Animale Motorisée
Millet - Sorgho	8 671	70	0	6 070	0	1 214
Maïs	1 156	70	0	809	0	231
Arachide	5 167	70	0	3 617	0	723
Riz-Pluvial	240	50	0	120	0	24
Riz-Phréatique	1 670	50	0	835	0	167
Riz-Aquatique NS	2 150	0	50	0	1 075	0
Riz-Aquatique S	715	0	50	0	358	0
Autres Cultures	1 463	0	0	0	0	0
TOTAL	21 232					
Riz de Saison Sèche Aquatique, Récupé- ration	68		50		275	15
TOTAL	550			11 451	1 708	2 359
						95

1/ Niveau supposés d'utilisation des unités de traction de la 20ème année du projet.
Voir Tableau 13-3 Plan Directeur Rapport de la Phase I, Vol. II.

2/ Durée de service des unités de traction animale et motorisée: de 6 à 10 ans. Les
unités de traction animale couvrent 5 ha/an, les unités motorisées, 18 ha/an.

Tableau D-53

AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II
COUT DES FACTEURS ECONOMIQUES NECESSAIRES AU PROGRAMME TECHNIQUE
SCENARIO NORMAL

CULTURE	BUDGET	COUTS PAR HECTAIRE				VULGARISATIION	DIVERS	TOTAL TOUS COUTS AGRICOLES
		GRAINES	ENGRAIS	PESTICIDE	SACS			
Millet/Sorgho	I-25	618	35 250	5 000	-	5 000	16 200	62 068
Maïs	I-23	2 464	35 250	2 000	-	5 000	16 200	60 914
Arachide	I-21	13 300	14 100	2 000	-	5 000	16 200	50 600
Riz-Pluvial	I-2	9 720	21 150	10 000	4 000	5 000	8 700	58 570
Riz- Phréatique	I-6	9 720	35 250	10 000	6 000	5 000	12 700	78 670
Riz- Aquatique, Non Salé	I-9	4 860	35 250	10 000	6 000	5 000	12 700	73 810
Riz- Aquatique Salé	I-12	4 860	35 250	10 000	6 000	5 000	12 700	73 810
Divers Autres Cultures	I-16	9 720	42 300	10 000	8 400	5 000	16 200	50 600
Riz Aquatique, Irrigué						5 000	17 500	92 920
Riz Aquatique, terre mise en valeur	I-10	9 720	42 300	10 000	8 000	5 000	16 700	91 720
Agrumes	F-2	-	211 500	9 300	-	5 000	5 300	225 800
Bananes	F-1	-	564 000	-	-	5 000	29 300	598 000
Légumes	O-1	198 000	113 500	9 000	29 000	5 000	3 600	358 100

CULTURES/AIRE (ha)	GRAINES	ENGRAIS	TOTAL COUTS ANNUELS PESTICIDE		VULGARISATIION	DIVERS	TOUS COUTS AGRICOLES
			PESTICIDE	SACS (1000 CFA)			
Millet/Sorgho/8,671	5 359	305 653	43 355	-	43 355	140 471	538 192
Maïs/1,156	2 848	40 749	2 312	-	5 780	18 728	70 417
Arachide/5,167	68 721	72 855	10 334	-	25 835	83 705	261 450
Riz-Pluvial/240	2 333	5 076	2 400	960	1 200	2 088	14 057
Riz- Phréatique/1,67	16 232	58 868	16 700	10 020	8 350	21 209	131 379
Riz- Aquatique, Non Salé NS/2,150	10 449	75 788	21 500	12 900	10 750	27 305	158 692
Riz- Aquatique Salé S/715	3 415	25 204	7 150	4 290	3 575	9 080	52 774
Divers Autres Cultures/1463	19 458	20 628	2 926	-	7 315	23 701	74 028
Riz Aquatique, Irrigué/343	3 334	14 509	3 430	2 881	1 715	6 003	31 872
Riz Aquatique, Terre							
Mise en Valeur/550	5 346	23 265	5 500	4 400	2 750	9 185	50 446
Agrumes/100	-	21 150	930	-	500	0	22 580
Bananes/100	-	56 400	1 000(est)	-	500	2 900	60 800
Légumes/138	27 324	15 663	1 242	4 002	425	497	49 418
Total 22 410		729 793	118 302		112 050	1 152 455	1 516 105

1/ En pleine exploitation sur l'aire cultivée existante de 21.232 hectares plus les aires additionnelles devant bénéficier des projets.

Tableau D-54

AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II
STOCKAGE EXIGE, COÛTS D'ENSEMBLE

	<u>Extrants</u>	<u>Intrants</u>	<u>Total</u>
1) Stockage Exigé ^{1/} (Tonnes)	3 000	1 600	4 600
2) Coût/1000 Tonnes (Million CFA)			
Stockage Permanent 19 x 10 ⁶ CFA	57	15	72
Stockage Temporaire 0,7 x 10 ⁶ CFA	<u> </u>	<u> 1</u>	<u> 1</u>
3) Total Toutes Récoltes	57	16	73

1/ Cf Rapport, Plan Directeur de la Phase I, Tableau 11-3.

2/ Il est supposé que 25 pour cent de la production des fruits et de légumes nécessiteront des installations de stockage.

Tableau D-55

AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II
STOCKAGE EXIGE POUR LA PRODUCTION^{1/}

<u>Culture</u>	<u>Surplus Com- mercialisable</u> (Tonnes)		<u>Stockage</u> (tonnes)
Riz	8300 ^{2/}	x 0,7 x 0,1 x 0,82 ^{3/}	= 476
Maïs	2100	x 0,7 x 0,1	= 147
Millet/Sorgho	7800	x 0,7 x 0,1	= <u>546</u>
TOTAL GRAINES			1169
	<u>Production</u> (tonnes)		
Fruits - Bananes	2500	x 0,25	= 625
- Agrumes	2000	x 0,25	= 500
Légumes	1500	x 0,25	= <u>375</u>
TOTAL FRUITS & LEG.			1500
TOTAL TOUTES LES RECOLTES			2669

- ^{1/} En pleine exploitation sur l'aire cultivée existante, plus les aires additionnelles devant bénéficier des projets.
- ^{2/} Cf Tableau D-56 Production de Scénario Normal.
- ^{3/} Tableau 11-4, Rapport du Plan Directeur de la Phase I, Page 11-11

Tableau D-56

AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II
SURPLUS/PRODUCTION DES CULTURES
(Tonnes/an)

	Production du Projet		Production Existante		Production de Consommation du Pays	Surplus Commercialisable	
	Normal	Sécher.	Normal	Sécher.		Normal	Sécher.
Riz	17 683	12 602	9 382	5 970	4 025	8 301	6 632
Arachide	8 267	8 267	6 200	6 200	770	2 067	2 067
Maïs	3 121	3 121	1 040	1 040	105	2 081	2 081
Millet/Sorgho	13 874	13 874	6 069	6 069	980	7 805	7 805
Fruit							
Bananes	2 500	2 500					
Agrumes	2 000	2 000					
Légumes							
Puits Semi-profonds	900	900					
Légumes							
Puits Superficiels							
Tous Puits	3 240	1 800					
50% des Puits	1 620	900					
25% des Puits	810	450					
Total Légumes							
Tous puits	4 140	2 700					
50% des Puits Superficiels	2 520	1 800					
25% des Puits Superficiels	1 710	1 350					
						2 500	2 500
						2 000	2 000

Tableau D-57

AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II
 PRODUCTION RIZICOLE ET COUT DE CAPITAL DES BATTEUSES A PEDALE

CULTURES	AIRE (ha)	RENDEMENT	RENDEMENT	RENDEMENT	PRODUCTION TOTALE	
		NORMAL ^{1/} (kg/ha)	SECHERESSE ^{1/} (kg/ha)	SECHERESSE ^{1/} (Tonnes/an)	NORMAL (Tonnes/an)	SECHERESSE
Pluvial	240	2 000	1 500	480	360	
Phréatique	1 670	3 000	2 000	5 010	3 340	
Aquatique-Non Salé	2 150	3 000	2 000	6 450	4 300	
Aquatique-Salé	715	3 000	1 500	2 145	1 073	
(Total)	(4 775)			(14 085)	(9 073)	
Irrigué Saison Humide	343/156	1 200	2 200	412	343	
Saison Sèche, Irrigué	68	4 200	4 200	286	286	
Aquatique, Terre						
Mise en Valeur	550	4 000	4 000	2 200	2 200	
Aquatique, Amélioré	350	2 000	2 000	700	700	
(Total)				(3 598)	(3 529)	
Production Totale				17 683	12 602	
Moins Saison Sèche				17 397	12 316	
Nombre de Batteuses à 36 tonnes/an ^{2/} à 48 tonnes/an ^{2/}				483	350	
Total Coût de Capital (1000 CFA) 36 tonnes/an/batteuse ^{3/}				362	257	
500				149 730	108	
				112 220	79 670	

- 1/ Rendements après vulgarisation. Les rendements des zones irriguées et mises en valeur sont supérieurs aux rendements résultant des activités de vulgarisation.
- 2/ Capacité batteuse: 36 Tonnes/an, Période de moisson de 3 mois.
48 tonnes/an, Période de moisson de 4 mois à 50 kg/heure.
- 3/ Coût de capital/batteuse (310 000 CFA à Ziguinchor). Durée de service de la batteuse estimée à 5 ans.

Tableau D-58

AIRE D'ETUDE DE LA PHASE II
STOCKAGE EXIGE - FACTEURS DE PRODUCTION AGRICOLE^{1/}

Culture	Aire ha	Engrais kg/ha/an	Pesti- cides	Engrais Tonnes/an	Pesti- cides	Total tonnes/an
Millet/Sorgho	8 671	250	5	2,168	43	
Maïs	1 156	250	2	289	3	
Arachide	5 167	100	2	517	10	
Riz-Pluvial	240	150	10	36	3	
Riz-Phréatique	1 670	250	10	418	17	
Riz-Aquatique, Non Salé	2 150	250	10	538	22	
Riz-Aquatique Salé	715	250	10	179	8	
Autres Récoltes	1 463	100	2	146	3	
Total				(4 291)	(109)	(4 400)
Riz Irrigué (Sec)	68	300	10	20	1	
Riz - Terre Mise en Valeur	550	300	10	165	6	
Légumes	85	800	10	68	1	
Bananes	100	4 000	20	400	1	
Agrumes	100	1 500	20	150	1	
Total	22 135			5 094	119	5 185

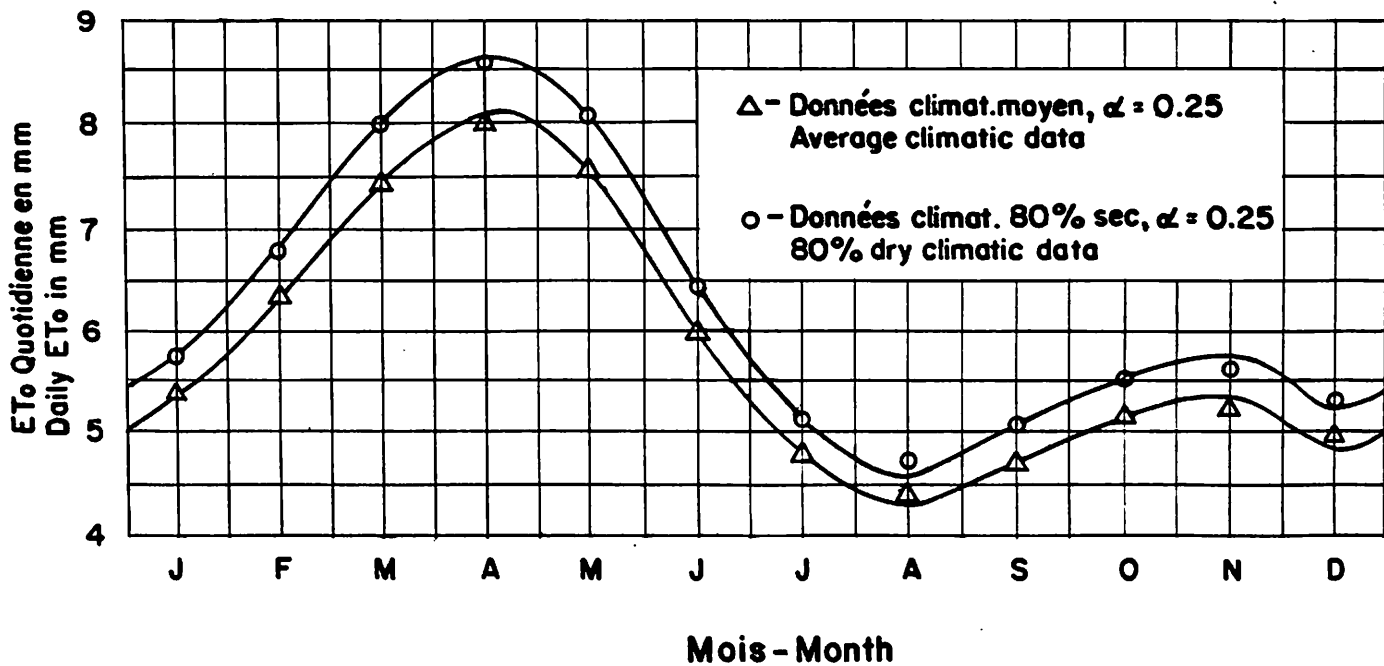
Stockage exigé, graines et riz: $4\ 500 \times 0,8 \times 0,3 \times 1,2 = 1296$ tonnes/an

Stockage exigé, fruits et légumes: $620 \times 0,3 \times 1,2 = \frac{223}{1519}$ tonnes/an

^{1/} Cf Tableau 11-4 Rapport de la Phase I, Page 11-10.

EVAPOTRANSPIRATIONS DE REFERENCE (ET₀) SELON L'EQUATION MODIFIEE DE PENMAN
 D'APRES LES DONNEES CLIMATIQUES DE ZIGUINCHOR 1951-1980

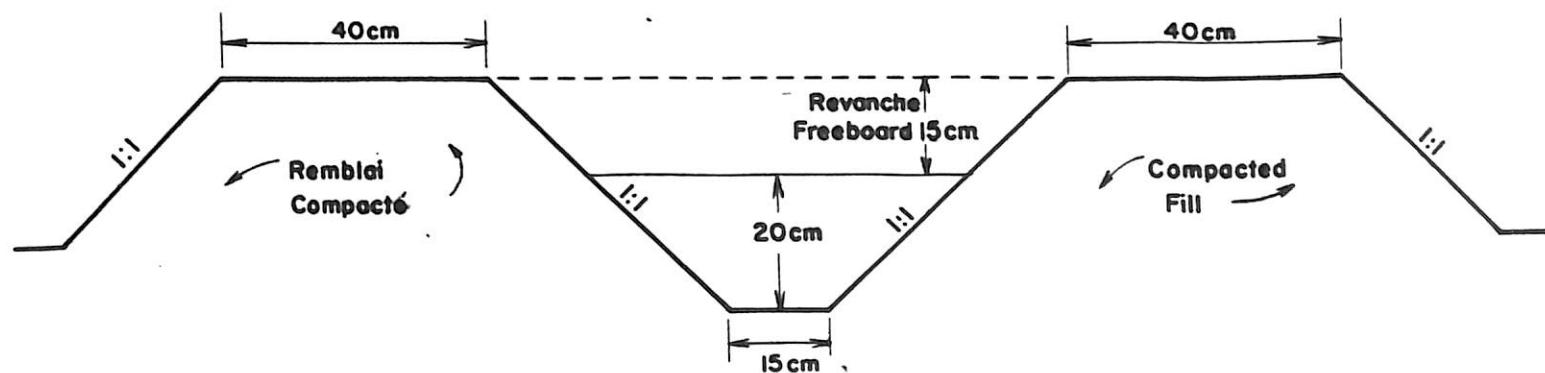
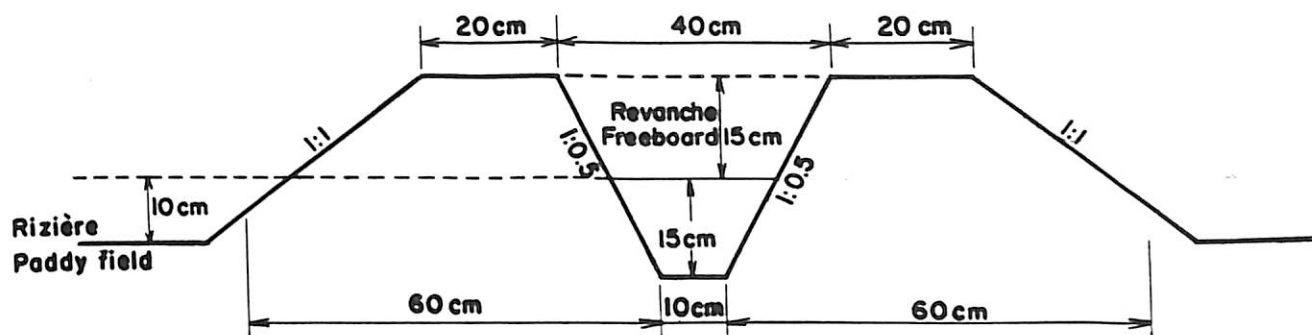
REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION (ET₀) BY MODIFIED
 PENMAN'S EQUATION USING 1951-80 ZIGUINCHOR CLIMATIC DATA





SECTIONS STANDARDS DES CANAUX D'IRRIGATION
STANDARD IRRIGATION CANAL CROSS-SECTIONS

DES FORAGES SUPERFICIELS - FOR SHALLOW WELLS



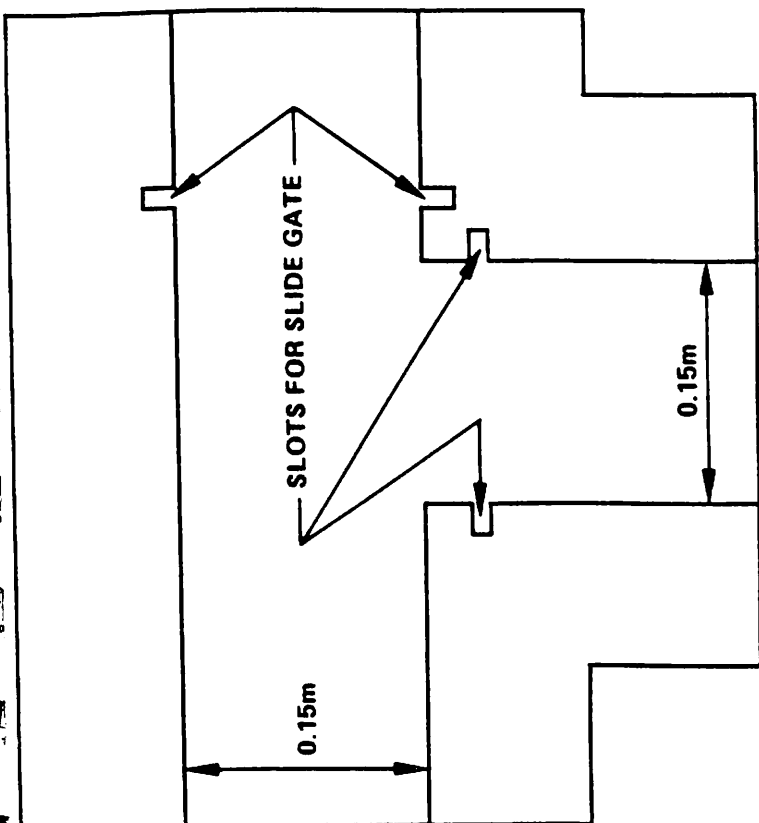
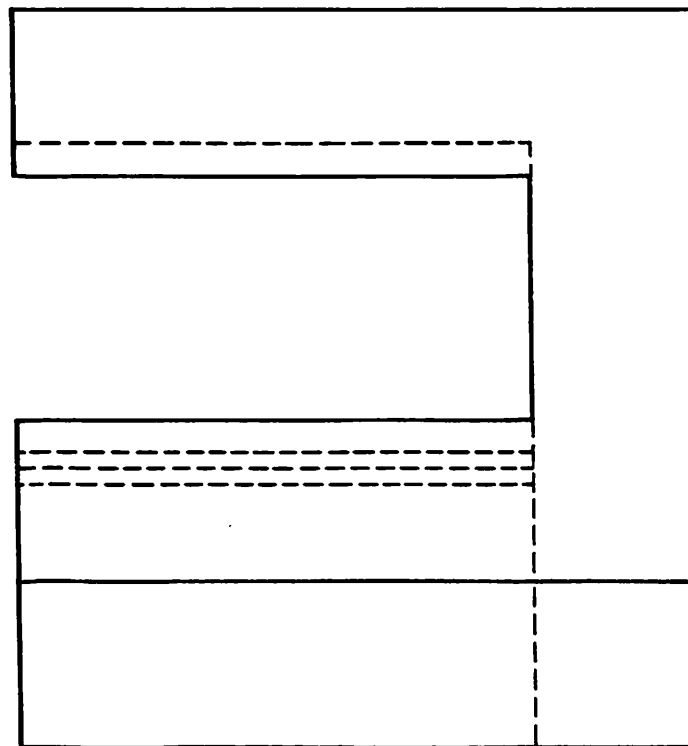
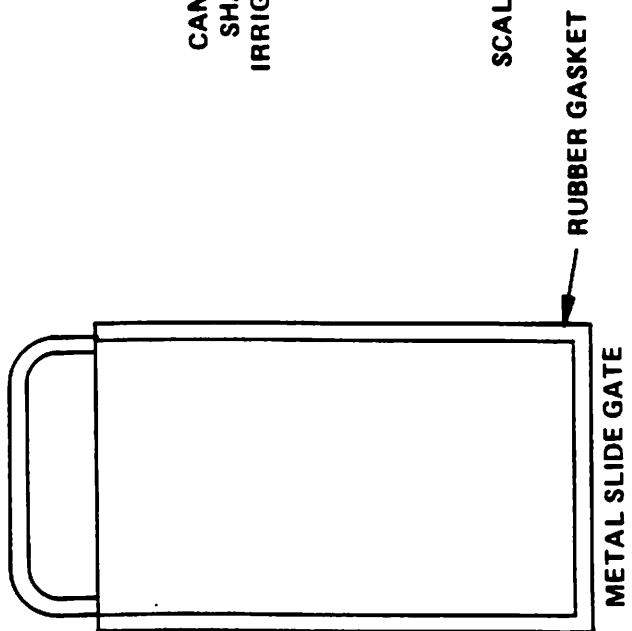
DES RESERVOIRS - FOR STORAGE RESERVOIRS

Source: Irrigation Development and Management
 Asian Development Bank, March 1980

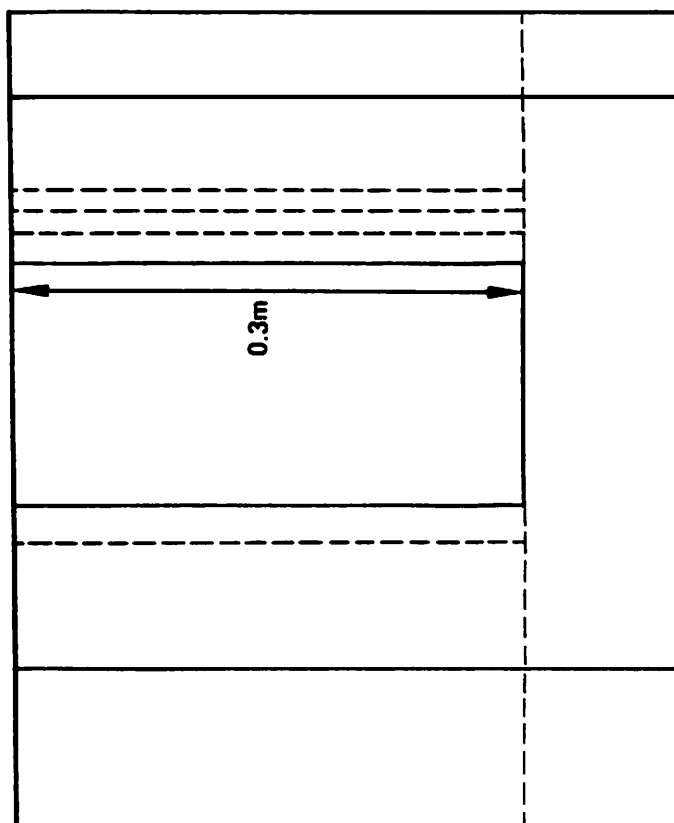


CANAL TURNOUT
SHALLOW WELL
IRRIGATION SYSTEM

SCALE 0 0.1m



PLAN VIEW

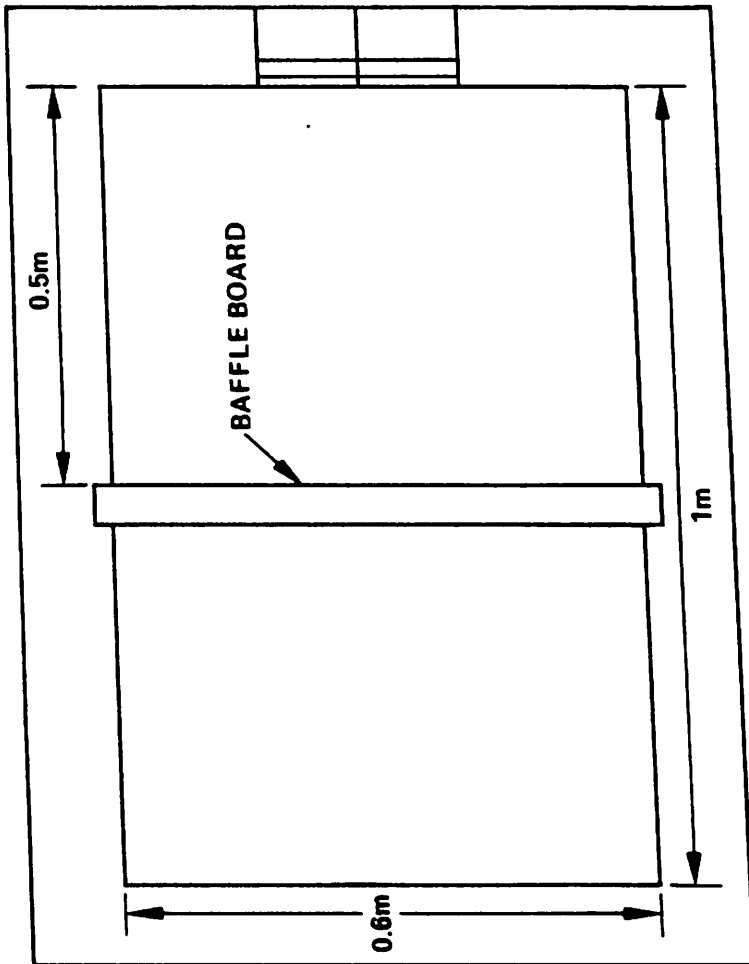


FRONT VIEW

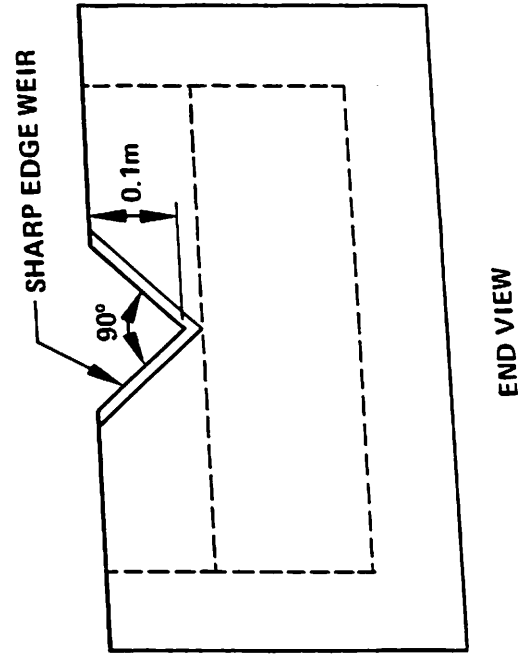
END VIEW



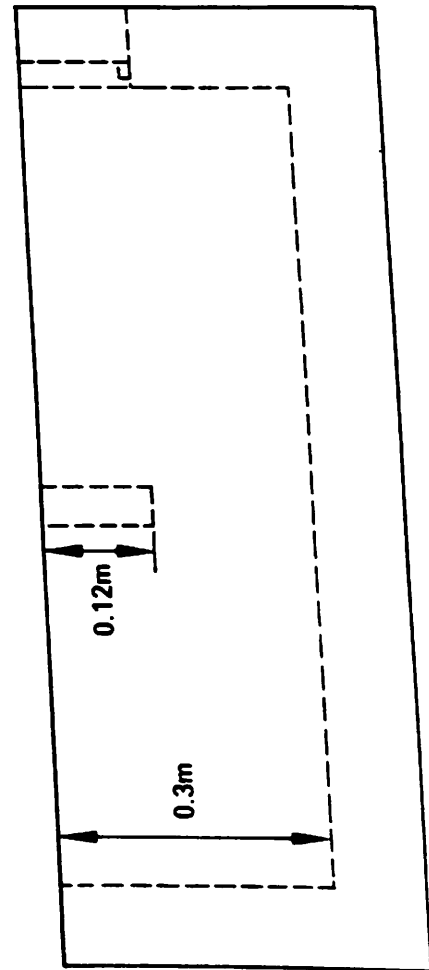
MEASURING WEIR
SHALLOW IRRIGATION SYSTEM



PLAN VIEW

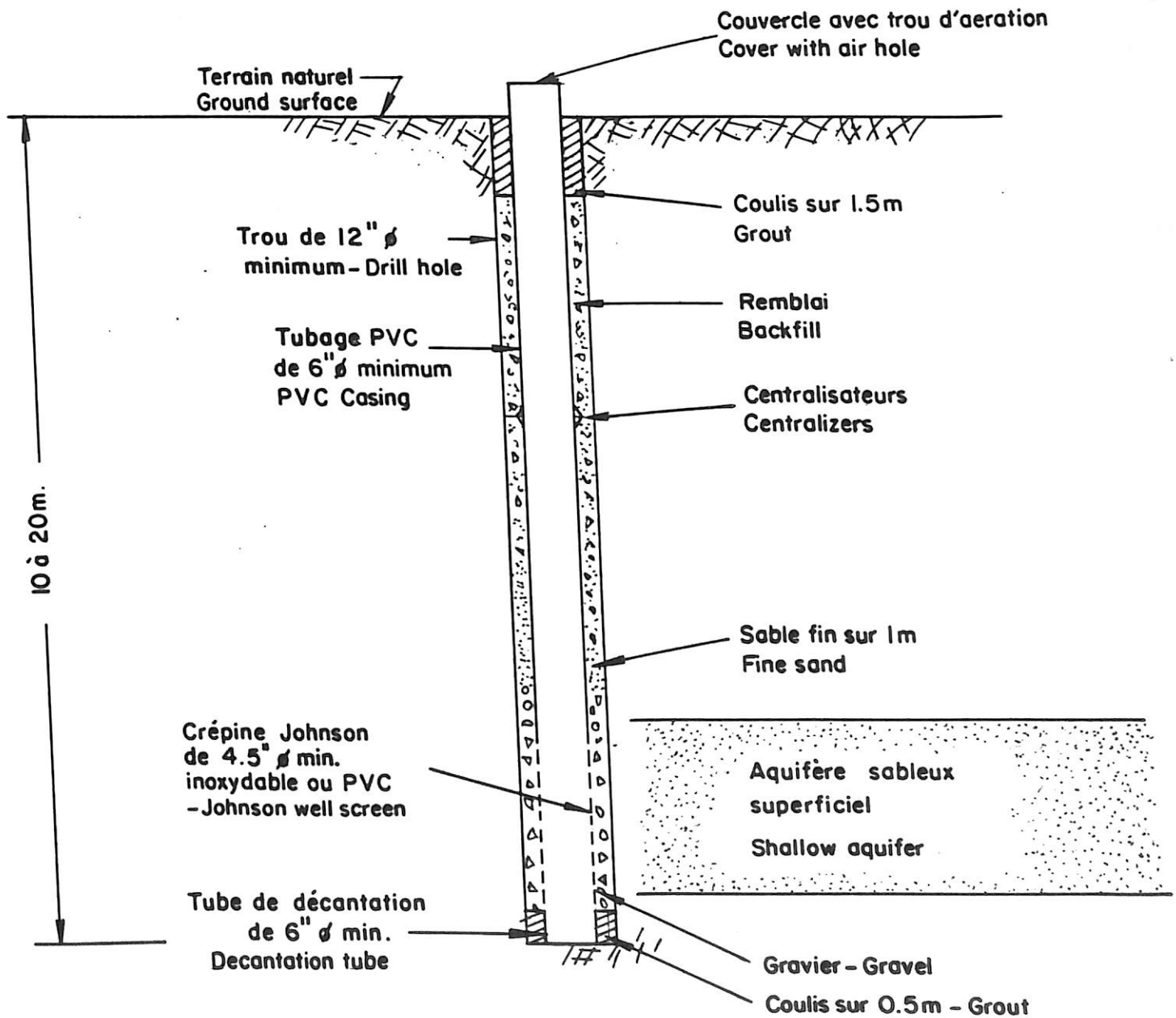


END VIEW

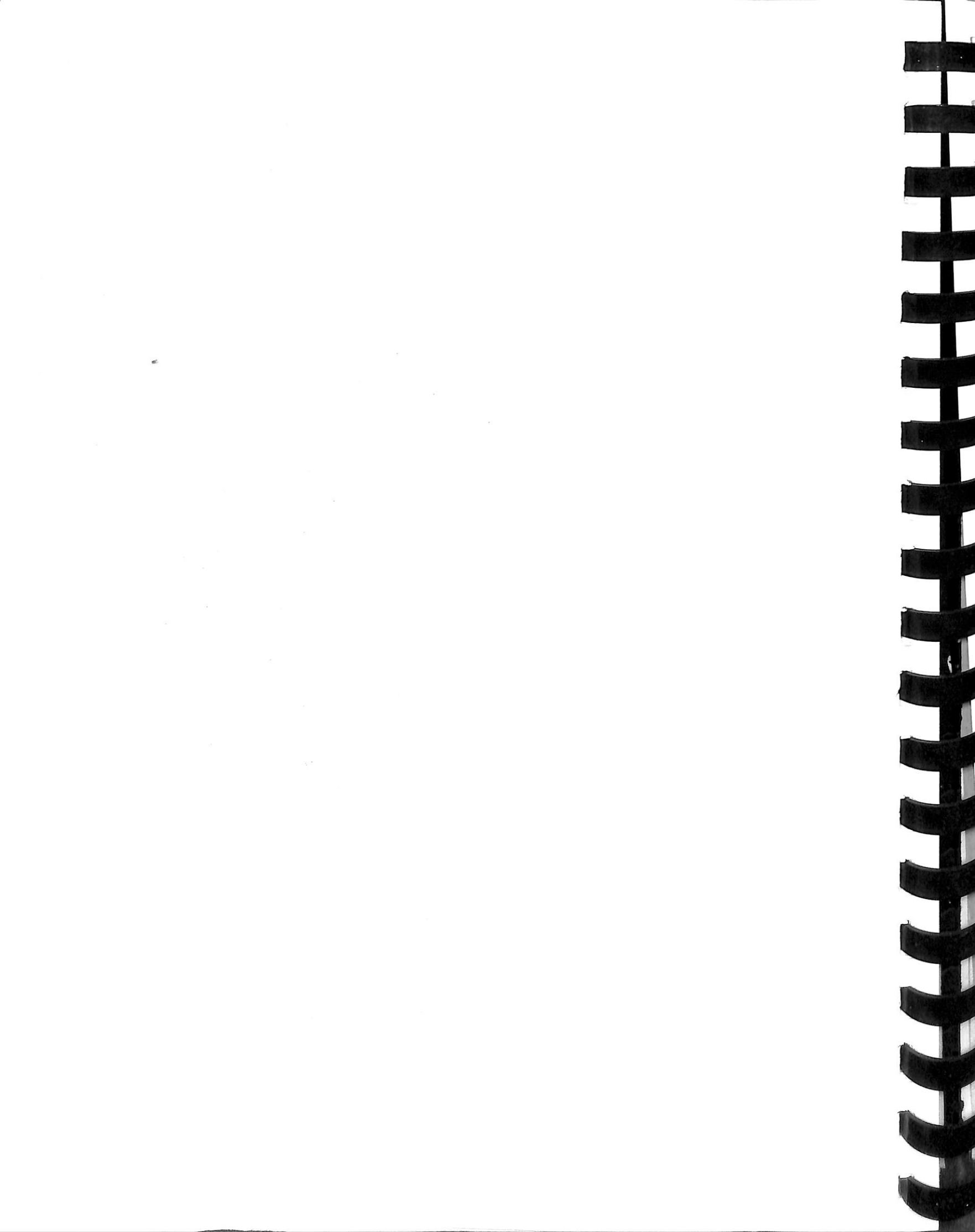


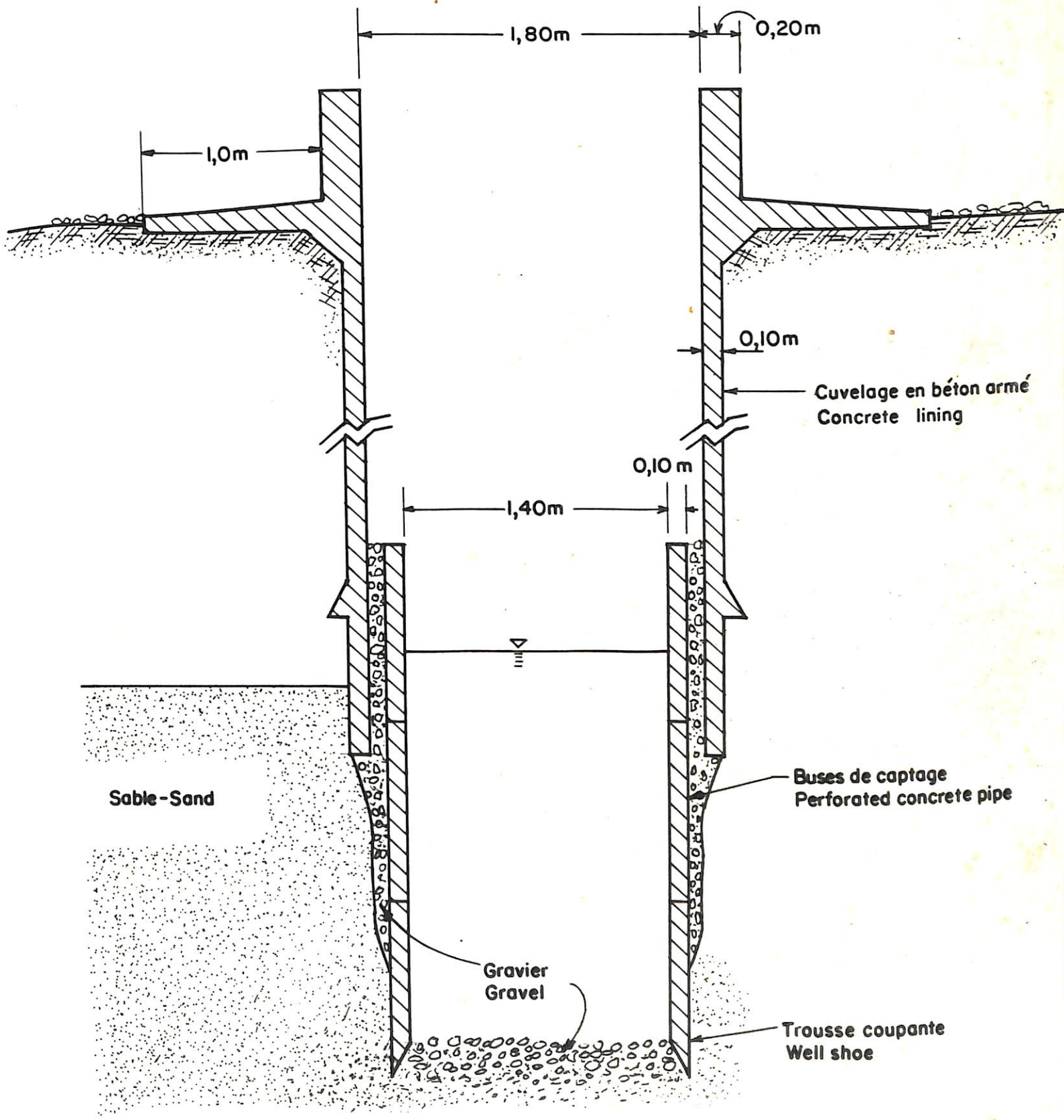
SIDE VIEW





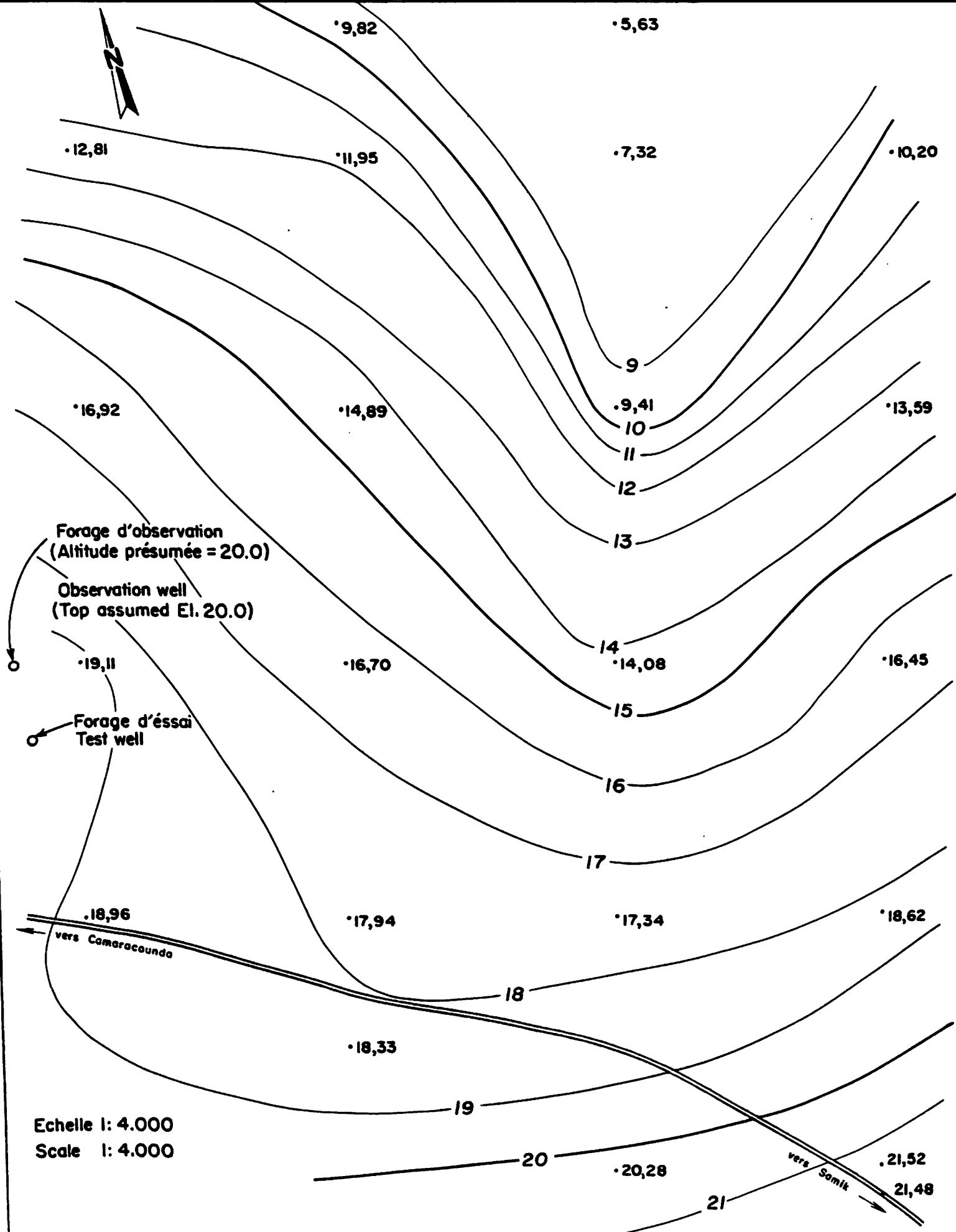
COUPE TYPE DE FORAGE SUPERFICIEL
DRILLED SHALLOW WELL DESIGN





COUPE TYPE DE PUIS MODERNE
HAND-DUG SHALLOW WELL DESIGN





Forage d'observation
(Altitude présumée = 20.0)

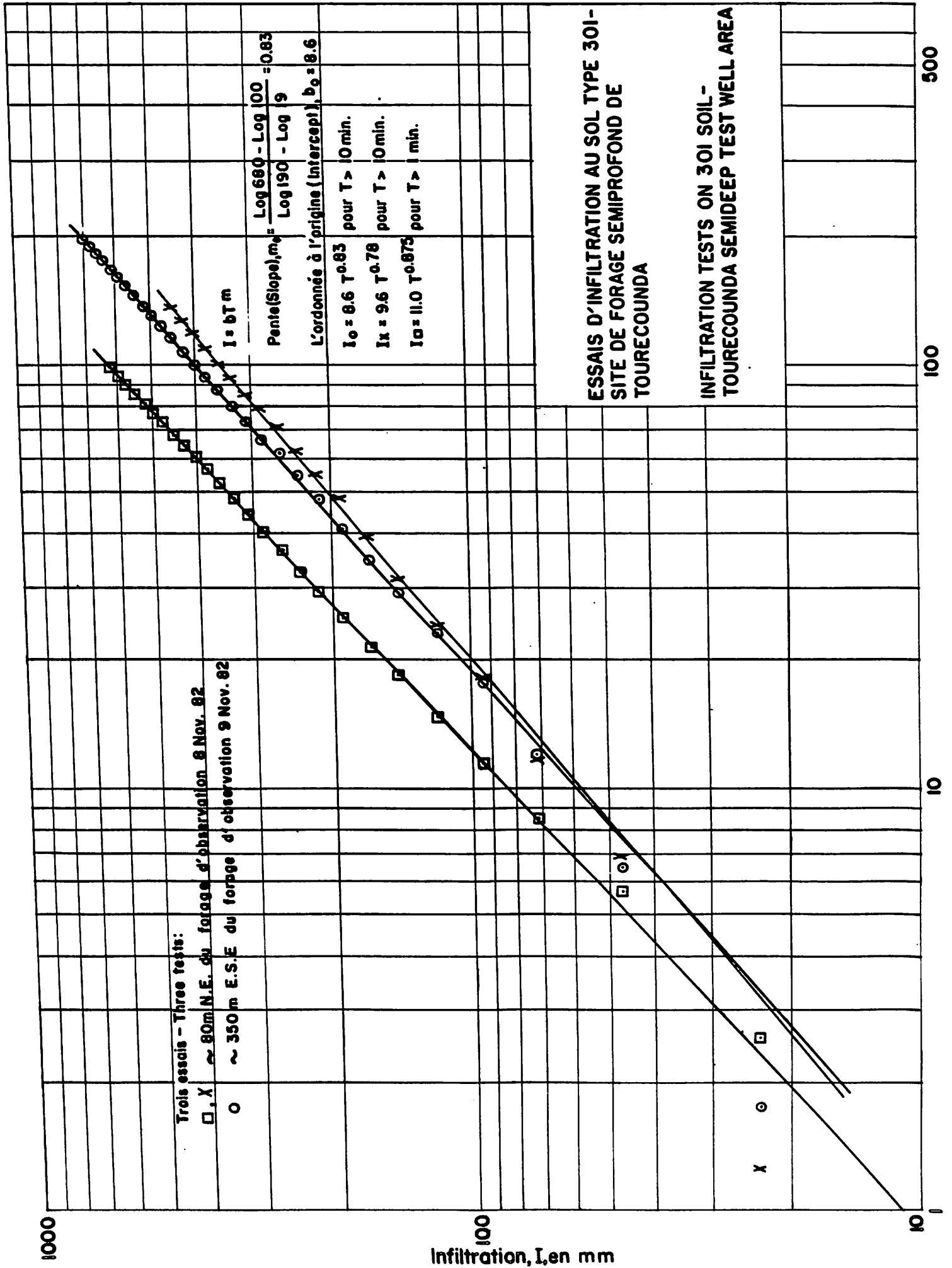
Observation well
(Top assumed El. 20.0)

Forage d'essai
Test well

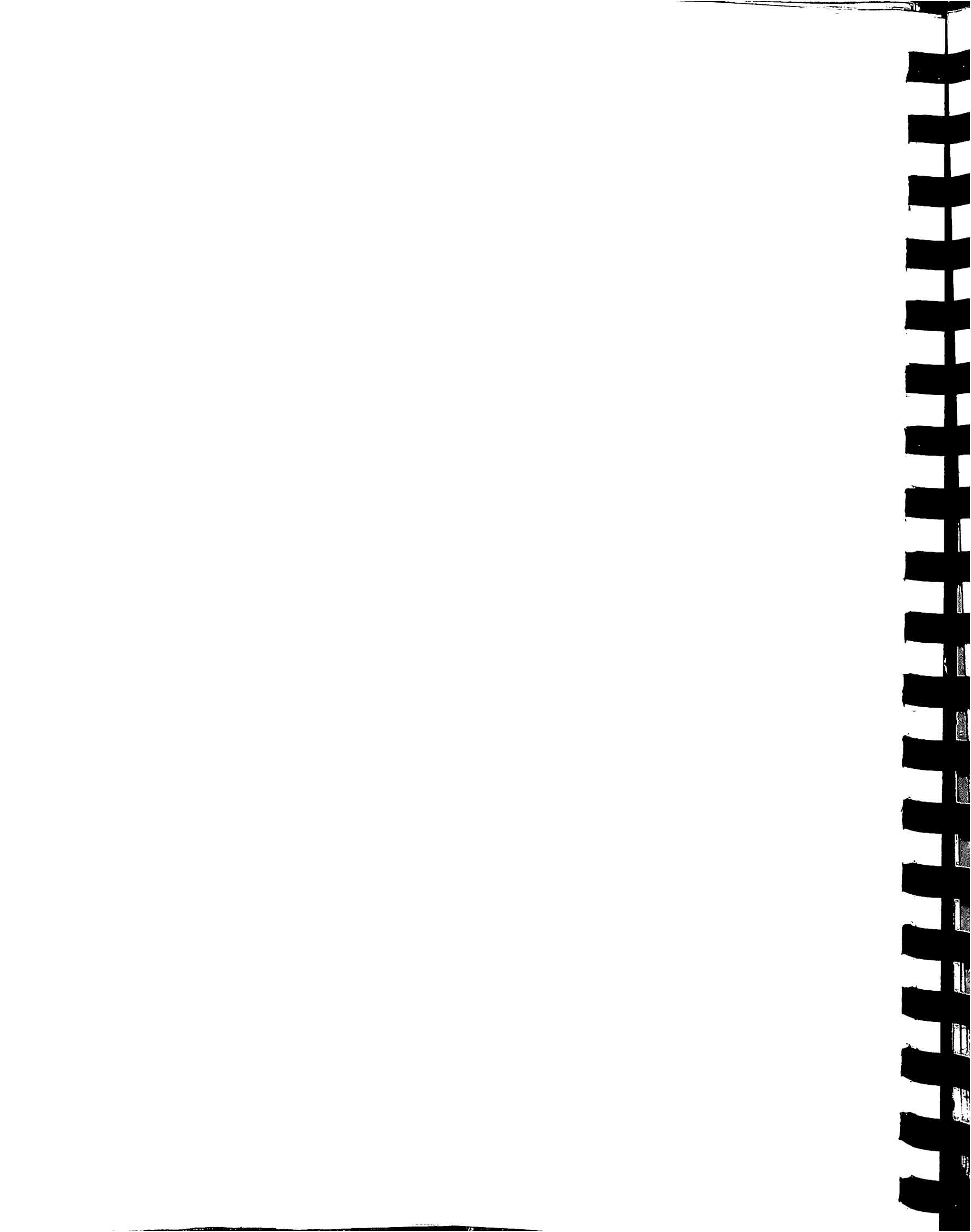
Echelle 1: 4.000
Scale 1: 4.000

CARTE TOPOGRAPHIQUE DE LA SUPERFICIE DU FORAGE SEMI-PROFOND
TOPOGRAPHIC MAP OF SEMIDEEP TEST WELL AREA





Temps (Time), T, en minutes



DOCUMENT D-9. CALCULS DE DIMENSIONNEMENT D'UN ARROSEUR

Débit du Forage = $150 \text{ m}^3/\text{h} = 42 \text{ L/s}$

Sol: Sable limono-argileux (70-75% sable, 12% limon, 13-18% argile) 0-30 cm
Capacité maximum pour l'eau = $1,1-1,5 \text{ mm/cm sol}^1/$
admis = $1,3 \text{ mm/cm}$

Récolte: oignons - ont besoin d'eau quand les plantes ont absorbé environ 25% de l'eau contenue dans les 30 cm de couche superficielle^{2/}
 $30 \text{ cm sol} \times 1,3 \text{ mm/cm sol} \times 0,25 = 10 \text{ mm requis/irrig.}$
Période de Croissance = 130-175 jours ^{2/}
Admis = 150 jours

Heures de la Journée (oignons) = $11-16 \text{ h}^2/$
Température Diurne Moyenne = $15-20^\circ\text{C}^2/$
pH Optimum = $6-7^2/$

Oignons plantés en rangées à 10 cm d'espace entre les plants, 30 cm entre 2 ou 3 rangées, puis 50 cm pour laisser un passage.

Pour déterminer la ETo, utiliser les données climatiques à 80% de sécheresse de Ziguinchor et la méthode de Penman modifiée.

Admettre 1/3 de l'aire transplantée lors de chaque période d'un tiers du mois.

3 Oct, 1 Nov, 2 Nov. ETm récolte au Tableau D-5.

16 h/jour temps de pompage, 7 jour/semaine, 75% eff. application.

$$\text{Aire Max.} = \frac{150 \text{ m}^3/\text{h} \times 16 \text{ h} \times 0,75 \times 3}{16,8 \text{ mm} \times \frac{\text{m}}{1000 \text{ mm}}} = 32,1 \text{ ha}$$

^{1/} Calculs et exploitation des réseaux d'irrigation agricole, M.E. Jensen (Ed.) 1980. Amer. Soc. of Agric. Eng., St. Joseph MI, Mono. No. 3, p. 768

^{2/} Le rendement en fonction de l'eau, J. Doorenbos & A.H. Kassan, 1979. Bulletin FAO irrigation et Drainage N° 33 Rome., p 111, 109.



Vitesse moyenne du vent à Ziguinchor oct-fév = 1,3 - 2,4 m/s

Utiliser 2,3 m/s pour calculs (5 miles/h); espacement canalisation d'arrosage = 60% du diamètre nominal de l'arroseur^{3/}

Longueur standard du tuyau = 6 m; utiliser des multiples de 6 m pour espacer les arroseurs le long des canalisations d'arrosage et les canalisations d'arrosage le long de la canalisation principale.

Tête d'Arroseur

Rainbird 14070 (une de celles qui conviennent)
Buses 7/32" x 1/8" (5,56 mm x 3,18 mm) à 20° et pression opératrice = 50 psi (345 kPa): distribution = 13,3 gal/min (0,84 L/s), diamètre mouillé = 110 ft (33,5 m)

110 ft x 60% = 66 ft (20,1 m)
Utiliser 18 m x 24 m d'espacement = 60 ft x 80 ft (= 59,1 m x 78,7 m)

Taux d'application =

$$\frac{13,3 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{7,48 \frac{\text{gal}}{\text{ft}} \times 59,1 \text{ ft} \times 78,7 \text{ ft}} = 0,275 \text{ in/h} = 7 \text{ mm/h}$$

$$\frac{\text{Débit du Forage}}{\text{Dist. arroseur}} = \frac{42 \text{ L/s}}{0,84 \text{ L/s/arroseur}} = 50 \text{ arroseurs au maximum en même temps}$$

Utiliser 16 arroseurs/canalisation d'arrosage et 3 canalisations d'arrosage/appareillage = 48 arroseurs/appareillage.

Longueur canalisation arrosage = 16 x 18 m = 288 m
(Espacement total du premier arroseur à partir canalisation principale)

Largeur de l'appareillage d'arrosage = 24 m x 3 = 72 m

Aire/appareillage = 72 m x 288 m = 20 736 m²

$$\text{No. d'appareillages} = \frac{32,1 \times 10^4 \text{ m}^2}{20 736 \text{ m}^2/\text{appareillage}} = 15,5 \text{ appareillages}$$

^{3/} Calculs et exploitation des réseaux d'irrigation agricole, p. 625.



Utiliser 15 appareillages.

Dimensions des Tuyaux (Nominal)

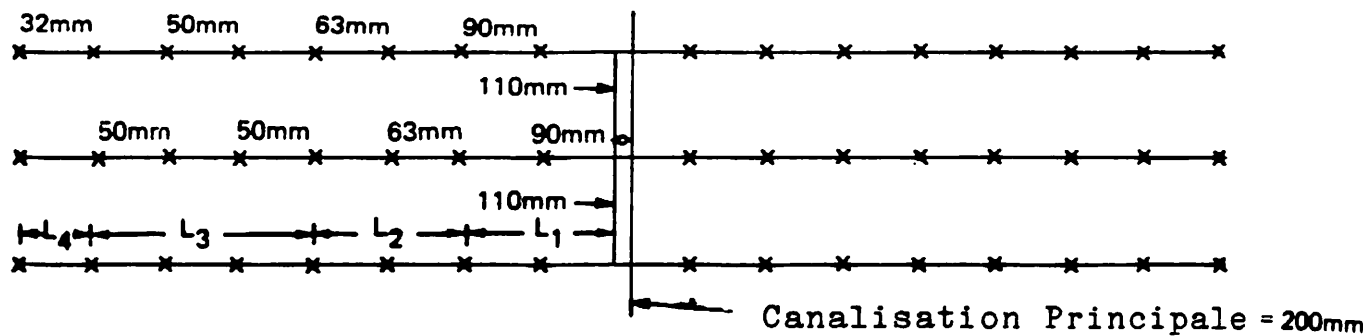
Utiliser la formule de Hazen-Williams: $V=1,318CR^{0,63}S^{0,59}$
 ou $H_f(100) = K \frac{(Q/C)^{1,852}}{D^{4,87}}$ Use C = 150 pour le plastique
 $K = 1,22 \times 10^{12}$ pour Q en L/s, D en mm

Canalisation Principale: Q = 40 L/s
 pour D = 200 mm, $H_f(100) = 0,66$ m/100m
 pour D = 160 mm, $H_f(100) = 1,95$ m/100m trop grande

Canalisation d'Arrosage

Nombre d'Arroseurs:	2	3	4	5	6	7	8
Facteur d'Ajustement, (F):	0,639	0,534	0,485	0,457	0,438	0,425	0,416

$$H_f(L_i, D_i) = F_i H_f \frac{L_i}{100}$$



$$H_f(L_4, D_4) = 1 \times 1,22 \times 10^{12} \frac{\left(\frac{0,84}{150}\right)^{1,825}}{4,87^{32}} \times \frac{18}{100} = 0,69 \text{ m}$$

$$H_f(L_3 + L_4, D_3) = 0,485 \times 1,22 \times 10^{12} \frac{\left(\frac{0,84 \times 4}{150}\right)^{1,852}}{4,87^{50}} \times \frac{18 \times 4}{100} = 2,00$$



$$H_f (L_4, D_3) = 1 \times 1,22 \times 10^{12} \frac{(0,84)^{1,852}}{504,87} \times \frac{18}{100} = 0,08 \text{ m}$$

$$H_f (L_2+L_3+L_4, D_2) = 0,438 \times 1,22 \times 10^{12} \frac{(0,84 \times 6)^{1,852}}{634,87} \times \frac{18 \times 6}{100} = 1,86 \text{ m}$$

$$H_f (L_3 + L_4, D_2) = 0,485 \times 1,22 \times 10^{12} \frac{(0,84 \times 4)^{1,852}}{34,87} \times \frac{18 \times 4}{100} = 0,65 \text{ m}$$

$$H_f (L_1+L_2+L_3+L_4, D_1) = 0,416 \times 1,22 \times 10^{12} \times \frac{(0,84 \times 8)^{1,852}}{904,87} \times \frac{18 \times 8}{100} = 0,71 \text{ m}$$

$$H_f (L_2+L_3+L_4, D_1) = 0,438 \times 1,22 \times 10^{12} \times \frac{(0,84 \times 6)^{1,852}}{904,87} \times \frac{18 \times 6}{100} = 0,33 \text{ m}$$

$$\text{Total } H_f = 0,69 + 2,0 - 0,08 + 1,86 - 0,65 + 0,71 - 0,33 = 4,2 \text{ m}$$

Canalisation secondaire

16 arroseurs x 0,84 L/s = 13,44 L/s

pour D = 110 mm, $H_f (100) = 1,6 \text{ m}/100 \text{ m}$; pour 24 m,

$H_f = 0,38 \text{ m}$



<u>ARTICLE</u>	<u>LONGUEUR EQUIVALENTE PAR ARTICLE, m</u>	<u>NOMBRE TOTAL POUR 15 APPA- REILLAGES</u>
Coude (200 mm)	6	3
Té (200 x 200 x 200 mm)	13	2
<u>Articles par Appareillage</u>		
1-Té (200 x 200 x 160 mm)	13	12
1-Robinet Vanne (160 mm)	1	15
1-Té (160 x 110 x 160 mm)	4,5	15
1-Té (160 x 110 x 110 mm)	4,5	15
2-Té (90 x 90 x 110 mm)	3,0	30
6-Té (90 x 90 x 32 mm)	1,8	90
6-Té (90 x 63 x 32 mm)	2,4	90
6-Té (63 x 63 x 32 mm)	1,3	90
6-Té (63 x 50 x 32 mm)	1,6	90
12-Té (50 x 50 x 32 mm)	1,4	180
6-Té (50 x 32 x 32 mm)	1,5	90
6-Coudes (32 mm)	0,8	90

Longueur des Tuyaux, m

<u>Diamètre, mm</u>	<u>Par Appareillage</u>	<u>15 Appareillages</u>
32	108	1620
50	324	4860
63	216	3240
90	216	3240
110	46	690
200	1	15

Conduite Principale, 200 mm

Puits en bordure du champ

$$\frac{72\text{m}}{\text{appar.}} \times 7 \text{ appar.} - \frac{72\text{m}}{2} + \frac{72\text{m}}{\text{appar.}} \times 8 \text{ appar.} - \frac{72\text{m}}{2} + 288\text{m} = 1296 \text{ m}$$



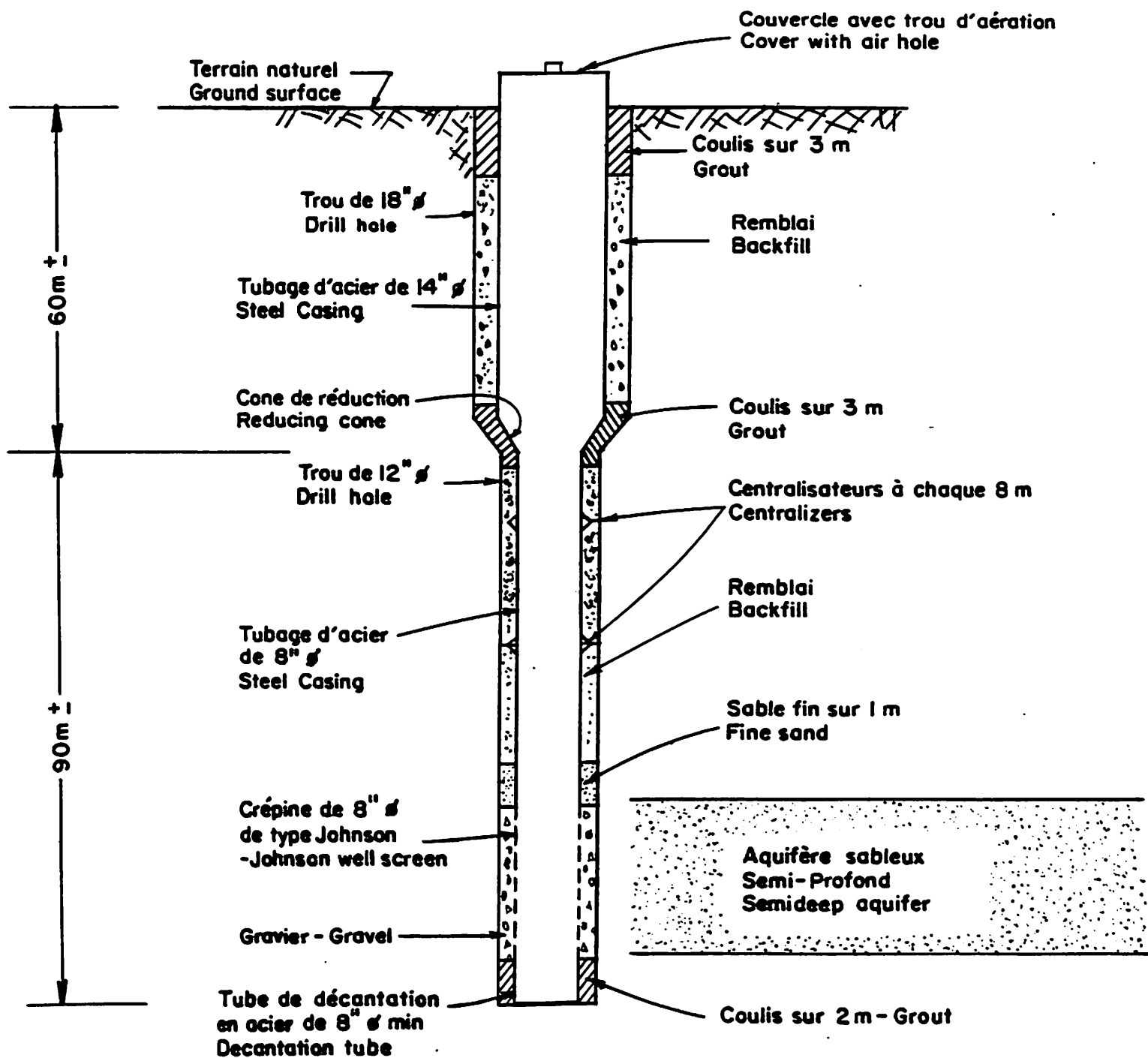
DOCUMENT D-10. LISTE DES PIECES DU SYSTEME D'ASPERSION

Article	Article	Quantité	Prix Unitaire CFA	Total CFA
1	Puits	1		18 160 000
2	Pompe	1	\$ 19 000	7 315 000
3	Moteur	1	\$ 8 650	3 330 250
4	Expéd. Pompe et Moteur à Dakar	1	\$ 3 135	1 206 700
5	Expéd. Pompe et Moteur, Dakar-Ziguinchor	1		500 000
6	Chambre des Pompes	1		2 000 000
7	Tuyau PVC			
	Ø 32 mm	1620 m	350	567 000
	Ø 50 mm	4860 m	384	1 866 000
	Ø 63 mm	3240 m	416	1 348 000
	Ø 90 mm	3240 m	850	2 754 000
	Ø 110 mm	690 m	991	684 000
	Ø 160 mm	15 m	1740	26 000
	Ø 200 mm	1300 m	2656	3 453 000
8	Tés			
	Ø 200 x 200 x 160	12	\$ 124.17	573 700
	Ø 200 x 200 x 200	2	\$ 124.17	95 600
	Ø 160 x 110 x 160	15	\$ 53.53	309 200
	Ø 160 x 110 x 110	15	\$ 53.53	309 200
	Ø 90 x 90 x 110	45	\$ 17.32	300 100
	Ø 90 x 90 x 32	90	\$ 15.93	552 000
	Ø 90 x 63 x 32	90	\$ 9.58	332 000
	Ø 63 x 63 x 32	90	\$ 6.70	232 200
	Ø 63 x 50 x 32	90	\$ 6.70	232 200
	Ø 50 x 50 x 32	180	\$ 3.16	218 900
	Ø 50 x 32 x 32	90	\$ 3.16	109 500
9	Coudes			
	Ø 110 mm	30	\$ 12.17	140 600
	Ø 32 mm	90	\$ 1.41	48 900
	Ø 200 mm	3	\$ 86.88	100 400
10	Réducteur Ø 200/160	3		
11	Arroseur 14070 Rainbird	750	\$ 24.35	9375
				7 031 250



<u>Article</u>	<u>Article</u>	<u>Quantité</u>	<u>Prix Unitaire CFA</u>	<u>Total CFA</u>
12	Prises à Tube Allonge Vertical Ø 32 mm x 1,5 m (acier)	720	1 400	1 008 000
13	Vannes			
	Ø 200 mm Butterfly (Papillon) \$ 400	1	154 000	154 000
	Ø 160 mm Butterfly (Papillon) \$ 354	15	136 290	2 044 350
	Event-casse-vide \$ 50	3	19 250	57 750
	Réducteur de Pression \$ 25	3	9 625	28 875
	Total			57 088 675
	15% Faux Frais			8 563 300
	Total			65 652 000
	10% Engineering			6 565 200
	TOTAL			72 217 200

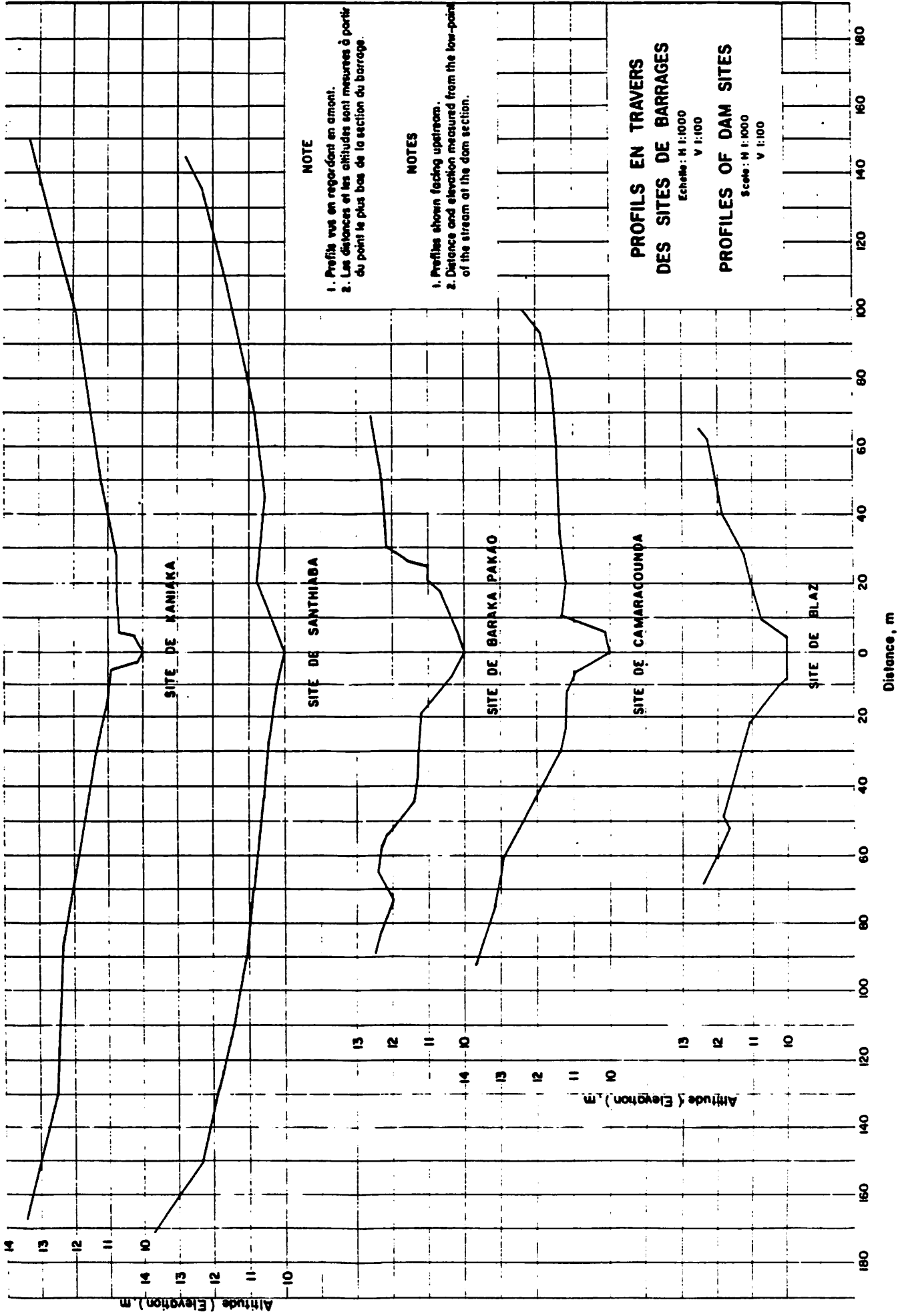




COUPE TYPE DE FORAGE SEMIPROFOND

SEMIDEEP WELL DESIGN





NOTE

- 1. Profilés vu en regardant en amont.
- 2. Les distances et les altitudes sont mesurées à partir du point le plus bas de la section du barrage.

NOTES

- 1. Profiles shown facing upstream.
- 2. Distance and elevation measured from the low-point of the stream at the dam section.

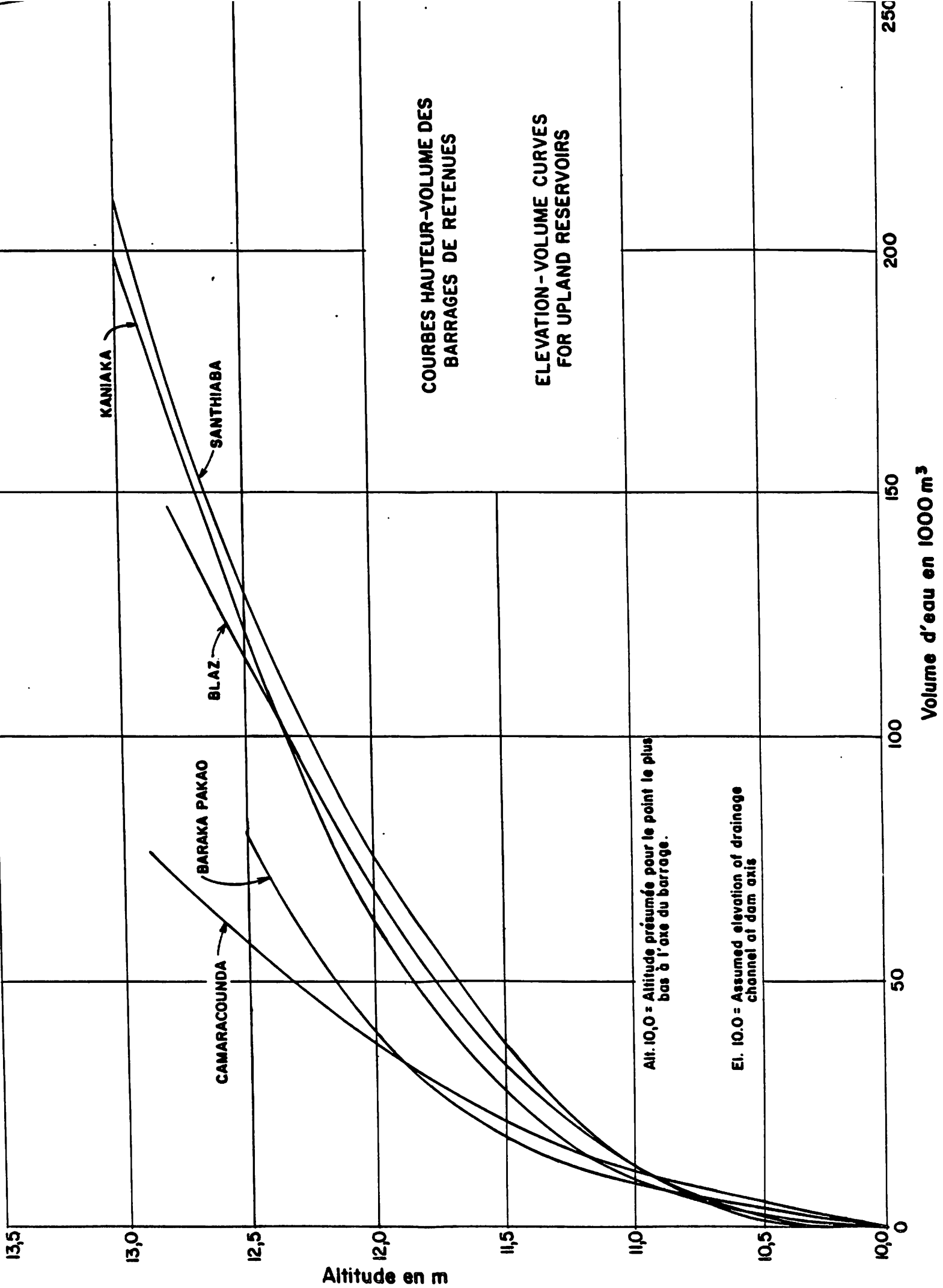
**PROFILS EN TRAVERS
DES SITES DE BARRAGES**

Echelle: H 1:1000
V 1:100

PROFILES OF DAM SITES

Scale: H 1:1000
V 1:100

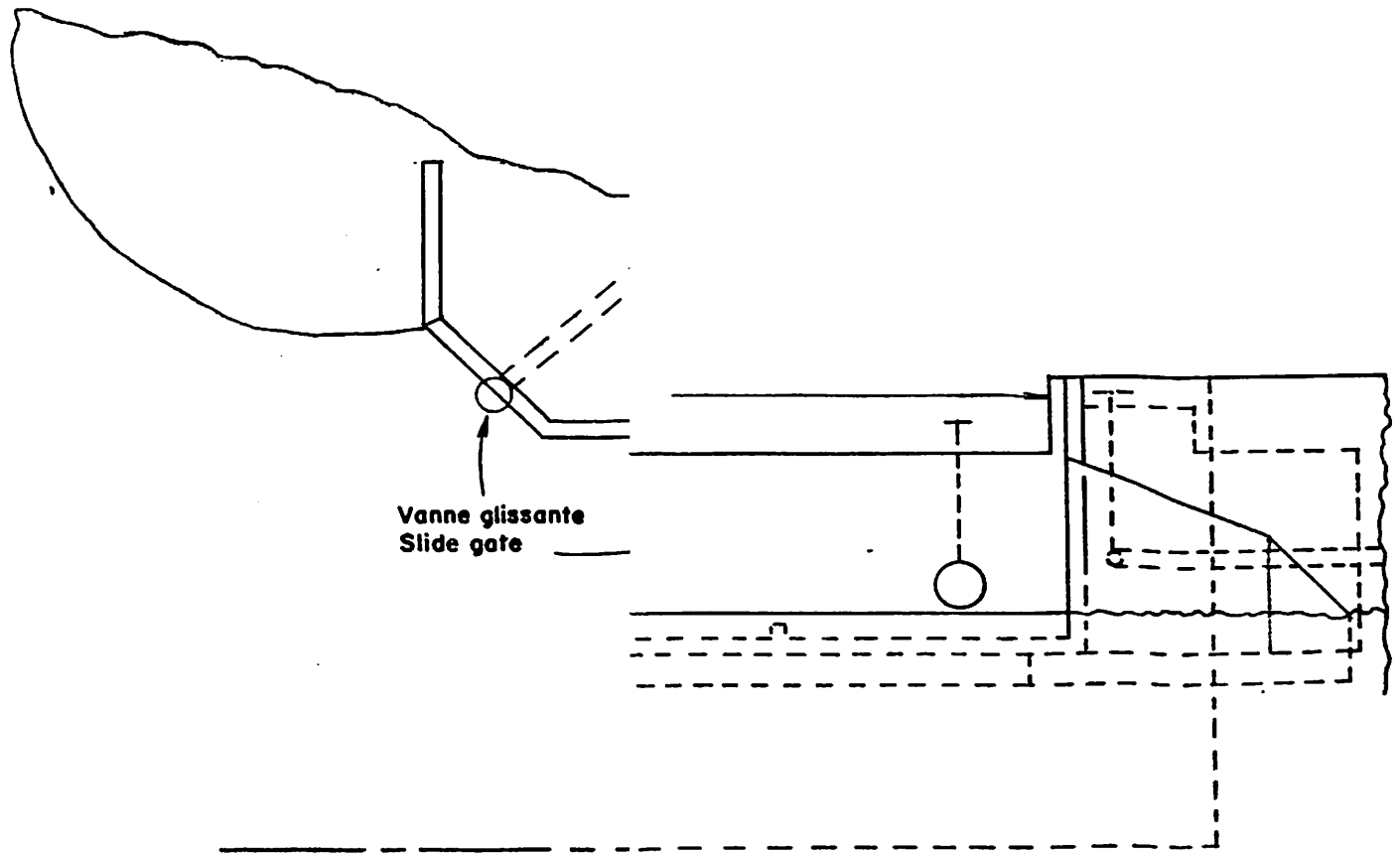




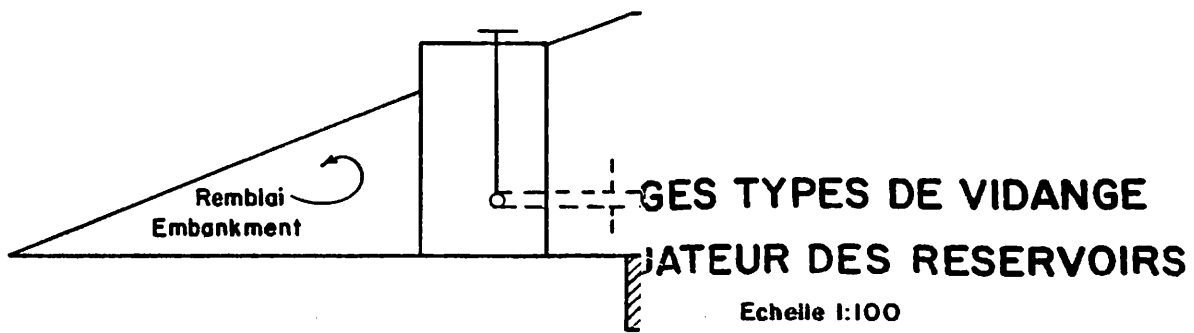
COURBES HAUTEUR-VOLUME DES BARRAGES DE RETENUES

ELEVATION - VOLUME CURVES FOR UPLAND RESERVOIRS





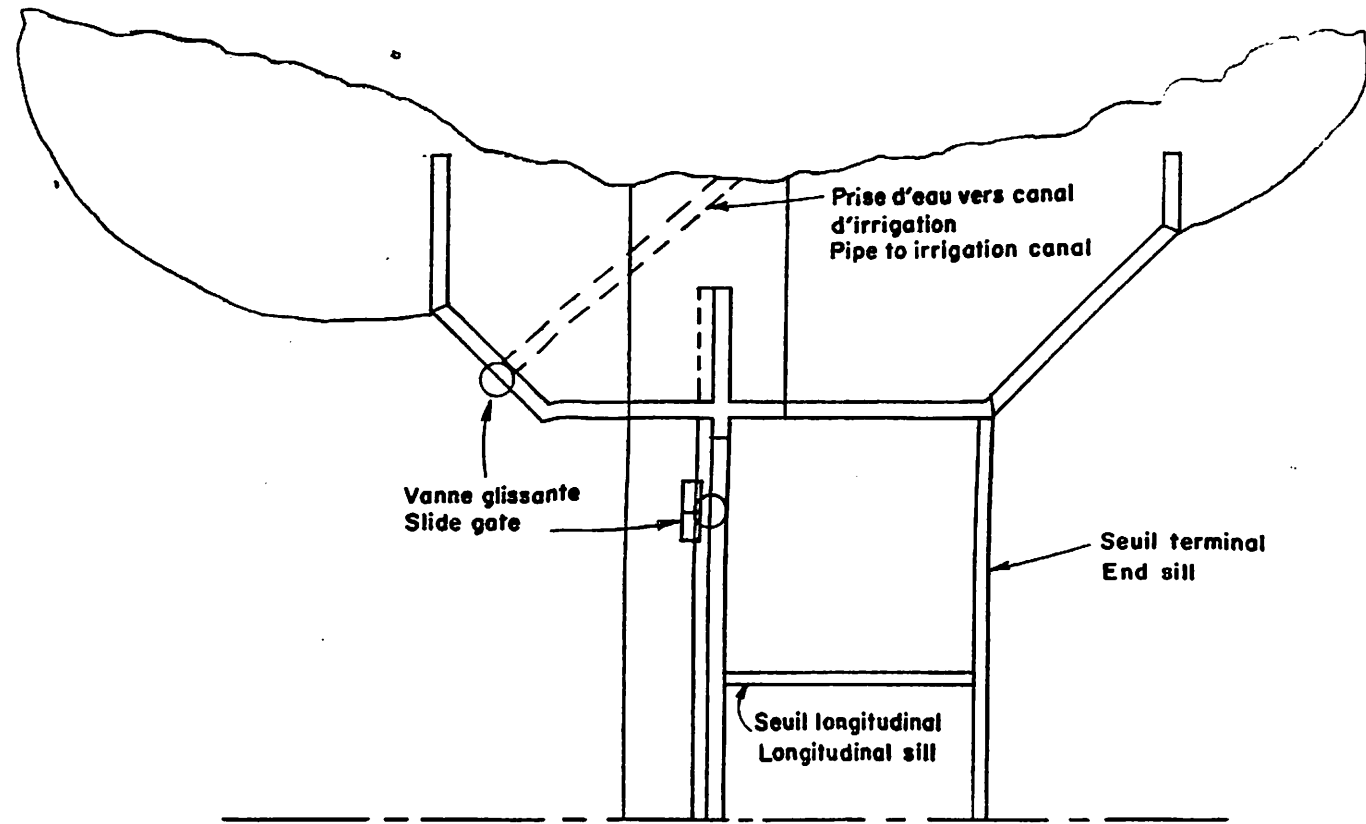
DEMI-PLA — REAR ELEVATION



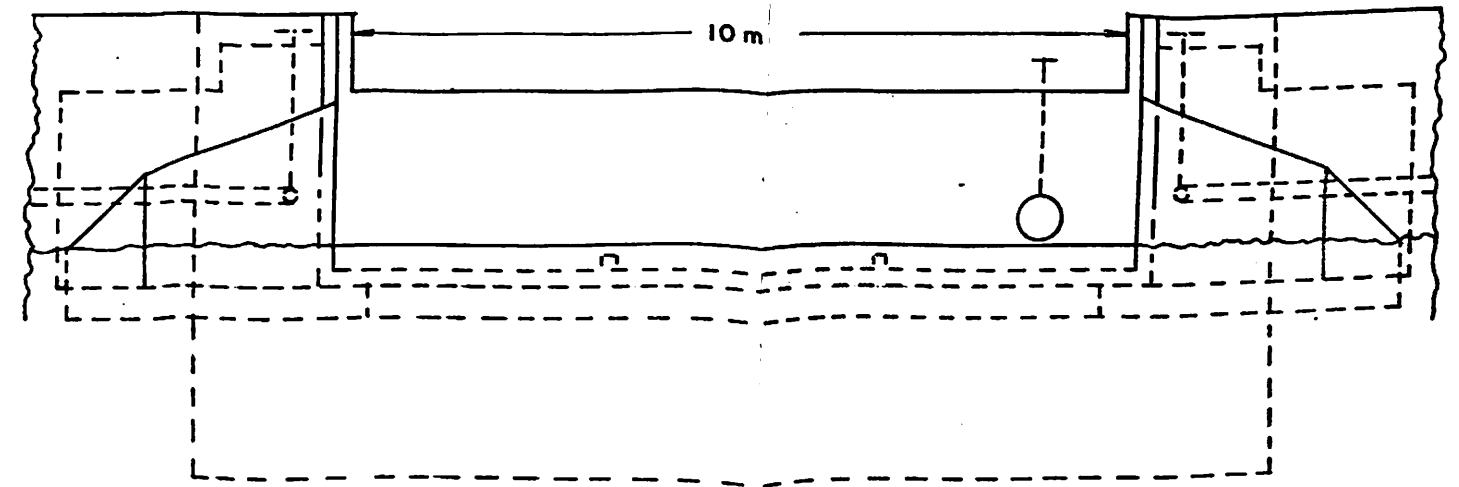
RESERVOIR SPILLWAY
ET WORKS STRUCTURE

Scale 1:100

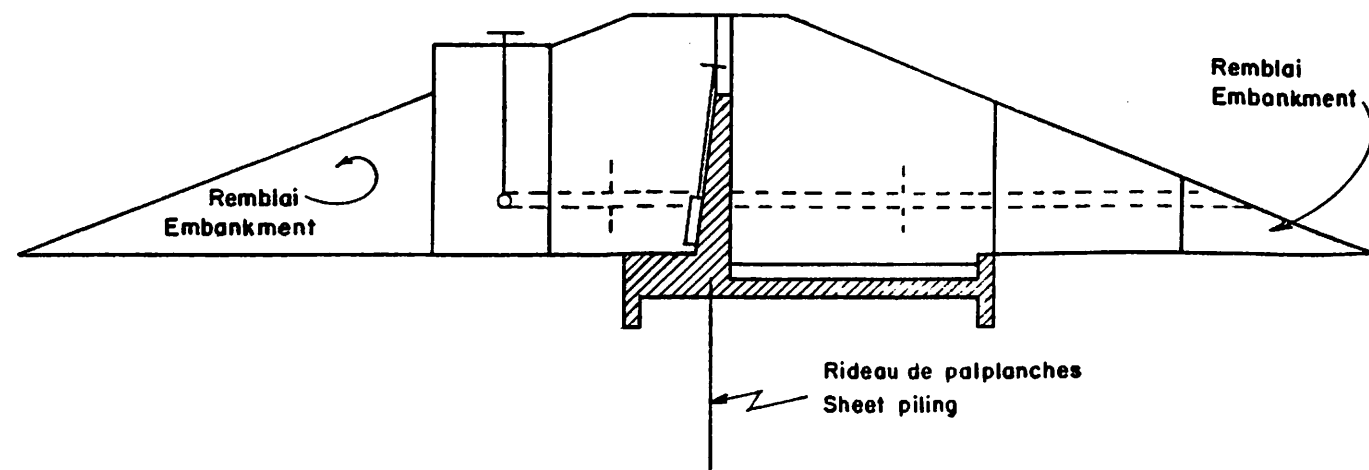
SE



DEMI-PLAN - HALF PLAN



VUE DE COTE AVAL - REAR ELEVATION



SECTION

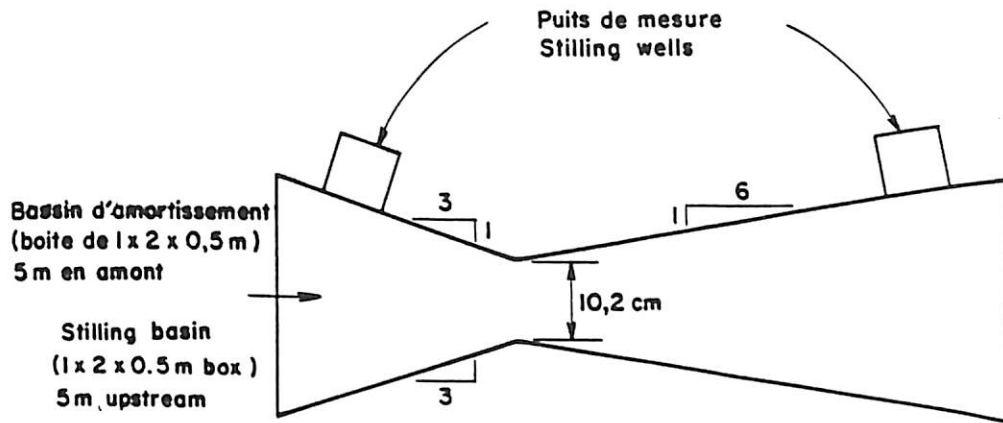
**OUVRAGES TYPES DE VIDANGE
ET EVACUATEUR DES RESERVOIRS**

Echelle 1:100

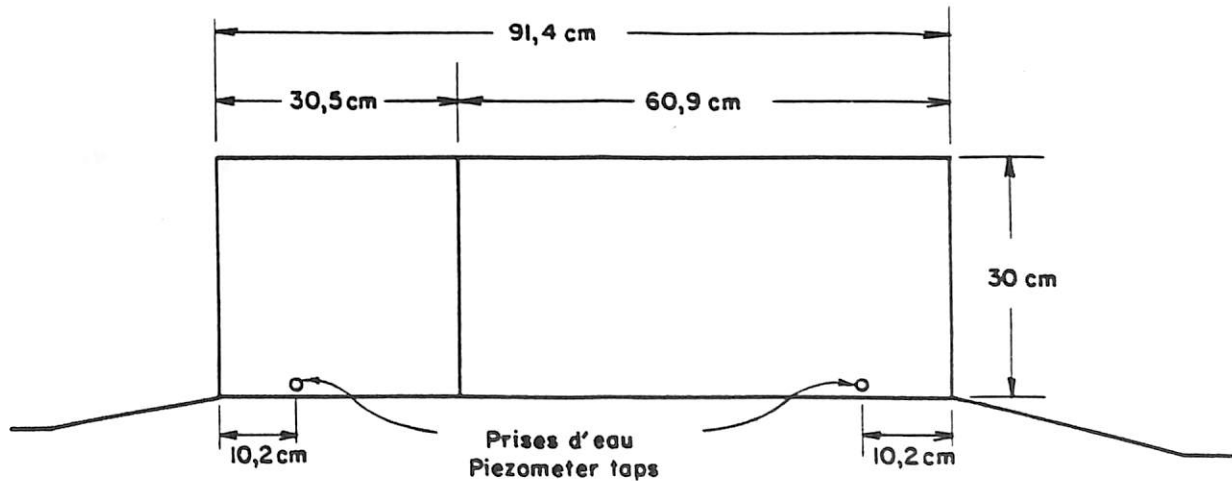
**TYPICAL RESERVOIR SPILLWAY
- OUTLET WORKS STRUCTURE**

Scale 1:100





PLAN
1:10

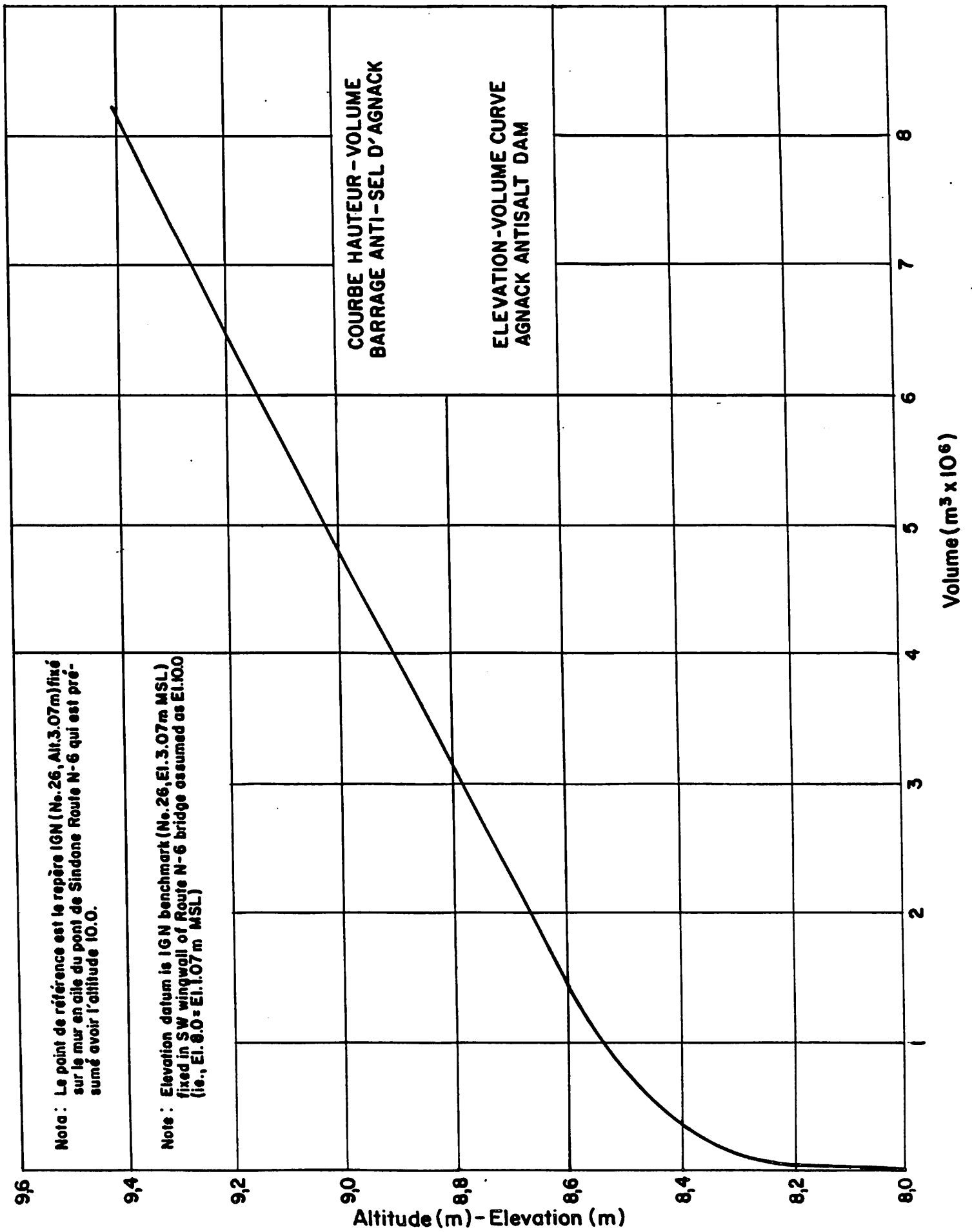


SECTION
1:10

CANAL JUGEUR 'CUTTHROAT' (TYPE) EN AVAL DU BASSIN D'AMORTISSEMENT

TYPICAL CUTTHROAT FLUME DOWNSTREAM OF STILLING BASIN







AGNACK ANTI-SALI DAM ROUTING 50 YR FLOOD - SFNEGAL PROJECT 1319b

AGNACK DAM FLOOD ROUTING

00V OVERFLOW SPNY BY COEF

00R ORIFICE SPNY COEF

00M IN RATING CURVE

OTOTAL ROUTING TIME = 380.00

0ACCCELERATION DUE TO GRAVITY = 9.81

0STARTING RES ELEV = 8.41

0SPILLWAY CREST ELEV = 8.70

0 DISCH COEF = 1.60

0 CREST LENGTH = 14.0000

0 4 ORIFICE OUTLETS

COEF	DIAM	EXIT CI	ENT CI
0.770	0.91	7.5	7.5
0.770	0.91	7.5	7.5
0.770	0.91	7.5	7.5
0.770	0.91	7.5	7.5

0 5 POINTS ON TAILWATER RATING CURVE

7.00	0.00	8.00	0.10	8.80	0.20	8.91	200.00	10.00	800.00
------	------	------	------	------	------	------	--------	-------	--------

0 4 POINTS ON RESERVOIR STORAGE-ELEVATION CURVE

8.00	0.0000E+01	8.40	0.3000E+06	8.70	0.2300E+07	9.40	0.6170E+07
------	------------	------	------------	------	------------	------	------------

0 29 POINTS ON INFLOW HYDROGRAPH

1.00 BEGINNING TIME

1.00	0.2000E+01	2.00	0.3698E+02	4.00	0.1022E+03	6.00	0.1644E+03	8.00	0.1911E+03
10.00	0.1861E+03	12.00	0.1500E+03	14.00	0.1211E+03	16.00	0.9130E+02	18.00	0.7090E+02
20.00	0.5413E+02	22.00	0.4206E+02	24.00	0.3284E+02	26.00	0.2522E+02	28.00	0.1940E+02
30.00	0.1544E+02	32.00	0.1210E+02	34.00	0.9320E+01	36.00	0.7180E+01	38.00	0.5570E+01
40.00	0.4310E+01	42.00	0.3340E+01	44.00	0.2610E+01	46.00	0.2040E+01	48.00	0.1610E+01
50.00	0.5840E+00	52.00	0.1800E+00	54.00	0.2000E-01	400.00	0.2000E-01		

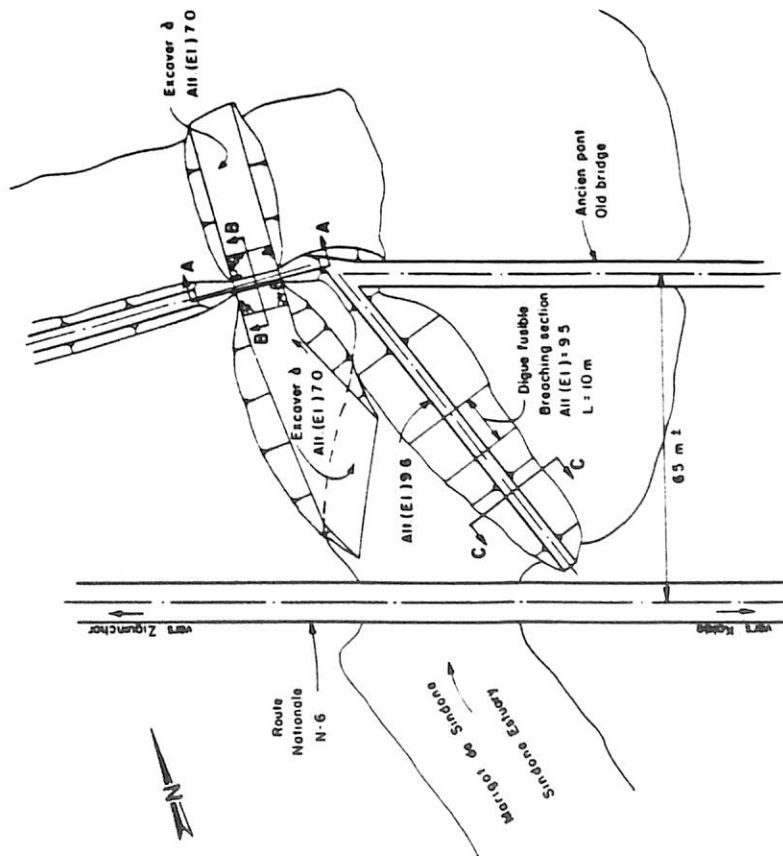
1 TIME INFLW OUTFLOW MS ELEV STORAGE

1.000	2.0	0.9	8.410	0.367113E+06
2.109	40.5	1.3	8.421	0.450044E+06
3.108	73.1	2.0	8.450	0.660804E+06
4.106	105.5	2.7	8.496	0.979854E+06
5.104	136.5	3.5	8.558	0.140960E+07
6.103	165.8	4.3	8.637	0.194757E+07
7.101	179.1	5.1	8.722	0.255272E+07
8.100	190.9	6.4	8.799	0.320165E+07
9.098	198.4	8.0	8.877	0.385651E+07
10.096	164.7	9.8	8.954	0.449508E+07
11.095	169.6	11.7	9.025	0.509032E+07
12.093	154.4	13.5	9.090	0.562424E+07
13.091	137.0	15.2	9.146	0.604239E+07
14.090	119.4	16.7	9.195	0.649231E+07
15.088	104.9	18.0	9.236	0.683045E+07
16.087	90.5	19.1	9.270	0.711099E+07
17.085	80.3	20.1	9.299	0.734503E+07
18.083	70.2	20.9	9.322	0.753932E+07
19.082	61.8	21.6	9.342	0.769845E+07
20.080	53.6	22.1	9.357	0.782540E+07
21.078	47.6	22.5	9.370	0.792583E+07
22.077	41.7	22.9	9.379	0.800327E+07
23.075	37.1	23.1	9.386	0.806121E+07
24.074	32.6	23.3	9.391	0.810186E+07
25.072	28.9	23.4	9.395	0.812757E+07
26.070	25.3	23.5	9.396	0.813986E+07
27.069	22.6	23.5	9.397	0.814089E+07
28.067	19.8	23.5	9.396	0.813205E+07
29.065	17.6	23.4	9.394	0.811457E+07
30.064	15.3	23.3	9.391	0.808928E+07
31.062	13.7	23.2	9.387	0.805709E+07
32.061	12.1	23.0	9.383	0.802081E+07
33.059	10.7	22.8	9.378	0.797910E+07
34.057	9.3	22.6	9.372	0.793292E+07
35.056	8.2	22.4	9.366	0.788311E+07
36.054	7.1	22.2	9.360	0.783025E+07
37.052	6.3	22.0	9.354	0.777893E+07
38.051	5.5	21.7	9.347	0.771758E+07
39.049	4.9	21.5	9.340	0.765859E+07
40.048	4.3	21.2	9.333	0.759822E+07
41.046	3.8	21.0	9.325	0.753687E+07
42.044	3.4	20.7	9.318	0.747477E+07
43.043	3.0	20.5	9.310	0.741210E+07
44.041	2.6	20.2	9.303	0.734895E+07
45.039	2.3	20.0	9.295	0.728558E+07
46.038	2.0	19.7	9.288	0.722203E+07
47.036	1.8	19.5	9.280	0.715856E+07
48.035	1.6	19.2	9.273	0.709523E+07
49.033	1.4	19.0	9.265	0.703181E+07
50.031	0.6	18.7	9.257	0.696865E+07

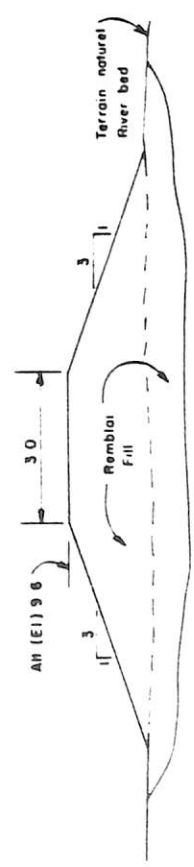
1 TIME INFLW OUTFLOW MS ELEV STORAGE

51.030	0.4	18.4	9.250	0.690162E+07
52.028	0.2	18.2	9.242	0.683679E+07
53.026	0.1	17.9	9.234	0.677240E+07
54.025	0.0	17.7	9.227	0.670861E+07
55.023	0.0	17.4	9.219	0.664558E+07
56.022	0.0	17.2	9.212	0.658341E+07
57.020	0.0	17.0	9.204	0.652209E+07
58.018	0.0	16.7	9.197	0.646160E+07
59.017	0.0	16.5	9.190	0.640193E+07
60.015	0.0	16.3	9.183	0.634305E+07
61.013	0.0	16.1	9.176	0.628496E+07
62.012	0.0	15.9	9.169	0.622763E+07
63.010	0.0	15.7	9.162	0.617107E+07
64.009	0.0	15.5	9.156	0.611524E+07

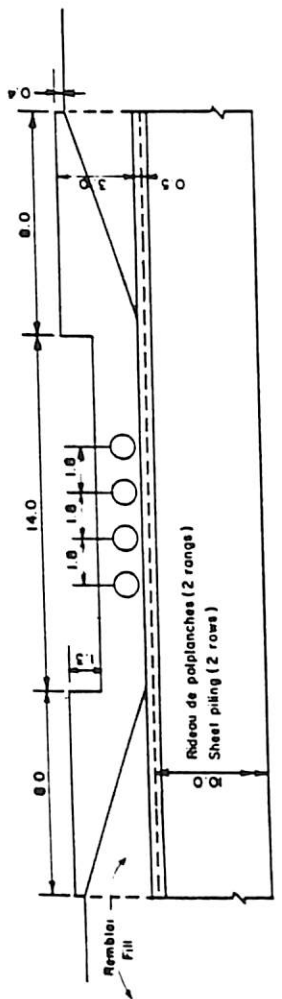




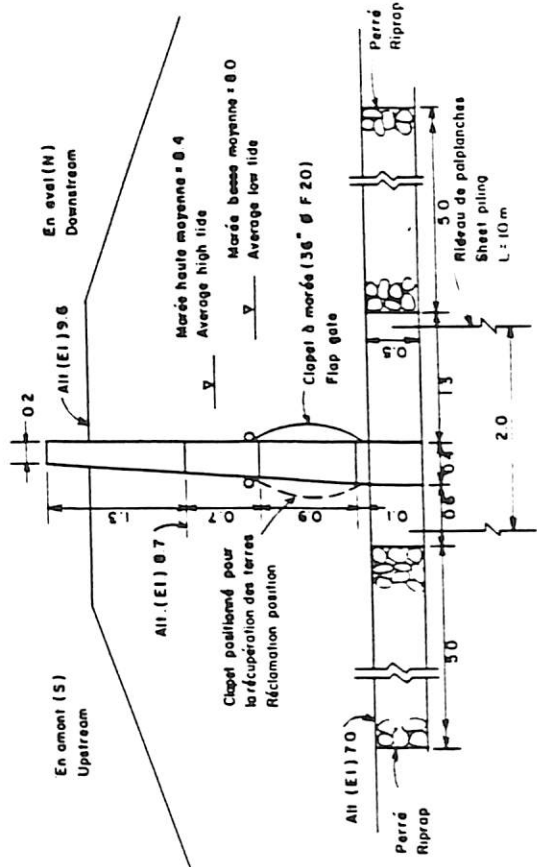
PLAN
1:1000



SECTION C-C
1:100



SECTION A-A
1:200



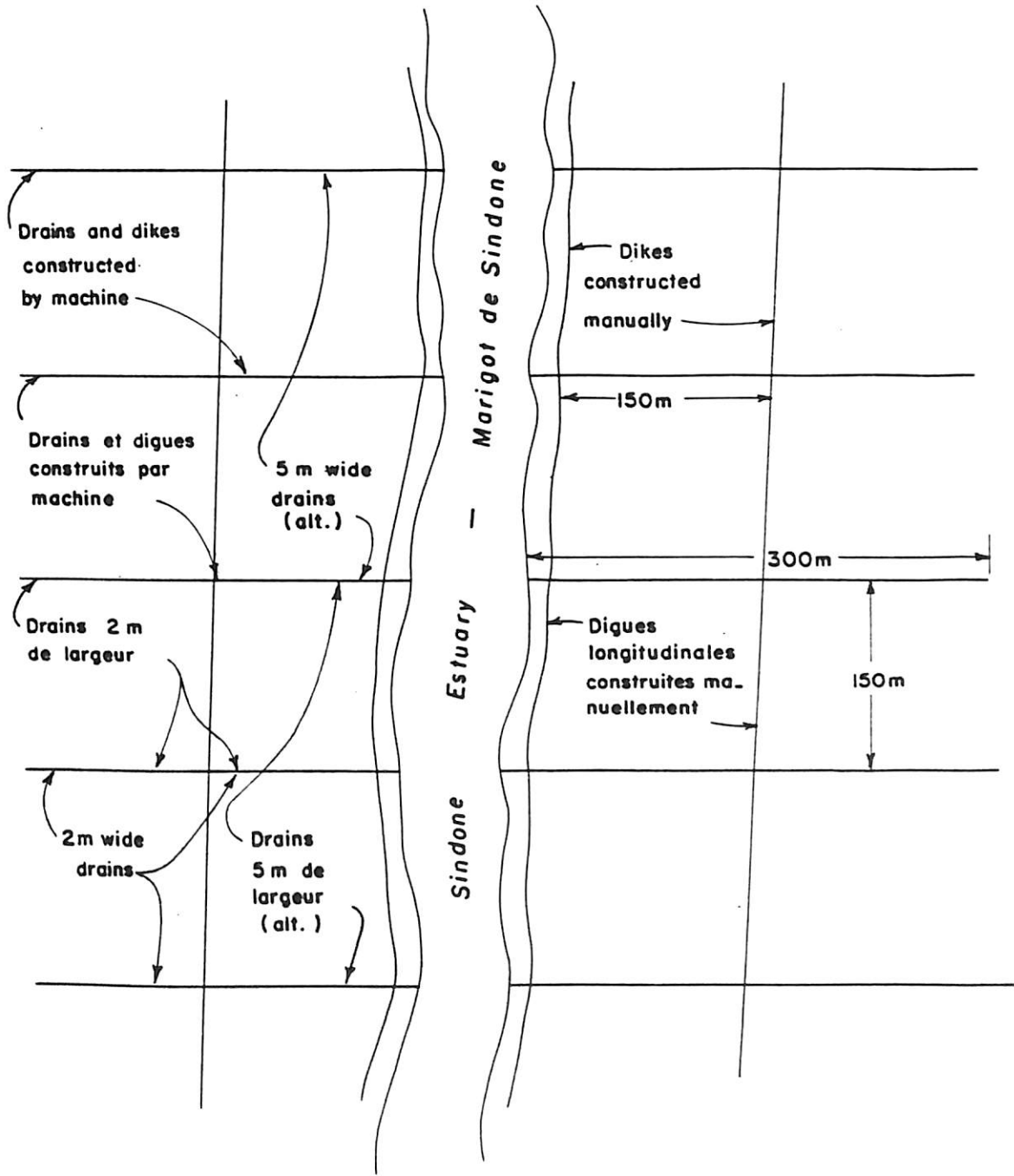
SECTION B-B
1:50

NOTA 1 Toutes les dimensions sont en mètres
2 Alt 10.0 correspond à Alt 3.07 m

NOTES 1 All dimensions in meters
2 E1 10.0 corresponds to E1 3.07 m MSL

BARRAGE ANTI-SEL D'AGNACK
AGNACK ANTISALT DAM





**PLAN TYPE POUR LA RECUPERATION DES TERRES
EN AMONT DU BARRAGE ANTISEL D'AGNACK**

TYPICAL PLAN OF AGNACK ANTISALT DAM RECLAMATION



PLAN DIRECTEUR
DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE DE LA BASSE CASAMANCE

PHASE II - ETUDES DE FACTIBILITE

Annexe E

MANUEL D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN



Annexe E

MANUEL D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

Table des Matières

	<u>Page</u>
E.1. Introduction	E-1
E.1.1. Généralités	E-1
E.1.2. But de ce Manuel	E-2
E.1.3. Portée du Manuel	E-2
E.2. Eléments du Projet	E-4
E.2.1. Forages Superficiels	E-5
E.2.2. Forages Semi-Profonds	E-5
E.2.3. Barrages Anti-sel	E-5
E.2.4. Barrages/Réservoirs	E-6
E.2.5. Installations de Drainage	E-7
E.3. Système d'Organisation de l'Exploitation et de l'Entretien	E-8
E.3.1. Généralités	E-8
E.3.2. Associations Collectives	E-10
E.3.3. Responsabilités des Associations	E-12
E.3.4. Consolidation d'Exploitation et d'Entretien	E-13
E.3.5. Assistance Technique	E-15
E.4. Plan d'Exploitation	E-17
E.4.1. Généralités	E-17
E.4.2. Pompes de Forages Superficiels et Réseaux Distributeurs	E-18
E.4.3. Pompes de Forages Semi-Profonds et Réseau d'Alimentation	E-20
E.4.4. Barrages Anti-sel et Ouvertures de Vidange	E-28
E.4.5. Réservoirs de Stockage et Réseaux d'Alimentation	E-31
E.4.6. Installations de Drainage et Exploitation des Terres	E-33
E.4.7. Mesurage et Utilisation de l'Eau	E-35
E.4.8. Voies d'Accès	E-40



Annexe E
MANUEL D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN

Table des Matières (Suite)

	<u>Page</u>
E.5. Entretien	E-41
E.5.1. Généralités	E-41
E.5.2. Contrôle d'Entretien	E-43
E.5.3. Forages Superficiels, Pompes et Réseaux d'Alimentation	E-45
E.5.4. Forages Semi-Profonds et leurs Pompes	E-48
E.5.5. Réseaux d'Alimentation à Partir des Fo- rages Semi-profonds et des Réservoirs d'Emmagasinement	E-48
E.5.6. Barrages Anti-sel - Diguettes - Rigoles	E-50
E.5.7. Barrages d'Emmagasinement et Retenues	E-52
E.5.8. Réparation du Béton	E-53
E.5.9. Installations de Drainage	E-59
E.5.10. Routes d'Accès	E-60
E.6. Budget d'Exploitation et d'Entretien	E-61



MANUEL D'EXPLOITATION ET D'ENTRETIEN
POUR LES ELEMENTS PHYSIQUES DES RESEAUX D'IRRIGATION
ET LES AMENAGEMENTS ANTI-SEL DANS LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE
DE LA BASSE CASAMANCE, AU SENEGAL

E.1. Introduction

E.1.1. Généralités

Le succès d'un projet d'aménagement des ressources en eau, qu'il s'agisse d'une installation d'irrigation ou d'un aménagement de protection anti-sel, simples ou complexes, dépend en grande partie de son exploitation et de son entretien. C'est pourquoi il faut accorder à ces derniers autant de soin que celui qu'on apporte à la planification, aux études, et à la réalisation des installations. L'investissement fait pour les ouvrages doit être protégé et préservé grâce à une exploitation judicieuse et un entretien diligent. Une installation bien conçue et bien construite doit, pour remplir la fonction à laquelle elle est destinée sur toute sa durée de vie utile, être gérée et entretenue avec soin.

Trop souvent, des installations ont été construites, puis laissées à elles-mêmes, sans qu'aient été prévues des mesures d'entretien appropriées. Le délabrement, la détérioration qui s'ensuivent, contrecarrent le dessein pour lequel elles ont été conçues.

E.1.2. But de ce Manuel

Ce manuel a été préparé pour aider les responsables ou les autorités en charge à exploiter et entretenir les éléments physiques construits pour les aménagements d'irrigation ou de protection anti-sel, et par là valoriser le développement agricole de la Basse Casamance. Il se propose avant tout de définir et d'expliquer dans la mesure du possible les marches d'exploitation et d'entretien à suivre pour que les installations fonctionnent de façon satisfaisante et sur toute leur durée de vie utile. En résumé, il s'agit d'un programme d'exploitation et d'entretien permettant de tirer le meilleur parti possible des installations construites.

Idéalement, ce genre de manuel est préparé après que l'avant-projet détaillé a été terminé. Dans le cas de la Basse Casamance, les études ne sont pas encore terminées et le type d'installations qui seront construites demeure hypothétique. Les études de projet détaillé pourront ne pas soutenir dans tous les cas les hypothèses faites, ce qui obligera à modifier ce manuel. En général, les manuels d'exploitation et d'entretien ne contiennent pas d'informations sur la construction; ici, cependant, on a décidé d'inclure des informations pouvant être utiles dans le dimensionnement des installations.

E.1.3. Portée du Manuel

Lors de la préparation de ce manuel, plusieurs principes ont été établis. Tout d'abord, on a décidé de recommander que soient formées des associations, ou des groupes collectifs, pour exécuter

ter la plupart des travaux d'amendement. Ces groupes seraient de caractère local, c'est-à-dire qu'ils se trouveraient à la source-même des tâches à accomplir. Les tâches de niveau local seraient donc réalisées par des groupes intéressés et à ce même niveau. Ensuite, autant que possible, on ferait intervenir le secteur privé dans le développement agricole. Si une tâche présente une possibilité de profit financier, il serait bon de la confier à un individu ou un entrepreneur ayant les moyens de la réaliser. Les organisations gouvernementales ou les oeuvres privées sont mieux vouées à des tâches qui n'entraînent pas de possibilités de profit. Troisièmement, chaque fois qu'il est techniquement réalisable, la tâche devrait être confiée aux agriculteurs-mêmes. Seuls les travaux complexes devraient être adjugés à des entreprises.

On s'y est efforcé de présenter des instructions d'exploitation ou d'entretien claires et pratiques, susceptibles d'être assimilées facilement par le personnel concerné. On a pris en considération les coutumes indigènes bien implantées quant à l'utilisation de l'eau, et évalué les progrès auxquels on peut s'attendre de la part de la population locale. On s'est basé sur l'aménagement en place et sur les systèmes administratifs en vigueur plutôt que d'essayer d'innover et d'imposer de nouveaux systèmes ou principes. On a favorisé les idées pratiques, toujours relativement faciles à mettre en oeuvre, même si la performance obtenue n'atteint pas les possibilités théoriques. Avec le temps et l'évolution, on peut s'attendre raisonnablement à

dépasser ou à améliorer le niveau d'exploitation et d'entretien qui a été ici fixé.

Ce manuel devra servir de guide dans l'Avant-Projet Détaillé et dans les phases d'exploitation initiales. Il sera révisé à l'achèvement de l'Avant-Projet Détaillé, et on s'efforcera de continuellement remettre à jour les instructions, au fur et à mesure de l'expérience acquise dans l'exploitation et l'entretien effectifs. Les changements apportés prendront en compte l'Avant-Projet Détaillé et répondront aux besoins du programme. Ils reflèteront de même les améliorations au niveau local, les assimilations des technologies et des connaissances nouvelles sur l'utilisation de l'eau et sur les installations s'y rapportant.

On a élaboré ce manuel après quelques visites au site de petits barrages, de réservoirs, de barrages anti-sel, de canaux à écoulement rapide et de réseaux d'irrigation par pompage. On examina les moyens de drainage existants et la condition physique des ouvrages. Chaque fois qu'il fut possible, on interrogea le personnel d'exploitation et d'entretien des ouvrages existants. On s'efforça d'évaluer les ressources humaines disponibles dans ce domaine, ainsi que la formation qu'il leur faudrait pour pouvoir effectuer les tâches nécessaires.

E.2. Eléments du Projet

Le rendement agricole de la Basse Casamance peut être amélioré à la fois par des aménagements structuraux et non structuraux. Les aménagements structuraux sont liés étroitement aux

conditions topographiques, hydrologiques et pédologiques de la région. Les aménagements structuraux suivants ont été proposés:

E.2.1. Forages Superficiels

Des forages superficiels, d'une profondeur de 20 mètres maximum, seront installés dans l'aquifère superficiel des pentes des vallées. Des pompes seront activées dans ces forages par des moteurs à diesel. Ces forages pourront présenter un tubage et des crépines, ou encore avoir un grand diamètre, être creusés à la main et présenter un revêtement en béton. L'eau de ces forages viendra compléter l'eau de pluie naturelle pour la culture du riz de saison humide, et la culture subséquente de légumes ou de riz de la saison sèche. Des moteurs à diesel de 4 chevaux activeront des pompes centrifuges débitant environ $5,5 \text{ m}^3/\text{heure}$.

E.2.2. Forages Semi-Profonds

Dans la région du projet, ces forages varieront en profondeur d'un minimum de 100 mètres à environ 200 mètres, et on les trouvera dans la région du projet, là où existe une nappe phréatique de bonne qualité. Les forages auront 20 à 30 centimètres de diamètre, seront revêtus de tubages en acier et seront équipés de crépines. Des pompes à turbine verticales à moteur diesel débiteront près de $150 \text{ m}^3/\text{heure}$.

E.2.3. Barrages Anti-Sel

Ce genre de barrages et de digues empêche l'eau salée de l'estuaire d'inonder les sols des zones de marée, réduisant par là l'effet de l'eau salée et permettant de récupérer les sols acides. Il s'agit principalement de contrôler aussi bien l'é-

coulement de l'eau de mer que celui de l'eau douce, afin d'assurer une production intégrale de riz sur les terres actuellement envahies par le sel.

Les sites et les dimensions de ces ouvrages anti-sel varient selon les dimensions du bassin versant, la largeur du canal, l'amplitude des marées, et le type de terre à protéger, mais tous les ouvrages sont construits dans le même but, à savoir: maîtriser ou empêcher l'eau salée de pénétrer en amont. Ils peuvent être construits et exploités en tant qu'ouvrages de contrôle de débit soit à sens unique soit à double sens. L'ouvrage de contrôle à sens unique ne laisse pas entrer l'eau de marée mais laisse s'écouler l'eau douce quand un certain niveau fixé est atteint. L'ouvrage à double sens contrôle l'entrée de la marée lorsqu'on veut utiliser celle-ci pour combattre l'assèchement et la solidification des sols en saison sèche.

E.2.4. Barrages/Réservoirs

Des barrages en terre et leurs réservoirs de régulation appropriés, seront érigés dans les hautes vallées pour une irrigation aval de saison humide et de saison sèche. Ils seront construits dans des bassins versants bien aménagés, s'étendant sur une surface minimum de 10 km², afin qu'il y ait un écoulement de surface suffisant; on les construirait dans des vallées relativement étroites et escarpées, dont les pentes permettraient de réduire à un minimum les coûts de remblais. Les retenues seront situées près de terres propices à l'irrigation et là où il y a

très peu de risque que les terres cultivées soient inondées par les eaux de la retenue.

E.2.5 Installations de Drainage

Le drainage de surface consiste à évacuer l'eau de surface en excédent de la production agricole. Un réseau convenable de drainage comporte des fossés de plusieurs dimensions qui évacuent le surplus d'eau jusqu'à un exutoire naturel, à une vitesse qui ne risque pas de provoquer l'érosion du sol. Les cultures autres que celle du riz seront faites dans les zones où le drainage ne présente pas de problème, ce qui éliminera les coûts élevés de drainage souterrain.

L'aménagement du modelé des terrains et la préparation de la démarcation sont étroitement liés à la qualité du réseau de drainage. Un terrain aplani permet une infiltration d'eau uniforme, évitant que certaines parties soient inondées alors que d'autres se dessèchent prématurément. Les limites des champs sont souvent des diguettes qui retiennent l'eau de précipitation et d'irrigation. Il faut prendre des mesures afin de permettre à l'eau excédentaire de s'écouler d'un champ à l'autre à travers ces levées pour des besoins de drainage ou d'irrigation. L'aménagement du modelé d'un terrain naturellement en pente est propice à la conservation du sol et de l'eau car l'écoulement de surface et, par là, l'érosion sont réduits.

E.3. Système d'Organisation de l'Exploitation et de l'Entretien

E.3.1. Généralités

L'engagement actif des propriétaires terriens ou des exploitants est essentiel si l'on veut utiliser productivement le plan d'irrigation ou d'utilisation d'eau. Avant de commencer la construction de toute installation, il convient de faire participer à la phase de planification ceux qui en retireront les fruits, et de les initier au plan d'exploitation et d'entretien du réseau. L'expérience a démontré que les projets les plus réussis sont ceux auxquels acquiescent les usagers, ceux dont ils financent l'exploitation et l'entretien et dont ils fournissent même l'investissement initial. Ceci entraîne généralement de larges moyens de crédit et un plan solide d'amortissement. Dans les pays en voie de développement, on peut justifier un programme de subvention, particulièrement quand on introduit une technologie avancée permettant d'accroître la production agricole. Toutefois, si on fournit pour commencer des services gratuits aux gens, il est bien difficile ensuite de leur faire payer ces mêmes services. Il vaut mieux dès le début imposer un prix.

Le Plan Directeur de Développement Agricole de la Basse Casamance fait allusion à la coopération solidaire des agriculteurs Diola, manifestée par leurs groupes de travail collectif (EKAFFA). Chaque village Diola a plusieurs sociétés de travailleurs qui s'aident mutuellement dans la culture du riz. L'EKAFFA est très démocratique et bien que l'adhésion y soit volontaire,

presque tous les Diola y souscrivent. Chaque groupe de travailleurs a un dirigeant élu par les autres. C'est un homme qui présente des qualités de dynamisme, de zèle à l'ouvrage, et qui a le sens de l'organisation. C'est lui qui remplit les fonctions de trésorier, qui reçoit l'argent payé pour les services du groupe et qui préside à l'utilisation des fonds. Dans les villages où les groupes de travail sont bien organisés, il existe une caisse de contributions des membres. Cet argent, déposé au compte bancaire du groupe, s'augmente du produit de l'exploitation des champs communaux et des tâches accomplies par le groupe. Une preuve de la diversification du rôle de ces sociétés, c'est qu'elles font des prêts à leurs membres, qu'elles financent des réseaux sanitaires communaux, et subventionnent des fêtes communales. Elles ont établi un code de sanctions quand les redevants ne s'acquittent pas de leurs obligations.

Le Plan Directeur réfère aussi au conseil du village, qui se compose de tous ceux qui participent activement aux programmes de travail de ce village et qui est un groupe important de décision. C'est lui qui prend les initiatives assurant le bien-être et la sécurité du village, telles que le désherbage pour éviter les incendies de forêt et la construction d'installations sanitaires. Des initiatives heureuses et communautaires d'irrigation sont relevées dans les plantations de bananes.

Si l'on se base sur tous ces exemples de collaboration et de prise de décision, il en ressort que de telles associations organisées en vue d'exploiter et d'entretenir les installations d'a-

ménagement des ressources en eau représentent un plan viable et tout à fait à la portée de la population locale. Une organisation de ce genre semble avoir une place toute indiquée dans le plan gouvernemental visant à établir et à gérer des coopératives au niveau local.

E.3.2. Associations Collectives

Il est logique d'envisager qu'un groupe de propriétaires terriens ou d'exploitants tributaires d'un forage superficiel ou semi-profond organisent une association dans le but d'exploiter et d'entretenir ce système. Il en serait vrai également dans le cas d'un barrage de retenue ou d'un réseau de distribution, d'un barrage anti-sel et des éléments de régulation et de drainage, bien que les bénéficiaires de ces installations puissent être plus difficiles à identifier. Ce groupe pourrait être distinct des groupes de village, là où ils existent, ou bien appartenir intégralement à l'organisation du village. La décision finale de la structure administrative serait laissée aux habitants concernés et au chef ou au conseil du village. Les agents de vulgarisation seraient là pour leur fournir conseils et assistance. Si ces groupes représentent des organisations séparées, ils devraient toutefois travailler en collaboration et en bons termes avec toutes les autres associations villageoises.

Afin de réduire le plus possible l'intervention du dehors, l'association collective organisée pour l'exploitation et l'entretien des installations d'aménagement des ressources en eau devrait se limiter autant que possible à ceux qui participent

activement au plan ou qui en sont les bénéficiaires directs. L'association pourrait être organisée en tant qu'entité juridique, particulièrement si ses activités dépassent l'exploitation et l'entretien.

Chaque association organisée à cet effet devrait élire ou désigner un responsable pris parmi ses membres, dont la fonction serait de surveiller l'exploitation et l'entretien de l'installation. Peut-être ferait-il fonctionner lui-même le système ou bien emploierait-il un pompiste. Il devrait être honnête, courageux, et jouir du respect des villageois. On pourrait lui donner la formation nécessaire pour qu'il s'acquitte des tâches qui lui sont confiées et il serait rémunéré en proportion de ses obligations. L'association pourrait décider de former un groupe des bénéficiaires du système qui définirait les règlements d'exploitation et d'entretien de l'installation. Ce groupe établirait un conseil de gérance qui définirait uniquement les directives générales à l'intention du responsable et se bornerait à cela, le responsable ayant seul la responsabilité d'exploiter l'installation selon ces directives. L'association devrait maintenir un système d'organisation simple et facile à appliquer.

Lorsqu'il existe plus d'une installation d'aménagement des ressources en eau, il serait peut-être avisé de mettre un responsable ou un pompiste en charge de plusieurs d'entre-elles. Par exemple, un seul agent peut s'occuper de plusieurs pompes et réservoirs ou barrages anti-sel. Il pourrait même ajouter à

cela d'autres fonctions relatives à l'accroissement de la production agricole.

E.3.3. Responsabilité des Associations

Une importante responsabilité de l'association serait d'aider à la planification d'une installation, à l'élaboration d'un plan d'exploitation et d'entretien, et de se familiariser avec les avantages de ce plan. Les membres de cette association devraient acquiescer à ce plan et avoir son succès à coeur. C'est à ce prix que le succès en sera assuré. Puis, ceci établi, ces membres, qui sont les bénéficiaires de l'installation, devront consentir à l'exploiter et à l'entretenir en bon ordre. Il en est d'autant plus vrai dans le cas où l'association s'est portée garante de rembourser la mise de fonds, car ceci ne peut se faire que si l'exploitation et l'entretien marchent bien. L'association pourra se livrer à d'autres activités, telles que le crédit et la commercialisation des produits agricoles, mais sans aller trop loin toutefois et sans pour cela négliger l'exploitation et l'entretien des ouvrages d'aménagement des ressources en eau. Les coûts des opérations devront être maintenus aussi bas que possible mais non pas au détriment d'une exploitation convenable et d'un entretien préventif. On encouragera le travail volontaire réparti également parmi les bénéficiaires du projet, et l'association pourra inclure des groupes de travail dans son organisation et sa direction.

L'association aurait également la responsabilité de construire et d'entretenir des canaux distributeurs en terre partant du

point d'évacuation du forage superficiel. Elle obtiendrait des propriétaires terriens ou des exploitants la permission de bâtir ces canaux en terre le long de (ou à travers) leur propriété, la construction se faisant sous la direction de l'association; il en serait de même pour les canaux distributeurs partant des ouvrages de prise d'eau sur les branches maîtresses amenant l'eau des pompes du forage semi-profond, et pour les canaux distributeurs partant des ouvrages de prise d'eau sur les branches maîtresses venant des retenues d'emmagasinement. L'association fixerait un calendrier de distribution d'eau, alimentant chaque parcelle par rotation, ce qui assurerait une irrigation uniforme durant la saison sèche.

Cette méthode placerait l'exploitation et la gestion du réseau d'irrigation entre les mains de ses usagers par l'intermédiaire de leur association, éliminant en même temps la difficulté d'obtenir les droits de passage pour les petits canaux distributeurs. L'expérience d'autres pays en voie de développement a démontré que c'était là un moyen satisfaisant et très économique d'alimenter en eau les petites parcelles.

E.3.4. Consolidation d'Exploitation et d'Entretien

L'association devrait avoir le statut légal lui permettant d'imposer et de recouvrer les frais encourus au cours de l'exploitation et de l'entretien des installations. Ces coûts incluraient le salaire de l'agent d'exploitation, les coûts de carburant et d'huile, de réparation et de mise au point, de maintenance des ouvrages, et toutes dépenses de main-d'oeuvre ou

autres en cours d'exploitation. S'il existe des prêts, un crédit ou un remboursement soit du capital soit des frais d'exploitation ou d'entretien, l'association devrait avoir la responsabilité d'imposer et de recouvrer un montant approprié auprès de ses membres.

Ordinairement, les paiements des frais d'exploitation et d'entretien sont levés sur la zone desservie. On estime les coûts d'ensemble, puis la zone irriguée ou avantagée par l'installation paie sa part en proportion. Sur certains réseaux plus complexes les paiements sont levés d'une autre manière, comme par exemple selon les volumes d'eau utilisés, mais de telles méthodes ne sont pas ici recommandables. Dans le cas de barrages de drainage ou anti-sel, les coûts annuels d'exploitation et d'entretien seraient divisés par la zone qui en reçoit les avantages afin d'établir le coût par zone. En général, on prépare le budget de ces coûts un an à l'avance. S'il existe un déficit, c'est-à-dire si les coûts actuels dépassent les prévisions, on pare à ce déficit en augmentant de la différence les coûts prévus pour l'année suivante. D'un autre côté, si on avait prélevé plus d'argent qu'on a dépensé pour l'année, on diminue de la différence les coûts prévus pour l'année suivante. On devrait couper l'eau à tout fermier ou exploitant terrien qui a un an de retard dans ses paiements, et l'association devrait avoir le pouvoir légal d'imposer des sanctions quand les redevants sont délinquants. On pourrait imposer une amende pour un retard dans

les paiements ou même confisquer et mettre en vente les biens d'un débiteur.

E.3.5. Assistance Technique

Les agents de vulgarisation ont recommandé la formation de groupes agricoles pour fournir des services d'aide technique et des crédits agricoles. Le programme de vulgarisation jouera un rôle important dans l'organisation d'associations de bénéficiaires ayant la responsabilité de l'exploitation et de l'entretien des installations d'aménagement des ressources en eau. Bien que ces organisations soient composées d'agriculteurs, il faudra néanmoins éduquer et guider ces derniers pour qu'ils soient à même d'organiser et d'assumer les fonctions leur permettant d'atteindre leurs objectifs.

Il y aura également une formation technique en ce qui concerne l'exploitation et l'entretien des installations physiques: pompes, rigoles d'écoulement, barrages et retenues de stockage, barrages anti-sel et canaux de drainage. On ose présumer qu'une division de la SOMIVAC fournira cette assistance technique nécessaire. Ainsi, la Mission Agricole Chinoise (MAC) a à l'heure actuelle un noyau des mécaniciens qui entretiennent et réparent les moteurs et motoculteurs. Ces derniers, ou les membres d'une organisation semblable pourraient familiariser les pompistes avec l'exploitation et l'entretien routiniers des pompes et moteurs des forages superficiels et semi-profonds. On leur apprendrait à faire démarrer et à arrêter les unités, à remplir les réservoirs de carburant, à changer l'huile, à lubrifier et prendre

soin des épurateurs d'air. Des agents sélectionnés seraient amenés des champs pour faire un stage intensif d'une à deux semaines. D'autres agences, comme PRS, PIDAC ou DAR pourraient sans aucun doute contribuer à la formation de ces agents et fournir une aide technique dans l'exploitation et l'entretien des installations en question. Un programme d'entretien des pompes et moteurs par des mécaniciens privés devrait être encouragé. Le gouvernement devra sans doute fournir ce genre de service jusqu'à ce que les entreprises privées puissent s'en charger. En plus de la formation, la même agence aurait parmi son personnel un expert qui consacrerait son temps à inspecter les installations de pompage pour s'assurer que les unités fonctionnent en bon ordre et sont bien entretenues.

L'agent responsable de l'association aurait besoin d'aide dans le cas des forages d'irrigation pour assurer une livraison d'eau suffisante et à tour de rôle. Puisqu'il s'agit là d'une question de production agricole, cette aide pourrait être fournie par le service de vulgarisation. Ce service aura alors peut-être besoin d'avoir recours à un spécialiste dans les zones où on construira des forages ou des barrages de retenue. Ce dernier offrira à l'association son expertise pour l'implantation, la construction, et l'entretien des canaux distributeurs en terre se rendant de la pompe du forage superficiel aux parcelles à irriguer; de même, pour les pompes de forages semi-profonds et les retenues d'emmagasinage, il aménagerait les réseaux de distribution agricole partant des ouvrages de prise d'eau des bran-

ches maîtresses. D'autres agences, mentionnées plus haut, pourraient également apporter une aide technique.

E.4. Plan d'Exploitation

E.4.1. Généralités

Il faut bien réaliser qu'un programme satisfaisant d'exploitation et d'entretien repose nécessairement sur des fonds adéquats. Il est plus économique de maintenir une installation en bon état, donc en bon service, que de la laisser se détériorer au point où l'on doive la réhabiliter ou la remplacer. Remettre l'exploitation d'installations d'aménagement des ressources en eau entre les mains de ses bénéficiaires, après qu'ils en ont approuvé la construction, leur donne un sens de responsabilité et de propriété qui se manifeste par une meilleure exploitation et un meilleur entretien des ouvrages. Le plan d'exploitation des forages et de leurs réseaux de distribution, des barrages de retenue et leurs réseaux similaires, des barrages anti-sel, de leurs pertuis, des installations de drainage, tout cela repose sur l'a priori que ces installations seront exploitées et entretenues par une association de bénéficiaires. Cette association aura peut-être juridiction sur une seule installation ou bien sur plusieurs selon l'emplacement de ces installations, et selon leur structure administrative déterminée par celle du village. Dans tous les cas, un agent d'exploitation appartenant à cette association gèrera et entretiendra l'ouvrage. Il aura une formation professionnelle suffisante pour accomplir les tâches

routinières, mais ne sera pas censé faire les grosses réparations ou mises au point.

E.4.2. Pompes de Forages Superficiels et Réseaux Distributeurs

Les pompes des forages superficiels seront généralement du type centrifuge et elles dépendront d'un moteur diesel. Pour les facilités de l'exploitation, les pompes et leurs moteurs sont généralement intégrés en une seule unité et on peut les installer au site en reliant simplement les tuyaux d'aspiration et de refoulement. Le refoulement se fera souvent dans un canal en terre à ciel ouvert qui a été construit par les usagers de ce forage formant l'association. Ces canaux en terre amèneront l'eau vers les petites parcelles et ils se stabiliseront et se recouvriront de végétation indigène. Parfois, l'alimentation des rizières en eau se fera simplement par une brèche dans un remblai laissant passer l'eau d'une rizière à l'autre.

L'association engagera un pompiste qui aura la charge d'une ou plusieurs pompes assurant l'alimentation de toutes les parcelles à tour de rôle. L'association aura fixé un calendrier équitable d'alimentation des parcelles, et le pompiste fera le relevé du volume d'eau alimenté et du temps. Le pompiste aura reçu une formation professionnelle d'une organisation spécialisée et il fera fonctionner les pompes selon les besoins ou selon les directives de l'association.

De façon périodique, l'installation de pompage sera visitée par un spécialiste d'entretien ou un mécanicien pour vérifier son fonctionnement ou son état. Pour chaque unité de pompage, le fa-

bricant sera requis de fournir un manuel d'entretien et d'exploitation qu'il faudra suivre à la lettre. Il sera traduit dans une langue qui est familière au pompiste. En général, ce dernier se chargera des tâches suivantes:

1. Il s'assurera que l'unité de pompage est stabilisée et bien en place.
2. Il gardera une réserve de carburant et d'huile propres.
3. Il vérifiera le niveau d'huile dans le carter tous les jours.
4. Il vérifiera l'huile dans le filtre d'air. Nettoiera et changera l'huile lorsqu'elle est encrassée ou, au minimum, après 50 heures d'utilisation.
5. Il veillera à ce que le filtre d'air soit toujours propre et non obstrué.
6. Il veillera à ce que le filtre d'aspiration soit propre.
7. Il s'assurera que la pompe est amorcée.
8. En démarrant le moteur, il poussera ou lèvera le levier du décompresseur (si l'unité en a un) et allumera plusieurs fois le moteur pour faire circuler l'huile.
9. Il fera démarrer le moteur lentement, puis augmentera les tr/mn, tel qu'il est recommandé dans les manuels.
10. Il n'arrêtera pas le moteur avec le décompresseur.
11. Il n'arrêtera pas le moteur en fermant le tuyau d'amenée et ne laissera pas se désamorcer la ligne d'amenée.

12. Il assurera la distribution de l'eau par rotation.
13. Il fera des relevés journaliers du fonctionnement et du rendement des pompes et moteurs.
14. Il maintiendra en état de propreté pompe, moteur et station de pompage.

Lorsque la pompe se déverse dans un fossé, on devra foncer celui-ci avec de l'enrochement ou du paillason pour atténuer la force de décharge et pour que l'eau passe dans le caniveau en terre avec un minimum d'action érosive.

Une dalle de béton autour du forage le stabilisera et servira de base solide à l'unité de pompage. Une station de pompage, avec un toit et au minimum un mur devrait être installée au dessus de l'unité pour la protéger contre le soleil et la pluie. Cette station servira également de hangar à outils, à carburant et à l'huile, et sera un lieu de repos pour le pompiste. A ce dernier, on fournira une pelle, une dalle, un couteau et quelques petits outils comme des clefs, des tournevis et des tenailles qui lui serviront pour faire fonctionner le moteur et la pompe. A la saison où l'unité de pompage reste vacante, on pourrait la transporter à l'atelier où elle serait emmagasinée, réparée et réfectionnée. A la saison d'irrigation, on la remettrait en service.

E.4.3. Pompes de Forages Semi-profonds et Réseau d'Alimentation

Des pompes à turbine verticales seront installées dans les forages semi-profonds. L'arbre de la pompe se prolonge verticalement vers le haut et se relie à un moteur diesel ou organe de

transmission. Un pompiste bien formé (et ses assistants, s'il y en a), engagé par les usagers, sera responsable du fonctionnement de la pompe et du moteur. L'eau du forage sera déchargée dans un dissipateur d'énergie équipé d'un déversoir rectangulaire permettant de mesurer l'écoulement d'eau. Un débit mètre enregistreur pourrait être installé dans le tuyau d'écoulement, ce qui élimine le besoin du déversoir; toutefois, ses frais d'installation et d'entretien dépassent ceux d'un déversoir. L'eau s'écoule dans un canal principal qui se décharge dans les divers ouvrages de prise d'eau, chacun d'eux alimentant environ cinq à huit hectares selon le débit du forage. Le canal principal et ses prises d'eau feront partie des ouvrages du système de pompage, tandis que le réseau de distribution prenant l'eau des prises d'eau pour alimenter les parcelles agricoles dépendra de l'association. L'unité de pompage sera placée dans une station de pompage en maçonnerie bien aérée, et il faudra prendre en considération également que les pompes à turbine verticales devront être retirées du forage de temps à autre sans qu'on doive démolir la station de pompage. La pompe et le moteur devront être montés sur la même plaque de fondation en béton pour empêcher le mauvais alignement de ces deux éléments. La station servira à ranger les outils et le carburant et devra être fermée à clef. On y rangera aussi le carnet de bord, le carnet d'inspection et toutes les soupapes de retenue ou les vannes utilisées dans la branche maîtresse. Dans certains cas, il serait peut-être désirable

d'avoir le réservoir de stockage de carburant à une certaine distance de la station de pompage.

En plus de la responsabilité du fonctionnement des pompes, le pompiste s'occuperait de la rotation d'eau alimentée aux parcelles. Il devrait suivre les indications du manuel fourni par le fabricant. Ses tâches seront les suivantes:

1. Il fera fonctionner la pompe et le moteur en suivant les instructions du manuel.
2. Il s'assurera de la stabilité de la pompe et de l'unité de pompage.
3. Il fera les relevés de l'exploitation et de l'entretien dans un carnet de bord. Ce dernier sera rangé dans la station de pompage.
4. Il gardera le carnet d'inspection dans la station de pompage, ce carnet contenant les résultats et les commentaires des inspecteurs.
5. Il maintiendra en état de propreté la station de pompage qui sera toujours fermée à clef et au verrou.
6. Il amorcera et arrêtera les pompes, ouvrira et fermera les vannes de la branche maîtresse pour assurer la rotation de l'eau.
7. Il mesurera et enregistrera le débit d'eau.
8. Il changera la rotation d'eau selon le calendrier de rotation.

9. Il rangera toutes les vannes de retenue dans la station de pompage lorsqu'elles ne sont pas utilisées dans le canal principal.

En ce qui concerne la marche des moteurs diesel, l'agent devrait observer les précautions suivantes:

1. Suivre les instructions du manuel.
2. Vérifier le système de refroidissement, remplir le réservoir de lubrifiants jusqu'à la marque de niveau maximum du plongeur.
3. S'assurer que le carburant et l'huile soient propres et la réservoir de carburant rempli.
4. Pousser le levier de décompression et allumer le moteur plusieurs fois pour faire circuler l'huile, lors du démarrage.
5. Une fois le moteur démarré, augmenter peu à peu les tr/mn ainsi qu'il est recommandé dans le manuel.
6. Une fois le moteur chauffé, embrayer la pompe.
7. Ne pas arrêter le moteur avec le décompresseur ou en fermant la ligne d'amenée.

En ce qui concerne le fonctionnement de la pompe, les précautions suivantes doivent être prises:

1. Vérifier le libre mouvement du système de pompage.
2. Assurer un amorçage convenable.
3. Si la pompe est lubrifiée à l'eau, vérifier que le palier à garniture de caoutchouc soit bien pré-lubrifié.

4. Bien s'assurer que l'huile s'égoutte continuellement entre l'arbre principal et le tuyau d'huile dans la pompe lubrifiée à l'huile.
5. Vérifier le refoulement en ce qui concerne sa teneur en sable ou en limon.
6. Si la teneur en sable du refoulement continue d'être élevée, arrêter la pompe.
7. Vérifier les lubrifiants et la fuite des garnitures au cours du fonctionnement.

Il existe divers types de canaux qui peuvent être envisagés pour diriger l'eau des forages ou des réservoirs vers les prises d'eau de distribution agricole, ou vers les points distributeurs d'où partiront les canaux en terre se rendant aux parcelles agricoles. Les canaux non-revêtus sont utilisés le plus souvent à cause de leur coût peu élevé et de la facilité de leur exécution. On peut généralement les utiliser dans tous les sols cultivables. Toutefois, les pertes par infiltration peuvent être considérables et ils sont très souvent sujets à l'érosion et à l'affouillement causé par les débordements. Les canaux en terre sont souvent aussi envahis par les mauvaises herbes et le travail répété de désherbage est un facteur important à considérer quand il faudra se décider pour des canaux revêtus ou non revêtus.

Des canaux revêtus ou construits en matériau qui offre une garniture de protection sont plus performants puisqu'ils évitent l'érosion, les dégâts occasionnés par les rongeurs, et qu'ils

réduisent les pertes par infiltration, et cela, pour un coût modeste. Leur entretien est plus facile, les mauvaises herbes ne les envahissent pas, et la livraison d'eau s'y fait sans encombre. On envisagera trois types de revêtement qui semblent convenir à la région pour déterminer celui dont l'installation est la plus économique.

Les canaux en brique ou en blocs de béton revêtus de mortier sont souvent utilisés dans les projets communautaires. Ils peuvent avoir une forme triangulaire, trapézoïdale ou en U. Des briques ou des blocs de béton sont posés sur une fondation solide puis cimentés avec un mortier de 6 à 12 millimètres d'épaisseur. La fondation d'assise doit être soigneusement préparée et on pourra installer des obturateurs de vanne en bois ou en métal pour déverser l'eau de distribution aux fossés en terre qui se rendent aux parcelles. Si des blocs de ciment sont utilisés, ils devront avoir environ 40 x 20 x 10 centimètres.

Des canaux revêtus en béton coulé sur place soit triangulaires, soit trapézoïdaux, sont une bonne solution dans le cas d'un canal principal. Une plate-forme est construite au niveau voulu, on creuse le canal, et on le revêt de béton. Bien que l'on construise souvent des canaux trapézoïdaux à l'aide d'un coffrage glissant, un revêtement en béton par coffrage démontable peut être posé avec un minimum d'équipement et seulement une main-d'oeuvre semi-spécialisée. Après avoir creusé le canal au niveau de pente qui permettra à l'eau de se répandre sur la terre à irriguer, des coffres de guidage sont posés à environ

trois mètres d'intervalle. Du béton est alors coulé dans les sections alternatives de trois mètres. Une fois le ciment pris, les coffres sont retirés et on coule les autres panneaux. Le béton utilisé pour le revêtement des canaux devra être assez fluide pour une consolidation totale mais assez raide pour rester en place sur les pentes latérales. On coule d'abord dans le fond de chaque section puis un profileur étale le béton vers les côtés. le revêtement de béton devrait avoir une épaisseur minimum de 7,5 centimètres.

Afin d'éviter le fissurage causé par le retrait normal du béton et les changements de température, des joints de contraction d'au moins 6 millimètres de large seront taillés transversalement dans le béton à une profondeur du tiers de l'épaisseur du revêtement. Ces joints seront espacés uniformément de 9 mètres au plus. Lorsqu'un revêtement par panneau est utilisé comme indiqué plus haut, l'extrémité de chaque tronçon coulé peut faire usage de joint de dilatation mais il faut bien s'assurer que les joints sont d'un assemblage bout à bout, à angle droit avec la surface de revêtement et perpendiculaire au canal. Les joints de construction aboutant des ouvrages devraient être revêtus d'un matériau spécial pour joints de dilatation.

On veillera à ce que le béton ne sèche pas trop rapidement pendant au moins 5 jours après avoir été coulé. Les surfaces exposées seront continuellement aspergées ou recouvertes d'une couche d'eau. Une bonne méthode de cure de béton consiste à la recouvrir de grosse toile, d'herbe, ou autre matériau, maintenus à

l'état humide. Une méthode de cure beaucoup plus coûteuse consiste en un revêtement de maturation ou pâte malaxée juste avant son application, formant une sorte de membrane qui ne se gerce, ne se fissure ou ne pèle.

Le troisième type de revêtement de canal à envisager est le conduit en U en béton préfabriqué. C'est un conduit d'une épaisseur de 12 à 18 millimètres qui se vend en tronçons d'environ 4 mètres de long facilement maniables par deux hommes. Chaque tronçon a une extrémité qui s'encastre facilement dans un joint de caoutchouc situé à l'extrémité du tronçon qui suit, formant ainsi un joint étanche. Des cadres en béton préfabriqué maintiennent le conduit à la pente voulue et des vannes glissantes sont placées dans les parois latérales du conduit pour fournir des déversoirs d'eau. Ce système, favorisé par de nombreux pays en voie de développement, supprime la construction d'un matelassage amortisseur dans le cas de fossés en briques ou en béton. C'est un grand avantage lorsque l'eau circule sur un terrain non-uniforme, mais cet avantage disparaît lorsque le canal principal longe la courbe de niveau d'une pente.

Dans le cas de tous ces canaux, les ouvrages de prise d'eau aux points de livraison, qu'on appelle encore déversoirs ou évacuateurs, relâchent l'eau du canal principal dans les canaux en terre pour irriguer les parcelles agricoles. L'ouvrage de prise d'eau le plus communément utilisé consiste en un tuyau de béton ou de métal qui traverse la berge du fossé et est muni d'une vanne glissante en métal à l'entrée. Ce genre d'ouvrage peut être

installé en même temps que le revêtement. Il faudra peut-être prévoir un régulateur dans le canal principal pour relever le niveau d'eau pour que celle-ci s'écoule à travers le déversoir. Il pourrait tout simplement consister en un ouvrage réglant le niveau d'eau au moyen de planches et on peut l'installer également en même temps que le canal principal est construit.

E.4.4. Barrages Anti-sel et Ouvertures de Vidange

On prévoit des barrages anti-sel ou des endiguements pour la région de la Basse Casamance avec en plus divers ouvrages de régulation. Les diguettes, une fois construites, n'exigent aucune opération particulière comme en est le cas pour les ouvrages de régulation situés dans les levées. Souvent, les routes déjà en place et dont l'assiette est surélevée serviront de diguettes, et des ouvrages de régulation seront installés là où ces routes traversent les cours d'eau principaux. La surélévation de la surface d'eau ne devrait créer aucun problème pour les chaussées. En d'autres termes, les diguettes anti-sel ne doivent pas nécessairement être faites d'un matériau compacté.

L'unité de régulation la plus simple est un ouvrage de débit à sens unique dont la dimension variera selon le débit prévu du bassin versant. Le sommet de cet ouvrage en béton ou en maçonnerie est à une altitude au-dessus de celle de la marée haute, ce qui fait que l'eau de mer ne pénètre pas dans cette zone. En l'espace de quelques années, la zone ainsi protégée de l'intrusion du salant devient une région uniquement d'eau douce. L'eau douce coule par dessus la crête de l'ouvrage sans qu'il y ait

besoin de surveillance. Parfois, avec les ouvrages à sens unique, on utilise des clapets à marée ainsi que des déversoirs de trop plein.

Les clapets à marée, généralement de 50 à 80 centimètres s'articulent sur l'extrémité aval d'un conduit qui traverse la diguette anti-sel. Ces conduits sont parfois en béton, parfois ce sont des tuyaux en métal lourd fixés dans le béton. Lorsque le niveau de la marée est assez haut, le clapet fait pression sur le conduit, la vanne se ferme et empêche l'entrée de l'eau salée. Lorsque l'eau s'accumule à l'amont du conduit, elle exerce une pression qui fait ouvrir le clapet, permettant à l'eau douce de s'écouler dans la zone de marée. Le clapet à marée est automatique, et il faut seulement vérifier de temps en temps que les vannes fonctionnent bien et que des débris n'ont pas pénétré dans le conduit, empêchant le fonctionnement automatique des vannes. Les vannes sont ainsi faites que leur altération frauduleuse arrive très rarement. On construit souvent, en amont du clapet à marée, un déversoir de trop-plein en béton ou en maçonnerie afin de régler la montée d'eau douce à l'amont de la diguette. Celui-ci n'exige aucun soin particulier et devrait être intégré à l'ouvrage de soutien des clapets à marée autant que possible. On n'a généralement pas besoin de vannes glissantes avec des clapets à marée.

La conception la plus simple et aussi la meilleure serait un dispositif avec des fentes pour poutrelles de bouchure ou planches d'exhaussement placé en amont du conduit pour réguler le

niveau d'eau douce, et des clapets à marée montés en aval de la sortie du conduit pour empêcher l'intrusion de l'eau de mer. La seule action engagée serait de placer ou d'enlever ces poutrelles pour réguler la hauteur de la surface d'eau douce en amont du conduit. Les clapets à marée seraient en caoutchouc épais ou en néoprène et ceux de plus petite dimension (50 à 80 centimètres) pourraient être fixés sur le dessus de l'ouvrage. Le caoutchouc élastique fait office de mécanisme d'articulation. Si l'on utilise du caoutchouc d'une épaisseur de 12 millimètres, on n'aura pas besoin, pour fermer le conduit, d'armatures ou de charges qu'on doit utiliser pour maintenir en état de rigidité les vannes en caoutchouc mince. Dans le cas de grands ouvrages, il faudra peut-être monter des charnières mécaniques dans l'ouvrage en béton. Des vannes à marée en fonte ou en acier seraient revêtues de caoutchouc ou de néoprène. Des vannes de métal ont une longue durée de vie sans entretien en eau salée.

Une installation anti-sel à double sens sert à empêcher à l'eau de mer de pénétrer dans la zone protégée au cours de la saison des pluies, et à la laisser pénétrer au cours de la saison sèche pour empêcher le sol de s'assécher. L'ouvrage de régulation en béton armé qui traverse le fossé peut présenter une série d'ouvertures de vidange (3 à 5) selon l'importance de l'écoulement de la zone de drainage. Les plus grandes peuvent présenter chacune cinq ouvertures de 2 mètres de large et des vannes glissantes à opération manuelle en béton ou en métal. Ces ouvertures ont des fentes où entrent des poutrelles de bouchure

si bien que, quand les vannes sont ouvertes, elles servent de déversoirs à l'eau douce en amont ayant atteint le niveau de surface désiré. En même temps, les déversoirs de trop-plein empêcheront l'eau salée d'entrer. Les vannes doivent être ouvertes à la manivelle quand on désire laisser passer l'eau de mer pour empêcher le sol de se dessécher. Durant la saison des pluies, une ou plusieurs ouvertures peuvent servir de déversoir, les vannes étant ouvertes et la poutrelle de bouchure positionnée à la hauteur voulue. Lorsque les ouvrages et les vannes auront été installés, des instructions détaillées seront préparées pour chaque installation, spécifiant le niveau d'eau voulu pour le déversoir, et les critères qui permettront de savoir quand ouvrir les vannes et irriguer la zone d'eau salée pour empêcher le dessèchement du sol. Le fonctionnement des vannes doit être soigneusement contrôlé si on veut tirer le meilleur parti possible de ces dispositifs.

On ne prévoit pas d'installer dans la région des vannes à articulation telles que celles qui se trouvent à la Vallée de Guidel.

E.4.5. Réservoirs de Stockage et Réseaux d'Alimentation

La topographie du site est le facteur essentiel qui limite le potentiel des réservoirs. Là où son utilisation est possible, une digue basse en terre compactée, et un ouvrage de commande et de régulation, peuvent fournir l'emmagasinement et la commande de l'eau d'irrigation. L'ouvrage de commande devrait se prolonger jusque dans les pentes des appuis et assez loin dans le lit de la

masse d'eau courante pour qu'il n'existe aucun sapement ou affouillement.

L'ouvrage de commande et de régulation devrait laisser passer les écoulements de crue, l'écoulement normal de la masse d'eau et la diversion d'eau dans un canal de dérivation au fil de l'eau par gravité. Des vannes de métal manuelles peuvent être utilisées pour réguler les écoulements normaux et les dérivations se déversant dans le canal. Elles seront munies de verrous pour empêcher l'altération par des personnes non autorisées, ce qui est particulièrement important vu le fait que la population locale utilisera ces réservoirs d'emmagasinement pour se baigner ou pour laver le linge. On prévoira une ou plusieurs ouvertures à vannes pour les écoulements de crue. Des rainures pour poutrelles ou planches d'exhaussement seraient ménagées dans les ouvertures à vannes qui, une fois les vannes totalement ouvertes pourront être utilisées comme déversoir pour régler la hauteur d'eau du bassin d'emmagasinement et pour écouler les débits de crue.

Les vannes seraient ouvertes pour laisser l'eau s'écouler du réservoir au début de la saison humide, mais fermées vers la fin de cette saison pour remplir la retenue. Dans certains cas, la retenue peut servir de bassin d'emmagasinement pour pompe d'irrigation. Dans d'autres cas, l'eau emmagasinée peut être relâchée dans le lit du cours d'eau naturel pour alimenter ou grossir ce dernier en saison sèche. Régler les vannes de dérivation

selon les besoins de la dérivation d'emmagasinage ou d'irrigation sont la fonction de ces installations.

Les canaux partant de la retenue devront être en terre, en blocs de ciment ou à revêtement de ciment, et être munis de prises d'eau de distribution de la même façon que le réseau de distribution partant des forages semi-profonds. Idéalement, il devrait y avoir un déversoir rectangulaire placé en tête de canal pour mesurer le débit d'eau. Le réseau d'emmagasinage et d'alimentation serait géré par un agent salarié expérimenté, employé par l'association des bénéficiaires de l'installation. L'association, par l'intermédiaire de son agent, serait responsable de la construction des canaux en terre qui distribuent l'eau des ouvrages de prise d'eau aux canaux principaux. L'exploitation et l'entretien de la branche maîtresse, des canaux de distribution en terre, de la retenue d'emmagasinage et du barrage seraient la responsabilité de l'association. L'assistance et les conseils techniques pourraient être fournis par le service de vulgarisation ou autres agences d'aide aux agriculteurs.

E.4.6. Installations de Drainage et Exploitation des Terres

Le drainage et l'exploitation agricole sont étroitement liés aux réseaux d'irrigation. Les propriétaires de terrains seront présumés responsables des travaux des canaux de drainage, qu'ils entreprendront indépendamment ou non des associations agricoles. Les travaux incluront des collecteurs ou fossés de diverses dimensions qui seront généralement construits en même temps que le réseau de distribution. Le réglage du terrain est un travail

qui se répète continuellement car un propriétaire terrien travaille constamment à améliorer la condition de sa terre. De même, les réseaux de drainage sont constamment remis en état à mesure que surgissent des problèmes de drainage. Dans certains cas, il peut être expédient de construire un exutoire principal lors de la construction, surtout lorsque le réseau de drainage est relié à un barrage anti-sel. Les cultures autres que celle du riz, qui exige un sol bien drainé à environ un mètre de profondeur, seraient plantées là où il n'existe aucun problème de drainage donc où les frais élevés de drains souterrains ne se posent pas. Une fois les drains de surface construits, ils fonctionnent d'eux-mêmes et c'est l'entretien qui en constitue les seuls frais.

Le réglage de terrain est un facteur positif dans l'efficacité de l'utilisation d'eau et il intervient pour une grande part dans l'irrigation agricole. Les diguettes sont utilisées largement pour contrôler l'irrigation par submersion des rizières. Un terrain égalisé permet une alimentation en eau uniforme et puisqu'une hauteur d'eau de 7,5 à 10 centimètres est normalement adéquate pour empêcher la pousse des mauvaises herbes, le volume d'eau exigé pour maintenir cette hauteur d'eau peut être réduit considérablement si les irrégularités de terrain sont aplanies entre les diguettes. Dans le cas des rizières, ce planage sera vraisemblablement réalisé à la main, car les dimensions réduites des parcelles se prêtent mal à l'utilisation des machines, et, dans la majorité des cas, l'agriculteur, préparant sa

terre pour la planter, s'en chargera. D'une saison à l'autre, il observera les endroits où s'imposent l'aplanissement et la régulation au niveau établi par l'eau de submersion. Une fois le planage fait, l'entretien annuel normal de culture fera l'affaire sans trop de frais. Les légumes de saison sèche seront plantés après le riz sur les billons, ou bandes de terre entre deux dérayures voisines.

Il faut soigneusement déterminer le degré de culture auquel soumettre un sol particulier. Le labour ne doit pas retirer la bonne couche superficielle et exposer le sable ou autre sous-sol stérile où les cultures ne pousseront pas. Le planage ou réglage du terrain dépendra du volume de terre remuée et la distance à laquelle cette terre est déplacée.

E.4.7. Mesurage et Utilisation de l'Eau

Mesurer l'eau d'irrigation est essentiel si on veut en faire un usage mesuré et parcimonieux. Des dispositifs de mesurage permettront d'en effectuer une distribution équitable sur toute la zone desservie, et fournira des données permettant d'établir un programme d'utilisation circonspect. Ces dispositifs, c'est-à-dire un débit-mètre enregistreur instantané ou un déversoir, devraient être installés à toutes les pompes de forages semi-profonds. Un déversoir rectangulaire classique avec ou sans contraction latérale peut être placé dans le bassin d'amortissement de décharge ou le forage de mesure en maçonnerie. Le limnimètre est installé dans ce forage pour mesurer la lame d'eau qui s'écoule par-dessus le déversoir, le point zéro étant fixé à

l'altitude de la crête du déversoir. A cause du coût initial et des coûts d'entretien qui s'ensuivent, un forage de mesure en maçonnerie avec déversoir est recommandé de préférence au débit-mètre puisque de toutes façons un forage d'amortissement est nécessaire, qu'il serve ou non à mesurer l'eau.

Dans le cas des pompes de forage superficiel, le forage d'amortissement avec déversoir de mesurage n'est pas nécessaire. La décharge est relativement faible, et l'écoulement relativement uniforme peut être aisément déterminé ou estimé d'après les barèmes de tarage des pompes. Un déversoir provisoire rectangulaire ou à échancrure en "V" peut être positionné dans le canal de décharge pour mesurer l'écoulement si on veut obtenir des mesures exactes de la décharge de la pompe par exemple, ou pour favoriser l'alimentation en eau. Mesurer l'eau qui pénètre dans chaque petite parcelle est plutôt difficile, et il n'y a pas de raison valable pour mesurer l'eau au delà du point où elle s'écoule dans le canal principal. S'il devient nécessaire de mesurer l'eau aux ouvrages de prise d'eau du canal principal venant des pompes de forages semi-profonds, ou du canal principal venant de la retenue d'emmagasinage, on peut utiliser des déversoirs amovibles.

Trois exemples de simples déversoirs à mesurer l'eau d'irrigation de la zone de la Casamance sont le déversoir classique à échancrure en triangle à 90° , le déversoir rectangulaire classique à contraction latérale, et celui sans contraction latérale.

- A. Le déversoir classique à échancrure en triangle à 90° est un dispositif exact de mesurage pour les petits écoulements. Sa crête consiste en une plaque mince de métal, et les côtés de l'échancrure ont une pente à 45° de la verticale. Les côtés du déversoir sont à des distances minimum des bords du canal d'au moins le double de la hauteur verticale entre la crête et la surface d'eau en amont (charge sur le déversoir). Dans un forage d'amortissement, cette distance peut être réduite du moment que la turbulence a été amortie et la vitesse de l'écoulement rendue négligeable. Le déversoir devrait être placé à la verticale et formant un angle droit avec l'écoulement. Le déversoir triangulaire est le dispositif qui permet le mieux de mesurer le débit d'eau inférieur à 3 centimètres cubes par seconde, étant, jusqu'à ce débit, aussi exact que les autres types de déversoir.
- B. Le déversoir à contraction rectangulaire classique est un déversoir de mesure avec une échancrure rectangulaire. Sa crête et ses parois sont en métal mince et elles surplombent respectivement le fond et les bords du canal d'accès de façon à obliger le filet d'eau à dévier de son cours normal. On peut utiliser divers matériaux, mais une plaque en métal mince convient le mieux puisque son installation et son entretien sont faciles. La crête amont et les tranchants

latéraux du déversoir devraient être affilés et lisses, et la distance séparant la crête et les parois du fond et des bords du canal d'accès ne devrait pas être moins du double de la hauteur d'eau par-dessus la crête du déversoir, et de préférence avoir au moins 30 centimètres. Le débit passant par-dessus la crête est déterminé par la charge, ou hauteur d'eau, et la longueur de la crête. A cause du rabattement à la crête, la charge devrait être déterminée en un point où l'eau est tranquille, en amont, au delà de la crête (de préférence, la distance sera de quatre fois la charge maximale sur la crête). Cette distance peut être réduite grâce à un forage de mesure et le jaugeur mesurant la charge serait réglé pour que le point zéro soit mis à la pente de la crête.

- C. Le déversoir sans contraction latérale est un déversoir de mesure en mince paroi avec une échancrure dont les côtés sont dans le même plan que le canal d'accès, éliminant ainsi la contraction latérale de la lame déversante. Les conditions assurant un mesurage exact du débit sont identiques à celles du déversoir rectangulaire à contraction, à l'exception de celles qui ont trait à la contraction des côtés. Dans le déversoir sans contraction latérale, les côtés du canal d'accès devraient être dans le même plan que les côtés du déversoir, et se prolonger en aval au delà de

la crête pour éliminer la contraction latérale de la lame déversante.

Dans le cas des canaux en terre, un déversoir amovible peut être constitué avec une plaque de métal raide, formée pour être placée en travers du canal mais dépassant quelque peu, et ayant une échancrure soigneusement taillée à la crête. Pour installer ce déversoir, la plaque de métal est enfoncée solidement dans le fond et les côtés du canal, perpendiculaire à la direction de l'écoulement, et la crête est ajustée à une position horizontale en abaissant le côté surélevé. Lorsqu'un déversoir est placé en travers du canal, un pieu ou piquet aplati au sommet peut être enfoncé dans le lit du bassin du déversoir jusqu'à ce que sa tête soit au même niveau que la crête. La hauteur d'eau au-dessus de ce pieu sera la charge sur la crête et on peut la mesurer avec une échelle limnimétrique tenue en main et touchant le haut du pieu. Ce pieu devra être placé en sorte d'éviter l'effet du rabattement (à une distance d'environ quatre fois la charge maximum du déversoir), mais toutefois assez près du bord du canal pour en faciliter l'accès. La charge sur tout déversoir ayant été mesurée, le débit, ou décharge, sera déterminé en se référant aux tableaux des mesures d'eau trouvés dans les manuels.

Il faut tenir à jour les registres des débits mesurés afin d'assurer la distribution équitable de l'eau. Ces registres serviront de même à évaluer le rendement des pompes et la performance du réseau. Des formulaires de relevés des débits d'eau

seront établis. L'utilisation judicieuse de l'eau est très importante en ce qui concerne la production agricole et l'exploitation économique d'un réseau. L'usager ne peut se permettre de payer les frais de pompage et ne pas utiliser l'eau de façon efficace. Le service de vulgarisation, conscient du rôle qu'il peut jouer dans la production agricole, devra mettre ses spécialistes au service des usagers dans le but d'améliorer le rendement. Ces spécialistes pourraient être mis au courant des phases de mesurage du débit d'eau et de distribution afin d'aider en cela les agents d'irrigation au service des associations.

E.4.8. Routes d'Accès

Il existerait une route d'accès à tout forage superficiel, semi-profond, digue et ouvrage anti-sel, et à tous les barrages de retenue d'emmagasinage afin d'en faciliter l'exploitation et l'entretien. Ces routes ne devront pas nécessairement être pavées mais elles devraient permettre la circulation des véhicules en saison humide. Leurs avantages seront les suivants:

1. Elles fourniront une voie d'accès aux installations.
2. Elles permettront aux agents de vulgarisation de fournir de meilleurs services à la population.
3. Elles permettront aux agriculteurs de porter leurs produits et de s'approvisionner au marché.
4. Elles encourageront les communications intervillageoises et les activités communautaires.

Autant que possible, les routes d'accès devraient être construites le long des tracés existants puisque les villages

s'établissent le long des réseaux existants. Elles devraient être construites avec un profil en travers bien net et bombé fournissant un drainage superficiel adéquat puisque c'est là le grand problème de l'entretien routier. Il se trouve heureux que le sol latéritique soit très commun dans la région de la Casamance, ce matériau étant supérieur pour la construction des routes au sable ou aux couches superficielles ou argiles trouvées dans la région. Les routes déjà en place et celles qu'on construira ou réfectionnera pourront servir de digues anti-sel sans dommage résultant.

E.5. Entretien

E.5.1. Généralités

L'entretien est une action qui a pour but d'empêcher la détérioration causée par plusieurs facteurs, d'installations et d'ouvrages déjà construits. Eventuellement, toutes installations se détériorent au point de devoir être remplacées ou abandonnées, mais un entretien préventif bien conduit peut reculer cette occurrence dans le temps jusqu'à la limite du pratique. Aussitôt qu'une installation est terminée ou mise en exploitation, on doit en commencer l'entretien.

Un bon programme d'entretien doit se proposer les objectifs suivants:

1. Maintenir les installations en état impeccable de fonctionnement et en tous temps grâce à un entretien approprié.

2. Obtenir la plus longue durée de vie économique et retirer le meilleur usage des installations par un entretien et des remplacements convenables.
3. Réaliser ces deux objectifs au meilleur prix.

Maintenir un entretien continu de toutes les installations est la clef d'un programme réussi d'aménagement des ressources en eau. L'entretien préventif non seulement paie des dividendes en assurant une exploitation économique, mais il assure une livraison d'eau non-interrompue, fiable et sans encombre, ou, quand il s'agit du drainage, d'un écoulement d'eau à bon prix.

Il existe quatre grandes catégories d'entretien. La première par ordre d'importance est l'entretien préventif, qui consiste en une inspection routinière, journalière, et sans interruption, afin de déceler toute défaillance ou détérioration des installations, suivie d'une prise d'action pour y parer et empêcher à la détérioration de se propager et à la défaillance de devenir dangereuse.

Le travail de réparation est une seconde catégorie d'entretien qui devient éventuellement nécessaire, aussi efficace que soit l'entretien préventif. Certaines installations se détériorent inévitablement ou s'usent au point où des réparations importantes deviennent nécessaires pour assurer une opération économique, efficace et sans danger. Ce travail de réparation devrait être prévu dans le calendrier d'exploitation.

Lorsqu'un organe majeur ou une installation se détériore ou s'use au point où un entretien préventif s'avère désormais trop

coûteux, un remplacement total peut être prescrit. En règle générale, quand les coûts d'entretien préventif et de réparations deviennent plus élevés que les coûts d'entretien et d'amortissement de la reconstruction ou d'achat d'un nouvel organe, un remplacement est avisable. Certains organes et certaines installations atteignent ce stade plus vite que d'autre, et peuvent même exiger qu'on les remplace plusieurs fois sur la vie d'un projet.

Enfin, la dernière catégorie consiste en un entretien d'urgence. C'est le travail correctif qui doit être fait quand une détérioration inattendue ou une destruction complète se produit. Cet entretien ne peut être prévu d'avance mais doit être accompli sur le champ et en un temps rapide. Un bon entretien préventif, de réparation, et un remplacement à temps, peuvent réduire les possibilités de l'entretien d'urgence.

E.5.2. Contrôle d'Entretien

Le programme d'entretien doit être un programme au jour le jour, routinier, et faire partie intégrante des activités d'exploitation. En règle générale, les mêmes agents s'occuperont de l'exploitation et de l'entretien des installations de la Casamance, sauf dans le cas de la réfection et de la réparation des pompes et moteurs. Les agents d'exploitation des installations seront bien formés au programme d'entretien et auront à coeur de le rendre efficace. Que la même personne soit responsable de l'exploitation et de l'entretien évite le problème de la

division du travail, et le responsable sera plus porté à mettre son point d'honneur à maintenir le système en bon ordre.

En plus de l'entretien quotidien, des inspections ou contrôles d'entretien de toutes les grandes installations doivent être faites au minimum deux fois par an, d'une part lorsque les installations sont en pleine marche, d'autre part lorsqu'elles fonctionnent au ralenti ou quand il n'y a pas d'eau dans le réseau. L'équipe de révision de l'entretien comprendra au moins trois personnes de formation technique ou ayant une expérience qui les qualifie pour ces inspections. Les membres de l'équipe devraient être au courant de la nature et de l'objectif des facilités qu'ils inspectent, comprendre un spécialiste d'irrigation appartenant au Service de vulgarisation, un mécanicien appartenant à l'agence ou à la compagnie responsable de la mise au point des pompes et machines, et le président d'une association agricole progressiste et bien organisée. Lorsque cette équipe visitera une installation, l'agent local et le président de l'association locale seront présents et les accompagneront. L'équipe examinera la condition physique des installations, leurs opérations, et leur sécurité. Ceci s'applique aussi aux forages superficiels et à leurs pompes, aux forages semi-profonds et à leurs pompes, réseau de distribution principal, barrages anti-sel avec leurs ouvrages de commande et d'emmagasinage, réservoirs et réseau de distribution principale. Afin de faciliter la révision d'entretien, la fiche d'inspection ou liste de vérification sera établie, qui sera remplie au fur et à mesure de l'inspection,

puis classée et rangée par le spécialiste d'irrigation ou par un autre membre de l'équipe d'inspection. De cette façon, il y aurait des archives permanentes des contrôles d'entretien. Si l'équipe relève des conditions pouvant créer des problèmes, ces dernières seront rectifiées immédiatement. Des listes de contrôle sont présentées aux Tableaux E-1, E-2 et E-3.

E.5.3. Forages Superficiels, Pompes et Réseaux d'Alimentation

L'entretien d'un forage superficiel est généralement d'ordre mineur, particulièrement quand une fondation solide a été placée à la surface du sol autour du tubage. Le forage sera recouvert d'une calotte arrêtée en place quand la pompe n'est pas montée sur le forage. Bien qu'il n'y en ait aucun indice actuel, si l'on découvre que des bactéries ferrugineuses bouchent les crépines du forage, il faudra traiter le forage avec du chlore ou produit de ce genre au moins une fois par an.

Les pompes des forages superficiels devraient être gardées sous ou dans un hangar permanent bien propre et bien aéré, les protégeant de la poussière, des rayons du soleil, et de la pluie. Le manuel d'exploitation et d'entretien de l'installation de pompage y sera placé à demeure. On l'aura traduit dans la langue de l'agent d'exploitation qui sera requis de le lire soigneusement et de le suivre à la lettre. Les lubrifiants qui y sont recommandés seront nécessairement utilisés.

L'entretien des pompes et moteurs des forages superficiels assurera un fonctionnement sans trop de vibration. L'entretien

quotidien des installations de forages superficiels et semi-profonds devrait comporter les suivants:

1. Vérification du niveau de carburant et d'huile.
2. Vérification du système de refroidissement. Vérifier aussi si rien n'est bouché.
3. Nettoyage du filtre à air si nécessaire.
4. Drainage du collecteur de buée dans le tuyau d'échappement.
5. Nettoyage et mise en ordre du hangar à pompe.
6. Vérification de tout encrassement de la pompe centrifuge.
7. Contrôle soigneux de l'allumage de la pompe centrifuge.
8. Vérification de l'état de lubrification qui est, dans des conditions normales, le seul entretien requis pour une pompe centrifuge.
9. Vérification de la décharge quant à la teneur en sable. Si ce dernier est excessif, la pompe ne devrait pas être mise en route.
10. Vérification que la boîte à garniture de la pompe ne présente aucune fuite. Resserrer dans l'affirmative.
11. Adhérence exacte aux indications du manuel des pompes et moteurs.

L'agent d'entretien devrait se limiter à l'entretien routinier sans essayer de grosses réparations ou mises au point. Si le moteur ou la pompe s'arrête ou présente des ennuis de fonc-

tionnement, il fera appel aux mécaniciens de l'agence ou de la compagnie concernée, par exemple la DAR. Ces mécaniciens se rendront au site, feront les réparations nécessaires, ou remplaceront les pièces endommagées. Si la pompe en panne a besoin d'une réparation majeure ou une remise en état et qu'elle doit être retirée du service alors que l'irrigation est pressante, on installera une pompe provisoire pendant la réparation.

La DAR, ou une organisation de ce genre, qui compte des mécaniciens parmi son personnel, devrait se charger des réparations et remises en état importantes sur une base régulière. On se mettra d'accord avec la SOMIVAC pour désigner l'agence de réparation. Les frais de réparation seront à la charge de l'association bénéficiant de l'exploitation de l'unité.

Des unités de pompage uniformes devraient être installées dans toute cette région, ce qui les rendrait interchangeables. Une unité de secours serait fournie à chaque installation, mais lorsqu'il existe un grand nombre de forages, une unité de secours pour cinq forages est une bonne mesure. Si l'on utilise le même type d'unités de pompage dans toute la région, on pourra stocker des pièces de rechange sans trop d'investissements. Ces pièces seraient rangées avec les unités de secours à l'atelier de mécanique principal. Il faut prévoir raisonnablement un an de pièces de rechange d'avance; on en gardera l'inventaire, remplaçant les pièces au fur et à mesure que le stock s'épuise.

L'entretien du réseau de distribution en terre partant des pompes des forages superficiels sera assuré par les usagers par

l'intermédiaire de leur association, et ne devrait présenter aucun problème qui ne puisse être résolu par une main-d'oeuvre dirigée par les agents de vulgarisation.

E.5.4. Forages Semi-profonds et leurs Pompes

Le même soin d'entretien que celui appliqué aux forages superficiels devrait être appliqué aux forages semi-profonds. De manière générale, les pompes à turbine verticales et les moteurs des forages semi-profonds seront installés de façon permanente dans un ouvrage de pompage bien aéré. Ici encore, l'entretien quotidien sera assuré par un employé, et les grosses réparations et mises au point seront prises en charge par l'association. L'entretien des pompes de forages semi-profonds sera le même que celui défini dans la section précédente, mais en plus, l'agent s'assurera que les paliers à anneau graisseur ou à eau soient bien lubrifiés.

Les réparations par les mécaniciens se feront selon les instructions du manuel après le nombre d'heures spécifié.

E.5.5. Réseaux d'Alimentation à partir des Forages Semi-profonds et des Réservoirs d'Emmagasinement

L'entretien convenable des canaux principaux à partir des pompes des forages semi-profonds et des réservoirs d'emmagasinement assurera l'approvisionnement des ouvrages de prise d'eau alimentant les diverses parcelles. Ces canaux doivent demeurer libres de débris et d'engorgement. Les herbes et les plantes grimpantes qui poussent sur les rives des canaux en maçonnerie ou dans les canaux en terre ne devraient jamais dépasser 10 cen-

timètres. Ceci empêchera la végétation d'envahir les canaux et d'entraver l'écoulement d'eau. Les fissures qui se produisent dans les canaux en béton devraient être comblées avec un bon agent d'étanchéité. Les joints de dilatation devront être inspectés de temps en temps et recouverts d'un liquide d'étanchéité, les déversoirs de mesurage et les jaugeurs maintenus en état de propreté et bien en vue. Le bassin d'amortissement ou forages de mesure seront inspectés pour détecter les fuites ou les fissures; quand des vannes de dérivation existent dans les canaux, leur mécanisme devra être bien graissé et les vannes et leur charpente peintes. Toutes les vannes glissantes ou les ouvrages de réglage seront peints régulièrement pour les maintenir en bon état et, s'il le faut, on ôtera la rouille ou la corrosion qui s'y est formée. Quand ils ne sont pas utilisés, on les rangera dans la chambre des pompes ou le hangar. Quant aux outils et à l'équipement dont se sert l'agent d'exploitation des installations, il les maintiendra en bonne condition, les rangeant dans un lieu verrouillé après usage. En ce qui concerne l'entretien, ses outils se réduiront à un bac à mortier de ciment, truelles, pelles, fourche, faucille et couteau pour couper l'herbe et les broussailles, niveau à main, marteau, scie, clous, jaugeurs et autres outils divers tels que clefs, tournevis et tenailles pour l'entretien des pompes et moteurs.

E.5.6. Barrages Anti-sel - Dignes - Rigoles

L'entretien de ces installations serait confié à un employé de l'exploitation et de l'entretien d'une installation particu-

lière. Les digues ou remblais anti-sel devraient se trouver loin des arbres ou des grands buissons car les systèmes de racines creuseront des galeries qui mineront les digues. Les gros buissons rendront l'entretien des digues difficile, ainsi que l'inspection pour s'assurer que celles-ci sont en bon état. On peut envisager une bonne couverture végétale qui les stabilisera et les protégera de l'érosion en cas de débordement. Les endroits portant des indices d'érosion ou de dégradation devront être renforcés au fur et à mesure qu'on les découvre et ceci particulièrement en l'occurrence de rongeurs habitant les digues. Certains emplacements qui se sont affaissés auront besoin d'être régularisés à nouveau.

Les ouvrages de commande en béton seront maintenus en bon état pour empêcher qu'ils ne se désagrègent sous l'effet de l'air salin. Il est important de maintenir un remplissage solide derrière les murs amont et les culées en béton de tous les ouvrages. Les réfections du béton sont d'une importance toute particulière qui fera l'objet d'une section spéciale.

Les vannes en béton armé résistent à la corrosion de l'eau de mer. Dans le cas de vannes en métal, il faudrait les tremper à chaud dans un bain de galvanisation si possible, pour empêcher la corrosion et l'attaque par l'eau de mer. Les vannes en métal devraient être retirées et nettoyées au moins une fois par an par l'agent d'exploitation et d'entretien de l'installation. On devrait enlever de la surface de métal des vannes en béton et de leur armature toute trace de corrosion et de rouille

jusqu'à ce qu'on retrouve le métal brillant qui, une fois bien séché, sera enduit à nouveau d'une couche primaire d'accrochage, d'un revêtement anti-rouille, puis d'une dernière couche. Les étanchéités de vannes devraient être remplacées quand il le faut pour empêcher les fuites. Les tiges de vannes et le dispositif mécanique qui les relèvent et les abaissent seront bien graissés, et les tiges seront réparées immédiatement si elles fléchissent ou se rompent. Le dispositif mécanique sera mis en marche au moins une fois chaque saison pour bien s'assurer qu'il fonctionne convenablement. Les poutrelles de bouchure et les planches d'exhaussement qui sont employées en combinaison avec les vannes et les déversoirs de décharge seront nettoyées périodiquement et peintes par mesure de protection. Elles seront rangées après usage dans un endroit sec. Des routes d'accès dégagées seront assurées à chaque installation de contrôle. Les passages et les plateformes de travail seront dégagés de tout encombrement et entretenus de façon à assurer la sécurité de l'opérateur. Les radiers en béton qui s'étendent à partir des vannes seront inspectés régulièrement pour découvrir s'il existe des indices d'érosion ou de sapement.

Les clapets de retenue exigent beaucoup d'entretien s'ils ne sont pas bien construits. Il faut s'assurer que l'articulation joue librement s'il s'agit d'un dispositif mécanique. Il faut que l'alignement de la vanne soit tel qu'une fois fermée, l'étanchéité soit assurée. Lorsque cela s'avère nécessaire, les vannes et leur revêtement devraient être remplacés ou répa-

rés. Quand des poutrelles de réglage ou des planches d'exhaussement sont utilisées avec les clapets de retenue pour régler le niveau d'eau, elles devraient être bien entretenues, et rangées dans un endroit sec et sous clef.

E.5.7. Barrages d'Emmagasinement et Retenues

En plus de l'entretien des ouvrages en béton, il faudra maintenir en tous temps en état de marche les vannes en béton et en métal qui assurent le contrôle et la dérivation. La partie métallique de ces vannes sera nettoyée et repeinte périodiquement. Le mécanisme de relèvement et d'abaissement sera toujours bien graissé et les étanchéités de vanne remplacées quand il le faudra pour empêcher les fuites. Les vannes de contrôle et de dérivation seront toujours bloquées ou immobilisées de sorte que les personnes non autorisées ne puissent les manier. Lorsque les poutrelles de réglage ou les planches d'exhaussement sont utilisées dans l'ouvrage de contrôle, elles seront soigneusement nettoyées et rangées. Les culées des ouvrages en béton seront solides et les remplissages derrière ces ouvrages toujours bien compactés. Le radier en béton qui recueille les déversements devra être réparé chaque fois que cela est reconnu nécessaire et il faudra périodiquement s'assurer qu'il n'existe pas d'affouillement. Dans ce cas, les interstices seront bouchés avec du ciment, et un mur para fouille solide sera placé à l'extrémité du radier. Tout débris décelé dans ou sur l'évacuateur ou les vannes de dérivation sera immédiatement retiré.

E.5.8. Réparation du Béton

Il est important que les ouvrages en béton soient maintenus en bon état. Il existe deux méthodes pour remplacer le béton abimé. La Méthode de Reprise du Coulage du Béton est utilisée si le béton peut être étalé en couches de 15 centimètres; elle est recommandée pour les réparations de béton sur de petits ouvrages ou de petites surfaces, pour le faite d'un mur, les piliers, parapets et bordures. La Méthode de Reprise du Coulage du Mortier est utilisée pour la réparation du béton pour des creux où le mortier n'aura pas plus de 15 centimètres d'épaisseur. On l'emploie souvent pour la réparation d'ouvrages en maçonnerie.

Une bonne préparation de la surface du béton original est essentielle si l'on veut effectuer une réparation de qualité durable. Puisque l'adhérence du nouveau mortier au béton existant est aussi critique au succès de la réparation que la qualité du nouveau matériau, il faut que le plus grand soin soit apporté à cette phase de réparation.

Il faudra enlever tout le béton endommagé. La qualité de la réparation dépendra du matériau utilisé, surtout celui qui est placé adjacent à la liaison de l'ancien et du nouveau matériau. Si la condition de l'ancien béton est douteuse, on en enlèvera deux à trois centimètres. C'est une bonne pratique de retirer le béton jusqu'à ce que l'agrégat soit brisé plutôt qu'à l'état meuble dans la gangue.

En plus d'enlever le béton altéré, il faudra bien préparer la surface, qui devra être propre, rugueuse et sèche quand on

appliquera le matériau de réparation, que ce soit du béton, de l'époxyde ou autre. Le béton altéré enlevé, on préparera la surface en la décapant vigoureusement avec une brosse métallique, ou en la martelant, etc. Elle sera ensuite nettoyée, puis laissée bien sécher. Il faudra, pendant tout ce temps, veiller à ne pas sous-caver l'agrégat du ciment en place. On recommande, dans le cas d'ouvrages anciens, d'attendre plusieurs jours après la préparation de la surface pour appliquer le nouveau matériau. Parfois, dans ces anciens ouvrages, le béton semble solide lorsqu'on le nettoie, mais se désagrège et s'amollit après quelques jours à découvert. La surface de béton préparée pour la réparation devra être maintenue en état de propreté jusqu'à ce que la réparation soit terminée. Les infiltrations d'eau peuvent être arrêtées en calfeutrant les joints ou en drainant sous la surface, mais ceci peut exiger des puisards, des barbacanes permanentes ou des systèmes d'aspiration. Toute méthode d'étanchéité qui ne contamine pas la surface adjacente conviendra.

L'expérience a démontré que certaines portions des ouvrages en béton exposés sont plus vulnérables que d'autres à l'altération par les éléments. L'entretien préventif sous forme de traitement préservatif contre les intempéries peut prolonger considérablement leur vie utile et leur longévité. Le choix du traitement qui offre la protection la plus efficace repose sur l'évaluation exacte de l'environnement qui les affecte. Avant de prendre la décision de peindre ces ouvrages, il faut s'assurer que la surface a réellement besoin de protection, car, autrement, on

pourra créer un problème d'entretien plus fréquent et plus sérieux. A moins qu'il n'existe de véritable détérioration à laquelle la peinture peut remédier, le béton accrochera mieux si on ne le peint pas, et exigera probablement aussi moins de soin. Du latex extérieur et des couches d'époxyde sont une bonne protection bien que d'un coût élevé. Souvent, les réparations au béton endommagé peuvent consister en plâtrage au mortier. C'est une opération relativement simple, exigeant seulement quelques outils et qui peut se faire manuellement. Ce mortier consiste généralement en une part de ciment pour quatre parts de sable propre et de granulométrie uniforme qui, s'il est appliqué avec un appareil pneumatique, est appelé "shotcrete" (mortier projeté).

En plus de la réparation des ouvrages en béton érodé ou en maçonnerie, il est utilisé pour revêtir les fossés en briques ou en blocs de béton. Comme il exige un équipement spécial pour son application, on ne l'envisagera peut être pas pour la région qui nous intéresse.

La méthode de bourre de ciment et de sable est applicable surtout quand la surface à réparer a une étendue limitée et que les trous sont assez profonds. (La profondeur doit être égale ou supérieure à la moindre dimension et les côtés relativement raides et resserrés).

Ce mélange de ciment et de sable qui doit être bourré ou serré dans le trou donne des colmatages qui, bien faits et après une cure appropriée, ont une belle apparence et une belle soli-

dité, souvent même meilleure que l'ouvrage de béton de base. Une des raisons principales pour utiliser cette méthode est que ce béton a un faible retrait et une tendance moindre à rompre son adhérence.

Les préparations qui précèdent les réparations par méthode de bourre de ciment et de sable, le traitement et la cure qui viennent après, seront les mêmes que pour les réparations par la méthode de reprise du coulage du béton, ainsi que décrit plus bas; une seule exception: les revêtements de cure et l'humidité extrême devraient être évités jusqu'à ce que la bourre ait pris de la rigidité. Les réparations de béton ne sont réussies que si la liaison à l'ancien béton se fait bien, et avec la méthode citée plus haut, on devra prévoir un revêtement d'adhérence sur la surface à colmater. Pour cela, on poudrera de béton sec le béton mouillé d'avance, puis on brossera ou balaiera la poussière de béton qui reste. Le revêtement d'adhérence peut aussi consister en un mortier à mélange préalable ou lait de ciment. Ceci est rendu nécessaire par la sécheresse extrême du matériau de réparation, et aucun matériau ne peut adhérer si la surface de béton n'est mouillée. D'un autre côté, le revêtement d'adhérence doit être très ferme, autrement le matériau de bourre aura tendance à se détacher.

Les réparations de béton coulé conventionnellement, comme celles de la bourre de ciment et de sable, exigent des bordures verticales et d'une profondeur d'au moins 25 millimètres; comme toutes les réparations de béton quelles qu'elles soient, elles

nécessitent une préparation et une exécution soignées et surtout une cure d'humidité prolongée. Lorsque les surfaces sont plus étendues et que des réparations par coulage sont faites, il y aura nécessairement une teneur en eau plus grande et par conséquent un retrait plus considérable, et il est plus difficile d'obtenir une bonne adhérence du colmatage au vieux béton.

Lorsqu'on répare un colmatage de béton conventionnel, le vieux béton doit présenter une "sécheresse superficielle" naturelle. Une bonne adhérence n'est possible que si la surface a une sécheresse superficielle, c'est-à-dire s'il n'existe aucune humidité à la surface des particules d'agrégats, humidité qu'on décèle par une apparence brillante, miroitante et mouillée. Le nouveau béton doit être aussi raide que le permettent les méthodes de compactage utilisées, mais on doit pouvoir le travailler suffisamment pour que le béton en état de sécheresse superficielle qu'on répare moitisse littéralement.

La plupart des réparations étant relativement limitées, et l'ancien béton ayant tendance à absorber l'humidité du nouveau matériau, la cure d'eau est un procédé hautement recommandable, surtout les premières 24 heures. Lorsqu'on utilise des coffrages pour les réparations, ils peuvent être enlevés et remplacés et être remplis de plusieurs couches de matériaux humides, tels que: grosse toile, ou paillasonnage en herbe, qui recouvrent le béton fraîchement étalé. En l'absence de coffrage, une grosse toile humide de double épaisseur devrait être appliquée. Après quoi, le béton réparé est maintenu humide au moins 28 jours pour

obtenir le meilleur pouvoir adhérent. Pour hâter la cure, on pourra employer une pâte à joints sur les surfaces exposées. Lorsque la situation ne permet pas de longues périodes de cure humide ou lorsque le maintien de l'humidité ne peut être assuré, des agents chimiques d'adhésion peuvent être employés; dans la plupart des cas, ce sont des résines agglutinantes. Ces résines sont assez difficiles à travailler, d'un coût relativement élevé, et il faut suivre les instructions très soigneusement quand on les emploie.

Dans les réparations des ouvrages, un soin particulier doit être apporté à la quantité et à la qualité des agrégats dans le mélange de béton. Avec du béton coulé conventionnel, on ne doit pas oublier que le ciment est l'élément essentiel qui détermine la qualité. Une part de ciment pour quatre parts d'agrégats, non moins, devra être considéré. En second, vient l'eau par ordre d'importance: moins il y a d'eau, meilleure sera la qualité du béton, entendu toutefois que le mélange soit maniable. Lorsqu'un vibreur pour béton est disponible, on obtiendra un mélange ouvrable avec une teneur en eau extrêmement faible, donc une pâte plus dure. Il faut surtout éviter trop d'eau et bien mélanger la pâte.

Dans le cas du mortier de boudin de ciment et de sable, le mélange courant (par poids volumétrique sec) est une part de ciment pour deux parts et demie de sable criblé au numéro 16 (1, 18 millimètres). Il faudra ajouter tout juste assez d'eau pour obtenir un mortier qui, roulé en boule, sera collant à la légère

pression de la main, et ne suintera pas, mais laissera de l'humidité sur les mains.

Les ouvrages en maçonnerie sont généralement construits en briques ou en blocs de béton revêtus de mortier de ciment. Le béton entaillé devra être remplacé par un plâtrage de mortier, ainsi que décrit plus haut. Lorsque les briques ou les blocs de ciment ont été cassés, ils devraient être remplacés pour former un ouvrage de maçonnerie compact.

E.5.9. Installations de Drainage

L'entretien des canaux de drainage sera accompli par le propriétaire agricole sous la supervision coopérative de l'agent d'exploitation ou le personnel du service de vulgarisation. Cet entretien vise à empêcher que l'écoulement ne soit bloqué par des débris ou du limon. Le canal de drainage sera un petit canal intégré au réseau de distribution et son entretien devrait être facile, tout comme le nivellement du terrain et l'entretien des canaux d'alimentation des parcelles. De temps à autre, un grand exutoire devra être débarrassé du limon ou des mauvaises herbes qui s'y sont accumulés. L'agent d'exploitation s'en chargera, ou bien offrira sa supervision, puisqu'il a la responsabilité d'entretenir les ouvrages de drainage.

E.5.10. Routes d'Accès

Entretien des routes d'accès aux installations de pompage, barrages anti-sel, barrages et retenues d'emménagement, est une nécessité puisque carburant et fournitures doivent être disponibles en tous temps. Ces routes seront souvent des chemins de

terre battue partant de la grand'route pavée et offrant un accès essentiel mais minimal. Ces routes seront construites sur une assise surélevée par rapport aux terres environnantes et présenteront un profil en travers bombé qui permettra le drainage de l'assiette. Des rigoles de drainage seront creusées sous la route pour permettre à l'eau de suivre le drainage naturel. Ce qu'il faut préserver surtout dans l'entretien d'une route en terre battue est le profil en travers bombé.

De temps à autre, l'entretien consistera à remblayer la route, régler et compacter le terrain pour qu'il ait un bon drainage. En aucun cas ne doit-on laisser de billon sur le bas-côté puisque celui-ci arrêterait l'eau, saturant le bas-côté et la surface externe de la route, ce qui résulterait en une rapide détérioration de la route. Les routes qui présentent un drainage latéral quelconque sont généralement viables même en saison humide. Les ouvrages de drainage sous la route devront être inspectés à intervalles réguliers et nettoyés en préparation de la saison des pluies. Les canaux de drainage du bord de la route devraient de même être inspectés et nettoyés pour empêcher l'inondation de la surface de la route.

Bien que la construction et l'entretien d'un réseau de routes principales donnant accès aux installations d'aménagement des ressources en eau soient des plus importants en ce qui concerne la réussite des installations, cette fonction demeure l'apanage de l'agence ou de la section du service routier. Seuls les coûts d'entretien de cette section routière qui sert d'ac-

cès aux ouvrages, devraient être passés aux associations agricoles tout comme les coûts d'exploitation et d'entretien des installations. Dans bien des endroits, ce sont ces routes qui seront les levées associées aux installations anti-sel. La relève du niveau d'eau contre ces routes de passage due à l'opération de l'installation anti-sel, est si faible que les coûts d'entretien de la route n'en seront pas augmentés ni la route endommagée.

E.6. Budget d'Exploitation et d'Entretien

Le principe dirigeant, lors de la construction et durant toute l'exploitation et l'entretien, c'est que, chaque fois qu'il est techniquement possible, les tâches doivent être accomplies par les agriculteurs eux-mêmes par l'intermédiaire de leurs associations. Seuls les travaux complexes seraient confiés à des entrepreneurs ou à des entités du dehors. Les coûts d'exploitation et d'entretien s'en trouveront ainsi réduits, coûts qui d'ailleurs devraient théoriquement être supportés par les usagers du réseau.

Le coût principal sera celui du carburant et de l'huile des unités de pompage, augmenté de leur coût de transport aux unités. Ensuite, les salaires des agents d'exploitation ou du personnel d'entretien. Pièces détachées, réparations et remises en état s'ajouteront au coût d'entretien. Il faut considérer également les outils et les fournitures.

Un des objets les plus difficiles du budget est le coût annuel d'entretien des ouvrages. On prévoit généralement 2,5 à 3 pour cent des investissements des installations pour l'entretien annuel des ouvrages de génie civil. Ces coûts sont quelque peu variables mais le tableau suivant a été établi et sera utilisé jusqu'à l'obtention des données d'exploitation effective.

ELEMENTS	DUREE DE VIE ESTIMEE	POURCENTAGE ANNUEL, ENTRETIEN ET REPARATION*
Forages et Tubage	15 - 25	0,5 - 1,5
Unités de Pompage		
Ouvrage	20 - 40	1 - 1,5
Pompe à Turbine Verticale	8 - 10	5 - 7
Pompe Centrifuge	15 - 20	3 - 5
Transmission de Puissance	8 - 10	5 - 7
Tête d'Engrenage		
Moteurs Primaires		
Moteur Electrique	20 - 25	2 - 2,5
Moteur Diesel (petit)	10	5 - 8
Moteur à Essence (petit)	7	6 - 9
Fossés ouverts	10 - 20	3 - 5
Fossés doublés	10 - 15	2 - 2,5
Ouvrages en Béton	20 - 40	0,5 - 1,5
Digues	10 - 20	2 - 3
Clapets à Marée	10 - 15	2 - 3

* Coûts annuels d'entretien et réparation exprimés en pourcentage du coût initial de construction.

Ce tableau repose sur l'hypothèse que les pompes et les moteurs fonctionnent pendant la journée environ six mois de l'année. Autre hypothèse: l'entretien quotidien sera assuré par les agriculteurs par l'intermédiaire de leur association. Les grosses réparations et remises en état des pompes et moteurs seront faites par des mécaniciens de métier payés par les usagers.

Tableau E-1

LISTE DE POINTAGE DU CONTROLE DE L'ENTRETIEN
DES BARRAGES D'EMMAGASINEMENT ET DU RESEAU D'ALIMENTATION

Ouvrage _____	Date du Contrôle _____		
Lieu _____	Eau dans la Retenue	oui	non
	Eau en Relâche	oui	non

CONDITION

ELEMENT	SATISFAISANTE	DESCRIPTION DE L'ENTRETIEN RECOMMANDE
Route d'accès		
Appuis en terre		
Ecoulement et drains		
Partie béton		
Piles en béton		
Radier en béton		
Evacuateur de crues		
Murs parafouilles		
Vannes de dérivation		
Poutrelles de bouchure		
Canaux de poutrelles		
Vanne de dérivation		
Déversoir de mesure		
Canal Principal		
Ouvrages de prise d'eau		
Vannes de régulation		
Réseau d'alimentation agricole		
Drainage		
Autres -		
-		
-		

Remarques:

Equipe de Contrôle:

_____	_____	_____
Nom	Signature	Date
_____	_____	_____
Nom	Signature	Date
_____	_____	_____
Nom	Signature	Date

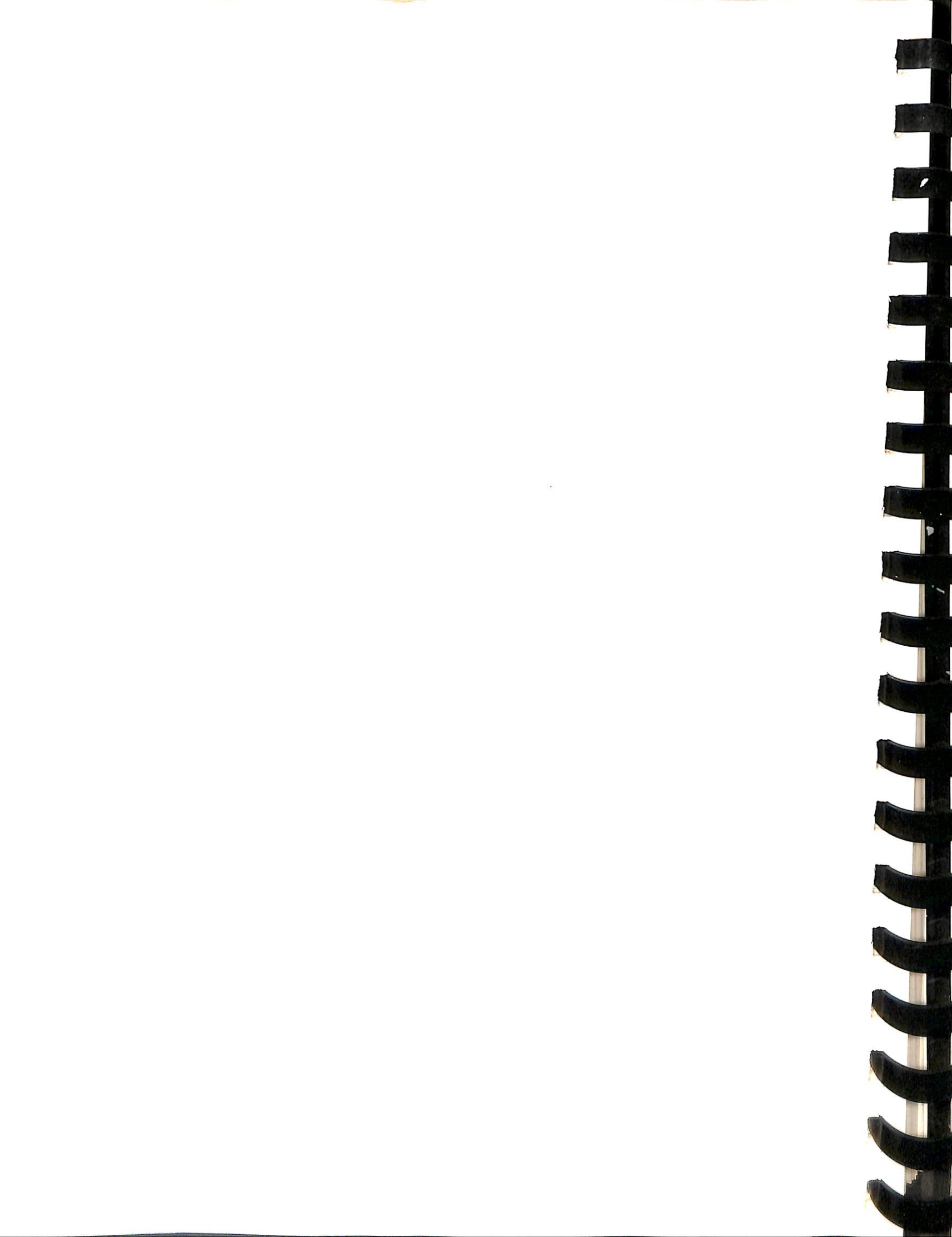


Tableau E-2

LISTE DE POINTAGE DU CONTROLE DE L'ENTRETIEN DES POMPES

Forages _____	Date du Contrôle _____
Lieu _____	La pompe fonctionne t-elle? oui non
Type de pompe	Décharge en fossé
Canal de distribution en terre	Décharge en forages de mesure
	Canal de distribution doublé

CONDITION

ELEMENT	DESCRIPTION DE L'ENTRETIEN RECOMMANDE	
	SATISFAISANTE	
Accès à l'installation de pompage		
Station ou hangar de pompage		
Forages		
Fondation de pompe et moteur		
Moteur et pompe,		
Relevé d'exploitation		
Etat de propreté du moteur		
Etat de propreté de la pompe		
Fonctionnement du moteur		
Fonctionnement de la pompe		
Installations d'emmagasinement		
de l'essence et de l'huile		
Outils		
Entretien des outils		
Canal		
Ouvrages de prise d'eau		
Alimentation agricole		
Autres -		
-		
-		

Remarques:

Equipe de Contrôle:

_____	_____	_____
Nom	Signature	Date
_____	_____	_____
Nom	Signature	Date
_____	_____	_____
Nom	Signature	Date



Tableau E-3

LISTE DE POINTAGE DU CONTROLE DE L'ENTRETIEN DES OUVRAGES ANTI-SEL

Ouvrage: _____ Date du Contrôle _____
 Lieu: _____ Eau dans l'Ouvrage oui non
 Type d'ouvrage: _____

CONDITION

ELEMENT	SATISFAISANTE	DESCRIPTION DE L'ENTRETIEN RECOMMANDE
---------	---------------	--

- Route d'accès
- Mur amont en béton
- Ouvrage de décharge en béton
- Radier en béton
- Murs parafoilles
- Piles en béton
- Canaux de poutrelles
- Poutrelles de bouchure
- Vannes
- Mécanisme des vannes
- Étanchéités de vannes
- Passerelles
- Digues
- Clapets à marée
- Autres -
-
-

Remarques:

Equipe de Contrôle:

_____ Nom	_____ Signature	_____ Date
_____ Nom	_____ Signature	_____ Date
_____ Nom	_____ Signature	_____ Date



PLAN DIRECTEUR
DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE DE LA BASSE CASAMANCE

PHASE II - ETUDES DE FACTIBILITE

Annexe F

INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT



Annexe F
INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT

Table des Matières

	<u>Page</u>
F.1. Introduction	F-1
F.1.1. Généralités	F-1
F.1.2. Planification du Transport de la Phase I	F-2
F.1.3. Portée et Objectifs de la Phase II	F-3
F.1.4. Panorama du Rapport	F-5
F.2. Objectifs des Transports	F-5
F.2.1. Plan Directeur	F-5
F.2.2. Besoins de Transport	F-7
F.2.3. Objectifs de la Planification	F-8
F.3. Analyse de l'Infrastructure de Transport	F-10
F.3.1. Réseau Routier Régional	F-10
F.3.2. Transport Régional par Voie d'Eau	F-17
F.3.3. Réseau Routier de l'Aire du Projet	F-19
F.3.4. Combinaisons de Projets d'Ouvrages d'Art	F-23
F.4. Plans d'Amélioration de Transports	F-27
F.4.1. Plan Directeur du Transport Régional	F-27
F.4.2. Analyse Economique	F-33
F.4.3. Plan de Transport dans l'Aire du Projet	F-37
F.5. Mise en Oeuvre du Programme	F-39
F.5.1. Méthodes de Construction	F-39
F.5.2. Méthodes d'Entretien	F-48
F.6. Base des Estimations de Coût	F-52



FIGURES ET TABLEAUX

Figures

1	Réseau National Routier
2	Accessibilité Régionale
3	Réseau Routier de l'Aire d'Etude
4	Accessibilité de l'Aire d'Etude
5	Plan Routier de la Zone de Développement
6	Plan Directeur de Transport Régional
7	Investissements d'Amélioration Routière
8	Plan de Transport de l'Aire d'Etudes
9	Plan et Profil de Route d'Accès Typique
10	Coupes Transversales de Routes d'Accès Typiques
11	Détails de Construction Routière

Tableaux

		<u>Page</u>
F.1.	Liste des Projets Régionaux	F-31
F.2.	Liste des Projets Supplémentaires	F-32
F.3.	Projets Routiers dans l'Aire d'Etude	F-40



Annexe F
INFRASTRUCTURE DE TRANSPORT

F.1. Introduction

F.1.1. Généralités

Le bassin de la Basse Casamance situé dans la partie méridionale du Sénégal est le sujet d'un Plan Directeur de Développement Agricole entrepris par la SOMIVAC (Société de Mise en Valeur Agricole de la Casamance), pour le compte du gouvernement de la République du Sénégal. Aidée dans cet effort par la U.S. Agency for International Development (AID), la SOMIVAC se propose de formuler un plan d'action visant à améliorer les méthodes de production agricole, et par conséquent le rendement, de cette importante région qui alimente l'Afrique Occidentale. Pour cela, il faudra tirer meilleur parti des ressources naturelles, technologiques et humaines. Les aspects techniques du programme de planification ont été confiés par la SOMIVAC à Harza Engineering Company International. En ce qui concerne l'infrastructure du transport, le Bureau d'Experts-conseils spécialisés de Deleuw, Cather International, en association avec ARIX Bureau d'Ingénieurs, Architectes, Planificateurs, a été chargé de l'analyse, de la planification et des études.

Le projet a été divisé en trois phases d'analyse technique. La Phase I, achevée à la fin de l'année 1981, a consisté en une reconnaissance de la région, accompagnée d'un recueil de données, suivie d'une évaluation des conditions existantes; elle aboutit à

la formulation de plusieurs options concernant les ouvrages d'art et les programmes de développement. La Phase II, entreprise en 1982, perfectionna les estimations initiales et désigna les emplacements qui seraient la cible d'actions spécifiques. La Phase III, qui sera exécutée une fois les plans d'actions examinés et acceptés, consistera en l'élaboration de l'avant-projet détaillé, et en l'établissement des dossiers d'appel d'offres de projets particuliers dont la mise en oeuvre a été prévue.

Tout au long des activités du Plan Directeur, l'importance de l'infrastructure du transport a été soulignée et on n'a pas manqué d'en faire mention dans la planification. Le transport, dans son aspect structurel et programmation, est un des facteurs-clés de tout plan directeur agricole, car il fournit l'accès et la mobilité permettant de combiner production, distribution et commercialisation agricoles. De plus, l'infrastructure régionale de transports peut offrir d'autres avantages secondaires, tels que de meilleurs moyens de communications, l'accès à des centres d'éducation ou des établissements sanitaires, l'élargissement des possibilités d'emploi.

F.1.2. Planification du Transport de la Phase I

Terminées à la Phase I, les études initiales sur l'infrastructure des transports furent documentées dans le Rapport du Plan Directeur de la Phase I. On y décrit les conditions du réseau routier de la région, avec statistiques à l'appui sur le volume et la composition du trafic; on y discute des divers moyens de transport disponibles et des principes qui en régissent

les services, et on y examine les conditions du transport par voie d'eau de la région. Un programme préliminaire de réfection routière y est défini, entre autres des opérations de construction et d'entretien, utilisant les ressources disponibles.

Les conclusions auxquelles on a abouti à cette phase sont les suivantes: Les routes ne sont pas praticables en toutes saisons, le transport des produits et des récoltes au marché se fait assez mal, et les routes et les ponts existants sont mal entretenus.

Ceci peut être imputé au manque de moyens financiers, et au manque de matériaux et d'équipement disponibles pour améliorer le système de transports, ainsi qu'au caractère rural de l'Aire d'Etude dont la population est largement dispersée. Que le réseau routier doive être l'objet d'une réfection systématique est une conclusion évidente, mais, tout aussi importante est la conclusion que l'amélioration doit se faire selon plusieurs projets mineurs répartis sur un vaste territoire plutôt que selon quelques grands projets de construction. Le réseau foncier de routes pavées et latéritiques est adéquat, il faudra se concentrer sur la réfection des bretelles et des voies de desserte reliant les villages aux routes nationales principales.

F.1.3. Portée et Objectifs de la Phase II

Après avoir étudié le rapport du Plan Directeur de la Phase I, la SOMIVAC retint les trois aires de Guidel, Agnack et Adéane situées dans la Zone IX, à l'est de Ziguinchor pour faire l'objet d'une analyse subséquente au niveau factibilité. Les objectifs

d'ensemble du Plan Directeur de la Phase II se résumaient en les suivants: recueillir des données supplémentaires et plus détaillées, comme prévu à la Phase I; formuler et préciser des variantes de projets et de programmes pour les Zones d'Aménagement des Terres; retenir un plan de mise en place.

L'analyse de l'infrastructure de transport consistait à perfectionner les projets et les priorités développés à la Phase I en y intégrant les nouvelles données et les impératifs du Plan Directeur Agricole; à préparer les informations des coûts et avantages résultant des projets de transport prioritaires; à établir la faisabilité économique et écologique; à définir les opérations de construction et les nécessités d'entretien des projets prioritaires. Cette analyse concernait à la fois le réseau de transport régional et celui des bretelles et voies de desserte de la Zone d'Aménagement-cible. Les plans de recommandations décrivent les réseaux intégrés des tronçons routiers existants qui servent aux besoins actuels et futurs de la demande, et identifient les voies de raccord à construire ou à réfecter pour compléter le réseau. Ces plans diffèrent de ceux qui avaient été initialement formulés à la Phase I, car ils tiennent compte des obligations et des limites de l'adaptabilité des terres, des facteurs socio-économiques, des éléments les plus propices des projets et programmes du Plan Directeur et de l'évaluation subséquente de l'infrastructure de la région et de l'aire d'aménagement.

F.1.4. Panorama du Rapport

La Section F.2 définit les besoins de transports dans la région et dans l'Aire d'Etude de la Zone IX, sous l'angle de l'aménagement agricole et autres facteurs; on résume les principaux objectifs de la modernisation de l'infrastructure des transports.

La Section F.3 analyse en détails les réseaux de transport de la région et de l'Aire d'Etude de la Zone IX, y compris le transport par voie d'eau. Les données obtenues lors de reconnaissances additionnelles au champ, ainsi que les facteurs de classification et les facteurs socio-économiques sont revus pour resserrer le champ des options faisables.

La Section F.4 décrit les plans de recommandations pour la région et pour l'Aire d'Etude de la Zone IX, estime les coûts et les avantages prévus, ainsi que les conséquences économiques et sociales. Les projets sont rangés par ordre de priorité, selon leur aptitude à réaliser les objectifs de développement agricole et selon leur relation de coût à efficacité.

La Section F.5 a trait à la mise en place des programmes, tels que les techniques et procédés de construction, méthodes de recours à l'entreprise de travaux, et moyens d'assurer un entretien continu.

F.2. Objectifs des Transports

F.2.1. Plan Directeur

Le Plan Directeur Agricole qui se dégage des analyses de la Phase I et de la Phase II contient deux grands éléments: les

projets structuraux, c'est-à-dire les éléments concrets de construction qui augmentent la capacité de production d'une part; d'autre part, les programmes et les services de soutien, c'est-à-dire la formule d'actions, ou interventions dans les méthodes, techniques et pratiques de production et distribution agricoles. Puisque l'objectif principal des investissements d'infrastructure de transport est de soutenir le Plan Directeur agricole, il est essentiel de bien comprendre les éléments du plan pour améliorer l'efficacité des transports et par là optimiser l'efficacité des projets et des programmes agricoles.

Les projets structuraux considérés les plus réalisables dans cette région sont les suivants:

- o Nivellement des terres et drainage
- o Forages superficiels
- o Forages semi-profonds
- o Ouvrages anti-sel
- o Barrages en terre et réservoirs, avec canaux de distribution

Les programmes et les services de soutien du plan dignes de considération comprennent les suivants:

- o Protection et utilisation contrôlée des ressources forestières
- o Culture de poissons et de crevettes indigènes
- o Lutte contre les oiseaux déprédateurs
- o Activités de vulgarisation agricole
- o Organismes de commercialisation des entrées et sorties

- o Programmes de crédit agricole
- o Formation et développement de la main d'oeuvre

F.2.2. Besoins en Transport

Si l'on examine la liste de projets et programmes agricoles considérés, il est bien évident que la facilité d'accès et de mobilité entre les zones de culture et les villages environnants d'une part, et le réseau principal des routes nationales et régionales d'autre part, est la condition essentielle du succès de ces projets et programmes. Dans le cadre des catégories de projets, il faut que les engins de construction aient accès aux sites des ouvrages anti-sel ou des barrages-réservoirs, et que l'équipement de forage puisse arriver aux sites des forages, souvent situés sur des coteaux dominant les champs de plateaux et les rizières. Les gros camions, assurant l'entretien des ouvrages d'art ou livrant le carburant aux moteurs de pompes des forages, devront toujours avoir accès à ces sites.

Dans le cadre des catégories de programmes, les zones de cultures et les villages devront toujours être accessibles, pour que les agents de vulgarisation et les spécialistes puissent maintenir des contacts fréquents avec leurs clients, et pour que les intrants (semences, engrais, pesticides, etc.) et la production destinée au marché puissent être transportés par camion.

Contrairement à de nombreux autres projets et programmes, l'infrastructure de transport donne lieu à des avantages secondaires non négligeables dont bénéficient les zones qu'ils affectent. Par exemple, des routes en bon état rendront plus facile

aux agriculteurs la livraison de leurs récoltes aux marchés locaux et régionaux; les bergers pourront vendre leur lait dans les villages plus rapidement; les villageois habitant loin des grandes villes pourront s'y rendre plus aisément pour s'y approvisionner; les soins médicaux deviennent plus accessibles, de même que les centres culturels et éducatifs qui sont généralement situés dans les grandes agglomérations le long des routes principales; quant à la modeste industrie touristique de la Basse Casamance, elle bénéficiera du fait que de nouvelles régions et forêts pourront être atteintes par l'automobile.

F.2.3. Objectifs de la Planification

Il est important de ne pas oublier que la construction de grandes routes n'est pas envisagée en ce qui concerne le réseau de routes qui mènent "de la ferme au marché". Il faut que le taux d'investissement reste proportionnel à la rentabilité prévue, et les aménagements de transport doivent être à l'échelle de l'utilisation à laquelle on les destine.

Au niveau régional, on peut résumer de la façon suivante les objectifs du système de transports, selon les critères de planification proposés et documentés dans la Phase I:

- o Des voies de liaison entre les grands centres, accessibles en toutes saisons doivent être réalisées et entretenues pour le trafic de camions et d'autobus transportant marchandises et gens.
- o La construction initiale sera de bonne qualité, les routes ayant des surfaces de circulation d'une largeur

de 6 à 7 mètres, des bandes latérales suffisantes (1m,50), et des revêtements lisses de latérite bien compactée ou de bitume.

- o Les surfaces routières seront protégées des crues par un remblai assez profond et des rigoles bien conçues par l'écoulement des eaux d'orages.
- o Des éléments de sécurité seront prévus, comme par exemple de bandes latérales plus larges aux courbes de la route, des signaux de circulation (limitations de vitesse, dépassement interdit, zones de congestion), des réflecteurs aux courbes pour le trafic de nuit, et des signes d'avertissement aux points dangereux (croisements, traversée de pont).
- o L'entretien se fera à intervalles réguliers pour réparer les déchaussements ou les endroits cahoteux, assurer un drainage convenable et remettre en état les sections endommagées des routes latéritiques.

Dans les zones particulières d'aménagement des terres, où les améliorations du transport s'appliquent aux routes moins essentielles de "ferme à marché", les objectifs sont différents:

- o Les routes seront reliées directement aux routes principales viables pour tous les temps et desserviront en même temps autant de villages que possible.
- o Des engorgements potentiels, tels que ponts, traversées de rivières, côtes raides, seront évités.

- o Les matériaux de construction se trouveront à proximité des routes pour la facilité de l'entretien et de la remise en état.
- o Les tracés existants de routes ou de sentiers seront utilisés là où il est possible afin d'éviter de traverser les terres cultivées ou les régions boisées.
- o On envisagera de changer le tracé là où il est possible et d'éviter de traverser les villages, afin de préserver la route de la détérioration causée par le trafic local. Cependant, l'accès direct au village sera maintenu.
- o Les méthodes d'entretien utilisant la main d'oeuvre et la traction animale seront utilisées là où il est possible, afin de minimiser la nécessité d'un équipement rare et coûteux.

F.3. Analyse de l'Infrastructure de Transport

F.3.1. Réseau Routier Régional

L'inventaire des routes déjà installées terminé à la Phase I fut remis à jour pour y inclure les principaux changements apportés dans l'année précédente. Les principaux aménagements ayant une incidence sur le développement agricole ont été les suivants:

- o Ouverture de tronçon élargi et stabilisé de la Route N4 à partir de l'extrémité de la section de chaussée au nord de Diouloulou. Un petit tronçon juste au sud de Diouloulou est actuellement en construction.

- o Réfection importante de la Route D205 partant de Diouloulou à l'ouest et au sud vers Kafountine. C'est un projet subventionné par la SNEA (Société Nationale d'Elf Aquitaine), Société nationale du pétrole, car la route donne accès à un forage d'exploration de pétrole sur la côte, à proximité de Kafountine.
- o Réfection importante des Routes D200 et D201, dans la Zone VI, au sud et à l'ouest de Bignona. Ce projet a été financé par la Banque Mondiale pour fournir un accès à l'équipement et au matériel destinés au barrage proposé d'Afiniam, dont la construction avait été confiée à la Mission de la République Populaire de la Chine.

Au cours de la Phase II, on fit une étude de reconnaissance d'autres tronçons de grandes routes du réseau régional. En règle générale, toutes les routes revêtues (la Route N6 à l'est de Ziguinchor vers Tanaf, la Route N4 au nord de Ziguinchor vers Bignona et au nord vers la Gambie, la Route N5 au nord-ouest de Bignona à Diouloulou, la Route R20 à l'ouest de Ziguinchor à Kabrousse) sont maintenues en bon état. On observa des brèches de revêtement peu importantes, telles que fissurations et tassement de la fondation aux culées des ponts, mais aucun problème sérieux ne fut observé.

Les routes latéritiques présentaient divers degrés de détérioration, selon le volume du trafic et le gabarit des véhicules qui les empruntaient. La Route R21, entre la Route N4 et le pas-

sage à bac de Marsassoum, présentait un délabrement sérieux. La surface était sillonnée d'ornières où l'eau stagnait en maints endroits, le drainage latéral était insuffisant, et le matériau latéritique semblait complètement plastique. C'était là un spectacle inattendu, puisque des travaux d'entretien avait été observés en cours dans l'année 1981, et que la route est parcourue d'une circulation relativement limitée (moins de 40 véhicules par jour, comptage de circulation de 1979). L'examen visuel de tronçons disséminés révélèrent peu ou point de sommet, et des flaques d'eau stagnante plusieurs jours après une chute de pluie. La plus grande partie de la route se trouve dans une haute section de remblayage qui domine largement la terre environnante et où l'eau de ruissellement ne devrait représenter aucun problème.

Le pont d'acier à poutre triangulée à une seule voie, sur la Route N4, à l'ouest de Diakounda, fut inspecté. L'infrastructure et les appuis semblent solides; l'acier de construction présente une résistance à la rouille et à la désagrégation (mais les éléments d'acier ordinaire sont très rouillés), et le tablier est en condition satisfaisante. Deux barres du treillis nord interne sont cisailées, suite apparemment à l'action accidentelle de la lame d'un buteur monté sur remorque.

On inspecta de même le pont sur la Route N5, juste au nord-ouest de Bignona. Cet ouvrage, composé d'un tablier en béton armé reposant sur des piliers en béton, est très endommagé et s'affaisserait sans nul doute si lourdement chargé. Le tablier s'est affaissé, le béton s'effrite sur la plupart des surfaces et

l'acier de renfort est rouillé. L'ouvrage étant nettement peu sûr, quand la SNEA transporta son équipement au site du forage d'exploration de pétrole, on construisit une dérivation provisoire contournant le pont, consistant en deux buses de béton plantés dans le chenal, et une digue de remblai au même niveau que la surface de la route.

On examina le pont sur la Route D217 entre Guidel et Boutoute. Une travée de trois panneaux de tablier s'était écroulée en résultat d'un camion lourdement chargé qui avait essayé de traverser le pont. On se rendit compte, en examinant les autres panneaux, que c'était là un problème courant. Certains panneaux sont vétustes et près de la fin; d'autres, plus récents, ont remplacé ceux qui ont lâché. Dans le cas considéré, on dut remplacer quatre panneaux qui furent coulés sur place au site même.

Les routes départementales et autres, généralement routes en terre à l'état naturel, étaient en condition variable, de bonnes à impraticables par les véhicules à quatre roues. Sauf dans des cas spéciaux, comme les ponts et buses, presque tous les problèmes de routes relevés étaient le résultat d'un mauvais drainage et d'une humidité excessive de la surface. Là où un drainage latéral existait, le lit de la route était solide et le trafic relativement facile.

Figure F-1, le Réseau National Routier: ceci remplace la carte préparée à la Phase I et illustre la condition physique des routes de la Basse Casamance et leur classification administra-

tive. On y voit également les limites d'aménagement par zone des terres des Zones I-IX.

Au cours de la Phase I, une série de cartes au 50.000ème fut préparée afin de présenter la classification des terres et les facteurs socio-économiques dans l'aire du projet. On revit les données de ces cartes en se plaçant au point de vue transport et services. Les cartes de classification des terres furent examinées dans l'idée de localiser les terres potentiellement cultivables, et on évalua les routes d'accès à ces terres. Les cartes socio-économiques montrèrent les concentrations démographiques, les services spéciaux, les emplacements des marchés, et, de même, les routes d'accès furent évaluées. Les observations d'ensemble sur chaque zone d'aménagement des terres sont résumées ci-dessous.

- o Dans la Zone I, la réfection de la Route D205 donne nettement un meilleur accès à l'aire située au sud et à l'ouest de Diouloulou, qui est en majeure partie cultivée à l'heure actuelle, ou pourrait l'être. Au nord, l'accès est plus difficile, mais la majorité de ces terres constitue une forêt classée.
- o Dans la Zone II, il y a de grandes possibilités d'aménagement pour le territoire au nord de Bignona et à l'ouest de Sindian. Les villes de Sindian et de Baïla offrent une grande variété de services aux villages environnants, et sont des villes sous-régionales. Baïla a une bonne route d'accès à Bignona, contrairement à

Sindian, car la Route D206 présente des indices de détérioration, surtout aux traversées des rivières.

- o Dans la Zone III, la Route N4 fournit un bon accès vers Bignona et Ziguinchor mais les jonctions à cette route sont rares et en mauvais état. La région entre la Route N4 et le fleuve Soungrougrou est bien desservie, mais non pas les villages situés au nord de la N4. Il faudrait améliorer l'accès à Diakounda à partir de ces villages du nord. Marsassoum est un centre sous-régional important, qui fournit maints services aux villages situés sur la rive orientale du Soungrougrou ou à l'intérieur des terres. Pour aller de Marsassoum à Bignona ou Ziguinchor, il faut prendre le bac, qui est rarement à l'heure ou qui a souvent des ennuis mécaniques.
- o Dans la Zone IV, le réseau de transport est très rudimentaire, la seule route digne de ce nom étant la N4. Bien qu'ayant un potentiel de culture, cette zone est susceptible d'un aménagement à remettre à plus tard, en raison de la combinaison de faible densité de population, pluviosité limitée et éloignement des services et de l'infrastructure de base.
- o La Zone V est surtout constituée de mangrove et n'a pas été retenue pour aucun grand programme agricole. Il n'existe pratiquement pas de réseau routier et aucun n'est prévu. Le transport se fait par eau et en piro-

gue mais ce mode n'est pas propice à un développement agricole quel qu'il soit:

- o La Zone VI a bénéficié récemment de la construction des Routes D200 et D201 allant de Tendiem à Afiniam en passant par Tendouk. La densité de population relativement élevée, le développement agricole établi et la proximité de Bignona et Ziguinchor justifient des investissements de transport additionnels.
- o La Zone VII a un bon accès aux basses terres périphériques grâce aux routes N4 et D211. C'est une zone de forêt classée pour la plupart, de chaque côté de la Route D209.
- o La Zone VIII est desservie par la route en échine R20 qui va de Ziguinchor à la côte. Toutefois, les routes de raccordement au nord et au sud de la R20 sont généralement en mauvais état. La région au nord d'Ossouye aurait besoin d'être mieux desservie, de même que les régions au nord et au sud de Nyassia.
- o La Zone IX fait l'objet d'un chapitre spécial car c'est la zone cible des études de factibilité.

La Figure F-2, Accessibilité Régionale, remplace la carte préparée à la Phase I. Elle montre la zone qui se trouve dans les 2 kilomètres (accès principal) et les 5 kilomètres (accès secondaire) du réseau principal de routes viables en toutes saisons. Les réfections récentes des routes décrites précédemment ont amélioré considérablement l'accès aux zones qui en avaient

le plus urgent besoin: celles au sud-est et sud-ouest de Dioulou et au sud-ouest de Bignona. La Figure F-2 montre également les résultats, du point de vue accessibilité, du programme de réfection des routes régionales qui est décrit plus loin. Dans l'ensemble, la Basse Casamance est assez bien desservie par un réseau routier principal, à condition qu'on l'entretienne bien. Le plus grand risque de détérioration de ce réseau est représenté par les ponts, dont plusieurs sont délabrés. Une rupture de pont peut être catastrophique si l'une de ces artères principales est coupée. Dans la majorité des cas, il n'y a aucune route alternative qu'on puisse raisonnablement emprunter là où le pont s'est rompu.

F.3.2. Transport Régional par Voie d'Eau

Un des objectifs du projet avait été d'examiner la condition et le fonctionnement du transport par voie d'eau et les possibilités de l'intégrer dans le réseau régional de transport. Une étude de reconnaissance eut lieu au cours de la Phase I, pour repérer les installations existantes et les indices de systèmes de transport par voie d'eau soit en place soit en potentiel. A part le transport maritime venant de ou se rendant au port de Ziguinchor, on ne découvrit aucune autre activité digne d'être relevée. Au cours des visites au site de la Phase II, une nouvelle reconnaissance eut les mêmes résultats.

Depuis les visites au site de la Phase I, le bateau Casamance Express a repris son service hebdomadaire entre Dakar et Ziguinchor. C'est un bateau qui transporte à la fois passagers

et fret, bien que le fret semble se limiter à des articles qui puissent être chargés par les sabords de charge latéraux car il n'existe aucune grue à volée à bord; les véhicules de taille moyenne et le fret sur palette peuvent être transportés. Ayant observé le chargement de tourteaux d'arachide sur le cargo Wilhelm I, nous pouvons conclure que le port de Ziguinchor est à même de recevoir des cargos de taille moyenne, mais que la charge/décharge doit se faire par des grues à flèche ou des bandes transporteuses car il n'y a pas de grues dans le port.

Il fut relevé qu'une fois de plus, le bac de Marsassoum était hors service et, à en croire les gens du site, depuis plus d'un mois. Comme il a été indiqué à la Phase I, un service de camionnettes existe des deux côtés du fleuve Soungrougrou, et on peut également louer des pirogues pour faire passer les gens et les bagages à main de l'autre côté de la rivière.

Quant au rôle que pourrait jouer dans le Plan Directeur Agricole le transport par voie d'eau, on peut dire qu'il se limiterait au transport de gros fret entre Ziguinchor et Dakar ou autres ports. On peut aussi transporter des matériaux et du gros équipement de construction de Ziguinchor à Dakar par cargo. Toutefois, en amont de Ziguinchor, sur la Casamance, ou en amont de tous les principaux marigots, il semble y avoir très peu de potentiel de développement des transports par voie d'eau. Les services de traversée en pirogue ne sauraient avoir d'effet important sur le développement agricole, car, de par leur manque de capacité et de fiabilité, ils ne sauraient transporter jusqu'aux

lieux de culture les intrants agricoles, ni livrer les récoltes aux lieux du marché. Le service de bac a une plus grande capacité mais il manque tout autant de fiabilité, comme le prouve le bac de Marsassoum, et peut même nuire au développement des régions qu'il est censé desservir.

Le port de Ziguinchor semble être apte à soutenir le trafic de marchandises auquel on s'attend dans un avenir proche, et aucun investissement ne semble requis pour contribuer au développement agricole. Si jamais on construit un pont sur la route principale qui enjambe la Gambie, ce qui éliminerait le passage à bac à cet endroit, le service de cargo maritime venant de et se rendant à Ziguinchor deviendrait encore moins essentiel. De tous les investissements, le cas du transport par voie d'eau est celui qui est le moins prometteur, le plus aléatoire.

F.3.3. Réseau Routier de l'Aire du Projet

L'aire retenue pour les études de la Phase II est la Zone IX d'aménagement des terres qui s'étale sur la rive méridionale du fleuve Casamance et qui va de l'est de Ziguinchor à la bordure du Département de Ziguinchor. C'est une zone typique de terres de plateaux, avec des surfaces cultivées de basse altitude le long de plusieurs bassins versants orientés de nord en sud qui se déversent dans le fleuve Casamance. Les trois grands bassins délimitent les sous-secteurs de Guidel, autour du marigot de Guidel, d'Agnack, autour du marigot de Sindone au sud du village d'Agnack et d'Adéane, autour du marigot de Singher, au sud du village d'Adéane.

La Figure F-3, le Réseau Routier de l'Aire du Projet, illustre les grands éléments de transport dans l'aire d'étude, ainsi que les limites des sous-secteurs et les emplacements potentiels des ouvrages du projet agricole. La route la plus importante est la Route N6, grand-route pavée viable par tous les temps qui va de Ziguinchor à Tanaf et Kolda. La Route N6 longe la rive méridionale du fleuve Casamance, reliant les bourgs et les petits villages éparpillés le long de la rive. L'autre route importante est la D217, route de terre latéritique qui pénètre dans l'intérieur au sud-ouest de Boutoute, à l'est de Ziguinchor, puis se dirige à l'est en longeant la Route N6, environ à 8 ou 12 kilomètres au sud, jusqu'au village de Bissine sur le marigot de Singher.

Lors de la Phase II, on termina la reconnaissance du réseau routier de l'aire du projet. On inspecta visuellement la plupart des tronçons de route, on prit note de leur condition, de la qualité des ouvrages, des utilisations des terres adjacentes, et des contraintes à l'amélioration des routes. Pour faciliter la référence, les routes du réseau furent numérotées Axx (Pistes Agricoles); ces désignations paraissent à la Figure F-3.

La Route N6 est généralement en bon état, et présente une surface de revêtement solide et une base stable. La plupart des ouvrages de ponts sont en état convenable, bien que l'infrastructure de plusieurs présente une certaine détérioration. Dans le cas du pont à l'est d'Agnak, les coiffes des pieux sont fendues, la chaussée s'est affaissée, et il y a de grandes brèches

béantes dans la chaussée, entre les baux. Des conditions similaires mais moins extrêmes sont relevées au pont situé entre Baghagha et Adéane. De nombreux ponts présentent un affaissement de la base du tablier immédiatement adjacent aux culées. Cette condition, due sans doute à un compactage insuffisant du remblaiement, a résulté en inégalités de la route de plusieurs dimensions aux approches du pont et une charge de choc sur l'ouvrage du pont. L'affaissement était manifeste, même au nouveau triple dalot construit en 1981 près de Kanema.

La Route D217, qui va de Boutoute à Guidel est assez large (6 mètres ou plus), mais elle est bien au-dessous du niveau d'élevation des terres environnantes et, par conséquent, est difficile à drainer. Là où la route traverse un village, elle est creusée d'ornières et des coupes verticales présentent une érosion sérieuse. Les tronçons de routes sur le plateau sont en bon état, sauf qu'il y a parfois des flaques d'eau stagnante là où la surface de la route est plate et qu'il n'existe pas de fossés. Comme indiqué précédemment le pont qui enjambe le marigot de Guidel près de Soukouta a été endommagé et est actuellement en réparation. Le trafic se rendant aux villages à l'est de Guidel dut être détourné vers d'autres routes de terre battue. La Route D217 qui va vers l'est à partir de Guidel était en bon état, avec des dégâts aux points bas et une surface solide dans les sections de plateau.

Le reste du réseau de la Zone, consistant en pistes agricoles dirigées du nord au sud entre les Routes N6 et D217, pré-

sente à la fois des surfaces de bonne qualité et des tronçons impraticables même par des véhicules à quatre roues motrices. Les endroits difficiles sont les traversées de rivière, le lit de la route ayant été saturé, les rigoles de drainage sont bouchés, ou endommagés, et la surface est creusée d'ornières. Ainsi se présentent la Route A10, à l'est de Pouboul Kampanki, la Route A22, au nord de Kamarakounda, la Route A23, au sud de Trankil et au nord de Lati, la Route A36, au sud de Singher Mandingue, et la Route D217 au sud de Samik.

On ne peut traverser en voiture les marigots de Guidel et de Sindone, mais on peut facilement contourner les extrémités sud de ces marigots. Une digue et un pont coupent à travers le marigot de Singher, entre Bissine et Singher Mandingue, mais ils sont en mauvais état. La digue se trouve surélevée de seulement quelques centimètres au-dessus des champs de riz irrigués qui l'entourent, et la surface du pont en planches se trouve partiellement sous l'eau. Deux dalots en béton se trouvant sur la Route A22 furent endommagés en 1982, et, au moment où se terminait la reconnaissance au champ de la Phase II, on parlait d'en réparer un. Des programmes de développement agricole exigeront, pour être efficaces, un accès facile, au sud de la Route N6, aux villages situés aux confins amonts des marigots et aux villages de culture intense de plateaux. Les gros villages le long de la Route D217 - Guidel, Boutoupa, Kamarakounda, Samik et Bissine - devraient être reliés entre eux.

La Figure F-4, Accessibilité de l'Aire du Projet, illustre le potentiel d'accès du réseau routier fondamental de l'Aire d'Étude. Le terrain se trouvant à une proximité de deux kilomètres du réseau est mis en relief. Ceci souligne le fait qu'avec des capitaux modestes, la zone pourrait être bien desservie.

Les contraintes physiques qui s'appliquent aux améliorations prévues ne sont pas très importantes. Il existe du matériau de remblai suffisant dans les zones de plateau, qui peut être déblayé sans trop affecter le terrain, et transporté aux sites de construction. A l'intérieur de certains villages, on trouve des habitations avec clôtures construites tout aux abords de la route, ce qui entrave l'élargissement de la route et les manoeuvres des engins. Il faut veiller à ne pas endommager les terres cultivées qui sont proches des routes, souvent limitant la chaussée utilisable à une largeur de deux mètres ou moins. Il faudra sans doute repousser les bords des champs cultivés pour pouvoir fournir des chaussées assez larges et des fossés de bas-côté. Ceci devra se faire en collaboration avec les villages individuels et les agriculteurs concernés. Le taux d'investissement envisagé dans le réseau routier de ferme à marché ne devrait créer aucun problème écologique ou topographique d'importance, puisqu'on n'a pas prévu de grands travaux de construction.

F.3.4. Combinaisons de Projets d'Ouvrages d'Art

L'étude s'était proposé d'étudier la possibilité de combiner les projets d'amélioration des transports et ceux d'ouvrages d'art, comme les barrages à destination agricole. C'est là une

question qui présentait des aspects à la fois positifs et négatifs, et qui demandait à être étudiée soigneusement avant la mise en oeuvre. Il y a deux conditions pour lesquelles la chose est valable: d'une part, dans le cas où un projet, qui n'est pas un projet de transport, exige qu'on y fournisse un bon accès. Par exemple, ce cas s'est produit pour le barrage proposé d'Afiniam et pour le forage de la SNEA, près de Kafoutine. Ces deux projets étaient situés dans une région difficilement accessible par voie de route et il était impératif d'en construire une ou de réparer l'ancienne; d'autre part, dans le cas où un projet d'ouvrage d'art peut être combiné avec un projet de réfection de route. Aucun exemple spécifique n'a pu être observé dans l'aire du projet, mais cela ne veut pas dire qu'il n'en existe pas un. Par exemple, le barrage d'Afiniam pourrait fournir une voie routière traversant le marigot de Bignona, entre les Routes D200 et D210, et reliée à la Route N4, route principale entre Bignona, et Ziguinchor.

Dans le premier cas, le projet de route n'est pas une option mais plutôt une nécessité. Si le projet envisagé (forage ou barrage) doit être mis en place, il lui faut absolument une route. Dans le second cas, incorporer les aménagements de route dans le projet agricole représente une option, et, de plus, une option qui ne manquerait pas d'augmenter les coûts. Ici, l'analyse doit décider si les conditions de l'accès routier peuvent justifier les dépenses additionnelles, c'est-à-dire qu'il faut commencer par justifier la nécessité d'une route. Puis, il faut

évaluer séparément le coût de la route, et le coût du projet agricole, à leur emplacement respectif le plus favorable, et ensuite les coûts combinés des deux projets à un même emplacement qui soit le plus favorable aux deux. A titre d'exemple, prenons le barrage récemment construit à l'embouchure du marigot de Guidel qui aurait pu faire traverser le marigot par la Route N6. Toutefois, il existait déjà un pont convenable, et il n'y avait pas de raison pour combiner les deux projets.

Le barrage proposé pour Afiniam est différent, car il n'existe pas de traversée possible du marigot de Bignona au sud de la Route N5. Cependant, une bonne route a été construite partant de l'ouest vers Afiniam (Route D200) et une autre route (Route D210) existe sur le bord oriental du marigot. L'ouvrage de barrage pourrait relier ces deux routes et fournir un meilleur accès à Ziguinchor. Ainsi, cela prendrait deux fois moins de temps pour venir de Tendouk. Ce genre de projet serait évalué avec suffisamment de détails pour en déduire la factibilité par l'équipe de planification et d'avant-projet qui travaillerait au barrage proposé d'Afiniam. L'équipe de Harza n'avait pas à sa disposition les détails suffisants pour lui permettre autre chose qu'une estimation rapide du potentiel, et ce projet se trouve en outre en dehors de l'Aire d'Etude de la Zone IX. Il se trouve dans l'Aire d'Etude de Balingor qu'on a suggérée, dans le rapport de la Phase I, pour une évaluation détaillée, et cette localité peut être intéressante à prospecter dans le cadre d'un autre projet d'étude.

A supposer qu'on envisage une option combinée de ce genre, il faut prendre le plus grand soin dans les études pour assurer que l'ouvrage de barrage soit bien protégé contre les dégâts occasionnés par la circulation. Il faudra plus de largeur au sommet de l'ouvrage en terre si l'on intègre une route, que si l'on n'envisage qu'une maîtrise de l'eau. Les pentes latérales exposées du barrage risquent d'être endommagées si les véhicules roulent sur l'accotement et, si jamais le conducteur perd contrôle de sa voiture, il peut se retrouver dans l'eau profonde ou dans du sol mou. Il faudra prévoir de même un genre de pont pour véhicules aux ouvrages de vannes de commande comme ce qui existe au barrage de Guidel. La surface de la route présentera un bombement suffisant pour assurer le drainage. La route de service qui se rend au barrage de Guidel a une surface plate et on y a remarqué des traces de détérioration, bien que le trafic ne consiste qu'en quelques véhicules par semaine et qu'elle est d'une construction toute récente. Si on construit le barrage de Guidel, et qu'on prévoit un volume de trafic conséquent, il faudra s'attendre à une érosion et à une détérioration sérieuses.

Il y a une troisième solution pour combiner des projets routiers et des projets d'ouvrages agricoles, et qui s'appliquerait peut être à l'Aire d'Etude de la Zone IX. Les projets pourraient ne pas être intégrés physiquement, mais organisés et combinés en un seul contrat global. Les projets agricoles tels que les barrages qui entraînent l'excavation et le déplacement d'une large quantité de terre, entraînent la même utilisation

d'engins et de main-d'oeuvre que celle requise par la construction et la réparation des routes. Ce qui coûte le plus cher, surtout dans le cas de petits projets de quelques millions de francs CFA, est la mobilisation de l'équipement et du personnel d'un entrepreneur. Cependant, si l'entrepreneur se trouve déjà sur place travaillant à un grand projet de terrassement, les coûts additionnels pour les travaux de route seraient bien moindres que s'il devrait mobiliser son matériel pour quelques petits travaux routiers. Selon l'emplacement et le type du projet agricole, il y aura vraisemblablement quelque part une route à réparer, ou un pont ou buse à remettre en état, ne serait-ce que pour se rendre au site. Ensuite, on pourrait s'étendre à d'autres routes du réseau où il y aurait toujours besoin d'aménager les pentes, d'élargir la route, ou de remblayer, ou même parfois de reconstruire les ouvrages de drainage. L'économie faite en réduisant ainsi les frais de mobilisation pourrait atteindre 10 à 30 pour cent des coûts globaux de construction.

F.4. Plans d'Amélioration de Transports

F.4.1. Plan Directeur du Transport Régional

La théorie proposée pour le développement de l'infrastructure de transport régional se divise en deux éléments: entretien d'un service adéquat sur le réseau de routes principales (routes nationales et régionales généralement); réfection des routes départementales et autres qui sont reliées au réseau de routes principales. Les routes nationales et régionales ont une surface re-

vêtue ou en latérite supérieure; elles sont viables par tous les temps et elles relient les grands centres démographiques et commerciaux. Le réseau existant, tel que présenté à la Figure F-1, est estimé suffisant aux besoins prévisibles de la région de la Basse Casamance, à présumer que la construction actuellement en cours (particulièrement sur la Route N5) soit achevée. Aucun projet de construction de route n'est proposé pour élargir le réseau principal ou y ajouter de nouveaux maillons. Toutefois, certains projets sont recommandés pour remettre en état le réseau principal et protéger les investissements qui ont déjà été faits. Ces projets ne sont pas considérés essentiels au développement agricole, mais on les recommande parmi les actions à entreprendre dans l'ensemble de la région pour maintenir le réseau principal en état.

Le second élément, à savoir réfection de certaines routes de raccord, sera entrepris par toute la région, pour rendre plus facile les communications entre les centres sous-régionaux et les grandes villes, et fournir aux villages environnants un meilleur accès au réseau routier principal. Dans la plupart des cas, on réparerait les routes existantes plutôt que de bâtir des routes sur de nouveaux tracés, si bien que la configuration de la circulation actuelle serait préservée. Aucune terre de culture ou de forêt ne serait affectée et les travaux se feraient progressivement plutôt que selon un projet à grande échelle.

L'aménagement tel que réalisé dans les différentes zones est illustré de façon schématique à la Figure F-5, Plan Routier de la

Zone d'Aménagement. A titre de référence, les deux options sont désignées sous les noms de "Théorie de l'échelle" et Théorie de l'échine". On adopterait la théorie de l'échelle là où le réseau routier est en quadrillage. Les routes de raccordement venant d'une section du réseau principal seraient prolongées dans les aires de développement agricole et, à une certaine distance à l'intérieur des terres, elles seraient reliées entre elles par une route perpendiculaire. Cette configuration pourrait être utilisée dans la Zone IX, où les routes N6 et D217 forment les montants de l'échelle et les routes du nord au sud entre deux forment les barres de traverse. La théorie de l'échine serait adoptée là où existe déjà une route de pénétration, ou échine, où viennent se rattacher d'autres routes. La route-échine serait améliorée sérieusement pour la rendre viable par tous les temps, et les routes qui s'y rattachent seraient assimilées à des côtes se rendant aux villages des deux côtés de l'échine. Cette configuration pourrait être utilisée dans la Zone II, où les routes D206 et D208 entre Bignona et Sindian pourraient être comparées à l'échine, et dans la Zone VI où les routes D200 et D201 joueraient le même rôle.

Les Projets du Plan Directeur de transport régional sont illustrés à la Figure F-6, Plan Directeur de Transport Régional, et résumés au Tableau F-1, Liste des Projets Régionaux. Ce tableau indique la priorité, les limites, la distance, le coût estimé, et donne une brève description de chaque projet. Le Ta-

bleau F-2, Liste des Projets Supplémentaires, résume les projets recommandés qui ne font pas partie du Plan Directeur Agricole.

Les priorités présentées sur ce tableau sont basées sur l'analyse des avantages dérivés et sur le coût relatif de la mise en oeuvre. Elles ont été réexaminées en plus de détails à partir de celles du rapport de la Phase I. Il faut ajouter que les priorités traduisent surtout un effort d'amélioration initial dans une certaine région afin de stimuler le développement et l'essor de cette dernière, suivi plus tard, d'un autre effort pour élargir le réseau et prolonger les services routiers. Essentiellement, toutes les routes d'échine devront être installées d'abord, puis les routes qui s'en détachent vers l'extérieur ou les prolongements de ces échine vers l'intérieur des terres.

Certains des projets définis à la Phase I ont vu leur emplacement modifié légèrement surtout en vue d'éviter les ouvrages coûteux de franchissement de rivière. Ceci réduit peut-être l'accès, mais rend le projet plus faisable en éliminant les éléments coûteux exigeant une main-d'oeuvre et des matériaux spécialisés et un entretien suivi.

Les estimations de coûts sont préliminaires et se basent sur une définition théorique du projet. Nous avons présumé que les projets régionaux seraient tous accomplis sur une période donnée par les Travaux Publics; que la construction en serait confiée aux brigades mobiles des Divisions des Pistes et de Rechargement, d'après des programmes annuels de travaux élaborés par la Direction Générale des Travaux Publics de Dakar. Cette

Tableau F-1

LISTE DES PROJETS REGIONAUX

Priorité	De	Vers	Dis- tance (km)	Coût Estimé	Description
1 (IX-1)	Boutoute	Guidel	9,2	22.128.750	Accès à l'Aire du Projet, Route D217
2 (IX-2)	Niaguis	Guidel	7,6	6.758.500	Accès à l'Aire du Projet,
3 (IX-3)	Agnak	Camaracounda	9,2	9.557.000	Accès à l'Aire du Projet,
4 (IX-4)	Diagnon	Bissine	7,1	5.557.250	Accès à l'Aire du Projet,
5	Bignona	Kagnarou	12,7	16.932.500	Route d'échine, Route D206
6	Kagnarou	Sindian	4,6	2.014.750	Route d'échine, Route D208
7	Diakounda	Kambounde	7,6	2.823.250	Route d'échine
8	Diegoune	Kartiak	16,6	6.618.750	Embranchement, Route D200
9	Baila	Suel	8,9	4.498.000	Route d'échine
10	Diango	Batinde	10,7	4.342.500	Route d'échine
11	Brin	Essil	11,5	3.330.250	Route d'échine, Route D216
12	Oussouye	Mlomp	8,6	2.862.500	Route d'échine, Route D215
13 (IX-5)	Guidel	Camaracounda	11,2	3.272.750	Accès à l'Aire du Projet, Route D217
14 (IX-6)	Camaracounda	Bissine	15,8	5.209.250	Accès à l'Aire du Projet, Route D217
15	Tendouk	Tionk Essil	9,2	4.029.500	Route de raccordement, Route D205
16 (IX-7)	Bissine	Kaour	5,6	14.871.250	Accès à l'Aire du Projet, Route D217
17	Sindian	Batinde	8,1	3.566.750	Route de raccordement, Route D205
18	Tobor	Banganga	4,8	2.044.250	Route de raccordement, Route D210
19	Sindian	Tandine	7,1	676.500	Route de raccordement, Route D208
20	Kagnarou	Batabout	4,6	1.936.500	Route de raccordement, Route D206
21	Batabout	Djibidone	10,7	1.785.500	Route de raccordement, Route D206
22	Kambounde	Kabeum	5,1	124.000	Route de raccordement
23 (IX-8)	Sindone	Lati	12,8	4.926.750	Accès à l'Aire du Projet,
TOTAL			209,3	129.867.000	

Tableau F-2

LISTE DES PROJETS SUPPLEMENTAIRES

Emplacement	Description
Bignona, Route N5	Amélioration de la route d'emprunt du pont de la Route N5 au nord-ouest de Bignona, consistant en une buse de remblai; installation de murs amont, revêtement de la surface et démolition de l'ancien pont.
Diakounda, Route N4	Réparation des barres du treillis endommagées; repeindre la structure métallique du pont.
Route N4	Elargir et paver deux voies allant de l'est de Diakounda à la bordure de la Gambie.
Route R21	Aplanir, compacter et stabiliser la route reliant la Route N4 au bac de Marsassoum.

liste devrait être utilisée par les officiels locaux et régionaux dans leurs demandes pour s'assurer les concours des agences en question pour leurs projets.

Si l'on entreprend un programme de développement agricole qui engage l'utilisation d'engins de terrassement dans une de ces zones, on devrait prévoir de réaliser par la même occasion les projets routiers recommandés. Ceci engagerait des frais plus élevés, mais les projets routiers seraient accélérés du fait de les combiner avec les projets agricoles. Le projet agricole lui-même pourrait exiger un meilleur accès au site du projet proposé. La revue des projets routiers devrait être nécessairement faite lors de la planification de projets agricoles afin de déci-

der de la route d'accès qui offre le meilleur avantage dans tous les cas. Les deux exemples cités plus tôt - les routes menant au barrage d'Afiniam et au site du puits de pétrole de la SNEA - sont un modèle de ce genre de coordination des projets.

F.4.2. Analyse Economique

Il est difficile de faire une analyse purement économique des avantages des investissements routiers parce qu'il s'agit de produits dont la valeur n'est ni bien distincte ni facilement identifiable. Les estimations des accroissements de récoltes, et leur valeur marchande peuvent servir à développer des rapports bénéfice à coûts et des taux de rentabilité interne de revenus des projets agricoles; ces analyses furent faites lors des Phases I et II afin de choisir les projets et programmes agricoles les plus avantageux. Toutefois, il faut adopter une autre approche pour justifier les projets routiers et prendre en compte la valeur subjective de nombreux avantages. Les conditions d'un environnement de ce genre sont différentes des conditions rencontrées dans une planification traditionnelle de grandes routes, comme par exemple lorsqu'il s'agit d'évaluer un nouveau tronçon important là où rien n'existe. Dans ces cas-là, on peut estimer la valeur du service au trafic sur la nouvelle route et comparer ceci au coût de la route.

Dans le rapport du transport de la Phase I, on avait développé une liste des catégories d'améliorations routières. Nous en donnons ici la liste:

- Catégorie 1: Route en terre non amendée déjà tracée.

- Catégorie 2: Léger renivellement et modelage.
- Catégorie 3: Renivellement, élargissement en deux voies, léger remblaiement.
- Catégorie 4: Elargissement, surface d'usure à une voie.
- Catégorie 5: Deux voies, remblaiement compacté, latérite supérieure.
- Catégorie 6: Latérite compactée, surface bituminée à une voie.
- Catégorie 7: Surface bituminée à deux voies.

Les coûts de ces diverses améliorations augmentent rapidement avec la catégorie, car les routes de catégorie élevée exigent de gros terrassements, de nombreux engins spécialisés et des matériaux coûteux.

Les avantages résultant des améliorations du réseau varieront énormément selon le volume courant du trafic et l'augmentation de ce trafic après la rénovation. Dans le cas d'une nouvelle route, les avantages sont généralement très marqués puisque rien n'existait "avant". Dans le cas d'améliorations des routes existantes, les avantages sont proportionnellement moindres car ce ne sont là que des améliorations marginales de service aux usagers. Néanmoins, les améliorations de réseau fournissent une large gamme d'avantages, par exemple:

- o Vitesse accrue et temps de déplacement moindre
- o Meilleur confort et commodité
- o Consommation d'essence réduite
- o Moins de frais d'entretien des véhicules motorisés

- o Moins d'usure des véhicules non-motorisés (bicyclettes, charrettes)
- o Coûts moindres de distribution/expédition des intrants agricoles, et des récoltes vers le marché
- o Accès plus fiable aux régions de l'intérieur au profit des habitants du pays, des agents de vulgarisation agricole, du service de santé, des services sociaux et des éducateurs
- o Frais réduits d'entretien routier

Plusieurs facteurs qu'on utilise dans l'analyse économique traditionnelle des grandes routes, particulièrement dans un contexte urbain, ne peuvent s'appliquer à ce projet. Ainsi, la réduction de l'encombrement de trafic, du taux d'accidents, le temps gagné, les émanations nocives réduites et la meilleure qualité de l'air n'ont guère de sens dans le cas de routes que traversent 5 à 20 véhicules par jour, dont la majorité non-motorisée.

Il devrait être de même évident qu'une fois une route convenable mise en place, dans le but d'accommoder un certain volume de trafic, l'améliorer ne résultera pas tellement en de plus grands avantages. On peut comparer la situation à celle d'une région où existe un forage irrigant 50 hectares qui bénéficient grandement de son eau, mais où un second forage irrigant ces mêmes terres ne doublerait pas nécessairement les avantages apportés par le premier.

La Figure F-7, Investissements pour l'Amélioration des Routes, illustre la relation générale entre avantages et coûts. Selon le volume du trafic, le rapport avantage à coût augmente à mesure que des améliorations minimales sont apportées, mais décroît plus lentement à mesure que les avantages marginaux se rapprochent des coûts marginaux. Les rapports d'accroissement avantages à coût associés aux améliorations routières modérées sont substantiels, mais la construction routière de catégorie élevée n'est justifiable que si la demande est considérable. L'échelle des avantages relatifs représente le taux de service et de commodité aux usagers de la Route -- 1,0 représente les conditions existantes, les nombres plus élevés indiquant les avantages accrus. L'échelle des coûts unitaires est logarithmique afin de comprimer la série; elle montre les coûts unitaires approximatifs des diverses catégories de travaux.

La courbe A montre les effets relatifs de la transition d'une route peu fréquentée d'une condition médiocre à la Catégorie 2 ou 3. Une fois qu'un service adéquat est fourni par cette route, cela suffit, et de nouveaux investissements n'ont pas de raison d'être. La courbe B montre les effets de l'amélioration du service des routes à volume moyen: même conclusion en ce qui concerne les investissements ultérieurs. C'est seulement dans le cas d'un volume élevé que la reconstruction d'une route latéritique de catégorie 5 était justifiable.

Un point important, dont nous discuterons en plus de détails ci-dessous, est qu'il faut protéger et entretenir les rou-

tes qu'on a amendées. Un bon entretien est beaucoup plus avantageux du point de vue coût qu'une nouvelle construction dans le cas du service de routes de faible à moyen volume.

F.4.3. Plan de Transport dans l'Aire du Projet

La théorie proposée pour améliorer le réseau routier de l'Aire d'Etude de la Zone IX est d'amender sélectivement les routes de raccord pour mieux desservir chacun des bassins versants, puis de les relier entre elles (selon la théorie de l'échelle décrite plus haut) par la Route D217 amendée. En accord avec la direction régionale du plan, tous les projets d'amélioration des routes s'appliqueraient aux maillons existants dans l'Aire d'Etude; aucune nouvelle route n'est prévue.

Les priorités des travaux d'amendement consistent à mieux rattacher les routes de raccord au grand réseau routier, puis à les relier entre elles à l'intérieur du territoire et, enfin, à élargir le réseau jusqu'à ces zones. Puisque l'emplacement et la configuration exacts des projets agricoles qui seront réalisés dans la Phase III n'ont pas encore été mis sous forme définitive, la priorité s'applique d'abord aux projets routiers aux environs de Ziguinchor, puis à ceux plus éloignés, allant d'ouest en est.

Les projets de transport de l'Etape A intéressent le réseau routier de base. Pour les besoins de la planification, on a présumé qu'ils seraient réalisés par un entrepreneur particulier de travaux, en même temps que d'autres projets d'ouvrages d'art à destination agricole. L'emplacement des projets agricoles n'est pas d'une importance cruciale, bien qu'il puisse influencer les

coûts d'ensemble selon la distance des travaux routiers par rapport à ces projets. Ce qui nous intéresse, c'est de mettre en place très tôt le réseau de base, pour que les projets agricoles connexes aient des chances de succès immédiates et pour qu'on puisse ainsi tirer le meilleur profit des investissements.

Les projets de l'Etape B et de l'Etape C pourraient être réalisés plus tard, par les brigades mobiles des Travaux Publics selon la méthode qui a déjà été décrite. La raison en est qu'une fois le réseau de base installé, les travaux d'amélioration qui viennent ensuite n'apportent pas les mêmes avantages que les projets de l'Etape A. Comme les ressources des Travaux Publics sont limitées, les Etapes B et C prendront plus de temps, mais les coûts de leurs travaux sont aussi bien moindres que ceux des entrepreneurs privés pour cette même tâche.

Les projets inclus dans le Plan de Transport de l'Aire d'Etude sont illustrés à la Figure F-8 "Plan de Transport dans l'Aire du Projet", et résumés au Tableau F-3, Liste des Projets de l'Aire de Projet. Ce tableau indique la priorité, les limites, la distance, le coût estimé et donne une brève description de chaque projet. Comme indiqué plus haut, les estimations des coûts préliminaires des projets de l'Etape A sont basées sur les tarifs des entrepreneurs, et les estimations des coûts des Etapes B et C sont ceux des Travaux Publics.

F.5. Mise en Oeuvre du Programme

F.5.1. Méthodes de Construction

Le principal obstacle à la mise en oeuvre des petits projets d'amélioration des routes est la pénurie d'équipement disponible, de main-d'oeuvre spécialisée, et leur coût relativement élevé. Si l'on se base sur les grands projets routiers entrepris récemment en Basse Casamance, il existe des entrepreneurs de travaux raisonnablement qualifiés. Toutefois, le coût par kilomètre de ces projets était de 10 à 20 fois plus élevé que le coût par kilomètre des travaux de route moins ambitieux exécutés par les Travaux Publics.

Les projets d'amendement peu importants exigent des matériaux de construction de volume et de qualité moindres. Dans la plus grande partie de l'Aire d'Etude, des sols latéritiques d'assez bonne qualité se trouvent à proximité des projets routiers. Des emprunts de terre sont faits à des intervalles de 2 à 5 kilomètres pour minimiser les distances de transport et ceux-ci se renouvellent en l'espace de quelques années. On a remarqué que certains n'avaient pas été drainés à la fin, ce qui a laissé de l'eau stagner. Ils doivent être drainés en creusant un petit fossé pour laisser s'échapper l'eau.

Tableau F-3

PROJETS ROUTIERS DANS L'AIRES D'ETUDE

Prio- rité	De	Vers	Dis- tance (km)	Coût Estimé	Description
IX-1	Boutoute	Guidel	9,2	22.128.750	Accès à la Zone IX et au Bassin de Guidel, Route D217, Catégorie 4
IX-2	Niaguis	Guidel	7,6	6.758.500	Accès au Bassin de Guidel, Catégorie 3
IX-3	Agnak	Camara- counda	9,2	9.557.000	Accès au Bassin de Sindone, Catégorie 3
IX-4	Diagnon	Bissine	7,1	5.557.250	Accès au Bassin de Singher, Catégorie 3
IX-5	Guidel	Camara- counda	11,2	3.272.750	Accès à la Zone IX et au Bassin de Sindone, Route D217, Catégorie 3
IX-6	Camara- counda	Bissine	15,8	5.209.250	Accès à la Zone IX et au Bassin de Singher, Route D217, Catégorie 3
IX-7	Bissine	Kaour	5,6	14.871.250	Accès au Bassin de Singher, Route D217, Catégorie 3
IX-8	Sindone	Lati	<u>12,8</u>	<u>4.976.750</u>	Accès aux Bassins de Sindone et Singher, Catégorie 3
TOTAL			78,5	66.248.500	

Le béton est un autre matériau très coûteux à utiliser dans le cas de petits ouvrages comme les murs amont d'une buse. C'est un matériau nécessaire dans la construction de petits ponts ou de dalots, donc il faut éviter de construire ces derniers chaque fois que possible. On peut construire des buses en conduites

de béton ou en tuyaux de tôle ondulée, ce qui est plus facile à installer que le béton coulé sur place. Ces deux types d'ouvrage de drainage ont été construits sur les routes D200/D201 allant de Tendiem à Afiniam.

Les normes des petits projets d'amendement de routes ont été délibérément fixées à des niveaux modestes pour simplifier les méthodes de construction et réduire les dépenses. En général, les amendements routiers du réseau de la ferme au marché visent à atteindre les normes équivalentes aux Catégories 5 ou 4, telles que décrites dans le rapport de la Phase I. Ceci implique un nivellement, un élargissement (Catégorie 4) plus l'addition d'une voie de remblai de choix compacté sur les routes de grosse circulation (Catégorie 4).

La situation vraisemblablement rencontrée dans les programmes mineurs d'amendement, telle qu'exemplifiée au plan de transport de la Zone IX, est illustrée sous forme schématique à la Figure F-9, Plan et Profil Typiques des Routes d'Accès. On y voit quels tronçons doivent être le plus communément réparés:

- o Le tronçon a. représente le segment de route relié à la grande route nationale ou régionale et se rendant à l'intérieur des terres jusqu'aux terres agricoles. C'est ce tronçon qui présentera le plus gros volume de trafic. Souvent, ces routes se croisent avec la route principale à un village, et elles sont usées par le trafic local à travers le village. On devrait envi-

sager de faire dévier la route pour éviter le village sur quelques centaines de mètres comme illustré sur le plan, à la Figure 9.

- o Le tronçon b. de la route d'accès représente les segments de route en pente verticale, montant vers les plateaux ou descendant vers les basses terres cultivées. Ces segments sont particulièrement sujets à l'érosion des eaux de pluies, car l'eau des terres d'alentour s'y rassemble et s'y écoule. De nombreux tronçons de routes de l'Aire d'Etude de la Zone IX présentent des signes d'érosion avancée en pente verticale.
- o Le tronçon c. représente les tronçons de plateau de la route d'accès, où elle traverse un terrain plat en parcourant les zones agricoles des hautes terres ou les forêts classées. Parfois, la route traverse un village dont l'accès n'est pas toujours facile. L'assiette de la chaussée est généralement stable et fournit un bon passage, sauf dans certains points bas où l'eau s'accumule et stagne. Dans les zones agricoles, les champs cultivés avancent jusque sur le bord de la route et comme le terrain cultivé est plus élevé que la surface de la route, l'eau de pluie ruisselle sur cette dernière.
- o Le tronçon d. présente la condition qui existe lorsque la route traverse les zones cultivées des basses terres, comme les rizières, ou longe les bords des mari-

gots. Le segment de route est généralement bâti à plusieurs centimètres au-dessus des terres cultivées ou de l'eau, mais l'usure et le manque d'entretien créent un drainage insuffisant. Les sols sableux offrent une base solide mais les sols argileux sont impraticables une fois mouillés. A la traversée des cours d'eau, on trouve généralement des buses ou de petits ponts. Ils sont souvent en mauvais état, à nu et sans revêtement de terre, vulnérables aux dégâts des poids lourds. Les buses sont souvent en partie bouchées par des sédiments, l'eau déborde par dessus la route, et la buse ne sert donc plus à rien.

La Figure F-10, Coupe d'une Route d'Accès Typique, illustre de façon schématique chacun des tronçons de route décrits plus haut et montre la configuration typique de l'Aire d'Etude. Elle montre également les coupes des routes proposées après qu'elles ont été amendées.

- o Le tronçon a, route la plus fréquentée à proximité du réseau principal, serait porté à la catégorie 4. La largeur utilisable serait d'au moins 5 mètres, et une voie unique (3 mètres) de remblai compacté de choix serait placée à une épaisseur de 15 centimètres. On trancherait des fossés de drainage adéquat, et on suréléverait le centre de la route avec les matériaux nécessaires pour assurer un drainage latéral.

- o Le tronçon b, sur pentes verticales, exigera dans plusieurs cas, des nouveaux matériaux de remblai pour remplacer ceux qui ont été emportés par la pluie et pour surélever le centre de la route. La route devrait faire au moins 4 mètres de large, ou même 5 à 6 mètres de préférence, si cela peut se faire par coupe-bordure et sans trop dénuder la végétation. En plus de fossés de drainage bien nets le long du bord de la route, des fossés latéraux (voir ci-dessous) peuvent être requis pour diminuer le volume d'eau pénétrant aux extrémités de la section verticale. La norme d'amendement de ces tronçons est la catégorie 3.
- o Les routes du tronçon c. seraient généralement développées jusqu'à la norme de la catégorie 2 et auraient une largeur minimum de 3 mètres et des fossés creusés. Les routes traversant les villages seraient élargies à la norme de la catégorie 3 (5 à 6 mètres de large) et elles auraient sans doute à être remblayées.
- o Les routes du tronçon d. des basses terres ont besoin d'être reformées et nivelées afin de présenter une cambrure pour le drainage et du remblai de choix où existe à présent de l'argile. Il s'agirait ici de la norme de catégorie 2, et leur largeur serait de 3 mètres. Aux ouvrages de drainage, dalots ou tuyaux, la route serait recouverte de matériau latéritique d'une épaisseur de 20 à 30 centimètres. Les buses sans murs

amont seraient réparés pour protéger leurs extrémités contre l'érosion; une méthode pratique est décrite dans ce qui suit.

La Figure F-11, Détails de Construction des Routes fournit des directives générales sur les méthodes à suivre dans le nivellement et le façonnage des routes. Là où l'assiette de la route est basse par rapport aux terres environnantes, il faudra peut-être y ajouter du remblai. Celui-ci serait déversé puis compacté au rouleau et le nouveau tronçon devrait avoir une pente transversale de 5 pour cent pour drainer la surface. Les fossés de drainage devraient être nettement creusés. Dans de nombreux cas, il existe déjà dans l'assise de la route assez de matériau de bonne qualité, de chaque côté de la voie de trafic. A l'aide d'une niveleuse, on enlève le matériau des bords et on le rejette vers le centre, puis on en forme une cambrure au centre, tout en laissant de chaque côté de larges fossés superficiels. Cette technique utilise un matériel minimal et elle suffit amplement aux projets des catégories 2 et 3.

Sur les tronçons verticaux (Section b.) où la longueur est de plusieurs centaines de mètres et où les terres environnantes évacuent leurs eaux de surface sur la route, le volume d'eau dans la partie basse est si considérable que l'assiette de la chaussée est très endommagée. Il faut, dans ces cas-là, creuser des rigoles latérales d'écoulement et des diguettes pour rediriger l'eau de ruissellement. La nécessité est de détourner l'eau de la route mais, parfois, on pourrait la diriger vers les terres

cultivées, donc utiliser cette eau de ruissellement pour l'irrigation. Aussi, plusieurs rigoles pourraient être combinées et l'eau de précipitation, recueillie de plusieurs endroits, serait mise à profit. En revanche, les agriculteurs utilisant l'eau de ces rigoles détournée à leur profit, seraient responsables du creusement et de l'entretien des rigoles et des digues de détournement. Ces ouvrages exigent un entretien constant et les habitants de la région sont les mieux placés pour s'en charger, utilisant des outils manuels. Il serait coûteux et peu pratique d'envoyer des équipes des Travaux Publics par exemple pour nettoyer et dégager ces rigoles de façon régulière.

Les petites buses peuvent être protégées adéquatement avec des sacs de sable et de béton. Des sacs de grosse toile tels que ceux utilisés pour emballer le grain ou les arachides feraient l'affaire. On les remplirait d'un mélange de terre et de béton, à savoir une part de béton pour 12 parts de terre latéritique, mélange fait à la main, avec des pioches et à même le sol, puis placé dans les sacs. Les sacs ne seraient remplis que dans la mesure où ils peuvent être portés par un seul homme (25 à 30 kilogrammes). Le mélange serait sans eau, la prise du béton se faisant uniquement par l'humidité naturelle du sol. On placerait les sacs comme il est indiqué au détail schématique de la Figure F-11, pour protéger les extrémités des buses contre l'érosion. On préparera les sacs à un site d'emprunt situé en hauteur, c'est-à-dire là où on trouve un sol latéritique, puis ils

seront chargés sur une charrette à boeufs et transportés à l'emplacement de la buse.

Les populations locales peuvent donc participer à deux étapes de construction manuelle, celle des rigoles de drainage et celle de la protection des buses, qui font partie du programme d'amélioration des routes. Lors de l'élaboration du programme des agents de vulgarisation, on veillera à inclure un technicien spécialisé qui aurait une formation de génie civil du niveau pionnier. Il serait chargé de vastes responsabilités: entretien de l'équipement des forages d'irrigation, aménagement des réseaux de petits canaux d'irrigation, petites réparations des routes et des buses, entretien et réparation des instruments aratoires, creusement des forages d'eau potable, construction des claies de pâturages, fabrication de briques en latérite stabilisée au ciment pour la construction de petits bâtiments (comme les briques fabriquées à l'usine SODIZI de Ziguinchor, mais en utilisant des outils à main et des moules en bois); nous avons vu une équipe fabriquer des briques de ce genre à Ziguinchor, avec du sable et du béton et des moules en métal maniés par les ouvriers, avec un mélange de béton à sable de 1 à 5,5.

En règle générale, les petits projets d'amendement routier seraient exécutés par les équipes de brigades mobiles des Travaux Publics. On leur remettrait un programme annuel de tâches, selon l'inventaire et l'évaluation des routes qui auraient été faites, la disponibilité des engins et des équipes de construction, et les préférences et priorités de la région. Il est important

que la SOMIVAC établisse les priorités de ce genre de programme, afin que les interventions agricoles prévues puissent être coordonnées avec les travaux routiers de la région.

F.5.2. Méthodes d'Entretien

La majorité du plan proposé de réfection des routes est le résultat direct du manque d'entretien par le passé. Les routes représentent un capital qui ne peut être protégé que par un entretien convenable. Malheureusement, le problème est que la région n'a à sa disposition que des moyens limités à consacrer à l'entretien. Il semble que ce problème affecte toute l'infrastructure des travaux publics, ainsi que le manifeste l'état des bâtiments, des services d'électricité, d'eau, du traitement sanitaire ainsi que des voies municipales et rurales. Le manque d'entretien est devenu un problème sérieux dans de nombreux pays nordiques aussi bien que dans des pays moins développés, car les coûts continuent de dépasser les ressources. Remettre l'entretien à plus tard résulte souvent en réparations coûteuses ou même en la nécessité de remplacer les ouvrages quand ils cèdent. Le fait que les fonds sont limités est une des raisons pour lesquelles on n'a pas proposé de nouveaux projets de construction. Sauf dans le cas où les grands travaux de réfection de routes sont d'une importance critique, la recommandation a été d'appliquer les fonds à de petites rectifications et à l'entretien du réseau en place. A titre approximatif, les coûts annuels d'entretien des projets de travaux publics sont de l'ordre de 3 à 5 pour cent du coût initial de construction. Etant don

né la pénurie des ressources, il faut choisir entre bâtir 10 kilomètres de nouvelle route, ou bien entretenir 200 à 300 kilomètres d'ancienne route. Avec un entretien minimal, on pourrait même entretenir 500 kilomètres d'ancienne route pour le coût de construction de 10 kilomètres de nouvelle route.

Bien qu'on puisse qualifier d'entretien certains travaux de réfection des routes, puisque la route est déjà tracée, on les classifie en tant que travaux de construction pour souligner que les moyens d'entretien disponibles de la région ont déjà été entièrement mobilisés. Le programme d'amélioration recommandé représente un investissement de capital au-delà de celui qui avait été prévu pour l'entretien de toute la région. On prévoit que l'effort additionnel d'amélioration des routes résultera en la création d'un réseau routier qui exigera moins d'entretien par kilomètre, et que les équipes d'entretien pourront appliquer leurs efforts ailleurs. Cependant, il faut insister sur le fait que ces routes remises en état devront désormais faire l'objet d'un entretien régulier. On évitera ainsi le genre de dégâts qui existent sur la Route R21, entre la Route N4 et la traversée en bac de Marsassoum, ainsi que l'érosion présentée par la route se rendant à Afiniam, et par les Routes D200 et D201.

Les méthodes générales d'entretien ont été décrites dans le rapport de la Phase I et nous les résumons ici. Le point essentiel est de maintenir un bon drainage de la surface de la route. Lorsque le sommet de la route a été bien établi et compacté, il faut préserver le profil bombé. La formation du profil par des

niveleuses motorisées doit refouler les matériaux du bord vers le centre en orientant la lame de biais; la coupe par lame droite ne se ferait que pour finir le centre de la route. Une pente transversale de 1:18 à 1:22 (4,5 pour cent à 5,5 pour cent) sera assurée pour fournir le drainage latéral.

Lorsque des réparations plus vastes s'avèrent nécessaires, et que l'on utilise de nouveaux matériaux d'apport ou qu'on re-travaille et compacte les matériaux en place, l'eau ajoutée doit être bien mesurée. Si l'on ajoute trop d'eau au sol avant de compacter au rouleau compacteur, on obtiendra une mauvaise compaction qui résultera en une détérioration rapide. Les sols latéritiques ne doivent pas être travaillés plus qu'il n'est nécessaire, car ils deviennent de plus en plus plastiques, donc plus sensibles aux variations du taux d'humidité. Compacter la route au rouleau dans les opérations d'entretien, fournira une surface lisse et étanche; la compaction se fera effectivement sous la charge du trafic et, si la surface n'est pas étanche, le trafic érodera rapidement les un ou deux centimètres du dessus, donnant lieu à des ornières. D'après les observations sur place, la plupart des voitures qui circulent sur les routes de campagne peu fréquentées roulent au centre, ne changeant de voie que pour dépasser d'autres voitures ou des piétons. C'est donc le centre de la route qui sera le plus compacté et il est donc nécessaire d'insister sur un haut sommet. Si l'on a bien cambré la route, le sommet se tassera mais le drainage continuera à se faire convenablement. Un sommet aplani résultera en un effondrement au

centre où l'eau s'accumulera éventuellement et érodera la surface.

Les buses seront examinées pour voir si elles ne sont pas obstruées et on devra nettoyer les débris qui l'encombrent et couper la végétation en amont. Lorsque les murs amont ont été érodés, on les protégera avec des sacs de sable dont il a été parlé plus haut. Les habitants de la région peuvent s'en charger et on suivra en cela la liste de priorité et des travaux établis par le spécialiste de la construction ou le personnel d'entretien des Travaux Publics.

Dans la planification du programme d'entretien, on a recommandé l'achat d'une niveleuse pour faciliter la tâche des Travaux Publics. Cela entraîne un certain nombre d'exigences: les conducteurs d'engins de ce genre sont rares à trouver et ils doivent être formés; le carburant et l'huile sont chers et il n'y a pas de source facilement disponible; l'équipement doit être entretenu et réparé et il y a peu de mécaniciens spécialisés dans ce genre de choses. Qui serait chargé du fonctionnement de cet équipement? La réponse n'est pas claire (on doute que la SOMIVAC veuille se charger de l'entretien des ouvrages de génie civil); il y a eu peu d'expérience dans ce genre d'activité pour pouvoir se rendre compte de ce que serait la situation. Une autre alternative serait un tracteur à roues muni d'une décapeuse. On l'utiliserait surtout pour les travaux agricoles mais lors de la saison sèche, il pourrait servir à l'entretien des routes. Toutefois, les risques technologiques, sociaux et

économiques d'un équipement agricole motorisé sont trop élevés pour en justifier les coûts dans la situation actuelle.

On considéra brièvement la traction animale. On avait pensé que le nivellement modéré des routes pouvait être considéré assez semblable au labour pour qu'un équipement de nivellement tiré par des boeufs soit utilisable. Un des obstacles, c'est qu'il fallait concevoir un équipement spécial, individualisé, former les opérateurs aux méthodes de travail; d'autre part la traction animale ne se compare pas à la traction motrice en ce qui concerne le rendement; il fallait aussi organiser la structure administrative, avec tous les problèmes que cela entraîne, pour répartir le travail et rémunérer opérateurs et propriétaires des attelages. On pourra peut-être ré-évaluer cette idée plus tard, dans le contexte d'un programme coopératif, et éprouvé, de d'agriculteurs et d'agents de vulgarisation agricole, mais dans les circonstances actuelles de régime foncier et de pratiques agricoles, les risques sont trop grands.

F.6. Base des Estimations de Coût

Les coûts estimés de factibilité des projets recommandés reposent sur les coefficients de coûts unitaires (F. CFA par kilomètre) pour construire les routes de Catégorie 2, 3, et 4. Pour chaque catégorie, on a prévu un certain assortiment de matériel et évalué la productivité de ce matériel dans les diverses unités de travaux.

Le matériel assigné aux unités est conforme à la pratique générale de construction et l'organisation des unités est celle adoptée par les Travaux Publics. Le rendement des unités a été basé sur les estimations officielles du rendement des engins de terrassement (Manuel de Rendement de Caterpillar, 12ème édition; Manuel de transport Euclid, 13ème édition; estimations des coûts et rendement du déplacement des matériaux au moyen des engins de terrassement, Euclid, 1981). On a pris en compte les différences de plans de travail, de répartition des équipes et des conditions locales au Sénégal.

Les coefficients de coût des articles d'équipement ont été obtenus auprès des Travaux Publics de Dakar, afin d'estimer les coûts du travail accompli par les brigades mobiles. Ces coûts sont résumés dans ce qui suit. Les coûts des travaux entrepris par des entrepreneurs privés ont été estimés d'après les prix moyens unitaires pour des travaux similaires cités par les Travaux Publics de Dakar lors de projets récents de construction.

1. TRAVAUX EXECUTES PAR LES BRIGADES MOBILES DES TRAVAUX PUBLICS

A. Coûts Unitaires des Engins

Camion citerne	85 F.CFA/km (à 30 km/h = 2.550 F.CFA/h)
Camion benne	131 F.CFA/km (à 24 km/h = 3.144 F.CFA/h)
Bulldozer	6.982 F.CFA/km/h
Chargeur	3.422 F.CFA/h
Niveleuse	3.420 F.CFA/h
Rouleau, Autopropulsé, Roue en acier	2.180 F.CFA/h
Tracteur	1.508 F.CFA/h
Rouleau de remorque, à pneus en caoutchouc (EST)	900 F.CFA/h
Conducteurs d'Engins	240-320 F.CFA/h

B. Unités de Travaux

1) Catégorie 2	1 - Niveleuse 1 - Rouleau de remorque
2) Catégorie 3	2 - Niveleuses 1 - Camion citerne 1 - Chargeur 1 - Bulldozer 4 - Camions bennes 1 - Tracteur 1 - Rouleau de remorque
3) Catégorie 4	2 - Niveleuses 1 - Camion citerne 1 - Chargeur 1 - Bulldozer 4 - Camions bennes 1 - Tracteur 1 - Rouleau de remorque 1 - Rouleau auto-propulsé

C. Rendement de Production

- | | |
|----------------|---|
| 1) Catégorie 2 | 1,5 km/jour - 3 m de nivellement, aire de travail de 5 m de large |
| 2) Catégorie 3 | 1,0 km/jour - 5 m de nivellement, aire de travail de 7 m de large |
| 3) Catégorie 4 | 0,6 km/jour - 3 m de compaction de surface, 5 m de nivellement, aire de travail de 8 m de large |

D. Coûts Unitaires de Construction (Coûts + 25 pour cent de faux frais divers)

- | | |
|----------------|------------------|
| 1) Catégorie 2 | 28.800 F.CFA/km |
| 2) Catégorie 3 | 347.800 F.CFA/km |
| 3) Catégorie 4 | 616.000 F.CFA/km |

E. Ajustages de Rendement pour Tronçons Transversaux de Route d'Accès Typique (multiplier par coût unitaire pour catégorie)

- | | | |
|-----------------|-------------------------------|------|
| 1) Tronçon a. - | Principal Tronçon de raccord | 1,10 |
| 2) Tronçon b. - | Tronçon à niveau vertical | 1,25 |
| 3) Tronçon c. - | Tronçon de plateau | 0,80 |
| 4) Tronçon d. - | Tronçon de terre en contrebas | 1,25 |

2. TRAVAUX EXECUTES PAR UNE ENTREPRISE PRIVEE

A. Coûts Unitaires

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1) Nivellement et base compacté | 150 F.CFA/m ² |
| 2) Changement/déchargement, nivellement et remblayage compacté | 1200 F.CFA/m ³ |
| 3) Transport remblayage | 80 F.CFA/m ³ /km |

B. Travaux par Catégorie

1) Catégorie 3 - Nivellement et compactage	3 m ² /m
Remblai compacté (moyen)	0.15 m ³ /m
Distance moyenne de transport	2,5 km
2) Catégorie 4 - Nivellement et compactage	4 m ² /m
Remblai compacté (moyen)	0.5 m ³ /m
Distance moyenne de transport	2,5 km

C. Coûts Unitaires de Construction (Coûts + 25% de faux frais divers)

1) Catégorie 3	825.000 F.CFA/km
2) Catégorie 4	1.625.000 F.CFA/km

D. Ajustages de Rendement pour Tronçons Transversaux de Route d'Accès Typique (multiplier par coût unitaire pour catégorie)

1) Tronçon a. - Principal Tronçon de raccord	1,10
2) Tronçon b. - Tronçon à niveau vertical	1,25
3) Tronçon c. - Tronçon de plateau	0,80
4) Tronçon d. - Tronçon de terre en contrebas	1,25

3. OUVRAGES PARTICULIERS

A. Buse à conduites, 8 m x 0,8 m installé	676.000 F.CFA
B. Dalot en Béton, 8 m x 1 m x 1 m installé	500.000 F.CFA
C. Remplacement de pont, fondations de pieux coiffe de béton, travées en béton pré-coulé (5 m) 6 m de large, par mètre courant	650.000 F.CFA

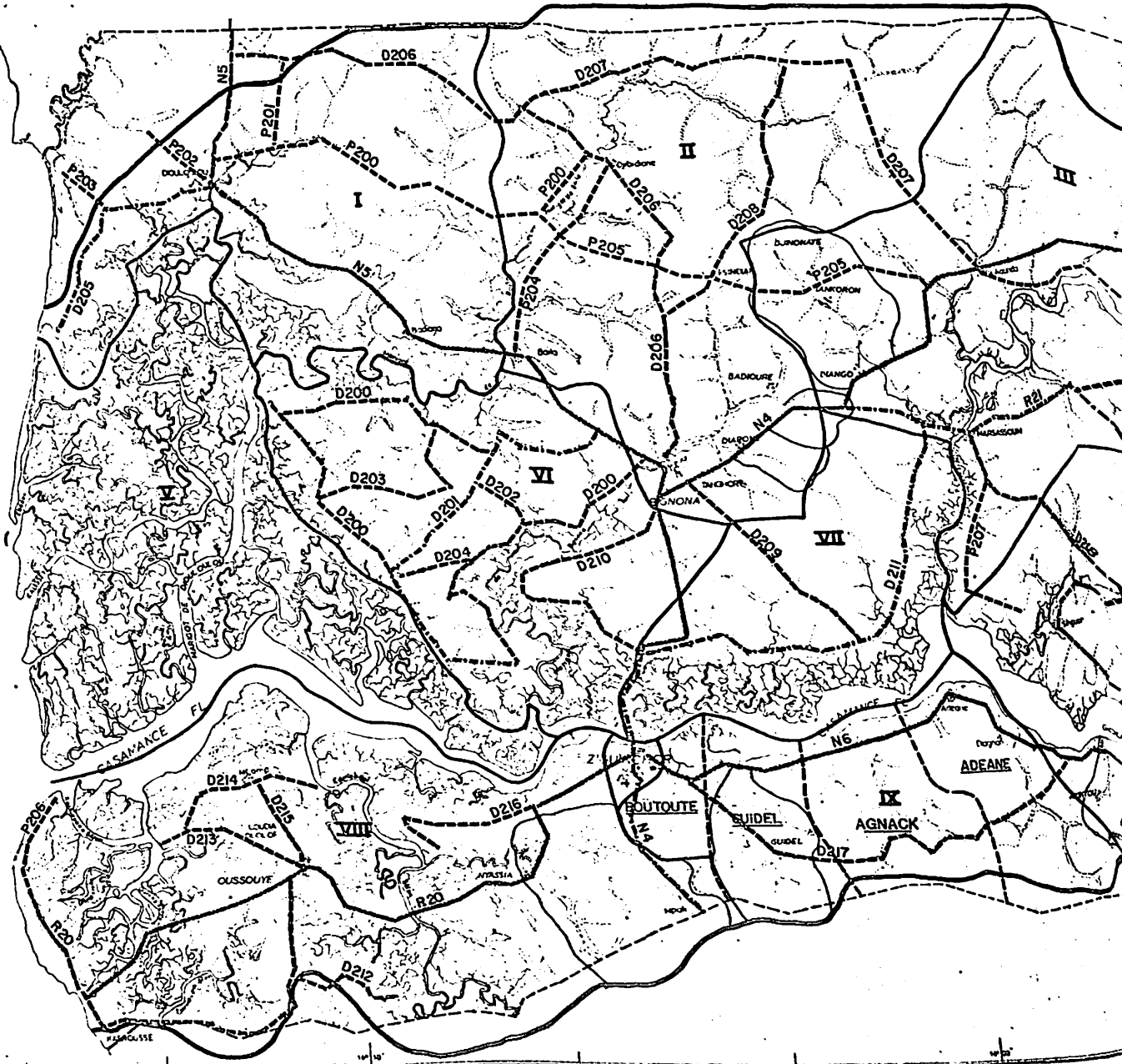
R E P U B L I C



LEGENDE	LEGEND	
ROUTES PAVEES	PAVED ROADS	-----
ROUTES LATERITIQUES	LATERITIC ROADS	- - - - -
CHEMINS EN TERRE	DIRT ROADS
ROUTE NATIONALE	NATIONAL ROUTE	N4
ROUTE REGIONALE	REGIONAL ROUTE	R20
ROUTE DEPARTEMENTALE	DEPARTMENTAL ROUTE	D200
AUTRES ROUTES	OTHER ROUTES	P200
LIMITE ZONE DEVELOP.	DEVELOPMENT ZONE BOUNDARY	-----
ZONE DEVELOPPEMENT	DEVELOPMENT ZONE	I

ECHELLE: = 1/200,000

O C C E A N A T L A N T I Q U E



O C C E A N A T L A N T I Q U E



R E P U B L I Q U E

LEGENDE **LEGEND**

ACCES PRIMAIRE (2Km) (2KM) PRIMARY ACCESS

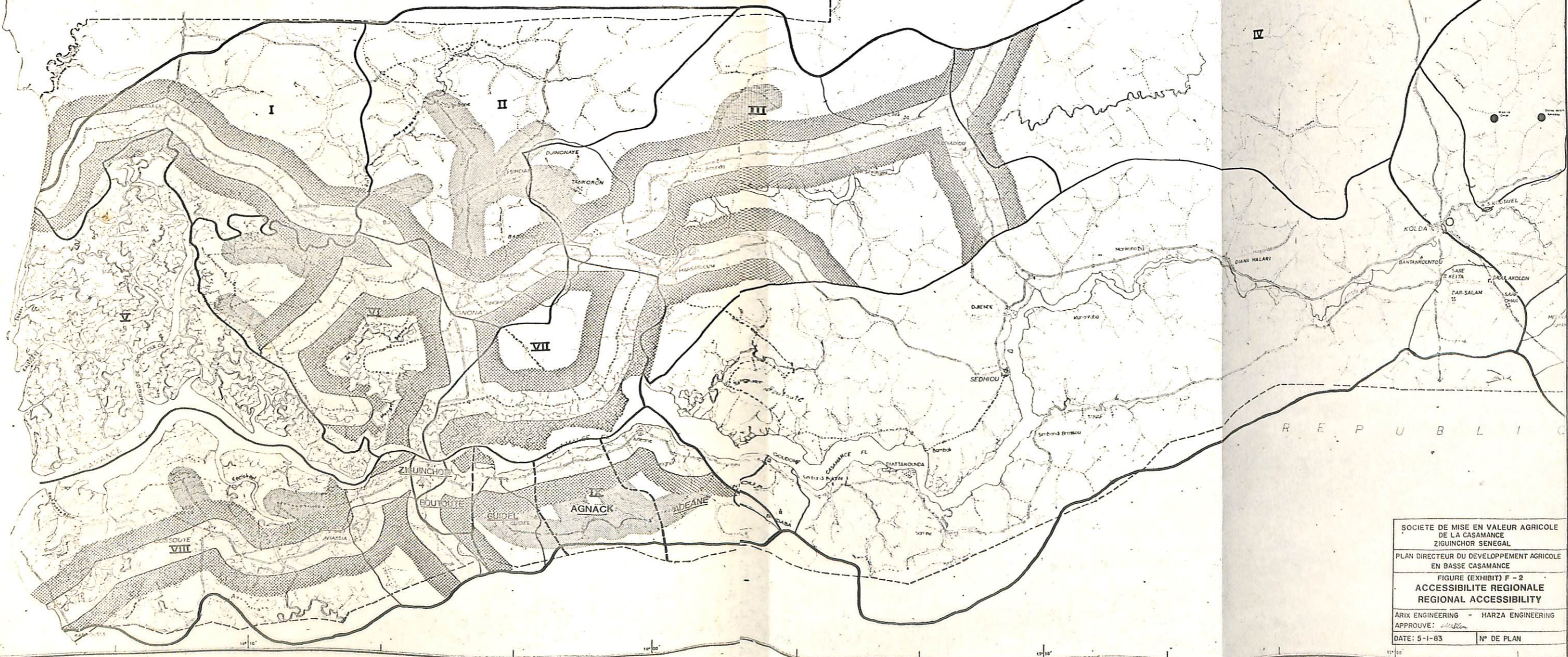
ACCES SECOND. (5Km) (5KM) SECONDARY ACCESS

ACC. NOUVEAU PROJ. (2Km) (2KM) NEW PROJECT ACCESS

ZONE DE DEVELOPPMENT DEVELOPMENT ZONE



ECHELLE : = 1/200,000



R E P U B L I Q

SOCIETE DE MISE EN VALEUR AGRICOLE
DE LA CASAMANCE
ZIGUINCHOR SENEGAL

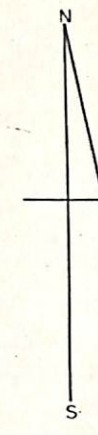
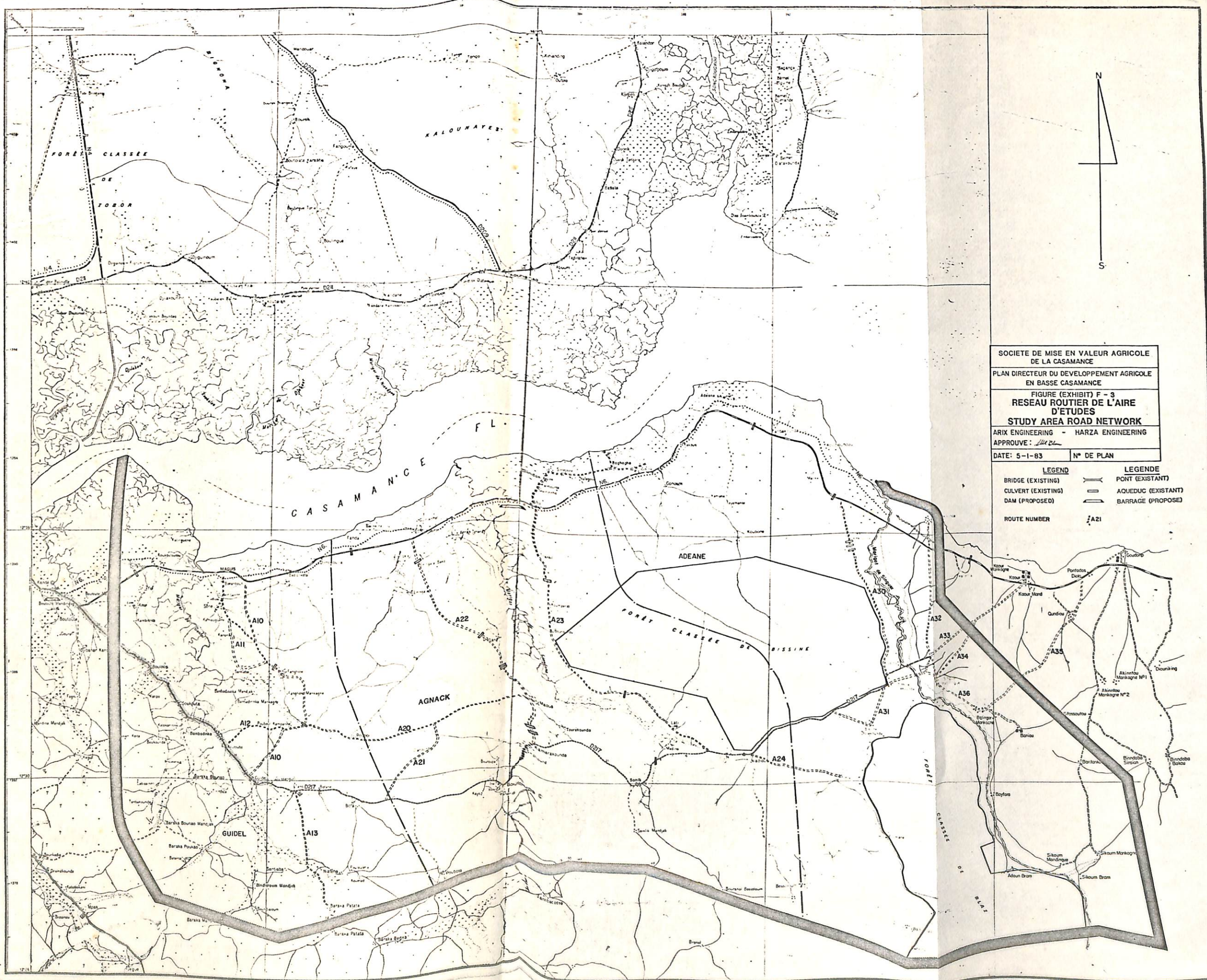
PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPMENT AGRICOLE
EN BASSE CASAMANCE

FIGURE (EXHIBIT) F - 2
ACCESSIBILITE REGIONALE
REGIONAL ACCESSIBILITY

ARIK ENGINEERING - HARZA ENGINEERING

APPROUVE: *[Signature]*

DATE: 5-1-83 N° DE PLAN



SOCIETE DE MISE EN VALEUR AGRICOLE
DE LA CASAMANCE

PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE
EN BASSE CASAMANCE

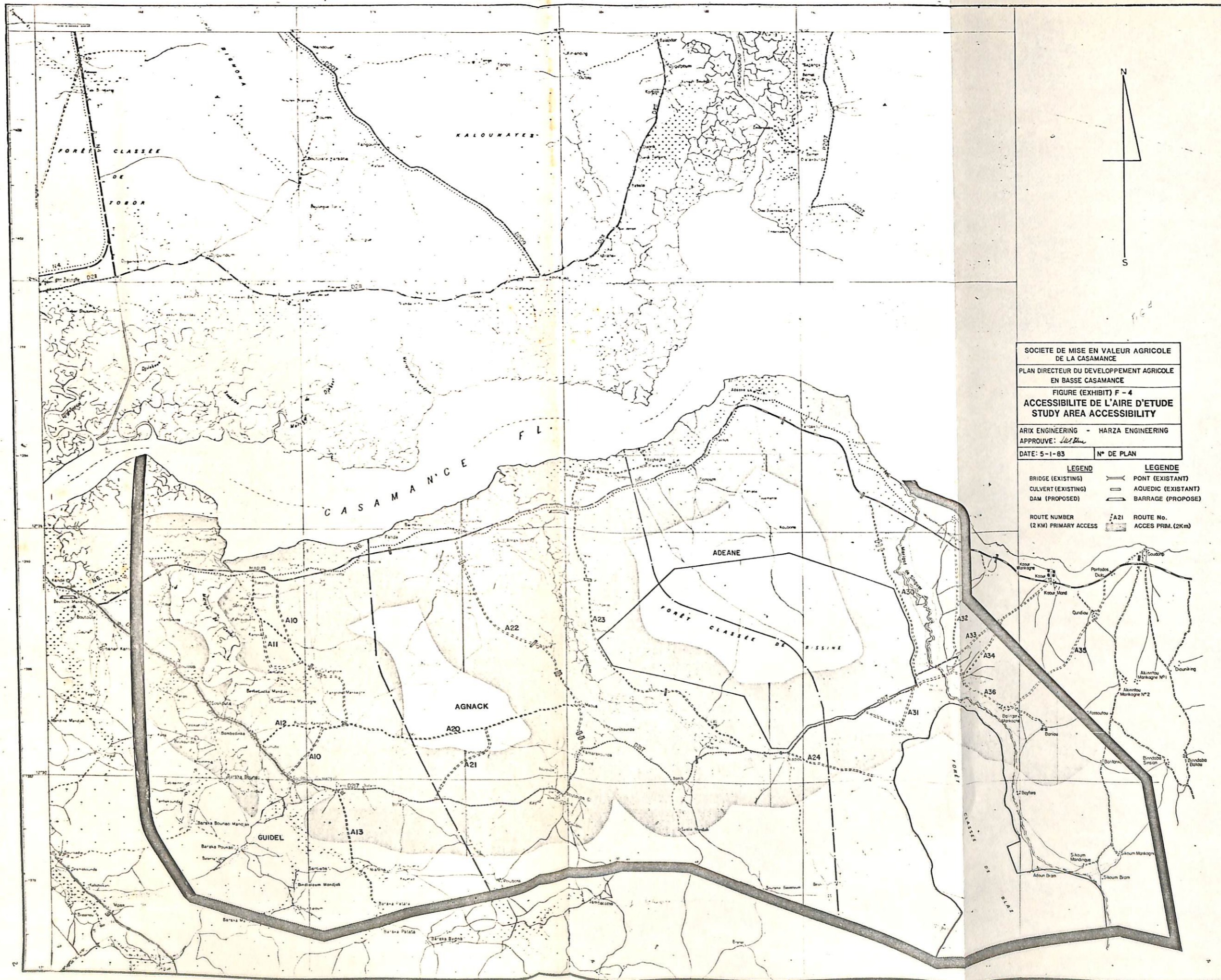
FIGURE (EXHIBIT) F - 3
RESEAU ROUTIER DE L'AIRE
D'ETUDES
STUDY AREA ROAD NETWORK

ARIX ENGINEERING - HARZA ENGINEERING

APPROUVE: *[Signature]*

DATE: 5-1-83 N° DE PLAN

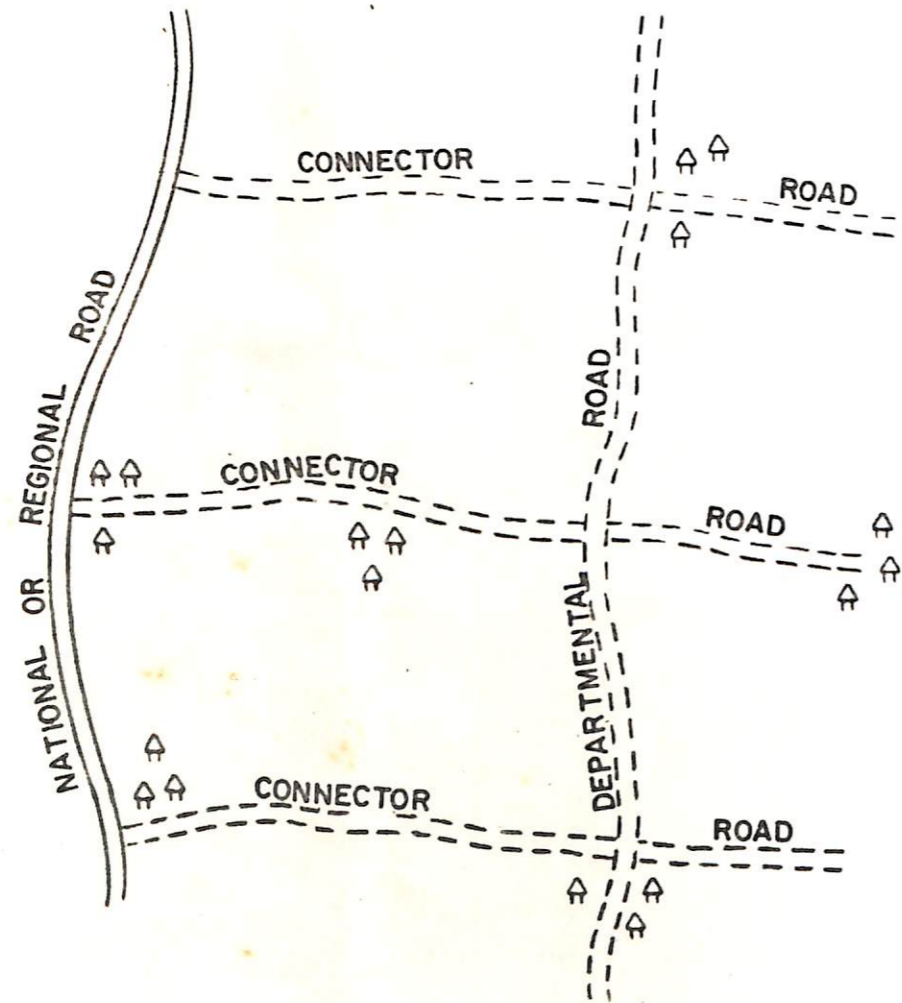
LEGEND		LEGENDE	
BRIDGE (EXISTING)		PONT (EXISTANT)	
CULVERT (EXISTING)		AQUEDUC (EXISTANT)	
DAM (PROPOSED)		BARRAGE (PROPOSE)	
ROUTE NUMBER		A21	



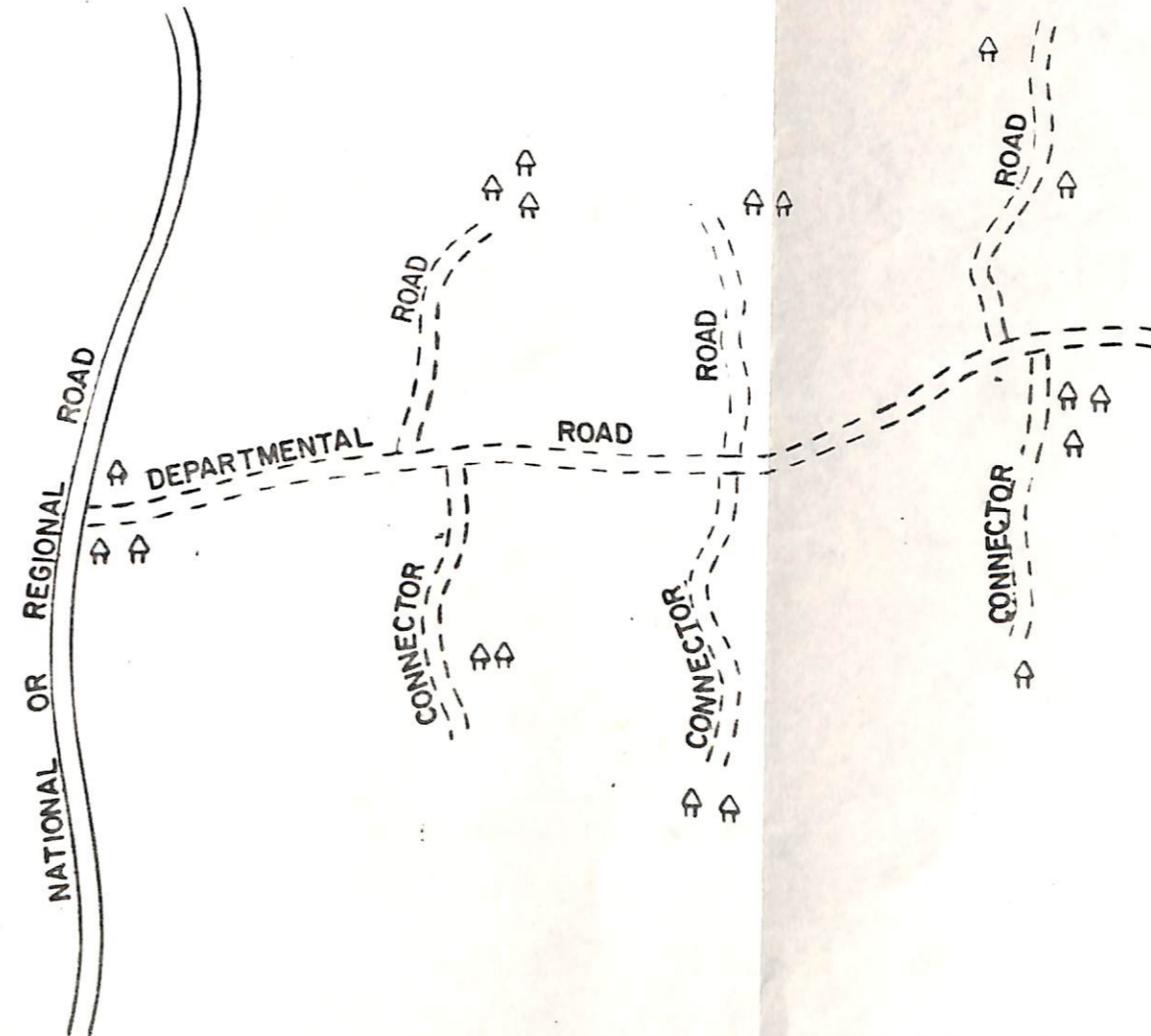
SOCIETE DE MISE EN VALEUR AGRICOLE
 DE LA CASAMANCE
 PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE
 EN BASSE CASAMANCE
 FIGURE (EXHIBIT) F - 4
ACCESSIBILITE DE L'AIRE D'ETUDE
STUDY AREA ACCESSIBILITY
 ARIX ENGINEERING - HARZA ENGINEERING
 APPROUVE: *[Signature]*
 DATE: 5-1-83 N° DE PLAN

LEGENDE		LEGENDE	
BRIDGE (EXISTING)		PONT (EXISTANT)	
CULVERT (EXISTING)		AQUEDUC (EXISTANT)	
DAM (PROPOSED)		BARRAGE (PROPOSE)	
ROUTE NUMBER (2 KM) PRIMARY ACCESS		A21 ROUTE No.	
		ACCES PRIM. (2KM)	

LADDER CONCEPT
THEORIE DE L'ECHELLE

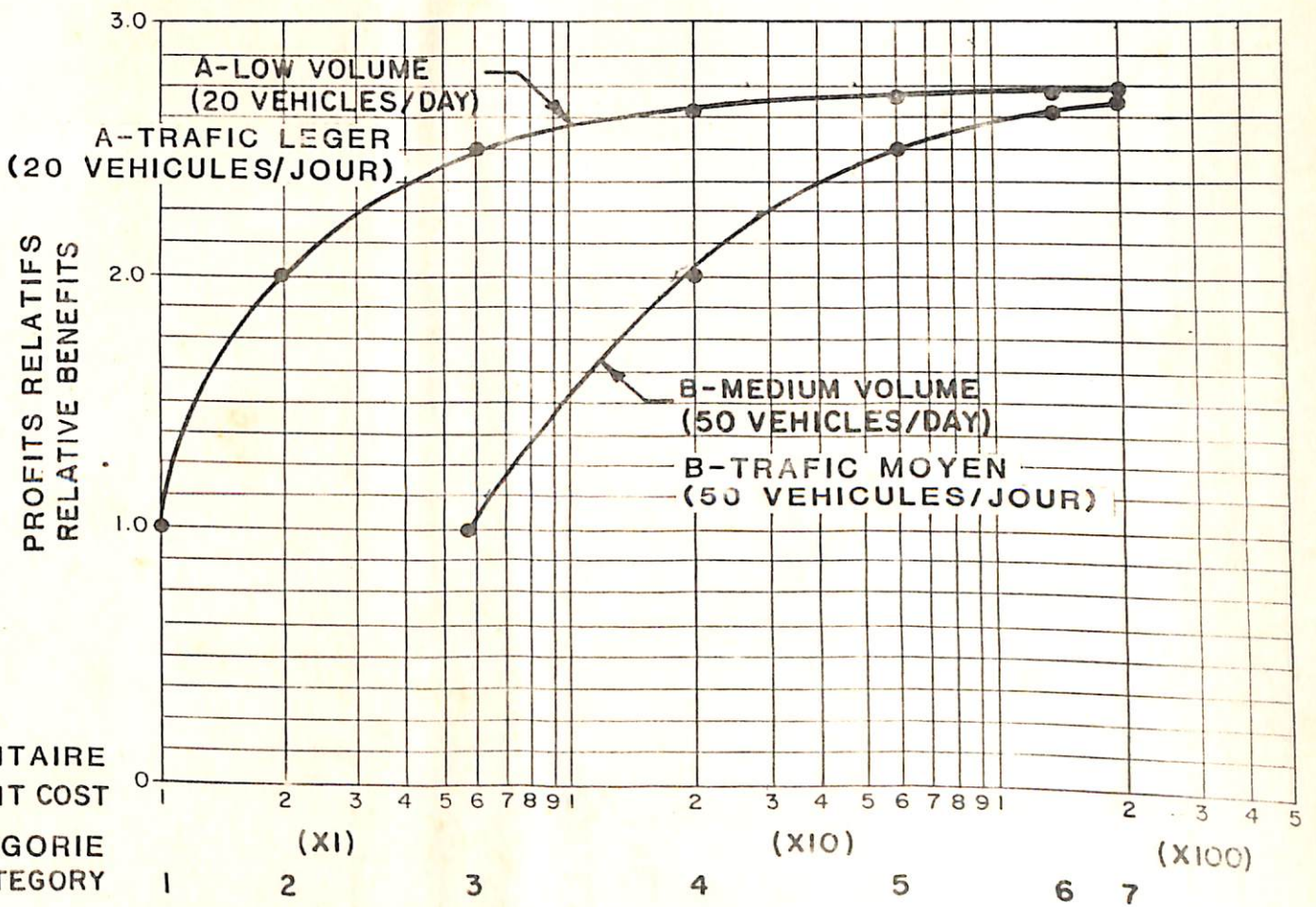


SPINE CONCEPT
THEORIE DE L'ECHINE



SOCIETE DE MISE EN VALEUR AGRICOLE DE LA CASAMANCE	
PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE EN BASSE CASAMANCE	
FIGURE (EXHIBIT) F-5 PLAN ROUTIER DE LA ZONE DE DEVELOPPEMENT DEVELOPMENT ZONE ROAD PLAN	
ARIX ENGINEERING - HARZA ENGINEERING APPROUVE: <i>M. Blum</i>	
DATE: 5-1-83	NO DE PLAN





RELATIVE IMPROVEMENT COSTS
 COÛTS RELATIFS D'AMÉLIORATION

SOCIÉTÉ DE MISE EN VALEUR AGRICOLE
 DE LA CASAMANCE

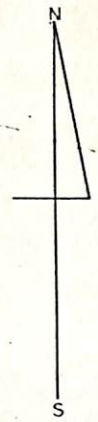
PLAN DIRECTEUR DU DÉVELOPPEMENT AGRICOLE
 EN BASSE CASAMANCE

FIGURE (EXHIBIT) F-7

INVESTISSEMENTS D'AMÉLIORATION ROUTIÈRE
 ROAD IMPROVEMENT INVESTMENT

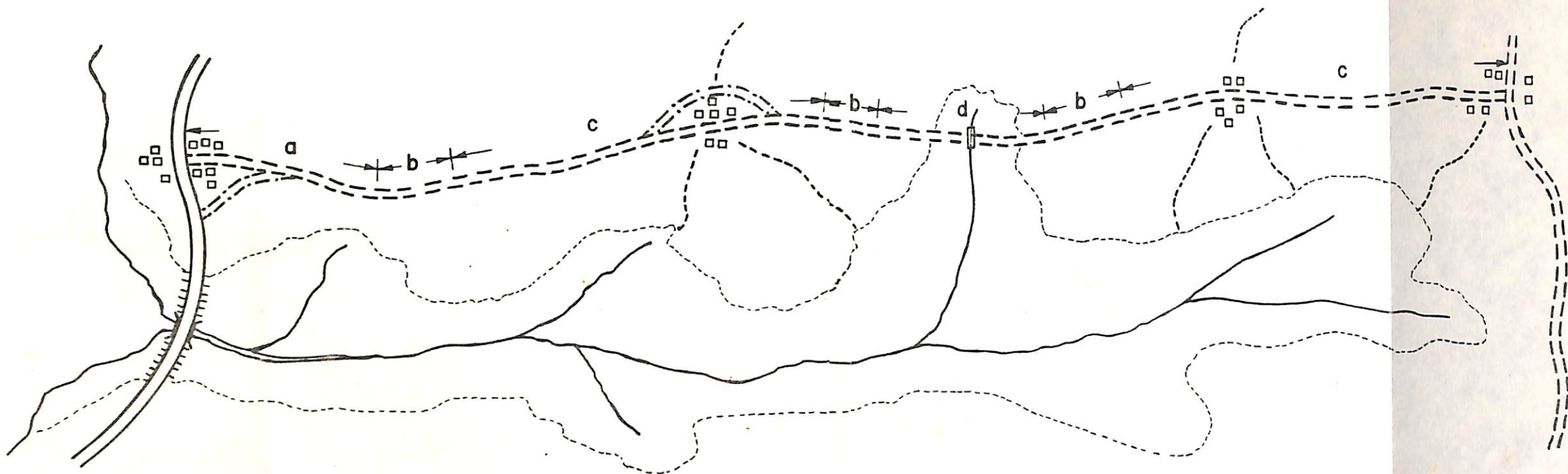
ARIX ENGINEERING - HARZA ENGINEERING
 APPROUVE: *[Signature]*

DATE: 5-1-83 N° DE PLAN

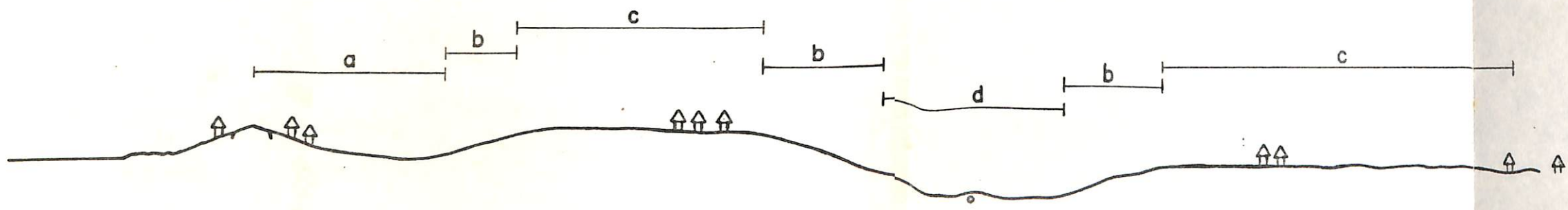


SOCIETE DE MISE EN VALEUR AGRICOLE
 DE LA CASAMANCE
 PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE
 EN BASSE CASAMANCE
 FIGURE (EXHIBIT) F - 8
 PLAN DE TRANSPORT
 DE L'AIRE D'ETUDES
 STUDY AREA TRANSPORT PLAN
 ARIX ENGINEERING - HARZA ENGINEERING
 APPROUVE: *[Signature]*
 DATE: 5-1-83 N° DE PLAN

LEGEND
 BRIDGE (EXISTING) PONT (EXISTANT)
 CULVERT (EXISTING) AQUEDUC (EXISTANT)
 DAM (PROPOSED) BARRAGE (PROPOSE)
 ROUTE NUMBER ROUTE No.
 PROPOSED IMPROVEMENTS AMELIORAT PROPOSEES
 PRIORITY (ZONE) ZONE PRIORITY



TYPICAL ACCESS ROAD - PLAN
PLAN-ROUTE D'ACCES TYPIQUE



TYPICAL ACCESS ROAD - PROFILE
PROFIL-ROUTE D'ACCES TYPIQUE

SOCIETE DE MISC EN VALEUR AGRICOLE
 DE LA CASAMANCE

PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE
 EN BASSE CASAMANCE

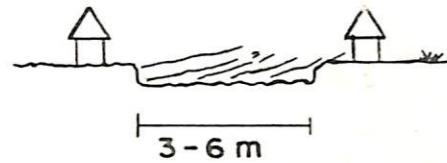
FIGURE (EXHIBIT) F-9

PLAN ET PROFIL DE ROUTE D'ACCES TYPIQUE
 TYPICAL ACCESS ROAD PLAN AND PROFILE

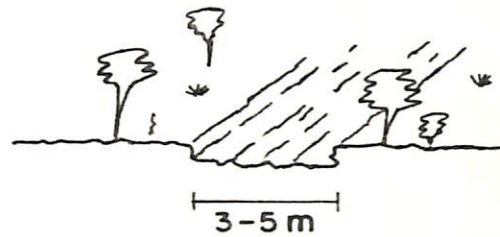
ARIX ENGINEERING - HARZA ENGINEERING
 APPROUVE: *[Signature]*

DATE: 5-1-83 | No DE PLAN

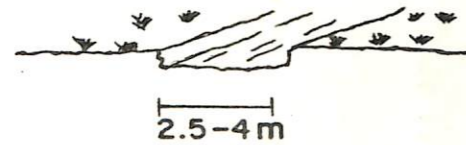
EXISTING CONDITIONS
CONDITIONS EXISTANTES



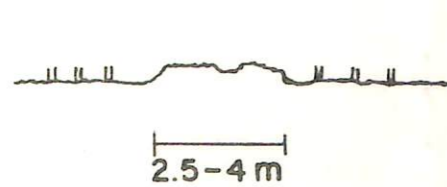
a
CONNECTOR TO MAJOR ROAD SECTION
JONCTION A LA SECTION DE ROUTE
PRINCIPALE



b
VERTICAL GRADE SECTION
SECTION DE PENTE VERTICALE

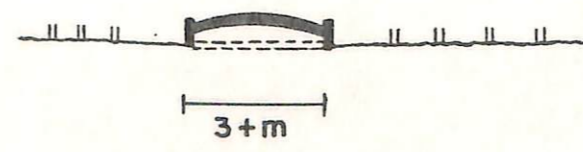
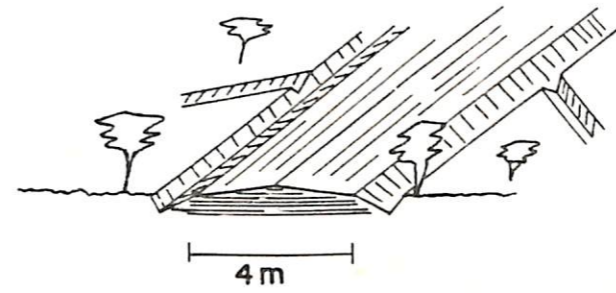
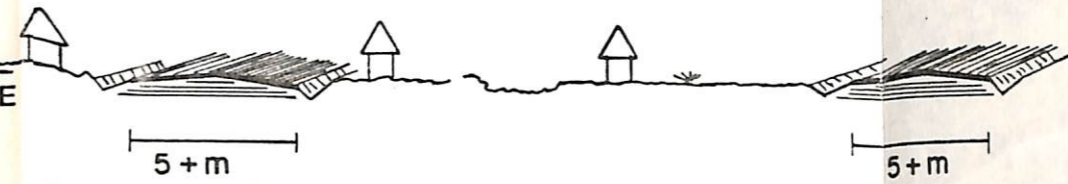


c
PLATEAU SECTION
SECTION DE PLATEAU

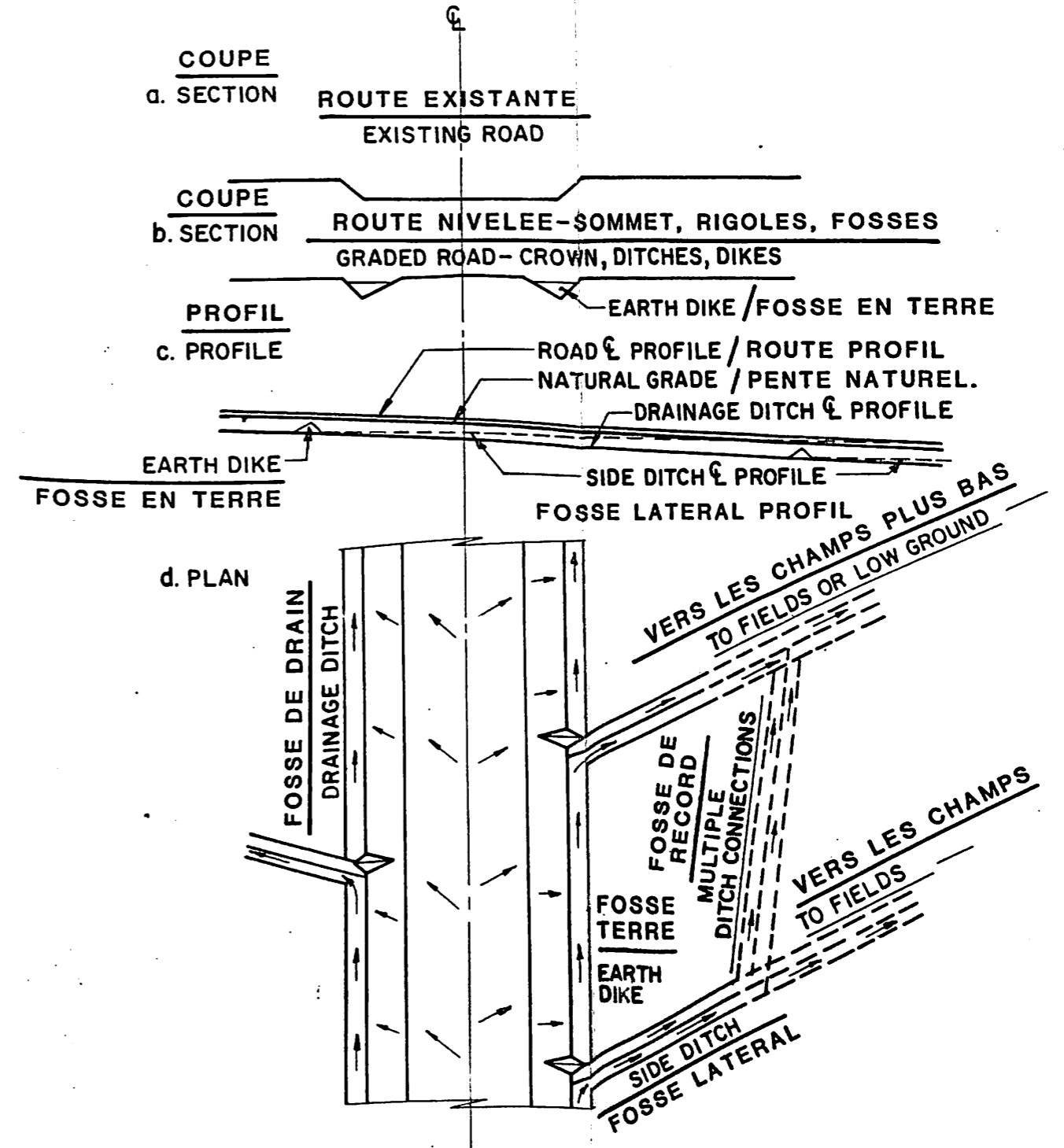
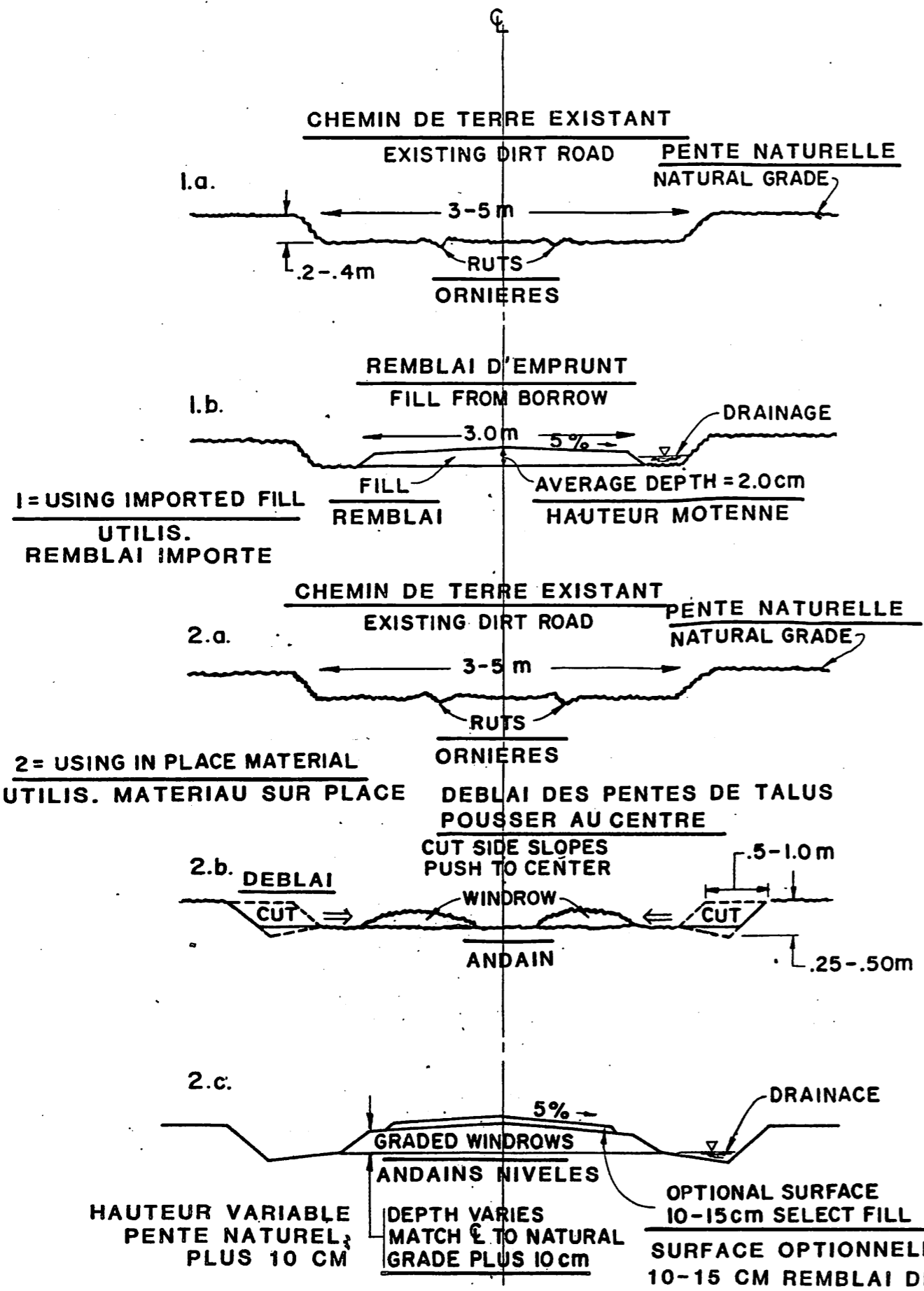


d
LOWLAND SECTION
SECTION DE BASSE TERRE

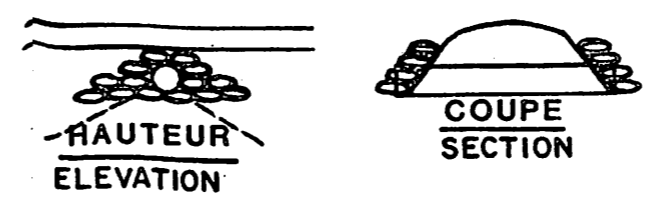
PROPOSED IMPROVEMENTS
AMELIORATIONS PROPOSEES



SOCIETE DE MISE EN VALEUR AGRICOLE DE LA CASAMANCE	
PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPEMENT AGRICOLE EN BASSE CASAMANCE	
FIGURE (EXHIBIT) F-10 COUPES TRANSVERSALES DE ROUTES D'ACCES TYPIQUES TYPICAL ACCESS ROAD CROSS-SECTION	
ARIX ENGINEERING - HARZA ENGINEERING APPROUVE: <i>[Signature]</i>	
DATE: 5-1-83	Nº DE PLAN



SACS DE SABLE / SANDBAGS



EXPEDIENT CULVERT HEADWALL / MUR DE TETE-AQUEDUC

SOCIETE DE MISC EN VALEUR AGRICOLE DE LA CASAMANCE	
PLAN DIRECTEUR DU DEVELOPPMENT AGRICOLE EN BASSE CASAMANCE	
FIGURE (EXHIBIT) F-11	
DETAILS DE CONSTRUCTION ROUTIERE / ROAD CONSTRUCTION DETAILS	
ARIX ENGINEERING - HARZA ENGINEERING	
APPROUVE: <i>[Signature]</i>	
DATE: 5-1-83	NO DE PLAN

