

4) JDC 22.39
11785
5700043
25/12/83
REPUBLICQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE

DIRECTION DES ETUDES HYDRAULIQUES

==
!! PROJET D'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE !!
!!
!! DE LA BORDURE MERIDIONALE DU FERLO ENTRE !!
!!
!! KAFFRINE ET TAMBACOUNDA !!
!! ==

- Document actualisé détaillé -

N.B. projet financé par AID Titre III
Responsable Le PRIOL.

voir note 25/02/85 sans personnel

12

DAKAR, DECEMBRE 1983

PROJET D'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA BORDURE
MERIDIONALE DU FERLO ENTRE KAFFRINE ET TAMBACOUNDA *

I/- REFERENCES :

- .(1) - Projet d'étude hydrogéologique du Continental Terminal du Ferlo et des premières formations sous-jacentes/ Bordure méridionale et orientale/Première partie : bassins versants du Bao Bolon, du Nianija Bolon et du Saloum à l'est de Kaolack (MRDH/DGHER/DEP - Octobre 1977).
- .(2) - Projet d'étude hydrogéologique de la bordure méridionale du Ferlo entre Kaffrine et Tambacounda - Document actualisé (MH/DEH - Juin 1983).

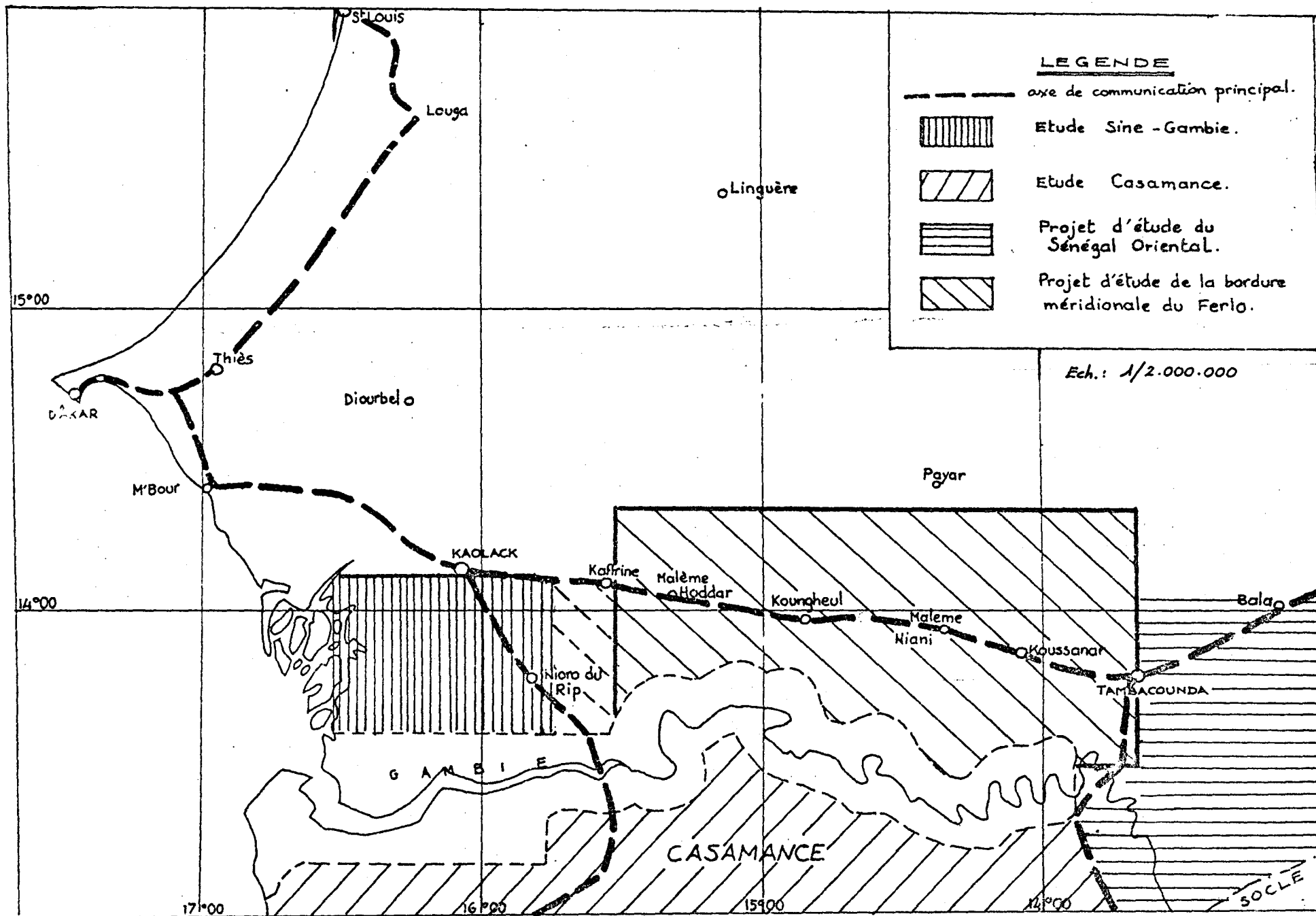
II/- PRESENTATION DU PROJET :

Le territoire intéressé par le projet d'étude s'étend au nord de la GAMBIE, de part et d'autre de l'axe routier et ferroviaire KAOLACK-TAMBACOUNDA qui le traverse d'ouest en est (cf. PLANCHE N°1).

La zone d'étude sera délimitée :

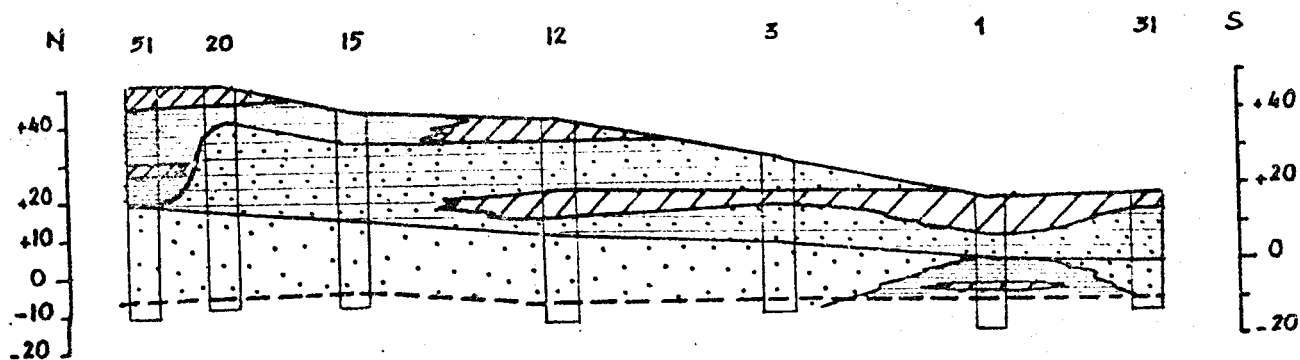
- à l'ouest, par la longitude 15°30'W (KAFFRINE), faisant suite à l'étude de SINE GAMBIE.
- au nord, par la latitude 14°20'N.
- à l'est, par la longitude 13°40'W (TAMBACOUNDA), faisant suite à l'étude de la bordure sédimentaire du SENEGAL ORIENTAL (en projet).
- au sud, par la frontière gambienne, faisant suite à l'étude de CASAMANCE (projet FED/DANIDA) réalisée entre 1979 et 1981.

* La zone d'étude du présent projet correspond approximativement à la première partie du projet initial (1), étendue jusqu'à TAMBACOUNDA.

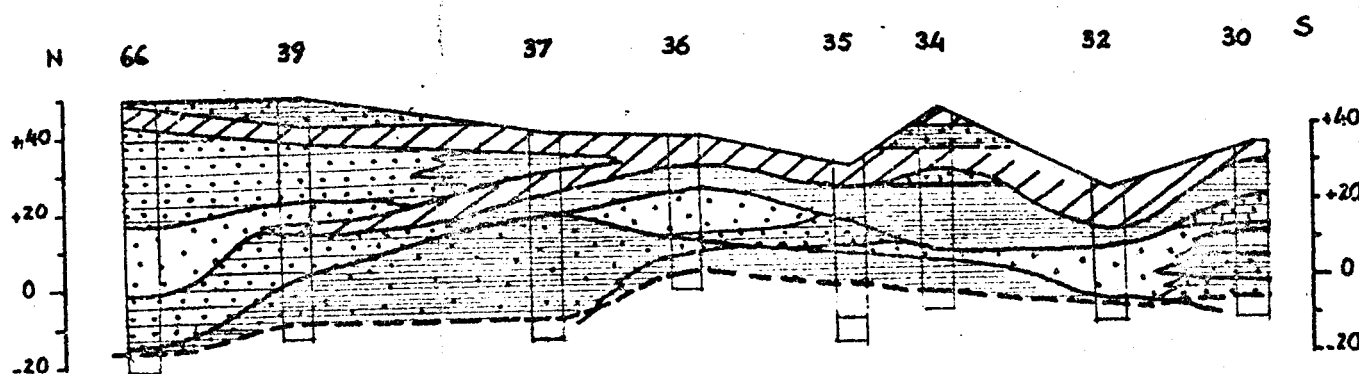


COUPES GEOLOGIQUES DES FORMATIONS
SUPERFICIELLES PRES DE TAMBACOUNDA
(PUITS P.D.E.S.O.)

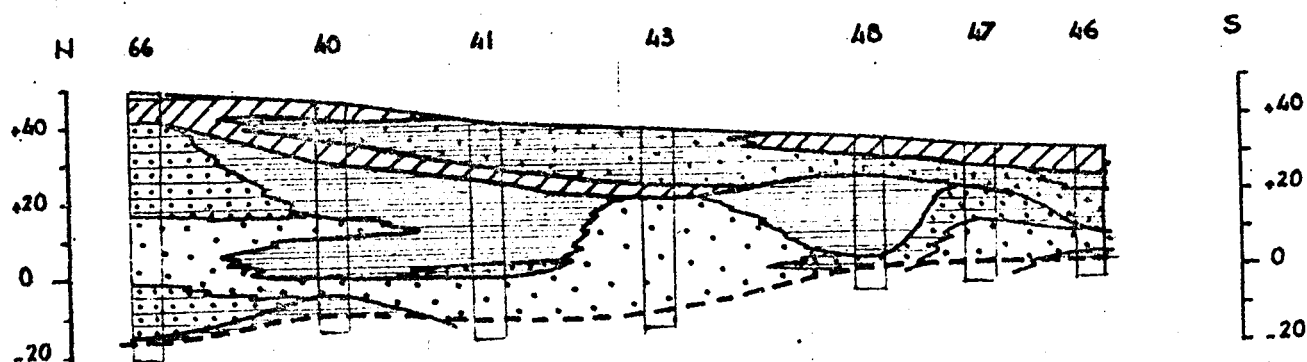
- Planche 1 bis -



Coupe DE





Coupe AC





Coupe AB


40 Puits P.D.E.S.O.


 Latérite

 Sable et Sable argileux

 Argile

 Grès et Grès argileux

 Argile sableuse

 Niveau piézométrique

dressé par
J. LE PRIOL

III/- JUSTIFICATION ET OBJECTIF PRINCIPAL :

Ce projet fait partie des projets du Ministère de l'Hydraulique inscrits au VIe Plan de Développement Economique et Social du Sénégal.

Il a pour origine une demande du Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique en 1977 et est depuis reconduit chaque année parmi les projets prioritaires.

Il s'agit d'étudier et d'évaluer les potentialités en eau souterraine d'un secteur relativement privilégié du Sénégal :

- * par ses ressources en eau souterraine ;
- * par sa situation géographique : il est traversé par l'un des principaux axes de communication du pays, reliant KAOLACK à TAMBACOUNDA en direction du SENEGAL ORIENTAL puis du MALI et de la GUINÉE.

Son étude hydrogéologique présente donc un grand intérêt dans le cadre du développement du SENEGAL. La région sera en effet appelée à un essor économique dans la mesure où, conjointement au développement et à la modernisation des infrastructures, on sera parvenu à la maîtrise des ressources en eau.

Le projet devra s'intégrer harmonieusement avec les études ou projets hydrogéologiques ou d'hydraulique villageoise voisins, déjà réalisés ou en prévision (parmi les études et projets nous citerons ceux de SINE-GAMBIE, de CASAMANCA, du SENEGAL ORIENTAL, du MAESTRICHTIEN).

Autres intérêts importants du projet :

1°) il est prévu de démarrer prochainement une synthèse hydrogéologique nationale de la nappe profonde MAESTRICHTIENNE qui couvre les 4/5 du territoire du SENEGAL. Cette synthèse comportera une modélisation mathématique, qui devra prendre en compte les relations et les échanges entre l'aquifère sableux profond et les aquifères superposés sus-jacents :

- calcaires paléocènes et éocènes ;
- sables néogènes, etc...

La modélisation numérique devra intégrer avec profit l'ensemble des données accumulées depuis des années sur ces différents aquifères inter-dépendants;

- dans la région du Cap-Vert (calcaires paléocènes, sables quaternaires, etc...)
- en Sine-Gambie (sables du "CT", calcaires éocènes, ...)
- en Casamance (sables miocènes)
- etc, ...

.../...

L'étude de la bordure méridionale du FERLO entre KAFFRINE et TAMBA-COUNDA, objet du présent projet, devra apporter dans cet objectif, de précieuses données supplémentaires.

2°) Au cours de l'étude, l'accent sera mis sur l'observation détaillée des processus d'alimentation et de tarissement de la nappe superficielle en fonction de sa profondeur par rapport au sol et en fonction de la pluviosité : à cette fin, un réseau de puits-villageois-témoins, qui fera office de réseau piézométrique, sera sélectionné parmi les meilleurs ouvrages de la région possédant une tranche d'eau importante (80 puits P.D.E.S.O. entre Kourpoutoum et Tamhacounda, 35 puits des volontaires du progrès entre Maka et Tamhacounda - cf. ANNEXE N° 2, Planche n° 1 bis et Planche n° 3). Il s'agit d'accumuler de nombreuses données nouvelles sur les mécanismes et les taux de recharge de la nappe superficielle, encore trop mal connus.

3°) L'équipement des petits forages avec des pompes manuelles et des abreuvoirs, ou bien leur couplage avec des contre-puits, permettra d'alimenter en eau les villages au centre desquels les ouvrages auront été implantés.

4°) Un dernier aspect très important du projet, est de donner la possibilité à un service technique de l'administration d'intervenir directement sur le terrain dans le cadre d'une étude (cf. références en annexe) et aux techniciens ou ingénieurs sénégalais d'acquérir ainsi une formation pratique en hydrogéologie.

IV/- BUT DE L'ETUDE :

Dans la région à étudier, un grand nombre de forages a atteint les aquifères superposés existants :

- sables ou grès semi-profonds du CT/Néogène
- calcaires éocènes et paléocènes
- sables profonds maestrichtiens.

Le but du projet est l'étude hydrogéologique de la région, axée sur les aquifères superficiels et semi-profonds, c'est à dire les sables ou grès néogènes ("Continental Terminal" ou "CT") et les calcaires éocènes.

- cf. COUPE GEOLOGIQUE, PLANCHE N° 2 -

Sans toutefois négliger l'aquifère sableux profond maestrichtien (synthèse données existantes, reconnaissances complémentaires éventuelles) de grande importance (un projet spécifique prévoit son étude et sa modélisation).

Leurs ressources en eau sont relativement importantes et proches de la surface de sol, comparativement à celles des sables maestrichtiens dont l'exploitation nécessite la réalisation de forages beaucoup plus profonds. Cependant l'extension de ces aquifères et leurs caractéristiques sont mal connues (cf. TABLEAU N° 1).

Remarque : dans la comparaison précédente, il s'agit de la position des niveaux sableux ou calcaires aquifères et non pas du niveau piézométrique.

. Un premier travail de synthèse des nombreuses données existantes sera nécessaire et permettra d'avoir, par une analyse documentaire (fiches BIRH, rapports de forages), une première connaissance de l'hydrogéologie régionale. Il servira à mieux orienter les travaux ultérieurs.

. Une campagne de reconnaitances complémentaires par forages permettra d'améliorer la connaissance des aquifères étudiés en vue de l'évaluation de leurs ressources en eau. Elle sera complétée par une campagne de prospection géophysique électrique.

Les travaux de forages seront programmés sur deux ans selon deux phases successives et l'étude durera trois ans environ en totalité (travaux de reconnaissance, mesures hydro-climatologiques et piézométriques, interprétation et synthèse des données).

Un rapport de synthèse préliminaire partiel sera présenté en fin de deuxième année par le bureau d'études de la DEH chargé de la surveillance des travaux de forages.

Le rapport hydrogéologique final publié par la DEH en début de quatrième année (rédaction courant 3e année), évaluera les ressources disponibles afin de définir les modalités d'exploitation en accord avec la politique nationale de l'eau et les programmes de développement régionaux.

N.B/ : L'Etude des photos-satellites LANDSAT au 1/1000000 et 1/500.000 apportera de même de précieuses données complémentaires (failles et structure du substratum marno-calcaire des formations sablo-argileuses superficielles, anciens lits des principaux rivières etc...) sur la géologie régionale.

V/- NATURE DES TRAVAUX ENVISAGES :

V-1 : FORAGES DE RECONNAISSANCE :

Ils seront réalisés par une entreprise de forages avec un atelier léger au "ROTARY" - cf. TAFLEAU N°2 : "Coupe technique des ouvrages de reconnaissance", Planche n°3 et ANNEXES N°1 et 1 bis.

V-1.1 : Petits forages : Vingt six (26) petits forages en diamètre 4"1/2 - 2"1/2, tubage acier noir CASING/LINE PIPE et crépines à nervures renoussées en acier noir. Ces ouvrages capteront soit l'aquifère sableux néogène (en majorité), soit les calcaires ou les sables éocènes et correspondront à une longueur forée globale de quatre mille (4000) mètres-linéaires. La répartition peut être envisagée "a priori" comme suit :

- . 20 forages captant les sables néogènes (CT)
- . 6 forages captant les calcaires ou sables éocènes.

Objectif : a) Etude : - coupe géologique

- granulométrie des sables

- carottage électrique

- essai de pompage avec groupe

électro-pompe immergé Ø 4" (caractéristique de l'aquifère : charge, débit spécifique, perméabilité K, transmissivité T, etc...)

- analyse physico-chimique de l'eau.

b) Equipement : à la fin du projet, mise en place dans les forages de pompes manuelles ROBUSTES ou couplage de ceux-ci avec des contre-puits et construction d'abreuvoirs en béton, pour l'alimentation en eau des populations villageoises et du bétail. La solution "contre-puits" sera préférée en priorité dans la mesure où les conditions hydrogéologiques le permettent pour des raisons évidentes de maintenance.

Afin de conserver à chaque ouvrage sa vocation d'étude et de surveillance de la nappe dans le futur, une ligne d'air sera mise en place en même temps que la pompe, communiquant avec l'extérieur par un tube métallique avec valve.

.../...

V.1.2. : Piézomètres : Quatre (4) piézomètres en \varnothing 2"1/2 seront réalisés à proximité de forages équipés déjà existants (nous retiendrons pour l'instant la distance de 50 m entre le forage d'essai et son piézomètre). Ils représenteront une longueur globale forée de 250 mètres-linéaires. Un essai de pompage sera effectué dans le forage de gros diamètre existant, les mesures de niveau dynamique étant assurées dans le forage et le piézomètre \varnothing 2"1/2 proche. But des reconnaissances et essais : mesure de la charge, de T et du coefficient d'emmagasinement S grâce au couple forage/piézomètre.

Remarques Générales :

* Délais d'exécution :

- Première phase 12 forages + 2 piézomètres : 7 mois
- Deuxième phase 14 forages + 2 piézomètres : 8 mois.

* Matériel mis en oeuvre par l'entreprise :

- un atelier léger au "ROTARY"
- un appareil de carottage électrique, entièrement maîtrisé par la société de forages et comportant au minimum les sondes "GAMMA RAY", "PS" et "RESISTIVITE MONO" en bon état de marche.

V.2 : CONTROLE DES TRAVAUX DE FORAGES :

Il sera effectué par le ~~bureau~~ bureau d'études de la DIRECTION DES ETUDES HYDRAULIQUES chargé de la supervision du projet, pendant 15 mois (cf. V-4 : REGIE ADMINISTRATIVE).

Nature des travaux:

- Implantation des sites de forages (susceptibles d'être modifiés selon les besoins de l'étude).
- Surveillance du chantier de forages en permanence.
- Participation pour chaque reconnaissance de la coupe lithologique, et détermination des niveaux aquifères à carter en collaboration avec le chef de chantier.
- Réalisation des analyses granulométriques des niveaux sableux rencontrés.
- Réalisation des analyses physico-chimiques "in situ" de l'eau pompée (PH, CO₂ libre, chlorures, fer, température, conductivité).
- Prélèvement de couples d'échantillons d'eau pour analyse complète au laboratoire à DAKAR:
 - . 1 échantillon d'eau naturel
 - . 1 échantillon + acide pour analyse du FER.

- Réalisation des essais de pompage : chaque essai comportera trois ou quatre paliers à débit croissant, chacun étant séparé du suivant par une remontée.

On s'attachera à mesurer le plus précisément possible les termes suivants :

<u>Petits forages Ø 4"1/2-2"1/2</u>		<u>Piézomètres Ø 2"1/2 couplés avec un forage</u>
. Débit spécifique	!	T, S
. FO et CO ₂	!	(Dans le forage : Débit spé-
. T, K	!	cifique, FO et CO ₂ , T, K)

- En fin de chantier rédaction et publication d'un rapport de forage regroupant l'ensemble des données recueillies par site.

Matériel mis-en-œuvre (acheté pour le contrôleur sur financement du volet "FORAGES")

- * 1 jeu complet de TAMIS pour analyses granulométriques.
- * trois (3) sondes lumineuses électriques avec ruban de 100 mètres.
- * deux (2) malettes complètes pour analyse physico-chimique de l'eau "IN SITU" (type "HYDROCUPE" ou "EACH")
- * Deux (2) conductivimètres de terrain.

V.3 : NIVELLEMENT DES FORAGES :

Ce travail, réalisé par un bureau d'études topographiques, permettra de niveler tous les forages du projet ainsi que bon nombre de forages anciens existants - cheminement prévu : 700 kilomètres environ.

- Objectifs :
- connaissance de la cote du sol en chaque point reconnu (géologie précise)
 - connaissance de la cote du repère de mesure (sommet tube) pour chaque forage (piézométrie précise de la nappe d'eau souterraine).

V.4 : PROSPECTION GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE :

Elle complètera les reconnaissances par forages qui serviront à l'étalonner. Elle aura pour objet de :

- reconnaître les formations superficielles sur les 150 à 200 premiers mètres ;
- suivre le toit des calcaires éocènes entre les points reconnus par sondages mécaniques et affiner ainsi la connaissance du substratum des formations néogènes.

Elle comprendra 130 sondages électriques en AP 500 à 1500 mètres.

Les travaux seront réalisés par un bureau d'études spécialisé.

- cf. carte d'implantation des sondages électriques , PLANCHE N° 4.

Remarques : 1°) La position des sondages électriques sur la carte est indicative et pourra être modifiée selon les besoins dégagés en cours d'étude.

2°) Le travail de l'équipe de géophysiciens sera réalisé en concertation constante avec l'Administration. L'équipe de la DFE basée à Dakar se rendra périodiquement sur le terrain où elle se tiendra au courant de l'état d'avancement des travaux géophysiques et des résultats obtenus, dans un souci permanent d'orientation judicieuse des investigations.

V.5 : REGIE ADMINISTRATIVE :

Les travaux en "Régie administrative" dureront trois (3) ans, dès le démarrage de la campagne de forages et couvriront ainsi trois saisons des pluies soit trois cycles de recharge des nappes d'eau souterraines.

V.5.1 : Travaux réalisés :

1°) Surveillance et orientation des reconnaissances par forages (cf. parag. V.2).

2°) Etude structurale du substratum secondaire par analyse des photographies satellite (LANDSAT) : repérage des principales failles et discontinuités en vue d'une meilleure compréhension de la géométrie des aquifères (notamment l'aquifère calcaire éocène) et de l'hydrogéologie (implantation préférentielle des forages à l'éocène dans les noeuds de fractures en distension).

3°) Installation d'un réseau de mesures hydro-climatologiques et piézométriques, dès le démarrage de l'étude, selon le programme théorique suivant :

* Mise en place de limnigraphes "OTT R16" verticaux dans certains forages témoins sélectionnés (piézométrie en continu), qui auront été équipés à cette fin de contre-bridges spéciales permettant la fixation des appareils de mesure.

* Sélection de puits-villageois avec observateurs (cf. ANNEXES N°2 et 2bis) : les mesures seront effectuées pendant neuf (9) mois, d'AVRIL A DECEMBRE avec la fréquence suivante :

. Mois d'avril, octobre, novembre, décembre : une (1) mesure par semaine.

. Mois de mai, juin, juillet, août, septembre : trois (3) mesures par semaine, par exemple le lundi, le jeudi, et le samedi.

Remarque : Les mesures dans les nuits seront effectuées très tôt le matin afin de n'être pas faussées par les puisages villageois.

Chaque observateur disposera d'un mètre-ruban avec flotteur en bois.

On retiendra "a priori" le nombre de 30 puits-témoins qui seront judicieusement choisis géographiquement, de manière à couvrir une gamme la plus étendue possible de pluviosité et de profondeur de la nasse par rapport au sol (cf. ANNEXE N° 2 bis).

* Mise en place de pluviomètres et de pluviographes surveillés et relevés par des observateurs villageois. Chaque appareil sera couplé soit avec un puits-piézomètre (l'observateur aura alors en même temps la charge de la piézométrie et de la pluviométrie), soit avec un forage/limnigraphe, ou bien il sera isolé si la connaissance de la pluviosité est nécessaire en un point particulier.

* Renforcement ou création de stations limnimétriques pour la mesure du ruissellement superficiel :

Les stations de jaugeages existant actuellement sur la zone d'étude sont les suivantes :

. stations limnigraphiques de BIRKELANE sur le SALOUM (éléments d'échelles limnimétriques et limnigraphe OTT X à rotation mensuelle).

. station limnigraphique de FIRGUI sur le GRAND BAO BOLON (éléments d'échelles + limnigraphe OTT X à rotation mensuelle).

.../...

. 2 stations limnimétriques de SINTHIOU MALEME et de MAKKA sur le SANDOUGOU (éléments d'échelles avec relevé bi-quotidien), la seconde étant influencée par les hautes eaux de la GAMBIE.

. station limnimétriques de KOUSSANAR sur le KOUSSANAR (éléments d'échelles avec relevé bi-quotidien), affluent du SANDOUGOU.

Il sera nécessaire dans le cadre de l'étude de :

- Multiplier les jaugeages à la station de BIRKELANE
- Renforcer les stations de SINTHIOU MALEME sur le SANDOUGOU et de KOUSSANAR sur le KOUSSANAR, par installation de limnigraphes OTT X à rotation mensuelle et tarage des stations par des jaugeages en nombre suffisant.
- Si possible créer une nouvelle station limnigraphique sur le NIANIJA BOLON, au pont de KOUNGHEUL par exemple.

4°) Réalisation de tournées périodiques de mesures et de collecte des données recueillies par les observateurs (chaque quinzaine ou chaque mois).

5°) Réalisation d'une enquête sur les débits extraits des nappes souterraines étudiées, dans le but d'en estimer le bilan.

Remarque Générale: Le principe général qui a été retenu pour l'organisation de l'étude est de déléguer au maximum la charge des mesures piézométriques et pluviométriques, à des observateurs villageois bien encadrés et contrôlés par l'équipe basée à DAKAR et la brigade basée sur place. Il s'agit en effet de limiter autant que possible la fréquence des déplacements du personnel de la DEH sur de mauvaises pistes, jusqu'à des sites souvent très difficilement accessibles (limitation de la consommation en carburant, de l'usure des véhicules et de la fatigue humaine).

Ce principe a déjà plusieurs fois été appliqué avec succès, notamment en Casamance (études des bassins du Kambeul Bolon, de Baïla, de Niaquisse/Guidel, etc...).

V.5.2 : Moyens humains et matériels :

a) Moyens humains :

- Une (1) équipe de la DEH basée à DAKAR, chargée de la supervision technique de l'étude et des travaux de terrain, en étroite relation avec le chef de la Division Hydrogéologique, le chef de la Division Hydrologique et le Directeur des Etudes Hydrauliques (Directeur National du Projet). Cette équipe existe déjà sur place et a acquis depuis six (6) ans une bonne expérience de l'étude des nappes d'eau souterraine et des forages au SENEGAL (cf. études référencées). Elle comporte :

.../...

- . Un ingénieur Hydrogéologue expatrié
- . Un technicien supérieur sénégalais (ou un ingénieur)
- . Des techniciens et agents techniques de la D E H.
- . Un chauffeur.

- Une (1) brigade hydrogéologique de la DEH basée à KOUNGHEUL ou à KOUSSANAR, composée de :

- . un technicien supérieur (bonne expérience du terrain)
- . 1 agent technique
- . Un chauffeur.

- une (1) brigade hydrologique de la DEH avec son matériel basée à KOUNGHEUL ou à KOUSSANAR, composée de Deux (2) agents et de 2 manoeuvres. Elle sera chargée des tournées périodiques de jaugeages.

b) Moyens matériels :

. Un (1) véhicule de liaison type "BREAK 504 PEUGEOT" ou similaire.

. Deux (2) véhicules tout terrain type "LAND ROVER station Wagon" ou "TOYOTA" ou similaire.

. Appareils de mesures :

- 20 pluviomètres type "Association" + supports métalliques
- 6 à 8 pluviographes "RICHARD-PFELY" à rotation hebdomadaire + pointes encreuses feutres + papier quadrillé.
- 6 limnigraphes "OTT R16" verticaux + pointes encreuses + papier quadrillé.
- 2 altimètres POITTEVIN-DUHAUT (Fordeaux)
- 3 sondes lumineuses électriques avec ruban de 100 mètres (type TEKNIFOR ou OTT KL 100).
- 2 conductivimètres de terrain
- Jeux de photos satellite "LANDSAT" ou "SPOT" couvrant l'aire d'étude (Echelles : 1/1000.000 et 1/500.000).

. Matériel de campement : lits pliants avec draps, matelas, moustiquaires, tables et chaises, matériel de cuisine, jerrycans, glacières, tentes, réservoirs isothermes (type COLEMAN ou CAMPING-GAZ, etc...)

. Matériel divers pour travaux sur le terrain : 40 mètres-rubans + flotteurs bois (observateurs), pelles, pioches, scies, niveaux à bulles, marteaux, clefs à griffes, clefs à chaîne, coupe-coupe, etc...

V.6 - EQUIPEMENT DES FORAGES POUR L'ALIMENTATION EN EAU VILLAGEOISE

A la fin de l'étude, un choix judicieux devra être fait entre :

- La mise en place dans les forages de pompes manuelles robustes et la réalisation d'abreuvoirs pour l'alimentation en eau des populations et du petit bétail.

- la réalisation de contre-puits : cette solution est la plus adaptée au milieu rural, dans les zones difficiles d'accès, les villageois n'étant pas tributaires d'un matériel sophistiqué susceptible de tomber en panne, pour s'approvisionner en eau.

Le choix sera décidé sur la base des critères suivants :

- . profondeur de la nappe/sol
- . facilité d'accès au village et distance par rapport à la voie de communication principale goudronnée.
- . besoin en eau du village
- . souhaits des villageois.

A la suite de l'étude on disposera de tous les renseignements hydrogéologiques et topographiques pour déterminer, conjointement avec les autres facteurs, le meilleur choix.

Nous retiendrons d'ores et déjà le principe de mise à disposition d'un certain financement pour assurer le suivi des ouvrages et la sensibilisation des populations concernées.

Ces actions pourront être confiées à des organismes connaissant bien le milieu rural (Promotion Humaine, CERP, SODEVA,...) à qui le projet devra prévoir de fournir les moyens de fonctionnement (déplacements du personnel responsable).

Les buts à atteindre seront les suivants :

- pour un contre-puits : participation des villageois au forage par apport de main-d'œuvre non qualifiée, collecte de cotisations, fourniture de logement et de la nourriture aux puisatiers.
- pour une pompe : collecte de cotisations en vue de la constitution d'une caisse de maintenance communautaire (achat de pièces de rechange, déplacements du responsable-pompe,...) création d'un comité de gestion de la caisse.

Choix d'un ou deux stagiaires qui seront formés pour l'entretien et les réparations courantes de la pompe.

Désignation de femmes responsables de la propreté du point d'eau et des abords immédiats (sensibilisation des villageois au problème sanitaire valable quel que soit le type d'équipement choisi, pompe ou contre-puits).

VI/- COUT DES TRAVAUX : ESTIMATION JANVIER 1983

N.B./ : Il sera nécessaire de prévoir une provision, afin de tenir compte de l'accroissement éventuel des coûts entre Janvier 1983 et la date réelle de démarrage des travaux.

VI.1 : FORAGES : 1 atelier léger au "ROTARY"

. Première phase (7 mois) : 12 forages + 2 piézomètres

coût : 130 Millions Frs CFA

. Deuxième phase : (8 mois) : 14 forages + 2 piézomètres

coût : 150 Millions Frs CFA

COUT TOTAL = 280 Millions FRs CFA

VI.2 : CONTROLE DES TRAVAUX DE FORAGES :

(voir VI.5 "REGIE")

VI.3 : NIVELLEMENT DES FORAGES :

Cheminement estimé à 700 kilomètres

à raison de 28000 F du km

Coût : 20 Millions FRs CFA

VI.4 : PROSPECTION GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE :

Réalisation de 130 sondages électriques en

AR compris entre 500 et 1500 m.

Coût = 28 Millions FRs CFA

VI.5 : TRAVAUX D'ETUDE EN REGIE ADMINISTRATIVE (Pendant Trois ans)

Achat de véhicules, Carburant, entretien et réparations des véhicules, matériel d'étude, analyses, matériel de campement, travaux divers sur le terrain, fournitures de bureau et reproduction des rapports.

. - VOIR ANNEXE N° 3

COUT = 31 Millions FRs CFA

VI.6 : REMUNERATION DU PERSONNEL DU PROJET :

Paiement des observateurs et des manoeuvres pour travaux de terrain, salaires et heures supplémentaires du personnel temporaire du projet (chauffeurs, agents techniques), frais de déplacement du personnel de la DEH.

- VOIR ANNEXE N° 4

COUT = 29 Millions FRS CFA

VI.7 : EQUIPEMENT DES SITES DE FORAGES POUR L'ALIMENTATION EN EAU VILLAGEOISE :

2 solutions possibles :

- Achat et pose de pompes manuelles robustes + abreuvoirs.
- Réalisation de contre-puits : cette solution sera préférée en priorité, dans la mesure où les conditions hydrogéologiques le permettent.

COUT = Pour mémoire - Financement à rechercher en cours d'étude.

RECAPITULATIF :

- . Coût global du projet : 308 Millions FRS CFA
- . Coût des travaux d'équipement proprement dits (forages + contrôle) : 285 Millions FRS CFA
- . Coût des travaux d'étude proprement dits (nivellement, régie, géophysique électrique,...) 103 Millions FRS CFA
- . Coût d'aménagement des sites de forages en fin d'étude pour l'alimentation villageoise (pompe-abreuvoirs, ou contre-puits) Pour Mémoire
(Financement à rechercher en cours d'étude).

.../...

PLAN FINANCIER

I/- PREMIERE ANNEE :

- Forages : * Première phase (7 mois) :	130 M FCFA
* Deuxième phase (2 mois) :	40 M FCFA
- Contrôle (9 mois)..... :	(cf. REGIE)
- Géophysique électrique..... :	28 M FCFA
- REGIE ADMINISTRATIVE..... :	22 M FCFA
- Rémunération personnel projet..... :	10 M FCFA
	<hr/>
TOTAL =	230 M FCFA

II/- DEUXIEME ANNEE :

- Forages : * Deuxième phase (6 mois) :	110 M FCFA
- Contrôle (6 mois)..... :	(cf. REGIE)
- Nivellement..... :	20 M FCFA
- REGIE ADMINISTRATIVE..... :	4 M FCFA
- Rémunération personnel du projet... :	10 M FCFA
	<hr/>
TOTAL =	144 M FCFA

III/- TROISIEME ANNEE :

- Régie (travaux de terrain)..... :	3 M FCFA
- Rémunération personnel projet..... :	9 M FCFA
- Régie (publication Rapport Final).... :	2 M FCFA
- Equipement (pompes/abreuvoirs-contrepuits): P. M.	
	<hr/>
TOTAL =	14. M FCFA

TOTAL GENERAL (3 ans)..... 388 Millions F CFA

.../...

PLANNING PREVISIONNEL DES TRAVAUX

AN	Première Année	Deuxième Année	Troisième Année	Quatrième Année
MOIS	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 J F M A M J J A S O N D	13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 J F M A M J J A S O N D	25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 J F M A M J J A S O N D	37 38 39 40 41 42 43 44 J F M A M J J A
Hivernage (PLUIES)	—	—	—	—
FORAGES (2 phases)	XXXXXXX	XXXXXXXXX		
CONTRÔLE (D.E.H.)	XXXXXXX	XXXXXXXXX	XXX (Rapport)	
NIVELLEMENT FORAGES		XXX		
REGIE ADMINIST. (Etude)	XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX (Travaux de terrain synthèse des données)	XXXXXXXXXX (Rapport partiel)	XXXXXXXXXX (Rapport définitif)
GÉOPHYSIQUE ÉLECTRIQUE		XXX		

TABLEAU N° 1

Exemples de forages captant les sables superficiels entre
Kaffrine et Tambacounda.

DESIGNATION	PROFONDEUR NI- VEAU STATIQUE (m)	DEBIT SPECIFIQUE (m ³ /h/m)	RESIDU SEC (mg/l)
MAKA YOP	59	10,8	84
DOUBA LAMPOUR	28	13,0	86
KOUMPELOUM	41	12,5	64
MALEME NIANI	54	13,6	68
KOUSSANAR	26	23,0	94
SINTHIOU MALEME	17	11,7	440
KOUNGHEUL	27	6,8	112
N'GANDA	51	7,2	-

.../...

TABLEAU N° 2

Coupe technique des forages de reconnaissance

I - Petits forages

- Chambre de pompage

Ø 4" 1/2 casing

Longueur : 50 à 100 m

- Cône de réduction

Ø 4" 1/2 - 2" 1/2

- Tube d'exhaure

Ø 2" 1/1 line Pipe

- Crélines acier noir

Ø 2" 1/2 à nervures

repoussées - Longueur
= 20 m

- Tube à sédiments

Ø 2" 1/2 Line pipe = 5m

II - Piézomètres

- Tube en acier noir

Ø 2" 1/2 line Pipe

- Crélines acier noir

Ø 2" 1/2 à nervures

repoussées - Longueur = 20 m

- Tube à sédiments

Ø 2" 1/2 Line Pipe = 5 m.

Remarque : Possibilité d'équiper
avec une pompe manuelle.

A N N E X E N° 1

FORAGES DE RECONNAISSANCE Ø 4"1/2 - 2" 1/2 : LOCALISATION

DESIGNATION	LOCALISATION	COORDONNEES		OBSERVATIONS
		L	l	
F01	SINTHIOU AMEL ALI/LAMA	13°39'30"	14°08'30"	à 50 mètres du puits P.D.E.S.O. N°12 "virage du projet".
F02	SINTHIOU MAYEL	13°41'07"	13°53'45"	à 50 mètres du puits P.D.E.S.O. N°1
F03	SARE DIAMERE	13°44'40"	13°40'25"	
F04	DAYAR	13°44'45"	14°17'18"	à 50 mètres du puits P.D.F.S.O. N° 40
F05	KOLOMTA	13°55'20"	14°06'30"	à 50 mètres du puits P.D.E.S.O. N°43
F06	SINTHIOU KADI	14°00'45"	13°56'50"	à 50 mètres du puits P.D. F.S.O. N° 47
F07	TEMASSOU	13°57'20"	13°37'10"	
F08	SARE DOUNDOU	14°05'10"	13°42'20"	
F09	MALEME RA	14°18'50"	14°11'30"	à 50 mètres du puits P.D.E.S.O. N° R02
F10	BOULI MINGA	14°15'00"	14°06'00"	
F11	KOUSSALANG	14°19'00"	13°45'50"	
F12	MAKA CISSE DIENOUN	14°18'40"	13°32'50"	
F13	DAROU DEMLENE	14°45'30"	14°10'20"	
F14	NANINE ROYE	14°30'35"	14°05'45"	
F15	NDIAYENE DIAM DIAM	14°30'35"	13°51'40"	
F16	KOUNTOUNTA	14°35'20"	13°42'30"	
F17	FEUR MANDOUNTE	14°51'15"	13°47'25"	
F18	KOUKOTO	14°58'45"	13°55'15"	

ANNEXE N° 1 (SUITE)

FORAGES DE RECONNAISSANCE Ø 4" 1/2 - 2" 1/2 : LOCALISATION

DESIGNATION	LOCALISATION	COORDONNEES		OBSERVATIONS
		L	1	
F19	YAMANE	15°05'00"	14°10'30"	
F20	NDIENGUENE	15°07'15"	13°48'40"	
F21	DELEBI	15°18'15"	14°14'15"	
F22	DIOKOUL	15°17'20"	13°57'20"	
F23	S OROKOGNE	15°30'00"	14°10'20"	
F24	BARONE	15°28'50"	14°02'35"	
F25	NDIBO EMBALI	15°32'50"	13°51'10"	
F26	NGAYENE	15°28'40"	13°41'10"	

A N N E X E 1 Bis

PIEZOMETRES DE RECONNAISSANCE Ø 2" 1/2 : LOCALISATION

Désignation	Localisation	Coordonnées approx.		Observations
		L	l	
P 27	SINTHIU MALEME	13°55'	13°49'	Couplé avec forage IAEP de Sinthiou Malé- me : Mesure de S
P28	MALEME NIANI	14°18'	13°56'30"	Couplé avec forage de Malème Niani : mesure de S.
P 29	KOUNGHEUL	14°48"	13°58'30"	Couplé avec forage de Kouncheul : mesu- re de S.
P 30	MAKA YOP	15°01'30"	14°02'10"	Couplé avec forage de Maka Yop : mesure de S.

.../...

RESEAU DE PUITTS-TEMOINS VILLAGEOIS

(cf. carte d'implantation, Planche n°3)

Dans la mesure du possible, on choisira des puits-villageois bien construits et possédant une tranche d'eau importante, permettant une utilisation comme piézomètre pendant une longue période.

Dans la zone d'étude, les réseaux de puits suivants répondent à ces exigences :

1°) Réseau de puits du Projet de Développement de l'Élevage au Sénégal-Oriental (P.D.F.S.O) : il comporte dans la zone d'étude une soixantaine de puits modernes ayant une tranche d'eau de 4 à 7 m, répartis au nord de la route nationale entre Koumbentoun et Tambacounda - leur profondeur varie entre 26 et 75 m et la position du niveau piézométrique entre 21 et 66 m par rapport au sol.

2°) Réseau de puits des volontaires du Progrès :

Il comporte une trentaine d'ouvrages-cimentés possédant une tranche d'eau de 5 à 7 m, localisés entre la route nationale goudronnée et la frontière nord-gambienne, entre Maka et Tambacounda, leur profondeur varie entre 15 et 50 m.

.../...

ANNEXE N° 2 bis

Liste de puits modernes sélectionnés pour la constitution d'un
réseau piézométrique

PUITS P.D.E.S.O.

N°	VILLAGE	COORDONNÉES		PRO- FON- DEUR NS/SOL (m)
		L	1	
33	SINTHIOU MADINA	13°50'50"	13°49'00"	21
71	P.D.E.S.O	13°39'30"	13°46'15"	24
1	SINTHIOU MAYEL	13°41'07"	13°53'00"	27,5
46	SARE GOU- POU	14°03'00"	13°54'00"	29
35	SARE TAMOU	13°53'18"	14°03'35"	32
48	SARE BIRON	13°59'58"	14°00'28"	34
36	LEWA SARE DIOULDE	13°49'45"	14°07'30"	36
45	SINTHIOU GAYO	13°57'30"	13°51'15"	37
30	PADA PEULH	13°50'00"	13°51'00"	40
8	PARAOL GADIALI	13°38'55'	14°03'45"	41
56	NGUINOKH	14°23'30"	14°00'00"	42
57	GUENTE VELINGARA	14°21'00"	14°02'40"	43
13	DAR SALAM	13°34'22"	14°10'15"	44
15	OUROVALI	13°41'03"	14°14'52"	46
37	OURO SORI DALLA	13°48'20"	14°12'10"	48,5
41	SINTIANE DAQUADI	13°56'00"	14°12'00"	51
62	DAROU SALAM	14°38'15"	14°22'35"	51
38	OURO SEANO	13°45'25"	14°16'00"	53,5
40	DAYAR	13°44'45"	14°17'18"	55
63	LOUMPEL YORO	14°36'15"	14°27'07"	58,5
39	OURO TIEDEL	13°50'30"	14°20'25"	59
29	TOUEERE RAIAL	13°31'45"	14°23'00"	61
70	SIFAL YENO KA	14°31'00"	14°16'45"	62
72	NDONJ	14°28'36"	14°06'30"	63,5
66	DOUDOUK	13°57'00"	14°23'30"	66

PUITS V. P.

N°	VILLAGE	COORDONNÉES		PRO- FON- DEUR NS/ SOL (m)
		L	1	
13	SARE DOURE	13°52'12"	13°34'30"	15
6	SINE OULI	13°54'25"	13°34'30"	16
14	SARE NIANA	13°51'00"	13°36'45"	20
9	SOUTOURA	13°55'15"	13°36'00"	24
7	KANAFEKOTO	13°48'40"	13°42'50"	27
11	MOBA	13°50'45"	13°39'40"	33
10	KOLINKAN	13°39'20"	13°55'35"	43

ANNEXE N° 3

REGIE ADMINISTRATIVE : EQUIPEMENT ET FONCTIONNEMENT

Poste n°

1	. Achat d'un véhicule de liaison.....	2,5 MFCEFA
2	. Achat de 2 véhicules tout terrain.....	7,0 MFCEFA
3	. Matériel de campement et de terrain.....	0,5 MFCEFA
4	. Achat matériel d'étude (pluviomètres, pluviographes, limniographes, sondes lumineuses électriques, photos satellites, etc...)	7,5 MFCEFA
5	. Travaux divers aux stations de mesure.....	0,5 MFCEFA
6	. Analyses chimiques.....	1 MFCEFA
7	. Pièces de rechange, entretien des véhicules et carburant.....	9 MFCEFA
8	. Publication du rapport définitif.....	2 MFCEFA
9	. Moyens de reproduction divers en cours d'étude.....	1 MFCEFA

TOTAL..... = 31 MFCEFA

.../...

ANNEXE N° 4

REMUNERATION DU PERSONNEL DU PROJET

I - DIRECTEUR NATIONAL/CHEF DU PROJET A DAKAR : Forfait de 50.000/Mois
X 36 = 1.800.000 F CFA

II - EQUIPE BASEE A DAKAR :

- 1 ingénieur hydrogéologue (frais de déplacement) :
 - . 10 jours/mois
 - . 8 mois/ans pendant 3 ans
 - . Taux : 10.000 F/Jour
 - $100.000 \times 8 \times 3 \dots\dots = 2.400.000 \text{ F CFA}$
- 1 chauffeur (salaire + déplacement + hres sup.)
 - . forfait : 90.000 F/Mois
 - . 12 mois pendant 3 ans
 - $100.000 \times 12 \times 3 \dots\dots = 3.600.000 \text{ F CFA}$

II - BRIGADE DEH basée sur la ZONE D'ETUDE :

- 1 technicien supérieur (chef de brigade)
 - . frais de déplacements forfaitaire : 100.000 F/Mois
 - . pendant 3 ans
 - $100.000 \times 12 \times 3 \dots\dots = 3.600.000 \text{ F CFA}$
- 1 technicien :
 - . frais de dénl. forfaitaires : 70.000 F/mois
 - . pendant 3 ans.
 - $70.000 \times 12 \times 3 \dots\dots = 2.520.000 \text{ F CFA}$
- 1 chauffeur (salaire + déplac. + heures sup.) :
 - . forfait : 90.000 F/mois
 - . pendant 3 ans
 - $100.000 \times 12 \times 3 \dots\dots = 3.600.000 \text{ F CFA}$

III - OBSERVATEURS :

- . Dix (10) observateurs de puits-témoins.
- . Vingt (20) observateurs mixtes chargés de mesures sur puits-témoins et de relevés pluviométriques.
- . Six (6) observateurs chargés de la surveillance de pluviographes et de limnigraphes verticaux.
- . Dix (10) observateurs forages choisis dans les zones les plus difficiles d'accès (les 20 autres forages étant mesurés par la brigade de la DEH).

a) Dix observateurs de nuits-témoins :

. Mesures d'avril à décembre (9 mois)

. Mois d'avril, octobre, novembre, décembre : 1 mesure

. par semaine, 3000 F/mois pendant 4 mois sur 3 ans :

$$3.000 \times 4 \times 3 \times 10 \dots\dots\dots 360.000 \text{ F CFA}$$

. Mois de mai à septembre : 3 mesures par semaine,

5.000 F/mois pendant 5 mois sur 3 ans :

$$5.000 \times 5 \times 3 \times 10 \dots\dots\dots 750.000 \text{ F CFA}$$

b) Vingt observateurs mixtes piézométrie/pluviométrie

. Mois d'avril, novembre, décembre, (nuits-témoin

seulement) : 1 mesure par semaine, 3.000 F/mois

pendant 3 mois sur 3 ans.

$$3.000 \times 3 \times 3 \times 20 \dots\dots\dots = 540.000 \text{ F CFA}$$

. Mois d'octobre : -mesure nuits 1 fois par semaine/3000F/mois)

-pluviométrie (peu de mesures) = 5000F/mois.

$$8.000 \times 1 \times 3 \times 20 \dots\dots\dots = 480.000 \text{ F CFA}$$

. Mois de mai à septembre (5 mois) :

-mesure nuits 3 fois/semaine : 5000F/mois.

-mesure pluies : 8000 F/mois

$$13.000 \times 5 \times 3 \times 20 \dots\dots\dots = 3.900.000 \text{ F CFA}$$

c) Six surveillants de stations pluviographe/Limnigraphe :

$$3.000 \times 6 \times 6 \text{ mois} \times 3 \text{ ans} \dots\dots = \text{arrondi à } 330.000 \text{ F}$$

d) Dix observateurs de forages dans secteurs d'accès difficile :

1 mesure piézométrique par semaine.

$$3000 \times 10 \times 12 \times 3 \dots\dots\dots : 1.080.000$$

e) Rémunération complémentaire des brigades hydrologiques :
(forfait)

$$2 \text{ agents} \times 5 \text{ mois} \times 3 \times 100.000 \dots\dots\dots 3.000.000 \text{ F CFA}$$

$$2 \text{ manoeuvres} \times 6 \text{ mois} \times 3 \times 25.000 \dots\dots\dots 900.000 \text{ F CFA}$$

$$\text{TOTAL GENERAL} \dots\dots\dots = 28.860.000 \text{ F CFA}$$

arrondi à 29 Millions F CFA

Remarque : Les taux de rémunération journaliers des frais de déplacement ont été fixés sur la base de la proposition n° 2440/MH du 18 octobre 1983 du Ministère de l'Hydraulique, concernant les principes d'harmonisation des indemnités attribuées aux agents placés dans les projets. Ces taux seront ultérieurement modifiés en fonction des valeurs réelles adoptées officiellement.

ANNEXE N° 5

REFERENCES : Exemples d'études réalisées en régie par la
Direction des Etudes Hydrauliques

A. Etudes régionales :

A.1 - Etude hydrogéologique des calcaires paléocènes de la
région de MECOUR - 01/80/HG/DEH - Décembre 1980 -
Financement : CARITAS SENEGAL.

A.2 - Synthèse hydrogéologique du bassin sédimentaire
Casamangais (Volume I, II, III) - 01/83/HG/DEH -
Mars 1983 - Financement : FED/DANIDA/SENEGAL.

B. Etudes locales :

. Surveillance et exploitation des résultats d'un essai de
pompage de très longue durée (1 mois) dans les bananeraies de Casamance
(GOUDOMP), en vue de la modélisation de la nappe des sables miocènes - 1977.

. Alimentation en eau des Centres Touristiques de Passe-
Casamance - Etudes complémentaires (Février 1979, Juillet 1981, Août 1982).

. Alimentation en eau pour l'irrigation de 5 périmètres bananiers
dans le département de SIDIHOUCHE en CASAMANCE (Projet des Petits Projets
Ruraux - Financement : Banque Mondiale) - 1982.

. Alimentation en eau de ZIGUINCHOR (CASAMANCE) : reconnais-
sances complémentaires par forages de la nappe miocène en vue de l'implan-
tation des ouvrages destinés à couvrir les besoins en eau de l'agglomération
à long terme (1983). Projet d'Alimentation en eau de 11 Centres de l'Intérieur
au Sénégal - Financement : Banque Mondiale.

. Projet de développement du diocèse de KAOLACK : Surveillance
de 30 forages d'eau co-financés par CARITAS/KAOLACK (1983).

C. Synthèses nationales : Synthèse des études hydrauliques/Etat
des ressources en eau 1983 -
(n° 9-83-HG-DEH - Sept. 1983).
- Financement USAID -
