

3902

10941

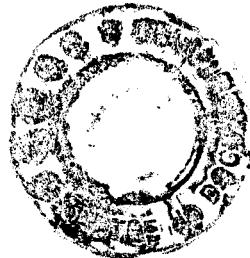
DEVELOPMENT ECONOMICS GROUP

RECEIVED : 24 OCT. 1990

LOUIS BERGER INTERNATIONAL, INC.

1819 H STREET N.W., SUITE 900

WASHINGTON, D. C.



RAPPORT FINAL

EVALUATION FINALE - PROJET EAUX SOUTERRAINES, P.E.S.

OMVS/USAID 625-0958

POUR USAID / SENEGAL

SOUS CONTRAT IQC NO PDC-0085-1-05-9060-00

DELIVERY ORDER NO 5

JUILLET 1990

Préparé par: M. Robert M. REESER, Agricultural Economist
M. Stergios DENDROU, Ingénieur Civil, Hydrologue

PAGE D'IDENTIFICATION DU PROJET

1. Pays : Le Sénégal, la Mauritanie, et le Mali
(au moyen de l'OMVS)
2. Titre du Projet : OMVS- Projet Eaux Souterraines
3. Numéro du Projet : 625-0598
4. Dates Cardinales du Projet :
 - a. Premier Accord : Août 1983
 - b. Date d'obligation Finale : 30 Juin 1988
 - c. Date de Terminaison de l'assistance : 30 Juin 1990
5. Financement du Projet :

		Coût Prévu	Coût Effectif
a.	A.I.D. Fond Bilatéral	DLR E.U. 6.501.000	6.501.000
b.	Autres Donateurs	DLR E.U. 0	0
c.	Fonds de l'OMVS	DLR E.U. 650.000	975.000
	Total	DLR E.U. 7.151.000	7.476.000

6. Mode d'Implémentation :
AID Contrat Direct avec ISTI (Assistance Technique)
Contrat de Service Personnel (Assistance Technique)
PASA avec l'USGS (Assistance Technique)
Contrat des Pays Hôtes avec la SAFOR
(réseau piézométrique au Sénégal et en Mauritanie)
Contrat "Force Account" avec DNHE (Mali)
(réseau piézométrique au Mali)

7. "Designers" du Projet :
AID/Dakar, River Basin Development Office, et
REDSO/ Abidjan

8. Responsables de la Mission :
Directeurs : David Shear, Sarah Jane Littlefield, Julius Coles
"Project Officers" : Hugh Smith, John Anderson, William Egan

9. Evaluation Précédente :
Pas d'évaluation Précédente du projet.
Evaluation du réseau piézométrique, Février-Mars 1989

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Le Bassin Versant du Fleuve Sénégal	5
Figure 2. Carte Hydrogéologique du Delta du Fleuve Sénégal	10
Figure 3. Régions de la Vallée du Fleuve Sénégal	13
Figure 4. Dépenses du Projet Eaux Souterraines	31

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

AGOC	Agence de Gestion des Ouvrages Communs (OMVS)
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France)
CEFIGRE	Centre de Formation International à la Gestion des Ressources en Eau
CGA	Carte Couleur pour écran d'ordinateur
CIEH	Comité Inter-Etats d'Etudes Hydrauliques
CNRADA	Centre National de Recherche Agronomique et de Développement Agricole (l'équivalent Mauritanien de l'ISRA)
CPI	Caractères d'imprimante par inch
DNHE	Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Energie du Mali
GERSAR	Groupements d'Etudes et de Réalisations des Sociétés d'Aménagements Ruraux
GES	logiciel, Gestion des Eaux Souterraines
GMU	"Groundwater Monitoring Unit"- la Cellule des Eaux Souterraines de l'OMVS
ISRA	Institut Sénégalais de Recherches Agricoles
ISTI	"International Science and Technology Institute"
IWME	"Irrigation, Water Management and Engineering Office"
KB	kilobytes
Km	Kilomètres
m	mètres
MB	Megabytes
mm	millimètres
OJT	"On-the-Job-Training"
OMVS	Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal
ORSTOM	Organisation de Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
PACD	"Project Assistance Completion Date"
PASA	"Participating Agency Service Agreement"
PC	"Personal Computer"
PIO/T	"Project Implementation Order/Technical Services"
SAED	Société pour l'Aménagement et l'Exploitation de la Vallée du Fleuve Sénégal
SAFOR	Société Africaine de Forage
SONADER	Société Nationale d'Equipements Ruraux (l Mauritanien de la SAED)
USAID	"United States Agency for International Development"
USGS	"United States Geological Survey"
WARDA	"West African Rice Development Association"

PROJET EAUX SOUTERRAINES, P. E. S.

SOMMAIRE

Le Projet Eaux Souterraines a été conçu et orienté vers l'identification et le contrôle des modifications du régime des eaux souterraines, liées à l'exploitation des barrages de Diama et de Manantali et au développement intensif de l'agriculture irriguée au droit des formations alluviales du bassin du fleuve Sénégal.

Les trois buts principaux du projet étaient: (1) l'appréciation des mécanismes d'échanges hydrauliques entre le fleuve et les formations aquifères latérales et sous-jacentes, suite à la mise en eau des barrages de Manantali et de Diama, (2) l'appréhension des conséquences liées au développement de l'irrigation en zones alluviales (piézométrie et salinisation), et (3) l'évaluation des ressources potentielles des aquifères profonds dans la zone de Matam-Boghé. L'implémentation du projet s'est effectuée par l'établissement dans le cadre de l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS), de l'unité permanente Cellule des Eaux Souterraines (CES) à Saint-Louis, Sénégal; et la saisie et l'analyse de données piézométriques sur un réseau de 589¹ piézomètres et 582 puits villageois répartis dans le Delta du Fleuve Sénégal, la Basse vallée et la vallée Moyenne, et la Région de Manantali.

L'évaluation finale a été mené à bien par une équipe d'experts indépendants mandaté par l'USAID. L'évaluation a été basée sur une revue de la documentation du projet (rapports technique, rapport final de synthèse, rapports d'installation), des entretiens avec le personnel du projet, de l'OMVS, et de l'USAID, et plusieurs visites in situ, information nécessaire pour la compréhension des différents volets du projet, et l'interprétation des données et observations.

Les observations les plus importantes ainsi que les conclusions majeures sont les suivants:

- * Un réseau piézométrique a été installé dans le cadre du projet; il est opérationnel, et des données y sont régulièrement prélevées.
- * Toute information sur le réseau et les données piézométrique se trouve sur un système de trois ordinateurs interliés, sur la base de trois systèmes logiciels, le GROUNDWATER, SURFER, et le GES.
- * Les trois ordinateurs PC sont en place et opérationnels. Toutefois l'un des ordinateurs montre des signes de fatigue et devrait être remplacé aussi tôt

¹569 piézomètres au Sénégal et en Mauritanie, plus 20 piézomètres au Mali: Total 589 piézomètres.

que possible. En outre, il y a besoin de support informatique, logiciel et équipement, à Saint-Louis.

- * Le logiciel dénommé GES (pour Gestion des Eaux Souterraines) a été développé expressément pour ce projet. C'est un système puissant et interactif (user friendly), opérationnel à quelques erreurs près, pour la saisie automatique des données; et l'analyse des données, la préparation de rapports techniques et la détection d'erreurs, quand il est utilisé conjointement avec les logiciels GROUNDWATER et SURFER.
- * La synthèse hydrogéologique des données pour le Delta et pour la région de Manantali est bien menée et bien documentée. Plusieurs résultats utiles ont été obtenus pour le Delta et la basse vallée. L'analyse pour la région de Podor à Bakel devra être poursuivie.
- * Les stages de formation aux USA et en France du personnel de l'OMVS ont été judicieux et bien exécutés. Cependant, seul un des trois stagiaires est actuellement au service du projet. Les autres sont retourné aux Services Hydrauliques.
- * Le nombre des effectifs de la Cellule est incomplet depuis Juillet 1988. L'avancement des travaux d'analyse en a été retardé.
- * Toute documentation du projet (les plans et toutes cartes, les rapports d'exécution des piézomètres, les rapports hydrogéologiques, et les rapports de gestion du projet) ont été bien préparés et entretenus, documentés et préservés.
- * La continuation de la saisie et l'analyse des données piézométrique est souhaitable. L'OMVS est encouragé d'assurer cette continuité. Des problèmes budgétaires pourraient être attendus.
- * La fermeture de la frontière Sénégal-Mauritanie a réduit le niveau de coopération souhaitable pour une entreprise internationale de cette envergure.

Les évaluateurs ont noté les "leçons du projet" suivantes:

- * Il est parfois nécessaire et même bien justifié d'accéder en cours de route à des déviations des plans prévus, même si ceux-là ont été soigneusement préparés. La flexibilité est une vertu.
- * Il est nécessaire de mieux planifier le développement, la mise en place et la maintenance de systèmes informatiques de gestion de données, logiciels et équipements.

- * La coordination des travaux d'un projet avec les activités d'autres agences ou organisations ne se fait pas automatiquement. Il serait souhaitable de prévoir une activité spéciale pour assurer la direction et l'envergure des efforts de coordination.
- * La décentralisation des opérations d'un projet peut être avantageuse, à condition que l'autorité propre et la responsabilité y soit déléguée.
- * Les stagiaires devraient être tenus sous obligation contractuelle de retourner au projet, ou de contribuer d'une façon directe aux activités du projet.
- * Des méthodes de comptabilité et d'administration avancées devraient être prévus pour assurer une déviation minimale du budget initial d'un projet.

Les recommandations les plus importantes de cette évaluation sont:

- * L'OMVS devrait mobiliser les ressources technique et financières nécessaires pour assurer la relève des opérations du projet. L'assistance technique sous forme de consultations de courtes durées d'un conseiller hydrogéologue et d'un informaticien doit être prévue pour une période transitoire de 10 à 12 mois.
- * L'OMVS devrait établir un plan d'action pour la maintenance et le remplacement de l'équipement informatique, dont une partie devrait être remplacée aussi tôt que possible.
- * Il serait souhaitable de voir le nombre du personnel technique et professionnel de la Cellule accru, par exemple au moyen de tours de service des employés des Services Hydrauliques.
- * Il est également important pour l'OMVS d'établir un plan d'action pour des études futures sur la base des résultats acquis par le projet présent, pour l'aménagement et l'exploitation des différents milieux aquifères, en utilisant un modèle de simulation mathématique. Pour le Delta, pour maîtriser le comportement de la nappe saline (emplacement idéal de drains pour améliorer les opérations de lessivage des sols et système d'alerte); et pour la basse et moyenne vallée, et la région de Manantali pour étudier la possibilité d'irrigation à partir des nappes souterraines profondes.
- * Il serait très utile d'analyser les échantillons des forages des piézomètres pour obtenir une meilleure appréciation de la complexité géologique des milieux aquifères.
- * La Cellule devrait disséminer l'information sur ses travaux, ainsi que sur le système informatique GES, au moyen de: (1) distribution de Rapports et

d'Analyses de données aux utilisateurs potentiels dans les Etats Membres, (2) publication d'articles dans des Journaux Scientifiques et dans la Presse populaire.

- * Des séminaires devraient être envisagés au bénéfice des pays membres de l'OMVS, pour présenter les résultats d'analyse de l'étude, et pour démontrer l'utilité du système informatique GES.

INTRODUCTION

L'Evaluation Finale du Projet OMVS (625-0958) des Eaux Souterraines a été effectuée en Avril et Mai 1990.

1.1 BUT DE L'EVALUATION

Le but de l'évaluation été, en suivant les procédures standard de l'USAID pour la terminaison de projets d'assistance internationale, d'identifier les leçons du projet qui se sont dégagées lors de l'implémentation du projet, de façon à servir d'exemple à suivre ou à éviter dans des projets futurs. A deuxième titre, l'évaluation s'est tourné vers la question du support institutionnel vers l'OMVS, un des buts à longue échéance du projet.

1.2 QUESTIONS ADRESSEES

L'évaluation a été axée autour des préoccupations suivantes:

Le projet a-t-il atteint les objectifs qui lui étaient confiés?

Si non, pourquoi pas? Quels étaient les problèmes rencontrés? Est-ce qu'ils auraient pu être prévus? Comment est-ce que ces problèmes ont été affrontés ou résolus? Avec quel degré de succès? Est-ce qu'il y a des circonstances atténuantes? En rétrospective, comment est-ce que les choses auraient pu être abordées différemment?

Quelles leçons ont-elles pu être tirées de l'expérience avec ce projet, qui pourraient être utiles à des projets futurs?

Parmi les objectifs du projet, y-a-t-il qui n'ont pas été atteint? Parmi ceux qui n'ont pas été atteint, quels sont ceux qui devraient être abandonné, quels devraient être poursuivi, et par quelle organisation?

Est-ce qu'il existe des circonstances ou des besoins qui se sont manifesté pendant l'exercice de ce projet, qui méritent d'être adressé dans un projet futur? Si oui, quelles sont les activités qui doivent être entreprises, et par qui?

L'évaluation a également été basée sur les considérations suivantes:

- évaluation des objectifs originaux du projet et le degré d'avancement vers leur réalisation. Considération du bien fondé de ces objectifs à présent.

Ce Rapport d'Evaluation a été écrit pour le lecteur non initié aux affaires de l'Afrique Occidentale : des explications succinctes mais complètes sont données lors de l'introduction d'idées ou de concepts nouveaux, y compris des figures et illustrations, tout pour rendre ce document aussi complet que possible. Toutes descriptions et remarques sont basées sur la documentation du projet et les visites *in situ*. Dans la mesure du possible, référence est donnée de la source de toute information; les évaluateurs ne prétendent pas avoir tout découvert d'eux-même.

Cependant, toutes interprétations et opinions dans ce Rapport sont celles des évaluateurs. Dans le contexte de la complexité géographique, hydrologique, économique, politique, et sociale du Fleuve Sénégal, il est attendue que des différences d'opinion émergent. Dans la mesure du possible, les conclusions et les recommandations de cette évaluation sont basées sur des faits non-contesté. Les évaluateurs ont la conviction que les observations, les conclusions et les recommandations vont recevoir un bon accueil des partis intéressés.

LE CONTEXTE ECONOMIQUE, POLITIQUE ET SOCIAL DU PROJET

Les idées originales du Projet des Eaux Souterraines se trouvent dans les recommandations du Projet d'Impact sur l'Environnement du Plan de Développement du Bassin du Fleuve Sénégal, de 1976, (625-0617) ("Environmental Assessment Project"). En particulier, cette étude faisait mention de problèmes possibles de salinisation des sols, de changement de régime d'alimentation de la nappe souterraine, et de contamination des eaux souterraines par les engrains et les pesticides. D'autres recommandations ont également été formulées par George C. Taylor (Octobre 1979), sur la base desquelles le Projet des Eaux Souterraines a été établi.

Pour mieux comprendre le contexte économique, politique, et social du projet, il est opportun de faire ici une esquisse géographique du Bassin du Fleuve Sénégal. On trouvera une description plus détaillée au Chapitre 4.

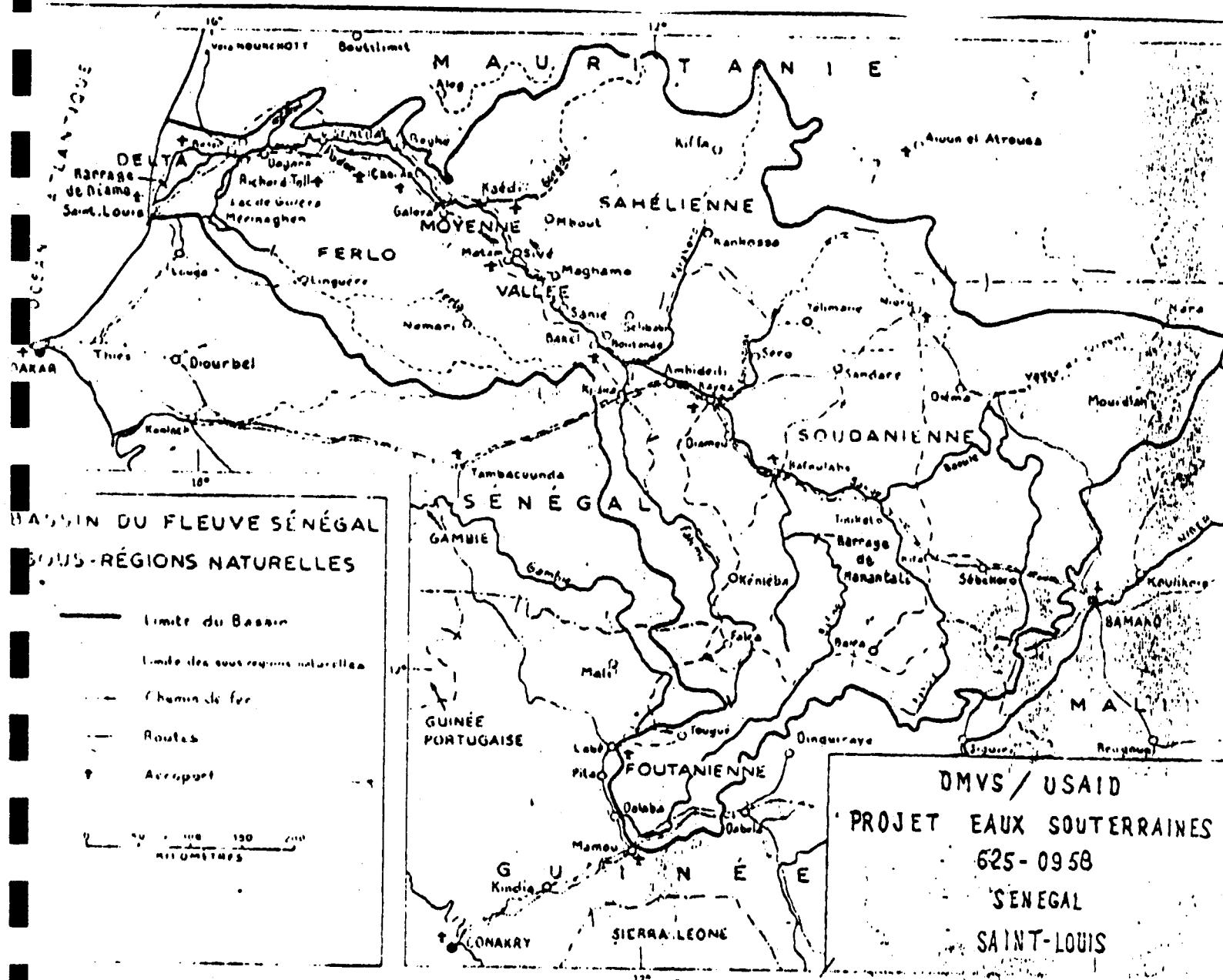
Le Fleuve Sénégal et son plus long affluent, le Bafing au Mali, ont une longueur totale de quelques 1.800 Kilomètres. Le bassin versant a une superficie de 218.000 kilomètres carrés, et couvre en partie la Guinée, le Mali, la Mauritanie, et le Sénégal (voir Figure 1).

La majorité des débits du Fleuve s'accumulent dans la partie haute du bassin versant, dans le Fouta Djalon en Guinée, et au Mali. Le point le plus haut de la rivière se situe à 1.400 mètres. Dans la partie haute du bassin, le lit des rivières est bien formé, large de 1 à 2 kilomètres. Il y a trois affluents principaux, le Bafing et le Bakoyé qui se joignent à Bafoulabé au Mali pour former le Fleuve Sénégal, et le Falémé qui forme la frontière entre le Mali et le Sénégal et qui se joint au Fleuve Sénégal près de Bakel, point commun des frontières du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal. A partir de ce point, le Fleuve a une longueur de 800 Km jusqu'à la mer, avec une dénivellation totale seulement de 17 m. Le bassin inférieur ne couvre qu'un tiers de la superficie totale, et est pour la plus part désertique. Le lit du Fleuve y est moins bien délimité, sur une largeur de 20 Km, le résultat d'inondations fréquentes.

Le régime hydrologique du Fleuve Sénégal est régi par la saison des pluies annuelle, l'hivernage, entre Mai et Octobre. La crue qui en résulte, d'intensité variable suivant la pluviométrie de l'année, au passage inonde les plaines dépressives, y compris le Lac de Guiers à la confluence du Ferlo, et le défluent du Lampsar qui alimente en eau potable la ville de Saint-Louis, pour finalement se jeter dans l'Océan Atlantique à Saint-Louis.

Pendant l'étiage, de Novembre à Avril-Mai, les débits de récession et l'emmagasinage des rives ne suffit que pour maintenir un débit jusqu'à Podor, quelques 250 Km de la côte. De la côte jusqu'à Podor, le fleuve est envahi par la mer, qui forme une langue saline de 250 Km.

Figure 1. Le Bassin Versant du Fleuve Sénégal



La crue de l'hivernage est une ressource naturelle bien comprise et bien appréciée. Depuis longtemps on a essayé d'en profiter au maximum. Par exemple, au Lac de Guiers et au Marigot du Lampsar, qui alimente en partie en eau les villes de Dakar et Saint-Louis, respectivement, un système de digues et de vannes est utilisé pour piéger la crue et empêcher l'évidement de récession. Ces systèmes ont bien servi dans le temps, mais deux nouveaux ouvrages importants, les barrages de Diama et de Manantali ont été construits pour mieux régulariser les débits du fleuve.

Le barrage de Manantali est construit sur le Bafing au Mali et forme une retenue de 11 milliards de mètres cube d'eau. Le barrage a été achevé de construire récemment et la retenue est actuellement à moitié pleine, dans la deuxième année de remplissage. Une station hydroélectrique est prévue pour 1996 qui approvisionnera en énergie le Mali, le Sénégal et la Mauritanie. Le barrage de Diama, construit dans le Delta à quelques kilomètres de la côte, est du type "au-fil-de-l'eau", et sert à contrôler la propagation de la langue saline, et à régulariser le niveau d'eau du fleuve dans le Delta. L'opération conjointe des deux barrages servira à mieux utiliser la quantité totale d'eau douce du fleuve pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation de zones agricoles, la production d'énergie, la réduction des inondations, et pour assurer la navigabilité du Fleuve sur un parcours plus long.

Institutionnellement, la Gestion du Fleuve Sénégal est confiée à l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS), une organisation internationale entre le Mali, la Mauritanie, et le Sénégal. L'OMVS n'avait pas d'unité spécialisée en aménagement des eaux souterraines. Dans le cadre du Projet des Eaux Souterraines, la Cellule des Eaux Souterraines a été créée, établie à Saint-Louis au Sénégal, pour gérer ce projet. A la fin du projet de l'USAID, la Cellule des Eaux Souterraines à Saint-Louis va assurer la continuité des opérations de levé piézométriques, et la Gestion du réseau, pour exploiter au maximum les potentialités que ce système peut offrir.

L'impact économique du Projet des Eaux Souterraines se situe dans les possibilités de l'amélioration de l'exploitation agricole du Delta et de la Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal, que la meilleure compréhension des milieux aquifères peut engendrer. De même, pour la région de Manantali, l'impact économique du projet découle de toute exploitation possible des eaux souterraines, l'alimentation en eau des villages, la potentialité de développement agricole par irrigation, et peut être le développement industriel que l'énergie hydroélectrique peut susciter.

Finalement, l'impact social du Projet des Eaux Souterraines découle principalement de l'amélioration des exploitations agricoles, non seulement grâce à la production agricole accrue au niveau national, mais aussi grâce à la stabilisation des populations rurales le long du Fleuve Sénégal, loin de la congestion des centres urbains.

De plus, il y a eu grande interaction avec le personnel du projet, de l'OMVS et de l'USAID, sans laquelle ce rapport n'aurait pu être historiquement et factuellement complet. Une conférence a été tenue en cours d'évaluation avec les responsables de l'USAID avant d'entamer la version préliminaire de ce rapport. Ce Rapport Final comprend les commentaires de l'USAID et de l'OMVS apportés à la version préliminaire.

EVALUATION TECHNIQUE DU PROJET

4.1 BACKGROUND DU PROJET

Le Projet des Eaux Souterraines est primordialement un exercice massif de collecte de données piézométrique dans l'emprise de la vallée du Fleuve Sénégal, 1.200 Km de long, des bouches du Fleuve jusqu'à Manantali, y compris la région du Delta qui couvre une superficie de 4.344 Km carré, et la basse, moyenne et haute vallée du Fleuve sur une largeur variable de 5 Km en haute vallée, à 20 Km en basse vallée. L'échelle de l'entreprise est dictée par l'organisation institutionnelle de l'OMVS, et est unique dans le sens qu'elle comprend plusieurs formations géologiques.

D'habitude, des données hydrogéologiques sont prises pour évaluer le potentiel d'une formation aquifère particulière. Plusieurs formations hydrogéologiques sont présentes ici, et le lien commun est le fleuve qui avec sa crue annuelle contrôle l'hydrologie des formations.

En lignes générales, il y a trois régions géographiques à considérer, de l'amont à l'aval, respectivement, la région du barrage de Manantali, les vallées (haute, moyenne, et basse), et le Delta. L'entreprise de collecte la plus massive a été réservée pour le Delta. Une brève description de chacune des trois régions est donnée ici pour mieux apprécier l'étendue et la nature de l'étude. En suite, l'évaluation des résultats du projet est donnée par rapport aux critères d'applicabilité, d'efficacité, d'économie, et d'impact.

La Région du Delta du Fleuve Sénégal

La région du Delta est fascinante ! A première vue, par endroit le Delta semble totalement désertique. Ailleurs, on dirait une oasis pleine de végétation verdoyante. Et puis il y a le fleuve, qui change de direction d'Est-Ouest, vers une direction Sud-Ouest, puis Sud, pour finalement se jeter à la mer quelques 25 Km au Sud de Saint-Louis, séparé de la mer par la Langue de Barbarie qui continue de s'accroître d'année en année. (voir Figure 2). De la côte jusqu'au barrage de Diama le fleuve est un estuaire marin. Avant la construction du barrage, la langue saline montait 250 Km de la côte, au delà de Dagana, presque jusqu'à Podor.

Une description de l'évolution du Delta en temps géologiques peut faciliter la compréhension du comportement actuel du milieu. La description qui suit est basée sur le Rapport d'Audibert, 1984, le Rapport de Synthèse, Vol. 2 du projet, et des observations personnelles.

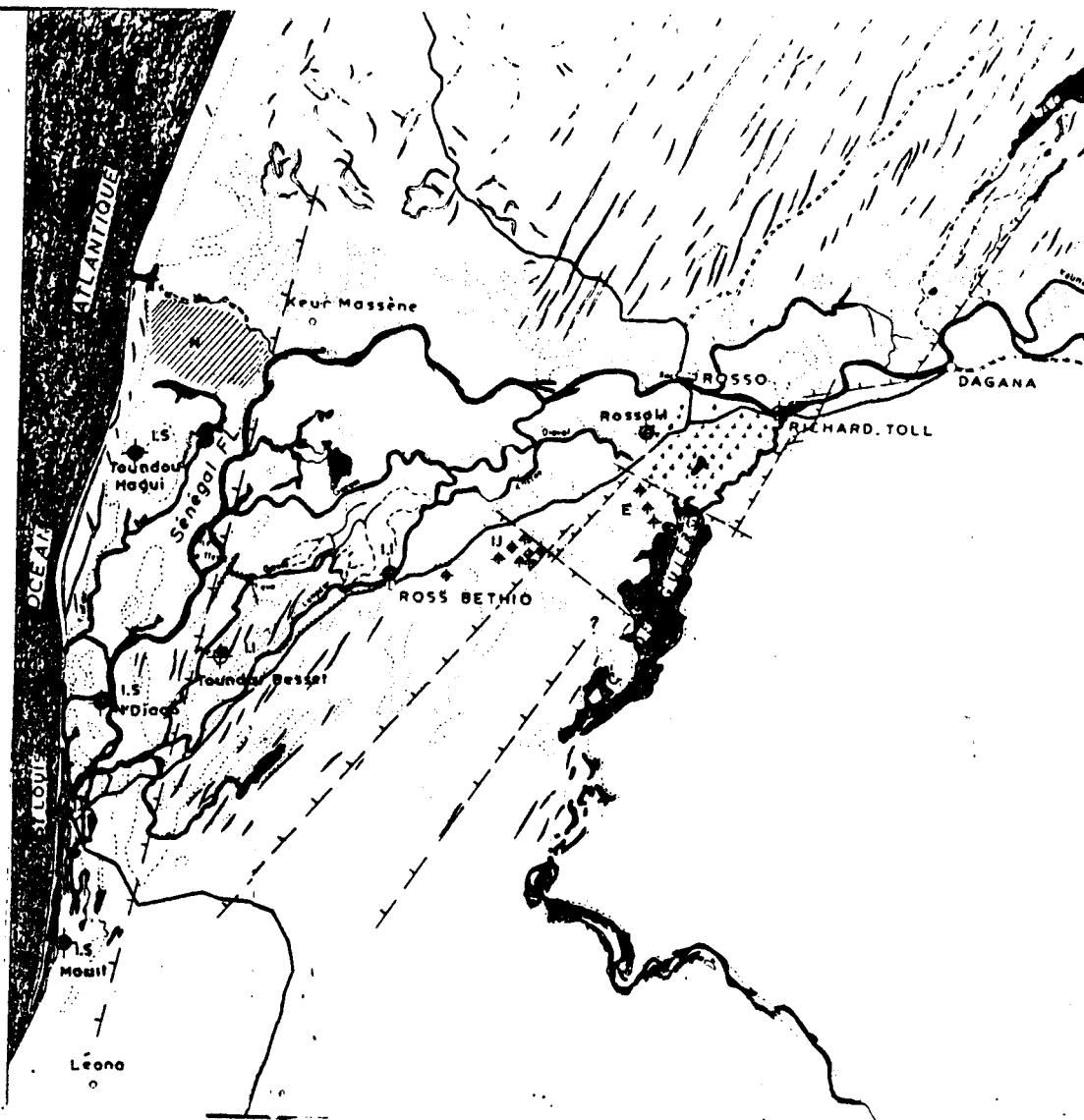
Figure 2. Carte Hydrogéologique du Delta du Fleuve Sénégal

CROQUIS STRUCTURAL
du
DELTA du SENEGAL

Echelle: 1 / 500000

- Failles présumées et sens du rejet
- Sondages
- Trous à la tarière
- Zone où le Nouakchottien a été touché sous environ 3m de sédiments subactuels (trou à la tarière)

- Présence d'inchirien supérieur
- Présence d'inchirien inférieur
- Présence d'éocène
- TIRÉ DE "STRUCTURE GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE DU DELTA DU SENEGAL" M. BOUAFIAT, 1964



En temps géologiques, il y a eu au moins trois épisodes d'invasion marine qui ont résulté de la montée du niveau de mer: 100.000 ans avant notre ère, le Delta faisait partie d'un golfe. Les sédiments de la rivière, des sables verdâtres ont formé la couche de l'Inchirien. Après retrait partiel, la mer a envahi le Delta une seconde fois autour de 40.000 ans avant notre ère, avec le même type de formation de déposition. Cela a été suivi 10.000 ans plus tard par une période d'intense sécheresse, coïncidant avec la période de glaciation. Le niveau de mer a baissé de 100 m au dessous du niveau actuel, et le Delta, zone aride, était couvert de dunes rouges d'origine Eoliennes du Nord Nord-Est, qui forment l'Ogolien.

Avec la fin de la période de glaciation, la mer était montée graduellement jusqu'à un niveau de 2,5 m au dessus du niveau présent. Une période particulièrement humide a suivie 10.000 ans avant notre ère, qui a causé la formation de lacs, attestée par des formations calcaires.

Pendant la période des derniers 2.000 ans, les inondations annuelles en période de crue (hivernage) ont laissé leur imprimitur sur le façonnement du milieu actuel, avec la formation de petits lacs et de marigots. Des dépositions d'argiles et de limons ont aidé à stabiliser ces zones dépressives, en les isolant de l'aquifère salin sous-jacent. Les dépositions Eoliennes continues en provenance du Sahara par les alizés, et un affaissement des rives gauches, ont causé la déviation progressive du lit du fleuve vers le Sud, et la création des marigots du Lampsar, du Gorom, et de Djoudj, tous alignés dans la direction Nord-Est, Sud-Ouest.

Le Delta est subdivisé en deux zones, dénommés en langue locale respectivement, le Ouallo, ou pleine d'inondation, et le Diéri, la zone en dehors de la pleine d'inondation. Les dépositions argileuses se trouvent uniquement dans la région du Ouallo.

De cette description succincte, se dégage le schéma hydrogéologique suivant: un aquifère d'origine marine s'étend au dessous de la partie Ouallo du Delta (voir Figure 2.). Là où l'évaporation a pu agir librement, il en a résulté des concentrations parfois cinq fois supérieures à celles de l'eau de mer. D'autres régions sous l'influence des marigots sont moins salines. Par endroit, au dessus de couches argileuses particulièrement imperméables, il y a, en petites quantités, des poches d'eau douce. Prévoir leur présence relève de la magie: il faut un concours de circonstances fortuit.

L'évaporation potentielle annuelle dans la région du Delta excède de beaucoup la pluviométrie annuelle de 280 à 300 mm. Par conséquent, le système dans sa totalité est régi par l'évaporation, et est influencé par la présence d'eaux de surface, plus ou moins salines, selon qu'elles proviennent du fleuve ou du drainage des périmètres irrigués.

Cependant, l'effet des eaux de surface sur l'aquifère est très localisé, et ne s'étend qu'à une zone de quelques centaines de mètres des rives du fleuve ou des marigots.

L'absence de gradients fait que le mouvement prédominant des eaux souterraines est principalement vertical. En outre, la progression du front d'infiltration au droit du fleuve est vite équilibré par l'évaporation, ce qui explique la zone d'influence réduite des eaux de

surface. De ce fait, le plan d'eau surélevé de la retenue de Diama (1,5 à 2,5 m), ne devrait pas avoir un effet important sur l'étendue globale du Delta. Cependant, il n'en est pas de même de l'irrigation à grande échelle qui pourrait engendrer une remonté piézométrique généralisée.

Le Delta, sous conditions naturelles, était une zone fondamentalement saline. La crue de l'hivernage suffisait à peine pour couvrir les quelques 4.000 Km carré du Delta, et alimentait surtout les marigots. Les aménagements des eaux de surface avec la grande digue de la rive gauche (celle de la rive droite est en construction), et avec le barrage de Diama a permis l'emmagasinage d'eau douce pour des opérations d'irrigation intensive. Comme démontré dès le début du siècle dans les "Champs de Richard", à Richard-Toll, même les sols les plus salins peuvent être utilisé pour l'agriculture, à condition d'être lessivé préalablement. Depuis lors, les travaux d'irrigation vont bon train dans le Delta, et le danger de la remonté de la nappe saline augmente proportionnellement.

Le problème est fondamentalement celui de la gestion des eaux de surface, au moyen d'un réseau de distribution d'eau douce d'irrigation. L'irrigation efficace nécessite le contrôle par drains des eaux plus salines de lessivage des sols. A présent ces eaux de drainage sont retourné au fleuve. Ce système (ou le manque de système) ne peut pas répondre au défi d'un plan d'irrigation à plus grande échelle. Il faut envisager un deuxième réseau pour la collecte des eaux de drainage et leur décharge à l'aval du barrage de Diama. Un Plan Hydraulique pour le Delta a été proposé par GERSAR en 1989. Il devrait être élaboré en un Plan Directeur pour l'aménagement des eaux de surface du Delta.

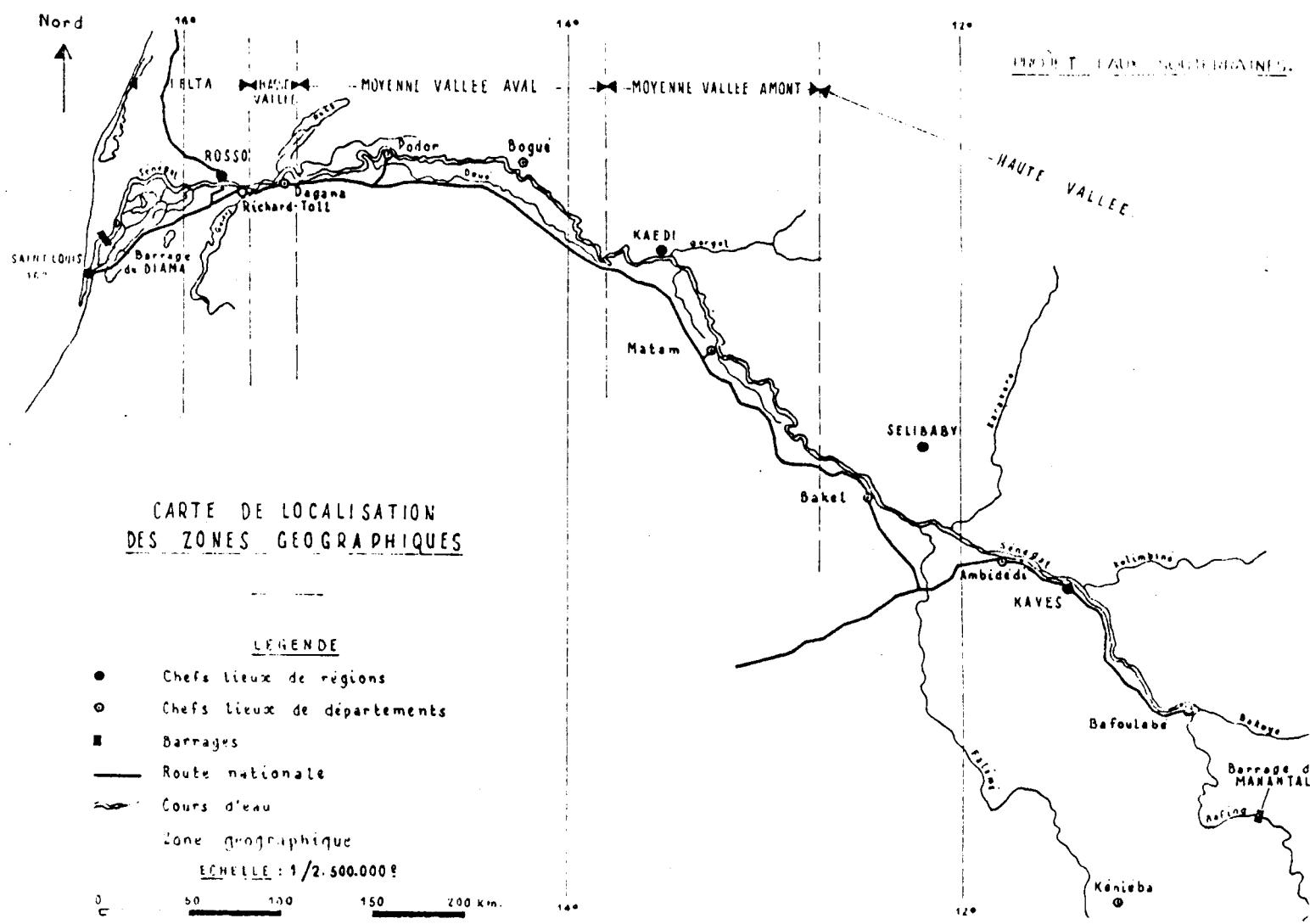
La quantité d'eau de drainage et l'emplacement idéal des drains devraient être déterminé au moyen d'un modèle mathématique des écoulements souterrains. Ce modèle pourrait également être utilisé pour déterminer la faisabilité de tirer profit de la présence de couches argileuses entre 0 et 5 m, et 10 à 15 m, pour essayer de drainer l'aquifère salin et le remplacer par de l'eau douce en année hydrologiquement riche. Mais, la faible transmissivité horizontale pourrait rendre cette alternative onéreuse.

La Basse et Moyenne Vallée, de Richard-Toll à Bakel

La description suivante est extraite de la présentation de M. Ngom, Chef de la Cellule, et de M. Richard, Ingénieur Conseil, à la conférence OMVS-CEFIGRE en Avril 1989, en France.

La subdivision des vallées du fleuve Sénégal en Basse Vallée (de Richard-Toll à Dagana), Moyenne Vallée (de Dagana à Bakel), et Haute Vallée (à l'amont de Bakel), indiquée dans la Figure 3, est celle de la Cellule d'Evaluation et de Planification Continue de l'OMVS. Elle est basée sur des considérations de planification pour le développement agricole. La Moyenne Vallée commence 25 Km à l'aval de Bakel, à l'endroit où le fleuve a le débit permanent le plus grand. La géologie varie de façon graduelle le long du fleuve.

Figure 3. Régions de la Vallée du Fleuve Sénégal



L'aquifère alluvial de 40 m d'épaisseur moyenne est entrecoupé de couches argileuses lenticulaires.

La transgression marine, en temps géologiques, avait atteint le secteur de Richard-Toll à Boghé. L'aquifère dans ce secteur a une salinité élevée. De façon générale, l'aquifère alluvial des vallées est alternativement recharge par la crue de l'hivernage, puis drainé pendant l'étiage. Cependant, cet effet n'excède guère une distance supérieure à 500 m de part et d'autre des rives. A cette distance, le front devient stationnaire, les apports latéraux étant contrebalancé par les pertes par évaporation. La pluviométrie décroît en direction aval. Les pertes par évaporation sont plus faibles en Haute Vallée à cause de la profondeur accrue de la nappe, due à une topographie plus élevée.

L'irrigation par pompage de la nappe aquifère peu servir à augmenter la recharge de l'aquifère en maintenant un gradient en direction opposée des rives. D'autres avantages sont: la diminution des pertes par évaporation à cause de la plus grande profondeur de la nappe; et la distance réduite de pompage, par rapport au pompage direct du fleuve. L'irrigation par pompage de la nappe, qui avait déjà été proposé par Bechtel en 1976, mérite d'être étudié plus en détail, surtout pour le secteur Bakel-Kaedi. Toutefois, des régions à transmissivité suffisante devraient être identifiés, avant de s'embarquer sur une étude d'évaluation massive.

A l'aval de Boghé, l'aquifère devient de nouveau plus ou moins salin. Son lessivage en année hydrologiquement riche pourrait être faisable et recommandé. Toutes ces alternatives semblent être avantageuses et prometteuses. Leur évaluation est recommandée au moyen d'une analyse par modèle de simulation sur ordinateur tel que décrit dans le Chapitre des Recommandations.

La Région du Barrage de Manantali

Le barrage de Manantali est construit sur le Bafing au Mali. Bafing signifie Noir en langue locale, et prend son nom de la couleur sombre que prennent les eaux à cause des rives riches en minerais de fer. Le Bafing contribue plus de la moitié du débit du fleuve Sénégal, et a ses sources dans le Fouta Djalon en Guinée, à une altitude de 800 m.

Hydrogéologiquement, dans la région de Manantali il y a trois formations aquifères. Une formation située au dessus du niveau maximum final de la retenue. Une formation artésienne (pélites fracturés) avec un niveau piézométrique de 1 m au dessus du niveau d'eau aval; et l'aquifère alluvial au dessous du lit de la rivière. Ces aquifères, à l'encontre de ceux à l'aval de Kaedi, sont alimentés par la pluie.

Le réseau de 20 piézomètres, installé par le Ministère Malien de l'Hydraulique et de l'Energie, a été démontré très efficace. Tous piézomètres ont atteint les deux formations aquifères prévues. Ils ont déjà montré qu'il n'y a pas de propagation d'effet de la montée du niveau de la retenue à l'aval du barrage. En outre, les données ont montré une corrélation des niveaux piézométrique avec le niveau de la rivière, donnant foi ainsi au mécanisme d'alimentation des nappes par la pluie sur les haut plateaux. Les trois

piézomètres sur les rives de la retenue vont permettre de déterminer le degré d'emmagasinage des rives. Ce volume pourrait contrebalancer en partie les pertes importantes par évaporation, de l'ordre de 1,80 à 2 m sur une étendue de quelque 400 Km carré.

D'autre part, l'hypothèse peut être avancée, que l'évaporation accrue va résulter en une hauteur de pluie accrue, qu'il serait intéressant de suivre de près, notamment dans le bassin du Bakoyé et du Falémé.

Le réseau de 20 piézomètres est excellent, bien installé et bien équipé. Il est opéré à coût minimal, par un seul employeur, et devrait être maintenu à tout prix.

Finalement il faut noter que la région est riche en eaux souterraines, et qu'il y a lieu d'envisager plusieurs possibilités: de l'approvisionnement en eau des villages récemment installé hors des zones inondées, à l'agriculture irriguée, et aux développements industriels, qui pourraient être attiré dans la région de Manantali par la disponibilité d'énergie bon marché dans un avenir proche.

4.2 ACCOMPLISSEMENTS DU PROJET

Il y a trois catégories principales de tâches accomplies par le Projet des Eaux Souterraines: la mise en place du réseau piézométrique; la formation d'un cadre technique pour mener à bien la collecte des données; et la mise en place d'un système d'analyse des données. Le Cahier des Charges original du Projet a été modifié en cours d'étude à plusieurs reprises, à cause des conditions changeantes in situ, pour tirer profit d'une technologie nouvelle, ou pour ajuster les objectifs du Projet. Ces déviations et leur justification font l'objet d'ample discussion au Chapitre 5. Dans cette section, on va élaborer sur deux des tâches les plus importantes du projet, le réseau piézométrique, et le système informatique GES.

Le Réseau Piézométrique

Le réseau spatial comprend 1.151 points d'observation, dont la moitié consiste en des piézomètres nouvellement installés, et l'autre moitié est constitué de puits villageois. La détermination spatiale du réseau a été établie suivant les spécifications du Cahier des Charges. En particulier, les critères étaient:

- 1/ densité de 1 piézomètre par 100 hectares dans les zones des grands périmètres irrigué.
- 2/ suivant 10 transects du Fleuve, espacé d'au moins 10 Km.
- 3/ en moyenne, 1 triplet de piézomètres (trois profondeurs) par 100 Km carré.

- 4/ suivant des transects espacé de quelques centaines de mètres au droit du barrage de Diama.
- 5/ pré-détermination des aquifères que les piézomètres étaient supposé capter.

Tous ces critères ont été bien satisfait. Vue L de l'étude (1.200 Km de long), ce réseau doit être considéré comme représentatif et utile pour plusieurs années à venir.

Par ailleurs, lors de la mise en place du réseau, un nombre impressionnant d'échantillons a été prélevé pendant les forages. Ces échantillons ont été stocké, et devrait être analysé à la première occasion pour en extraire le maximum d'information sur la nature et la distribution géologique du milieu.

Le réseau piézométrique a fait l'objet d'une évaluation technique minutieuse par Bolke (1989). Il a sélectionné au hasard plusieurs piézomètres qu'il a testé et trouvé conformes au prescriptions et donnant des mesures valables. Vandenbeusch (1988) a également évalué le réseau, et l'a trouvé satisfaisant. L'inspection visuelle des évaluateurs vient s'ajouter au résultats des évaluations précédentes.

La question s'est posée de définir un réseau réduit dans le but de minimiser le coût opérationnel à long terme. La préoccupation du coût est sérieuse et doit être adressée avec attention. Ce serait dommage d'abandonner même une partie du réseau tel qu'il existe à présent. Le réseau entier devrait être maintenu intact, y compris celui des Vallées et de la région de Manantali. Quelques économies pourraient être obtenues en réduisant le nombre d'inspecteur pour la collecte mensuelle de données.

Le Système Informatique GES

Il y a trois systèmes logiciels de base utilisé à la Cellule: le logiciel GROUNDWATER, le logiciel SURFER, et le système GES écrit expressément pour ce projet. Le programme GROUNDWATER est utilisé pour traiter les données historiques des points d'observation: emplacement, profondeur, formations géologiques, etc.

Le programme SURFER est utilisé pour l'interprétation graphique/cartographique des données du projet. Il a été recommandé, puis installé par le consultant Hollway de l'USGS, qui a également offert des stages d'utilisation de ce logiciel. C'est une des contributions importantes de l'USGS au projet.

Le logiciel GES (pour Gestion des Eaux Souterraines) a une importance toute particulière, parce qu'il a été écrit expressément pour la Cellule. Outre la Gestion des banques de données du projet, le système GES permet également d'accéder aux autres logiciels de support, le GROUNDWATER et le SURFER. C'est la raison pour laquelle, par "système GES" on entend l'ensemble des programmes utilisés par la Cellule. A présent, la Cellule ne possède pas de modèle de simulation des écoulements souterrains.

Le système GES a été écrit en langue CLIPPER, une version améliorée de la langue bien connu dBase III+. Le choix de cette langue en comparaison avec les langues de base tel que BASIC, FORTRAN, PASCAL ou C, a été dicté par la structure modulaire du système, et l'incorporation d'une famille de fonctions standard pour la création de banques de données interliées, ce qui a permis le développement systématique et plus rapide du système, de façon à réduire le nombre d'erreurs lors du développement.

Les données de base sont: piézométrique, limnimétriques, météorologiques (pluviométrie, température, vent), les résultats des tests de perméabilité, la liste des cartes (seules les cartes dérivée par SURFER sont stocké), formations géologiques, et autres. Ces banques de données sont interliées par des relations d'origine, de date d'observation, d'une fourchette de valeurs, etc. de façon à permettre une comparaison directe entre plusieurs données, et la préparation aisée de rapports.

Le système GES est interactif (menu-driven), avec support de l'utilisateur direct sur l'écran au moyen de "help-screens". Une innovation de ce système consiste en la possibilité pour l'utilisateur de modifier à volonté ces plages d'information à son goût personnel, sans toutefois avoir le risque de tout effacer.

Le système entier utilise trois ordinateurs personnels, un Northgate 386, et deux IBM XT, qui fonctionnent indépendamment l'un de l'autre, mais qui peuvent communiquer entre eux via le logiciel LAPLINK. Les caractéristiques sont:

- 1/ Mémoire Centrale, 640 KB
- 2/ Carte Graphique CGA
- 3/ Imprimante, 17 cpi, 15 inch de largeur
- 4/ Hard disk 120 MB, pour accommoder les banques des données dont le volume augmente continuellement.

Pour la compilation du système entier il faut avoir accès aux compilateurs CLIPPER et PASCAL.

Le système des trois ordinateurs semble adéquat. Cependant, l'un des IBM XT donne des signes de fatigue et devrait être remplacé aussi tôt que possible. Il est suggéré de le remplacer avec un ordinateur 386 compatible avec le Northgate existant. De cette façon, le Northgate serait utilisé exclusivement pour le maintient des banques de données du GES, et le deuxième 386 serait utilisé pour accéder au logiciels GROUNDWATER et SURFER.

L'IBM XT qui doit être remplacé, a une valeur commerciale faible. Mais, il pourrait être utilisé par l'OMVS pour la formation de stagiaires. Le système avec les deux processeurs 386 devrait être suffisant pour une période de 1 à 2 ans. Toutes considérations de système de remplacement futur, devrait être coordonné avec les besoins d'une étude future possible de modélisation.

Le système GES semble robuste et fiable, et jouit d'une utilisation aisée, du même niveau de difficulté qu'un programme éditeur de texte. Il rend les résultats de ce projet vivants et attrayants. Si ce système est proprement disséminé ou même réclamé, il devrait trouver une audience Parmi les agences nationales (la SAED, SONADER, DNHE, l'ISRA), ou les institutions telles que l'ORSTOM, la CIEH et d'autres.

La description du système GES qui precede est une déclaration de foi en le système. A présent, le système a encore des "bugs" (ou des erreurs de programmation) qui rendent son utilisation parfois problématique. Il est important pour la Cellule d'avoir accès dans les mois qui suivent, à un programmeur familier avec le programme et son développement, pour pouvoir corriger sur le vif les erreurs potentielles qui peuvent surgir lors de son utilisation.

4.3 QUESTIONS ADRESSEES PAR LE PROJET DES EAUX SOUTERRAINES

Parmi les objectifs du Cahier des Charges du projet, il y avait mention de développement d'un système d'observation pour la détection de:

- a. mécanismes d'échanges hydrauliques entre le fleuve et les formations aquifères
- b. changements dans le régime des écoulements souterrains par la mise en opération des barrages de Diamal et de Manantali
- c. potentiel pour l'irrigation à partir des nappes dans le secteur Matam-Boghé
- d. problèmes de pollution des eaux souterraines par l'utilisation d'engrais et de pesticides
- e. problèmes de salinisation des sols suite aux opérations d'irrigation des grands périmètres.

Ces préoccupations, donnent le ton de l'étude, sans toutefois préciser la façon de parvenir à des réponses, ni la teneur de ces réponses. Comme plan de recherche, ce programme était très ambitieux, rendu encore plus formidable par l'étendue vaste de l'emprise du fleuve sur 1.200 Km.

Le projet s'est adressé à ces questions en développant un système capable de faire avancer les réponses au fur et à mesure que les observations s'accumulaient. En fait, le projet devrait même être félicité pour avoir fait progressé la réponse à ces questions de façon substantielle. La discussion et les recommandations qui suivent sont basé sur les résultats du projet.

Mécanismes d'Echanges Hydrauliques

Cette question est d'une importance primordiale pour la région du Delta, mais également pour le secteur Matam-Boghé. Il a été constaté que l'effet du fleuve sur la nappe sous-jacente est confiné à une zone de 200 à 500 m des rives. Ceci devrait servir à calmer la peur d'une remontée généralisée de la nappe saline due à la retenue de Diamal. Mais les opérations généralisées d'irrigation, elles pourraient être la cause d'une remontée de la nappe saline, qui doit être évitée à tout prix.

Régime d'Ecoulements Souterrains sous l'Influence de Diamal et Manantali.

Comme expliqué plus haut, des changements du régime des écoulements souterrains peuvent être attendus, non pas à cause de l'opération des barrages de Manantali et de Diamal, mais à cause des opérations d'irrigation de grande envergure. Ces opérations devraient être régies par un Plan Directeur pour les eaux de surface, irrigation et drainage, du Delta.

Potentiel d'Irrigation à Partir de la Nappe Phréatique.

A l'exception du fait des zones d'influence de 200 à 500 m, cette étude n'a pas établi d'une façon ou d'une autre, le potentiel d'irrigation par pompage de la nappe dans le secteur Matam-Boghé. La question, vue son aspect pédologique, topographique, climatique, ressources humaines, et conditions de marché, était trop complexe dans le cadre de cette étude. Mais, elle constitue un sujet intéressant pour une étude future, qui devrait être entreprise à échelle géographique réduite, au moyen d'une suite d'études pilotes.

Pollution des Eaux Souterraines.

L'effet de pollution des nappes par les engrangements et les pesticides utilisés en développement agricole intensif, est une question d'importance qui n'a pas été abordée dans le cadre de cette étude. Elle devrait faire l'objet d'une étude future, à échelle réduite, sur études pilotes.

Salinisation des Sols.

Le problème de la salinisation des sols est le problème fondamental du développement agricole du Delta. Il doit être adressé à plusieurs échelles, celle des périmètres individuels, comme celle de l'ensemble d'une rive du Delta dans le cadre de la Gestion des eaux de surface, eaux douces d'irrigation et eaux saumâtres de drainage. Le développement d'un Plan Directeur doit faire l'objet de la participation de plusieurs points de vue et plusieurs agences. Des idées sur une étude de ce genre sont avancées plus bas dans ce chapitre.

4.4 PROPOSITIONS POUR DES ETUDES FUTURES

Plusieurs études peuvent être envisagées suite au résultats obtenus par le Projet des Eaux Souterraines. Elles ont des priorités, et elles offrent des intérêts différents. Elles sont proposées ici à toutes fins utiles et pour référence.

Etude d'Impact sur l'Environnement de l'Opération des Barrages.

La montée du plan d'eau à l'amont de Diama peut résulter en l'inondation de régions non protégées par les digues. Une telle région est le Parc National de Djoudj, mondialement connu pour ses oiseaux. L'inondation pourrait avoir des effets néfastes sur la population d'oiseaux à Djoudj, ainsi qu'à un parc similaire en Mauritanie. Ce problème devrait être étudié, et des solutions proposées.

Analyse d'Echantillons.

Les plus de 500 échantillons de forage des puits piézométriques représentent une ressource d'intérêt immense, pratique comme théorique. Il serait souhaitable de trouver des institutions qui seraient intéressées à analyser ces échantillons, et à développer des illustrations des coupes géologiques qu'elles représentent.

Modélisation des Aquifères.

Un exercice de modélisation avait été suggéré par BRGM en 1988. Plus tard, la recommandation de l'expert de l'USGS avait été contre la recommandation spécifique de BRGM, et contre le besoin de modélisation, vue le temps insuffisant qui restait jusqu'à la fin du projet.

Il y a deux conditions fondamentales nécessaires pour entreprendre un exercice de modélisation avec succès (en plus du temps et de l'effort voulus): une bonne compréhension du système physique, son comportement, les conditions aux limites, conditions de recharge, etc; et une bonne idée des questions que le modèle va être appelé à répondre. Toutes deux conditions sont d'importance égale, parce que le degré de compréhension du système physique va dicter le choix du modèle, alors que la nature des questions posées va dicter le nombre et la nature des processus que le modèle doit simuler.

La compréhension élevée du comportement hydrogéologique de l'emprise de la vallée du fleuve Sénégal grâce aux observations du Projet des Eaux Souterraines, et la bonne

perception des problèmes ou questions qui doivent être adressé, permettent aux évaluateurs de recommander une étude de modélisation systématique. Cette étude devrait être dirigée par l'OMVS (avec financement d'une ou plusieurs sources fiables), et devrait comprendre la totalité de l'emprise du fleuve pour obtenir des économies d'échelle. Des recommandations particulières pour chacune des trois régions principales suivent.

Pour le Delta:

L'influence est relativement petite, celle d'un ou deux grands périmètres irrigués. Le mouvement prédominant est vertical. Le modèle devrait être à trois dimensions, et devrait inclure les processus d'évapotranspiration, de percolation (y compris la zone non-saturée), et l'effet de drains. Le modèle sera utilisé pour déterminer l'emplacement et le dimensionnement idéal de drains pour contrôler la montée de la nappe saline.

Mais le problème de plus grande envergure dans le Delta est celui de l'aménagement des eaux de surface, eaux douces d'irrigation, et eaux saumâtres de drainage. Un Plan Directeur doit être développé pour établir un réseau de canaux pour la distribution des eaux douces d'irrigation, et un autre pour la collecte des eaux saumâtres de drainage. L'une du Plan Directeur est celle de la rive gauche ou de la rive droite du Delta. Les modèles des périmètres y contribuerait les débits drainés par périmètre endigué. Le lessivage de la nappe saline pourrait également être étudié localement, là où la couche argileuse est bien formée.

Le Delta est une région au potentiel immense, qui a déjà été prouvé depuis le début du siècle. Un manque de coordination au développement va conduire, sans doute, (et c'est peut-être déjà le cas), à une réalisation limitée de ce potentiel. A cette fin, l'établissement du Plan Directeur devrait être de priorité. Plusieurs agences devraient être consulté, comme par exemple la Cellule Après Barrage (CAB), ou devraient même faire partie de l'étude. Ce plan Directeur devrait commencer à partir de la proposition de GERSAR, "Plan Hydraulique pour le Delta", 1989, et devrait représenter un effort complémentaire plutôt que compétitif.

Pour la Basse, Moyenne, et Haute Vallées:

L'hydrogéologique des vallée est plus grande que celle du Delta. La direction importante est primordialement transversale à l'axe du fleuve, avec des variations faibles le long du fleuve.

Typiquement, le modèle couvrirait une zone de 10 Km le long du fleuve, et 5 à 10 Km transversalement, pour couvrir en grande partie les zones irrigables. La question principale que ce modèle va permettre d'adresser est la faisabilité d'irrigation par pompage des nappes phréatiques. L'aquifère sera alimenté par le fleuve en maintenant des gradients en direction opposé des rives. L'avantage principal est la distance réduite

de pompage, par rapport à une alimentation directe du fleuve, et des pertes réduites par infiltration et par évaporation.

Plusieurs modèles de ce type serviraient à couvrir en grande partie les vallées du fleuve, à commencer par le secteur Matam-Kaedi qui semble être le plus prometteur. A l'aval de Podor, le lessivage des nappes saumâtres pourrait également être investigué à l'aide du modèle.

Pour la Région de Manantali:

Les ressources en eaux souterraines y sont abondantes. Elles sont alimentées pendant la saison des pluies (hivernage). Un modèle d'écoulements souterrains devrait couvrir une superficie d'environ 100 Km carré, et devrait inclure en partie le plateau où l'alimentation de la nappe a lieu. Le modèle pourrait être utilisé pour déterminer l'emplacement idéal de puits villageois, ou même des exploitations à plus grande échelle, agricoles ou industrielles, que l'énergie bon marché pourrait attirer dans un avenir proche.

L'emmagasinage des rives de la retenue devrait également être évalué. Ce volume pourrait contrebalancer les pertes importantes par évaporation (estimées à 1,8 m sur une superficie de 400 Km carré). Une conséquence de l'évaporation accrue pourrait être une pluviométrie plus abondante, qui devrait être suivie dans les bassins du Bafing, du Bakoyé, et du Falémé.

Cette approche de modélisation globale offre plusieurs avantages. Institutionnellement, c'est une façon efficace de mener à bien des études à grande échelle. Elle permet également d'obtenir des économies d'échelle: un type de logiciel sera installé une fois pour plusieurs applications. Aussi, le caractère répétitif du projet permet d'envisager un transfert de la technologie de façon idéale. Peut-être l'argument le plus convaincant est que cette étude sera entreprise pour répondre à des questions pratiques, dont les réponses pourraient jouer un rôle majeur aux développements futurs du fleuve Sénégal.

La sélection du logiciel est également un sujet de grande importance. Dans un passé pas trop lointain, la préparation des données se faisait manuellement, et prenait beaucoup de temps. Plusieurs semaines étaient passées avant de s'en apercevoir que, s'il était possible de tout recommencer, on aurait pu faire les choses mieux. Aujourd'hui, un modèle ce n'est plus seulement la solution algorithmique; c'est également l'environnement de l'ordinateur, l'interface graphique, l'interaction avec l'utilisateur, parce que, en fin de compte, c'est ces aspects-là qui vont dicter l'utilité du modèle.

A ce propos, notons qu'il n'y a pas de technologie informatique trop avancée pour les pays en voie de développement. Parce que les problèmes, eux sont réels, et la technologie la plus avancée seule peut permettre d'arriver à des solutions les meilleures, les plus fiables, et les plus économiques.

L'effort de modélisation prévu ici constitue un projet majeur, justifiant un travail d'équipe sur plusieurs années. Nous recommandons d'entreprendre le processus d'identification du projet et de sa faisabilité, de son financement, etc. dans les plus brefs délais.

EVALUATION ADMINISTRATIVE DU PROJET

5.1 RESULTATS ACTUELS PAR RAPPORT AUX RESULTATS PREVUS

Le projet des Eaux Souterraines, tel que décrit dans le rapport "Project Paper", et dans l'Accord de Financement (Grant Agreement), était conçu pour accomplir les tâches suivantes:

- (1) un plan directeur (comprehensive Master Plan),
- (2) un système de Gestion de l'information pour l'OMVS,
- (3) un système de compilation et d'analyse des données
- (4) la formation du personnel pour implémenter le Plan Directeur, et
- (5) l'installation d'un réseau d'observation de piézomètres et de puits villageois.

Le projet allait: supporter une assistance technique à court et à long terme; fournir l'équipement de bureau et les matériaux de construction; supporter les salaires du personnel de la Cellule à Saint-Louis et des trois bureaux de secteur; et le coût des opérations de forage des puits d'observation.

En règle générale, le projet a accompli bon nombre des tâches envisagée, dans des délais acceptables. En quelques cas, des modifications ont été apportées, au fur et à mesure que les travaux avançaient, pour accorder les résultats du projet avec les avancements technologiques. Les cinq tâches principales sont présentées séparément ci-après.

Le Plan Directeur.

Le cahier des charges faisait mention d'un Plan Directeur pour la collecte de données et pour résoudre des problèmes créé par le développement hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal. Ce mandat, en rétrospective, était ambitieux et par trop excessif: promettre de résoudre des problèmes non définis à l'avance, relève de la surenchère. Ce que le projet pouvait promettre, c'était la collecte de données, qui pourraient éventuellement être utiles à la résolution de problèmes posé par les développement hydro-agricoles.

En effet, le réseau piézométrique a été installé, ainsi que le programme de collecte des données, sans clarifications à propos du sujet du Plan Directeur. Par la suite, les étapes importantes du projet sont: un consultant du BRGM avait recommandé l'utilisation d'un modèle mathématique particulier. L'amendement du contrat avec ISTI, du 31 Décembre 1988, précisait un Rapport Final en Six volets, au lieu du Plan Directeur. Le rapport d'évaluation de Bolke, en début 1989, recommandait une Phase II du projet avec

l'élaboration d'un Rapport d'interprétations Hydrologiques et une étude de faisabilité de modélisation. La modélisation, si toutefois elle était trouvé faisable, ferait l'objet d'une troisième phase du projet. Le rapport de Weiss, (sous forme préliminaire l'automne 1989, et sous forme finale en Janvier 1990), recommandait d tout effort de modélisation par manque de temps, et de grouper les six volets du rapport final d'évaluations en un seul "Rapport de Synthèse pour la région du Delta".

Ces recommandations ont été adoptées par l'USAID et l'OMVS en 1989, et l'accord a été approuvé officiellement aux bureaux de la Cellule à Saint-Louis, le 30 Janvier 1990. Cela constitue un de facto accord pour la substitution du Plan Directeur par le Rapport de Synthèse du Delta pour la satisfaction complète des obligations contractuelles d'ISTI.

Le système de Gestion de l'Information.

Il y a deux volets à cette question, la Gestion administrative et comptable du projet; et la Gestion de l'information. Le système administratif et comptable prescrit dans le "Accounting and Administration Procédures Manual" de l'USAID a été suivi. Un système manuel a été adopté pour ne pas encombrer les ordinateurs dédiés aux activités technique. Le système a bien fonctionné, comme attesté par les vérifications du "Controller's Office" de l'USAID.

En ce qui concerne la dissémination de l'information technique produite par le projet, la transmission directe aux pays membres avait été entamée en début de projet. Un système plus centralisé a été adopté par la suite, avec toute transmission de l'information, rapports, cartes, données, dirigés vers les bureaux de l'OMVS/DIR à Dakar. Il serait souhaitable que cette information puisse atteindre continuellement et sans délais les agences intéressées, telles que la SAED, l'ISRA, le WARDA, la Cellule Après Barrage, et les Ministères d'Hydraulique, afin que celles-ci puissent utiliser cette information en temps utile, et aussi qu'elles puissent communiquer à la Cellule leurs impressions, et leurs recommandations pour l'amélioration des opérations de la Cellule.

Le Système de Compilation et d'Analyse des Donnés.

Le système informatique GES (Gestion des Eaux Souterraines) a fait l'objet d'ample discussion au Chapitre 4. Ici on le présente en relation avec le système qui était prévu en début de projet.

Le volume des données accumulées, (plusieurs données mensuelles, sur un réseau de plus de 1.000 points) représente un problème de Gestion formidable. Le système prévu initialement était basé sur une méthode manuelle, sans doute à cause du niveau d'avancement de la technologie informatique d'entemps. L'avènement de la technologie des ordinateurs PC a rendu cette technologie rentable pour le projet des eaux souterraines, et a contribuer à une amélioration importante du produit final du projet.

A ce propos, il faut remarquer que le système GES est une application nouvelle de logiciel, et comme tout logiciel nouveau, peut avoir des "bugs" ou erreurs résiduelles de fonctionnement. Ces erreurs résiduelles (qui ne se manifestent qu'en utilisation poussée du système) existent dans les meilleurs des systèmes informatiques, et sont d'habitude corrigés au fur et à mesure qu'elles sont découvertes, lors des premiers mois d'utilisation du système. Pour cette raison, il est important de maintenir une voie de communication avec les informaticiens qui ont développé le système, pendant une période transitoire de un à deux ans.

La Formation du Personnel.

Tout projet USAID a une composante importante, de la formation du personnel. Cette composante, dans le cadre du projet des Eaux Souterraines, était liée à la formation d'un personnel capable de mener à bien les opérations de collecte des données, de préparation de rapports, et de Gestion de l'information.

Les stages de formation prévus en début de projet, étaient les suivants: stages universitaires à long terme aux USA pour trois participants; stages long terme en pays tiers (France) pour six participants (réduit à trois, pour des raisons financières); stages court terme, pour le personnel auxiliaire; et formation sur place au cours du projet.

Les stages actuellement offerts par le projet sont les suivants:

Aux Etats Unis:

Etudes postgrade ("graduate program") en hydrogéologie à Utah State University:

M. Ousmane Ngom (Sénégal), Octobre 1985 - Juin 1988
M. Soungalo Togolo (Mali), Juillet 1986 - Août 1988
M. Moulayé Driss Ould Guih (Mauritanie), Septembre 1985 - Août 1988

M. Ousmane Ngom a également suivi un stage d'un mois à l'USGS en Juillet-Août 1989, pour l'utilisation de modèles mathématiques sur ordinateur.

En France:

Stage à BRGM, d'Août à Décembre 1986, en France, suivi d'un stage local, par pays d'origine, de Janvier à Avril 1987:

M. Toumané Diakité (mali)
Mouhamed Fadel Ould Saad Bouh (Mauritanie)
Mamadou Sarr (Sénégal)

Par ailleurs, les hydrométristes et les contrôleurs ont reçus des stages d'un mois aux bureaux de secteur respectifs, en 1986. M. Lamine Sangaré, Chef de Secteur, et la secrétaire du bureau central à Saint-Louis, ont reçus 50 Heures de formation sur LOTUS

et WORDPERFECT; le chef-comptable une semaine de formation à Dakar, et l'opérateur de la copieuse, un stage chez XEROX. Des leçons d'anglais ont également été données à plusieurs personnes du projet.

Parmi les stagiaires long terme aux USA, seul M. Ousmane Ngom est actuellement engagé par le projet. MM. Soungalo Togolo, et Toumané Diakité sont au Ministère d'Hydraulique Malien; et M. Mamadou Sarr au Ministère d'Hydraulique à Dakar. M. Fadel Ould Saad Bouh est Chef Adjoint du Secteur de Rosso en Mauritanie depuis Juin 1987.

Tous les stages de formation ont été bien reçus et efficaces. S'il y a un regret, c'est que seul un petit nombre de stagiaires sont retourné au projet. Certes, les stagiaires n'avaient pas d'obligation contractuelle de retourner au projet. Et leurs services sont tout de même rendus aux pays respectifs, ce qui est le but fondamental des programmes USAID. De plus, si le nombre des effectifs actuels à la Cellule est réduit, ce n'est nullement dû au manque de personnes qualifiées, mais plutôt à des raisons fiscales.

Cependant, si on devait faire une recommandation à propos des stages de formation, se serait, à l'avenir, d'attacher à ces stages des clauses de retour au projet: le cas échéant, il serait toujours plus facile d'accorder des exceptions au contrat.

L'Installation du Réseau Piézométrique.

L'installation et le fonctionnement du réseau piézométrique a été longuement discuté au Chapitre 4. Il y a peu qui doive être ajouté ici, si non qu'il a fait l'objet de plusieurs tests et évaluations, et qu'il a été trouvé pleinement satisfaisant.

Avec cette discussion sur les activités principales du projet, on peut en conclure que le projet a répondu à toutes ses tâches de façon satisfaisante.

5.2 MODIFICATIONS DU PLAN EN COURS DE PROJET

Il était important aux évaluateurs de constater dans quelle mesure il y a eu des changements au cahier des charges du projet. Ces changements pouvaient constituer des améliorations de technique, ou des substitutions. Tous ces changements sont groupé ici, pour en faciliter la référence.

Personnel d'Assistance Technique.

Il était prévu dans le plan original, que l'assistance technique à long terme devait être fournie par l'USGS, sous un accord PASA. La personne envoyé par l'USGS ne parlant pas le Français, n'était nullement préparé à s'installer et à travailler à Saint-Louis, et il retorna aux Etats Unis au bout de deux semaines. L'USGS ne pouvant pas remplir leur obligation, une autre voie était cherchée. Un contrat était signé avec l'ISTI (International

Science and Technology Institute) qui a offert les services de M. Denis Richard qui a servi de Janvier 1985 jusqu'à la fin du projet.

La personne en charge de l'administration/finances allait être fourni par l'USAID sous engagement local. M. James Onofrey a servi à ce poste de Juin 1984 à Mai 1987. M. Timothé Rosché a pris la relève, et a servi de Mai 1987 jusqu'à la fin du projet, sans problèmes, grâce aux services de M. Alfred Schultz pendant la période intérimaire.

L'assistance technique à court terme devait être fournie par l'USGS. En fait, l'ISTI a fourni 10 mois de consultation (MM. Brunelle, Migneault, Fortin); l'USGS a fourni 6 mois (Bolke, Hollway, Weiss); et le BRGM un moi et demi (Vandenbeusch). Tous ces arrangements semblent raisonnables. Il faut cependant noter que, pour qu'une contribution soit utile il faut une certaine durée minimale, au dessous de laquelle peu de choses peuvent être accomplies.

Quant à la qualification des personnes engagées, des différences d'opinion existent. Dans un tel cas, vue la participation de tous parties intéressé à la sélection des candidats, tous portent en partie la responsabilité du choix. A posteriori, on peut constater des différences Parmi les consultants. S'il s'agit de question de personnalité, ou de compétence individuelle, il est impossible de généraliser: on peut seulement espérer que les expériences négatives soient minimales à l'avenir.

Toutefois, le projet peu se féliciter du peu de changement de personnel à long terme. Le seul délai enregistré, était celui depuis le début du projet jusqu'à l'attribution du poste long terme à M. Denis Richard de l'ISTI (7 mois), délai qui était dû aux procédures contractuelles standard.

Véhicules.

Le plan original prévoyait la réhabilitation de véhicules existants dans l'arsenal de l'OMVS. Ce plan a vite été trouvé anti-économique, et de nouveaux véhicules ont été acheté. Ayant reçus un entretien exceptionnel, ces véhicules, s'ils sont proprement maintenu, devraient être en bonne condition pour deux ans ou plus.

Installation de Piézomètres.

L'intention originale du projet était de permettre à l'OMVS d'obtenir tout équipement nécessaire et le personnel pour l'installation des piézomètres. Ces plans ont été vite abandonné en faveur d'obtenir ces services d'agences ou d'organisations déjà équipées. C'était la solution la plus efficace et la plus économique. Le processus de la mise à concours a été utilisé pour sélectionner la SAFOR, entreprise privée, pour l'installation des piézomètres en Mauritanie et au Sénégal; et le DNHE (Direction Nationale de l'Hydraulique et de l'Énergie) pour le Mali.

Cette décision était prise conjointement par l'OMVS et USAID, qui doivent être félicité pour leur bon jugement. Puisque l'expertise voulue existait déjà, il était plus utile de lui en apporter un support, plutôt que de procéder à des duplications d'effort. La flexibilité contractuelle et le pragmatisme dont l'OMVS et l'USAID ont fait preuve sont à applaudir.

Cette décision a été prise avant l'achat des véhicules. De ce fait le projet fut bien équipé en voitures, et n'a pas eu les problèmes de transport, normalement attendus d'un projet de cette envergure. De plus, les voitures délivrées à l'OMVS en fin de projet vont être en excellent état.

Le Personnel.

Il y a eu plusieurs changements de personnel en comparaison avec l'organigramme original du projet. Le forage des piézomètres par contrat était une des raison de ces changements.

Depuis le début du projet jusqu'à 1988, il y avait sur place à la Cellule à Saint-Louis trois Chefs nationaux, un Chef de Cellule, un Chef d'opérations, et un Chef de collecte des données. Une certaine animosité s'était manifestée entre ces trois nationaux et l'Ingénieur Conseil, et la conséquence était que les travaux n'arrivaient plus à avancer. Le Haut Commissaire de l'OMVS a résolu l'impasse en renvoyant tous trois nationaux à leur Services Hydrauliques respectifs. Une seule personne les a remplacé, M.Ousmane Ngom, nommé Chef de Cellule.

Du fait que les piézomètres étaient déjà installé, et que les opérations de collecte des données allaient bon train, le besoin ne s'était pas ressenti de trouver de remplacements pour tous trois postes. Cependant, il y a un aspect de "masse critique", au dessous de laquelle le fonctionnement de la Cellule peut souffrir. Il y a également l'aspect administratif: une seule personne en charge peu vite être submergée par les tâches administratives au dépens des travaux technique. De ce fait, il semble qu'il y aurait besoin à présent, d'au moins un poste technique supplémentaire.

Une autre possibilité à considérer, est celle de tours de service de deux mois à Saint-Louis, du personnel des Services Hydrauliques Nationaux. Cette opération aurait plusieurs avantages: la dissémination directe des capacités et du fonctionnement de la Cellule; la formation de futurs utilisateurs des services de la Cellule; et le recrutement possible de personnel complémentaire pour la Cellule.

Les Dépenses du Projet.

Seul un commentaire général sur le budget du projet est donné ici, qui ne devrait pas être interprété comme un "audit".

Le budget original était de US \$ 4.651.000. comme il est indiqué dans le Tableau de la Figure 4. Ce budget a été révisé ultérieurement à US \$ 6.501.000. Les dépenses actuelles

sont en accord avec le budget révisé. Au moment de l'évaluation, il restait approximativement US \$ 250.000.

Le budget original était prévu pour une durée de 4 ans. Le projet actuel aura duré six ans et demi. De ce fait, les dépenses annuelles étaient de 1 million au lieu des 1,16 million prévus dans le budget initial. Le coût annuel d'assistance technique est un peu supérieur à celui prévu; mais le coût annuel des opérations est inférieur à celui prévu, dû aux effectifs réduits au bureau central à Saint-Louis depuis Juillet 1988.

L'installation des piézomètres par contrat a résulté en des modifications de la structure budgétaire des rubriques Commodités et coût de Construction. Le budget prévu dans ces deux catégories a été employé pour le contrat de la SAFOR et du DNHE. Ce budget total a dû être dépassé de 50 pour-cent, surtout à cause du coût accru de l'équipement. Cet accroissement aurait probablement été le même si l'installation était accomplie par l'OMVS dans le cadre du projet. L'évaluation de Bolke en 1989, et un "audit" des comptes de la SAFOR par Price-Waterhouse, ont conclus sur le bien fondé de ces opérations.

En outre, l'office du Contrôleur USAID a régulièrement entrepris des revues des comptes. Un "audit" complet n'a jamais été fait, sans doute parce que les revues régulières n'en ont pas donné la justification.

Les figures de la page suivante indiquent une somme non-dépensée d'environ 1 million de dollars. Mais il y a plusieurs dépenses non encore facturées, telles que celles des évaluateurs, des salaires jusqu'à la fin du projet, et la fermeture du contrat avec la SAFOR. De ce fait, il est impossible à présent de donner une estimation précise de la partie du budget non-dépensée. L'office de l'Administrateur du projet estime que ce chiffre pourrait atteindre \$ 289.000 , mais seulement \$ 25.000 peuvent être garanties.

Figure 4

**DEPENSES DU PROJET DES EAUX SOUTERRAINES DE L'OMVS
(EN MILLIERS DE US \$)**

Catégorie	Budget Original Total Par An (4 ans)	Budget Révisé Total Par An (6,5 ans)	Non-Dépensé 25 Mai 1990
Fonds USAID			
Assistance Technique	938	235	1.640
Matériel	1.154	*	630
Construction	968	*	2.539
Coûts Opérationnels	1.271	318	1.245
Stages	320	*	387
Evaluation	0	*	60
Total	4.651	1.163	6.501
			1.000 911
Fonds OMVS			
Dépenses de projet	551	138	650
			100
TOTAL	5.202	1.301	7.151
			1.100

(*) Valeur insignifiante au niveau annuel

Source: Rapport de Projet
USAID/Dakar, Controler's Office

Une partie du budget non-dépensée, si toutefois le temps le permet, devrait être utilisée pour le remplacement de l'un des ordinateurs, et pour la résolution d'erreurs résiduelles dans le logiciel GES. Une autre activité importante, qui mérite un appui financier, est l'organisation de Séminaires. Une série de Séminaires dans tous les Etats membres, serviraient à disséminer l'information générée jusqu'à présent par le projet, à démontrer l'utilisation du système informatique GES, et à inciter un "feed-back" (ou expression d') de la part d'utilisateurs potentiels futurs des prestations de la Cellule. L'organisation de ces séminaires nécessite les activités suivantes: planification, détermination de l'audience et liste des invités, arrangement des locaux et logistiques, programme des présentateurs, etc. Toutes ces activités nécessitent soin de préparation et expérience, choses qui pourraient nécessiter une assistance technique.

Finalement, toute somme non-dépensée devrait être "désobligée".

5.3 AUTRES PROBLEMES D'IMPLEMENTATION DU PROJET

Un des buts de l'évaluation était de détecter des problèmes manifesté lors de l'implémentation du projet. Plusieurs d'entre eux ont déjà fait l'objet d'amples discussions dans les sections précédentes. D'autres sont mentionné ici.

Le Vandalisme.

Un certain degré de vandalisme était attendu à propos des piézomètres. La bonne protection des piézomètres par des tubes en acier renforcé a résolu le problème du vandalisme non-prémédité. Enfin le programme d'éducation des populations des villages a encore réduit le problème à des niveaux acceptable.

Réparation de l'Equipement Informatique.

Tout équipement, y compris l'équipement informatique est susceptible de tomber en panne. Il faut donc prévoir sa réparation. Dans le contexte présent il n'y a pas de mécanisme en place pour la réparation. Dans ce but, il serait intéressant de voir l'arrangement que la SAED, l'autre utilisateur d'ordinateurs à Saint-Louis, a mis sur place. Une coordination à ce sujet avec la SAED, si faisable, serait utile.

L'autre possibilité serait de développer cette capacité dans le cadre de l'OMVS. Au niveau de la Cellule, se serait probablement antiéconomique. Que l'OMVS à Dakar puisse avoir cette capacité centralisée est possible, à condition que l'ingénieur informaticien ait suivi un stage sur le fonctionnement et maintient du système GES.

CONCLUSIONS ET LECONS DU PROJET

L'importance du projet des Eaux Souterraines pour le développement continu et efficace de la vallée du fleuve Sénégal, a incité les évaluateurs d'aborder leur tâche dans un esprit positif. Les évaluateurs ont essayé de détecter toutes bonnes choses accomplies par le projet, leur importance, et leur contribution globale, pour référence et utilisation futures. Des succès du projet mais également des aspects moins réussi du projet, les évaluateurs ont essayé de dégager des "leçons" pour l'amélioration de projets futurs de l'OMVS et aussi ceux de l'USAID.

La plus part des conclusions résultent des observations faites sur les résultats du projet. Elles ont fait l'objet d'ample discussion lors de la description des résultats du projet, aux chapitres 4 et 5. Toutes conclusions et "leçons" du projet sont regroupé ici pour en faciliter la référence.

6.1 CONCLUSIONS

- * L'Ingénieur Conseil à long terme sur le projet n'a pu être obtenu Parmi les rangs de l'USGS comme prévu dans le Rapport de Projet. Il a été obtenu par ISTI Après un délai initial de sept mois. ISTI a également fourni plus de la moitié des effectifs à courte durée.
- * Le projet a installé un réseau de plus de 500 piézomètres réparti le long du Delta, des vallées du fleuve Sénégal, et dans la région de Manantali. Avec quelques 500 puits villageois cela constitue un réseau de plus de 1000 points de données piézométriques dont les levées sont effectuée de façon régulière et continue.
- * L'installation des piézomètres au Sénégal et en Mauritanie a été mené à bien par une entreprise privée, à l'encontre des prescriptions du Rapport de Projet. Cette décision était bien fondé et implémenté.
- * Consultations en 1989 ont confirmé que les piézomètres étaient bien placé, et proprement installé.
- * Les échantillons de forage des piézomètres, représentent une source d'information géologique intéressante à analyser.
- * Le problème chronique de vandalisme des piézomètres est adressé au moyen d'un plan d'éducation des populations des villages.

- * Les stages de formation à long terme aux USA, ont permis la formation de trois hydrogéologues dont l'un seulement est actuellement au service de la Cellule. Les stagiaires n'étaient pas requis contractuellement de retourner au service de la Cellule.
- * Les stages en pays tiers (en France) étaient efficaces. Mais seulement un des stagiaires est actuellement avec la Cellule. Les autres stagiaires sont de retour à leur Services Hydrauliques Nationaux, ce qui pourrait être considéré comme acceptable.
- * Le Personnel de la Cellule est en nombre inadéquat depuis Juillet 1988, quand trois ingénieurs nationaux étaient retourné à leur postes antérieurs aux pays membres, pour résoudre des problèmes de disharmonie.
- * Il est recommandé que la Cellule augmente le nombre de ses effectifs en engageant des responsables technique.
- * Toute la documentation relative au projet (les plans et toutes cartes, les rapports d'exécution des piézomètres, les rapports hydrogéologiques, et les rapports de gestion du projet) ont été bien préparés et entretenus, bien documentés et bien préservés.
- * Un système informatique a été développé dénommé GES (Gestion des Eaux Souterraines), pratique, puissant et robuste, pour la saisie et l'analyse des données piézométriques, la préparation de rapports techniques et la détection d'erreurs.
- * Des problèmes technique sont aptes à se présenter de temps en temps, pendant une période transitoire, avec le système GES, qu'il serait souhaitable de pouvoir résoudre au plus vite au moyen d'un mécanisme de consultations.
- * La synthèse hydrogéologique des données pour le Delta et pour la région de Manantali est bien menée et bien documentée. L'analyse pour les vallées du fleuve est modeste, et devrait être poursuivie.
- * Les résultats d'observations et d'analyses sont transmis de la Cellule aux bureaux centraux de l'OMVS à Dakar. Leur dissémination est confiée à la Direction des Infrastructures Régionales (DIR). L'intérêt pour ces résultats existe. Leur dissémination active pourrait engendrer support pour la Cellule à Saint-Louis.
- * L'équipement informatique (trois ordinateurs personnels) présent est adéquat. L'un des ordinateurs doit être retiré de circulation, remplacé par un PC neuf.

- * L'établissement de la Cellule, est une contribution institutionnelle importante du projet. Il faut qu'elle soit préservée, soit dans le cadre présent de l'OMVS, ou dans le cadre d'une autre agence applicable, telle que l'AGOC, l'agence pour la gestion des barrages.
- * Il est important que la continuation de la collecte des données piézométrique soit assurée, pour retirer le maximum de bénéfices de ce projet.
- * Le programme de la collecte de données peut être mené à bien avec un personnel réduit, à coût minimum.
- * Pour que cette relève se fasse dans les meilleures conditions, et pour que l'OMVS ait le temps d'en assurer les fonds, nous recommandons la mise à disposition de l'OMVS d'une assistance limitée sous forme de consultations de courte durée pendant une période de transition de deux ans.
- * Le système informatique GES en lui-même représente une grande partie du succès du Projet des Eaux Souterraines. Il est bien supérieur à celui envisagé au début du projet.
- * Le système GES et les logiciels GROUNDWATER et SURFER ont déjà servi pour atteindre un certain niveau d'analyse, de laquelle les conclusions suivantes ont été tiré:
 - Des problèmes de salinisation des sols du Delta sont imminents.
 - Ils sont due à l'irrigation plutôt qu'à la surélévation du plan d'eau à l'amont de Diamal.
 - L'irrigation par pompage de l'aquifère dans le secteur Matam-Boghé pourrait être faisable.
- * Analyses futures au moyen de modèles mathématiques vont pouvoir ajouter du détail aux conclusions précédentes.
- * Le Rapport de Synthèse a effectivement remplacé le Plan Directeur ("Master Plan") envisagé en début de projet.
- * Outre le Rapport de Synthèse et le système GES, Parmi les contributions de ce projet on doit également mentionner le réseau piézométrique, et la formation du personnel de la Cellule.
- * Le système Comptable et Administratif développé par l'USAID a grandement facilité l'administration du projet.
- * La fermeture de la frontière entre le Sénégal et la Mauritanie a mis fin à des relations exemplaires qui s'étaient développé entre les différents secteurs du projet et la Cellule à Saint-Louis.

- * Dans son ensemble, vue les résultats acquis, le projet doit être considéré comme un succès.

6.2 LES LECONS DU PROJET

- * La déviation des plans prévus (même si ceux-là ait été bien conçus) est parfois non seulement nécessaire mais bien justifié, comme par exemple le choix de l'installation des piézomètres par une entreprise privée au Sénégal et en Mauritanie, et par le Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie (DNHE) au Mali; et l'établissement d'un système informatique de gestion des données.
- * L'établissement d'un système informatique doit être bien étudié avant sa mise en place, sur toute l'envergure des opérations : matériel, logiciels, maintenance et remplacement de l'équipement, et le transfert de technologie.
- * La technologie informatique sera toujours la bien-venue pour des projets tels que celui des Eaux Souterraines.
- * Le comportement professionnel de tous consultants doit être exemplaire et de rigueur. Si leur comportement, ou leur contributions technique laissent à désirer, ils risquent d'endommager la crédibilité de leur employeur, du pays donateur, et de devenir la cause d'embarras à tous ceux qui ont contribué au projet.
- * Le transfert technologique est d'une importance primordiale. Il est utile de préciser que la technologie d'utilisation doit être accompagnée de la technologie de maintenance et de réparation, surtout pour les systèmes informatiques.
- * Il ne faut pas perdre de vue les objectifs principaux du projet, en l'occurrence l'assistance pour l'amélioration des travaux d'irrigation, et de drainage. Dans ce but, il faut faire un meilleur effort de coordination avec d'autres projets ou institutions, tels que la SAED, la SONADER, l'ORSTOM, la CNRADA, les Services Hydrauliques, ou l'ISRA.
- * La décentralisation est une vertu. La Cellule installé à Saint-Louis, à quelques 250 Km de la capitale Dakar, a fonctionné parfaitement bien.
- * Si l'objectif, en offrant des stages de formation professionnelle, est d'obtenir des individus qualifié pour le projet, alors ces individus devraient être contractuellement tenus de retourner rendre leur services dans le cadre du projet.

RECOMMANDATIONS

Parmi les tâches les plus importantes de notre évaluation était la formulation de recommandations. Les évaluateurs ont abordé leur tâche d'évaluation dans un esprit positif, pour que leurs recommandations puissent servir de point de départ pour des études futures pour l'amélioration de l'exploitation globale du fleuve Sénégal sur toute sa longueur; ainsi que pour l'utilisation de la technologie acquise dans le cadre du projet des Eaux Souterraines dans d'autres régions ou d'autres projets.

Les recommandations présentées ci-après sont dérivées des observations faites lors de l'évaluation. Certaines d'entre elles ont déjà fait l'objet d'amples discussions dans le cadre des Chapitres 4 et 5; elles sont mentionnées brièvement ici. D'autres, sont introduites ici, et font l'objet de discussions plus étoffées.

1. Continuation du programme de piézométrie.

Il est important que le programme de levées piézométriques continue.

2. Continuité Fonctionnelle.

Les banques de données et le système informatique GES doivent rester sous l'arrangement administratif actuel, sous la responsabilité de la Cellule, qui doit les maintenir, leur apporter les nouvelles données, et disséminer leur existence.

3. Continuité Institutionnelle.

L'unité Institutionnelle chargée de mener à bien le programme de levées piézométrique doit être la Cellule des Eaux Souterraines. Elle a été bien conçue, elle est bien équipée en matériel piézométrique, véhicules, informatique et logiciel, et a un personnel qualifié et motivé. Dans le cadre de l'OMVS, la Cellule doit être mise en coordination avec l'Agence de Gestion des Ouvrages Communs, AGOC.

4. Période de Transition.

Une période de transition doit être prévue, d'une durée de deux ans, pour permettre à l'OMVS d'établir des arrangements administratifs et fiscaux pour assurer la continuité.

5. Appui Technique à l'OMVS.

Un appui technique à l'OMVS doit être prévu pour une période transitoire, pour:

- * la maintenance de l'équipement informatique
- * l'application et le dépannage du logiciel GES, par les services d'un informaticien
- * l'assistance technique ponctuelle à la cellule, sur les opérations continues de saisie et d'analyse des données, sous forme de consultations de courtes durées d'un conseiller hydrogéologue.

6. Personnel de la Cellule des Eaux Souterraines.

La situation présente avec le personnel du bureau central de la Cellule à Saint-Louis, est adéquate en ce qui concerne ses qualifications et sa motivation. Mais le nombre d'effectifs est trop restreint pour assurer les fonctions administratives, et aussi continuer le travail d'analyse des données et de préparation de rapports techniques, tâches nécessaires pour assurer l'utilité et la dissémination de l'importante banque de données accumulées. La Cellule aura besoin des services d'au moins une personne qualifiée en hydrogéologie pour assister à l'analyse des données, préparation de rapports et dissémination des résultats.

7. Personnel Temporaire.

La Cellule pourrait offrir des stages de formation d'un ou deux mois au bureau central , à Saint-Louis, pour mieux disséminer les résultats et les services que la Cellule peu fournir. Ces stages pourraient être offert aux hydrologues et ingénieurs des services nationaux, Parmi lesquels un recrutement futur pourrait être envisagé.

8. Equipement informatique pour le logiciel GES.

Le système présent est formé de trois PC (ordinateurs personnels), deux IBM XT, et un Northgate 386. L'un des IBM XT montre des signes de fatigue et doit être remplacé, de préférence par un ordinateur 386 compatible avec le Northgate 386 présent. L'ordinateur IBM XT devrait être utilisé par l'OMVS pour la formation technique de nouveaux cadres.

9. Maintenance de l'Equipement Informatique.

Il est essentiel que l'équipement informatique à Saint-Louis puisse être maintenu et réparé. Un arrangement devrait être mis en place, en collaboration avec d'autres utilisateurs informatique à Saint-Louis, ou par la formation d'une unité centrale de réparation à l'OMVS à Dakar.

10. Le Logiciel GES.

Tout effort doit être employé pour rendre le logiciel GES complètement opérationnel, sans erreurs résiduelles. Il serait tragique, si le produit central que l'on a qualifié de "contribution majeure" du projet, ne puisse pas rester opérationnel Après la fin du projet USAID.

11. Modélisation par simulation des écoulements souterrains.

La question de modélisation par simulation des écoulements souterrains sur ordinateur, est importante et doit figurer dans les plans futurs de la Cellule, à condition que les modèles soient perçus comme des outils pour adresser des questions bien posé, plutôt que comme un exercice de prestige.

12. Priorités pour une Etude de Modélisation.

Dans une première étape, des diagrammes de stratigraphie devraient être dressés ("fence diagrams") pour valoriser au maximum les nombreux échantillons de forage stocké à Saint-Louis. Pour le Delta, des modèles tridimensionnel devraient être utilisé pour déterminer l'emplacement idéal de drains pour maîtriser la remontée de la nappe saline, et pour améliorer les opérations de lessivage des sols. Pour la moyenne vallée, le modèle devrait couvrir une région de 5 à 10 km transversalement au fleuve, sur une longueur approximative de 10 km. Les questions à résoudre sont celles de la faisabilité d'irrigation par pompage de la nappe aquifère. Pour la région de Manantali, le (ou les) modèles pourraient être utilisé pour: (a) déterminer l'emplacement idéal de puits pour l'alimentation de villages récemment transféré de la zone inondée; (b) évaluer le potentiel d'irrigation, ou l'alimentation en eau d'industries que l'énergie abondante (et bon marché) pourrait attirer dans un avenir proche; et (c) évaluer l'effet d'emmagasinage des rives de la retenue pour contrebalancer les pertes par évaporation importantes(1,80 m par an).

13. Planification de l'Etude de Modélisation.

L'étude de modélisation, telle que prévue par les évaluateurs, est une étude de grande envergure, nécessaire pour obtenir des économies d'échelle. La planification de cette étude, la formulation des questions posées, l'échelle de l'étude, la sélection du logiciel, doivent être entrepris dans les plus brefs délais.

14. Utilisation des résultats du projet.

Les résultats de l'étude (données piézométrique et analyses) peuvent être très utile pour la planification du développement de l'agriculture dans l'emprise du fleuve, en commençant par le formulation d'un Plan Directeur des aménagements du Delta, et d'une étude pilote de faisabilité d'irrigation par pompage de la nappe en vallée moyenne. Un programme de dissémination des résultats devrait être mis en place, à l'initiative de la Cellule.

15. Séminaires.

Une façon pratique pour assurer la dissémination des résultats de l'étude est au moyen de séminaires. Ces séminaires devraient inclure une présentation formelle des résultats d'analyse de l'étude, une démonstration du fonctionnement du logiciel GES, et des suggestions pour discussion sur les possibilités d'application de ces résultats. Une série de séminaires devrait être prévue, à Saint-Louis, à Dakar, à Bamako et à Nouakchott. L'organisation des séminaires pourrait faire partie de l'assistance technique pendant la période de transition, si possible au moyen des fonds du Projet non-dépensé.

16. Publications.

La publication des résultats de l'étude est un moyen certain pour attirer l'attention d'utilisateurs futurs de ces données. En particulier, la publication régulière dans des mensuels, tel que le Bulletin Météorologique et Bulletin Hydraulique, peu ajouter un élément de "suspens" sur la dernière évolution de la configuration piézométrique avant hivernage ou autres événements importants, tous sous forme graphique, bien attrayante.

ANNEXE A

1.

CAHIER DES CHARGES DE L'EVALUATION

BACKGROUND

1. Project Purpose:

To establish an effective monitoring and early warning system to identify current and potential problems and possibilities related to OMVS groundwater development and management and to distribute information to Member-States (Senegal, Mali and Mauritania).

2. Project Goals:

The project aims to establish within the OMVS a system for monitoring and investigating potential groundwater problems related to irrigation development and to the construction of the Diana and Manatali dams. The system will address:

- (a) Recharge-discharge relationships of the Senegal River, its valley aquifer and contiguous regional aquifers.
- (b) Changes in groundwater regime caused by the construction of the Diana and Manatali dams and the resulting changes of the flow regimes of the river;
- (c) Irrigation development potential from groundwater in the Matam-Boghe sector;
- (d) Water quality in domestic and livestock wells resulting from changes in river flow, irrigation and use of fertilizers, pesticides and other materials;
- (e) Groundwater dynamics, including water-logging and salination, in and around irrigated perimeters.

The project was designed in order to accumulate significant observational data for interpretative analysis and to establish the OMVS institutional capabilities for groundwater monitoring and management.

3. Planned Project Outputs:

By the end of the project, the following outputs are expected:

- (a) a groundwater monitoring system, including a network of observation wells and piezometers ;
- (b) trained OMVS and Member-States staff for water data collection and management planning; and
- (c) a capability for groundwater data compilation and analysis.

4. Project History and Implementation Status:

- * Implementing Agency is the "Organization pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal", OMVS.
- * Project headquarters (Central Office) have been established at St-Louis in early 1985, and are at the same time the OMVS groundwater unit (Cellule Eaux Souterraines de l'OMVS). Three sector offices have been established, one for each country, at St-Louis (Senegal), Rosso (Mauritania) and Manantali (Mali).
- * The network of 1085 piezometers and observation wells are located on the right bank (Mauritania) and the left bank (Senegal) of the Senegal River from the Diana anti-salt dam (St-Louis) up to the Bakel area about 800km upstream.

In addition, a network of 20 piezometers has been established in the vicinity of the Manantali dam, in Mali.

In addition to the above information, the evaluation team should be aware of the major reorientations of the project that occurred during its history, and which were decided by mutual agreement between OMVS and USAID. They had significant impact on the implementation of the project with relation to its original conception as expressed in the Project Paper. Analysis of this impact on the project final outputs should be done.

Originally it was planned that the construction of the piezometer network would be performed by personnel recruited by the project. It later became evident that this burden of staff management, equipment procurement and maintenance would be extremely difficult for the Central Office and sector chiefs to effectively manage in addition to their technical responsibilities. The decision was therefore made to contract out the construction to private enterprise in the case of Senegal and Mauritania, and to the National Department of Hydraulics and Energy (DNHE) in the case of Mali. This decision had an impact on the institution-building aspect of the project, as well as delays resulting from the process of drafting requests for proposals, analyzing bids, drafting and negotiating contracts, etc.

The chief technical advisor to be supplied to the project was originally planned to be a member of the U.S. Geological Survey (USGS), guaranteeing constant contact with an institution capable of providing the various short-term consultancies scheduled in the Project Paper. The fact that this later proved not to be possible, has hindered the project's ability to receive timely intervention by specialized experts, and has deprived the project of the institutional support that was originally programmed as the answer to the project's multi-disciplinary consulting needs. (See Project Paper Annex E., P.P. 10-12, "Justification for the use of PASA with the U.S. Geographical Survey").

The original Project Paper refers to a "system for monitoring and investigating potential groundwater problems" and a "capability for groundwater compilation and analysis", yet no reference is made to computers. In fact, computers, related equipment and supplies do not appear in the Procurement Plan. Between July 1983 when the Project Paper was signed, and early 1986, the development of computer technology and its increasingly widespread application, coupled with an increasing comprehension by the project of the vast quantities of data that it would manage, led to the decision to computerize the data base. Since the implementation of the original GES (Dase base software-GES is the French acronym of Gestion des Eaux Souterraines) program in April 1987, considerable time and effort have been spent in the development and improvement of the data base, guaranteeing the storage and access to information and making possible the control and analysis of data that would have been next to impossible with a manual system. Although the development of this computerized data system base represents a considerable investment in time and technical assistance funding not originally planned in the Project Paper, the end result that it made possible is a vast improvement over what otherwise could have been expected.

Due to personal incompatibilities, the 3 national engineers who originally were assigned to the project were dismissed in July 1988 and replaced by a single expert in October 1988. The deterioration of the work relationships that led to the experts' dismissal caused a near paralysis of project technical advancement for the entire first half of 1988. From July 1988 through October 1988, the expatriate technical advisor was the only member of the project technical staff in place at the Central Office, and with the recruitment of the sole national replacement in October 1988, he was required to spend a considerable amount of time orienting his new technical partner and familiarizing him with project methodology. This change of personnel, the work stoppage prior to the dismissal, the lack of a national expert during the transition period, the loss of the institutional memory with the departure of the 3 original experts, the time required for the new expert to assimilate the project's operation, and the overall reduction of the technical staff from 4 experts to 2, had a serious impact on the project's technical outputs.

ARTICLE I - TITLE

OMVS Groundwater Monitoring
(PROJECT NUMBER: 625-0958)

ARTICLE - OBJECTIVE

The purpose of this evaluation is (a) to identify significant lessons learned in establishing within OMVS a system to monitor and investigate potential problems of groundwater related to the development of irrigation and the operation of the Diana and Mampatiti dams, and (b) to assess the impact of the project on OMVS

institutional capabilities, given personnel and funding constraints of the technical agencies of the Member-States and of the OMVS.

The evaluation will assess the current status of the project to determine what objectives have been met and what remains to be achieved before PACD, to determine what project objectives require an extension of PACD, and whether an extension is warranted.

Special attention will be given to the assessment of OMVS and Member-States' capacity to manage the overall groundwater monitoring system. Recommendations will be developed and actions (external consultancies, conditions to be met by OMVS and Member-States, etc...) that are required to ensure achievement of the objectives of the project.

The evaluation will be undertaken during the first quarter of FY 90.

ARTICLE III - STATEMENT OF WORK

1. Tasks:

- A. Primary orientation for the evaluation team will come from an in-depth familiarity with the Project Paper, in particular Section III Project Description, Part C Project Components, Annex A Technical Analysis, and Annex D Logistical Framework. The team will be responsible for reviewing the project's goals and objectives as set forth in the Project Paper and then appraising the project's progress toward the achievement of these goals.
- B. In order for the evaluation team to be able to effectively perform their tasks, they will need to become familiar with the following:
 - (a) Piezometer Network: Criteria for placement and quality of construction to determine if the network is a viable tool to meet the technical objectives of the project.
 - (b) Data Base: State of computer capability and quality of data to evaluate its effectiveness as a tool for the storage, consultation and analysis of the data collected.
 - (c) Personnel: Degree of expertise and level of effort required by project staff member to determine if data collection and analysis is being conducted in an efficient and cost effective manner that will allow for its continuity (either through the Member-States or OMVS) after PACD.
 - (d) Documentation: Review all available documentation including the technical reports issued by project staff, quarterly progress reports, Bolke, Brunelle and Vandenbeush reports, etc.

(e) Implementing Agency: An understanding of the structure, administrative and political functions, and operational procedures of the Organization pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS).

C. The evaluation team will carry out the following tasks:

- Assess the overall current status of the project, and the progress made towards the achievement of objectives;
- Determine what project goals have been met, what goals will be met by the PACD, and determine what goals require an extension of the PACD, for how long;
- Identify the reasons for delays and make recommendations for full achievement of all project objectives;
- Recommend how the remaining project funds (after PACD) can be most effectively utilized;
- Determine what recommendations can be made to help ensure the project's continuity after PACD;

D. In addition, evaluation team members should expect to conduct a field trip to visit several piezometer sites, conduct visits to the Saint-Louis and Rosso sector offices, and, if possible, fly to Manatali to visit the sector office there, as well as to fly over a large part of the Senegal River Valley to get an aerial perspective of the project area.

E. The evaluation report is to provide empirical findings to answer the above-mentioned questions, conclusions (interpretations and judgments) that are based on the findings, and recommendations based on an assessment of the results of the evaluation exercise. The evaluation report is also to provide lessons learned emerging from the analysis.

F. Qualifications and Specific Responsibilities

(a) Evaluation Researcher(Team Leader): A water resource economist/institutional analyst, preferable with extensive USAID project design and project evaluation experience. Some experience in West Africa, preferable in Senegal, is desirable. He will be responsible for team coordination, report preparation and briefings. He will evaluate the overall adherence of the project to the implementation and accomplishment of goals detailed in the Project Paper. The Team Leader will be responsible for the drafting of an analysis of the institution-building and training components of the project, as well as for the submission of the final evaluation report, compiled in conjunction with the other team member, the hydrogeologist, who will provide an analysis of the more technical aspects of the project.

(b) Operations Researcher(Hydrogeologist): A water resources engineer or civil engineer with a M.S. in hydrogeology with at least 5 years of experience in groundwater reconnaissance and development, hydrogeological data analysis and a knowledge of geology. Some experience in West Africa, preferably in Senegal, is desirable.

He will provide the team leader with an analysis of the project technical achievements, and a set of recommendations to achieve all project goals.

He will have computer skills in order to assess the project developed computerized databank and make recommendations for the development of a groundwater model.

(c) Support Provided by Project:

The project will supply office space, logistical support (transportation from hotel to office, vehicle and driver for field trips, etc.). the project will also be able to provide limited secretarial support for the typing of drafts.

- G. The Contractor should draft a completion report for the project following the procedures set forth in AID's Handbook No. 3.

The IQC firm attention is called to the French language requirements. Not only will this facilitate the evaluation team's access to and review of all project documentation (80% of which is available only in French) but it will also permit them to objectively discuss the project with ministries, very few of who speak English. This will also lessen the interpreting burden on the project's Central Office staff.

EVALUATION METHODOLOGY AND WORK PLAN

The evaluation methodology will include, but will not be limited to: reading project documentation at project central office in St-Louis after briefing at USAID mission and OMVS office in Dakar; visiting project sites including the sector offices of Rosso/Mauritania, St-Louis/Senegal and Manantali/mali; interviewing technicians from the Senegalese Ministry of Hydraulics.

The work schedule will be as follows:

1st Week: Team arrives Dakar.

1st day: Briefing by USAID/IHME and PRM staff and then by OMVS
Departure for St-Louis.

Second day and following days: Briefing by project staff, review of documentation, interview or project staff.

2nd Week: Project assessment with technical staff
Visit of project sites in Senegal
Visit of Rosso sector office in Mauritania (1 day)
Visit of Manantali sector office in Mali (2 days)

3rd Week: Project evaluation activities
Draft report by hydrogeologist team member
Departure of hydrogeologist (end of 3rd week)
Evaluation draft report by team leader

4th Week: Review of draft report by USAID
Briefing to USAID/Dakar
Departure of team leader (end of 4th week)

ARTICLE IV - REPORTS

By the end of the 3rd week, the hydrogeologist will submit a draft report to the team leader.

Prior to the team leader's departure a draft final report will be submitted to USAID, and presented to USAID/IWME during a debriefing session to be held the last day of the fourth week.

The final evaluation report will contain the A.I.D. required Executive Summary and Project Identification Data Sheet. Detailed instruction regarding A.I.D.'s required format for evaluation reports will be provided to the Contractor in AID/W.

The Contractor will be responsible for completing the abstract and narrative section of the A.I.D. Evaluation Summary Form.

Within 21 days of the USAID debriefing, the Contractor will submit to OMVS two English versions of the final evaluation report and to USAID five English versions.

All copies must be of a quality to ensure easy and clear reproduction.

CURRENT LOGICAL FRAMEWORK

ANNEXE B

PROJECT DESIGN SUMMARYLOGICAL FRAMEWORK

Life of Project :
 From FY 83 to FY 86
 Total US Funding : \$4.6 million
 Date Prepared June 1982

Project Title & Number Groundwater Monitoring Project (625-0950)

PAGE 1

NARRATIVE SUMMARY	OBJECTIVELY VERIFIABLE INDICATORS	MEANS OF VERIFICATION	IMPORTANT ASSUMPTIONS
<p>Program or Sector Goal : The broader objective to which this project contributes :</p> <p>Goal: Increased incomes and food production in the Senegal River Basin.</p> <p>Sub-goal: Execution of projects in the OMVS Basin Development Plan, involving irrigation perimeters, dams, hydroelectric power generation, ports and river navigation.</p>	<p>Measures of Goal Achievement</p> <p>Goal:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Income and production level targets based on OMVS projections (data collection will be facilitated by AID-financed IDP project). <p>Sub-goal:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. number of project implemented b. % of projects in accordance with basin development plans. c. 65% of projects achieving stated objectives by 1990. 	<p>Goal:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Check of statistics compiled by OMVS and Member-States (data collection will be facilitated by AID-financed IDP project). b. At the beginning and end of project, socio-economic survey to be undertaken in project zone <p>Sub-goal:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Copies of six-month Joint Review Program. b. Review of related Basin projects to insure application of data collected 	<p>Assumptions for Achieving goals targets :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. OMVS will continue to command political and financial support from Member-States. 2. That USAID/RBDO and OMVS Member-States recognize constraints inherent to institutional-building and USAID financed advisor arrives as planned. 3. That competent nationals are recruited to fill all posts.

PROJECT DESIGN FRAMEWORK

LOGICAL FRAMEWORK

Project Title & Number : Groundwater Monitoring Project (625-0958)

Life of Project :
From FY 83 to FY 86
Total US Funding \$4.6 million
Date Prepared June 1982

Page 2

NARRATIVE SUMMARY	OBJECTIVELY VERIFIABLE INDICATORS	MEANS OF VERIFICATION	IMPORTANT ASSUMPTIONS
<p>Project Purpose:</p> <p>To establish an effective monitoring and early warning system to identify current and potential problems and possibilities related groundwater development and management and to distribute information to Member-States.</p>	<p>Conditions that will indicate purpose has been achieved : End of project status :</p> <p>a. Data compiled and analysed concerning water-logging, salination, water-quality, recharge-discharge, changes and irrigation potential and brought to attention of appropriate parties by completion of project (1987).</p> <p>b. Problems (e.g. pesticides and fertilizers) in groundwater identified and brought to attention of appropriate parties by 1987.</p> <p>c. Solutions to problems developed and tested as they are discovered.</p>	<p>a. Site visits</p> <p>b. Copies of reports; recordings and water analysis data collected.</p> <p>c. Site visits reports OMVS and hydrogeological evaluations.</p>	<p>Assumptions for achieving purpose :</p> <p>a. Continued support for OMVS from Member-States and international donors.</p> <p>b. Systematic implementation of all planned monitoring and evaluations conducted as necessary.</p> <p>c. Planned monitoring and evaluations conducted as necessary.</p> <p>d. Criteria and personnel review for all project maintained.</p> <p>e. USAIDs and OMVS recognize realistic constraints and make necessary adjustment as work progresses.</p>

PROJECT DESIGN SUMMARY
LOGICAL FRAMEWORK

Life of Project :
From FY 83 to FY 86
Total US Funding \$4.8 mil.

Page 3

Project Title & Number : Groundwater Monitoring Project /625-0958

NARRATIVE SUMMARY	OBJECTIVELY VERIFIABLE INDICATORS	MEANS OF VERIFICATION	IMPORTANT ASSUMPTIONS
<p>Outputs:</p> <p>1. <u>Comprehensive Master Plan</u> for monitoring and solving problems created by hydro-agricultural developments in the SAB.</p> <p>2. Management Information System for OMVS.</p> <p>3. Data compilation and analysis system.</p> <p>4. Trained staff for implementation of Comprehensive Master Plan.</p> <p>5. Network of piezometers and observation wells established in the Senegal River Basin.</p>	<p>Magnitude of Outputs :</p> <p><u>Outputs Indicators (by end of Project)</u></p> <p>Magnitude of outputs:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Plans established for the eight work components. 2. Data compilation for three work components and analysis for four work components. 3. Central staff of about 10 and field staff of about 30 technicians trained in US in-country. 4. 460 piezometers constructed by OMVS, 10 wells and 45 piezometers by contractor, and 20 piezometers constructed by the Malian DRNE. 	<p>a. Grants Agreement contracts between OMVS Member-States-site visits</p> <p>b. OMVS Saint-Louis Documentation Center Workshop Reports, records, correspondence and institutional visits;</p> <p>c. Deputy Director's reports, development plans, social and technical specifications.</p>	<p>Assumptions for achieving Outputs.</p> <ol style="list-style-type: none"> a. TA and training programs effectively establish OMVS staff capabilities for project. b. Effective management of all activities of project c. All inputs supplied in a timely manner.

PROJECT DESIGN SUMMARY

LOGICAL FRAMEWORK

Project Title and Number Groundwater Monitoring Project (67S-0958)

Life of Project :
From FY 83 to FY 86
Total VS Funding \$4.6 million
Date Prepared June 1982

PAGE 1

NARRATIVE SUMMARY	OBJECTIVELY VERIFIABLE INDICATORS	MEANS OF VERIFICATION	IMPORTANT ASSUMPTIONS
<p>Inputs:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Technical Assistance2. OMVS Personnel3. Member-States Personnel4. Construction Materials5. Participant Training6. Commodities7. Operating Expenses8. Evaluation personnel	<p>Implementation Target (Type and Quantity) :</p> <p>See Chapter V "Financial Plan"</p>	OMVS Member-States and AID Records	<p>Assumptions providing inputs</p> <p>AID Funds made available</p> <p>OMVS Budget receives continued support</p> <p>No change in other donors' support.</p>

ANNEXE C

BIBLIOGRAPHIE

Audibert, M. Delta du Fleuve Senegal: Etude Hydrologique. I. Generalites et Rapport de Synthese. Saint-Louis: Organisation des Etats Souverains du Fleuve Senegal. 1970

Audibert, M., and Filippi, C., Influence de la retenue de DIAMA sur la nappe salee dans le delta du fleuve--rapport d'expertise. Bureau de Recherches Geologiques et Minieres. 1984

Bolke, Edward L. and Jerry C. Stephens. Senegal River Valley Groundwater Monitoring Project: Summary Report on Piezometer Evaluation, February-March 1989. Portland, Oregon: U.S. Geological Survey, Open-File Report 89-411. 1989

Brunelle, Louis. Rapport d'Intervention Projet Eaux Souterraines (Version Preliminaire). Saint-Louis: Cellule des Eaux Souterraines, OMVS/USAID. 15 juillet 1988

Cellule des Eaux Souterraines. Presentation du Projet OMVS/USAID a l'Attention des Etats Membres de l'OMVS. 1: Texte; 2: Annexes. Saint-Louis: OMVS. 5 Janvier 1987

Cellule des Eaux Souterraines. Proces-Verbal de la Rencontre du Projet Eaux souterraines avec les representants du Hauts Commissariat de l'USAID et des Etats-Membres. Saint-Louis: OMVS/USAID. 24 Juin 1987

Cellule des Eaux Souterraines. Projet d'Amenagement des Eaux Souterraines: Situation. Saint-Louis: OMVS. 12 Juillet 1989

Chef de la Cellule et Ingenieur Conseil. Rapport d'Avancement des Travaux. Rapport Nos. 1 - 18 (issued periodically). Saint-Louis: OMVS, Cellule des Eaux Souterraines.

No. 1:	Janvier 1985 - 3 Avril 1985
No. 2:	4 Avril 1985 - 17 Juillet 1985
No. 3:	18 Juillet 1985 - 30 Decembre 1985
No. 4:	20 Decembre 1986 - 27 Mars 1986
No. 5:	29 Mars 1986 - 28 Juin 1986
No. 6:	29 Juin 1986 - 30 Septembre 1986
No. 7:	1 Octobre 1986 - 5 Janvier 1987
No. 8:	6 Janvier 1987 - 30 Juin 1987
No. 9:	1 Juillet 1987 - 31 Decembre 1987
No. 10:	1 Janvier 1988 - 31 Mars 1988
No. 11:	1 Avril 1988 - 30 Juin 1988
No. 12:	1 Juillet 1988 - 30 Septembre 1988
No. 13:	1 Octobre 1988 - 31 Decembre 1988
No. 14:	1 Janvier 1989 - 31 Mars 1989
No. 15:	1 Avril 1989 - 30 Juin 1989
No. 16:	1 Juillet 1989 - 30 Septembre 1989
No. 17:	1 Octobre 1989 - 31 Decembre 1989
No. 18:	1 Janvier 1990 - 31 Mars 1990

Diakite, Boubacar. Notes sur les Activites de l'Expert charge des Operations sur le Terrain pour la Periode du 1er Janvier 1985 au 15 Juillet 1988 (date de la Cessation de Service). Saint-Louis: OMVS/USAID. Juillet 1988

Dioge, Diegane. Rapport final de l'Expert Analyste, Juillet 1988. Saint-Louis: Projet Eaux Souterraines, OMVS/USAID. 1988

Hmenah, Moussa Ould. Rapport de Synthese des Activites du Projet du 1er Janvier 1985 au 15 Juillet 1988 (Rapport de Fin de Service). Saint-Louis: OMVS/USAID. 15 Juillet 1988

Ngom, E. Ousmane and Denis Richard. Technologies Nouvelles et Gestion des Grands Fleuves. Saint-Louis: OMVS, Direction des Infrastructures Regionales. Avril 1989, Presentation to the CERE - OMVS Conference in France.

Price-Waterhouse. Controle Financier du Marche de Travaux de Construction d'un Reseau de Forage Peizometres dan la Vallee du Fleuve Senegal. (Report of audit) Dakar: Price-Waterhouse, Inc. 7 July, 1989 (Two volumes with same identification but different content)

Richard, Denis and Ousmane E. Ngom. Rapport Hydrologique de Synthese, 1986-89, Volume 2. Saint-Louis: OMVS. Mai, 1990 (In Draft)

USAID. Project Paper: OMVS Groundwater Monitoring Project (625-0958) Dakar: USAID/Senegal. July 16, 1983

USAID. Project Paper Supplement: OMVS Groundwater Monitoring Project (625-0958) Dakar: USAID/Senegal. April, 1987

USAID/Senegal. Accounting and Administration Procedures Manual (for OMVS Groundwater Monitoring Project). Dakar: USAID/Senegal Date not shown.

Vandenbusch, Michel. Rapport de Mission de Consultant en Hydrogeologie, 12 Septembre - 7 Octobre 1988. Saint-Louis: OMVS, Cellule des Eaux Souterraines. Octobre 1988

Weiss, Emanuel. Modelling Feasibility Study for the Senegal River Valley Ground-Water Monitoring Project. Saint-Louis: OMVS. Feb. 1990

Weiss, Emanuel. Organization, Methodology and Limitations of the Synthesis Report of the Groundwater Monitoring Project of the Senegal River Valley. Saint-Louis: OMVS. 27 February 1990.

ANNEXE D

ITINERAIRE ET LISTE DE CONTACTS

Sénégal, et au Mali, 25 Avril - 29 Mai 1990

- | | |
|------------------------|--|
| Mer. 25 Avril | Arrivée à Dakar de MM. Reeser et Dendrou. |
| Jeu. 26 Avril | Dakar: Conférence à l'USAID, avec MM. William Egan, Project Officer; Gilbert Haycock, Director IWME; Jean LeBloas, Project Manager; Seydou Cissé, PRM.
Conférence à l'OMVS, avec M. Babaly Dème, Directeur DIR, et M. Bakary Ouattara, Directeur Adjoint.
Voyage à Saint-Louis en voiture. |
| Ven. 27 Avril | Saint-Louis: Conférence à l'OMVS, Cellule des Eaux Souterraines, avec MM. Jean LeBloas, USAID/Dakar; Ousmane Ngom, Chef OMVS/DIR/Cellule Eaux Souterraines; Denis Richard, ISTI, Hydrogéologue, Conseiller Principal, Tim Rosché, USAID/ Administrateur, Louis Brunelle, ISTI Expert en Informatique, Emanuel Weiss, USGS Expert en Hydrogéologie. |
| Sam., Dim. 28-29 Avril | Etude de la documentation du Projet. |
| Lun. 30 Avril | Matin: Démonstration du système GES par M.Brunelle. Après
Midi: Visite au barrage de Diamal, inspection de Piézomètres, avec M. Lamine Sangaré, Chef du Secteur Saint-Louis. |
| Mar. 1 Mai | Fête du Travail, jour férié: Etude de la documentation du projet, esquisse du rapport d'évaluation. |
| Mer.-Ven. 2-4 Mai | Conférences avec le personnel du projet; rganisation du rapport d'évaluation; conférence avec M. Ouattara de l'OMVS/Dakar. |
| Sam.-Dim. 5-6 Mai | Voyage à Manantali, au Mali, et retour à Saint-Louis par avion de location, via Tambakounda. Conférence avec M. Garan Konaré, OMVS Chef de Barrage; et M. Moustafa Touré, Chef de Secteur, Projet des eaux. Visite et tour d'inspection du barrage. Inspection des piézomètres. |
| Lun.-Mar. 7-8 Mai | Saint-Louis: discussions avec personnel de la Cellule. Préparation d'un sommaire d'Observations, Conclusions, et Recommandations préliminaires. |

Mer. 9 Mai	Visite du Delta jusqu'à Podor, avec M. Tim Rosché, Administrateur, et M. Lamine Sangaré, chef du Secteur de Saint-Louis. Inspection de piézomètres; observation de périmètres irrigués, et de zones à développement agricole.
Jeu. 10 Mai	Voyage d'un jour à Dakar. Présentation à USAID des Observations, Leçons du projet, Conclusions, et Recommandations préliminaires, à MM. Haycock, Egan, et LeBloas.
Ven.-Mar. 11-15 Mai	Saint-Louis: Préparation du Rapport d'Evaluation Préliminaire, discussions, révisions.
Mer. 16 Mai	Copies du Rapport Final Préliminaire. Voyage à Dakar.
Jeu. 17 Mai	Dakar: Présentation des Résultats de l'Evaluation à MM. Dème et Ouattara. "Debriefing" à USAID. Départ de M. Dendrou.
Ven. 18 Mai	Retour de M. Reeser à Saint-Louis. Discussions et avancement du Rapport Final.
Sam.-Mar. 19-22 Mai	Saint-Louis: Information complémentaire; préparation de figures, et autres formes; révision, "editing" du rapport préliminaire.
Mer. 23 Mai	Retour à Dakar. Discussions avec l'USAID sur le Rapport Final.
Jeu.-Dim. 24-27 Mai	Dakar: Discussions avec l'USAID, Préparation du Rapport d'Evaluation Final.
Lun.-Mer. 28-30 Mai	Incorporation des Commentaires de l'OMVS, Préparation et distribution des copies finales du Rapport. Fin de Mission.