



étude des ressources en eau souterraine du Sénégal

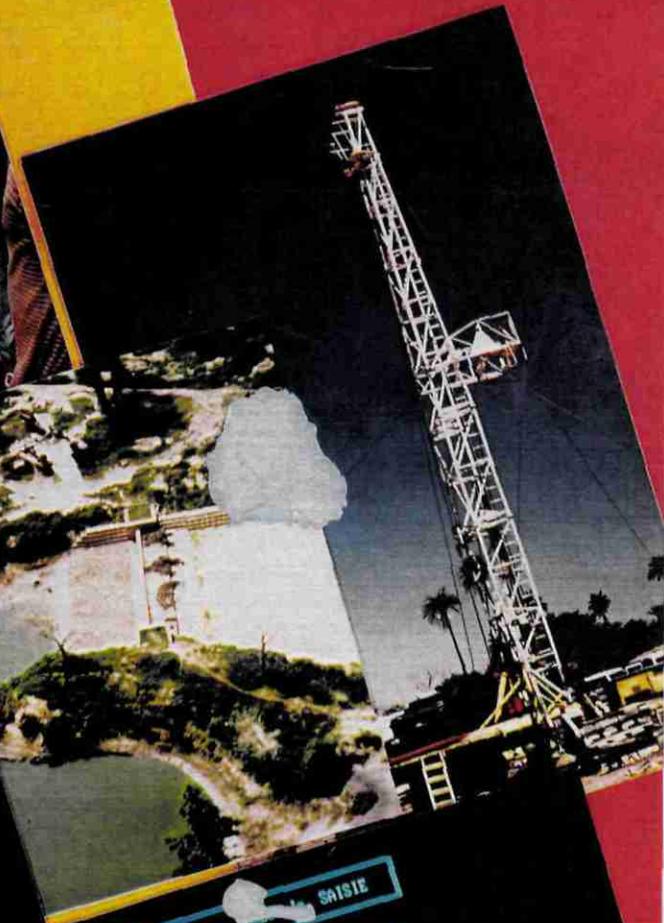
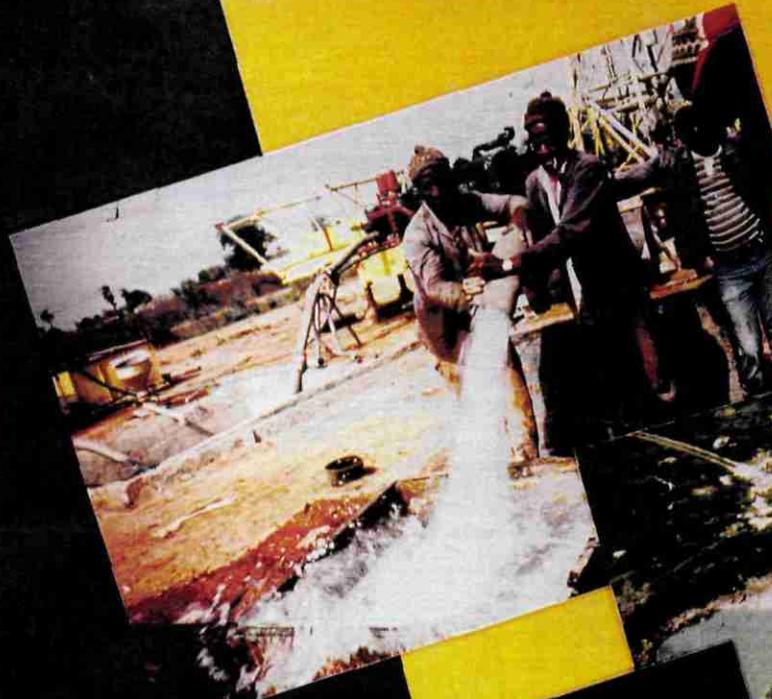
B. R. G. M. / S. G. N.

Département

Eau

BIBLIOTHÈQUE

rapports de synthèse
notices des logiciels



GOREE

CHOIX DE LA BASE

TRAITEMENTS

- Selection
- Import, SAIFOR
- Statistiques
- Cartographie

EDITEURS

UTILITAIRES

ENREGISTREMENTS RET

BASE ACTIVE : Points d'eau

Gestion de la base active : création, modification d'

SELECTION des pages à SAISIE

Liste des pages à saisir : ABCDEFHIJLM

- A - identification
- B - localisation
- C - description du trou ou
- D - tubages
- E - annales
- F - contexte hydrogéologique
- G - venues d'eau
- H - coupe géologique
- I - développement
- J - pompes d'essai
- K - paramètres physico-chimiques
- L - géologiques/diagrammes
- M - observations complémentaires

[ESC] retour au menu général

Par défaut, les 13 pages de saisie défilent successivement, de A à M.

Cependant, il est possible de supprimer une ou plusieurs pages de saisie, et/ou de modifier l'ordre de défilement (seules les pages A, B et C sont imposées).

Il faut pour cela préciser ci-dessus la liste des pages à saisir, dans l'ordre où l'on souhaite les voir défilier.

(ex : ABCDFHI provoque l'affichage successif des pages A,B,C,F,D,H).

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE
Direction des Etudes Hydrauliques

ETUDE DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU SENEGAL

*Etude financée par la
BANQUE ISLAMIQUE DE DEVELOPPEMENT*

Liste des rapports contenus dans le coffret

- 89 DAK 010 EEE Synthèse générale du projet
- 89 DAK 005 EEE Synthèse de la campagne de forages
- 89 DAK 004 EEE Réfection du barrage de Panthior. Comportement de la nappe de Sébikotane de 1964 à 1988
- 89 DAK 001 EEE Synthèse des récentes campagnes de prospection géophysique
- 89 DAK 011 EEE Programme SAIFOR. Manuel d'utilisation
- 89 DAK 006 EEE Programme SURNAP. Manuel d'utilisation
- 89 DAK 008 EEE Programme CARTEL. Manuel d'utilisation
- 89 DAK 007 EEE Programme STATEL. Manuel d'utilisation
- 89 DAK 009 EEE Transfert des données HIVI sur ordinateur compatible PC Programmes TRIVIS et RENFOR
- 89 SGN 456 EEE Logiciel GOREE. Manuel d'utilisation

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE
Direction des Etudes Hydrauliques



étude des ressources en eau
souterraine du Sénégal

synthèse générale du projet

Etude financée par la Banque Islamique de Développement



REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'HYDRAULIQUE
Direction des Etudes Hydrauliques

étude des ressources en eau
souterraine du Sénégal
synthèse générale du projet

Ph. Crochet

Avril 1989

89 DAK 010 EEE

Etude financée par la Banque Islamique de Développement

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

Représentation au SENEGAL

7, rue Mermoz - B.P. 268 - DAKAR (SENEGAL)

Tél.:(221) 22.72.19 / 22.31.21 - Téléx: 274 BURGEOL SG

RESUME

Le présent rapport décrit l'ensemble des prestations et travaux qui ont été effectués au cours du projet "Etude des Ressources en Eau Souterraine" financé par la Banque Islamique de Développement.

Le projet comportait quatre volets :

- cellule de gestion : mise en place d'un système informatique pour la gestion des ressources souterraines,
- campagne de géophysique,
- réfection du barrage de Panthior,
- campagne de forages.

Il a débuté le 10 octobre 1986 et s'est terminé le 30 avril 1989. Tous les volets se sont déroulés de façon satisfaisante, tant sur le plan du respect des délais, du coût prévisionnel des travaux que de la qualité des réalisations, toutes réalisées dans la règle de l'art.

Au niveau informatique, la Direction des Etudes Hydrauliques possède un ensemble de logiciels qui va lui permettre une gestion optimisée des ressources en eau du Sénégal (Chaîne HIVI, SAIFOR, GOREE, SURNAP, modèle VAL). De nombreux stages de formation ont été organisés afin que les agents de l'Administration maîtrisent parfaitement leur fonctionnement.

L'équipement informatique mis en place est parfaitement dimensionné pour répondre aux besoins actuels. Il est composé de deux ordinateurs compatibles PC (un PS 6560 et un AT 3) connectés en réseau, et un troisième PCG XT destiné aux saisies indépendantes. Une salle informatique a été spécialement aménagée pour recevoir ce matériel.

La campagne de géophysique s'est déroulée de Décembre 1986 à Février 1987. Au total, 221 sondages électriques ont été effectués sur une frange de 100 km longeant la côte entre Saint-Louis et le Cap Skirring. Cette étude a fait l'objet d'un rapport complet comprenant plusieurs coupes interprétatives et cartes de résistivité. Ces documents sont directement exploitables pour les futures implantations de forages. Une étude complémentaire a été effectuée afin de replacer cette campagne géoélectrique dans le contexte des dernières réalisées sur les mêmes secteurs. Ce travail a débouché sur un rapport de synthèse complet remis à l'Administration.

La réfection du barrage de Panthior s'est déroulée de Novembre 1986 à Avril 1987 : un nouveau déversoir en béton armé a été érigé en travers du marigot, et la cuvette de la retenue a été décapée afin de favoriser l'infiltration de l'eau. L'impact de cet ouvrage est positif puisqu'on a pu constater une baisse de la minéralisation de la nappe au droit de l'ouvrage. Cependant, l'étude de l'évolution de la piézométrie de l'ensemble de la nappe de 1964 à 1988 met en évidence une très nette surexploitation de celle-ci. Face à cette situation très alarmante, il sera impératif de limiter les volumes prélevés pour ne pas dégrader de façon irrémédiable la nappe de Sébikotane.

En ce qui concerne la campagne de forages, vingt-six ouvrages ont été réalisés dans le cadre du Projet :

- vingt et un piézomètres dont le but est d'assurer un suivi piézométrique et hydrochimique des nappes,

- cinq ouvrages conçus comme des forages d'essais qui ont permis une reconnaissance hydrogéologique de certains aquifères (Maestrichtien en Casamance et à Nioro-du-Rip, Continental Terminal dans la région de Louga et Oligo-Miocène de Basse Casamance).

Ces ouvrages ont permis d'améliorer l'état des connaissances sur les aquifères du Sénégal et renforcer le réseau de surveillance national. Plusieurs piézomètres, situés à des points stratégiques, permettront de suivre l'évolution du biseau salé dans certaines zones tout particulièrement vulnérables.

Le montant total des prestations s'élève à 720.735.240 F.CFA. Le Projet a entièrement été financé par la Banque Islamique de Développement. L'engagement total du Projet était initialement de 1.660.000 Dinars Islamiques. Un complément de financement de 10 % a été accordé par le bailleur de fonds en Mai 1988, afin de faire face à la dépréciation monétaire liée au retard de deux ans dans le démarrage du Projet.

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
1 - INTRODUCTION	1
1.1 - Présentation générale du Projet	1
1.2 - Cellule de gestion	1
1.3 - Campagne de géophysique	4
1.4 - Barrage de Panthior	4
1.5 - Forages de reconnaissance	5
1.6 - Démarrage du Projet	5
2 - CELLULE DE GESTION	7
2.1 - Matériel informatique	7
2.2 - Matériel de contrôle	8
2.3 - Logiciels remis à l'Administration	10
2.4 - Saisie des données	36
2.5 - Stages de formation	38
2.6 - Missions de direction	42
3 - CAMPAGNE DE GEOPHYSIQUE	45
3.1 - Exécution des sondages électriques	45
3.2 - Interprétation des sondages	45
3.3 - Synthèse des récentes campagnes de prospection géophysique	47
4 - BARRAGE DE PANTHIOR	49
4.1 - Travaux effectués	49
4.2 - Etude de la nappe de Sébikotane	54
5 - CAMPAGNE DE FORAGES	57
5.1 - Présentation générale des travaux réalisés	57
5.2 - Résultats obtenus	58
6 - BILAN FINANCIER DU PROJET	65
6.1 - Montant disponible	65
6.2 - Montant total des prestations	65
6.3 - Détail des dépenses par volet	69
6.4 - Révision des prix	69
6.5 - Certificats de paiement	74
7 - CONCLUSION	77

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 - Organisation de la cellule de gestion
- Figure 2 - Liaisons entre les programmes développés
- Figure 3 - Architecture de la chaîne HIVI
- Figure 4 - Grilles de saisie de la base de données "points d'eau"
- Figure 5 - Grilles de saisie de la base de données "villages"
- Figure 6 - Fiche individuelle "ouvrages"
- Figure 7 - Fiches individuelles "villages"
- Figure 8 - Base "ouvrages" : exemple de liste générale
- Figure 9 - Base "villages" : exemple de liste générale
- Figure 10 - Exemple de tableau synthétique de la base "ouvrages"
- Figure 11 - Exemple de tableau synthétique des localités
- Figure 12 - Programme STATEL : calcul des paramètres élémentaires
- Figure 13 - Programme STATEL : exemple d'histogramme
- Figure 14 - Programme STATEL : exemple de diagramme binaire
- Figure 15 - Exemple de carte réalisée avec le logiciel CARTEL
- Figure 16 - Programme SURNAP : édition des mesures réalisées sur un piézomètre
- Figure 17 - Programme SURNAP : évolution mensuelle des mesures
- Figure 18 - Programme SURNAP : représentation graphique des mesures
- Figure 19 - Zone d'implantation des sondages électriques
- Figure 20 - Planning d'exécution des travaux du barrage de Panthior
- Figure 21 - Barrage de Panthior : plan final de l'ouvrage
- Figure 22 - Localisation des ouvrages réalisés dans le cadre du Projet
- Figure 23 - Localisation des piézomètres légers effectués sur la presqu'île du Cap-Vert
- Figure 24 - Chronogramme d'exécution des forages
- Figure 25 - Ventilation des dépenses par volet
- Figure 26 - Montant des décomptes mensuels.

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1 - Matériel informatique remis à l'Administration dans le cadre du Projet
- Tableau 2 - Logiciels remis à l'Administration dans le cadre du Projet
- Tableau 3 - Logiciels de la chaîne HIVI
- Tableau 4 - Avancement mensuel de la saisie des données durant le Projet
- Tableau 5 - Récapitulatif des interventions des consultants
- Tableau 6 - Caractéristiques des ouvrages réalisés dans le cadre du Projet
- Tableau 7 - Campagne de forages : travaux effectués et équipements mis en place
- Tableau 8 - Calcul de l'actualisation des prix par volet
- Tableau 9 - Récapitulatif des factures mensuelles
- Tableau 10 - Actualisation des prix par volet
- Tableau 11 - Cellule de gestion : détail des dépenses
- Tableau 12 - Campagne de géophysique : détail des dépenses
- Tableau 13 - Barrage de Panthior : détail des dépenses
- Tableau 14 - Campagne de forages : détail des dépenses
- Tableau 15 - Coût individuel des forages réalisés dans le cadre du Projet
- Tableau 16 - Calcul mensuel des coefficients de révision par volet
- Tableau 17 - Récapitulatif des certificats de paiement remis à l'Administration.

1 - INTRODUCTION

1.1 - Présentation générale du Projet

Le Projet "Etude des Ressources en Eau Souterraine du Sénégal" a plusieurs objectifs :

- mettre en place un outil de gestion informatisé des ressources en eau souterraine du Sénégal. Ce système doit fournir aux différents décideurs les éléments nécessaires à une gestion rationnelle des ressources hydrauliques.
- exécuter des ouvrages qui, d'une part, contribueront à une meilleure connaissance de l'hydrogéologie du Sénégal, d'autre part, permettront une surveillance de la piézométrie et de la qualité des eaux, principalement le long du littoral où les nappes sont menacées par une intrusion d'eau salée,
- construire un ouvrage sur le site de Panthior permettant de freiner l'avancée du front salé et d'accroître l'alimentation de la nappe de Sébikotane par les eaux de ruissellement.

Compte-tenu de ces objectifs multiples, le Projet est décomposé en quatre volets principaux :

- cellule de gestion
- campagne de géophysique
- réfection du barrage de Panthior
- campagne de forage.

Le projet est financé par la Banque Islamique de Développement. Le montant initial était de 166 millions de dinars islamiques. Un financement complémentaire de 10 % a été accordé en Mai 1988 afin de couvrir la dépréciation monétaire, ce qui porte à 1.826.000 F.CFA le montant total du Projet.

1.2 - Cellule de gestion

La mise en place de la cellule de gestion constitue le point essentiel du Projet. L'objectif était d'élaborer un outil permettant d'apporter une aide à la décision dans les deux domaines suivants :

- implantation de nouveaux ouvrages en fonction de différents critères (besoins, études d'impact, qualité des eaux, environnement hydrogéologique)
- gestion optimisée des aquifères en fonction de leurs potentialités.

Cet objectif nécessitait la mise en place préalable de trois bases de données qui constituent des recueils d'informations directement "consultables" :

- base de données "villages" issue des enquêtes socio-économiques (évaluation des besoins, description des ressources). Cette base de données doit contenir toutes les informations nécessaires pour identifier les villages déficitaires à partir de l'évaluation des besoins en eau et la description des ressources disponibles,
- base de données "points d'eau" : la vocation de cette base est d'obtenir rapidement, à partir d'interrogations simples, un "cliché" de l'hydrogéologie d'un secteur (nature et potentialité des aquifères, équipement des ouvrages, qualité de l'eau). Elle doit par

conséquent être suffisamment complète pour répondre à ce critère sans pour autant être surchargée par des informations qui nuiraient à sa maniabilité,

- fichiers d'historiques "piézométrie/qualité des eaux" permettant de suivre dans le temps l'évolution des nappes, tant au niveau de leur exploitation que de leur qualité.

Ces données, une fois stockées, peuvent être interrogées et traitées afin de fournir les éléments de réponse nécessaires aux décideurs du Ministère de l'Hydraulique. L'apport de chacune des bases citées dans la cellule de gestion est schématisé à la figure 1.

La cellule de gestion a été dotée de trois types de logiciels :

- des progiciels du commerce, nécessaires pour l'autonomie de l'Administration vis-à-vis des applications élaborées,
- des produits spécifiques à l'hydrogéologie déjà existants élaborés et commercialisés par le B.R.G.M.,
- des applications développées (en BASIC ou en langage dBase) pendant la durée du Projet dont les programmes sources ont été remis à la Direction des Etudes Hydrauliques.

La mise en place des programmes s'est effectuée en quatre étapes principales :

- 1) conception des bases de données : la définition et l'implantation des bases de données sur l'ordinateur ont été entièrement réalisées par le B.R.G.M. à partir des bordereaux préexistants et d'un cahier des charges défini conjointement avec les futurs utilisateurs,
- 2) début de la saisie des données effectuée par la Direction des Etudes Hydrauliques,
- 3) mise en oeuvre des logiciels de gestion des ressources (conception et élaboration des programmes de traitements),
- 4) implantation du programme de simulation et modélisation d'un aquifère à titre d'exemple.

Les données saisies dans les bases au cours de la première année ont été utilisées pour initier le personnel de la Direction des Etudes Hydrauliques aux différentes applications développées.

A la demande de la Direction des Etudes Hydrauliques, un accent tout particulier a été mis sur la formation à l'informatique. Celle-ci englobe:

- une formation de base au maniement des ordinateurs et à certains langages de programmation simples (BASIC) permettant aux responsables nationaux de mieux appréhender les applications remises et passer ainsi du stade d'utilisateurs à celui de participants,
- l'initiation à la gestion des bases de données (langage dBase),
- la formation à l'utilisation de tous les logiciels remis à l'Administration.

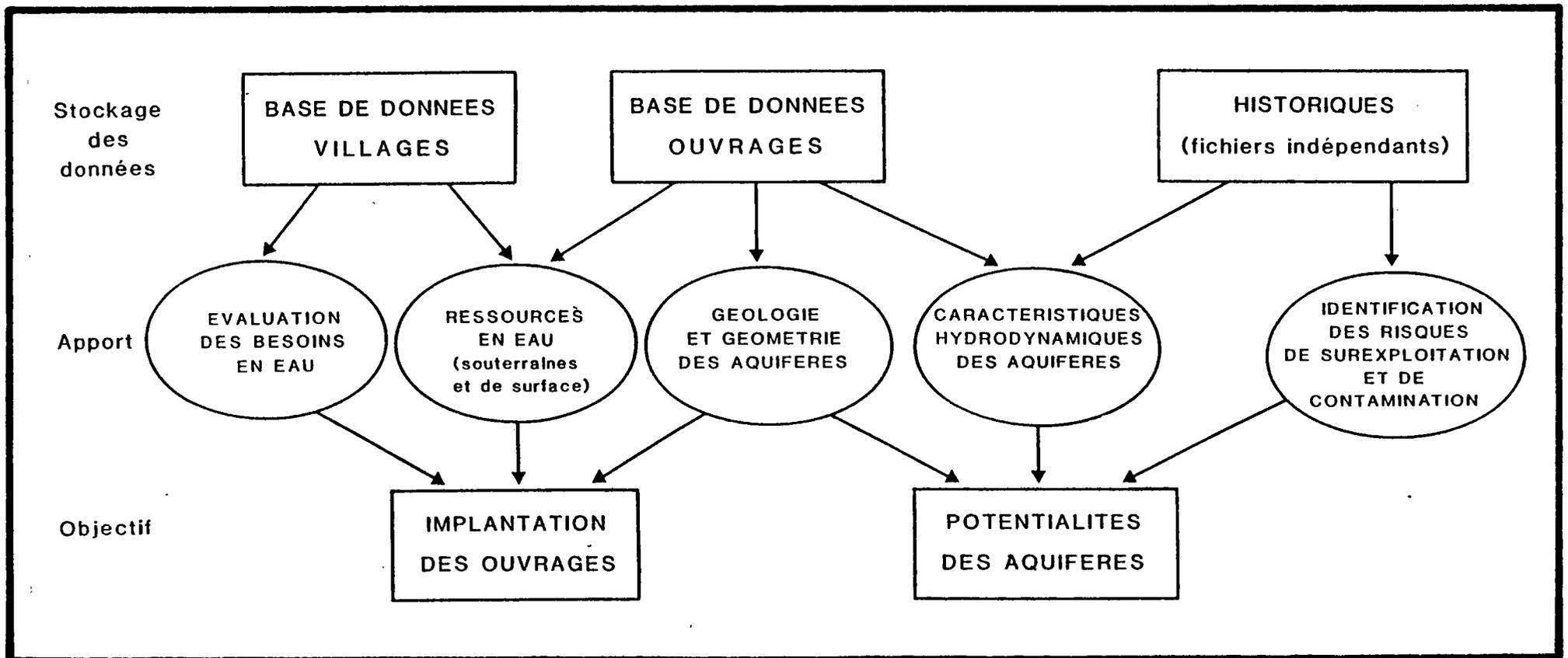


Fig. 1 - Organisation de la cellule de gestion

L'encadrement des différents stages de formation a été assuré soit par des experts au cours de missions ponctuelles, soit par le Chef de Projet.

1.3 - Campagne de géophysique

La campagne de géophysique a pour but de contribuer à une meilleure connaissance hydrogéologique des aquifères de la côte sénégalaise, en particulier :

- de reconnaître d'une manière générale l'extension du biseau salé sur le littoral,
- d'identifier d'éventuels horizons imperméables, résistants et/ou conducteurs,
- de déterminer la résistivité des diverses formations géologiques qui constituent la côte.

Depuis plusieurs années, un certain nombre d'études ont été mises en oeuvre le long de la zone littorale entre DAKAR et SAINT-LOUIS. D'autres travaux plus récents ont été effectués entre DAKAR et le cap ROSSO. Les diverses prospections réalisées touchaient essentiellement au problème des ressources en eau, en particulier afin de déterminer la profondeur d'une éventuelle avancée de l'eau de mer dans les terres. La mesure de cette avancée consistait à évaluer la résistivité des terrains à l'aide de sondages électriques.

L'amélioration des connaissances implique une sélection de zones peu ou pas connues. Certains secteurs déjà couverts par des travaux récents ont donc été écartés.

Les méthodes électriques sont les mieux adaptées pour résoudre le problème posé (recherche des biseaux et des invasions salées). En particulier, le sondage électrique permet une investigation verticale très précise.

1.4 - Barrage de Panthior

Le barrage de Panthior a été construit en 1964 sur l'initiative du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) afin de créer un site de réalimentation artificielle sur la nappe de Sébikotane. Cette opération avait été un succès puisque les études d'impact avaient mis en évidence un gain d'alimentation compris entre 7 et 15 % selon les années, pour une pluviométrie de 600 mm (Essai de suralimentation de la nappe des calcaires de Sébikotane par la création d'une retenue - A. MARTIN, H. MOUSSU - 1967) ; (Alimentation artificielle de la nappe de Sébikotane par création d'une retenue d'eau - A. MARTIN, H. MOUSSU - 1968).

La remontée de la piézométrie au droit du barrage a constitué une protection naturelle contre les intrusions d'eau salée dans la nappe de Sébikotane dont le taux de salinité avait diminué de façon très nette sur certains piézomètres.

Les répercussions bénéfiques de ce site s'étaient étendues aussi à la nappe des calcaires au Sud de Panthior et aux sables de la vallée fossile quaternaire drainés par les calcaires et les sables maëstrichtiens de l'anticlinal de Pout.

Outre cet aspect purement hydrogéologique, ce barrage a eu des retombées positives immédiates pour les populations environnantes qui disposaient ainsi d'une retenue d'eau pour l'abreuvement des troupeaux.

Le déversoir de crue a été emporté lors de l'hivernage 1982. Par ailleurs, la cuvette du barrage était colmatée par d'importants apports de sédiments pouvant atteindre 2 m par endroits. Compte-tenu de l'intérêt de ce site de réinjection pour la nappe de Sébikotane, sa réfection a été incluse dans le Projet "Etude des Ressources en Eau Souterraines du Sénégal". Les travaux ont consisté en la reconstruction du déversoir de crue et le décapage du fond de la cuvette jusqu'à mise à nu des calcaires.

1.5 - Forages de reconnaissance

Les ressources en eau souterraine du Sénégal sont réparties sur l'ensemble du territoire dans des aquifères aux caractéristiques variées tant par leur faciès (calcaires, sables, granites) que leur profondeur.

Face à l'effet conjugué de la sécheresse et d'une demande accrue en eau, on assiste actuellement à un épuisement progressif des réserves dont certaines ne sont pas renouvelables. Dans de telles conditions, la gestion des ressources est difficile à maîtriser, et l'exploitation des nappes doit passer par un plan de gestion très rigoureux.

Pour répondre aux besoins en eau sans cesse croissants, il est nécessaire d'une part d'acquérir une meilleure connaissance de la structure des aquifères et de leurs potentialités, d'autre part de renforcer le contrôle périodique des niveaux piézométriques et de la minéralisation. Ces informations sont en effet indispensables pour orienter l'exploitation des nappes et prendre les mesures de protection qui s'imposent en vue d'une gestion optimale des ressources en eau souterraine.

Il a donc été décidé d'effectuer, dans le cadre du Projet BID, une campagne de forages permettant d'obtenir de nouvelles données pour la gestion des nappes du Sénégal.

Des objectifs ont été fixés pour différentes zones :

- presqu'île du Cap-Vert : amélioration du réseau piézométrique de surveillance de la nappe infrabasaltique afin de mieux suivre l'évolution verticale et horizontale du biseau salé,
- littoral Nord : repérage du biseau salé afin de connaître les limites de pompage imposées par le front salé et d'individualiser d'éventuelles lentilles d'eau douce,
- zone de Tassette-M'Bour : compléter les études antérieures en précisant les caractéristiques hydrodynamiques et les possibilités des calcaires paléocènes,
- Casamance :
 - . amélioration des connaissances sur l'Oligo-Miocène (extension, caractéristiques hydrodynamiques, qualité des eaux),
 - . reconnaissance du Maestrichtien au niveau de Bignona/Ziguinchor.
- Maestrichtien :
 - . amélioration de la connaissance de la piézométrie de l'aquifère en complétant le réseau existant,
 - . surveillance de la qualité de l'eau par prélèvements d'échantillons et analyses chimiques.

La presqu'île du Cap-Vert et le littoral Nord sont actuellement les plus menacés. Ceci est dû à plusieurs facteurs :

- pluviométrie déficitaire,
- multiplication des points de captages face à des besoins en eau domestique, agricole et industrielle toujours croissants,
- vulnérabilité de ces zones compte-tenu de leur proximité de la mer (avancée du biseau salé).

Une partie des piézomètres et forages de reconnaissance exécutés ont permis d'identifier et de surveiller les intrusions d'eau salée le long du littoral. L'autre partie des ouvrages est destinée à préciser les extensions d'aquifères connus et exploités.

1.6 - Démarrage du Projet

L'accord de prêt a été signé le 2 Mars 1984 à DJEDDAH, mais deux années ont été nécessaires ensuite pour régler des procédures administratives liées à l'adjudication du marché. Le Projet a démarré au mois d'Octobre 1986 avec le Groupement B.R.G.M/SONAFOR. Le Bureau d'Etude Assane DIOUF et l'Entreprise FRANZETTI ont été sous-traitants pour certaines prestations.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du Projet Gestion et Protection des Ressources en Eau financé par le PNUD qui a la charge de la surveillance piézométrique et chimique des nappes du Sénégal.

La durée contractuelle du Projet était de 24 mois. Ayant démarré en Octobre 1986, il devait normalement se terminer fin Janvier 1989 en tenant compte des deux mois d'interruption annuelle durant l'hivernage.

La Direction des Etudes Hydrauliques a demandé une prolongation de trois mois afin de renforcer certains volets (ordre de service 01/89/DEH). Le Projet s'est donc terminé le 30 Avril 1989.

2 - CELLULE DE GESTION

2.1 - Matériel informatique

Le choix du système s'est porté en début de Projet sur un ordinateur compatible PC de type AT. Grâce à la standardisation du système, ce choix présente un certain nombre d'avantages :

- disponibilité du matériel sur place
- efficacité de la maintenance
- pérennité des applications développées
- coût "normalisé" du matériel.

La configuration retenue pour l'ordinateur principal est la suivante:

- lecteur de disquettes 1.2 Mo
- deux disques durs de 30 Mo
- un écran couleur "haute résolution"
- une imprimante
- un traceur de format A3
- un streamer pour effectuer des sauvegardes rapides et régulières des informations stockées sur les disques durs
- un onduleur (indispensable pour la régulation électrique de l'alimentation).

Après une prospection d'une semaine, le choix s'est porté sur la marque IBM représentée à Dakar par la Société BUHAN & TEISSEIRE, celle-ci proposant les prix les plus avantageux et la maintenance la plus efficace. Cette configuration de base a été complétée par un réseau local IBM NETWORK et un deuxième ordinateur IBM PCG.

En Juin 1988, un nouvel ordinateur a été acquis afin de faire face à de nouveaux impératifs de la cellule de gestion :

- utilisation simultanée de plusieurs postes de travail compte-tenu du nombre important de données à saisir,
- nécessité de disposer d'une nouvelle unité de stockage permanente,
- amélioration des performances du réseau grâce à un ordinateur serveur mieux adapté et plus puissant,
- utilisation des bases de données de GOREE par d'autres directions du Ministère de l'Hydraulique dans le cadre de projets parallèles.

Pour ce poste supplémentaire, le choix s'est porté sur un PS 8560 faisant partie de la nouvelle génération des ordinateurs IBM. Ses caractéristiques sont les suivantes :

- microprocesseur 80286 (10 Mhz)
- unité disquette 3"1/2 de 1,44 Mo
- disque dur de 44 Mo
- mémoire de masse de 1 Mo
- écran couleur VGA.

Grâce à cette configuration, les deux postes de travail peuvent être utilisés de façon autonome, ce qui permet de s'affranchir de certains "ralentissements" inhérents au réseau. Par ailleurs, la présence de deux ordinateurs équipés de disques durs est une garantie contre tout "blocage" de la cellule de gestion suite à une panne du serveur.

Le lecteur de disquettes 3"1/2 est utilisé pour les échanges avec les autres Directions du Ministère de l'Hydraulique équipées du même type de matériel.

Une carte disque dur et une extension mémoire de 128 Ko ont été installées sur l'ordinateur IBM PCG afin qu'il puisse être utilisé de façon autonome à l'extérieur de la cellule de gestion pour effectuer des saisies. Cette possibilité a permis d'installer à demeure un poste de saisie dans les locaux du Ministère de l'Hydraulique dont le Projet "Ressources en Eau" est éloigné géographiquement.

La chaîne HIVI, outil informatique de terrain permettant la saisie et la restitution des données au cours des campagnes de forages, a été remise à la Direction des Etudes Hydrauliques au mois de Mars 1987. Compte-tenu de l'évolution de ce produit depuis la proposition initiale du B.R.G.M., l'Administration a demandé qu'un traceur soit inclus dans le matériel remis.

Le tableau 1 récapitule l'ensemble du matériel informatique remis à la Direction des Etudes Hydrauliques au cours du Projet. Les dépassements par rapport à l'enveloppe financière initiale de 20.000.000 F.CFA ont été notifiés par différents ordres de service de l'Administration :

- 15/87/DEH : acquisition de la nouvelle version de la chaîne HIVI et achat de matériel complémentaire,
- 04/88/DEH : ordinateur IBM PS60 avec carte réseau local + logiciel traitement de texte
- 05/89/DEH : compilateur CLIPPER, bac feuille à feuille et prolongation maintenance
- 08/89/DEH : achat de fournitures complémentaires.
- 09/89/DEH : extension mémoire + disque dur pour l'ordinateur IBM PCG.

Une salle informatique a été spécialement aménagée dans les locaux du Projet "Ressources en Eau" à Hann afin de garantir les conditions nécessaires au bon fonctionnement du matériel. Les travaux effectués sont les suivants:

- isolation des fenêtres
- mise en place d'un climatiseur (système Split)
- réfection de l'installation électrique
- aménagement d'un circuit électrique de courant "ondulé"
- installation d'un meuble informatique.

La maintenance du matériel a été assurée tout au long du Projet par la Société Buhan et Teisseire avec laquelle un contrat a été passé. Pour faire face aux éventuels problèmes techniques qui risqueraient d'entraver le bon fonctionnement de la cellule de gestion après la fin du Projet, cette maintenance a été prolongée jusqu'en Décembre 1990 (ordre de service 05/89/DEH).

2.2 - Matériel de contrôle

L'ensemble du matériel de contrôle prévu dans le marché a été acquis au cours du premier semestre 1987. Il comprend :

- 1 scléromètre de type N
- 1 loupe micrométrique
- 1 thermomètre
- 1 chronomètre
- 1 sonde électrique SEBA KLL 200
- 1 sonde mécanique SEBA TLG 100
- 1 malette laboratoire DREL 1C
- 1 boussole TOPOCHAIX UNIVERSELLE
- 1 jeu de 6 tamis 200 mm.

<p>PREMIER POSTE DE TRAVAIL : IBM PS 8560</p> <ul style="list-style-type: none"> - unité centrale IBM PS 8560 avec <ul style="list-style-type: none"> . disque dur 44 Mo . lecteur de disquette 3"1/2 de 1.44 Mo . mémoire de masse de 1 Mo - clavier français AT3 - écran couleur graphique 8513 VGA - carte réseau IBM NETWORK - système d'exploitation DOS 3.3
<p>DEUXIEME POSTE DE TRAVAIL : IBM PC AT3</p> <ul style="list-style-type: none"> - unité centrale IBM PC AT3 avec <ul style="list-style-type: none"> . disque dur 30 Mo . lecteur de disquette 1.2 Mo - carte extension mémoire 128 K - extension disque 30 Mo - clavier français AT3 - écran couleur graphique EGA - adaptateur couleur / carte graphique H.D. - coprocesseur arithmétique IBM 80287 AT - carte réseau IBM NETWORK - système d'exploitation DOS 3.2
<p>TROISIEME POSTE DE TRAVAIL : IBM PCG</p> <ul style="list-style-type: none"> - unité centrale IBM PCG - cartes extension mémoire jusqu'à 640 K - 2 lecteurs de disquettes 360 K - 1 carte "Disk File Card" de 20 Mo - clavier français AT3 - carte réseau IBM NETWORK - système d'exploitation DOS 3.2

<p>PERIPHERIQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 imprimante EPSON FX 1000/105 <ul style="list-style-type: none"> . bac alimentation feuille à feuille - traceur DPS P6 (A3 - 6 plumes) - 1 onduleur - 1 streamer SYSGEM 20 Mo
<p>RESEAU</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 cartes adaptateur - 1 transformateur - 1 convertisseur - 1 câble local de 60 m - 1 répartiteur d'extension - 1 logiciel IBM PC NETWORK
<p>CHAINE HIVI</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 ordinateurs HP 75 - 2 modules extension mémoire 8K - 2 lecteurs de cassette - 1 imprimante HP 82905 B - 1 Traceur HP 7470 - 1 interface RS232 / HP-IL - 1 module ROM DATACOMM - 1 ordinateur IBM-PCG monochrome

Tableau 1 - Matériel informatique remis à l'Administration dans le cadre du Projet

Ce matériel a été remis à la Direction des Etudes Hydrauliques en cours de Projet, après avoir été utilisé pour les différentes tâches de contrôle technique sur les chantiers.

2.3 - Logiciels remis à l'Administration

Les logiciels remis à la Direction des Etudes Hydrauliques sont mentionnés dans le tableau 2. La figure 2 résume les liaisons existant entre les programmes de saisie des données des forages.

2.3.1. - Chaîne HIVI

L'accélération des vitesses de foration, notamment en forage au marteau fond-de-trou où les foreuses réalisent couramment plus d'un ouvrage par jour, se traduit de plus en plus souvent par des retards, parfois très importants, dans la rédaction des rapports. Du fait de ces difficultés, on observe une tendance générale à la réduction de ces comptes-rendus, voire dans les cas extrêmes, à leur disparition pure et simple. Ces pratiques bien compréhensibles au regard de la charge de travail des surveillants de forages, n'en sont pas moins très préjudiciables aux organismes chargés de la gestion des données géologiques, tant il est vrai que les archives de forage constituent une des principales sources de leur savoir. En termes économiques, ce sont des sommes très importantes qui sont gaspillées, du simple fait que les rapports manquants ou incomplets peuvent amener à refaire une campagne de forage quelques années plus tard.

Confronté à ces problèmes dès la fin des années 1970, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) a développé une chaîne de logiciels fonctionnant sur micro-ordinateur HP 75 : la chaîne HIVI. Celle-ci constitue un outil informatique de terrain qui simplifie un grand nombre de tâches routinières au cours des campagnes de forages (fiches descriptives des ouvrages, coupes géologiques, etc). Elle contribue aussi à une plus grande rigueur dans le traitement de l'information grâce à la normalisation et à la standardisation des données requises.

La chaîne HIVI constitue actuellement une référence unique en la matière adoptée par plusieurs pays d'Afrique. La nouvelle version (2.0) remise à la Direction des Etudes Hydrauliques résulte de deux années complètes de tests et d'améliorations auxquels ont contribué de nombreux utilisateurs. Elle est composée de 26 logiciels de base interdépendants les uns des autres (cf. figure 3 et tableau 3), de 3 logiciels de traitements statistiques et de 3 logiciels assurant certaines tâches plus spécifiques (report graphique de diagraphies, interprétation des sondages électriques, constitution de figures géologiques).

Tous ces logiciels ont été cédés à la Direction des Etudes Hydrauliques dès le début du Projet. Les programmes sources ont été fournis afin que les ingénieurs nationaux puissent y apporter eux-mêmes, après une formation appropriée, les modifications qu'ils estiment nécessaires pour l'adaptation du produit au Sénégal.

2.3.2 - Programme SAIFOR

Le programme SAIFOR (Saisie des Informations sur les Forages) est issu d'un logiciel utilisé en France pour les banques de données hydrogéologiques. Il permet la saisie exhaustive sur ordinateur compatible PC de toutes les informations concernant un ouvrage après son exécution. Cette description détaillée présente un grand intérêt :

- contribution à une connaissance précise du contexte géologique et hydrogéologique des aquifères en vue de leur modélisation,
- définition des caractéristiques techniques de forages à exécuter.

Par ailleurs, ce logiciel constitue un outil précieux pour la réalisation de rapports de forages de qualité grâce aux trois fonctions principales proposées :

- saisie et mémorisation des données de forage
- édition d'un compte-rendu de forage sur imprimante
- tracé de coupes lithologique et technique.

Développé en langage Basic compilé, ce logiciel est extrêmement convivial et son utilisation ne requiert aucun compétence en informatique. Un apprentissage d'une journée suffit à en assurer la maîtrise complète. Le module de saisie est très complet : il permet à l'utilisateur de ne négliger aucune donnée importante, tout en s'adaptant très facilement à ses besoins et contraintes.

En moyenne, les temps requis pour l'élaboration d'un compte-rendu de forage avec le logiciel SAIFOR sont les suivants :

- saisie des données : de 5 à 10 minutes
- édition sur imprimante : de 2 à 10 minutes suivant l'imprimante utilisée
- dessins sur table traçante : de 10 à 20 minutes environ.

Pour réaliser des comptes-rendus complets, il suffit donc de 20 à 40 minutes par forage, dont seules les 5 à 10 minutes correspondant à la phase de saisie des données nécessitent la pleine participation de l'opérateur.

Afin de remettre à la Direction des Etudes Hydrauliques un produit parfaitement adapté au contexte administratif et hydrogéologique du Sénégal, il a été nécessaire d'effectuer certaines modifications dans le programme SAIFOR. Celles-ci ont été effectuées au cours d'une mission de consultant de trois semaines qui s'est déroulée du 8 au 28 Janvier. La version définitive du programme a été agréée par l'Administration en Mars 1987. Elle a été implantée sur l'ordinateur de la cellule de gestion au mois d'Avril 1987.

Une proposition de cession du module source de ce programme a été faite à la Direction des Etudes Hydrauliques sur sa demande. Compte-tenu du coût élevé de ce module et de la complexité du programme rendant toute modification délicate, la Direction des Etudes Hydrauliques n'a désiré acquérir que le module exécutable. Afin d'assurer l'autonomie de l'administration vis-à-vis de cette application, il lui a été remis un programme permettant de gérer les différents lexiques associés à la saisie des données de SAIFOR (programme SAILEX).

2.3.3 - Logiciels de transfert HIVI-SAIFOR

Les deux systèmes HIVI et SAIFOR ont un certain nombre d'informations en commun. Afin d'éviter des saisies inutiles au clavier, il a été développé en Juin 1987 une procédure de transfert des fichiers de la chaîne HIVI sur compatible PC. Celle-ci repose sur deux programmes BASIC élaborés dans le cadre du Projet :

- programme TRIVIS (sur HP 75) : lecture des données HIVI sur les cassettes et constitution de fichiers qui sont transférés sur le compatible PC,
- programme RENFOR (sur compatible PC) : réception sur le compatible PC des données envoyées par le programme TRIVIS et constitution de fichiers directement exploitables par le programme SAIFOR.

PROGICIELS DU COMMERCE	
QUICK BASIC DBASE III CLIPPER SURFER	Interpréteur et compilateur BASIC Système de gestion de bases de données Compilateur de programmes dBase Logiciel de tracé
LOGICIELS COMMERCIALISES PAR LE B.R.G.M.	
Chaîne HIVI SAIFOR VAL	Système de terrain permettant la saisie et le traitement des données d'une campagne de forages Saisie et traitements des informations sur les forages Modèle mathématique
PROGRAMMES DEVELOPPES DURANT LE PROJET	
TRIVIS RENFOR CONFOR SAILEX GOREE STATEL CARTEL SURNAP FISSUR	Transfert des données de la chaîne HIVI au HP 75 Réception sur compatible PC des fichiers HIVI Interprétation des données des fichiers SAIFOR dans la base "ouvrages" Gestion des lexiques utilisés par SAIFOR Gestion des bases de données "ouvrages" et "villages" Traitements statistiques élémentaires en aval de GOREE Traitements cartographiques élémentaires en aval de GOREE Suivi de la piézométrie et de la minéralisation des nappes Constitution d'un fichier SURFER à partir d'un fichier CARTEL

Tableau 2 - Logiciels remis à l'Administration dans le cadre du Projet BID

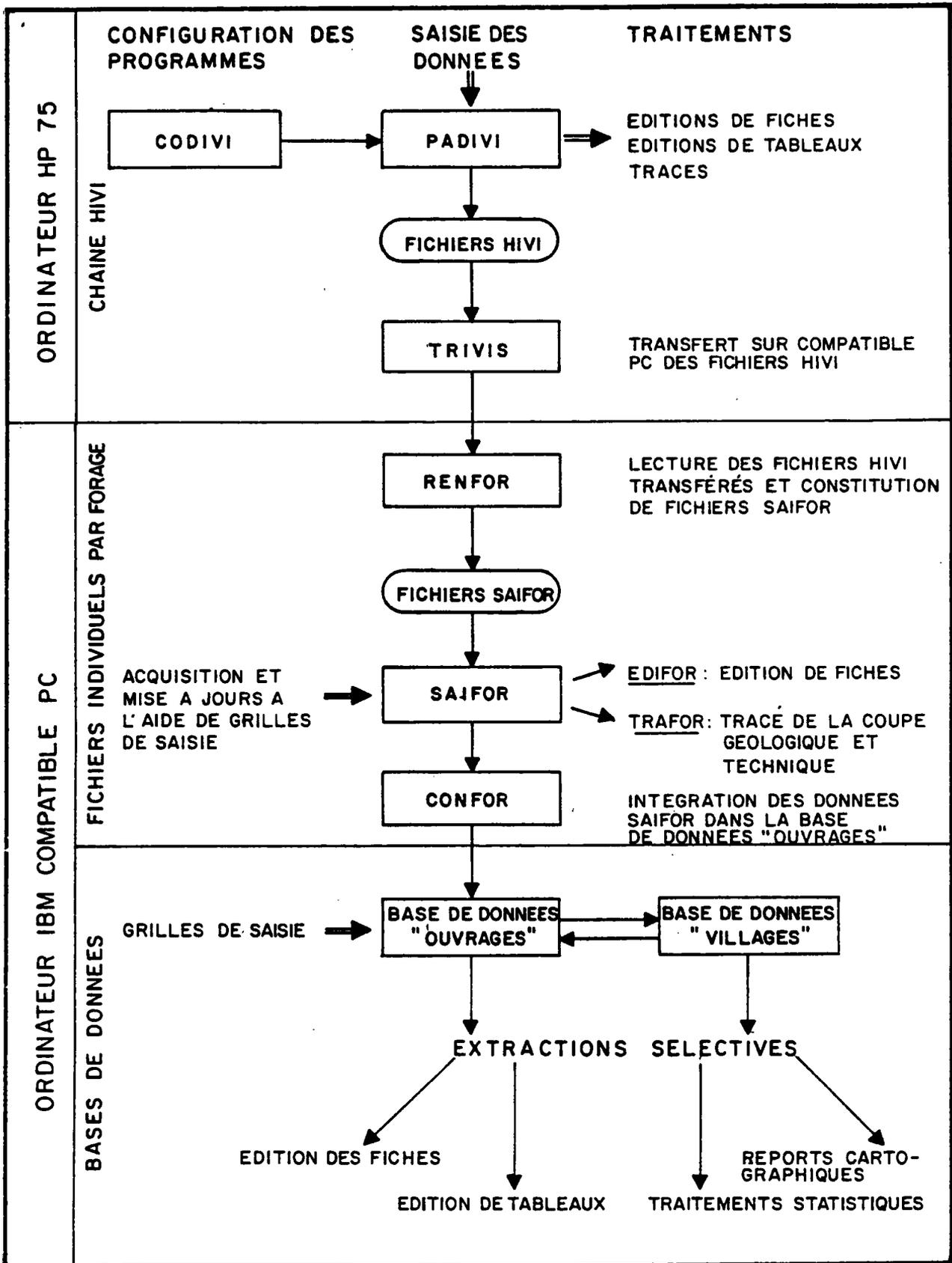


Fig. 2 - Liaisons entre les programmes

Nom du programme	Fonction du programme
CASSUC	Transfert de fichiers ou programmes entre l'ordinateur et l'unité cassette
DUPLUC	Duplication individuelle de fichiers ou programmes
INITUC	Initialisation d'une cassette destinée au stockage de fichiers de données
CODIVI	Acquisition des données et des codes spécifiques d'un marché et d'un pays en vue de l'organisation de la chaîne HIVI (édition d'un document récapitulatif)
GENIVI	Configuration d'une version de la chaîne HIVI spécifique d'un marché et d'un pays
TARIVI	Acquisition des critères de facturation et des prix unitaires d'un marché (édition d'un bordereau des prix unitaires)
PADIVI	Acquisition et correction des informations sur les ouvrages d'Hydraulique Villageoise
CATIVI	Gestion par cassette du catalogue des fichiers de données
DUPIVI	Duplication optimisée de fichiers de données avec une seule unité cassette
TOUTEC	Edition de l'ensemble des données acquises par le programme PADIVI sur une fiche unique
IMPPEC	Edition d'une fiche client de présentation soignée récapitulant les principales caractéristiques d'un ouvrage
PERFEC	Edition de l'ensemble des données acquises par le programme PADIVI sur deux fiches de présentation soignée
CHIMEC	Edition des analyses chimiques
FACTEC	Edition d'une feuille d'attachement détaillée par ouvrage (facturation automatique)
TABROC	Edition de tableaux récapitulant par thème les caractéristiques des ouvrages
METROC	Edition de deux tableaux techniques récapitulatifs des mètres et des équipements en place
CHIMOC	Edition de deux tableaux récapitulatifs des analyses chimiques.
FACTOC	Edition de deux tableaux récapitulatifs pour le suivi technique et financier des campagnes
COUPAC	Tracé des coupes géologiques et techniques des forages
CHIMAC	Tracé de diagrammes d'analyses d'eau "Schoeller Berkaloff"

Tableau 3 - Logiciels de la chaîne HIVI

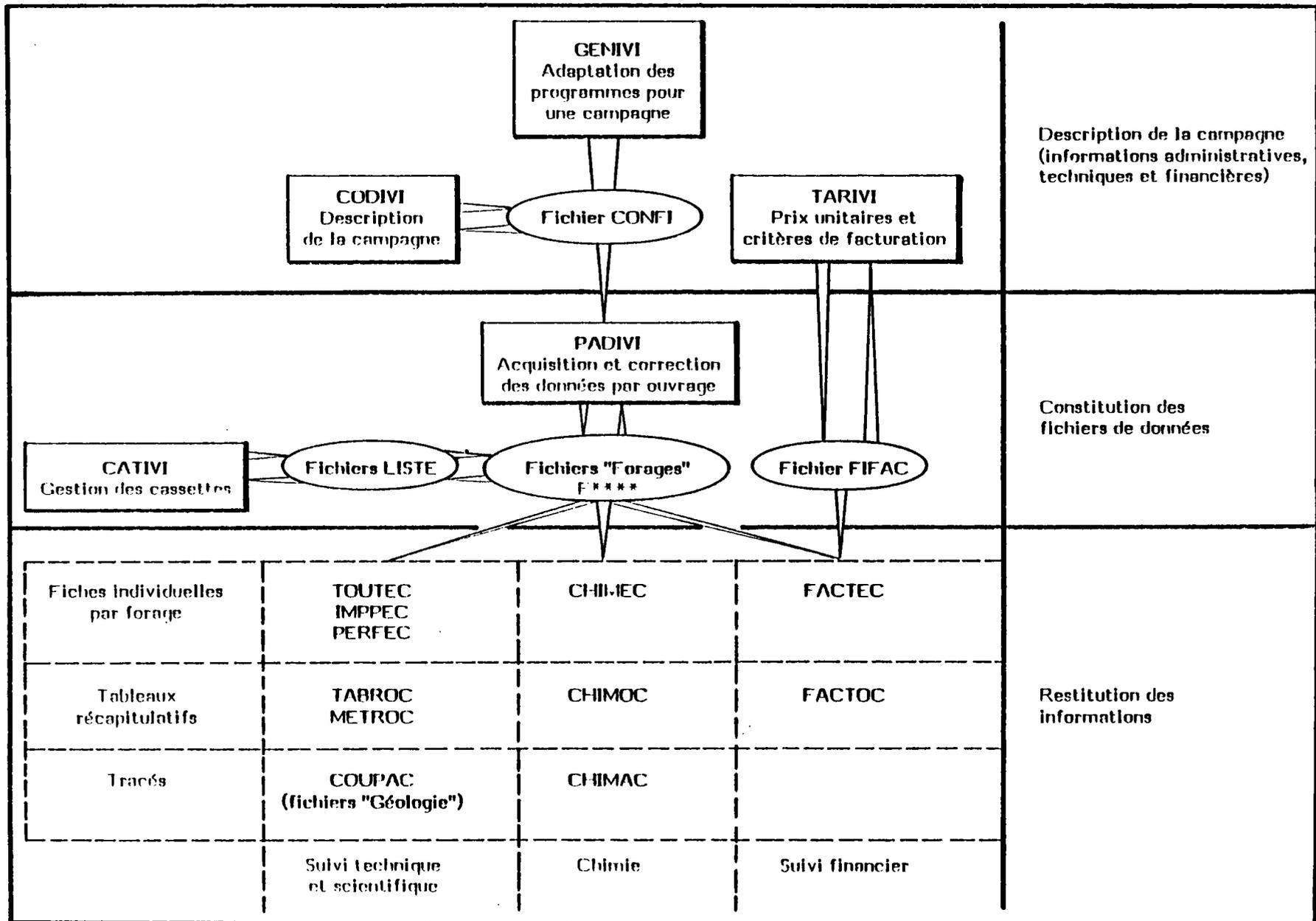


Fig. 3 - Architecture de la chaîne HIVI

2.3.4. - Logiciel GOREE

Les deux bases de données "ouvrages" et "villages" sont gérées par le logiciel GOREE qui constitue l'application la plus importante élaborée dans le cadre du Projet. Ce programme a été écrit en langage dBase III qui est actuellement la principale norme pour les bases de données implantées sur micro-ordinateur.

La première année du Projet a principalement été consacrée à une réflexion approfondie sur le contenu des bases de données à implanter (bases de données "villages" et "points d'eau"). Cette phase était en effet indispensable avant d'entreprendre la programmation à proprement parler afin de garantir une adéquation parfaite entre le produit développé et l'objectif de la cellule de gestion. C'est dans cette optique que de nombreuses réunions de concertation avec l'Administration ont été organisées. Elles ont permis de définir les champs et les différents lexiques. Cette démarche a permis de sensibiliser et responsabiliser les agents nationaux aux applications développées.

La Direction des Etudes Hydrauliques a fourni son accord définitif sur les grilles de saisies des bases de données en Juin 1987 (cf. figures 4 et 5). Le logiciel GOREE a ensuite été élaboré par le Chef de Projet avec l'appui de consultants intervenus au cours de trois missions représentant en tout 9 semaines :

- du 9 Juin au 9 Juillet 1987 : définition de la structure du logiciel, programmation des grilles de saisie et du menu permettant de gérer les bases (Yves BARTHELEMY),
- du 12 au 25 Novembre 1987 : programmation de la procédure assistée d'interrogation des bases de données et du menu général permettant d'accéder aux différents traitements (Yves BARTHELEMY),
- du 13 Mars au 2 Avril 1989 : ajout d'options complémentaires et peaufinage du logiciel (Serges PUYOO).

La base de données "ouvrages" contient les informations administratives et techniques relatives aux points d'eau, à savoir :

- identification, localisation administrative et géographique,
- dimensionnement de l'ouvrage (diamètres et profondeurs caractéristiques), contexte hydrogéologique,
- productivité de l'ouvrage, qualité de l'eau,
- caractéristiques d'exhaure, superstructures.

Cette base de données peut être alimentée en deux façons :

- à partir des fichiers de données préalablement constitués par SAIFOR,
- au clavier, par l'intermédiaire de 4 pages-écran de saisie.

La base de données "villages" regroupe toutes les informations administratives et techniques permettant de calculer les besoins et ressources en eau des localités concernées. Les données correspondantes sont entrées par l'intermédiaire de 5 pages-écran :

- identification et localisation : besoins, ressources et bilans calculés à partir des données entrées aux pages suivantes, code de priorité d'équipement,
- données démographiques : population et cheptel,
- contexte socio-économique : infrastructures sociales, industries, cultures,

- ressources hydrauliques : eaux de surface, eaux souterraines, apports par conduites,
- infrastructures hydrauliques.

Chaque ouvrage est identifié par son numéro de classement national (numéro IRH). Il en est de même pour la localité dans laquelle il est implanté (codification du Ministère de l'Intérieur basée sur les unités administratives). Les deux bases ont en commun le numéro de localité, ce qui permet de les interconnecter.

La gestion de ces informations fait appel à deux bases de données supplémentaires :

- "lexiques" : gestion des codes utilisés pour les rubriques codifiées,
- "besoins unitaires" contenant les paramètres nécessaires au calcul des besoins en eau :
 - . année de calcul à laquelle la population est évaluée
 - . taux de variation national de la population (pris par défaut pour les prévisions démographiques quand le taux de variation local n'est pas connu)
 - . besoins unitaires par habitant en milieu rural et urbain (en litres/habitant/jour)
 - . besoins unitaires par catégorie de cheptel (en litres/tête/jour)
 - . consommations journalières à l'hectare de chaque type de culture déclaré dans la base "lexiques" (en m³/hectare/jour).

Ces deux bases, gérées directement à partir du logiciel GOREE, permettent d'actualiser les paramètres et les données susceptibles d'évoluer dans le temps sans avoir à intervenir dans le logiciel.

Une méthode de calcul des besoins en eau par localité a été développée conjointement avec les agents de l'Administration. Ces besoins sont individualisés pour les quatre rubriques suivantes :

- population : le calcul s'appuie sur les résultats des recensements officiels (fournis par le Ministère de l'Intérieur) et ceux des enquêtes effectuées par d'autres organismes. Un taux de variation de la population est défini pour chaque localité. Les besoins journaliers en eau par habitant sont différenciés pour les zones urbaines et rurales ;
- cheptel : les besoins sont calculés en différenciant quatre catégories de bétail (bovidés, équidés, camelidés et ovidés/caprins) pour lesquelles on prend en compte soit les résultats des recensements du Ministère de l'Agriculture, soit ceux fournis dans le cadre d'autres enquêtes ;
- cultures : le calcul est effectué à partir de la superficie des champs et des besoins en eau à l'hectare de chaque type de culture ;
- industries : les besoins en eau des industries sont estimés directement par les enquêteurs.

Trois types de ressources sont différenciés dans la base "villages":

- eaux de surface (nature, débit prélevé, pérennité)
- eaux souterraines (forages, puits, céanes)
- conduites (ou autre mode d'échange entre localités).

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">IDENTIFICATION ET LOCALISATION</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Numéro I.R.H. Numéro marché Date fin réalis. Date réception Type ouvrage Etat ouvrage Usage de l'eau </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Numéro de localité Région Départ. Arrond. Commune Village </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Dossier instruit le par Existence d'un fichier SAIFOR : </td> <td style="padding: 5px;"> Longitude . . . " Latitude . . . " Altitude m ± Carte topo. </td> </tr> </table>	IDENTIFICATION ET LOCALISATION		Numéro I.R.H. Numéro marché Date fin réalis. Date réception Type ouvrage Etat ouvrage Usage de l'eau	Numéro de localité Région Départ. Arrond. Commune Village	Dossier instruit le par Existence d'un fichier SAIFOR :	Longitude . . . " Latitude . . . " Altitude m ± Carte topo.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">PRODUCTIVITE DE L'OUVRAGE</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">--- QUALITE DE L'EAU</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Débit en fin de foration Débit de réception Niveau statique (au repos) Pompage d'essai : débit maxi Débit spécifique Transmissivité Coefficient d'emmagasinement </td> <td style="padding: 5px; vertical-align: top;"> m3/h m3/h m/sol m3/h durée h m3/h/m , soit m3/s/m m2/s </td> <td style="padding: 5px;"> Température de la nappe °C pH in situ pH en laboratoire Conductivité à 20°C µS/cm Résidu sec mg/l </td> <td style="padding: 5px; vertical-align: top;"> Chlorures mg/l Fluorures mg/l Nitrates mg/l Fer mg/l </td> </tr> </table>	PRODUCTIVITE DE L'OUVRAGE		--- QUALITE DE L'EAU		Débit en fin de foration Débit de réception Niveau statique (au repos) Pompage d'essai : débit maxi Débit spécifique Transmissivité Coefficient d'emmagasinement	m3/h m3/h m/sol m3/h durée h m3/h/m , soit m3/s/m m2/s	Température de la nappe °C pH in situ pH en laboratoire Conductivité à 20°C µS/cm Résidu sec mg/l	Chlorures mg/l Fluorures mg/l Nitrates mg/l Fer mg/l																																														
IDENTIFICATION ET LOCALISATION																																																													
Numéro I.R.H. Numéro marché Date fin réalis. Date réception Type ouvrage Etat ouvrage Usage de l'eau	Numéro de localité Région Départ. Arrond. Commune Village																																																												
Dossier instruit le par Existence d'un fichier SAIFOR :	Longitude . . . " Latitude . . . " Altitude m ± Carte topo.																																																												
PRODUCTIVITE DE L'OUVRAGE		--- QUALITE DE L'EAU																																																											
Débit en fin de foration Débit de réception Niveau statique (au repos) Pompage d'essai : débit maxi Débit spécifique Transmissivité Coefficient d'emmagasinement	m3/h m3/h m/sol m3/h durée h m3/h/m , soit m3/s/m m2/s	Température de la nappe °C pH in situ pH en laboratoire Conductivité à 20°C µS/cm Résidu sec mg/l	Chlorures mg/l Fluorures mg/l Nitrates mg/l Fer mg/l																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">DIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> ETAT FINAL DE L'OUVRAGE </td> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diamètre (mm)</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>Prof. (m/sol)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> PROFONDEUR D'INVESTIGATION : PROFONDEUR D'EQUIPEMENT : POSITION DES CREPINES de </td> <td style="padding: 5px;"> m/sol m/sol à m/sol </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> GEOMORPHOLOGIE : DIRECTIONS DE FRACTURATION principale: . secondaire: . </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">AQUIFERE</th> <th style="width: 25%;">PRINCIPAL</th> <th style="width: 25%;">SECONDAIRE</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Identification Prof. du toit (m/sol) mur (m/sol) Faciès de l'aquifère Type de l'aquifère Nature de la nappe </td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </td> <td></td> </tr> </table>	DIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE		ETAT FINAL DE L'OUVRAGE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diamètre (mm)</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>Prof. (m/sol)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Diamètre (mm)				Prof. (m/sol)				PROFONDEUR D'INVESTIGATION : PROFONDEUR D'EQUIPEMENT : POSITION DES CREPINES de	m/sol m/sol à m/sol	GEOMORPHOLOGIE : DIRECTIONS DE FRACTURATION principale: . secondaire: .		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">AQUIFERE</th> <th style="width: 25%;">PRINCIPAL</th> <th style="width: 25%;">SECONDAIRE</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Identification Prof. du toit (m/sol) mur (m/sol) Faciès de l'aquifère Type de l'aquifère Nature de la nappe </td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	AQUIFERE	PRINCIPAL	SECONDAIRE	Identification Prof. du toit (m/sol) mur (m/sol) Faciès de l'aquifère Type de l'aquifère Nature de la nappe				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">CARACTERISTIQUES D'EXHAURE</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">--- SUPERSTRUCTURES</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> A la date du / / l'ouvrage est exploité </td> <td style="padding: 5px;"> heures/jour mois/an </td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Débit d'exploitation (m3/j) : </td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Date d'installation de la pompe : / / </td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">P</th> <th style="width: 25%;">O</th> <th style="width: 25%;">M</th> <th style="width: 25%;">P</th> <th style="width: 25%;">E</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Marque Profondeur de la crépine Débit nominal Source d'énergie </td> <td></td> <td style="padding: 5px;"> Type m/sol m3/h </td> <td></td> <td style="padding: 5px;"> Puissance kw </td> </tr> </table> </td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Margelle (O/N) Antibourbier (O/N) Captage en abri (O/N) </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Réservoir m3 Débit exporté m3/j </td> </tr> </table> </td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	CARACTERISTIQUES D'EXHAURE		--- SUPERSTRUCTURES		A la date du / / l'ouvrage est exploité	heures/jour mois/an			Débit d'exploitation (m3/j) :				Date d'installation de la pompe : / /				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">P</th> <th style="width: 25%;">O</th> <th style="width: 25%;">M</th> <th style="width: 25%;">P</th> <th style="width: 25%;">E</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Marque Profondeur de la crépine Débit nominal Source d'énergie </td> <td></td> <td style="padding: 5px;"> Type m/sol m3/h </td> <td></td> <td style="padding: 5px;"> Puissance kw </td> </tr> </table>	P	O	M	P	E	Marque Profondeur de la crépine Débit nominal Source d'énergie		Type m/sol m3/h		Puissance kw				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Margelle (O/N) Antibourbier (O/N) Captage en abri (O/N) </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Réservoir m3 Débit exporté m3/j </td> </tr> </table>	Margelle (O/N) Antibourbier (O/N) Captage en abri (O/N)	Réservoir m3 Débit exporté m3/j			
DIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE																																																													
ETAT FINAL DE L'OUVRAGE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Diamètre (mm)</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>Prof. (m/sol)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Diamètre (mm)				Prof. (m/sol)																																																							
Diamètre (mm)																																																													
Prof. (m/sol)																																																													
PROFONDEUR D'INVESTIGATION : PROFONDEUR D'EQUIPEMENT : POSITION DES CREPINES de	m/sol m/sol à m/sol																																																												
GEOMORPHOLOGIE : DIRECTIONS DE FRACTURATION principale: . secondaire: .																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">AQUIFERE</th> <th style="width: 25%;">PRINCIPAL</th> <th style="width: 25%;">SECONDAIRE</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Identification Prof. du toit (m/sol) mur (m/sol) Faciès de l'aquifère Type de l'aquifère Nature de la nappe </td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	AQUIFERE	PRINCIPAL	SECONDAIRE	Identification Prof. du toit (m/sol) mur (m/sol) Faciès de l'aquifère Type de l'aquifère Nature de la nappe																																																									
AQUIFERE	PRINCIPAL	SECONDAIRE																																																											
Identification Prof. du toit (m/sol) mur (m/sol) Faciès de l'aquifère Type de l'aquifère Nature de la nappe																																																													
CARACTERISTIQUES D'EXHAURE		--- SUPERSTRUCTURES																																																											
A la date du / / l'ouvrage est exploité	heures/jour mois/an																																																												
Débit d'exploitation (m3/j) :																																																													
Date d'installation de la pompe : / /																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">P</th> <th style="width: 25%;">O</th> <th style="width: 25%;">M</th> <th style="width: 25%;">P</th> <th style="width: 25%;">E</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Marque Profondeur de la crépine Débit nominal Source d'énergie </td> <td></td> <td style="padding: 5px;"> Type m/sol m3/h </td> <td></td> <td style="padding: 5px;"> Puissance kw </td> </tr> </table>	P	O	M	P	E	Marque Profondeur de la crépine Débit nominal Source d'énergie		Type m/sol m3/h		Puissance kw																																																			
P	O	M	P	E																																																									
Marque Profondeur de la crépine Débit nominal Source d'énergie		Type m/sol m3/h		Puissance kw																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Margelle (O/N) Antibourbier (O/N) Captage en abri (O/N) </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Réservoir m3 Débit exporté m3/j </td> </tr> </table>	Margelle (O/N) Antibourbier (O/N) Captage en abri (O/N)	Réservoir m3 Débit exporté m3/j																																																											
Margelle (O/N) Antibourbier (O/N) Captage en abri (O/N)	Réservoir m3 Débit exporté m3/j																																																												

Fig. 4 „Grilles de saisie de la base de données "points d'eau"

A partir de l'ensemble de ces valeurs, le programme GOREE calcule automatiquement le bilan total et le bilan en eau potable pour chaque village. Il est ainsi possible d'identifier les localités ou secteurs déficitaires.

Les deux bases "ouvrages" et "villages" sont liées entre elles. Toute intervention dans une fiche village entraîne l'analyse de la base "ouvrages" afin de récupérer le nombre de forages répertoriés et le débit prélevé. Le bilan est ainsi ajusté automatiquement. Par ailleurs, toute création, correction, annulation d'une fiche ouvrage est immédiatement répercutée sur le bilan calculé par fiche village. Par conséquent, la base "villages" est en permanence à jour vis-à-vis de la base "ouvrages".

GOREE offre de nombreux traitements qui permettent d'exploiter de façon optimale les deux bases "ouvrages" et "villages".

- 1) Sélection des données : un puissant module de sélection coiffe les deux bases. D'un maniement très simple, il permet à l'utilisateur de procéder à sa guise à toutes les interrogations qu'il désire, aussi complexes soient-elles, en formulant les questions en langage clair. En réponse, le logiciel affiche le nombre d'enregistrements sélectionnés (nombre de points d'eau ou de localités vérifiant les critères de sélection) et le nombre d'enregistrements "renseignés" (un enregistrement "renseigné" est un enregistrement pour lequel les champs figurant dans les critères de sélection contiennent une information).
- 2) Edition des données : à tout moment, avant ou après sélection, l'utilisateur peut afficher à l'écran, éditer sur imprimante ou copier dans un fichier les données des bases sous la forme appropriée :
 - . fiches individuelles par enregistrement sur lesquelles figurent l'intégralité des données saisies (cf. figures 6 et 7)
 - . liste générale simplifiée permettant d'identifier les enregistrements (cf. figures 8 et 9)
 - . tableaux récapitulatifs synthétiques (cf. figures 10 et 11): ces tableaux préformatés permettent d'avoir rapidement les principales informations sur les enregistrements sélectionnés. Le tableau synthétique des points d'eau peut être utilisé directement par la Direction des Etudes Hydrauliques pour les inventaires des forages d'eau du Sénégal publiés annuellement
 - . tableaux libres : l'utilisateur choisit lui-même les variables à restituer et l'ordre dans lequel elles doivent être présentées (avec possibilité de combiner plusieurs champs entre eux). Le programme assure la mise en page automatiquement. Ce module offre donc une grande liberté aux utilisateurs qui peuvent ainsi se constituer des tableaux adaptés à leurs besoins.
- 3) Calcul des besoins et ressources pour un secteur administratif donné pouvant aller de la région à la communauté rurale. Ces bilans sectoriels permettent de cerner les zones défavorisées où des équipements s'imposent.
- 4) Constitution de fichiers "statistiques" et "cartographiques" en vue du traitement des données. Là aussi, l'utilisateur définit les variables à traiter avec la possibilité de les combiner entre elles. Les programmes STATEL et CARTEL sont appelés automatiquement par GOREE sans qu'il soit nécessaire d'interrompre l'application. Les fichiers constitués peuvent être conservés en vue de traitements ultérieurs individuels en dehors de GOREE.

Numéro I.R.H. :	Numéro de localité :						
Numéro marché : Date fin réalis. : / / Date réception : / / Type ouvrage : Etat ouvrage : Usage de l'eau :	Région : Départ. : Arrond. : Commune : Village :						
Dossier instruit le / / par Existence d'un fichier SAIFOR :	Longitude : Longitude : Altitude : Carte topo. :						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">ETAT FINAL DE L'OUVRAGE</td> <td style="width: 25%;">Diamètre (mm) Prof. (m/sol)</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>		ETAT FINAL DE L'OUVRAGE	Diamètre (mm) Prof. (m/sol)				
ETAT FINAL DE L'OUVRAGE	Diamètre (mm) Prof. (m/sol)						
PROFONDEURS Investigation: CREPINES Sommet :	Equipement: Base :						
Contexte géomorphologique : Directions de fracturation:							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">AQUIFERE</th> <th style="width: 30%;">PRINCIPAL</th> <th style="width: 30%;">SECONDAIRE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Nom de l'aquifère Prof. du toit (m/sol) mur (m/sol) Faciès de l'aquifère Type de l'aquifère Nature de la nappe </td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		AQUIFERE	PRINCIPAL	SECONDAIRE	Nom de l'aquifère Prof. du toit (m/sol) mur (m/sol) Faciès de l'aquifère Type de l'aquifère Nature de la nappe		
AQUIFERE	PRINCIPAL	SECONDAIRE					
Nom de l'aquifère Prof. du toit (m/sol) mur (m/sol) Faciès de l'aquifère Type de l'aquifère Nature de la nappe							
Débit de réception : Niveau statique (au repos) : Pompage d'essai: débit maxi:							
	rabattement :						
Débit spécifique : Transmissivité :	Coeff. emmag.:						
Température de la nappe : pH in situ : pH en laboratoire : Conductivité à 20°C : Résidu sec :	Chlorures : Fluorures : Nitrates : Fer total :						
A la date du / / l'ouvrage est exploité: h/jour, mois/an Débit d'exploitation : Date d'installation de la pompe : / /							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">P O M P E</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;"> Marque : Type : Energie : </td> <td style="width: 50%;"> Profondeur crépine : Débit nominal : Puissance : </td> </tr> </table>		P O M P E		Marque : Type : Energie :	Profondeur crépine : Débit nominal : Puissance :		
P O M P E							
Marque : Type : Energie :	Profondeur crépine : Débit nominal : Puissance :						
Margelle : Antibourbier : Captage en abri :	Réservoir : Débit exporté : soit :						

Fig. 6 - Fiche individuelle "ouvrages"

Numéro de localité: | | | |

FICHE LOCALITE / PAGE 1

Région : Longitude :
 Département : Longitude :
 Arrondissement : Altitude :
 Commune : Carte topo. :
 Village :

Dossier mis à jour le : / /
 Source des informations :

CHEPTTEL	Bovidés	Equidés	Canélidés	Ovidés
Recensement 19				
Estimation 19				
Tendance				

POPULATION

Recensement 19 :	MIGRATION apport :
Estimation 19 :	exode :
Taux de variation :	ETHNIE principale :
	secondaire :

INFRASTRUCTURES

Nombre de marchés par mois :
 Nombre de classes d'école :
 Nombre de postes de santé :
 Nombre de lieux de culte :
 Nombre de services publics :

INDUSTRIES

Industries :
 Consommation moyenne :

CULTURES	NATURE	TYPE	SUPERFICIE
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Direction des Etudes Hydrauliques du Sénégal

Logiciel BRGM - 1987

Numéro de localité: | | | |

FICHE LOCALITE / PAGE 2

	Eaux de surface	PERENNITE	PRELEVEMENT	USAGE DE L'EAU
1				
2				

Eaux SOUTERRAINES	NOMBRE	PRELEVEMENT
Ouvrages principaux répertoriés Puits traditionnels Céanes		

	DEBIT IMPORTE	ORIGINE		DEBIT EXPORTE	DESTINATION
1			1		
2			2		

POMPES manuelles : Bornes fontaines :
 animales : Branchements privés :
 thermiques :
 électriques :
 Châteaux d'eau : nombre : capacité totale :
 Réservoirs au sol : nombre : capacité totale :
 Ouvrages susceptibles d'être équipés: forages :
 puits :

BESOINS	RESSOURCES
Population :	Eaux de surface :
Cheptel :	Eaux souterraines:
Cultures :	Conduite(s) :
Industries :	
TOTAL :	TOTAL :

BILAN TOTAL :
BILAN A.E.P. :
Priorité :

Direction des Etudes Hydrauliques du Sénégal

Logiciel BRGM - 1987

Fig. 7 -Fiche individuelle "villoges"

BASÉ "OUVRAGES": EXEMPLE DE LISTE GENERALE

Page 1/ 14

N°	I	R	H	N°	Localité	Localité	Longitude	Latitude	Type	Prof.
01	6X	0001		04	2 3 1 054	MBOUDOUME	16°05'20"	16°22'10"	Pz	
01	6X	0002		04	2 3 1 054	MBOUDOUME	16°06'05"	16°23'20"	Pz	
01	6X	0003		04	2 3 1 054	MBOUDOUME	16°05'50"	16°21'40"	Pz	
01	6X	0004		04	2 3 1 054	MBOUDOUME	16°07'00"	16°23'35"	Pz	
01	6X	0005		04	2 3 2 011	OULAD RAHMAN	16°08'40"	16°39'55"	Pz	
01	8X	0001		04	1 0 1 001	SAINT-LOUIS	16°29'50"	16°01'00"		
01	9X	0001		04	2 3 1 006	TOUNDOU BESS	16°19'20"	16°11'00"	FO	
01	9X	0002		04	2 3 1 038	GOGNO FALL (16°17'48"	16°12'04"	Pu	

Fig. 8 -Base "ouvrages": exemple de liste générale

BASE "VILLAGES": EXEMPLE DE LISTE GENERALE

Page 1/ 43

Numéro localité	Localité	OUVRAGES		Bilan total	Bilan A.E.P.	Pri.
		nb	prélev.			
04 4 1 1 001	AERE LAO	4	52.0	-96.7	-84.7	A9
04 4 1 1 004	AERE POSTE			-28.2	-30.0	A0
04 4 1 1 005	AERE WOURO DIERI			-68.7	-23.9	T0
04 4 1 1 006	AVGALI	1	100.0	-74.9	47.2	
04 4 1 1 007	BODE	1	5.0	-34.1	-28.1	A9
04 4 1 1 008	BOKI	2	15.0	-35.3	-34.3	A9
04 4 1 1 009	COGGA			-22.2	-23.9	A0
04 4 1 1 010	DIARANGUEL			-4.8	-6.8	A9

Fig. 9 -Base "villages": exemple de liste générale

N°	I.R.H.	Localité	Marché	Type ouv.	Date exéc.	Aquif.	Prof. inves. (m)	Niveau stat. (m)	Débit maxi. (m3/h)	Rabat. (m)	Débit spec. (m3/h/m)	Chamb. Diam (mm)	pomp. Prof (m)	Prof. Sup. (m)	crép. Imf. (m)	Résidu sec (mg/l)	Chlor. mg/l	Fluo. mg/l	Débit pré-l. (m3/j)	Type pompe
20	1X	0002	DOUGUE	T/41/F.M	Fo	04/87	101		48.5	18.11	24.12	219	48	48	68	80	7	0.1		
20	4X	0001	GOUTTA CEBBE	T/41/F.M	Fo	11/84	60	-0.39	12.4			125	40	40	60					
20	5X	0001	DALAFING	T/130/F.M	Fo	05/78	80	-0.72	4.5	44.15	0.16	152	42			358	10	0.6		
20	5X	0002	BELY WANE DAKA	T/41/F.M	Fo	11/84	45	-0.59				148	45	28	45					
20	5X	0003	GALLO	T/41/F.M	Fo	11/84	63	-0.67				148	63	40	63					
20	5X	0004	BOUTOUCOUFAR	T/41/F.M	Fo	11/84	59	-0.67				180	26	47	58					
20	5X	0005	KOUFADOU	T/41/F.M	Fo		52	-0.60				148	50	39	50					
20	6X	0001	DIALAKOTIBA	T/41/F.M	Fo	12/84	50	-0.78				112	50	32	50					
20	6X	0002	HERE MAKHONO	T/41/F.M	Fo	12/84	43	-0.70				180	15	19	42					
20	6X	0003	SANDING COUNDA	T/41/F.M	Fo		39	-0.71				180	13	15	38					
20	7X	0001	NIKOLO KOBA	T/130/F.M.	Fo	05/78	60	-0.70	9.5			102	23			266	7	0.2		
20	9X	0001	BRANSAN	T/130/F.M.	Fo	02/78	50	-0.70	15.3			152	31			160	4	0.2		
20	9X	0002	KAYAN	T/130/F.M.	Fo	05/78	60	-0.70	16.0			102	27			820	31	0.2		
20	9X	0003	MADINA BRANSAN	T/41/F.M	Fo	12/84	60	-0.71				125	54	37	54					
20	9X	0004	MAMAKHONO	T/41/F.M	Fo	12/84	86	-0.88				200	1	23	85					
20	9X	0005	BAMBARAYA	T/41/F.M	Fo	12/84	68	-0.55				112	67	22	50					
20	9X	0006	MAMAKHONO	T/41/F.M	Fo	12/84	79	-0.83				112	79	28	79					
21	7X	0001	DIAKHALING	Fo	12/84		63					200	9							
21	7X	0002	SAMBRAMBOUGOU	Fo	12/84		35					112	35	18	35					
21	7X	0003	DIAKHALING	Fo	12/84		36		40.0			112	36	17	36					
21	7X	0006	DALOTO	Fo	11/84		45		12.0			152	45	38	43					
25	3X	0001	DALABA	Fo	06/79		50					152	40	10	40					
25	3X	0002	MADINA-BOYNI	116C/29/FM	Fo	04/77	73		1.8			102	52			334	5	0.1		
26	2X	0001	BANIOMBA	T/74/FM	Fo	04/81	50		4.8	26.25	0.36	101	39			386	19	0.1		
26	2X	0002	BATRANKE	T/74/FM	Fo	04/81	32		4.5	14.18	0.36	101	27			204	11	0.3		
26	3X	0001	BATANT A-TANDA	116C/29/FM	Fo	03/77	35		6.4			101	34			416	34	0.3		
26	4X	0001	KOTE	Fo	05/77															
26	4X	0002	KOTE	116C/29/FM	Fo	05/77	80		5.8			152	56	56	79	212	8	0.2		
26	4X	0003	SALEMATA	Fo																
26	5X	0001	TIABEDJI	116C/29/FM	Fo	03/77	51		17.0			101	47			344	11	0.1		
26	5X	0002	PELEL KINDESSA	116C/29/FM	Fo	03/77	43		10.5			101	40			336	3	0.1		
26	5X	0003	NEPINE DIAKHA	116C/29/FM	Fo	05/77	42		7.2			101	28			420	4	0.2		
26	5X	0004	GOUNBAMBERE	116C/29/FM	Fo	05/77	51		52.2			101	36			324	10	0.1		
26	6X	0001	BANDAFASSI-PEUL	116C/29/FM	Fo	03/77	51		47.0			101	54			300	6	0.1		
26	6X	0002	FONGOLIMBI	T/130/F.M	Fo	05/77	85		10.9			152	1			314	6	0.1		

Fig. 10 _Exemple de tableau synthétique de la base "ouvrages"

Numéro localité	Région	Département	Arrondissement	Communauté rurale	Village	RECENSEMENT		OUVRAGES		Bilan total (m3/j)	Bilan A.E.P. (m3/j)	Pr.
						Année	Popul. (hab.)	nbre	prel. (m3/j)			
04 3 2 2 001	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	BINKE							
04 3 2 2 002	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	BOKISSABOUDOU	80	269			44	5	
04 3 2 2 003	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	BOYNADJI RUMDE	80	935	2		92	26	
04 3 2 2 004	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	BOYNADJI SINTHIOU	80	1227	2		-84	-12	
04 3 2 2 005	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	DIENGA	80	177			5	1	
04 3 2 2 006	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	FETE NIEBE	80	164	1		-38	2	
04 3 2 2 007	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	GOUREL MOUSSA					-4	-3	
04 3 2 2 008	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	HONTOR BE	80	49			7	17	
04 3 2 2 009	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	KOUNDEL	80	483			-17	-15	
04 3 2 2 010	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	MOGO YALALBE	80	153			-5	6	04
04 3 2 2 011	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	NABADJI CIVOL	80	1054			-147	-28	
04 3 2 2 012	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	NABADJI MBAL	80	211			-19	12	
04 3 2 2 013	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	NDOULOUMADY DEMBE	80	1937			-154	-42	
04 3 2 2 014	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	NDOULOUMADY FOUNEBE	80	788			-43	-15	
04 3 2 2 015	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	NGUEYENE	80	242			-1	14	
04 3 2 2 016	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	PAMBINABE	80	93			16	16	
04 3 2 2 017	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	SARADJI	80	27			-17		
04 3 2 2 018	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	SEDO ABASSE	80	567			-52	-6	
04 3 2 2 019	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	SEDO SANDARABE	80	8			-1	1	
04 3 2 2 020	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	SEDO SEBE	80	764	1		-119	14	
04 3 2 2 021	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	SINTHIOU BRA	80	54			-2	6	
04 3 2 2 022	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	SINTHIOU MOGO	80	722			-21	4	
04 3 2 2 023	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	SINTHIOU TAPSIROU	80	91			-11	-2	
04 3 2 2 024	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	THIARENE	80	422			-14	-8	
04 3 2 2 025	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	THIOBALEL NABADJI	80	269			-38	-11	
04 3 2 2 026	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	TIGUERE CIRE	80	592			-42	-24	
04 3 2 2 027	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	TIGUERE YENE	80	370			-24	-11	
04 3 2 2 028	SAINT LOUIS	MATAM	OUROSSOGUI	NABADJI CIVOL	WOUDOUROU	80	881			-56	-45	

Fig. 11 _Exemple de tableau synthétique des localités

Par ailleurs, le logiciel GOREE comporte plusieurs modules utilitaires permettant d'effectuer de façon assistée un certain nombre de tâches spécifiques aux bases de données :

- gestion d'un fichier de configuration permettant de définir le type de l'écran et certaines options d'utilisation du programme (dimension des documents édités, enchaînement automatique des pages, etc)
- régénération des fichiers "index"
- sauvegarde et récupération automatique des bases de données. Ces options permettent de s'affranchir des procédures DOS (BACKUP et RESTORE) qui ne sont pas toujours compatibles d'un ordinateur à l'autre. Elles seront très utiles pour que d'autres directions du Ministère de l'Hydraulique puissent récupérer les mises à jour des bases "ouvrages" et "villages" gérées par la cellule de gestion.

2.3.5. - Programme STATEL

Le programme STATEL permet d'effectuer des traitements statistiques élémentaires sur des données numériques extraites des bases de données "ouvrages" et "villages". Les traitements proposés sont les suivants :

- calcul des paramètres statistiques élémentaires (cf. figure 12)
- histogrammes (cf. figure 13)
- construction de diagrammes binaires (cf. figure 14).

Les fichiers traités par STATEL sont constitués automatiquement par le logiciel GOREE. Chaque fichier peut contenir dix variables différentes au maximum. Le nombre de mesures n'est pas limité.

Le nom et l'unité de chacune des variables sont lus dans le fichier et restitués sur les différents graphiques afin que ceux-ci soient directement exploitables.

Le résultat de chaque traitement est d'abord visualisé à l'écran avant d'être éventuellement dessiné à la table traçante. Les documents sont édités de façon soignée en format A4 afin de pouvoir être insérés dans les rapports.

Le déroulement du programme est le suivant :

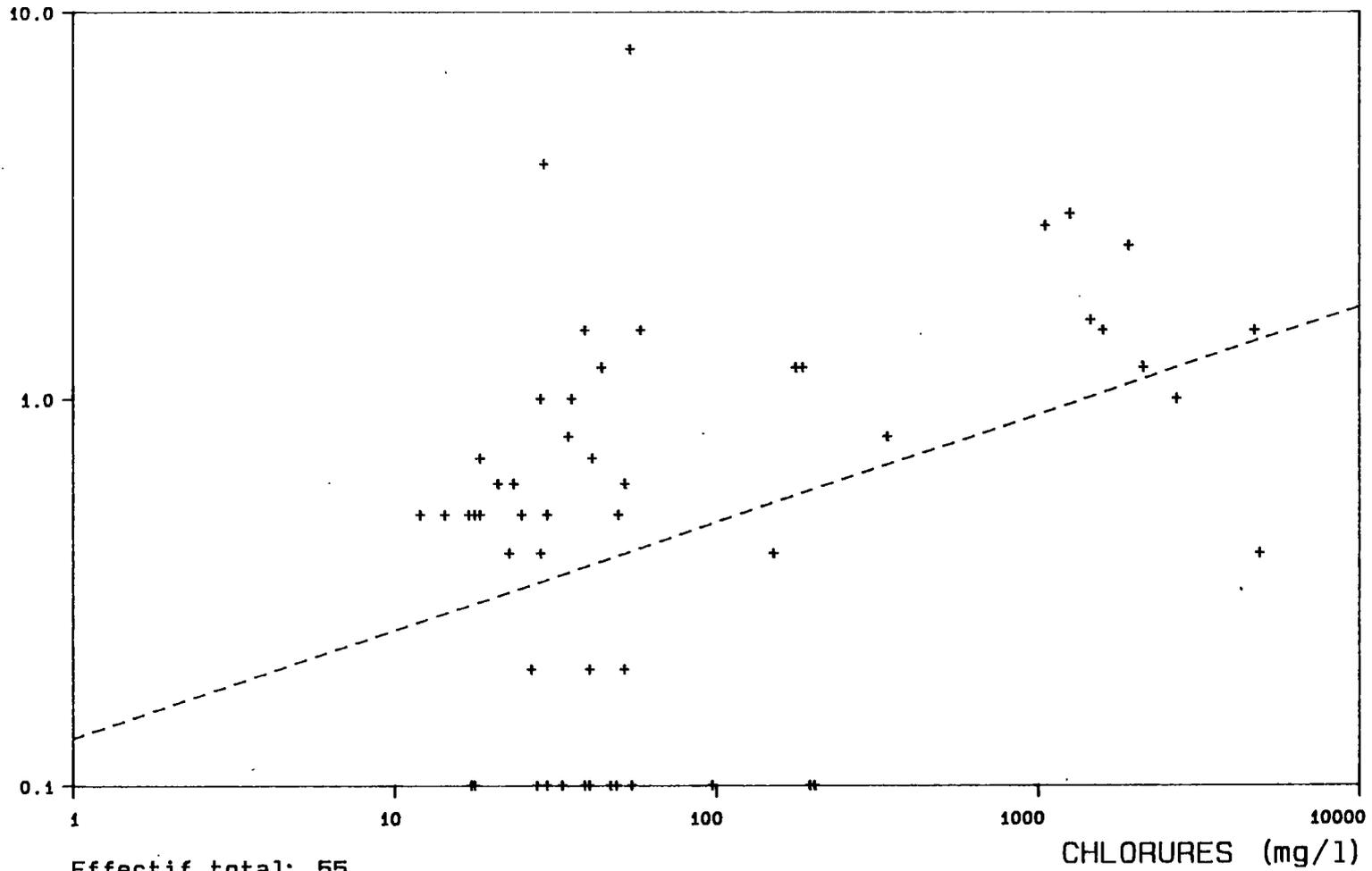
- choix du fichier de données à traiter
- choix du traitement à effectuer
- choix des variables à traiter
- pour chaque variable : définition des paramètres nécessaires au traitement (borne inférieure et supérieure, nombre de classes)
- lecture des données dans le fichier
- visualisation de contrôle à l'écran des résultats des traitements
- édition éventuelle de ces résultats à l'imprimante ou au traceur
- retour à l'une des options du menu.

2.3.6 - Programme CARTEL

Le programme permet d'effectuer des traitements cartographiques élémentaires sur des données numériques extraites des bases de données "ouvrages" et "villages".

FLUORURES (mg/l)

Coefficient de corrélation: 0.386



Effectif total: 55

Droite de regression: LOG (Y) = 0.279 LOG (X) - 0.876

Logiciel BRGM (1988)

Fig. 14 _Programme STATEL: Exemple de diagramme binaire

Les traitements proposés sont les suivants :

- report des points : visualisation par un symbole de la position d'un point
- représentation discontinue d'une variable après discrétisation en plusieurs classes représentées graphiquement par des symboles de taille différente (cf. figure 15)
- tracé d'isovaleurs après interpolation selon un maillage régulier.

Les fichiers traités par CARTEL sont constitués automatiquement par le programme GOREE. Chaque fichier ne contient les variables que d'une seule variable. Toutes les informations permettant d'identifier le fichier sont rappelées à l'écran. Le nombre maximal de points pouvant être traité est égal à 2.000.

Le déroulement du programme est le suivant :

- choix du fichier de données à traiter
- définition de la zone à cartographier (coordonnées et échelle)
- définition des options définissant la présentation de la carte (format, rotation des axes, etc)
- choix du traitement cartographique à effectuer
- définition des paramètres propres au traitement retenu
- visualisation de contrôle à l'écran (uniquement pour l'interpolation)
- tracé de la carte au traceur après avoir précisé la plume à utiliser
- report éventuel de la légende
- retour au menu définissant le traitement à effectuer.

La structure du programme CARTEL permet d'effectuer successivement plusieurs traitements sur un même fichier sans avoir à redéfinir les paramètres régissant la zone cartographiée et la présentation.

Le programme FISSUR, développé en aval de CARTEL, permet de reformater les fichiers cartographiques constitués par GOREE afin que ceux-ci soient directement exploitables par le progiciel SURFER.

2.3.7 - Programme SURNAP

Le programme SURNAP assure la saisie, la correction, l'édition et la restitution graphique de données historiques mesurées sur des piézomètres de contrôle. Il permet ainsi le suivi de la piézométrie et de la qualité des eaux d'une nappe.

Les variables traitées sont les suivantes :

- niveau piézométrique (en mètres)
- conductivité (en micro-siemens/cm)
- résidu sec (concentration en mg/l)
- chlore (concentration en mg/l).

L'acquisition des données est effectuée en mode conversationnel assisté. L'ordinateur pose les questions clairement formulées et accompagnées de commentaires. Les informations entrées par l'utilisateur sont vérifiées au fur et à mesure de leur saisie, ce qui évite d'une part les interruptions inopinées du programme dues à des réponses informatiquement incorrectes, d'autre part garantit la cohérence des données.

Il est constitué un fichier de données par piézomètre. Chaque ligne de ce fichier contient les informations d'un relevé (date + mesures).

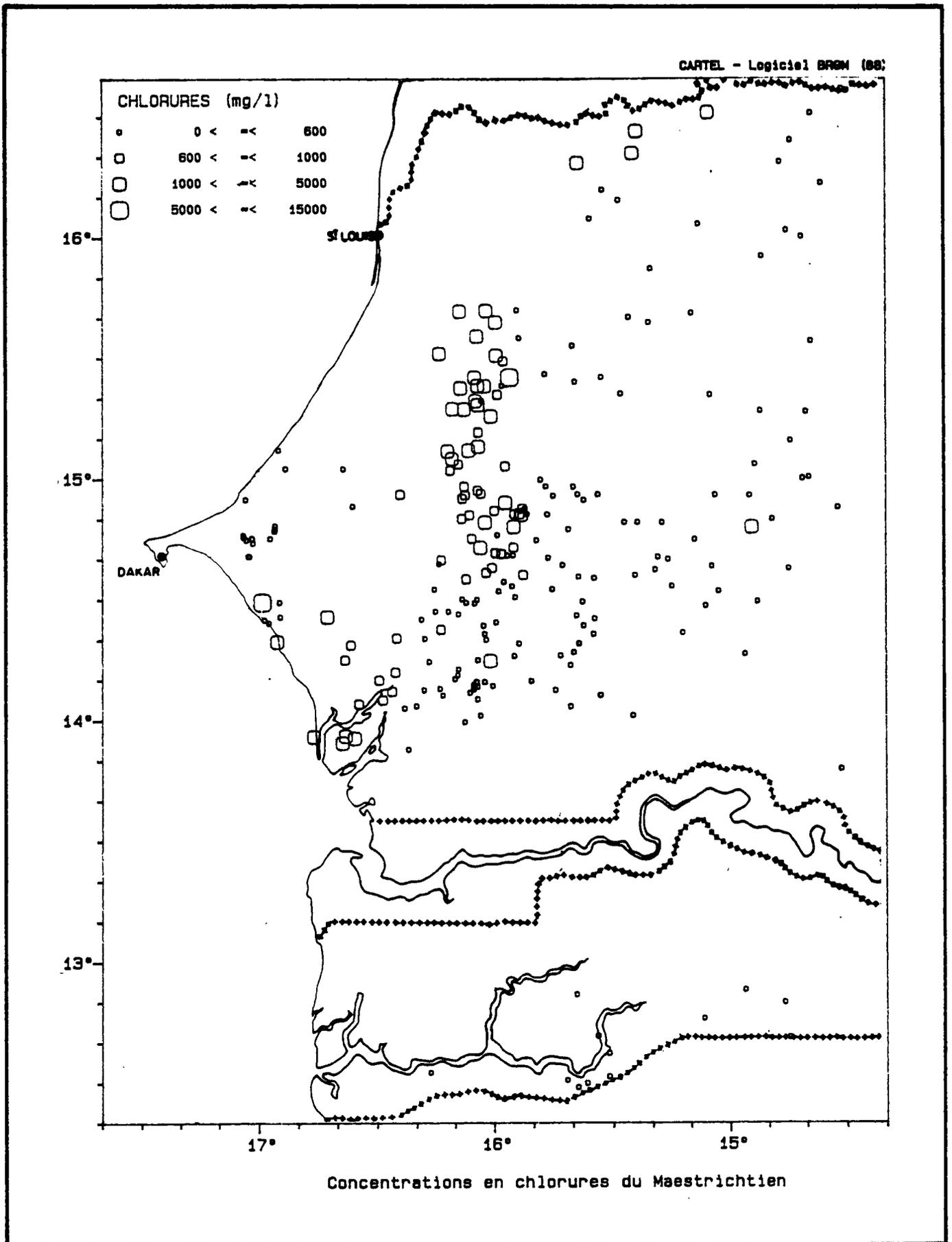


Fig. 15 Exemple de carte réalisée avec le logiciel CARTEL

Un fichier-maître contient la liste des fichiers de données et l'ensemble des informations permanentes sur les piézomètres (nom de l'ouvrage, aquifère, coordonnées ainsi que le nombre d'enregistrements et les dates extrêmes déjà saisies). Le programme SURNAP assure la gestion de ce fichier grâce à diverses options proposées dans un sous-menu :

- création d'un nouveau fichier
- modification des informations sur un piézomètre
- suppression d'un fichier.

De même, un autre sous-menu permet d'éditer (à l'écran ou à l'imprimante) la liste des fichiers déclarés. Une option assure le tri alphabétique des fichiers par numéros IRH croissants.

Une option permet de vérifier si le fichier maître est bien le reflet exact du contenu du répertoire. Toutes les anomalies décelées sont signalées à l'écran. Un tableau récapitule les éléments statistiques sur le nombre de fichiers.

Le menu concernant le traitement des mesures par piézomètre comprend trois options :

- acquisition et correction des mesures par date
- édition des mesures (à l'imprimante ou à l'écran)
- restitution graphique (sur table traçante).

L'acquisition des données se fait à partir de la date du relevé exprimée sous la forme jj/mm/aa (jour, mois, année). La date n'est acceptée par le programme que si elle est correcte (des tests vérifient la cohérence du jour, du mois et de l'année). Si la date indiquée n'existe pas encore, le programme affiche une grille pour saisir les mesures lui correspondant. Le programme gère automatiquement l'insertion d'un relevé à l'intérieur du fichier quand la nouvelle date est comprise entre deux anciennes. Si la date existe, l'utilisateur a le choix entre la supprimer du fichier ou modifier les anciennes valeurs des mesures.

L'édition des données peut être effectuée à l'écran ou sur l'imprimante. Elle comprend les dates des relevés accompagnées des mesures des variables traitées (cf. figure 16). L'utilisateur définit les dates entre lesquelles il désire cette édition.

Une option permet de suivre l'évolution d'un paramètre entre deux mois fixés par l'utilisateur ou sur une durée d'un an (cf. figure 17).

L'option de tracé permet de reporter sur un même graphique une à trois variables (cf. figure 18). L'utilisateur définit les bornes inférieures et supérieures des temps qui sont reportés en abscisse. En ordonnée, une échelle différente est tracée pour chaque variable. L'utilisateur définit :

- les bornes inférieures et supérieures de cet axe (valeurs entières)
- le nombre de graduations
- le numéro de la plume pour représenter une variable (possibilité de graphiques en couleur).

Les points de mesures sont reliés entre eux quand le temps les séparant est inférieur à un pas de temps défini par l'utilisateur. Afin de pouvoir différencier facilement les variables, chacune d'entre elles est représentée graphiquement par un symbole et un type de trait différents.

FORAGE : PANTH.1
AQUIFERE : SEBI.PAL

LONGITUDE : 17°10'45
LATITUDE : 14°40'51

Mesures effectuées entre Janvier 1988 et Décembre 1988

DATE (jj/mm/aa)	NIVEAU (mètres)	CONDUCTIV. (μ .si./cm)	RESIDU SEC (mg/l)	CHLORURES (mg/l)
05/01/88	-13.50	1281.00	972.00	
08/01/88	-13.58	1291.00	979.00	
12/01/88	-13.68	2573.00	1952.00	
21/01/88	-13.86			
29/01/88	-14.05	1378.00	1045.00	
09/02/88	-14.17	3578.00	2714.00	
16/02/88	-14.26	2832.00	2148.00	
19/02/88	-14.29			
26/02/88	-14.38			
08/04/88	-14.79			
19/04/88	-14.88			
18/06/88	-15.32	3386.00	2568.00	
08/07/88	-15.41	2506.00	1901.00	
22/07/88	-15.13	2336.00	1772.00	
26/07/88	-15.14	2375.00	1801.00	
02/08/88	-15.29			
05/08/88	-14.71	2129.00	1615.00	
07/08/88	-13.19			
11/08/88	-12.84			
14/08/88	-11.37			
16/08/88	-10.93			
22/08/88	-10.89	1671.00	1267.00	
28/08/88	-10.13	1715.00	1301.00	
30/08/88	-9.11			
06/09/88	-6.59	1627.00	1234.00	514.00
09/09/88	-5.26	1671.00	1267.00	530.00
13/09/88	-4.45	1451.00	1011.00	425.00
16/09/88	-4.34	1275.00	967.00	354.00
20/09/88	-3.96	884.00	670.00	248.00
23/09/88	-6.24	1055.00	800.00	284.00
27/09/88	-7.31	1011.00	767.00	284.00
30/09/88	-7.79			
03/10/88	-9.20	967.00	733.00	213.00
26/10/88	-10.41	957.00	725.00	248.00
28/10/88	-10.57	957.00	725.00	213.00
29/10/88	-10.67			
09/11/88	-11.45			
16/11/88	-11.86			248.00
30/11/88	-12.94			248.00
07/12/88	-13.13			248.00
13/12/88	-13.39			
16/12/88	-13.51	1004.00	761.00	

Fig.16 _Programme SURNAP: édition des mesures réalisées sur un piézomètre

SUIVI ANNUEL DES MESURES

Page 1

Variable: NIVEAU PIEZOMETRIQUE (mètres)
Aquifère: SEBI.PAL

NOM DU PIEZOMETRE	Janvier 1988	Février 1988	Mars 1988	Avril 1988	Mai 1988	Juin 1988	Juillet 1988	Aout 1988	Septembre 1988	Octobre 1988	Novembre 1988	Décembre 1989
TANNA.P4						-17.89		-17.79		-17.33		
P.8 BIS						-17.10				-16.95		
SAMBAN												
NDOKORAS												
SE.11.P		-12.10		-12.46		-12.73	-12.82	-12.86	-11.71	-11.01	-11.17	-11.76
DAMBOU.E	-21.62			-22.05		-22.25	-22.25	-22.11		-21.08	-21.49	-22.02
PANTH.1	-13.50	-14.17		-14.79		-15.32	-15.41	-15.29	-6.59	-9.20	-11.45	-13.13
LAFI						-22.38						
MBID.PS3						-17.60						
MBID.S.3						-17.60						
NDOYE.11						4.11						
BRIQUETT	-22.57	-22.91		-23.22		-23.10	-22.32	-22.73	-15.77	-22.49		
MALIGOR												
MBOUNK.P	-12.04	-12.17		-12.38		-12.53	-12.59	-12.62	-11.93	-11.47	-11.62	-12.09
FILFIL.2												
DAMBOU.W	-20.87	-21.07		-21.33		-21.60	-21.58	-21.53	-20.73	-20.32	-20.92	-21.18
K.SEGA 2						26.09						
YEN.6						2.95						
YEN.8												
YEN.9	-3.06	-3.37		-3.88		-4.24	-4.34	-4.41	-3.87	-1.60		
YEN.3						-0.63						
YEN.1												

Fig. 17 - Programme SURNAP: évolution mensuelle des mesures

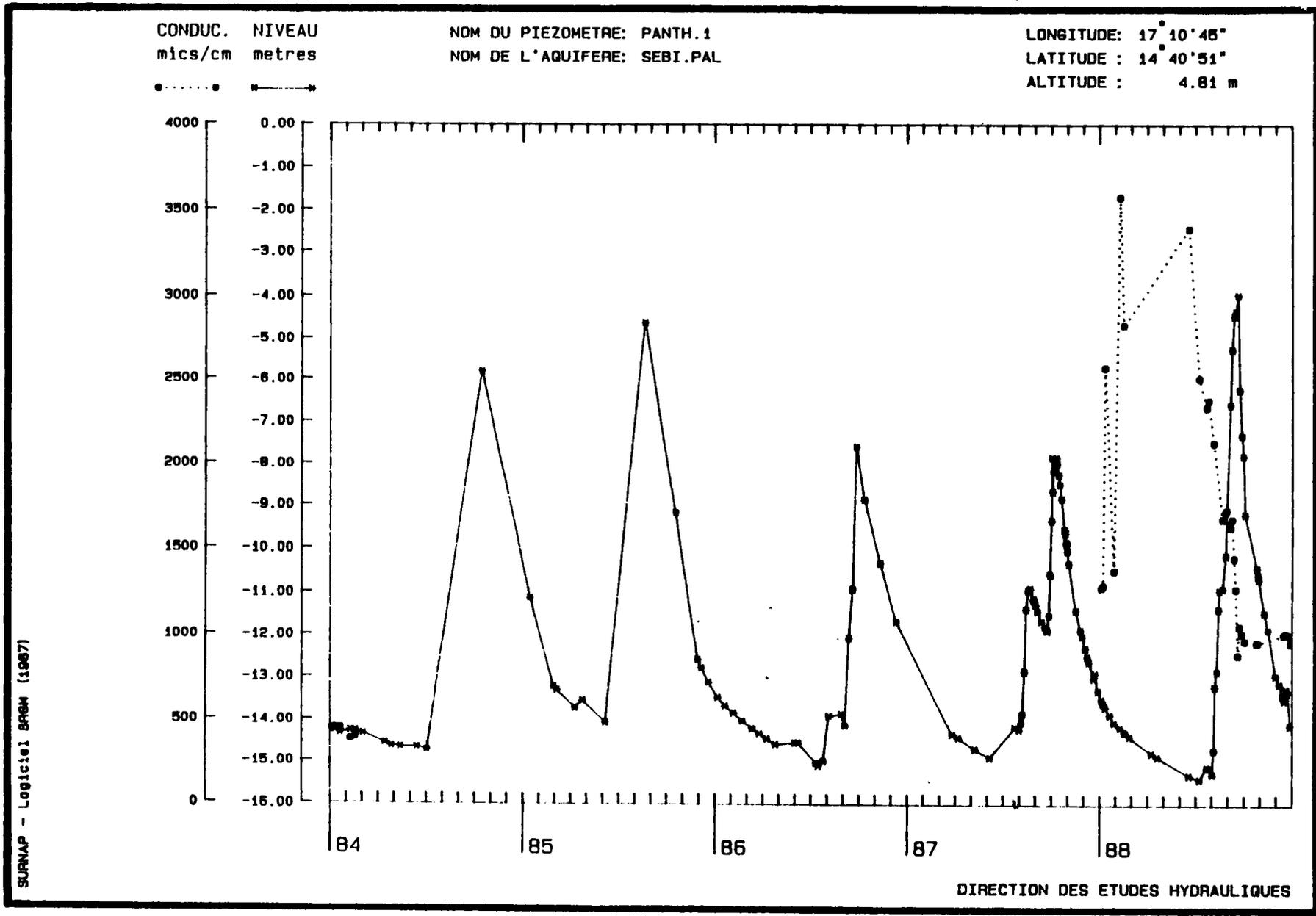


Fig.18 _Programme SURNAP: représentation graphique des mesures

Enfin, une dernière option du menu principal permet de constituer des fichiers contenant les mesures d'un paramètre pour un mois donné en vue de son traitement cartographique par le programme CARTEL.

2.3.8 - Logiciel VAL

Le logiciel VAL, commercialisé par le B.R.G.M., a été retenu comme modèle mathématique pour la cellule de gestion en raison de sa "compatibilité PC", sa simplicité d'utilisation et sa convivialité. Ce programme, dont seul le module exécutable a été remis à l'Administration, est écrit en FORTRAN 77 LAHEY. Il peut être utilisé sur tout micro-ordinateur IBM PC/AT ou PS/2 (et compatibles) possédant un disque dur et un coprocesseur arithmétique INTEL 82287.

L'utilisateur a le choix entre plusieurs équations de calcul qui permettent de simuler une grande variété de cas de figure, en régime permanent et en régime transitoire, notamment :

- équation 1 : nappe captive
- équation 2 : nappe captive avec les options possibles suivantes :
 - . domaine multicouche (nombre de couches non limité, possibilité de simuler des écoulements tridimensionnels),
 - . plusieurs tailles de mailles (jusqu'à quatre secteurs constitués de mailles de taille différente),
 - . prise en compte des échanges nappe-rivières avec simulation simplifiée des cours d'eau (côte de l'eau imposée, lois hauteurs-débits et utilisation de formules hydrauliques, cumul des débits d'amont en aval) ;
- équation 3 : nappe libre avec possibilité de plusieurs tailles de mailles et d'excavations dans le réservoir aquifère (ballastières, gravières ou étangs).

2.3.9 - Notices d'utilisation

Plusieurs notices d'utilisation complètes sur les logiciels ont été remises à l'Administration :

- logiciel GOREE : manuel d'utilisation (rapport 89/SEN/356/EEE remis en 20 exemplaires)
- logiciel SURNAP : manuel d'utilisation (rapport 89/DAK/06-3E remis en 20 exemplaires)
- logiciel STATEL : manuel d'utilisation (rapport 89/DAK/07-3E remis en 20 exemplaires)
- logiciel CARTEL : manuel d'utilisation (rapport 89/DAK/08-3E remis en 20 exemplaires)
- transfert des données HIVI sur compatible PC - logiciels TRIVIS et RENFOR (rapport 89/DAK/09-3E remis en 10 exemplaires)
- VAL : modèle d'hydrodynamique souterraine - Présentation et mode d'emploi (rapport 88/SGAL/022 remis en 10 exemplaires)
- la chaîne HIVI : Système micro-informatique de saisie et restitution des données d'hydraulique villageoise (rapport 86/SEN/457/EAU remis en 12 exemplaires)
- logiciel TRADIA : tracé automatique de diagraphies sur ordinateur HP 75 (rapport 86/SEN/455/EAU remis en 10 exemplaires)
- logiciel TRASEL : programme d'interprétation des sondages électriques sur HP 75 (rapport 86/SEN/056/EAU remis en 10 exemplaires)

- logiciel TRAFIG : conception et tracé de figurés géologiques sur ordinateur HP 75 (rapport 86/SGN/456/EAU remis en 10 exemplaires)
- logiciel AFRIVI : acquisition fractionnée des données HIVI (rapport 86/SGN/507/EAU remis en 10 exemplaires)
- logiciel SAIFOR : saisie et traitement des informations des forages (rapport 89/DAK/11-3E)

2.4 - Saisie des données

Trois types de données ont été saisis à l'ordinateur durant le projet:

- informations concernant la piézométrie et la qualité des eaux des napes suivies par la cellule de gestion (programme SURNAP)
- ensemble des forages du Sénégal déclarés au B.I.R.H. (programme SAIFOR)
- fichiers "villages" (bordereaux du B.I.R.H. comportant les informations des enquêtes socio-économiques).

L'enregistrement des données a été entièrement effectué par le personnel de la Direction des Etudes Hydrauliques. Le tableau 4 récapitule l'avancement mensuel des saisies tout au long du projet.

Les données piézométriques ont commencé à être saisies dès le mois de mars 1987, date à laquelle la première version du logiciel SURNAP a été installée sur l'ordinateur de la cellule de gestion. Leur acquisition s'est poursuivie jusqu'à la fin du Projet.

Il est apparu au mois d'Avril 1987 que les dossiers "forages" du BIRH (fiches jaunes élaborées en 1982) n'étaient pas directement exploitables d'un point de vue informatique. Compte-tenu de cet état de fait et afin de faciliter la saisie des données à l'ordinateur, le B.R.G.M a remis à l'Administration en Mai 1987, des bordereaux reprenant exactement les pages/écran du logiciel SAIFOR. Ceux-ci ont été remplis par plusieurs agents de la Direction des Etudes Hydrauliques entre Juillet et Décembre 1987. Ces données ont été saisies à l'ordinateur parallèlement jusqu'à Février 1988. Elles ont été intégrées au fur et à mesure dans la base de données "ouvrages" à l'aide du programme CONFOR. Les données à caractère "géologique" et "hydrogéologique" ont été délaissées dans un premier temps. Elles n'ont été saisies qu'à partir du mois de Juillet 1988.

La saisie à l'ordinateur des fiches "villages" s'est déroulée régulièrement à partir du mois de mars 1988 jusqu'à la fin du Projet. Les seules informations manquantes concernent les cultures et les industries. Par ailleurs, ces fiches devront être actualisées dès que les résultats du recensement de la population de 1988 auront été publiés (le dernier recensement date de 1976). Enfin, il sera nécessaire d'intégrer dans cette base les grandes villes afin d'avoir des bilans par unités administratives qui ne soient pas biaisés.

L'intégralité des données disponibles au B.I.R.H. ont été saisies à l'ordinateur durant le projet, ce qui constitue en soi un résultat très satisfaisant. Cependant, les interrogations effectuées sur les bases de GOREE ont mis en évidence des lacunes importantes. En particulier, le taux de remplissage de certaines rubriques est très nettement insuffisant (altitude des forages, nom des aquifères). La Direction des Etudes Hydrauliques devra donc rapidement compléter les informations manquantes et vérifier les données contenues dans les bases pour pouvoir les exploiter de façon efficace.

Mois	Fichiers SAIFOR	Base Ouvrages	Base Villages	SURNAP	
				Fichiers	Mesures
Décembre 87	1250	1164	0	?	?
Janvier 88	1495	1495	0	?	?
Février 88	1518	1518	0	?	?
Mars 88	1518	1518	1004	207	8448
Avril 88	1518	1518	2246	312	12850
Mai 88	1518	1518	3710	312	13180
Juin 88	1518	1518	4987	348	13410
Septembre 88	1707	1518	5997	352	13699
Octobre 88	1707	1518	6134	352	13699
Novembre 88	1707	1518	7300	352	14154
Décembre 88	1707	1707	7820	353	14270
Janvier 89	1707	1707	8800	353	14270
Février 89	1707	1707	10500	353	14270
Mars 89	1707	1707	10603	425	14937
Avril 89	1707	1707	10603	425	14937

Tableau 4 - Avancement mensuel de la saisie des données durant le Projet

2.5 - Stages de formation

Le bon fonctionnement de la cellule de gestion est entièrement tributaire de l'assimilation du fonctionnement du matériel et des programmes par les agents nationaux. Une attention toute particulière a donc été portée à la formation des utilisateurs, d'autant plus qu'il s'agit du premier système informatique installé à la Direction des Etudes Hydrauliques. Ce volet a donc été renforcé par rapport aux prévisions initiales.

Douze stages représentant une durée totale de 5 mois ont eu lieu durant le Projet. Ils ont été encadrés soit par des experts au cours de missions de consultant (12 semaines), soit par le Chef de Projet. Par ailleurs, celui-ci a assuré par sa présence permanente, une formation constante et régulière tout au long du Projet. C'est ainsi que l'initiation à certains logiciels comme SURNAP a été effectuée en dehors des stages.

Stage 1 : initiation au maniement de l'ordinateur IBM compatible PC

Durée : 1 semaine (2 au 6 mars 1987)
Nombre de participants : 6
Encadrement : Société BUHAN & TEISSEIRE.

Ce premier stage avait pour but d'initier les agents de la Direction des Etudes Hydrauliques au maniement de l'ordinateur IBM PC équipant la cellule de gestion. Les points abordés ont été les suivants :

- présentation générale de l'ordinateur (fonctionnement, unités de stockage, connexions avec les périphériques, précautions d'utilisation)
- maniement du clavier
- introduction au système d'exploitation DOS
- gestion des fichiers (copies, sauvegardes).

Stage 2 : maniement de la chaîne HIVI et programmation Basic

Durée : 3 semaines (31 mars au 21 avril 1987)
Nombre de participants : 9
Encadrement : Hervé LE GAC (consultant).

Les points abordés au cours du stage ont été les suivants :

- présentation générale de l'ordinateur
- connexion et assignation des périphériques, procédures de transferts de fichiers entre l'ordinateur et l'unité cassette
- utilisation des programmes HIVI (acquisition, restitution et traitement des données)
- initiation au langage de programmation du HP 75
- application des connaissances acquises : conception et réalisation d'un programme de traitement statistique (STATUC : classement d'une série de données et présentation sous la forme d'un histogramme).

Un cours photocopié a été remis à chacun des participants. Ce stage constituait la première prise de contact effective des agents de la Direction des Etudes Hydrauliques avec des programmes informatiques. La simplicité de l'ordinateur HP 75, tant au niveau du système d'exploitation que du langage utilisé, leur a permis d'acquérir rapidement les notions informatiques de base pour pouvoir appréhender à une autre échelle les applications développées.

Stage 3 : initiation au langage HP-GL

Durée : 1 semaine (20 au 25 mai 1987)

Nombre de participants : 6

Encadrement : Philippe CROCHET (Chef de Projet).

Le but de ce stage était l'initiation au langage HP-GL utilisé pour la programmation de tracés sur le plotter HP 7470 A de la chaîne HIVI. Il s'agissait donc d'une formation complémentaire par rapport à l'enseignement précédent. Outre la partie théorique décrivant toutes les instructions nécessaires à la programmation de tracés, deux applications ont été développées : tracé sur un même graphique de plusieurs sinusoïdes amorties avec différents coefficients d'amortissement et tracé d'un histogramme.

Stage 4 : applications de l'informatique dans le domaine de l'hydrogéologie

Durée : 2 semaines

Nombre de participants : 2

Encadrement : Ph. CROCHET (chef de projet).

Ce stage, auquel ont participé le Directeur de l'Hydraulique et le responsable de la cellule de gestion, s'est déroulé au Centre Scientifique et Technique du B.R.G.M. à Orléans. Il avait pour but de présenter les différentes applications de l'informatique dans le domaine de l'hydrogéologie et des Sciences de la Terre. Plusieurs applications développées par le B.R.G.M. ont été présentées (ISAPE, MAD0, télédétection, cartographie assistée par ordinateur).

La deuxième semaine a principalement été consacrée au traitement sur l'ordinateur du site central (VAX 7600) des données d'une campagne d'hydraulique villageoise (campagne CEAO-I réalisée en 1985 dans le Sénégal Oriental). Ce stage comprenait :

- le transfert sur VAX des fichiers HIVI des 153 forages traités
- la digitalisation de la carte du Sénégal (programme SDESMO)
- le traitement statistique des données (programme FESTIVI)
- la sortie d'une carte en couleur des débits air-lift (programme LUCAS).

Stage 5 : saisie et gestion des données

Durée : 3 semaines (du 26 Novembre au 20 Décembre 1987)

Nombre de participants : 10

Encadrement : Yves BARTHELEMY (consultant).

Ce stage constituait la première prise de contact des agents de la Direction des Etudes Hydrauliques avec GOREE. Tous les modules constituant ce logiciel ont été testés au cours de trois semaines de stage. Les participants ont ainsi pu se familiariser avec la mise en oeuvre des nombreuses rubriques proposées. Les points abordés ont été les suivants :

- saisie et correction à l'ordinateur des données des bases "points d'eau" et "villages"
- transfert des données HIVI sur l'ordinateur compatible PC et constitution de fichiers SAIFOR (programme RENFOR)
- intégration des données SAIFOR à la base de données "points d'eau" (programme CONFOR)
- interrogations des bases de données : extraction de villages ou forages répondant à certains critères
- ajout de nouveaux noms dans les lexiques
- révisions sur le système d'exploitation DOS
- présentation succincte du progiciel dBase III.

A l'issue de ce stage, quelques ultimes modifications ont été apportées aux grilles de saisie et à la structure des bases afin que le logiciel réponde pleinement aux besoins de la Direction des Etudes Hydrauliques.

Stage 6 : exploitation des données

Durée : 2 semaines (24 mai au 6 juin 1988)

Nombre de participants : 10

Encadrement : Marie Luce NOYER (consultant).

Ce stage avait pour but de former les agents de la Direction des Etudes Hydrauliques à l'utilisation des logiciels permettant d'exploiter les données des différentes applications. Les sujets suivants ont été abordés :

- constitution de fichiers statistiques et cartographiques
- constitution de tableaux libres
- interconnexions entre les bases de données "ouvrages" et "villages"
- gestion de la base des consommations unitaires
- traitements statistiques en aval de GOREE (programme STATEL)
- calcul des besoins en eau par village
- actualisation des bilans sur l'ensemble de la base "villages"
- programme SAIFOR : tracé des coupes techniques et géologiques.

La participation constructive des stagiaires a débouché sur un ensemble de remarques, tant sur le fond que sur la présentation des programmes testés, qui ont été prises en compte dans la version définitive des applications remises à l'Administration.

Stage 7 : initiation à dBase III

Durée : 3 semaines (du 3 au 30 Septembre)

Nombre de participants : 2

Encadrement : Philippe CROCHET (avec l'assistance des informaticiens du B.R.G.M.).

Ce stage s'est déroulé au Centre Scientifique et Technique du B.R.G.M. à Orléans. Il a été suivi par Monsieur LAKH, Directeur de l'Hydraulique et Monsieur NIANG, Coordinateur du Projet. L'objectif était de former les responsables de la cellule de gestion au progiciel dBase III acquis dans le cadre du Projet et retenu comme norme pour la gestion des bases de données. Les sujets abordés au cours de ce stage ont été les suivants :

- présentation de dBase III (notions élémentaires sur les bases de données, mise en oeuvre de dBase)
- utilisation de dBase III en mode "assistance" (conception et création d'une base de données, grilles de saisie, édition des données à l'écran et à l'imprimante, indexation et tri, recherche d'enregistrements, etc)
- notions de programmation en langage dBase III (présentation des principales commandes et instructions, élaboration des programmes sous éditeur de texte)
- application pratique : élaboration d'une base de données des projets d'hydraulique et d'un programme dBase permettant d'exploiter cette base. Ce programme, implanté sur l'ordinateur de la cellule de gestion, pourra être utilisé pour un suivi des projets gérés par l'Administration.

Stage 8 : modélisation mathématique

Durée : 2 semaines (du 17 au 29 octobre)

Nombre de participants : 9

Encadrement : Philippe LEBLANC (consultant).

Le but de ce stage était de former les agents de la Direction des Etudes Hydrauliques à l'utilisation d'un modèle mathématique. Le déroulement du stage a été le suivant :

- introduction générale à la modélisation (utilité des modèles, types de modèles en hydrogéologie et hydrologie, principe des modèles mathématiques)
- procédure à suivre pour la mise en oeuvre d'un modèle (recueil des données, calage du modèle, analyse des résultats)
- étude des données nécessaires à la modélisation d'un aquifère (maillage, limites, perméabilités, débits, niveaux piézométriques, climatologie, etc)
- introduction à l'utilisation du modèle VAL (structure, logique de fonctionnement, limitations)
- exercice de modélisation : application des notions théoriques au cas d'un aquifère simple (Oligo-Miocène de la région de Tendouk en Basse Casamance) :
 - . collecte et saisie des données de base
 - . première série de simulations afin d'arriver à un calage satisfaisant en régime permanent (celui-ci est obtenu après 8 simulations)
 - . simulations avec scénarios de pompage fictifs afin d'étudier leur influence sur la piézométrie.

Ce stage aura donc permis aux agents de la Direction des Etudes Hydrauliques d'être initiés à la modélisation mathématique et d'appliquer leurs connaissances théoriques à un cas concret en effectuant l'intégralité des étapes nécessaires. Plusieurs documents ont été remis aux participants :

- présentation et mode d'emploi du programme VAL
- initiation à la modélisation hydrodynamique des nappes souterraines (note technique BRGM).

Stage 9 : perfectionnement Basic

Durée : 1 semaine (du 19 au 23 Décembre 1989)

Nombre de participants : 6

Encadrement : Philippe CROCHET (chef de projet).

Le but de cette formation était d'apprendre aux agents de la Direction des Etudes Hydrauliques à récupérer des données stockées dans des fichiers Basic de type séquentiel et à constituer de nouveaux fichiers à partir de celles-ci.

Deux applications pratiques ont été développées dans le cadre du stage :

- SURNIV : programme permettant de décaler d'une constante l'ensemble des mesures d'un fichier SURNAP. Ce programme sera utilisé pour corriger de façon automatisée les niveaux mesurés sur un piézomètre après nivellement de celui-ci
- SURCAR : constitution d'un fichier cartographique directement exploitable par CARTEL à partir des données de SURNAP. Ce programme permet par exemple de dresser des cartes isovaleurs de la piézométrie d'un aquifère pour un mois donné.

Ce stage fait partie des actions menées pour que la Direction des Etudes Hydrauliques accède à une certaine autonomie en informatique ; les participants possèdent les clefs nécessaires pour constituer, à partir des informations contenues dans les bases, des fichiers de données formatés selon d'autres normes, par exemple celles de progiciels du commerce qui pourraient être acquis ultérieurement.

Stage 10 : cartographie

Durée : 1 semaine (du 1er au 7 mars 1989)
Nombre de participants : 10
Encadrement : Philippe CROCHET (chef de projet).

Ce stage avait pour but de former les agents de la Direction des Etudes Hydrauliques à l'utilisation du programme de cartographie CARTEL. Des exemples concrets ont été traités en exploitant la base de données "ouvrages".

Stage 11 : initiation au logiciel SURFER

Durée : 1 semaine (du 24 au 29 avril 1989)
Nombre de participants : 3
Encadrement : Serges PUYOO (consultant).

Le but de ce stage était d'initier les agents de la Direction des Etudes Hydrauliques au maniement du logiciel SURFER retenu pour les sorties cartographiques "sophistiquées" (restitution de surfaces en trois dimensions). Des exemples pratiques ont été traités à partir des données de GOREE.

Stage 12 : traitement de texte

Durée : 1 semaine (du 8 au 12 Mai 1989)
Nombre de participants : 4
Encadrement : Société JET INFORMATIQUE.

Le but de ce stage était d'initier les agents de la Direction des Etudes Hydrauliques à un logiciel de traitement de texte (WORD PERFECT) utilisé dans le cadre du Projet.

2.6 - Missions de direction

Le tableau 5 récapitule les différentes missions de consultants qui ont été effectuées durant le Projet. Leur durée totale s'élève à 7 mois. Le dépassement de 1 mois par rapport à la durée prévue initialement (6 mois) est dû au renforcement du volet formation.

Thème	Expert	Durée (semaines)	Période
Définition de la campagne de géophysique	H. MOUSSU	0,5	du 19/10/87 au 22/10/87
Consultation des sociétés informatiques pour le choix de l'ordinateur	J.Y. AUSSEUR	1,5	du 20/10/86 au 30/10/86
Adaptation du programme SAIFOR	Y. BARTHELEMY	3	du 08/01/87 au 28/04/87
Encadrement du stage d'initiation à la chaîne HIVI et au BASIC	H. LE GAC	3	du 31/03/87 au 21/04/87
Interfaçage entre les bases de données et la chaîne HIVI	Y. BARTHELEMY	4,5	du 09/06/87 au 09/07/87
Procédure d'interrogation assistée sur GOREE	Y. BARTHELEMY	2	du 12/11/87 au 27/11/87
Encadrement du stage sur la saisie des données	Y. BARTHELEMY	3	du 28/11/87 au 20/12/87
Encadrement du stage sur l'exploitation des données	Y. BARTHELEMY	2	du 24/05/88 au 06/06/88
Encadrement du stage sur la modélisation d'un aquifère	Ph. LEBLANC	2	du 17/10/88 au 29/10/88
Synthèse des campagnes de géophysique	J. MELKA D. FOHLEN	2	du 20/10/88 au 03/11/88
Elaboration du modèle de tracé d'isovaleurs	G. LANGEN	2	du 06/12/88 au 18/12/88
Elaboration de nouvelles options dans GOREE	S. PUYOO	3	du 13/03/89 au 02/04/89
Elaboration du module cartographique de SURNAP	S. PUYOO	0,5	du 19/04/89 au 22/04/89
Encadrement du stage sur l'utilisation du logiciel SURFER	S. PUYOO	1	du 24/04/89 au 29/04/89

TOTAL : 30

Tableau 5 _Récapitulatif des interventions des consultants

3 - CAMPAGNE DE GEOPHYSIQUE

3.1. - Exécution des sondages électriques

La campagne de géophysique a débuté le 1er décembre 1986. Elle a été menée sur le terrain par Ph. LESAGE, ingénieur géophysicien, sous la supervision de D. FOHLEN. Monsieur Ph. LESAGE était assisté en permanence par un technicien de la Direction des Etudes Hydrauliques (Monsieur M. B. DIOUF, puis Monsieur B. DIAW).

Le programme prévoyait l'exécution de 110 sondages électriques courts (AB < 1000 m) et 110 sondages électriques longs (1000 < AB < 2000 m) sur une période de 2,5 mois. Le planning prévisionnel a été parfaitement respecté puisque la campagne géoélectrique s'est achevée le 11 février.

Le tableau ci-dessous détaille le déroulement de la campagne.

Date	Zone	Sondages électriques	
		courts	longs
02/12 au 03/12	Cap-Vert	9	
04/12 au 05/12	Littoral Noto-M'Boro	9	
08/12 au 17/12	Sables du Littoral Nord	20	15
18/12 au 30/12	Taïba - Thiès		20
31/12 au 15/01	Lac Tanma	49	20
16/01	Noto - M'Boro	1	
21/01 au 24/01	Basse Casamance		14
26/01 au 31/01	Sud de Pout - M'Bour		40
05/02 au 06/02	Sébikotane Sud	10	
09/02 au 11/02	Région de Kaolack	14	
		112	109

Seules, les modifications suivantes ont dû être apportées par rapport au programme prévisionnel :

- 1 SE long en moins en Basse Casamance
- 1 SE court en moins sur le Lac Tanma
- 1 SE court en plus sur la presqu'île du Cap-Vert
- 2 SE courts supplémentaires sur la région de Kaolack.

La localisation des différentes zones où ont été effectués ces sondages est reportée à la figure 19.

3.2 - Interprétation des sondages

Les mesures des 221 sondages électriques ont été saisies sur le micro-ordinateur de la base B.R.G.M. de Dakar. Ils ont été interprétés par un expert géophysicien, M. G. DUBREUIL à l'aide du programme GRIVEL (développé par le B.R.G.M.) durant les mois de Mars et Avril 1987. Le rapport final de synthèse a été remis à la Direction des Etudes Hydrauliques au début du mois de Juin 1987.

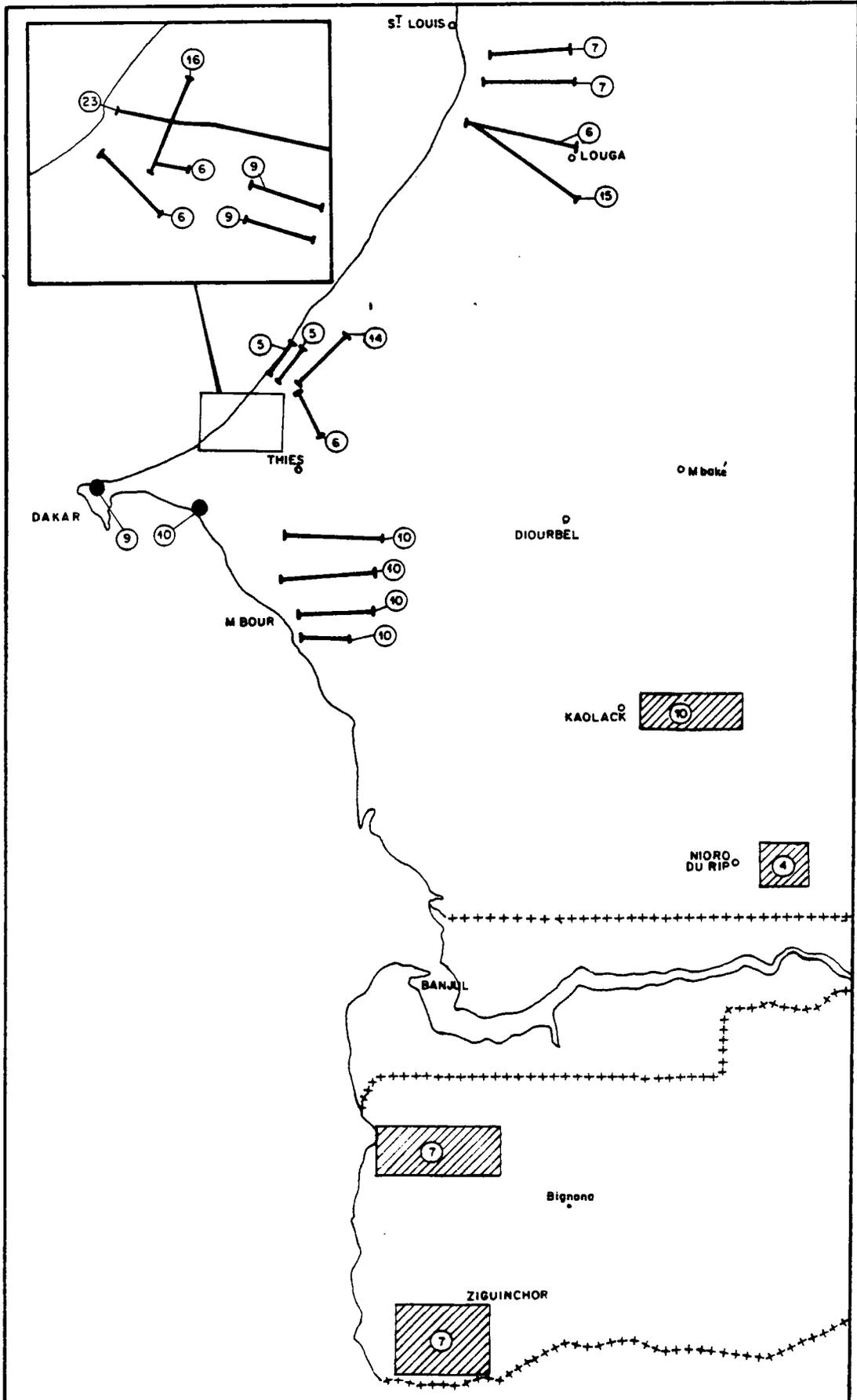


Fig.19 - Zone d'implantation des sondages électriques

Cette étude a permis d'individualiser plusieurs horizons significativement différents d'un point de vue géoélectrique :

- des horizons résistants (supérieurs à 100 ohm.m) correspondant à des niveaux poreux et perméables (sables), ou à des roches indurées plus ou moins perméables selon les résistivités (calcaires, grès),
- des horizons conducteurs (résistivités inférieures à 50 ohm.m) correspondant à des niveaux imperméables (argiles, marnes) avec mise en évidence de niveaux salés ou saumâtres (résistivités inférieures à 10 ohm.m).

Par ailleurs, le report de ces informations sur des cartes a permis de mettre en évidence des zones à fort contraste avec des valeurs de résistivités élevées. En principe, ces zones sont favorables, mais elles peuvent être influencées par la qualité et la minéralisation des eaux ainsi que par la composition des roches.

Le rapport comprend plusieurs coupes interprétatives et cartes de résistivité qui permettent une exploitation directe des résultats pour les futures implantations de forages. Il faut toutefois replacer cette étude dans son contexte de reconnaissance générale du littoral, étant donné l'espacement et la dispersion entre les sondages de certains secteurs.

3.3 - Synthèse des récentes campagnes de prospection géophysique

A la suite de ce travail, la Direction des Etudes Hydrauliques a demandé au Bureau de Recherches Géologiques et Minières d'effectuer une synthèse des dernières campagnes géoélectriques réalisées au Sénégal sur une frange de 100 km longeant la côte entre Saint-Louis au Nord et Ziguinchor au Sud (ordre de service n° 07/88/DEH).

L'objectif de cette étude est d'arriver à une meilleure connaissance sur le plan hydrogéologique des différents aquifères de cette zone. Elle contribue à l'évolution des connaissances des nappes tant sur le plan de la géométrie des aquifères que sur celui de la qualité de l'eau.

4 - BARRAGE DE PANTHIOR

4.1 - Travaux effectués

Les travaux sur le site de Panthior ont débuté le lundi 24 Novembre 1986 pour se terminer fin Avril 1987 (cf. chronogramme de la figure 20). Avant de commencer les travaux, l'entreprise a dû procéder jusqu'au 10 décembre 1986 à l'évacuation des eaux piégées au fond de la cuvette par pompage. Le coût supplémentaire de cette prestation a été notifié par ordre de service car elle n'était pas prévue initialement dans le marché (4/87/DEH).

4.1.1 - Décapage de la cuvette

Le creusement de la cuvette a été réalisé à l'aide d'une pelle Caterpillar 225. Les déblais ont été déversés sur un bras mort du marigot en aval du barrage afin d'éliminer tout risque de retour vers la cuvette lors des pluies. Le volume total de déblais évacués est égal à 26.164 m³.

Le nettoyage de la cuvette, effectué par des manoeuvres précédant la pelle, a débuté le 16 mars. Il a permis d'enlever certains déblais issus des travaux de terrassement et de mettre à nu les calcaires aux endroits où ils affleuraient. Au total, 1058 m³ de déblais ont été retirés.

4.1.2 - Construction du déversoir

L'emplacement du déversoir a été défini le 10 novembre 1986 lors d'une visite sur le site en présence des représentants de l'administration, de l'entreprise et du bureau d'études. L'endroit retenu se situe à une trentaine de mètres en aval de l'ancien déversoir afin de bénéficier d'ancrages plus fiables.

Les fouilles de fondation ont été effectuées à la pelle Caterpillar 225. Les calcaires ont été rencontrés très rapidement, si bien que les tranchées ont dû être achevées à la pioche par des manoeuvres.

Le béton de propreté, dosé à 200 kg de ciment par mètre cube, a été coulé entre le 23 et le 26 décembre. Son épaisseur moyenne est de 5 cm. La quantité de béton utilisée est égale à 10,3 m³.

Les travaux de ferrailage se sont déroulés du 6 au 28 janvier 1987. Au total, 1.106 éléments ont été mis en place. Quelques petites modifications ont été apportées au plan de ferrailage établi par l'entreprise au niveau de la dalle.

Le coulage de l'ouvrage a été réalisé en trois fois :

- semelles et tranchées : volume de béton = 55 m³,
- dalle : volume = 89 m³
- mur du déversoir : volume = 66,8 m³.

Comme prévu dans le cahier des charges, le béton a été dosé à 350 kg de ciment par mètre cube. L'entreprise a porté son choix sur le ciment CHF 45 qui présente toutes les garanties requises pour la construction de l'ouvrage. Des adjuvants (Sikacrete et Sikalutex) ont été utilisés afin d'assurer une meilleure adhérence du béton et l'étanchéifier.

Six éprouvettes ont été prélevées lors de chacune des phases de coulage du béton. Elles ont été remises au CEREEQ qui a effectué des tests de résistance à 7 jours et 28 jours.

PROJET BID: Refection du barrage de Panthior

DESIGNATION DES TACHES	1986		1987			
	Novembre	Decembre	Janvier	Fevrier	Mars	Avril
PREPARATION DU CHANTIER Mise en place du materiel Pompage de la cuvette		////// //////				
DECAPAGE DE LA CUVETTE Terrassements generaux Deblais en fond de cuvette		////////////////////	////////////////////	////////////////////	//////	//////
CONSTRUCTION DU DEVERSOIR Fouilles Beton de propreté Travaux de ferrailage Coulage du beton		////// //	////////////////	// //	////	
POSE DES GABIONS Dalle en aval du deversoir Matelas RENO Bordures en aval					//// ////////////////	////// //////
FINITION DU BARRAGE Adoucissement des berges en amont Pose de la cloture Deménagement du chantier						//// ////// ////

Fig. 20 -Planning d'exécution des travaux du barrage de Panthior

Les valeurs obtenues à 28 jours sont les suivantes :

- semelles : 329 bars
- dalle : 263 bars
- mur : 324 bars.

La valeur contractuelle de 250 bars imposée par les normes est donc largement dépassée.

Le déversoir a été recouvert d'un enduit composé de ciment, de sable et de Sikalatex.

La protection de l'ouvrage contre les affouillements est assurée par des gabions et des enrochements placés en amont et en aval du déversoir. Les blocs de calcaires issus du décapage de la cuvette sont directement utilisés. Ils présentent la cohérence et la résistance nécessaire à cet usage.

Dans l'appel d'offre, il était prévu sur l'ensemble de l'ouvrage un type unique de gabions dont les dimensions étaient 1,60 x 0,80 x 0,60 m. Or, il est apparu que ce modèle n'existe pas sur le marché. L'entreprise FRANZETTI a donc proposé trois types de gabions, chacun adapté à une fonction spécifique :

- 1,50 x 1,00 x 0,50 m : sur les bordures
- 4,00 x 1,00 x 1,00 m : sur la dalle du déversoir
- 6,00 x 2,00 x 0,30 m : (matelas RENO) en aval du déversoir dans le lit du marigot.

De plus, il est apparu qu'il n'était pas nécessaire de gabionner jus qu'à 50 mètres en aval du déversoir, comme cela était prévu sur le plan, mais qu'une distance de l'ordre de 30 mètres était suffisante. Par contre, trois rangées de matelas RENO ont été superposées en aval immédiat du déversoir afin de fractionner la hauteur de la chute d'eau à cet endroit.

Le volume total de gabions mis en place est égal à 787,24 m³. Le tableau ci-dessous donne le détail des gabions utilisés.

Lieu	Dimensions des gabions	Nombre posé	Volume unitaire (m ³)	Total partiel (m ³)
Dalle	4 m x 1 m x 1 m	30	4,00	120,00
Bordures en aval	1.5 m x 1 m x 0,5 m	182	0,75	136,50
Matelas RENO	6 m x 2 m x 0,3 m	130	3,60	468,00
Bordures en amont	1,5 m x 1 m x 0,5 m	76	0,75	57,00
Gabions fabriqués par l'entreprise				5,74

Des gabions fabriqués artisanalement par l'entreprise ont été nécessaires pour protéger les angles de la partie aval du déversoir. Ils sont constitués d'enrochements entourés de grillage simple.

Des enrochements ont été mis en place d'une part en aval pour compléter le matelas de gabions de façon homogène jusqu'à une distance de 35 m du déversoir (volume = 56 m³), d'autre part en amont immédiat de l'ouvrage pour protéger celui-ci des affouillements (volume = 132 m³).

La mise en place de ces protections a nécessité divers travaux de fouilles et remblayage. La position des gabions et des enrochements est reportée sur le plan de la figure 21.

4.1.4 - Travaux complémentaires

Un levé topographique a été effectué sur l'ensemble de la zone après la fin des travaux au mois de mai 1987. Ce levé a permis de reporter sur un plan d'ensemble la cuvette décapée, le déversoir et la protection en gabions et enrochements.

Des courbes de niveau ont été dressées sur l'ensemble de la zone excavée et reportées sur un plan à l'échelle 1/500. Un profil en long a été établi sur toute la longueur de cette zone.

Par ailleurs, la courbe de niveau + 3,10 m (crête du déversoir) a été reportée sur un plan à l'échelle 1/2 000^{ème} pour délimiter le périmètre de la retenue. La superficie globale est égale à 51.000 m².

Les volumes d'eau retenus sont les suivants :

- 40.000 m³ dans la cuvette décapée (superficie égale à 8.900 m²)
- 68.000 m³ environ dans le périmètre total de retenue.

Afin d'éviter tout risque de chute de personnes ou de bétail dans la cuvette du barrage, celle-ci a été entourée d'une clôture d'épineux mise en place par les habitants du village voisin.

Par ailleurs, il a été constaté durant l'hivernage 1987 la présence d'arrivées d'eau de part et d'autre de l'ancrage de la berge gauche. Celles-ci ont un surcreusement du terrain et un léger affaissement des gabions situés en bordure. Ces écoulements latéraux, qui n'étaient pas prévisibles, constituaient à long terme un danger pour la stabilité du barrage ; il a donc été décidé de construire un muret de protection en rive gauche. Cette prestation, non prévue initialement, a fait l'objet d'un ordre de service de la Direction des Etudes Hydrauliques (06/88/DEH).

Le muret va d'un bout à l'autre des gabions de la rive gauche, ce qui représente une longueur totale égale à 43 m. Il se termine au niveau d'une rigole naturelle en aval. Un dépassement minimum de 20 cm est assuré sur toute la longueur du mur. Un raccordement oblique a été effectué à la rupture de pente en aval immédiat de l'ancrage du déversoir. Un grillage a été mis en place sur le muret afin de protéger l'ouvrage contre le passage des troupeaux allant s'abreuver à la cuvette.

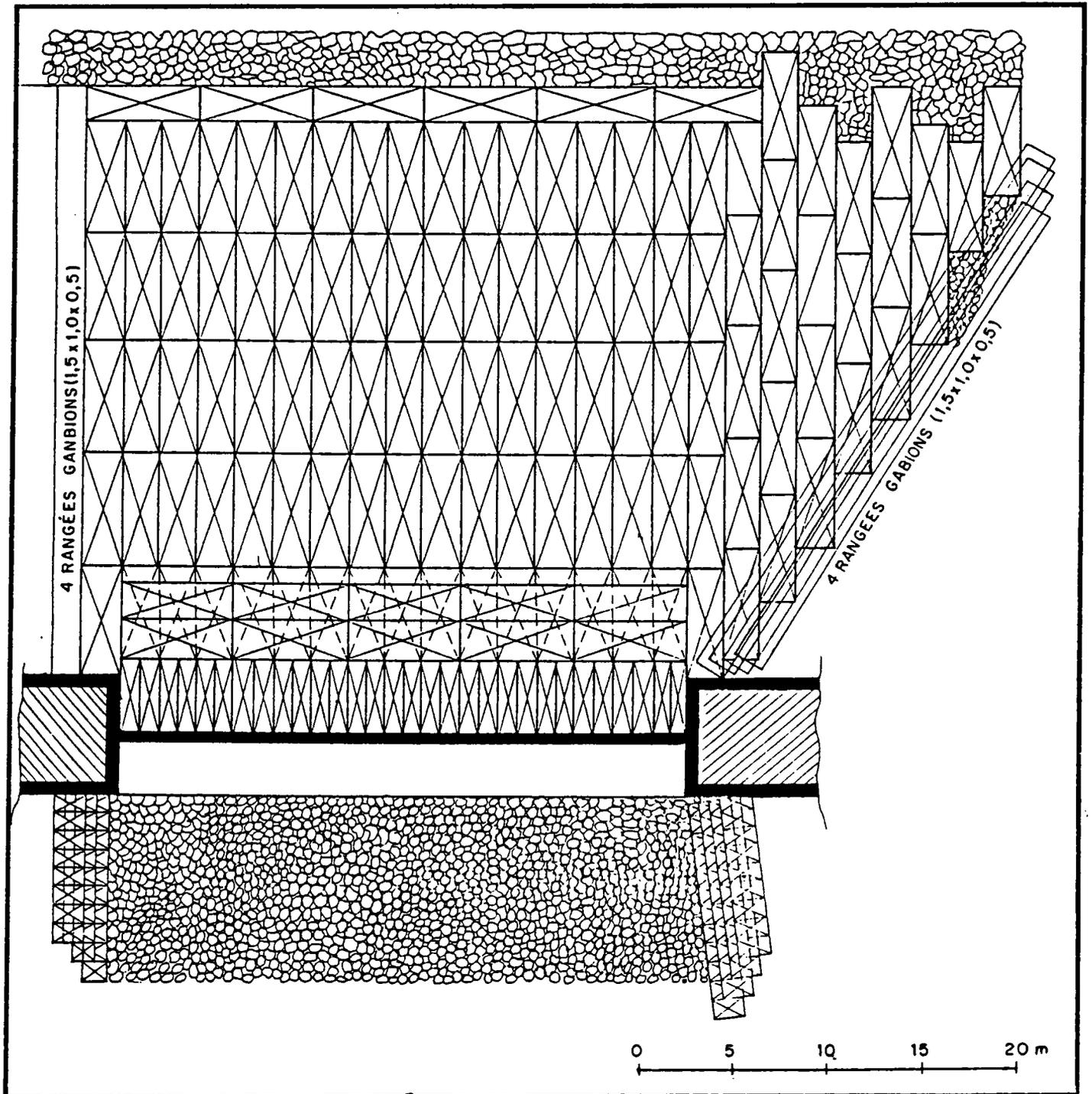


Fig. 21 -Barrage de Panthior: plan final de l'ouvrage

Par ailleurs, la cuvette a fait l'objet d'un nouveau nettoyage en Avril 1989 afin de retirer tous les limons qui s'étaient déposés durant les hivernages 1987 et 1988. Ce travail supplémentaire a fait l'objet d'un ordre de service de la Direction des Etudes Hydrauliques (07/89/DEH). Au total, 1000 m³ de déblais ont été retirés.

4.1.5 - Rapport de fin de travaux

Un rapport de fin de travaux a été remis à l'Administration en Juillet 1987 : il décrit de façon détaillée tous les travaux qui ont été effectués.

4.2 - Etude de la nappe de Sébikotane

Les calcaires karstifiés du Paléocène constituent un excellent aquifère qui a été exploité à partir de 1960 pour l'alimentation en eau potable de Dakar. Cependant, cet aquifère présente une extension limitée. Il est séparé de la nappe sursalée du compartiment méridional de Sébikotane uniquement par un bombement piézométrique lié à la présence d'une faille transversale à Panthior. Cette protection naturelle avait disparu dès 1962 après seulement deux années de pompage, entraînant un début d'invasion de la nappe de Sébikotane par le biseau salé.

Le barrage construit en 1964 avait permis de reconstituer artificiellement le dôme piézométrique par suralimentation de la nappe.

Cette protection devait s'avérer efficace puisqu'on a pu observer sur les différents piézomètres de la nappe un retour à leurs caractéristiques hydrochimiques initiales. Malgré tout, les apports annuels n'équilibrant pas les volumes prélevés, le niveau de la nappe à l'étiage est descendu régulièrement jusqu'en 1982 de 0,60 m par an environ. Cette baisse de niveau correspond à un volume de 600.000 m³ environ, soit le dixième environ de ce qui est extrait annuellement à Sébikotane. Il serait donc intéressant de réduire d'autant les débits d'exploitation afin d'enrayer cette surexploitation de la nappe.

Le nouveau déversoir en béton armé construit dans le cadre du Projet, associé au nettoyage de la cuvette, ont été bénéfiques au site puisqu'il ont permis de recharger la nappe de manière appréciable et diluer les fortes concentrations en sel durant l'hivernage 1987.

Cependant, l'étude des niveaux et de la minéralisation de l'eau sur les différents piézomètres de la nappe de Sébikotane depuis 1982 amène à faire certaines constatations :

- 1) le rabattement de la nappe à l'étiage est tel que le site de Panthior ne pourra bientôt plus jouer son rôle de protection,
- 2) l'évolution des rabattements annuels à l'étiage semblerait montrer que la nappe est passée d'un régime captif à libre, ce qui va augmenter sa vulnérabilité,
- 3) on constate une augmentation significative de la minéralisation sur le piézomètre de Damboussane Ouest et sur le forage F.4 de Sébikotane. Il est probable que ces deux ouvrages sont sur des drains en relation plus ou moins directe avec la nappe sursalée du compartiment Sud. Il s'agit des premiers signes d'une contamination qui risque d'atteindre rapidement l'ensemble de l'aquifère.

Face à cette situation très alarmante, il est impératif de réagir rapidement et de limiter les volumes prélevés sur le site de Sébikotane d'au moins 20 %. Dans le cas contraire, on risque de dégrader de façon irréversible la nappe de Sébikotane qui a jusqu'ici constitué un apport supplémentaire fiable et régulier pour l'alimentation en eau de la ville de Dakar.

Par ailleurs, la cuvette du barrage de Panthior devra être nettoyée chaque année afin de ne pas entraver l'infiltration de l'eau dans la nappe.

5 - CAMPAGNE DE FORAGES

5.1 - Présentation générale des travaux réalisés

Le programme réalisé a été défini en concertation avec les ingénieurs de la Direction des Etudes Hydrauliques.

Il était initialement prévu de réaliser 28 ouvrages dans le cadre du projet (6 forages d'essai et 22 piézomètres). Les deux forages du Sénégal Oriental (F8.1 et F8.2) n'ont pas pu être réalisés en raison de la révision à la baisse du montant disponible. Cette révision s'est en effet avérée nécessaire compte-tenu de la dépréciation monétaire et de l'actualisation des prix. Par ailleurs, les modifications suivantes ont été apportées à la campagne de forages à la demande de l'Administration :

- exécution d'un forage d'essai au Maestrichtien à Sanna dans l'arrondissement de Darou-Mousty (F9.1) à la place de celui de Salim Sarr (F4.2) (notification par ordre de service 20/87/DEH)
- réalisation de deux piézomètres dans la nappe des sables dunaires du Cap Skirring (P6.1 et P6.2) en remplacement de ceux initialement prévus à Thiara et à Pata (notification par ordre de service 24/87/DEH),
- exécution d'un forage d'essai à Daroul Khayre (F6.3) en remplacement du piézomètre de Langueyel (notification par ordre de service 25/87/DEH).

Il était initialement prévu d'effectuer un piézomètre double captant le Paléocène et le Maestrichtien au Nord-Est de M'Bour. Afin de garantir la fiabilité des niveaux mesurés, il a été décidé de réaliser deux ouvrages distincts séparés d'une vingtaine de mètres (P5.1 et P5.2).

Au total, 26 ouvrages ont été réalisés :

- dix neuf ouvrages conçus comme simples piézomètres (équipement monolithique de diamètre égal à 2" 1/2). Ces ouvrages permettront un suivi piézométrique et hydrochimique des nappes concernées ;
- deux ouvrages conçus comme piézomètres avec un équipement monolithique de diamètre supérieur ou égal à 4" permettant d'effectuer des tests de nappe ;
- cinq ouvrages conçus comme forages d'essai (équipement monolithique ou télescopé avec mise en place d'une chambre de pompage). Ces forages ont permis une reconnaissance hydrogéologique des aquifères (lithofaciès, transmissivité, paramètres physico-chimiques).

Les aquifères qui ont été reconnus et étudiés sont les suivants :

- nappe infrabasaltique du Cap-Vert (P1.1)
- nappe des sables quaternaires du Cap-Vert (P2.1 à P2.11)
- formations du Continental Terminal du littoral Nord (P3.1 à P3.4, F4.1)
- formations calcaires du Paléocène (P5.1)
- formations de l'Oligo-Miocène de Basse Casamance (F6.3, P6.4)
- formations de l'Oligo-Miocène du Cap Skirring (P6.1, P6.2)
- formations du Maestrichtien (F5.2, F7.1, F7.2, F9.1)

L'ensemble des forages ont été réalisés par la SONAFOR (Société Nationale de Forage) qui a mis en place deux ateliers distincts.

Les prestations réalisées par le bureau d'études ont été les suivantes:

- contrôle des travaux de forage
- analyse lithologique des cuttings de forage
- réalisation et interprétation de carottages électriques pour un positionnement optimal des crépines
- suivi et interprétation d'essais de pompage
- étude du contexte géologique et hydrogéologique des aquifères
- rédaction et tirage d'un rapport de fin de travaux pour chaque ouvrage.

Les différents forages réalisés sont localisés sur les cartes des figures 22 et 23. Leurs caractéristiques principales sont reportées au tableau 6. Le tableau 7 récapitule les travaux effectués et les équipements mis en place pour chaque groupe d'ouvrages.

Le chronogramme de la figure 24 récapitule le planning d'exécution pour chacun des deux ateliers. Ceux-ci ont démarré respectivement le 5 janvier 1987 et le 1er avril 1987. Le planning prévisionnel a globalement été respecté.

Le temps total de contrôle par les techniciens hydrogéologues s'élève à 17,5 mois au lieu des 20 mois prévus initialement dans la proposition technique de décembre 1986. Notons que la surveillance des chantiers a toujours été effectuée conjointement par des techniciens du bureau d'études et de l'administration (MM. MB. DIOUF, B. DIAW et M. SARR).

5.2 - Résultats obtenus

Les objectifs fixés pour chaque zone ont été atteints : les ouvrages réalisés ont amélioré l'état des connaissances sur les aquifères du Sénégal et renforcé le réseau piézométrique national :

- nappe infrabasaltique : réalisation d'un piézomètre (P1.1) en remplacement de celui qui avait été détruit lors de la construction du garage SOTRAC. Cet ouvrage, situé à un point stratégique, permettra un suivi de la piézométrie de la nappe infrabasaltique et de l'avancée du biseau salé. Les informations qu'il fournira seront essentielles pour l'évaluation des volumes pouvant être pompés sur la presqu'île du Cap-Vert ;
- sables quaternaires du Cap-Vert : réalisation de onze piézomètres (P2.1 à P2.11) renforçant le réseau de surveillance actuellement en place. Un de ces ouvrages (P2.11) ayant recoupé des argiles imperméables a été abandonné. A part le piézomètre P2.9 situé à proximité du lac Retba, la qualité de l'eau est bonne (teneurs en chlorures inférieures à 250 mg/l). On note cependant une augmentation de la minéralisation de la nappe en certains points par rapport à la carte dressée par A. MARTIN en 1980 ;
- Continental Terminal du littoral Nord : réalisation de quatre piézomètres (P3.1 à P3.4) et d'un forage d'essai (F4.1). Les niveaux mesurés sur ces nouveaux ouvrages semblent montrer une légère remontée de la nappe par rapport à 1974. Les analyses chimiques confirment la vulnérabilité de la nappe, en particulier vers Louga. Compte-tenu de sa situation, le forage F4.1 constitue un indicateur privilégié de l'avancée du biseau salé : il devra faire l'objet d'un suivi régulier ;

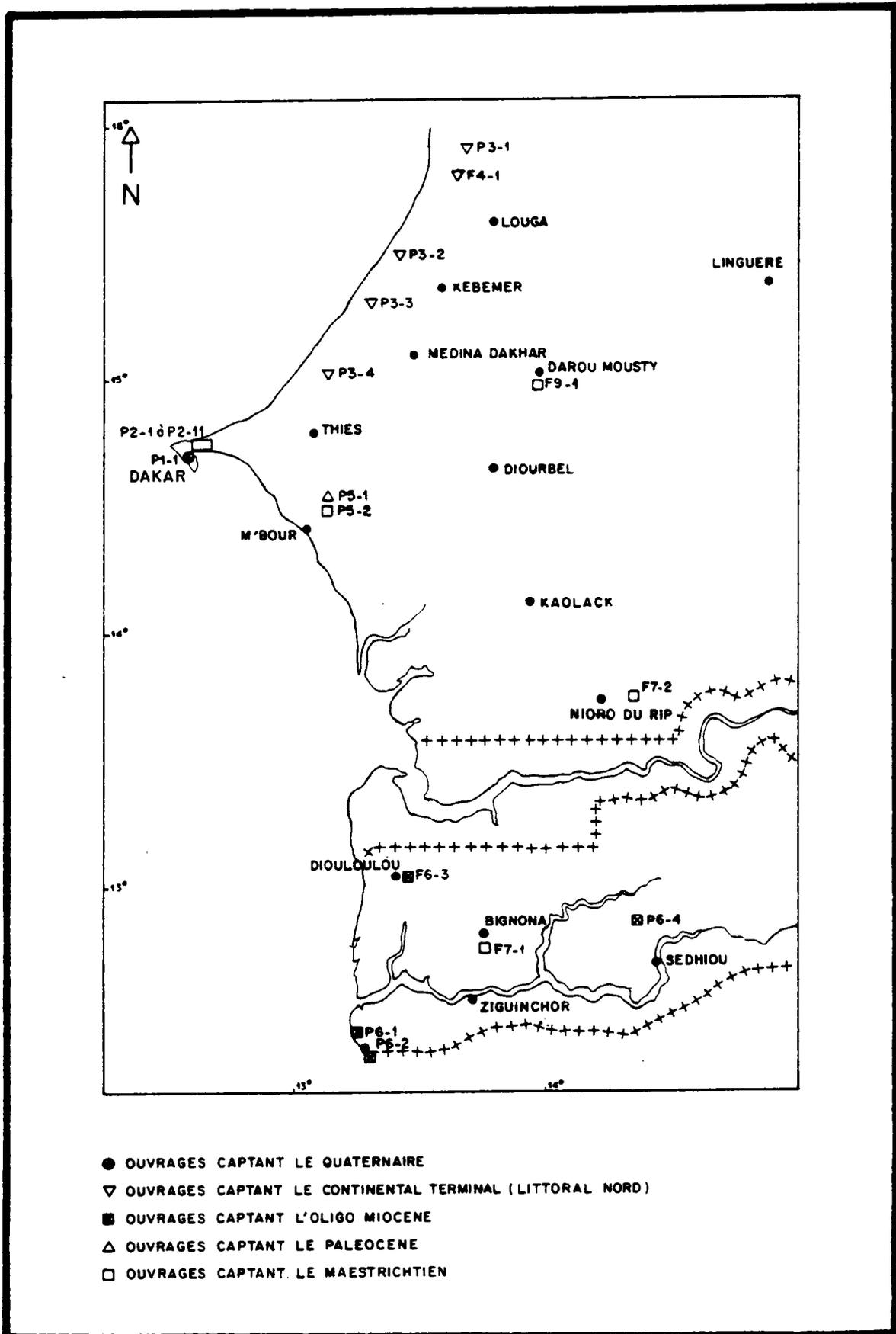


Fig.22 LOCALISATION DES OUVRAGES REALISES DANS LE CADRE DU PROJET BID

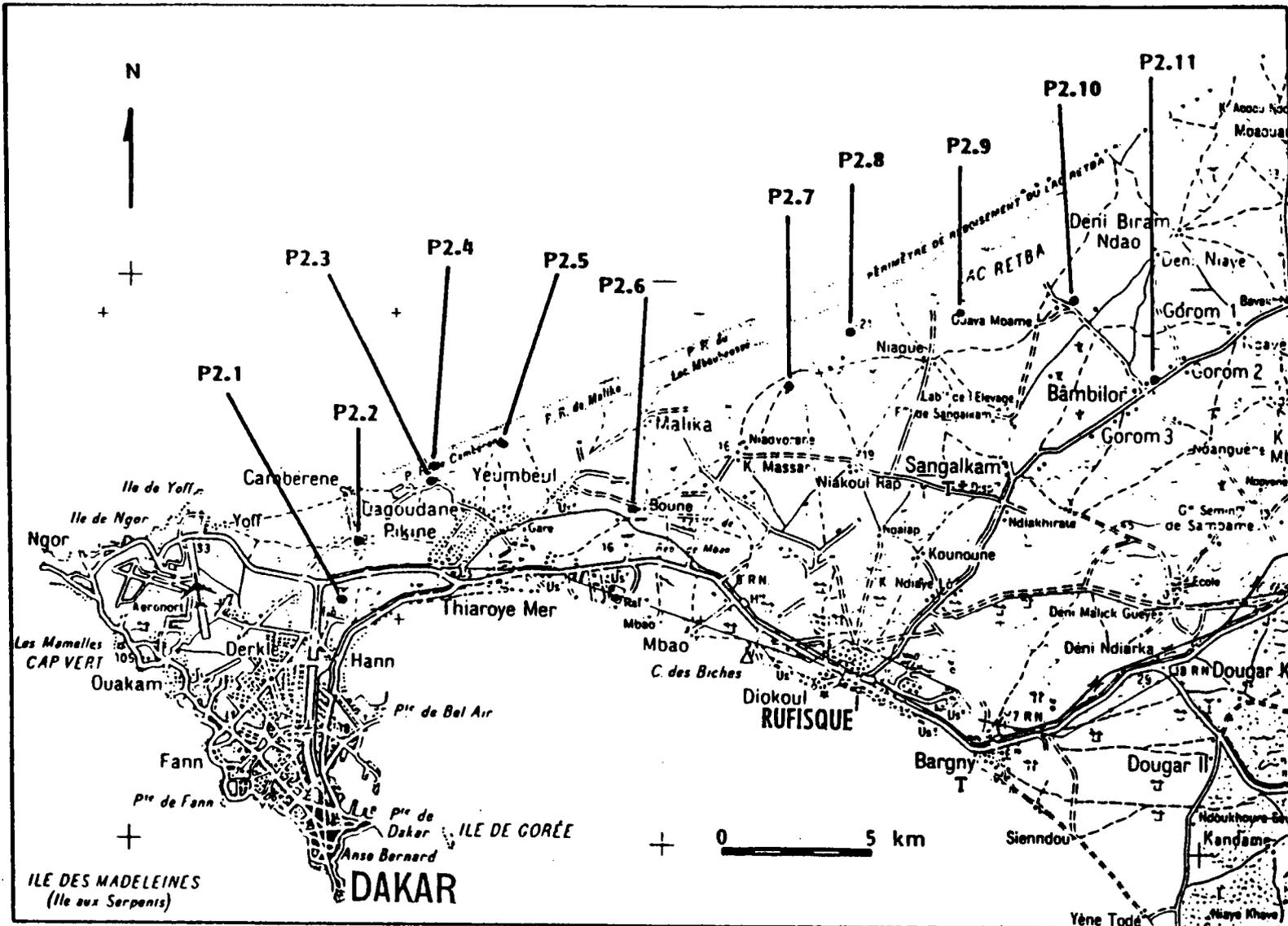


Fig. 23 - LOCALISATION DES PIEZOMETRES LEGERS EFFECTUES SUR LA PRESQU'ILE DU CAP VERT

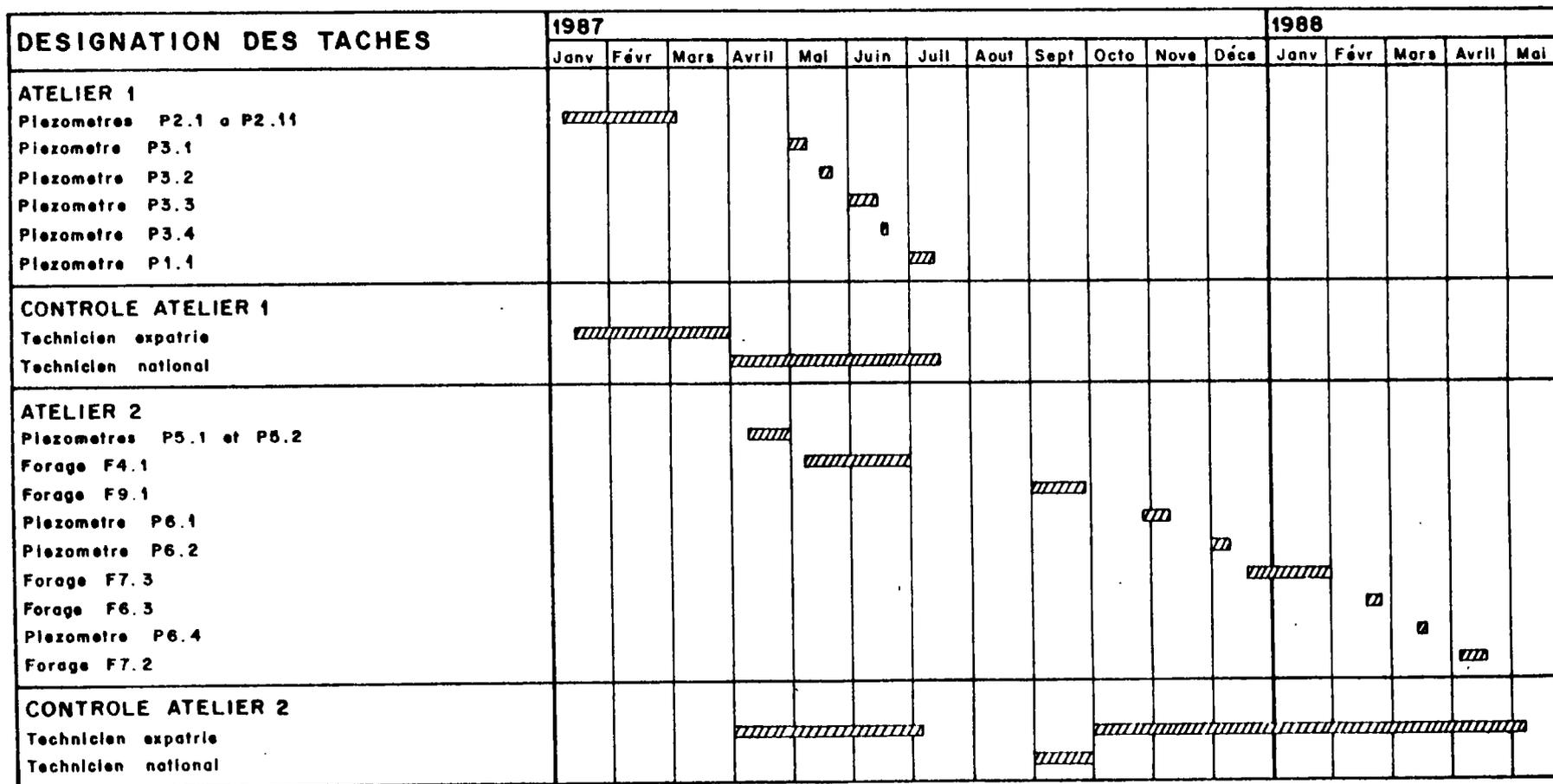


Fig. 24 _Chronogramme d'exécution des ouvrages

N°	Région	Département	Arrondissement	Localité	Longitude	Latitude	Altitude	Type	Prof. totale (m)	Formation Nom	Formation captée Faciès	Débit air-lift (m ³ /h)	Débit de réception (m ³ /h)
R1. 1	Dakar	Dakar		Ouakam	17°28'30"	14°42'30"	30.00	Piézomètre	98.0	Quatern.	Sable	4.5	
P2. 1	Dakar	Dakar		Dakar	17°26'05"	14°44'24"	13.00	Piézomètre	25.0	Quatern.	Sable	6.3	
P2. 2	Dakar	Pikine		Pikine	17°25'42"	14°45'15"	30.00	Piézomètre	25.0	Quatern.	Sable	6.1	
P2. 3	Dakar	Pikine		Pikine Golf	17°24'33"	14°46'30"	15.00	Piézomètre	35.0	Quatern.	Sable	5.8	
P2. 4	Dakar	Pikine		Guédiawaye	17°24'37"	14°46'38"	13.00	Piézomètre	25.0	Quatern.	Sable	25.0	
P2. 5	Dakar	Pikine		Les Filaos	17°22'38"	14°47'19"	16.00	Piézomètre	25.0	Quatern.	Sable	10.5	
P2. 6	Dakar	Pikine		Boun	17°20'27"	14°45'59"	15.00	Piézomètre	25.0	Quatern.	Sable	1.5	
P2. 7	Dakar	Rufisque		Tivaouane Peul	17°17'04"	14°48'12"	21.00	Piézomètre	22.0	Quatern.	Sable	1.0	
P2. 8	Dakar	Rufisque		Tivaouane Peul	17°16'34"	14°49'10"	21.00	Piézomètre	24.0	Quatern.	Sable	4.7	
P2. 9	Dakar	Rufisque		Niaga Peul	17°14'26"	14°49'33"	5.00	Piézomètre	19.0	Quatern.	Sable	6.0	
P2.10	Dakar	Rufisque		Gouye Gowel	17°12'26"	14°49'47"	18.00	Piézomètre	18.0	Quatern.	Sable	8.2	
P2.11	Dakar	Rufisque		Bambilor	17°10'53"	14°48'20"	30.00	Piézomètre	13.0	Quatern.	Sable	0.0	
P3. 1	Saint-Louis	Dagana	Rao	Semel Peul	16°21'00"	15°55'00"	10.00	Piézomètre	110.0	Cont.Term.	Sable	7.3	
P3. 2	Louga	Kébémer	Ndande	Boundou Griwa	16°36'45"	15°27'35"	18.00	Piézomètre	75.0	Cont.Term.	Sable	10.5	
P3. 3	Thiès	Tivaouane	Méouane	Mba	16°45'30"	15°17'40"	34.00	Piézomètre	52.2	Cont.Term.	Sable	6.4	
P3. 4	Thiès	Tivaouane	Méouane	Talba Ndaye	16°53'15"	15°02'20"	52.00	Piézomètre	23.0	Cont.Term.	Sable	0.2	
F4. 1	Saint-Louis	Dagana	Rao	Komal Diaw	16°22'00"	15°48'30"	20.00	Forage	83.0	Quatern.	Sable	24.2	8.0
P5. 1	Thiès	Mbour	Nguekokh	K. Ndigue Faye	16°53'15"	14°30'32"	20.00	Piézomètre	80.0	Paléocène	Calcaire	0.7	
P5. 2	Thiès	Mbour	Nguekokh	K. Ndigue Faye	16°53'15"	14°30'32"	20.00	Piézomètre	300.0	Maestrich.	Sable	20.0	
P6. 2	Ziguinchor	Oussouye	Kabrousse	Boucotte	16°45'00"	12°24'48"	15.15	Piézomètre	70.0	Oligo-Mioc.	Sable	10.0	8.5
P6. 1	Ziguinchor	Oussouye	Kabrousse	Kabrousse	16°43'20"	12°21'39"	15.24	Piézomètre	70.0	Oligo-Mioc.	Sable	11.7	14.8
P6. 3	Ziguinchor	Bignona	Diouloulou	Daroul Khayré	16°33'17"	13°03'29"	9.00	Forage	153.0	Oligo-Mioc.	Sab. arg.	34.8	25.3
P6. 4	Kolda	Sedhiou	Diende	Bari	15°39'45"	12°53'37"	27.00	Piézomètre	128.0	Oligo-Mioc.	Sable	12.0	
F7. 1	Ziguinchor	Bignona	Tengory	Bignona	21°13'45"	22°14'34"	21.16	Forage	680.0	Maestrich.	Sab. arg.	46.5	24.0
F7. 2	Kaolack	Nioro du Rip	Paos Koto	Kabakoto	16°38'64"	13°46'53"	10.00	Forage	413.0	Maestrich.	Sab. arg.	60.0	30.0
F9. 1	Louga	Kébémer	Darou Mousty	Sanna	14°28'00"	16°03'00"	49.00	Forage	293.0	Maestrich.	Sable	46.8	25.7

Tableau 6 – Caractéristiques des ouvrages réalisés dans le cadre du Projet BID

DESIGNATION	No	U.	QUANT.	P1.1	P2.1 P2.11	P3.1 P3.4	F4.1	P5.1 P5.2	P6.1 P6.2	F6.3	P6.4	F7.1	F7.2	P9.1
Installation atelier	29	U	25	1	11	4	1	1	2	1	1	1	1	1
Forage Rotary diam = 24"	30b	ml	50,00							10,00		18,00	22,00	
Forage Rotary diam = 20"	30c	ml	10,00				10,00							
Forage Rotary diam = 17" 1/2	30d	ml	28,00											28,00
Forage Rotary diam = 15"	30e	ml	362,00				45,00			67,00		172,00	78,00	
Forage Rotary diam = 12" 1/4	30f	ml	160,00	2,00		40,00	28,00	18,00			10,00			62,00
Forage Rotary diam = 9" 7/8	30g	ml	1131,00							125,00		490,00	313,00	203,00
Forage Rotary diam = 8" 1/2	30h	ml	262,50	31,50				85,00		18,00	128,00			
Forage Rotary diam = 6" 1/2	30i	ml	581,40	64,50		239,50		277,40						
Forage Battage diam = 14"	31g	ml	72,70						72,70					
Forage Battage diam = 10"	31i	ml	67,40						67,40					
Forage Battage diam = 8"	31j	ml	252,00		252,00									
Tubage 18" - soudé 6 mm	33i	ml	60,40				10,00			10,00		18,00	22,40	
Tubage 13" 3/8 - casing A.P.I.	33n	ml	29,00											29,00
Tubage 10" 3/4 - casing A.P.I.	33n	ml	338,00				47,00					190,00	101,00	
Tubage 9" 5/8 - casing A.P.I.	33o	ml	82,30	2,00						70,30	10,00			
Tubage 8" 5/8 - casing A.P.I.	33p	ml	95,00				14,00							81,00
Tubage 4" 1/2 - casing A.P.I.	39a	ml	867,95							19,75	43,30	380,00	252,90	172,00
Tubage 2" 1/2 - fileté, galva	33s	ml	739,75	73,80	192,30	214,00		202,65			57,00			
Tubage PVC plein 6"	39b	ml	21,70						21,70					
Tubage PVC plein 4"	39c	ml	22,10						22,10					
Crépine 8" - acier inox N.R.	34f-2	ml	20,00				20,00							
Crépine 4" - acier inox N.R.	34h-2	ml	119,80							20,00		40,00	39,80	20,00
Crépine 2" 1/2 - acier galva	34i-1	ml	140,85	22,80	40,45	34,00		18,60			25,00			
Crépine 6" PVC	39d	ml	24,00						24,00					
Crépine 4" PVC	39e	ml	40,00						40,00					
Tube décanteur 4" - acier inox	39f	ml	20,00							5,00		5,00	5,00	5,00
Sabot laveur 8" - acier inox	39g	U	1				1							
Sabot laveur 4" - acier inox	39h	U	4							1		1	1	1
Cone reducteur tout diamètre	39i	U	8				1			2	1	1	1	2
Raccord droite - gauche	39j	U	2									1	1	
Centreurs inox	39k	U	10							3		3	4	
Grillage acier maille 0.5 mm	39l	U	62,00						62,00					
Grillage toile moustiquaire	39m	U	50,00						25,00		25,00			
Gravier (basalte roulé)	35	m3	18,70	1,10	5,00	2,00		1,70	6,80			1,00		1,10
Gravier (quartz)	39n	m3	13,46				2,40			2,00	1,00	3,20	2,46	2,40
Remblai basaltique	39o	m3	5,89							,35			5,54	
Fourniture HEXA	39p	kg	490,00	10,00		30,00	50,00			100,00	50,00	100,00	100,00	50,00
Atelier pour développement	36a	h	376,83	4,0	35,1	12,25	43,00	8,75	13,75	48,00	36,00	96,00	72,00	8,00
Atelier sans F.E.M.	36b	h	116,08	3,0		9,08	12,00		24,00	12,00	10,00	20,00	20,00	6,00
Atelier avec F.E.M. (pompages)	36c	h	289,50				48,00		53,00	24,75		26,00	26,75	111,00
Atelier sans F.E.M. (remontées)	36d	h	68,50				9,00		19,50	19,00		12,00	3,00	6,00
Carottage électrique	37	U	11			2	1	1	2	1	1	1	1	1
Groupe pompage 50 m3/h	38a	U	2						2					
Groupe pompage 50 à 150 m3/h	38b	U	5				1			1		1	1	1
Confection tête de piézomètre	40	U	24	1	10	4	1	2	1	1	1	1	1	1
Analyse chimique	41	U	50	2	20	8	2	4	4	2	2	2	2	2

Tableau 7 _Campagne de forages:travaux effectués et équipements mis en place

- Paléocène dans la zone de M'Bour : réalisation d'un seul piézomètre (P5.1) qui met en évidence la karstification de cet aquifère. Compte-tenu de cette forte hétérogénéité structurale, les forages captant cette formation pourront aussi bien être secs que fournir des débits importants. La situation privilégiée du piézomètre P5.1 permettra de contrôler si la zone à forte teneur en chlorures identifiée au Nord-Est de M'Bour correspond à une nappe salée fossile ou à l'avancée d'un biseau salé. L'étude comparative des niveaux mesurés sur les piézomètres P5.1 et P5.2 montre que la nappe du Maestrichtien est en charge par rapport à celle du Paléocène ;

- Oligo-Miocène de Basse Casamance : réalisation de trois piézomètres (P6.1, P6.2 et P6.4) et d'un forage d'essai (F6.3). Deux des trois piézomètres ont été implantés sur le cordon dunaire du Cap Skirring en appui à une étude complète réalisée par le B.R.G.M. sur ce secteur. Ces ouvrages ont apporté des informations déterminantes sur la lithologie et la géométrie de l'aquifère. Cette reconnaissance a en particulier permis de s'assurer qu'une éventuelle invasion de la nappe par l'eau salée ne pourrait se faire que latéralement par communication avec les bolons à l'Est et la mer à l'Ouest. Compte-tenu de la vulnérabilité de la nappe et les risques de surexploitation, les piézomètres P6.1 et P6.2 devront faire l'objet d'un suivi attentif permanent. Les deux autres ouvrages ont eux-aussi apporté de nouvelles données sur l'Oligo-Miocène de Basse Casamance. Le forage d'essai F6.3 a en particulier mis en évidence que cet aquifère pouvait fournir une eau de bonne qualité dans le secteur de Diouloulou pourtant très exposé. Il faut cependant rester très prudent quant à l'extrapolation de ce résultat positif à d'autres secteurs voisins compte-tenu de l'hétérogénéité lithologique et structurale de l'aquifère. Par ailleurs, il sera indispensable de prévoir des observations régulières sur le forage de Daroul Khayre afin de prévenir une intrusion d'eau salée dans la nappe;

- Maestrichtien : réalisation d'un piézomètre (F5.2) et de trois forages d'essai (F7.1, F7.2, F3.1) profonds respectivement de 680 m, 413 m et 293 m. Les forages F7.1 et F7.2 ont permis de reconnaître le Maestrichtien dans les secteurs de Bignona et Nioro-du-Rip. Les cotes du toit de cet aquifère ont pu être précisées ainsi que ses caractéristiques hydrodynamiques et hydrochimiques. On retiendra principalement des teneurs en chlorures et fluorures élevées.

6 - BILAN FINANCIER DU PROJET

6.1 - Montant disponible

Le Projet a entièrement été financé par la Banque Islamique de Développement (BID). Le crédit a fait l'objet du Marché de Travaux n° C/12/FM dont l'attributaire est le Groupement B.R.G.M./SONAFOR.

L'engagement initial du Projet était de 1.660.000 Dinards Islamiques (D.I.) représentant 713.385.000 F.CFA au taux de change du mois de Mars 1984 (429,75 F.CFA). Le Projet n'a pu démarrer qu'en Octobre 1986 suite à des divergences entre la BID et le Sénégal sur le choix de l'adjudicataire.

Ce retard de deux ans a eu deux conséquences quant au montant disponible en francs CFA :

- dépréciation monétaire : le taux de change du Dinar Islamique est passé de 429,75 F.CFA en Juillet 1986 à 382,65 F.CFA en Décembre 1987 ;
- actualisation importante des prix : 12 % pour le volet "Etudes", 11,4 % pour le volet "Génie civil", et 12,7 % pour le volet "Forages" (cf. tableau 8).

Face à cette situation, une demande de financement complémentaire a été formulée en Décembre 1987 auprès de la Banque Islamique de Développement. Celle-ci a accordé en Mai 1988 un complément de 10 % du montant total du projet, soit 166.000 D.I. Cette somme, qui porte à 1.826.000 D.I. l'engagement total du projet, a permis de couvrir la dépréciation monétaire, mais non l'actualisation. Une nouvelle ventilation des montants par volet s'est donc avérée nécessaire compte-tenu de cette révision à la baisse. Il a été décidé de concentrer les efforts sur la cellule de gestion qui constitue la partie principale, tant par son originalité que sa vocation. La campagne de forages qui avait été suspendue en Mai 1988, n'a donc pas été reprise au cours du deuxième semestre 1989.

6.2 - Montant total des prestations

Le découpage en quatre volets adopté dans les termes de référence a été respecté dans l'évaluation financière du Projet. Le montant total des prestations s'élève à 720.761.839 F.CFA ainsi répartis (cf. figure 25) :

- | | | |
|-------------------------------------|---|--------------------|
| - volet 1 : cellule de gestion | : | 308.981.918 F.CFA |
| - volet 2 : barrage de Panthior | : | 107.400.736 F.CFA |
| - volet 3 : campagne de géophysique | : | 39.356.576 F.CFA |
| - volet 4 : campagne de forages | : | 265.022.609 F.CFA. |

L'avance de démarrage, d'un montant de 104.632.800 F.CFA, a été intégralement remboursée durant le Projet.

Le tableau 9 et la figure 26 récapitulent les décomptes mensuels établis depuis le début du Projet.

L'actualisation des prix correspondant à la période allant d'Octobre 1986 à Octobre 1987 a été reportée sur le décompte d'Octobre 1987. Elle a ensuite été calculée mensuellement pour chacun des décomptes. Le tableau 10 détaille le montant total de l'actualisation pour chacun des volets.

a) Bureau d'Etudes

$$P = P_o \left(0,15 + 0,4 \frac{S_i}{S_o} + 0,45 \frac{C}{C_o} \right)$$

Indice Date	Si	C
Mai 84	1087,0	521,4
Août 86	1213,0	606,2

$$K = 1,1196 \text{ soit } 12 \%$$

b) Sondages et forages

$$P = P_o \times \frac{SFi}{SFio}$$

Indice Date	SFi
Aout 86	1,544
Mai 84	1,370

$$K_2 = \frac{1,544}{1,370} = 1,127 \text{ soit } 12,7 \%$$

c) Génie-civil

$$P = P_o \left(0,15 + 0,10 \frac{IS6}{IS6o} + 0,20 \frac{IS4}{IS4o} + 0,1 \frac{Ga}{Gao} + 0,12 \frac{A}{Ao} + 0,2 \frac{C}{Co} + 0,13 \frac{Mts}{Mts_o} \right)$$

Date	Indice	IS6	IS4	Ga	A	C	Mt3
Août 86		1,212	1,490	210	244,91	39102	1,532
Mai 84		1,140	1,325	165	215,60	37040	1,283

$$K_3 = 1,1138 \text{ soit } 11,4 \%$$

Tableau 8 - Calcul des coefficients d'actualisation

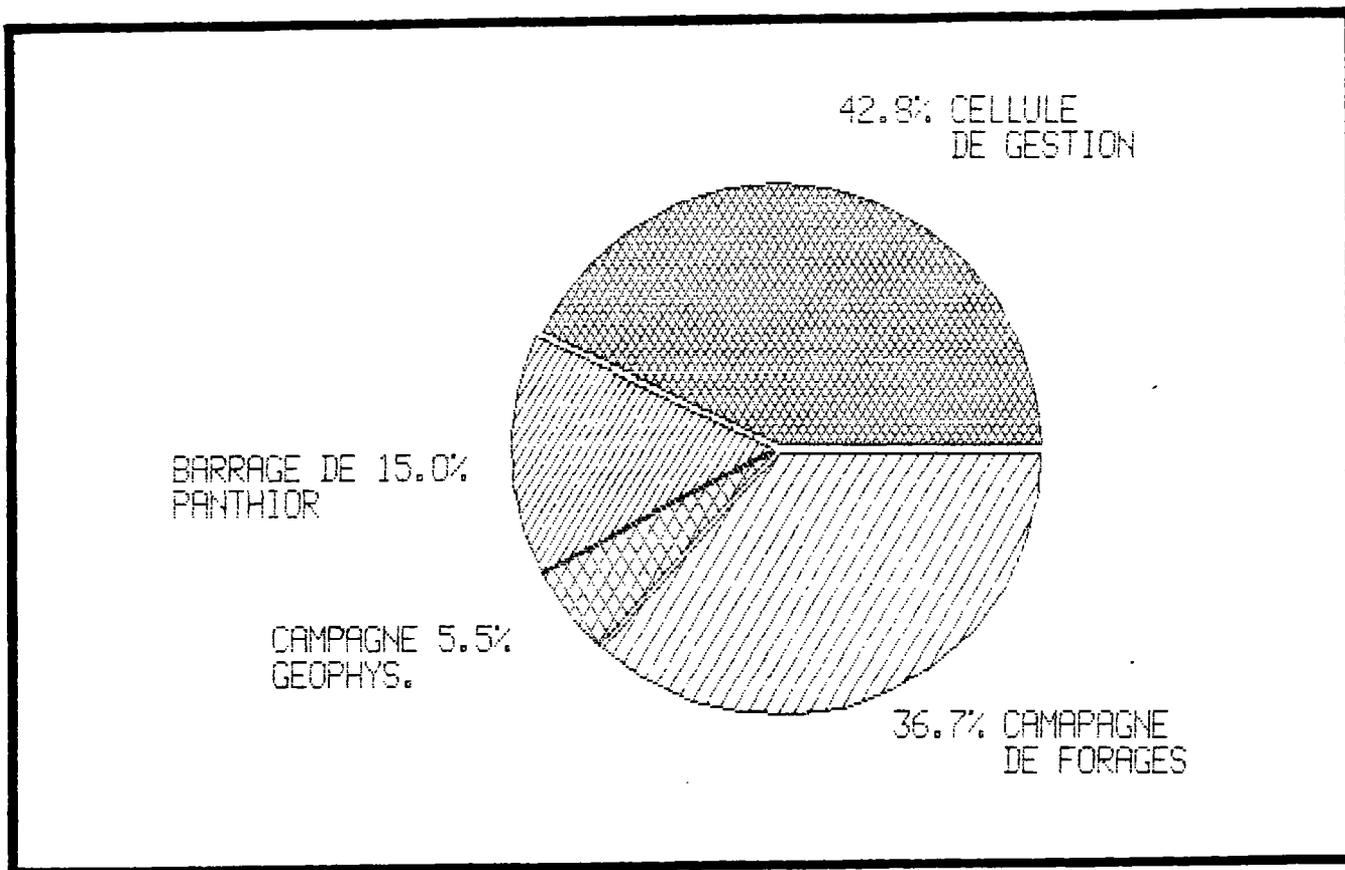


Fig.25 _Ventilation des dépenses par volet

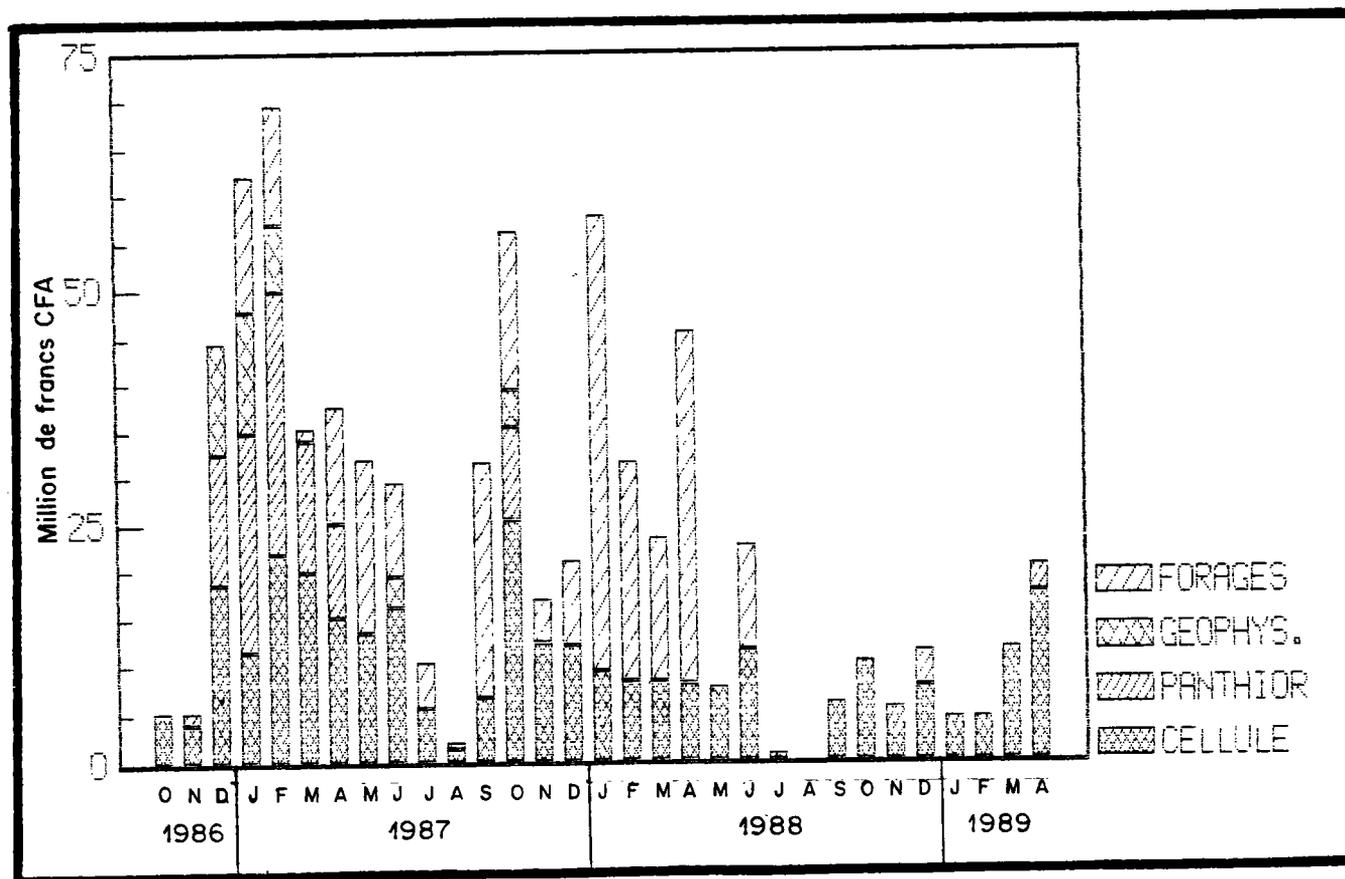


Fig.26 _Montant des décomptes mensuels

Mois	Cellule de gestion	Barrage de Panthior	Géophysique	Forages	TOTAL DES PRESTATIONS	REMBOURSEM. AVANCE	TOTAL
Avance							104.632.800
Octobre 86	5.252.000				5.252.000	787.800	4.464.200
Novembre 86	3.810.000	1.330.000			5.140.000	771.000	4.369.000
Décembre 86	18.493.900	13.971.900	11.880.000		44.345.800	6.651.870	37.693.930
Janvier 87	11.440.370	23.243.130	12.880.000	14.426.220	61.989.720	9.298.458	52.691.262
Février 87	21.637.450	28.169.350	6.930.000	12.664.480	69.401.280	10.410.192	58.991.088
Mars 87	19.828.305	13.965.230		1.280.000	35.073.535	5.261.030	29.812.505
Avril 87	15.096.980	9.970.386		12.640.750	37.708.116	5.656.217	32.051.899
Mai 87	13.316.265			18.703.710	32.019.975	4.802.996	27.216.979
Juin 87	15.921.935		3.449.800	9.947.100	29.318.835	4.397.825	24.921.010
Juillet 87	5.658.000			4.673.250	10.331.250	1.549.688	8.781.563
Août 87	1.194.320			825.000	2.019.320	302.898	1.716.422
Septembre 87	6.637.515			24.774.150	31.411.665	4.711.750	26.699.915
Octobre 87	25.092.740	10.062.150	4.216.776	16.737.632	56.109.298	8.416.395	47.692.903
Novembre 87	12.231.520			4.524.060	16.755.580	2.513.337	14.242.243
Décembre 87	11.967.770			8.986.950	20.954.720	3.143.208	17.811.512
Janvier 88	9.246.160			48.231.881	57.478.041	8.621.706	48.856.335
Février 88	8.278.760			23.110.826	31.389.586	4.708.438	26.681.148
Mars 88	8.128.680			15.077.288	23.205.968	3.480.895	19.725.073
Avril 88	8.026.592			37.431.062	45.457.654	6.818.648	38.639.006
Mai 88	7.720.720				7.720.720	1.158.108	6.562.612
Juin 88	11.563.664			10.988.250	22.551.914	3.382.787	19.169.127
Juillet 88	672.000				672.000	100.800	571.200
Septembre 88	6.056.400				6.056.400	908.460	5.147.940
Octobre 88	10.298.176				10.298.176	1.544.726	8.753.450
Novembre 88	5.592.720				5.592.720	838.908	4.753.812
Décembre 88	7.666.400	3.876.880			11.543.280	1.731.492	9.811.788
Janvier 89	4.384.800				4.384.800	657.720	3.727.080
Février 89	4.376.400				4.376.400	656.460	3.719.940
Mars 89	11.860.408				11.860.408	1.348.987	10.511.421
Avril 89	17.530.968	2.811.710			20.342.678	0	20.342.678
TOTAL	308.981.918	107.400.736	39.356.576	265.022.609	720.761.839	104.632.800	720.761.839

Tableau 9 _Récapitulatif des décomptes mensuels

Volet	Montant hors actualisation	Montant de l'actualisation	Montant actualisé
Cellule de gestion	275.876.715	33.105.206	308.981.918
Barrage de Panthior	96.409.996	10.990.740	107.400.736
Géophysique	35.139.800	4.216.776	39.356.576
Campagne de forages	235.158.594	29.865.014	265.022.609

Tableau 10 _Actualisation des prix par volet

6.3 - Détail des dépenses par volet

Les dépenses de chacun des volets sont détaillées par prestation dans les tableaux 11 à 14. Le tableau 15 récapitule le coût de chacun des forages réalisés dans le cadre du Projet.

Les ventilations par mois et par prestation pour chaque volet sont reportées en annexe.

6.4 - Révision des prix

Le calcul de la révision des prix est effectué selon les formules de l'article 22 du Marché rappelées ci-dessous (Po étant le montant des travaux exécutés et évalués dans le mois considéré et P le montant révisé ou actualisé):

- **pour le Bureau d'Etudes :**

$$P = Po * K_1 \text{ avec } K_1 = (0,15 \times 0,40 \frac{Si}{So} + 0,45 \frac{Ci}{Cio})$$

Si = indice de base SYNTEC publié par le Moniteur des Travaux Publics à Paris

Ci = indice des prix à la consommation familiale de type européen publié dans le B.C.O.P. à la date d'origine de la révision

- **pour les sondages et les forages :**

$$P = Po * K_2 \text{ avec } K_2 = \frac{SFi}{SFio}$$

SFi = valeur de l'indice "sondages et forages" relevée dans le bulletin de la Commission d'Officialisation des Prix correspondant au mois d'exécution

- **pour les travaux de génie civil :**

P = Po * K₃ avec :

$$K_3 = (0,15 + 0,10 \frac{IS6}{IS6o} + 0,20 \frac{IS4}{IS4o} + 0,10 \frac{Ga}{Gao} + 0,12 \frac{A}{Ao} + 0,20 \frac{C}{Co} + 0,13 \frac{MTS}{MTSo})$$

IS6 = indice des salaires des personnels de maîtrise et cadres sénégalais, charges y comprises

IS4 = indice global des salaires des personnels ouvriers et manoeuvres, charges y comprises

Ga = prix du litre de gasoil à Dakar

A = prix du kilogramme de fer rond de nuance ADX, de diamètre 6 à 18 par lot de plus de 500 kg à Dakar

C = prix de la tonne de ciment SOCO CIM 210/325 sur chantier à Dakar

MTS = indice relatif à l'amortissement du matériel de chantier de terrassement.

Les coefficients de révision ont été calculés mensuellement à partir des indices fournis par la Commission d'Officialisation des Prix (cf. tableau 16). Il apparaît que les valeurs obtenues ne dépassent pas le seuil de 5 % fixé par le décret n° 82-690 du 7 Septembre 1982. Il n'y a donc pas lieu d'appliquer de révision.

Nb	VOLET 1: ETUDES DESIGNATION DES TACHES	UNITE	TOTAUX	PRIX UNITAIRES	MONTANT
1	Ingénieur hydrogéologue sénior	M/I	26,62	3.500.000	93.170.000
2a	Technicien hydrogéologue expatrié	M/I	12,73	3.000.000	38.190.000
2b	Technicien hydrogéologue national	M/I	10,00	2.000.000	20.000.000
3	Mission de Direction	M/I	7,03	4.750.000	33.392.500
4	Soutien logistique Dakar	M/I	26,82	220.000	5.900.400
5	Frais voyages aériens	U	16,00	450.000	7.200.000
6	Remboursement excédent de bagages	Kg	92	9.000	828.000
10	Fonctionnement véhicule Toyota HI-LUX	Km	34650	95	3.291.750
10b	Fonctionnement véhicule tt terrain PAJERO	Km	47000	95	4.465.000
11	Fonctionnement véhicule liaison PAJERO	Km	95365	75	7.152.375
7	Achat véhicule liaison Mitsubischi Pajero				6.624.400
7b	Achat véhicule liaison Peugeot 505 break				4.938.787
7c	Achat véhicule tout terrain Pajero				6.376.322
8	Achat véhicule tout terrain Toyota Hi-Lux				5.642.000
9	Matériel technique de contrôle				1.628.590
12a	Production et livraison rapport final				3.750.000
12b	Matériel informatique				33.326.631
TOTAL GENERAL					275.876.715
ACTUALISATION (12 %)					33.105.206
					308.981.921

Tableau 11 „Détail des dépenses du volet 1 (cellule de gestion)

Nb	VOLET 2: REFECTION DU BARRAGE DE PANTHIOR DESIGNATION DES TACHES	UNITE	TOTAL	PRIX UNITAIRES	MONTANT
13	Préparation, amenée et repli du matériel	F	1	1.500.000	1.500.000
13b	Amenée / repli groupe électrogène et pompe	F	1	100.000	100.000
14	Terrassements généraux cuvette	m3	26164	1.650	43.170.600
14b	Pompage de l'eau de la cuvette	h	48	10.000	480.000
15	Déblais en fond de cuvette	m3	2058	2.320	4.774.560
16	Fouilles en tranchées en terrain 3ème cat.	m3	102	9.500	969.000
17	Fouilles en déblais	m3	2439	2.250	5.532.750
18	Remblais compactés	m3	1737	1.450	2.518.650
20	Béton de propreté dosé à 200 kg	m3	10,3	38.600	397.580
21	Béton armé dosé à 350 kg	m3	210,8	104.500	22.028.600
22	Enrochements par blocs de 100 à 200 kg	m3	188,0	6.500	1.222.000
23	Fourniture et mise en place de gabions	m3	786,2	12.880	10.126.256
23b	Mise en place d'une clôture	F	1	150.000	150.000
23c	Construction d'un muret de protection	ml	43,0	80.000	3.440.000
TOTAL GENERAL					96.409.996
ACTUALISATION (11.4 %)					10.990.740
					107.979.196

Tableau 12 „Détail des dépenses du volet 2 (Panthior)

Nb	VOLET 3: CAMPAGNE DE GEOPHYSIQUE DESIGNATION DES TACHES	UNITE	TOTAL	PRIX UNITAIRES	MONTANT
24	Préparation, amenée et repli matériel	F	1	5.200.000	5.200.000
25	Sondages électriques: 1000 m < AB < 2000 m	U	109	130.000	14.170.000
26	Sondages électriques: 500 m < AB < 1000 m	U	112	110.000	12.320.000
27	Production du rapport final	F	1	3.449.800	3.449.800
TOTAL GENERAL					35.139.800
ACTUALISATION (12 %)					4.216.776
					39.356.576

Tableau 13 „Détail des dépenses du volet 3 (géophysique)

DESIGNATION	No	U.	QUANT.	P. UNITAIRE	TOTAL
Amenée et repli du matériel	28	F	1	9.500.000	9.500.000
Installation atelier	29	U	25	825.000	20.625.000
Forage Rotary diam = 24"	30b	ml	50,00	48.000	2.400.000
Forage Rotary diam = 20"	30c	ml	10,00	43.000	430.000
Forage Rotary diam = 17" 1/2	30d	ml	28,00	39.000	1.092.000
Forage Rotary diam = 15"	30e	ml	362,00	34.000	12.308.000
Forage Rotary diam = 12" 1/4	30f	ml	160,00	30.000	4.800.000
Forage Rotary diam = 9" 7/8	30g	ml	1131,00	25.000	28.275.000
Forage Rotary diam = 8" 1/2	30h	ml	262,50	23.000	6.037.500
Forage Rotary diam = 6" 1/2	30i	ml	581,40	20.000	11.628.000
Forage Battage diam = 14"	31g	ml	72,70	42.000	3.053.400
Forage Battage diam = 10"	31i	ml	67,40	37.000	2.493.800
Forage Battage diam = 8"	31j	ml	252,00	35.000	8.820.000
Tubage 18" - soudé épaisseur 6 mm	33i	ml	60,40	68.000	4.107.200
Tubage 13" 3/8 - casing A.P.I.	33m	ml	29,00	85.000	2.465.000
Tubage 10" 3/4 - casing A.P.I.	33n	ml	338,00	60.000	20.280.000
Tubage 9" 5/8 - casing A.P.I.	33o	ml	82,30	55.000	4.526.500
Tubage 8" 5/8 - casing A.P.I.	33p	ml	95,00	42.000	3.990.000
Tubage 4" 1/2 - casing A.P.I.	39a	ml	867,95	20.000	17.359.000
Tubage 2" 1/2 - fileté, galva	33s	ml	739,75	11.000	8.137.250
Tubage PVC plein 6"	39b	ml	21,70	16.000	347.200
Tubage PVC plein 4"	39c	ml	22,10	12.000	265.200
Crépine 8" - acier inox N.R.	34f-2	ml	20,00	55.000	1.100.000
Crépine 4" - acier inox N.R.	34h-2	ml	119,80	39.000	4.672.200
Crépine 2" 1/2 - acier galva	34i-1	ml	140,85	16.000	2.253.600
Crépine 6" PVC	39d	ml	24,00	20.000	480.000
Crépine 4" PVC	39e	ml	40,00	16.000	640.000
Tube décanteur 4" - acier inox	39f	ml	20,00	39.000	780.000
Sabot laveur 8" - acier inox	39g	U	1	185.970	185.970
Sabot laveur 4" - acier inox	39h	U	4	158.000	632.000
Cone reducteur tout diamètre	39i	U	8	62.000	496.000
Raccord droite - gauche	39j	U	2	30.000	60.000
Centreurs inox	39k	U	10	50.000	500.000
Grillage acier maille 0.5 mm	39l	ml	62,00	7.752	480.624
Grillage toile moustiquaire	39m	ml	50,00	850	42.500
Gravier (basalte roulé)	35	m3	18,70	120.000	2.244.000
Gravier (quartz)	39n	m3	13,46	171.000	2.301.660
Remblai basaltique	39o	m3	5,89	30.000	176.700
Fourniture HEXA pour développement	39p	kg	490,00	1.515	742.350
Mise à disp. atelier pour développ.	36a	h	376,83	40.000	15.073.200
Mise à disp. atelier sans F.E.M.	36b	h	116,08	28.000	3.250.240
Atelier avec F.E.M. (pompages essai)	36c	h	289,50	35.000	10.132.500
Atelier sans F.E.M. (remontées pomp.)	36d	h	68,50	30.000	2.055.000
Carottage électrique	37	U	11	500.000	5.500.000
Groupe pompage de 50 m3/h	38a	U	2	350.000	700.000
Groupe pompage de 50 à 150 m3/h	38b	U	5	400.000	2.000.000
Confection tete de piézomètre	40	U	24	80.000	1.920.000
Analyse chimique échantillon d'eau	41	U	50	16.000	800.000
Rapports définitifs de forages	42	U	1	3.000.000	3.000.000

235.158.594

Tableau 14 - Campagne de forages: détail des dépenses

	RECEPTION PROVISOIRE	RECEPTION DEFINITIVE	RAPPORT	COUT
P1.1	12/07/87		remis	4.689.250
P2.1	24/01/87	30/06/88	remis	2.284.870
P2.2	28/01/87	30/06/88	remis	2.331.450
P2.3	23/04/87	30/06/88	remis	2.796.460
P2.4	23/04/87	30/06/88	remis	2.327.440
P2.5	23/04/87	30/06/88	remis	2.287.220
P2.6	23/04/87	30/06/88	remis	2.185.860
P2.7	23/04/87	30/06/88	remis	2.155.170
P2.8	23/04/87	30/06/88	remis	2.179.440
P2.9	23/04/87	30/06/88	remis	1.941.080
P2.10	23/04/87	30/06/88	remis	2.011.710
P2.11	23/04/87	30/06/88	remis	1.280.000
P3.1	09/05/87	17/06/88	remis	5.120.200
P3.2	22/05/87	17/06/88	remis	4.068.390
P3.3	14/06/87	17/06/88	remis	3.216.950
P3.4	19/06/87	17/06/88	remis	2.260.150
P4.1	03/06/87	17/06/88	remis	14.565.120
P5.1	04/05/87	18/06/88	remis	3.436.250
P5.2	05/05/87	18/06/88	remis	9.236.500
P6.1	22/11/87	28/04/89	remis	8.184.250
P6.2	18/12/87	28/04/89	remis	7.649.224
F6.3	08/03/87	28/04/89	remis	18.678.750
P6.4	21/03/88	28/04/89	remis	9.174.000
F7.1	11/02/88	28/04/89	remis	49.665.700
F7.2	29/04/88	29/04/89	remis	33.413.010
P9.1	25/09/87	29/04/89	remis	25.519.150
Amenée et repli du matériel				9.500.000
Rapports de fin de travaux				3.000.000
COUT TOTAL DES FORAGES (hors actualisation)				235.157.594
Actualisation (12.7 %)				29.865.014
COUT TOTAL ACTUALISE				265.022.608

Tableau 15 _Coût des forages réalisés dans le cadre du Projet

1) ETUDES

Mois		Indices		Coeff. révision
		Si	Ci	
Août	86	1213	606,2	
Octobre	86	1217	608,2	,3
Novembre	86	1219	611,0	,6
Décembre	86	1220	603,7	,0
Janvier	87	1225	591,5	-,7
Février	87	1231	601,7	,3
Mars	87	1239	607,1	,9
Avril	87	1242	610,2	1,3
Mai	87	1242	599,5	,5
Juin	87	1244	608,4	1,2
Juillet	87	1246	625,6	2,5
Août	87	1247	633,0	3,1
Septembre	87	1249	622,7	2,4
Octobre	87	1251	636,1	3,5
Novembre	87	1257	622,7	2,7
Décembre	87	1262	610,2	1,9
Janvier	88	1274	609,0	2,2
Février	88	1282	604,8	2,2
Mars	88	1293	606,2	2,6
Avril	88	1295	602,6	2,4
Mai	88	1298	602,4	2,5
Juin	88	1300	607,9	3,0
Juillet	88	1301	610,2	3,2
Septembre	88	1307	?	?
Octobre	88	1308	?	?
Novembre	88	1308	?	?
Décembre	88	1308	?	?
Janvier	88	1320	?	?
Février	88	1333	?	?
Mars	88	?	?	?
Avril	88	?	?	?

2) FORAGES

Mois		Indice SFi	Coeff. révision
Janvier	87	1,553	,6
Février	87	1,553	,6
Mars	87	1,553	,6
Avril	87	1,546	,1
Mai	87	1,547	,2
Juin	87	1,548	,3
Juillet	87	1,537	-,5
Août	87	1,537	-,5
Septembre	87	1,543	-,1
Octobre	87	1,534	-,6
Novembre	87	1,534	-,6
Décembre	87	1,535	-,6
Janvier	87	1,540	-,3
Février	87	1,541	-,2
Mars	87	1,542	-,1
Avril	87	1,538	-,4
Mai	87	1,537	-,5
Juin	87	1,538	-,4

3) GENIE-CIVIL

Mois		IS6	IS4	Ga	A	C	MT3	Coeff. K
Novembre	86	1,212	1,490	210	231,33	39102	1,531	-,7
Décembre	86	1,212	1,490	210	241,72	39102	1,531	-,2
Janvier	87	1,212	1,490	210	238,09	39102	1,537	-,3
Février	87	1,212	1,490	210	234,55	39102	1,537	-,5
Mars	87	1,212	1,490	210	229,44	39102	1,537	-,7
Avril	87	1,212	1,490	210	238,35	39102	1,537	-,3
Décembre	88	?	?	?	?	?	?	?
Avril	89	?	?	?	?	?	?	?

Tableau 16 - Calcul mensuel des coefficients de révision par volet (exprimés en pourcentage)

Notons que le coefficient de révision du volet "études" n'a pu être calculé que jusqu'au mois de Juillet 1988, l'indice Ci n'étant pas encore connu pour les mois suivants à la date du 20 Avril 1989. Une régularisation sera effectuée ultérieurement si le coefficient de révision dépasse 5 %.

6.5 - Certificats de paiement

Le tableau 17 récapitule le montant des décomptes établis par le Bureau d'Etudes et de Contrôle et remis à l'Administration à partir du mois d'Octobre 1986.

A la date du 30 Avril 1989, la Banque Islamique de Développement a réglé les certificats 00 (avance de démarrage) à 11 (Juin 1988) : ils représentent un décaissement total de 1.642.272,62 D.I. En se basant sur un cours moyen de 410 F.CFA, on obtient un montant de 174.123 D.I. pour l'ensemble des autres certificats. L'engagement total du Projet en devises serait donc égal à 1.815.277 D.I. En conséquence, il reste un reliquat de 10.723 D.I. non utilisés (représentant environ 4.400.000 F.CFA)

no	mois couverts	montant en F.CFA	envoi D.E.H.	envoi D.D.I.	envoi B.I.D.	règlement B.I.D.			
						no	date	F.CFA	D.I.
00	Avance démarrage	104.632.800	22/10/86	05/11/86	21/11/86	03	07/01/87	104.632.800	
01	Octobre 86 Novembre 86 Décembre 86	46.527.130	09/02/87	09/03/87	26/02/87	04	14/04/87	42.934.690	
02	Janvier 87	52.691.262	20/02/87	15/04/87	29/04/87	05	17/06/87	52.691.262	
03	Février 87 Mars 87	88.803.593	17/04/87	09/06/87	30/07/87	08	25/09/87	88.803.593	
04	Avril 87 Mai 87	59.268.877	22/06/87	15/07/87					
05	Juin 87	24.921.010	03/07/87	31/08/87					
06	Juillet 87 Août 87 Septembre 87	37.197.900	30/10/87	07/01/88	08/04/88	11	24/05/88	37.197.900	1.642.272,62
07	Octobre 87 Novembre 87 Décembre 87	38.056.837	13/01/88	14/03/88	31/03/88	12	07/05/88	38.056.837	
08	Janvier 88 Février 88 Mars 88	84.648.483	11/04/88	01/06/88	07/06/88	15	12/08/88	84.648.483	
09	Actualisation Octobre 86 à Mars 88	52.303.894	24/05/88	05/04/88	17/04/88	19	22/03/89	52.303.894	
10	Avril 88 Mai 88	45.201.618	02/06/88						
11	Juin 88	19.169.127		12/07/88	26/07/88	17	10/10/88	64.370.745	
12	Juillet 88 Septembre 88 Octobre 88	14.472.590	30/06/88						
13	Novembre 88 Décembre 88	14.565.600	21/11/88	26/01/89				14.472.590	35.299,00
14	Janvier 89 Février 89	7.447.020	17/01/89					14.565.600	35.525,85
15	Mars 89 Avril 89	30.854.099	10/03/89					7.447.020	18.163,46
	Régularisation							30.854.099	75.253,90
								3.592.440	8.762,05
		720.761.840						720.761.840	1.815.276,89

Tableau 17 -Récapitulatif des certificats de paiements remis à l'Administration

7 - CONCLUSION

Le présent rapport décrit l'ensemble des prestations et travaux qui ont été effectués au cours du Projet "Etude des Ressources en Eau Souterraine" financé par la Banque Islamique de Développement.

L'accord de prêt avait été signé en Mars 1984 à DJEDDAH, mais le Projet n'a pu démarrer qu'au mois d'Octobre 1986 suite à des divergences entre la Banque Islamique de Développement et le Sénégal quant au choix de l'adjudicataire.

Le B.R.G.M., chef de file, était associé à la SONAFOR comme co-traitant pour les travaux de forages. L'entreprise FRANZETTI et le Bureau d'Etudes Assane DIOUF ont été sous-traitants, le premier pour les travaux de génie civil, le second pour certaines prestations de contrôle des chantiers et de missions de direction.

La durée contractuelle de 24 mois a été prolongée de 3 mois à la demande de l'Administration afin d'effectuer des prestations supplémentaires, en particulier au niveau de l'élaboration des logiciels équipant la cellule de gestion et de la formation des agents de la Direction des Etudes Hydrauliques. Le Projet s'est donc terminé le 30 Avril 1989.

Tous les volets du Projet se sont déroulés de façon satisfaisante tant sur le plan du respect des délais, du coût prévisionnel des travaux que de la qualité des réalisations, toutes réalisées dans la règle de l'art.

Au niveau informatique, la Direction des Etudes Hydrauliques possède un ensemble de logiciels qui va lui permettre une gestion optimisée des ressources en eau du Sénégal :

- chaîne HIVI et logiciel SAIFOR : saisie et restitution des données sur les forages,
- GOREE assurant la gestion de deux bases de données :
 - . "ouvrages" : permettant d'obtenir, à partir d'interrogations simples, des informations sur l'hydrogéologie de certaines zones,
 - . "villages" : évaluation des besoins et description des ressources par localités,
- SURNAP : suivi de la piézométrie et de la qualité des eaux des nappes du Sénégal,
- VAL : programme de simulation hydrodynamique permettant de modéliser le comportement des aquifères.

Les nombreux stages de formation organisés dans le cadre du Projet ont permis aux agents de la Direction des Etudes Hydrauliques de parfaitement assimiler le fonctionnement de ces logiciels qui sont utilisés de façon quotidienne à la cellule de gestion. La durée totale de ces stages s'élève à 5 mois. Ils ont été encadrés soit par des consultants, soit par le chef de Projet.

L'équipement informatique mis en place est parfaitement dimensionné pour répondre aux besoins actuels de l'Administration. Il est composé de deux ordinateurs compatibles PC (un PS 6560 et un AT3) connectés en réseau. Leur mémoire de masse (respectivement 40 Mo et 60 Mo) permet de stocker en permanence tous les fichiers "piézométriques" et les deux bases de données "ouvrages" et "villages". Ce système est complété par une imprimante, une table traçante de format A3, un streamer et un onduleur. Un troisième ordinateur (IBM PCG), équipé d'un disque dur de 20 Mo, est utilisé pour effectuer des saisies au Ministère de l'Hydraulique. Une salle informatique a été spécialement aménagée pour recevoir ce matériel.

La campagne de géophysique s'est déroulée durant les mois de Décembre 1986 à Février 1987. Au total, 221 sondages électriques ont été effectués sur une frange de 100 km longeant la côte entre Saint-Louis et le Cap Skirring. Cette étude a permis d'individualiser plusieurs horizons significatifs :

- des horizons résistants correspondant à des niveaux poreux et perméables (sables) ou à des roches indurées plus ou moins perméables (calcaires, grès),
- des horizons conducteurs correspondant à des niveaux imperméables (argiles, marnes) et à des niveaux salés ou saumâtres.

Cette étude a fait l'objet d'un rapport complet comprenant plusieurs coupes interprétatives et cartes de résistivité. Ces documents sont directement exploitables pour les futures implantations de forages.

Une étude complémentaire de deux semaines a été effectuée afin de replacer cette campagne géoélectrique dans le contexte des dernières réalisées sur les mêmes secteurs. Ce travail a débouché sur un rapport de synthèse complet remis à l'Administration.

La réfection du barrage de Panthior s'est déroulée de Novembre 1986 à Avril 1987 : un nouveau déversoir en béton armé a été érigé en travers du marigot, et la cuvette a été décapée afin de favoriser l'infiltration de l'eau. L'impact de cet ouvrage est positif puisqu'on a pu constater une baisse de la minéralisation de la nappe au droit de l'ouvrage. Cependant, l'étude de l'évolution de la piézométrie de l'ensemble de la nappe de 1964 à 1988 met en évidence une très nette surexploitation de celle-ci, les apports n'équilibrant pas les volumes prélevés. Actuellement, le rabattement est tel que le barrage de Panthior ne pourra bientôt plus jouer son rôle protecteur.

Face à cette situation très alarmante, il est impératif de réagir rapidement et de limiter les volumes prélevés sur le site de Sébikotane d'au moins 20 %. Dans le cas contraire, on risque de dégrader de façon irrémédiable la nappe de Sébikotane qui a jusqu'ici constitué un apport supplémentaire fiable et régulier pour l'alimentation en eau de la ville de Dakar.

En ce qui concerne la campagne de forages, vingt six ouvrages ont été réalisés dans le cadre du Projet :

- vingt et un piézomètres dont le but est d'assurer un suivi piézométrique et hydrochimique des nappes,
- cinq ouvrages conçus comme des forages d'essais qui ont permis une reconnaissance hydrogéologique de certains aquifères (Maestrichtien en Casamance et à Nioro-du-Rip, Continental Terminal dans la région de Louga et Oligo-Miocène de Basse Casamance).

Ces ouvrages ont permis d'améliorer l'état des connaissances sur les aquifères du Sénégal et renforcer le réseau de surveillance national. Plusieurs piézomètres, situés à des points stratégiques, permettront de suivre l'évolution du biseau salé dans certaines zones tout particulièrement vulnérables.

Le Projet a entièrement été financé par la Banque Islamique de Développement. L'engagement total du Projet était initialement de 1.660.000 Dinars Islamiques. Un complément de financement de 10 % a été accordé par le bailleur en Mai 1988 afin de faire face à la dépréciation monétaire liée au retard de deux ans dans le démarrage du Projet. Cette somme ne permettant pas de couvrir l'actualisation, une nouvelle ventilation des montants par volet a été effectuée : les efforts ont été concentrés sur la cellule de gestion qui constitue la partie principale du Projet, tant par son originalité que sa vocation.

Le montant total des prestations s'élève à 720.735.240 F.CFA, représentant environ 1.815.000 D.I. (cette imprécision est due au fait que 10 % du montant total des décomptes sont impayés à la date du 30 Avril 1989). Il reste donc un reliquat de 10.800 D.I. non utilisés. Cette somme permettra de couvrir une éventuelle révision des prix (certains indices mensuels n'étant pas encore diffusés, le calcul définitif de la révision est actuellement impossible).

ANNEXE
DETAIL DES DECOMPTES MENSUELS
PAR VOLET

No	VOLET 1: ETUDES DESIGNATION DES TACHES	OCTOBRE 1986	NOVEMBRE 1986	DECEMBRE 1986	JANVIER 1987	FEVRIER 1987	MARS 1987	AVRIL 1987	MAI 1987	JUIN 1987	JUILLET 1987	AOUT 1987	SEPTEMBRE 1987	TOTAL	PRIX UNITAIRES	MONTANT	
1	Ingénieur hydrogéologue sénior	,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	,30		,57	9,62	3.500.000	33.670.000	
2a	Technicien hydrogéologue expatrié				,50	1,00	1,00	1,00	1,00	,30	,17			4,97	3.000.000	14.910.000	
2b	Technicien hydrogéologue national			1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	,50	,50	1,00	10,00	2.000.000	20.000.000	
3	Mission de Direction	,35			,70			,70		,73	,30		,10	2,88	4.750.000	13.680.000	
4	Soutien logistique Dakar	,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	,50		,57	9,82	220.000	2.160.400	
5	Frais voyages aériens	1,50			1,00						1,50			3,00	7,00	450.000	3.150.000
6	Remboursement excédent de bagages	10												22	32	9.000	288.000
10	Fonctionnement véhicule Toyota HI-LUX			4.000	3.421	4.016	3.819	3.884	3.022	2.438	3.540	1.256	2.517	31913	95	3.031.735	
10b	Fonctionnement véhicule tt terrain PAJERO							4.900	3.325	2.375				10600	95	1.007.000	
11	Fonctionnement véhicule liaison PAJERO	460	1.200	1.700	1.605	5.200	3.200	1.700	2.300	2.500	5.400	1.000	3.400	29665	75	2.224.875	
7	Achat véhicule liaison Mitsubischi Pajero			6624400												6.624.400	
7b	Achat véhicule liaison Peugeot 505 break					4938787										4.938.787	
7c	Achat véhicule tout terrain Pajero					6376322										6.376.322	
8	Achat véhicule tout terrain Toyota Hi-Lux			5642000												5.642.000	
9	Matériel technique de contrôle								1429050	199500						1.628.550	
12b	Matériel informatique					830821	10505500	90000	2391750	4990200	146700					18.954.971	
																138.287.040	

No	VOLET 1: ETUDES DESIGNATION DES TACHES	OCTOBRE 1987	NOVEMBRE 1987	DECEMBRE 1987	JANVIER 1988	FEVRIER 1988	MARS 1988	AVRIL 1988	MAI 1988	JUIN 1988	JUILLET 1988	SEPTEMBRE 1988	TOTAL	PRIX UNITAIRES	MONTANT	
1	Ingénieur hydrogéologue sénior	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	10,00	3.500.000	35.000.000	
2a	Technicien hydrogéologue expatrié	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	,23	,33			7,76	3.000.000	23.280.000	
3	Mission de Direction		,64	,57					,26	,20			1,67	4.750.000	7.932.500	
4	Soutien logistique Dakar	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	10,00	220.000	2.200.000	
5	Frais voyages aériens		,50	,50					,50	1,00		,50	2,50	450.000	2.475.000	
6	Remboursement excédent de bagages											20	20,00	9.000	180.000	
10	Fonctionnement véhicule Toyota HI-LUX	1.787	950										2.737	95	260.015	
10b	Fonctionnement véhicule tt terrain PAJERO	6.400	5.950	5.550	3.900	4.150	3.450	2.200	300	4.500			36.400	95	3.458.000	
11	Fonctionnement véhicule liaison PAJERO	1.200	3.740	3.360	2.200	3.700	2.800	2.300	1.800	1.800	5.000	5.100	33.000	75	2.475.000	
12b	Matériel informatique			253760	1000000			65100	860000	3052200						5.231.060
																82.491.575

Cellule de gestion: détail des décomptes mensuels d'Octobre 1986 à Septembre 1988

No	VOLET I: ETUDES DESIGNATION DES TACHES	OCTOBRE 1988	NOVEMBRE 1988	DECEMBRE 1988	JANVIER 1989	FEVRIER 1989	MARS 1989	AVRIL 1989	TOTAL	PRIX UNITAIRES	MONTANT
1	Ingénieur hydrogéologue sénior	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,00	3.500.000	24.500.000
3	Mission de Direction	,85	,15	,47			,61	,40	2,48	4.750.000	11.780.000
4	Soutien logistique Dakar	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,00	220.000	1.540.000
5	Frais voyages aériens	2,00		1,00				,50	3,50	450.000	1.575.000
6	Remboursement excédent de bagages							40	40	9.000	360.000
11	Fonctionnement véhicule liaison PAJERO	6.300	6.200	5.900	2.600	2.500	1.950	7.250	32700	75	2.452.500
12a	Production et livraison rapport final							1	1	3.750.000	3.750.000
12b	Matériel informatique	64800	96000				3825900	5153900			9.140.600
											55.098.100

Cellule de gestion: détail des décomptes mensuels d'Octobre 1988 à Avril 1989

No	VOLET 2: REFECTION DU BARRAGE DE PANTHIOR DESIGNATION DES TACHES	UNITE	DECEMBRE 1986	JANVIER 1987	FEVRIER 1987	MARS 1987	AVRIL 1987	DECEMBRE 1988	AVRIL 1989	TOTAL	PRIX UNITAIRES	MONTANT
13	Préparation, amenée et repli du matériel	F	,5				,5			1	1.500.000	1.500.000
13b	Amenée / repli groupe électrogène et pompe	F	1							1	100.000	100.000
14	Terrassements généraux cuvette	m3	7670	10573	7205	716				26164	1.650	43.170.600
14b	Pompage de l'eau de la cuvette	h	48							48	10.000	480.000
15	Déblais en fond de cuvette	m3				163	895		1000	2058	2.320	4.774.560
16	Fouilles en tranchées en terrain 3ème cat.	m3	102							102	9.500	969.000
17	Fouilles en déblais	m3				1315	1144			2459	2.250	5.532.750
18	Remblais compactés	m3				1372	365			1737	1.450	2.518.650
20	Béton de propreté dosé à 200 kg	m3	9,0	1,3						10,3	38.600	397.580
21	Béton armé dosé à 350 kg	m3		55,0	155,8					210,8	104.500	22.028.600
22	Enrochements par blocs de 100 à 200 kg	m3					188,0			188,0	6.500	1.222.000
23	Fourniture et mise en place de gabions	m3				579,0	207,2			786,2	12.880	10.126.256
23b	Mise en place d'une clôture	F					1			1	150.000	150.000
23c	Construction d'un muret de protection	m1						43,0		43,0	80.000	3.440.000
											107.400.736	96.409.996

Barrage de Panthior: détail des décomptes mensuels

No	VOLET 4: FORAGES DESIGNATION DES TACHES	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPTEMBRE	TOTAL	PRIX UNITAIRES	MONTANT
		1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987	1987			
28	Amenée et repli du matériel	,50									,50	9.500.000	4.750.000
29	Installation atelier avec déplacement	4	6	1	1	3	2	1	1		19	825.000	15.675.000
30c	Forage Rotary diam = 20"					10,00					10,00	43.000	430.000
30d	Forage Rotary diam = 17" 1/2									28,00	28,00	39.000	1.092.000
30e	Forage Rotary diam = 15"					45,00					45,00	34.000	1.530.000
30f	Forage Rotary diam = 12" 1/4				18,00	48,00	20,00	2,00		62,00	150,00	30.000	4.500.000
30g	Forage Rotary diam = 9" 7/8									203,00	203,00	25.000	5.075.000
30h	Forage Rotary diam = 8" 1/2				85,00			31,50			116,50	23.000	2.679.500
30i	Forage Rotary diam = 6" 1/2				277,40	165,00	74,50	64,50			581,40	20.000	11.628.000
31j	Forage Battage diam = 8"	110,00	129,00	13,00							252,00	35.000	8.820.000
33i	Tubage 18" - soudé épaisseur 6 mm					10,00					10,00	68.000	680.000
33m	Tubage 13" 3/8 - casing API									29,00	29,00	85.000	2.465.000
33n	Tubage 10" 3/4 - casing API					47,00					47,00	60.000	2.820.000
33o	Tubage 9" 5/8 - casing API							2,00			2,00	55.000	110.000
33p	Tubage 8" 5/8 - casing API					14,00			81,00		95,00	42.000	3.990.000
33a	Tubage 4" 1/2 - casing API									172,00	172,00	20.000	3.440.000
33s	Tubage 2" 1/2 - fileté, galva	90,82	101,48		202,65	151,20	62,80	73,80			682,75	11.000	7.510.250
34f-2	Crépine 8" - acier inox					20,00					20,00	55.000	1.100.000
34h-2	Crépine 4" - acier inox									20,00	20,00	39.000	780.000
34i-1	Crépine 2" 1/2 - acier galva	16,45	24,00		18,60	20,00	14,00	22,80			115,85	16.000	1.853.600
39f	Tube décanteur 4"									5,00	5,00	39.000	195.000
39g	Sabot laveur 8" - acier inox					1					1	185.970	185.970
39h	Sabot laveur 4" - acier inox									1	1	158.000	158.000
39i	Cône réducteur					1				2	3	62.000	186.000
35	Gravier (basalte roulé)	2,00	3,00		1,70	1,00	1,00	1,10		1,10	10,90	120.000	1.308.000
39n	Gravier (quartz)					2,40				2,40	4,80	171.000	820.800
39p	Fourniture HEXA pour développement					60,00	20,00	10,00		50,00	140	1.515	212.100
36a	Mise à disp. atelier pour développement	16,00	19,08		8,75	5,25	50,00	4,00		8,00	111,08	40.000	4.443.200
36b	Mise à disp. atelier sans force motrice					3,08	18,00	3,00		6,00	30,08	28.000	842.240
36c	Atelier avec force motrice (pompages essai)						48,00			111,00	159,00	35.000	5.565.000
36d	Atelier sans force motrice (remontées pomp.)						9,00			6,00	15,00	30.000	450.000
37	Carottage électrique				1	2					4	500.000	2.000.000
38b	Groupe pompage de 50 à 150 m3						1			1	2	400.000	800.000
40	Confection tête de piézomètre	4	6		2	2	3	1		1	19	80.000	1.520.000
41	Analyse chimique échantillon eau	4	6		2	2	3	1		2	20	16.000	320.000

Les prix 39a à 39p, correspondant à des fournitures non prévues dans le marché, ont fait l'objet d'ordres de service de la D.E.H.

99.934.660

Campagne de forages : détail des décomptes mensuels de Janvier à Septembre 1987

No	VOLET 4: FORAGES DESIGNATION DES TACHES	OCTOBRE	NOVEMBRE	DECEMBRE	JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	TOTAL	PRIX	MONTANT
		1987	1987	1987	1988	1988	1988	1988	1988	1988		UNITAIRES	
28	Amenée et repli du matériel									,50	,50	9.500.000	4.750.000
29	Installation atelier avec déplacement	1		2		1	1	1			6	825.000	4.950.000
30b	Forage Rotary diam = 24"				18,00	10,00		22,00			50,00	48.000	2.400.000
30e	Forage Rotary diam = 15"				172,00	67,00		78,00			317,00	34.000	10.778.000
30f	Forage Rotary diam = 12" 1/4						10,00				10,00	30.000	300.000
30g	Forage Rotary diam = 9" 7/8				490,00	125,00		313,00			928,00	25.000	23.200.000
30h	Forage Rotary diam = 8" 1/2					18,00	128,00				146,00	23.000	3.358.000
31g	Forage Battage pour tubage 14"	35,00		37,70							72,70	42.000	3.053.400
31i	Forage Battage pour tubage 10"	35,00		32,40							67,40	37.000	2.493.800
33i	Tubage 18" - soudé épaisseur 6 mm				18,00	10,00		22,40			50,40	68.000	3.427.200
33n	Tubage 10" 3/4 - casing API				190,00			101,00			291,00	60.000	17.460.000
33o	Tubage 9" 5/8 - casing API					70,30	10,00				80,30	55.000	4.416.500
39a	Tubage 4" 1/2 - casing API				380,00	19,75	43,30	252,90			695,95	20.000	13.919.000
33s	Tubage 2" 1/2 - fileté, galva						57,00				57,00	11.000	627.000
39b	Tubage PVC plein 6"			21,70							21,70	16.000	347.200
39c	Tubage PVC plein 4"		22,10								22,10	12.000	265.200
34h-2	Crépine 4" - acier inox				40,00	20,00		39,80			99,80	39.000	3.892.200
34i-1	Crépine 2" 1/2 - acier galva						25,00				25,00	16.000	400.000
39d	Crépine 6" PVC			24,00							24,00	20.000	480.000
39e	Crépine 4" PVC		40,00								40,00	16.000	640.000
39f	Tube décanteur 4" - acier inox				5,00	5,00		5,00			15,00	39.000	585.000
39h	Sabot laveur 4" - acier inox				1	1		1			3	158.000	473.000
39i	Cône réducteur				1	2	1	1			5	62.000	310.000
39j	Raccord droite - gauche				1			1			2	30.000	60.000
39k	Centreurs inox									10	10	50.000	500.000
39l	Grillage acier maille 0.5 mm		25,00	37,00							62,00	7.752	480.624
39m	Grillage toile moustiquaire		25,00				25,00				50,00	850	42.500
35	Gravier (basalte roulé)		4,00	2,80	1,00						7,80	120.000	936.000
39n	Gravier (quartz)				3,20	2,00	1,00	2,46			8,66	171.000	1.480.860
39o	Remblai basaltique					,35		5,54			5,89	30.000	176.700
39p	Fourniture HEXA pour développement				100,00	100,00	50,00	100,00			350,00	1.515	530.250
36a	Mise à disp. atelier pour développement		7,00	6,75		96,00	84,00	72,00			265,75	40.000	10.630.000
36b	Mise à disp. atelier sans force motrice		24,00			20,00	22,00	20,00			86,00	28.000	2.408.000
36c	Atelier avec force motrice (pompages essai)		27,00	26,00		26,00	24,75	26,75			130,50	35.000	4.567.500
36d	Atelier sans force motrice (remontées)		4,50	15,00		12,00	19,00	3,00			53,50	30.000	1.605.000
37	Carottage électrique				1	1	1	1		3	7	500.000	3.500.000
38a	Groupe pompage de 50 m3		1	1							2	350.000	700.000
38b	Groupe pompage de 50 à 150 m3					1	1	1			3	400.000	1.200.000
40	Confection tête de piézomètre			1		1	2	1			5	80.000	400.000
41	Analyse chimique échantillon eau		2	2	18	2	4	2			30	16.000	480.000
42	Rapports définitifs de forages									1	1	3.000.000	3.000.000

Les prix 39a à 39p, correspondant à des fournitures non prévues dans le marché, ont fait l'objet d'ordres de service de la D.E.H.

135.222.934

réalisation
service
reprographie
du BRGM

