



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering



**ECOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE**

Formation Post-universitaire de spécialisation en **Eau pour Agriculture et
Approvisionnement des Communautés (EAC)**

**Option : Mobilisation des Eaux Souterraines pour l'Approvisionnement des
Communautés (MESAC).**

RAPPORT DE STAGE

THEME :

**Etude du volet approvisionnement en eau des
communautés dans la zone du PRAADEL :
« Captage de source, réalisation de forages et puits »**

Présenté et soutenu par :

Camara Moussa Aboubacar

Encadré par :

Mr. Baldé Thierno Sadou

Directeur Régional du SNAPE-Labé

Soutenu le..... mars 2007 à l' EIER

Membres du Jury

Remerciements

Tout d'abord louange à Dieu pour m'avoir donné l'opportunité d'intégrer le Groupe EIER-ETSHER de compléter ainsi mes acquis par un diplôme professionnalisant. Ensuite, mes remerciements vont particulièrement à :

Mes parents, auxquels nous adressons notre profonde reconnaissance pour tout le soutien qu'ils ne cessent de m'apporter.

A son excellence Monsieur Jean Paul Sarr, Ministre de l'Agriculture, de l'Elevage, des Eaux et Forêts de la Guinée, parrain de ma formation, pour son soutien moral et financier.

A Mr.Sidibé M.B, Mr.Nabé, et les autres personnels du PRAADEL pour leur accueil, leur soutien et leur disponibilité tout le long de ce stage.

A Mr.Thierno Sadou Baldé, Directeur Régional du SNAPE-Labé pour m'avoir suivi et orienté durant ce travail avec tant de rigueur. J'ai beaucoup appris avec vous. Trouvez ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Aux personnels du bureau d'études SERT particulièrement Mr.Camara T, Mrs. Bah, Camara Y., Baldé, Condé M. et de la CGC pour leur collaboration.

A la famille Baldé du village de BHOHOY et de tous les autres villages qui nous ont chaleureusement accueillis lors des travaux.

A Monsieur Moussa Laurent COMPAORE Responsable de la FPU/EAC, pour tout l'effort dont il a fait preuve durant notre formation. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude !

A Monsieur Babacar Dieng, Responsable de l'option MESAC qui n'a ménagé aucun effort pour nous donner les outils de mobilisation des eaux souterraines. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde reconnaissance.

Tout le corps professoral ayant intervenu durant ces neuf mois de formation au sein du Groupe EIER-ETSHER.

Les Membres du jury qui ont bien voulu enrichir ce travail par leurs remarques.

Nos profondes gratitude s'adressent également aux autorités de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne et en particulier au Professeur André MERMOUD qui ne ménagent aucun effort pour renforcer davantage cette coopération.

L'AUF pour avoir payé nos frais de scolarité et d'assurance.

Mes collègues EAC et GSE pour l'ambiance fraternelle qui a régné durant la formation. Que Dieu nous réserve une réussite dans notre vie professionnelle.

Mes amis et frères : Abdoulaye Amara Camara, Abdoulaye Diallo, I.S.Bangoura , K.Conté, M.Koba, Salia D, O.Cissé, A.Sow, Souleymane Diaby, Kaba M.Diaté, Camara A.K, Diaka C, Aminata Tafsir Camara, D. M.Kesso Abdourahmane Diallo, Mohammed Doumbouya , Mohamed Diallo...Que Dieu éternise nos relations.

A mon oncle A.Sosso Diallo, à Mr. D.Mansour et à sa famille pour leur soutien constant.

A mes élèves du lycée Kipé pour leur compréhension et leur soutien.

L'ensemble des étudiants guinéens à Ouagadougou et à toutes les familles guinéennes qui y sont installées.

Bref, tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à ma formation.

Dédicace

A ma mère et mes autres parents

A mon Parrain de formation

Mr Jean Paul Sarr

(Grand officier de l'ordre National du Mérite)

Ministre de l'Agriculture, de l'Elevage, des Eaux et Forêts

A la mémoire de Mamadou Samoura

Toi qui m'ouvris la porte

Toi qui guidas mes premiers pas en science

Toi qui ouvris mes yeux sur Galilée-Talles

Toi qui ouvris mes yeux sur Descartes-Pythagore

Moura ! reconnaissance à toi.

Toi qui m'énonças le premier la chute

Toi qui m'énonças le premier l'inertie

Toi qui m'énonças le premier la calorimétrie

Toi qui m'énonças le premier la propagation

Mamadou Samoura ! hommage à toi

Toi qui donnas la clé du BEPC à l'Aviation-Bonfi-Gbessia

je ne sais d'où encore

Mokaramokhö ! Que ton âme repose en paix

Que Dieu ait ton âme en sa sainte miséricorde

Amen !

Listes des abréviations

CPE : Comités des Points d'Eau

CGC : La Compagnie de Géo-Ingénierie de Chine

CPT : Cahier de Prescriptions Techniques

CRD : Communauté Rurale de Développement

PRAADEL : Programme de Réhabilitation Agricole et d'Appui au Développement Local au Fouta Djallon

MESAC : Mobilisation des Eaux Souterraines pour l'Approvisionnement des Communautés

EAC : Eau pour l'Agriculture et l'Approvisionnement des Communautés

FPU : Formation Post Universitaire

GSE : Génie Sanitaire et Environnement

KFW : Kreditanstalt für Wiederaufbau

FIDA : Fond International de Développement Agricole

UNOPS : Services d'Appui aux Projets des Nations Unies

GTDL : Gestion de Terroir et Développement Local

ASF : Association de Services Financiers

IR : Infrastructures Rurales

SAF : Service Administratif et Financier

CSE : Cellule Suivi Evaluation

UCP : Unité de Coordination du Programme

FED : Fond Européen de Développement.

SNAPE : Service National de l'Aménagement des Points d'Eau

DAO : Dossier d'Appel d'Offre

FIL : Fonds d'Investissement Local

SERT : Société d'Etudes et de Réalisations Technique

PME : Petite et Moyenne Entreprise

CDT : Comité de Développement de Terroir

PTAB : Programme de Travail Annuel Budget

OPEP : Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole

Résumé

Ce présent rapport réalisé dans le cadre du stage de fin de formation post-universitaire de spécialisation en Eau pour l'Agriculture et l'Approvisionnement des Communautés s'est déroulé dans la zone d'intervention du PRAADEL en convention avec le Groupe EIER-ETSHER et a porté sur le thème :

Etude du volet approvisionnement en eau des communautés dans la zone du PRAADEL :

« Captage de source, réalisation de forages et puits améliorés »

Le PRAADEL a fait du volet approvisionnement en eau potable une activité primordiale en initiant un vaste programme d'hydraulique villageoise dans sa zone d'intervention qui va consister en la réalisation de 120 forages, 31 puits busés à grand diamètre et la réhabilitation d'une source.

La présente étude vise à porter un regard critique sur les différentes étapes de réalisation des travaux de forages et de puits. Il s'agit de voir si les méthodes et les moyens mis en œuvre par le bureau d'étude et les entreprises concourent à la réussite du programme (taux de réussite des forages et puits) et à la réalisation d'ouvrages dans les règles de l'art (rendement de performance lors des essais de débits).

Quant au volet aménagement de source, il nous a été demandé de proposer un plan de réhabilitation de la source de Bhohoy dans la préfecture de Tougué.

En tant que futur spécialiste de la mobilisation des eaux souterraines nous nous sommes aussi intéressés dans ce travail à une analyse des potentialités des différents horizons aquifères captés.

La méthodologie adoptée est la recherche documentaire sur la zone du projet, l'examen judicieux des cahiers de prescriptions techniques, le suivi des travaux sur le terrain, l'analyse et l'exploitation des rapports sur les forages.

SOMMAIRE

Remerciements	1
Dédicace.....	4
Listes des abréviations	5
Résumé	6
INTRODUCTION.....	9
Chapitre I : Généralités	11
I 1.Présentation de la région d'étude	11
I.1.1 Situation socio-économique.....	12
I.1.2 Situation actuelle des ressources en eau	13
I.1.3 Cadre naturel	13
I.1.4 Cadre géologique	14
I 1.4.1 Le sédimentaire	15
I 1.4.2 Les formations magmatiques	15
I.1.5 Hydrogéologie.....	16
I.2 Présentation du PRAADEL	16
I.2.1 Les Composantes du Programme.....	17
I.2.3 Groupe cible.....	19
I.2.3.1 Démarche	20
I.2.3.2 Participation des bénéficiaires	20
I.2.3.3 Participation du CDT	20
I.2.3.4 Participation du PRAADEL.....	20
I.2.4 Objectifs du Programme d'hydraulique villageoise du PRAADEL	21
Chapitre II : Réhabilitation de la source de BHOHOY	22
II.1 Etat de lieu de l'ancien aménagement	22
II.2 Solution de réhabilitation.....	23
II.2 Contexte hydrogéologique.....	24
II.3 Mesure de débit	24
II.4 Caractéristiques de l'aménagement	25
II.4.1 Captage	25
II.4.1.1 Barrage.....	26
II.4.1.2 Filtre.....	26
II.4.1.3 Protection de la ressource	27
II.4.2 Les ouvrages annexes	27
II.4.2.1 Réservoir.....	29
II.4.2.1 1 Fondation et parois du réservoir	30
II.4.2.1 2 Dalles du réservoir	30
II.4.2.1 3 Plomberie.....	30
II.4.2.2 Aire de Puisage	30
II.4.2.3 Aire de lavage	31
II.4.2.4 L'abreuvoir	31
II.4.3 Entretien préconisés	32
II.4.4 Participation des bénéficiaires	32
II.4.5 Facturation des différents ouvrages	32
Désignation.....	32
Chapitre III : Etude du volet réalisation de forage.....	34
III.1 Etudes préliminaires	34
III.1.1 Actions d'animation	35

III.1.1.1 Animation avant forage	35
III.1.1.2 Animation pendant la foration.....	36
III.1.1.3 Animation après foration.....	36
III.1.1.4 Mesures d'accompagnement	36
III.2 Travaux de foration	36
III.2.1 Historique	36
III.2.2 Etude d'implantation	36
III.2.2 1 Méthodologie d'implantation	37
III.2.2 1.1 Critères d'investigation	37
III.2.2 1 1.1 Critères liés à la végétation	37
III.2.2 1 1.2 Critères structuraux	38
III.2.2 1 1.3 Critères géomorphologies	38
III.2.2.2 Avantages et inconvénients	38
III.2.3 Mode de foration	42
III.2.3.1 L'équipement	42
III.2.3.1.1 Quelques points faibles de l'équipement	43
III.2.3.1.2 Spécificité de l'équipement proposé	43
III.2.4 Le développement	43
III.2.5 Essais de débit	44
III.2.6 Validation des analyses physico-chimiques	47
III.2.7 Aménagement de surface	49
III.2.8 Analyse des résultats suivant les faciès	49
III.2.8.1 Pourcentage de réussite	50
III.2.8.2 Profondeur moyenne des forages	51
III.2.8.3 Débit à la foration.....	52
III.2.8.4 Niveaux Statiques.....	53
III.2.8.5 Analyse suivant le profil d'altération	53
III.2.9 Analyse du coût des Ouvrages	54
Chapitre IV : Etude du volet réalisation de puits améliorés	55
V.1 Hydrogéologie et Intérêt des différents niveaux captés	55
V.1 1 Argiles latéritiques	55
V.1.2 Altérations argileuses	56
V.1.3 Arènes grenues	56
V.2 Choix des sites d'implantation	56
V.3 Technique de fonçage.....	56
V.4 Caractéristiques des ouvrages	57
V.4.1 Dimensionnement.....	57
V.4.2 Cuvelage.....	57
V.4.2 Colonne de captage.....	58
V.4.3 Aménagement de surface	58
V.4.4 Système d'exhaure	58
Avantages et inconvénients	58
Conclusion générale	59
Références Bibliographiques.....	61
ANNEXES.....	63
Annexe I.....	63
Annexe II.....	64
Annexe III	65
ANNEXE IV :	68

INTRODUCTION

Le ministère de l'Agriculture, de l'Elevage, des Eaux et Forêts de la Guinée dans sa politique de développement à la base à travers ses projets d'aménagements hydro agricoles met l'accent sur l'aspect sanitaire avec une animation sur la qualité de l'eau. Ainsi une place de choix est accordée à la réalisation d'ouvrages d'hydraulique villageoise en intégrant dans les différents projets un volet d'équipement en forages et puits ruraux, d'aménagement des sources.

C'est dans cette optique que le Programme de Réhabilitation Agricole et d'Appui au Développement Local au Fouta Djallon (PRAADEL) a fait du volet approvisionnement en eau potable une activité primordiale en initiant un vaste programme d'hydraulique villageoise dans sa zone d'intervention qui va consister en la réalisation de 120 forages productifs, 31 puits busés à grand diamètre et la réhabilitation d'une source.

Les travaux de réalisations des forages et puits ont commencé en début juin 2006 puis arrêtés pour cause de pluies en juillet 2006, et ont repris en début novembre 2006.

Le coût de réalisation de ces ouvrages représente une somme importante (en moyenne 40 millions de GNF pour les forages, 15 millions pour les puits, 10 millions pour les sources soit respectivement 4 millions ; 1,5 millions ; 1 million de FCFA), cela exige donc une mise en œuvre durable et irréprochable. C'est pourquoi la présente étude vise à porter une réflexion et un regard critique sur les différentes étapes de réalisation des travaux de forages et de puits. Il s'agit pour nous de voir si les méthodes et les moyens mis en œuvre par le bureau d'étude et les entreprises concourent à la réussite du programme (taux de réussite) et à la réalisation d'ouvrages dans les règles de l'art (rendement de performance lors des essais de débits). Cette analyse portera sur les études d'implantation, les travaux de réalisation, l'équipement des ouvrages, le développement des forages et puits, les essais de débits,

Ce fût un cadre idéal pour nous en tant que stagiaire de MESAC (Mobilisation des Eaux Souterraines pour l'Approvisionnement des Communautés). En tant que futur spécialiste de la mobilisation des eaux souterraines nous allons aussi nous intéresser dans ce travail à une analyse des potentialités des différents horizons aquifères captés.

La méthodologie adoptée est la recherche documentaire sur la zone du projet, l'examen judicieux des cahiers de prescriptions techniques, suivi des travaux sur le terrain, analyse et exploitation des rapports sur les forages,

Quant au volet aménagement de source, il nous a été demandé de proposer un plan de réhabilitation de la source de Bhohoy dans la préfecture de Tougué.

Ce travail comporte quatre parties :

- le premier chapitre traitera des généralités sur le projet et la zone du projet.
- les trois autres vont porter sur les trois modes de mobilisation des eaux souterraines dans la zone d'intervention du PRAADEL (captage de source, réalisation de forages et puits améliorés).

Chapitre I : Généralités

I 1. Présentation de la région d'étude

La région d'étude concerne la Région Administrative de Labé qui couvre les préfectures de Labé, Lelouma, Tougué, Mali, Koubia réparties en 40 communes rurales de développement (CRD) et touchent environ une population de 580 000 habitants réparties en 90 000 ménages. La région qui est couverte par le projet se situe dans la partie Nord à Nord-Est de la Guinée.

La population est constituée de plusieurs groupes ethniques dominés par les Peulhs. On note la présence des Dialonkés au Mali, des Sarakolés à Lelouma.

de l'exploitation. Les principales espèces élevées sont les bovins, les ovins et les caprins. Les bovins représentent 75% des ressources en protéines d'origine animale.

1.1.2 Situation actuelle des ressources en eau

La moyenne Guinée en générale a bénéficié d'un certain nombre de programmes d'hydraulique villageois. Le plus important fut la campagne de foration et d'aménagement de sources avec le financement de l'Allemagne à travers la Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Le PRAADEL avait aussi fait dans ce sens un certain nombre de réalisations notamment la réalisation de puits améliorés et l'aménagement de sources avec ou sans réseau gravitaire.

Malgré ces efforts louables, on est encore loin des objectifs car beaucoup de villages n'ont pas encore accès à l'eau potable du tout ou pas en quantité suffisante (20 l/jour/personne).

L'alimentation en eau dans ces villages se fait à partir des puits traditionnels, des sources non aménagées, des rivières qui tarissent fréquemment en saison sèche. Ce phénomène très marqué dans la zone des bowé s'est très accentué ces dernières années à cause des certaines activités humaines (feux de brousse, exploitation abusive des forêts, cultures sur brûlis,...) entraînant l'apparition des affleurement rocheux, la réduction des terres cultivables.

Dans certains cas il faut parcourir de longues distances pour s'approvisionner en eau.

1.1.3 Cadre naturel

De type tropical de montagne, la région est caractérisée par l'alternance de deux saisons à égales durées. Une saison sèche s'étalant de Novembre à Avril et une saison humide de Mai à Octobre.

Les températures sont assez fraîches de Novembre (fin des pluies) à Février (passage de l'harmattan). Elles deviennent plus chaudes de Mars à Mai (début des pluies) et varient entre 20 et 40°.

Sa position géographique permet de la subdiviser en deux ensembles géomorphologique qui sont :

Une zone de montagne où l'altitude peut atteindre parfois 1500m. Reliefs rencontrés les préfectures de Mali, Lelouma, une partie de Tougué, de Labé.

Une zone de plateaux, au Nord de Lélouma, et dans une bonne partie de Tougué et de Koubia.

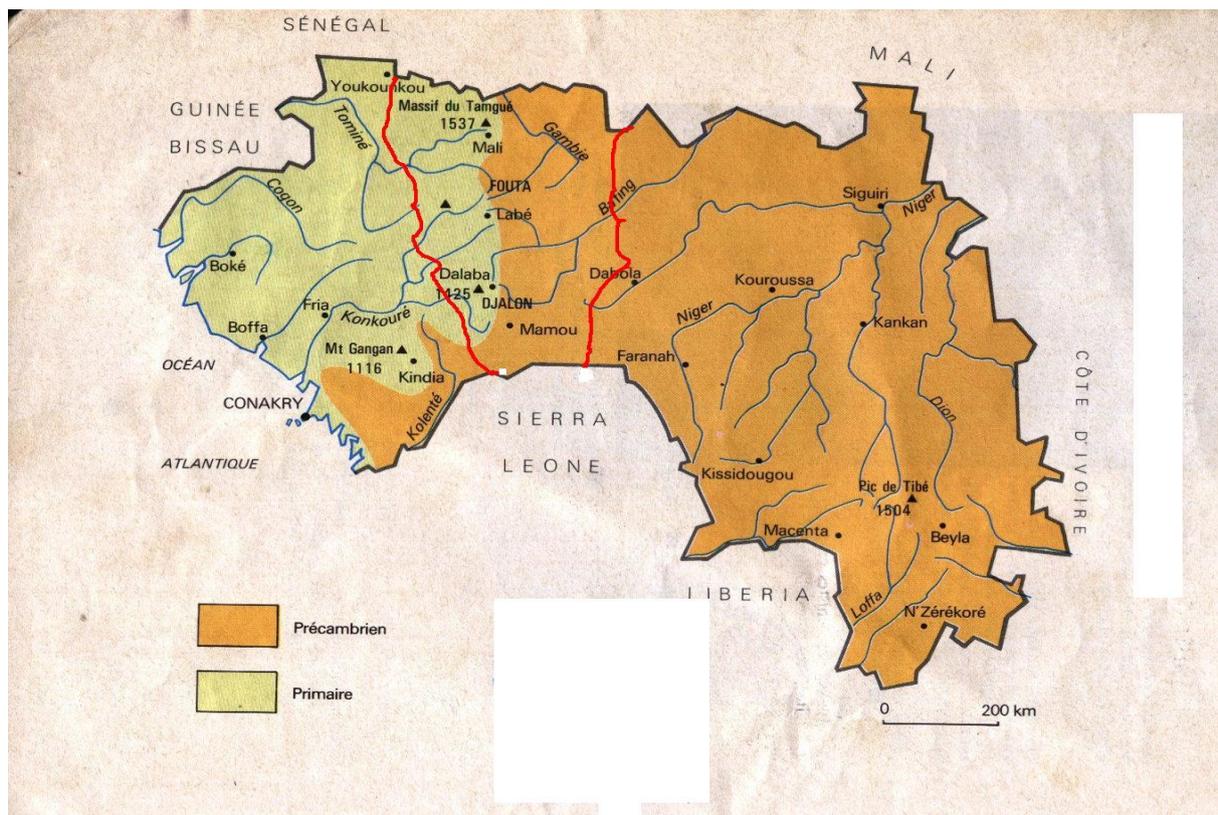
Elle est constituée de sols cuirassés latéritiques. Ces plateaux qui sont fortement bowalisés ont leur altitude variant entre 500 et 750m. Il faut préciser que le terme « Bowé » pluriel de « Bowal » emprunté à la langue pular désigne ces étendues rocheuses aplanies et stériles résultant de la décomposition des dolérites riches en éléments ferreux.

La région est l'une des plus arrosées du pays. La pluviométrie moyenne des dix dernières années observée dans la région est estimée à 1700mm.

La région est assez enclavée, les chefs lieux des préfectures sont desservis par des pistes en majorité impropres aux trafics intenses. A ces réseaux, viennent s'ajouter des pistes encore plus difficiles à pratiquer reliant les chefs lieux des préfectures à leurs sous-préfectures.

I.1.4 Cadre géologique

Les formations géologiques rencontrées dans la région sont de nature et d'âges divers. Elles comprennent les formations de la couverture et celle intrusive d'âge Mésozoïque [1]



Carte 2 : Formations précambriennes et primaires

Selon les faciès on distingue :

I 1.4.1 Le sédimentaire

Il constitue la couverture et comprend :

- les formations du cénozoïque, dépôts du quaternaire et des roches meubles de la croûte d'altération d'âge paléogène. Ces dépôts se composent d'argile, de sable et de vase.
- Le faciès gréseux du dévonien,
- Le faciès schisteux du silurien,
- Le faciès gréseux de l'ordovicien,
- Le faciès gréseux du protérozoïque : ce type de faciès se rencontre surtout dans la préfecture de Mali où il est assimilé à la série des diorites.

Le sédimentaire est largement représenté, il couvre les 2/4 de la région.

I 1.4.2 Les formations magmatiques

Elles comprennent le faciès doléritique du mésozoïque. Comme partout en Guinée, la région d'intervention a connu au Mésozoïque un magmatisme intense ; ce qui a permis la mise en place des intrusions doléritiques. Ces intrusions sont un peu partout dans la région et gisent sous forme de sills où elles passent parfois à gabbros ou à des diorites (Carte3. Annexe I)

Les dolérites traversent des grès, des schistes et des granites. Nous les trouvons en grandes étendues entre les formations cristallines granitiques du Précambrien et les formations sédimentaires du primaire comme le montre la Figure 1 ci-dessous [2]

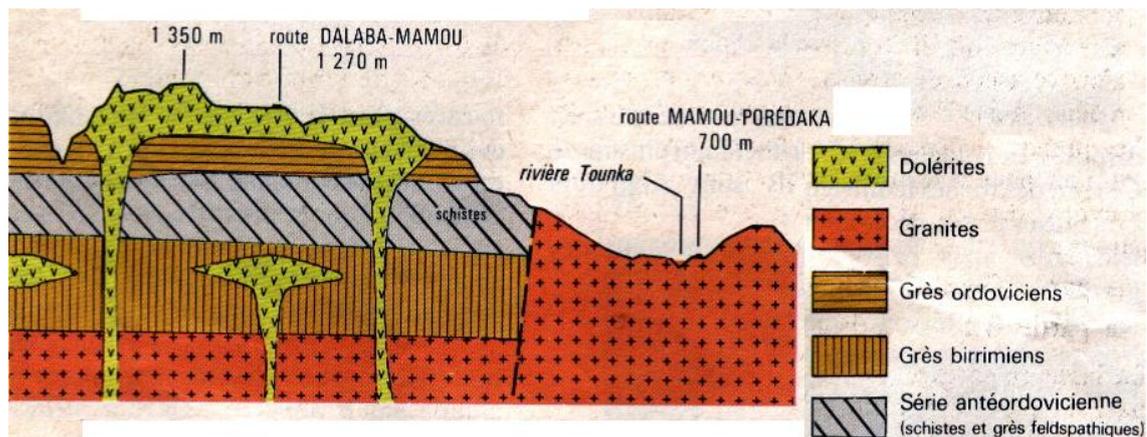


Figure1: Intrusion de dolérites dans les granites, schistes et les grès.

La région a connu le passage d'un mouvement tectonique qui a donné naissance à des dislocations disjonctives de diverses directions. La direction principale des structures est de Sud-Ouest –Nord-Est.

I.1.5 Hydrogéologie

On y distingue deux types d'aquifère selon la nature de la roche magasin (meubles ou consolidées).

- les nappes d'altération ou d'arènes qui sont captées par les puits
- les nappes circulant dans les fissures de la roche saine

Le complexe aquifère de l'altération-fissuration

Comme le montrent les deux cartes géologiques (carte 2, Carte3. Annexe I), le substratum de la région est constitué de roches granitiques ou métamorphiques (grès et schistes) formées au précambrien. Dans ce contexte géologique, les aquifères sont discontinus ce qui rend les conditions d'exploitation imprévisibles d'un point à un autre.

Ces roches à l'origine imperméables, peuvent acquérir une perméabilité secondaire par fracturation ou par altération physico-chimique.

L'épaisseur d'altération joue un rôle déterminant pour servir de roche encaissante. Elle dépend dans une certaine mesure de la nature pétrographique de la roche saine.

- Les granites s'altèrent plus ou moins argileuse, sur une épaisseur qui peut atteindre plusieurs dizaines de mètres [3]. A la base de ces résidus d'altération et au contact de la roche saine, une arène sableuse est souvent présente.

- Les schistes se déforment plus facilement que les granites et ne présentent pas toujours un réseau de fracturation aussi bien développé. Ils peuvent néanmoins présenter une fracturation liée à la schistosité. L'altération de ces roches peut être très épaisse et peut atteindre 45m [4], mais le plus souvent, elle est très argileuse. Comme, on l'a signalé plus haut, il existe dans la zone beaucoup d'endroits à intercalation volcano-sédimentaire schisteux où les filons de quartz ou de dolérites sont susceptibles d'être fracturés et généralement coïncident avec les secteurs les plus productifs (Figure 1).

- Les grès quartzites, généralement très consolidés et très répandus dans la région, peuvent avoir subi une fracturation importante.

Ils présentent parfois des intercalations susceptibles de jouer un rôle de drain.

I.2 Présentation du PRAADEL

Le Gouvernement de la République de Guinée et le FIDA (Fond International de Développement de l'Agriculture) ont signé le 21 février 1997, l'accord de prêt n° 430-GN dans le cadre de la mise en œuvre du Programme de Réhabilitation Agricole et d'Appui au Développement Local au Fouta Djallon (PRAADEL) pour un montant de 10 millions USD. En complément à cet accord, l'OPEP a accepté de financer la réalisation d'infrastructures

rurales pour un montant de 4,5 millions USD suivant l'accord de prêt N° 729 P. La contribution du Gouvernement est de 2,5 millions USD et celle des bénéficiaires est estimée à 1,2 millions USD. Lancé en septembre 1998 et la durée initiale prévue du Programme est de 7 ans. Le montant global est d'environ 18,22 millions USD.

Le Bureau des Services d'Appui aux Projets des Nations Unies (UNOPS) a été désigné comme Institution Coopérante en charge de l'administration du prêt.

A cause des suspensions des portefeuilles FIDA et OPEP intervenues en 2004 et 2005, les dates d'achèvement et clôture initialement prévues au 30 juin 2005 et 31 décembre 2005 respectivement sont reportées au 30 juin 2006 pour l'achèvement et 31 décembre 2006 pour la clôture.

Au vu des ressources disponibles et l'importance des activités entamées et non achevées en 2004 et 2005, et celles programmées pour 2006, une seconde prorogation d'un an a été négociée en vue de porter les dates d'achèvement et clôture respectivement au 30 juin 2007 et 31 décembre de la même année.

Le Programme a pour objectifs à long terme :

- d'améliorer les conditions de vie du groupe cible en matière de revenu, de sécurité alimentaire et de santé,
- d'arrêter progressivement la dégradation des ressources naturelles et d'amorcer une amélioration de l'environnement dans un contexte d'agriculture durable,
- de promouvoir l'auto développement local grâce à la création d'organisations de bases représentatives du groupe cible.

Il est assigné au Programme les objectifs immédiats suivants :

- (i) augmentation de la production et de la commercialisation ;
- (ii) gestion participative locale des ressources naturelles suivant une approche de gestion de terroirs ;
- (iii) renforcement des institutions de base avec la participation effective du groupe cible et amélioration du statut des femmes ;
- (iv) mise en place d'un système viable de services financiers de proximité ; désenclavement de la zone et amélioration de l'état nutritionnel des populations

I.2.1 Les Composantes du Programme

Le Programme comprend quatre composantes dont trois techniques relativement autonomes mais complémentaires (la composante Gestion de Terroir et Développement Local (GTDL) ; la composante Association de Services Financiers (ASF) et la composante

Infrastructures Rurales (IR)) et la Coordination chargée de la mise en œuvre du Programme avec deux sous composantes à savoir : (i) le Service Administratif et Financier (SAF) et, (ii) la Cellule Suivi Evaluation (CSE). Les détails concernant ces différentes composantes sont disponibles dans [5].

La composante développement des Infrastructures rurales s'articulera autour des axes suivants : pistes rurales, **hydraulique villageoise**, aménagement de bas-fonds inter villageois et l'appui à la mise en place d'infrastructures sociales. Les activités dans ces différents domaines seront menées, en conformité avec les politiques sectorielles nationales en vigueur.

En ce qui concerne l'hydraulique villageoise, l'appui consistera à l'aménagement des points d'eau (sources, puits, forages) pour l'approvisionnement en eau potable des populations. Dans le domaine de la production agricole, il est prévu l'aménagement de bas-fonds inter villageois et l'animation pour leur mise en valeur.

Le Programme assistera les bénéficiaires dans la recherche et la mise en place des solutions viables pour assurer la maintenance de l'ensemble des infrastructures rurales qui seront mises en place.

I.2.2 Coordination et gestion du Programme

Une unité légère est basée à Labé, siège du Projet. Elle est chargée de la Coordination de l'ensemble des activités du Programme. Cette Unité de Coordination du Programme (UCP) est composée d'un Coordinateur qui dirige le Programme, des responsables de deux cellules techniques, du responsable de la Cellule Suivi-Evaluation, et du responsable du service administratif et comptable. Ce dernier service bénéficie de l'appui d'un Cabinet Comptable local pour la gestion comptable du Programme.

L'UCP s'occupe essentiellement de la programmation, du contrôle de l'animation, du suivi et de l'évaluation des activités du Programme. Elle ne s'occupe pas directement de l'exécution des activités sur le terrain ; cette activité étant réalisée par des institutions spécialisées, partenaires du Programme, sur la base de contrats de sous-traitance.

I.2.2 Zone d'intervention et stratégie de mise en œuvre

Les actions du PRAADEL couvrent les préfectures de Mali, Tougué, Koubia et le nord des préfectures de Labé et Lélouma. Cette zone compte 40 sous-préfectures avec une population de 580 000 habitants répartis entre environ 90 000 ménages.

Sa stratégie d'intervention est basée sur l'approche participative avec la démarche Gestion des Terroirs ; faisant ainsi les bénéficiaires des véritables partenaires dans l'identification, priorisation, réalisation et suivi – évaluation des actions programmées.

Au cours des quatre premières années, compte tenu de l'aspect novateur de l'approche Gestion de Terroir et surtout du manque d'expériences capitalisées dans la région, les interventions ont été essentiellement orientées vers les CRD ci-dessous citées et appelées zone de concentration.

- ✓ Zone Nord : Mali : qui comprend les CRD de Fougou et Yambéring ;
- ✓ Zone Sud : Lélouma (CRD de Diountou) et Labé (CRD de Kouramangui) ;
- ✓ Zone des Bowé : Koubia (CRD de Missira) et Tougué (CRD de Tangaly).

Aussi, dans le cadre d'une extension limitée et à cause du volume d'investissements dans la CRD de Konah, le terroir Linguiko a été créé en 2004.

Faut il rappeler qu' en dehors des CRD citées plus haut, d'autres localités dans la zone d'intervention telles que Touba, Madina Wora, la Commune Urbaine et Donghel Sigon (Préfecture de Mali), Kollangui, Kollet, Commune urbaine et Kouratongo (Préfecture de Tougué), Pillimini et Commune Urbaine (Préfecture de Koubia), Dalein et Dionfo (Préfecture de Labé), Korbé et Lafou(Préfecture de Lélouma) ont été couvertes par quelques actions comme les pistes, les aménagements de bas fonds, les ponts, les points d'eaux et les ASF.

I.2.3 Groupe cible

Sur le plan économique, l'enclavement de la zone rend particulièrement difficile la mise au marché des productions agricoles. Sur les plans environnemental et technologique, les systèmes de production ne permettent pas une gestion rationnelle des ressources naturelles et, ils accentuent la dégradation de l'environnement. Les techniques de production et de conservation des produits après la récolte sont peu performantes. Les contraintes sociales, quant à elles, sont surtout relatives au faible taux d'alphabétisation des populations et à leur pauvreté. C'est essentiellement à ce groupe cible dont 50% vit en dessous de seuil de pauvreté, que s'intéresse le PRAADEL. Les interventions du Programme concerneront environ 22 000 exploitations dont la superficie est inférieure à 1 ha et qui représentent 34% du total des exploitations de la zone. Dans ce groupe, les femmes chefs de ménage et les jeunes constituent une cible privilégiée du Programme. Le groupe cible auquel s'intéresse le PRAADEL est donc constitué de populations qui vivent en dessous du seuil de pauvreté.

Sur la base des résultats obtenus durant la phase pilote dans les zones de concentration les activités du Programme plus rapidement s'étendront plus rapidement pour couvrir 40 sous-

préfectures dont les 13 sous-préfectures de Mali, les 5 sous-préfectures de Koubia, les 10 sous-préfectures de Tougué, les 6 sous-préfectures à Lélouma et les 6 sous-préfectures de Labé.

I.2.3.1 Démarche

- ✓ vérification des besoins par rapport aux stratégies nationales (cartes scolaires et sanitaires) ;
- ✓ Choix du site et cession du domaine ;
- ✓ Organisation des bénéficiaires pour la mobilisation de leur participation ;
- ✓ Mise en place d'un comité de suivi de l'activité ;
- ✓ Préparation et lancement du DAO pour le recrutement du prestataire ;
- ✓ Suivi et évaluation des travaux ;
- ✓ Réception de l'infrastructure et de l'équipement ;
- ✓ Elaboration d'un programme d'entretien et de maintenance.

I.2.3.2 Participation des bénéficiaires

- ✓ Mobiliser la contre partie;
- ✓ Participer à la réalisation de l'activité ;
- ✓ Désigner les membres du comité de gestion et suivi
- ✓ Assurer l'entretien et la maintenance de l'infrastructure ;

I.2.3.3 Participation du CDT

Le CDT (Comité de Développement de Terroir) a pour rôle de :

- ✓ Organiser la mise en place d'un comité de suivi et de gestion des travaux;
- ✓ Organiser la mobilisation de la contre partie ;
- ✓ Suivre la réalisation des travaux ;
- ✓ Participer à la réception des travaux;
- ✓ Elaborer un programme d'entretien et de maintenance.

I.2.3.4 Participation du PRAADEL

- ✓ Elaborer le dossier d'appel d'offre ;
- ✓ Passer le marché conformément aux procédures;
- ✓ Signer le contrat ;
- ✓ Mobiliser les ressources ;

- ✓ Suivre et contrôler les travaux

Parmi ces nombreux programmes, seul le volet hydraulique villageoise fera l'objet de la présente étude.

I.2.4 Objectifs du Programme d'hydraulique villageoise du PRAADEL

Le programme a été initié après une série de constats graves :

- Il existe encore des villages dans la zone du projet où le seuil de 20 l/personne/jour est loin d'être atteint ;
- les sources d'eau existant sont de fois très éloignées ou pas aménagées ;
- le manque de points d'eau modernes amène les populations à consommer des eaux souillées directement prélevées dans les rivières ou fleuves où s'abreuvent les animaux et où se lave aussi le linge ;
- Les populations parcourent des distances énormes à la recherche d'un point d'eau surtout dans la zone des bowé,

Au regard de ces constats, le PRAADEL a alors initié un vaste programme d'hydraulique villageoise qui comportent trois composantes :

- Le captage de source,
- La réalisation de forages équipés de pompes à motricités humaines.
- La réalisation de puits modernes (busés), équipés de pompes à motricités humaines.

Et cela dans le but de :

1. fournir de l'eau potable :
 - de bonne qualité,
 - en quantité suffisante pour tous habitants de la zone concernée,
 - et en toute saison.
2. améliorer les conditions sanitaires et de santé des villageois par :
 - une sensibilisation à l'utilisation de l'eau depuis le puisage jusqu'à la consommation,
 - une éducation sanitaire,
3. Enfin alléger le travail des femmes et des enfants qui parcourent de longue distance à la recherche de l'eau et leur permettre donc de dégager du temps qu'ils consacreront à d'autres activités.

Chapitre II : Réhabilitation de la source de BHOHOY

L'aménagement des sources qui est la moins onéreuse en terme de mobilisation des eaux souterraines pour l'approvisionnement des communautés, est une composante du volet Hydraulique villageoise du PRAADEL. En effet, il a eu déjà à financer l'aménagement de dix (10) sources dont deux (2) avec réseaux d'adduction gravitaire.

Il faut dire que la région à cause de son relief très accidenté dû aux mouvements tectoniques regorge beaucoup de sources. D'ailleurs la plupart des grands fleuves de l'Afrique de l'Ouest y prennent leur source (Sénégal, Gambie,...).

La source du village Bhohey fait parti d'un ensemble de sources aménagées par le Service National de l'Aménagement des Points d'Eau (SNAPE) dans les années 1990 sur financement du 7ème FED (Fond Européen de Développement). Son aménagement a consisté en un captage par deux murs de barrage, un puisard, un abreuvoir et un lavoir.

La population de Bhohey s'élève environ à une soixantaine d'habitants repartis entre quatre hameaux plus ou moins espacés les uns des autres. Les activités principales dans le village sont l'agriculture et l'élevage comme partout au Fouta (§I.1.1).

Dans ce chapitre nous abordons les différents aspects liés au captage proprement dit de la source de Bhohey et la réalisation des ouvrages annexes.

II.1 Etat de lieu de l'ancien aménagement

Comme on le remarque sur les photos ci-dessous, la source de Bhohey était dans un état de dégradation très marquée au niveau de la maçonnerie des différents ouvrages.

- L'abreuvoir était transformé en bassin de lessive (Photo 2) ;
- Les eaux du lavoir débouchaient dans le puisard ;
- Le puisard faisait suite au barrage grâce à une conduite branchée directement sur le captage ce qui expose la source à une mise en charge accidentelle (Photo 1) ;
- Des venues d'eau importantes étaient observées en aval du barrage ;
- Le lavoir était dans un état de délabrement total presque hors d'usage (photo 3. Annexe II)
- En fin cet aménagement était la seule source d'approvisionnement en eau du village



Photo 1 : Puisard+Prise+trop-plein

Photo 2 : l'abreuvoir devenu bassin de lessive

II.2 Solution de réhabilitation

Le but de cette réhabilitation était de proposer un autre aménagement afin de garantir une bonne protection de la source et un usage aisé et accepté par les populations.

Au regard des diagnostics précédents, une étude de faisabilité à la demande des populations a été commanditée par le PRAADEL sous la responsabilité du Directeur Régionale du SNAPE. Cette étude a permis de faire une projection indicative de la réhabilitation et la production d'un dossier d'appel d'offre (DAO).

Dans le nouvel aménagement, il est prévu d'éloigner le lavoir du puisard ; de construire un réservoir de stockage et un abreuvoir indépendant.

C'est dans ce cadre, au titre du PTAB2006 (Programme de Travail annuel et Budget 2006) et sous cofinancement du Fonds d'Investissement Local (FIL) que figure le captage de la source de Bhohoy dans le CDT de Linguiko, CRD de Konah, Préfecture de Tougué.

Cette action relève de la composante Développement des Infrastructures rurales. Elle a été mise en œuvre sous la responsabilité du Comité de Développement du Terroir (CDT) de Linguiko.

Après une évaluation des soumissionnaires le CDT de Linguiko a adjugé le Marché à la PME GUEME pour une durée d'exécution de 21 jours.

II.3 Contexte hydrogéologique

La source de Linguiko, située dans le village de BHOHOY à 3km de Konah Centre est une source de fracture dont l'émergence se fait à travers des fractures élargies par les racines de deux (2) gros arbres (fucus gnanfalocarpa et diopiros) indicateurs biologiques de présences d'eaux souterraines (Photo.4).

Il s'agit d'une source à faible artésianisme qui comporte deux zones d'émergence : l'une diffuse sur une bande de 1m50 et l'autre ponctuelle bien localisée en deux griffons voisins (Photo.4).



Photo.4 : fouille de la source

Les venues d'eau les plus importantes sont observées au niveau de cette dernière.

II.4 Mesure de débit

Dans le souci de proposer un aménagement susceptible de satisfaire aux besoins en eau des habitants de Bho hoy en toute saison, il était indispensable de disposer en toute rigueur d'une chronique suffisamment longue de mesures de débit de la source pour pouvoir apprécier les fluctuations du débit (courbe de tarissement) et d'obtenir des informations sur les réserves du système.

Le manque d'archives sur l'ancien aménagement nous a empêché de remonter à cette information si capitale et d'évaluer aussi le débit d'étiage qui comparé aux besoins de la population nous permettait de décider si la construction d'un réservoir de stockage serait nécessaire. Le débit de crue nous aurait permis de dimensionner les trop-pleins.

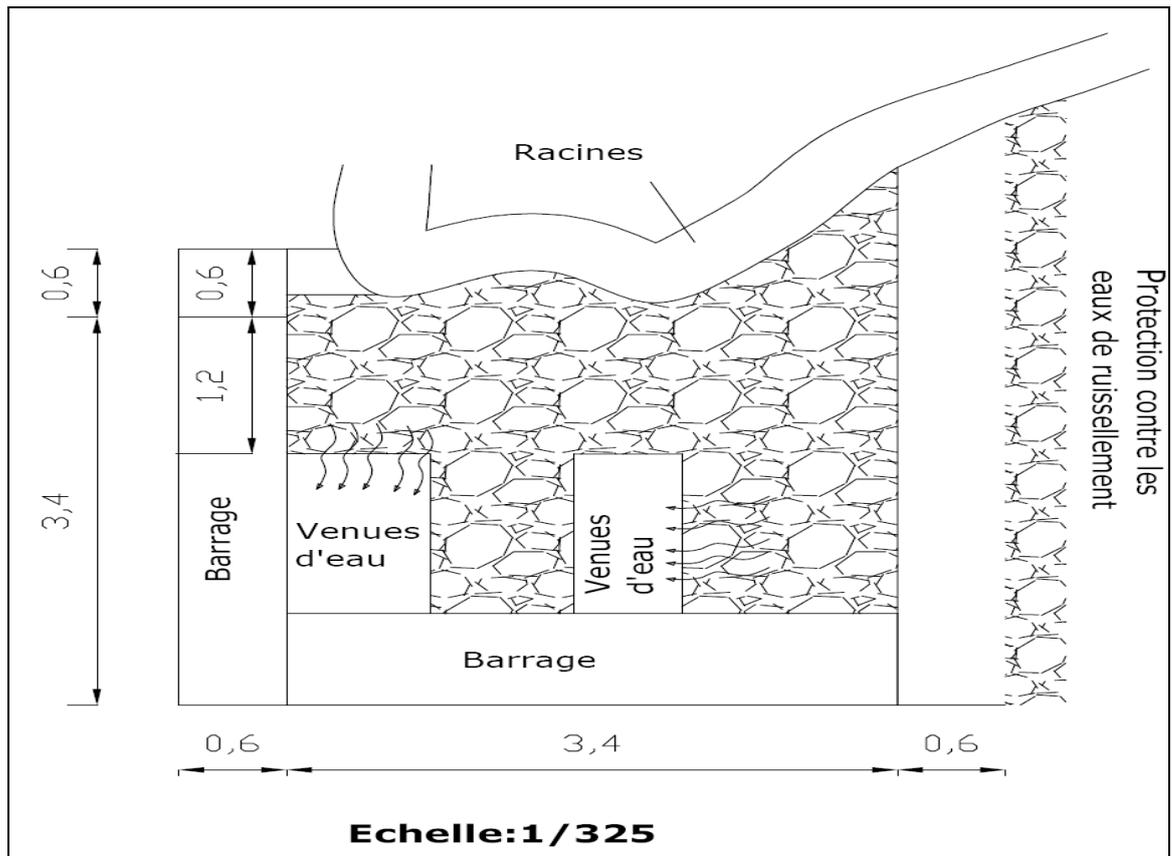
Nous avons dû recourir aux populations qui connaissent mieux le comportement de leur source. Selon les habitants les variations de débit constatées en saison sèche sont relativement faibles. Sur le terrain nous avons réalisé du 29/09/06 au 19/10/06 une série de mesures à l'aide d'un chronomètre électronique et un seau de 15L. Le temps de remplissage du récipient est resté constant et égal à 40s ; soit un débit de $1.35\text{m}^3/\text{h}$. Il faut signaler que cette période correspond dans la région à quasiment à la fin de la saison des pluies.

II.5 Caractéristiques de l'aménagement

II.5.1 Captage

Au regard des diagnostics précédemment établis, le principe de l'ancien captage a été maintenu.

En effet, les zones à capter étant peu profondes et bien localisées [3], [6], le captage de telle source ne nécessite alors presque pas de gros travaux de drainage. Le captage a consisté à la réalisation d'une boîte de captage par la construction de deux murs barrages et la mise en place d'un système de filtre protégé.



Plan de captage de la source de BHOHOY

II.5.1.1 Barrage

Après démolition des dalles de l'ancien filtre et retrait des blocs de filtre, le barrage a été scruté de long en large. Ces travaux nous ont permis de constater que le barrage était encore étanche et donc sa démolition n'était pas nécessaire.

Il est formé par deux murs de 4m x 4m pour une épaisseur de 60 cm.

Sur ce barrage est fixé trois conduites dont une vidange ($\Phi 75$) pour un nettoyage du filtre, une conduite en $\Phi 75$ pour l'alimentation du réservoir de stockage et un trop plein ($\Phi 100$) d'évacuation pendant la période hivernale.

Le mur du barrage est en béton renforcé par des blocs de pierres. Le rôle principal du barrage est de concentrer l'eau pour faciliter sa récupération.

II.5.1.2 Filtre

Vu la nature des terrains en place ; substratum latéritique, le filtre est constitué principalement de blocs de pierres latéritiques roulées de 20-35cm placés autour des venues d'eau.

Le fond de la zone de concentration des eaux a été tapissé de graviers.

Le tout a été recouvert par six dalles en béton armé démontables quand le changement du filtre se posera.

II.5.1.3 Protection de la ressource

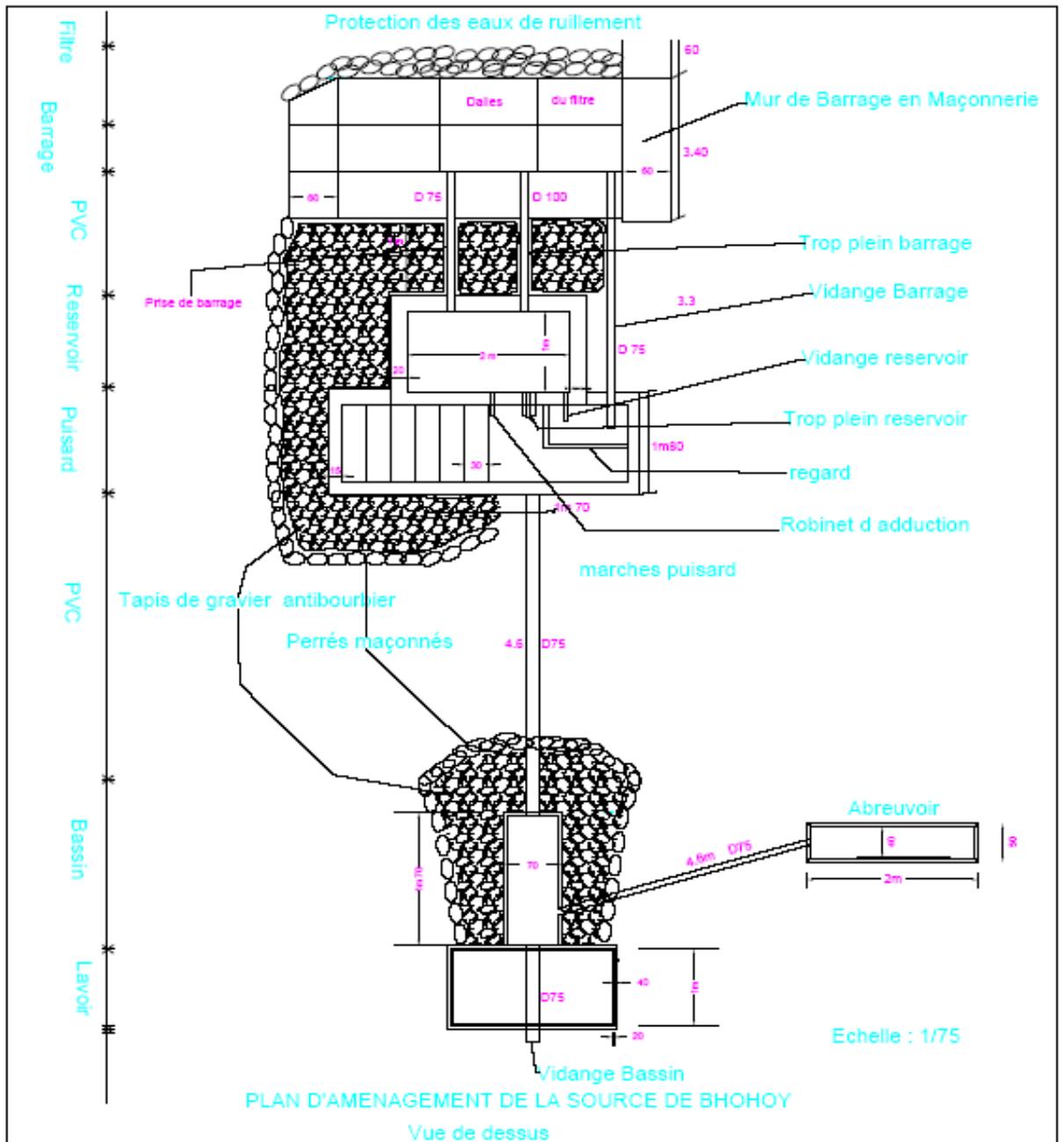
Pour éviter que les eaux de ruissellement ne soient drainées vers la source et qu'il ait risque de pollution, nous avons doublé l'ancienne barrière par un cordon de perrés maçonnés qui dévie les eaux de ruissellement vers le bas-fond situé en aval. Il faut signaler qu'il existait déjà une protection naturelle à savoir les grosses racines des deux arbres au droit de la source et celles d'un autre situé pas loin en amont et dont les racines dévient les eaux de ruissellement latéralement vers le bas-fond (photo 5).

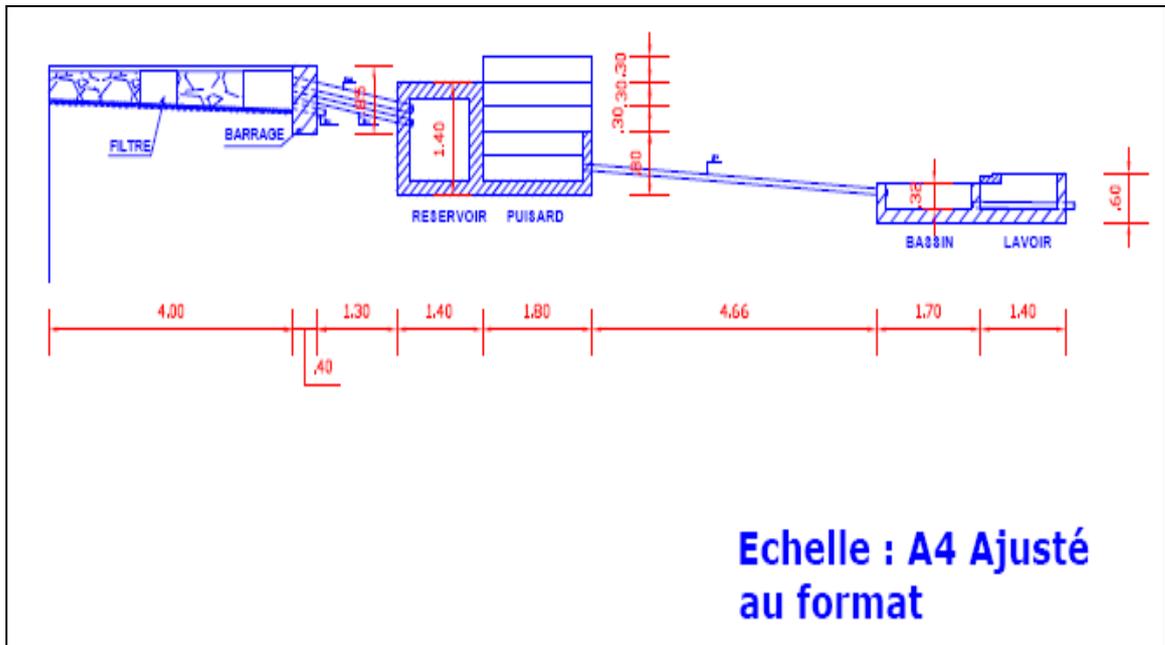


Photo 5 : Protection de la source

II.5.2 Les ouvrages annexes

Contrairement à l'ancienne réalisation, les aires de puisage, de lavage et l'abreuvoir ont été éloignés les uns des autres afin de bien séparer les eaux destinées à la consommation humaine et celles destinées au nettoyage ou à l'alimentation du bétail.





- Coupe du plan d'aménagement de la source de BHOHOY

II.5.2.1 Réservoir

Il convient de rappeler que dans le cas de captage de source, la nécessité de construire un réservoir de stockage ne s'impose que lorsque les besoins journaliers de la population à desservir sont supérieurs au volume d'eau produit par la source en 24h [7]. Ainsi l'eau est stockée sur les périodes où la demande des populations est faible (nuits et heures creuses) et est restituée aux heures de pointes.

Dans notre cas la capacité de la source ($1,35\text{m}^3/\text{h}$) est largement supérieure aux besoins journaliers de la localité ($0,545\text{ m}^3/\text{h}$), on peut donc en toute logique envisager une distribution ouverte (écoulement en continu) sans réservoir.

Il faut signaler que les besoins ont été estimés sur la base des hypothèses suivantes :

- consommation spécifique des populations : 20l/personne/jour ;
- consommation spécifique du bétail : 40l/tête/jour ;
- horizons de projection : 20 ans ;
- un bovin par tête d'habitant ;
- durée de demande : 12 heures

Cependant pour se mettre à l'abri d'une mise en charge éventuelle du captage et afin d'isoler la zone de résurgence des endroits de puisage et de lavage nous avons joint à l'ancien aménagement un réservoir rectangulaire de capacité 2m^3 .

Il faut dire qu'avec ce réservoir il existe non seulement des possibilités de faire un micro aménagement hydro-agricole dans le bas-fond situé juste en aval mais en plus il est aussi envisageable dans le futur de desservir par réseau gravitaire les hameaux situés dans la vallée en aval.

Ce réservoir s'étale sur 2m de long, 1m de large et 1m de profondeur.

II.5.2.1. 1 Fondation et parois du réservoir

La fondation du réservoir a été réalisée avec du béton de 8cm d'épaisseur étalée sur un tapis de pierres sèches de 15-20cm pour faciliter le drainage des eaux sous le réservoir en période hivernale.

Quant aux parois, elles sont en béton armé et d'épaisseur 20cm

II.5.2.1. 2 Dalles du réservoir

Pour protéger l'eau transitant dans le réservoir contre les pollutions extérieures, il a été prévu des dalles de couverture en béton armé, d'épaisseur 7cm

Les différents ferraillements ne comportent que du fer $\Phi 6$.

Les aciers utilisés pour le béton sont des aciers haute adhérence (HA), comportant des stries pour garantir une meilleure adhérence avec le béton.

II.5.2.1. 3 Plomberie

Dans le réservoir arrivent la prise d'eau du barrage ($\Phi 75$), le trop-plein ($\Phi 100$) du barrage.

Du réservoir partent quatre tuyaux en PVC :

- Deux trop-pleins en $\Phi 75$ qui déversent sur le radier du puisard et dont les eaux sont évacuées vers le bassin du lavoir par un pvc en $\Phi 75$.
- Une prise pour l'adduction munie d'un robinet en 3/4" débouchant dans le puisard.
- Une vidange en PVC ($\Phi 75$) munie d'une vanne O/N à boisseau sphérique protégée par un regard afin d'éviter une vidange accidentelle.

II.5.2.2 Aire de Puisage

Elle fait directement suite au réservoir (Photo 6). Elle s'étend sur 1m30×1m et est entourée par un mur de 80cm de haut.

On y accède par des marches de sept escaliers de 30cm sur 17cm. Un muret de protection a été érigé autour des marches. Un tapis de gravier entouré de perrés maçonnés a

été mis en place à la rentrée et autour des marches pour persuader les utilisateurs de se déchausser avant d'aborder la première marche des escaliers, évitant ainsi la formation de bourbiers autour et dans l'aire de puisage.



Photo 6 : Puisard+réservoir...après aménagement

II.5.2.3 Aire de lavage

Complètement isolée cette fois-ci du puisard, elle comporte :

- La dalle de lavage proprement parlée faite en béton cyclopéen de 2m de long, de 1m de large et de 60cm de haut ;
- Un bassin de 1m30 sur 60cm et de 32cm de profondeur ;

De ce bassin partent deux tuyaux en PVC ($\Phi 75$) ; l'un passant sous la fondation du lavoir et servant de vidange au bassin, l'autre alimentant l'abreuvoir.

Afin d'éviter la formation de borbier autour et dans l'aire de lavage, un matelas de gravier y a été étalé et ceinturé en perrés maçonnés.

II.5.2.4 L'abreuvoir

Pour permettre aux animaux de s'abreuver en toute tranquillité, un abreuvoir a été aménagé un peu à l'écart des autres ouvrages. Contrairement à l'ancien de forme rectangulaire, nous avons opté pour une forme trapézoïdale allongée pour permettre à plusieurs animaux de s'abreuver à la fois.

Il est muni d'une vanne O/N à boisseau sphérique protégée par un regard afin d'éviter une vidange accidentelle.

II.5.3 Entretien préconisés

Il a été demandé aux populations de BOHOY suivant les termes du contrat entre ledit village, le PRAADEL et le SNAPE de :

- clôturer la partie de l'aménagement destinée à l'usage humain ;
- maintenir l'aménagement en bon état en nettoyant quotidiennement la dalle du filtre et les différents bassins ;
- utiliser chaque partie de l'aménagement à son usage propre ;
- ne pas déboiser la végétation (forêt classée) autour de la source.

II.5.4 Participation des bénéficiaires

Pour amener les populations à s'approprier les ouvrages qu'il réalise et dans le but de garantir la pérennité des installations, le PRAADEL procède par approche participative en leur impliquant dans les projets dont elles ont fait la demande.

Ainsi dans ce présent projet, il a été demandé aux bénéficiaires suivant les termes d'un contrat signé à ce propos de :

- fournir la main d'œuvre non qualifiée et les matériaux locaux (gravier et blocs de pierres) nécessaires pour l'aménagement du point d'eau ;
- préparation des voies d'accès et du terrain ;
- d'accueillir, nourrir et héberger les équipes durant les travaux ;
- payer une caution de 100 000 GNF au SNAPE ;

II.5.5 Facturation des différents ouvrages

Il faut préciser que dans le décompte final nous n'avons pas tenu compte du prix du volume de graviers et de blocs de pierres car cela fait partie de la contribution des bénéficiaires en matériaux locaux. Cette contribution s'élève à 1 025 000 GNF (un million vingt cinq mille francs guinéens) soit environ 102 500 FCFA

N°	Désignation	Unité	Prix Unitaire	Quantité	Prix Total
1	Aménagement (captage, Réservoir, puisard, lavoir, abreuvoir)				
1.1	Excavation	m ³	13 000	50	650 000

1.2	Maçonnerie				
2.1	Ciment (30 sacs de 50kg)	m ³	300 000	5	1 500 000
1.2.2	Sable	U	1 000 000	1	1 000 000
2	Main d'oeuvre (maçonnerie)	U	1 000 000	1	1 000 000
3	Mobilisation (installation_répli)	Ff	500 000	1	500 000
4	Plomberie				
4.1	Conduite PVC (Φ75)	MI	90 000	3	270 000
4.2	Conduite PVC (Φ100)	MI	100 000	1	100 000
4.3	Accessoires (robinets, vannes, Adaptateur,...)	Pces	35 000	6	210 000
5	Ferrailage				
5.1	Fer Φ6	ml	13 000	12	156 000
5.2	Fil d'attache	U	10 000	2	20 000
4	Total	-	-	-	5 406 000

Tableau 1 : Coût de l'aménagement de la source de BHOHOY

Arrêté le présent décompte à la somme de cinq millions quatre cent six mille (**5 406 000 GNF**) francs guinéens, soit : cinq cent quarante mille six cent FCFA (**540 600 FCFA**)

Chapitre III : Etude du volet réalisation de forage

En début juin 2006, fut lancée la campagne de réalisation de 120 forages dans la zone d'intervention du PRAADEL par la Compagnie de Géo-Ingénierie de Chine (CGC) sous la supervision du bureau d'études SERT (Société d'Etudes et de Réalisations Techniques).

Dans cette partie nous allons examiner si les méthodes et les moyens mis en œuvre par l'entrepreneur et le bureau de contrôle concourent à la réussite du programme à travers le taux de réussite et la qualité des ouvrages réalisés.

III.1 Etudes préliminaires

Pour obtenir le nombre de forages à réaliser dans chaque préfecture, il a été utilisé une méthode simple de calcul basée sur le nombre total de villages à enquêter obtenu grâce à des investigations faites par la direction du PRAADEL.

$$\text{Nombre de Points d'eau par Préfecture} = \frac{\text{Nombre total de villages à enquêter} \times 100}{\text{Nombre total de villages ciblés}}$$

Le nombre total de villages ciblés étant de 255, les résultats suivants ont été obtenus et permettent de faire une répartition équitable en fonction du volume initialement affecté aux préfectures.

- Préfecture de Labé : $69 \times 100 / 255$ égal à 27 de 120 = 32 points d'eau ;
- Préfecture de Lelouma : $21 \times 100 / 255$ égal à 8 de 120 = 10 points d'eau ;
- Préfecture de Koubia : $82 \times 100 / 255$ égal à 32 de 120 = 38 points d'eau ;
- Préfecture de Tougué : $46 \times 100 / 255$ égal à 18 de 120 = 22 points d'eau,
- Préfecture de Mali $39 \times 100 / 255$ égal à 15 de 120 = 18 points d'eau.

Par la suite le bureau d'étude SERT (Société d'Etudes et de Réalisations Techniques) en charge du contrôle qualitatif et quantitatif a convenu un programme de visite de terrain avec l'unité de gestion du projet de façon à éviter les pertes de temps dues au déplacement entre les préfectures d'une part et les villages ciblés d'autre part.

Du 12 mars 2005 au 21 mars 2005 : Préfectures de Lelouma et Labé

Du 24 mars au 29 mars 2005 : Préfecture de Koubia,

Du 31 mars au 03 avril 2005 : Préfecture de Tougué,

Du 09 avril au 12 avril 2005 : Préfecture de Mali

III.1.1 Actions d'animation

Dans le but de pérenniser les points d'eau qui vont être aménagés, une série d'actions d'animation a été entamée par le bureau d'étude. Cette animation vise à assurer l'appropriation par les villageois de nouvelles installations, leur prise en charge et leur bonne utilisation sur le plan sanitaire.

La méthodologie suivante a été adoptée et répartie en quatre phases qui correspondent à des étapes de réalisation des travaux de foration, ce sont :

III.1.1.1 Animation avant forage

Elle consiste en :

- des enquêtes préliminaires ;
- une sensibilisation et à la signature des contrats ;
- un appui aux implantations de forages.

La première mission de terrain était essentiellement axée sur la visite systématique de l'ensemble des villages recensés par la direction du projet (255 au total) en vue de la sélection définitive de 120 villages qui bénéficieront des acquis du présent programme.

Voici quelques critères retenus pour la sélection :

- besoin exprimé par la population à travers une demande auprès du projet ;
- agglomération de plus de 200 habitants s'étalant sur un rayon de moins de 1000 mètres ;
- disponibilité d'eau souterraine suffisante ;
- volonté de la population de contribuer aux installations et de les entretenir ;
- absence d'autres programmes d'hydraulique villageoise dans la zone d'intervention.

C'est ainsi que l'équipe a été mobilisée sur le terrain conformément au programme ci – dessus en vue d'une bonne organisation du travail. Cette visite a permis de recenser toutes les informations socio-économiques, les accès aux villages, la desserte actuelle et elle a également permis de retenir les villages prioritaires en fonction des besoins réels qui se posent dans ces localités et de l'état actuel de desserte en matière de ressources en eau potable.

A la suite de ces enquêtes, les villages ont été classés en fonction des critères que nous avons énumérés ci-dessus. Ce travail a permis de retenir près de 166 villages dont les conditions sont identiques. Un dernier travail à consister à la sélection définitive des villages

devant bénéficier des forages. A besoins équivalents, la sélection des sites d'intervention tient compte de la motivation et de la mobilisation ainsi que de l'aptitude des bénéficiaires à prendre en charge les ouvrages qui seront réalisés.

Nous donnons ici la liste des villages (Tableau 2. Annexe III) dans lesquels il y a eu déjà des travaux de foration et ceux pour lesquels nous avons suivi la phase d'implantation.

III.1.1.2 Animation pendant la foration

Il s'agit de :

- Suivi machine ;
- la préparation des sites ;
- l'accueil et l'hébergement des équipes.

III.1.1.3 Animation après foration

Il s'agira de :

- Suivi margelles ;
- l'installation des pompes ;
- formation des comités des Points d'Eau (CPE) et des artisans réparateurs.

III.1.1.4 Mesures d'accompagnement

La promotion de l'hygiène (sensibilisation sanitaire) doit accompagner tout projet d'alimentation en eau. Il s'agit de sensibiliser les populations bénéficiaires sur les relations entre l'eau, l'hygiène et les maladies [8]

III.2 Travaux de foration

III.2.1 Historique

En début juillet, les deux ateliers de foration ont été arrêtés pour cause de saisons des pluies (les voies d'accès aux sites impraticables) après réalisation de 19 forages dont 12 positifs, soit un taux de réussite de 63%. Si on se réfère aux objectifs de 120 forages productifs sur 155 sondages (taux de réussite de 77%), l'écart est significatif. Il faut prendre les dispositions qui s'imposent notamment revoir ou compléter la technique d'implantation.

III.2.2 Etude d'implantation

La réussite d'un programme d'hydraulique villageoise dans un contexte de socle cristallin avec des intrusions doléritiques dépend pour beaucoup de la qualité de ses implantations.

En effet, dans un tel contexte, la recherche de meilleurs emplacements de captage sera prépondérante, certains secteurs pouvant s'avérer improductifs contrairement à ce qui se passe généralement dans un bassin sédimentaire.

Dans cette partie nous traiterons d'abord du principe, avantages et inconvénients de la méthode utilisée par le bureau d'étude SERT pour identifier les sites les plus favorables pour implanter les forages. Ensuite nous suggérerons des méthodes complémentaires pour rendre plus efficace l'implantation, permettant ainsi de réduire le taux d'échecs.

III.2.2 1 Méthodologie d'implantation

Le bureau d'études SERT dans sa recherche des sites potentiellement productifs a privilégié les investigations de terrains qui consistent à des observations géomorphologiques de terrain uniquement (axe des marigots, tracés des cours d'eau, allure des cuirasses latéritiques, végétation,...), une visite des ouvrages existants (puits, forages).

Par cette méthode, on s'efforce de remarquer sur le terrain tous les signes qui peuvent indiquer la présence d'une anomalie en tenant compte du contexte géologie (affleurement, pendages, directions des fractures identifiables, coupes observées dans les puits, etc. ;) et du contexte hydrogéologique par la visite des ressources en eau, la mesure des niveaux statiques et dynamiques, la localisation des ouvrages positifs mais également négatifs, l'observation « particulière » (alignement de termitières dans une direction, association de certains arbres avec les points d'eau existants, positions des points d'eau les plus productifs par rapport à la géomorphologie, aux réseaux hydrographique, présence de source, etc.).

III.2.2 1.1. Critères d'investigation

Les critères qui prévalent le plus souvent sont les suivants :

III.2.2 1.1.1 Critères liés à la végétation

Le type de végétation permet d'identifier des ensembles géologiques/pédologiques différents, des zones humides et d'autres sèches.

C'est l'un des critères qui revient le plus souvent. Il faut dire que nous sommes dans une région où la plupart des sols sont « bowalisés » ce qui a favorisé le développement d'une couverture végétale herbacée sur de grandes étendues contrastées par endroits par la présence soit d'une forêt classée (l'existence d'une source) ou d'un alignement de gros arbres. L'arbre qui est le plus souvent recherché est le fucus appelé localement « Nönkö ».

III.2.2 1 1.2 Critères structuraux

Les linéaments plurikilométriques sont en général identifiables sur le terrain. Ils sont soulignés par le réseau hydrographique, la topographie,... Ces linéaments occupés ou non par des dolérites, s'accompagnent d'une étroite bande plus ou moins intensément fissurée (quelques dizaines de mètres [9]) de part et d'autre de la fracture majeure. Cette étroite bande peut être le siège d'une réserve d'eau. A Balikè dans la CRD de Dalein, il a été identifié une telle structure grâce à un alignement de gros arbres (fucus entre autre) qui recourent un méga-linéament occupé par un cours d'eau.

Nous sommes dans la région la plus montagneuse de la Guinée avec un relief très tourmenté à cause de ces linéaments qui sont nettement visibles et séparent les montagnes. Au Fouta la plupart des villages sont situés sur les versants des montagnes ou dans les vallées.

III.2.2 1 1.3 Critères géomorphologiques

Par ce procédé, on cherche à mettre en évidence les réseaux de drainage (concentration du ruissellement, les zones de ruissellement (pentes) et les zones d'infiltrations préférentielles, les zones inondables.

Ce critère est essentiel dans cette démarche. Elle revient dans tous les villages situés sur les versants de montagnes, de collines, dans les vallées. Pour les villages perchés on recherche les zones de ruptures de pentes.

III.2.2.2 Avantages et inconvénients

La prospection des eaux souterraines par les observations géomorphologiques présente les avantages suivants :

- pas de matériels spécifiques à emporter avec soit, donc on est à l'abri de certaines contraintes de terrain (végétation dense, relief accidenté,...) ;
- ne demandent pas assez de temps; n'eut été les distances entre les villages et les conditions difficiles d'accès, une journée au lieu de deux aurait suffi pour l'implantation de 14 forages dans les CDR de Tangaly et Konah (Préfecture de Tougué);
- pas coûteux car demande uniquement les prestations de l'hydrogéologue.

Si par les observations de terrain, il est facile dans certains cas d'identifier les fractures, il est cependant impossible d'avoir une idée sur la profondeur du socle et l'épaisseur de l'altération. Deux informations sont pourtant capitales pour apprécier le potentiel de l'aquifère et réussir une bonne implantation.

En outre, sur certains sites où la déforestation, les lotissements ont fait disparaître les gros arbres, les termitières,... il devient difficile de mettre en évidence les anomalies ou le réseau de fractures.

La localisation des aquifères est encore difficile si la fracture majeure est occupée par un dyke doléritique. Elle nécessite l'utilisation des prospections géophysiques puisque dans ce cas l'implantation des forages demande une grande précision.

La géophysique reste une technique à associer à ses observations géomorphologiques (comme en photographie aérienne) pour obtenir la précision désirée dans les implantations. C'est une méthode d'exploration complémentaire car elle apporte des informations qui échappent à l'analyse géomorphologique ou à la photo-interprétation comme l'épaisseur de l'altération, la succession des différentes couches, la profondeur du socle, ...

Le couplage des deux méthodes va consister :

- dans un premier temps d'effectuer l'inventaire hydrogéologie par le repérage sur le terrain des accidents tectoniques déduits de l'analyse géomorphologiques (ou photographie aérienne si possible) ;
- dans une seconde phase, l'intervention de l'équipe de géophysique aura pour objectif de vérifier l'existence d'anomalie conductrice sur l'accident tectonique et de repérer à quelques mètres près la position centrale de l'anomalie qui correspond dans le cas d'une structure verticale ou subverticale au passage de l'accident ;
- En fin un sondage électrique est réalisé au droit du point retenu pour se faire une idée de la profondeur du socle et de l'épaisseur d'altération.

Dans le cas d'une intrusion comme c'est souvent le cas dans notre région d'études, la zone fracturée constitue une structure complexe. Des études réalisées sur le sujet [10],[11],[12] situent la zone fissurée et perméable le long des flancs de la structure dans les schistes ou dans les grès, alors que le dyke de dolérite est totalement imperméable. Ceci est illustré par la Figure.2.

Les mêmes études suggèrent que l'implantation du forage doit être réalisée à quelques mètres près et en bordure de la zone de contact. Seule cette zone de contact (zone de drainage préférentiel) s'est révélée productive.

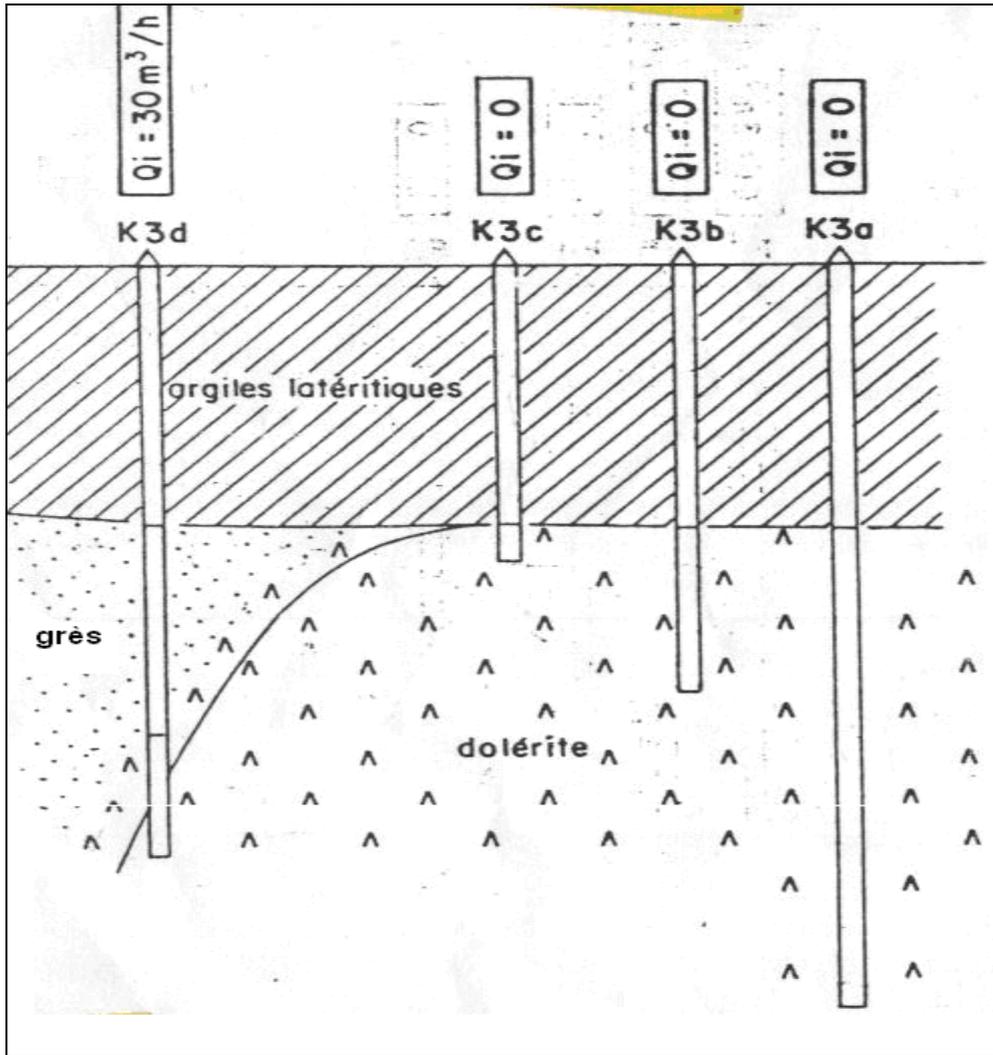


Figure.2 : Seul le point de contact est productif

Pour mieux délimiter les contacts latéraux, le profil électrique peut être complété par le profil magnétique. Aousseini et al [11] proposent une règle empirique qui facilite l'implantation des forages en montrant la relation entre les zones favorables qui bordent le corps intrusif perturbant le champ et la courbe caractéristique de l'anomalie (Figure.3-4)

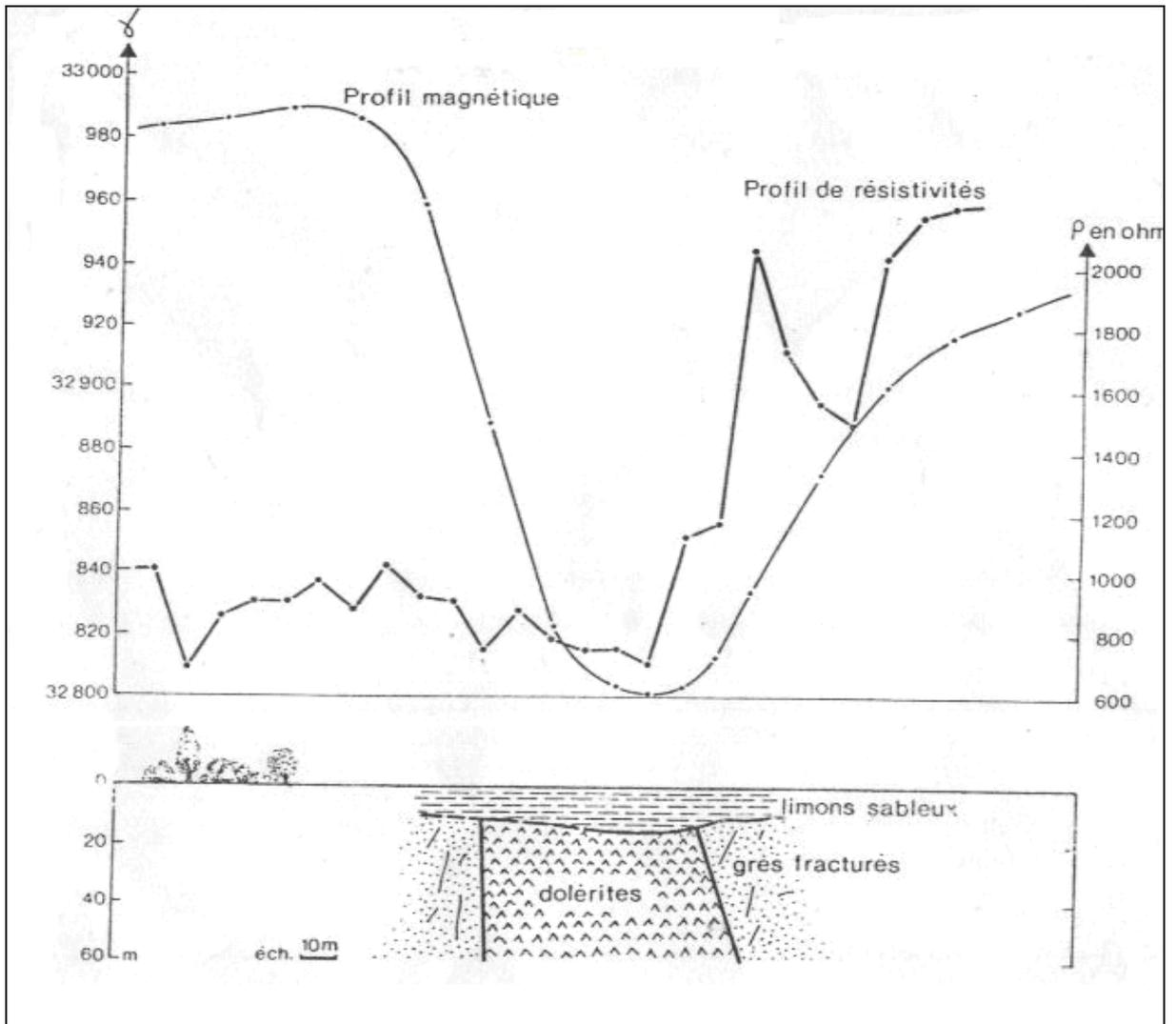


Figure.3 : Recherche d'eau aux limites d'un dyke paramagnétique. D'après Burgeap (C.I.E.H) ,1984

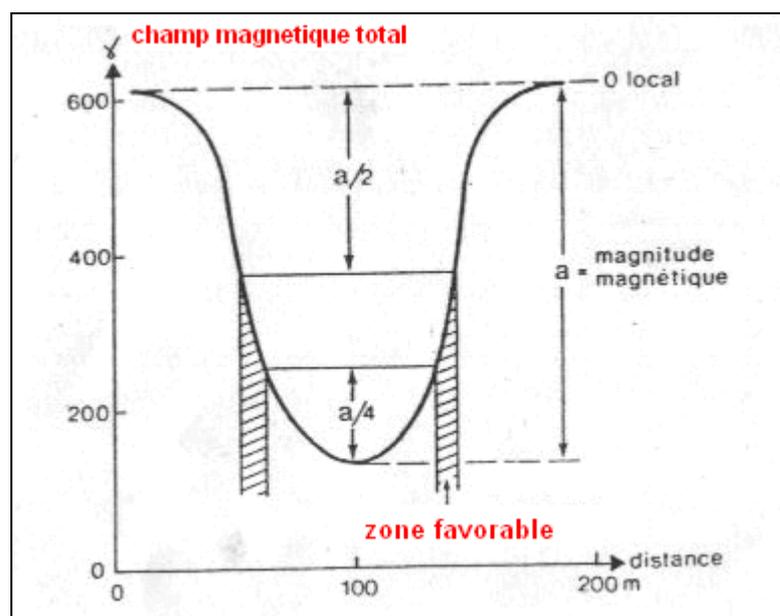


Figure.4 : Repérage des marges d'un dyke paramagnétique. D'après M.Alousseini et al.1987

III.2.3 Mode de foration

La Compagnie de Géo-Ingénierie de Chine (CGC) n'a pas une technique de foration particulière. Elle utilise les techniques classiques de foration en zone de socle : combinaison de deux procédés par usage d'un atelier mixte Rotary - Marteau Fond de Trou [12]

- Rotary à la boue ou à l'air en terrain tendre argileux avec mise en place d'un tubage provisoire 178/200 laissé sur place si l'épaisseur de l'altération dépasse 50m et retirer dans le cas contraire. La foration est effectuée en un diamètre de 9''^{7/8}.

- Marteau Fond de Trou (MFT) à l'air comprimé effectué à 6''^{1/2} dans le socle.

Le forage au MFT du socle ne commence qu'après la pose d'un tubage en acier au droit des formations altérées.



Photo 7 : l'atelier de foration en activité à Bouroudji

III.2.3.1 L'équipement

Les forages jugés productifs sont équipés de :

- tubage en PVC plein de 126/140mm, le dernier dépassant environ 0.5 au-dessus de la surface du sol et la base sera obturée par un bouchon de pied ;
- crépine en PVC de 126/140, d'ouvertures standardisées à 1mm ;
- le massif filtrant (gravier de 1-3mm) constitué par un matériaux quartzeux roulé, dépasse de 5m le toit de la crépine supérieur;

Au-dessus du gravier, le forage est comblé par du tout venant et enfin cimenté sur 6m en tête.

III.2.3.1.1 Quelques points faibles de l'équipement

Dans l'équipement proposé, l'isolation de l'espace annulaire à la base des altérites n'est pas totalement assurée. Et nous savons bien que c'est le point le plus vulnérable des forages dans le socle car si l'étanchéité n'est pas parfaitement réalisée, les matériaux fins issus des horizons d'altérations envahissent peu à peu le forage sous l'effet d'une pression différentielle qui peut atteindre une dizaine de mètres ou plus [14]. Ces matériaux fins colmatent et combent peu à peu le forage réduisant ainsi sa durée de vie qui doit être de 20 ans au minimum. Et cela peut aussi accélérer l'usure de la pompe.

Il est vrai que l'étanchéité peut être obtenue en gravillonnant l'espace annulaire sur une grande hauteur, mais il serait mieux d'isoler complètement la base des altérites à l'aide soit d'un bouchon de ciment ou d'argile avec l'emploi d'un bouchon de sable sur 1 ou 2m [13] comme zone tampon entre le gravier filtre et le parker.

Il faut dire que cela n'est pas exigé dans le Cahier de Prescriptions Techniques (CPT)

Contrairement aux prescriptions techniques les cuttings ne sont pas conservés, ils sont abandonnés sur place ce qui n'est pas de nature à favoriser une capitalisation des données permettant ainsi une bonne connaissance de la géologie et de l'hydrogéologie de la région (chose utile pour les projets à venir).

III.2.3.1.2 Spécificité de l'équipement proposé

La particularité de l'équipement proposé après un forage positif est l'emploi de crépine dite de «récupération» placée non pas en face des venues d'eau mais plus en bas au-dessus du tube de décantation dont le rôle est, selon le chef de l'atelier N°2 de récupérer les eaux d'en bas c'est à dire celles qui n'ont pas été captées par les crépines placées en face des venues d'eau et qui coulent vers le bas à travers le gravier filtrant.

En outre, les forages très productifs (débit supérieur à $8\text{m}^3/\text{h}$) sont équipés de tube de décantation d'au moins 6m pour permettre dit-on au poids de l'eau qui s'y accumule de maintenir la colonne de PVC en place (non flottante). On y a fait usage dans l'équipement du forage de Saré-Souma (CRD de Dalein, Préfecture de Labé) où le débit est de $18\text{m}^3/\text{h}$.

III.2.4 Le développement

Il est effectué à l'air lift par l'introduction d'un dispositif composé des deux tuyaux dans le forage ; un tuyau d'eau par lequel l'eau pompée remonte à la surface et un tuyau d'air permettant l'injection de l'air comprimé.

La durée moyenne exigée dans le Cahier des Prescriptions Techniques est de 4 heures.

A Dowkowlly le développement n'a duré qu'une heure alors que l'eau n'était pas totalement claire (aspect légèrement rougeâtre). Le chef foreur disait que c'est l'équipe des essais de pompage qui fera le reste et cela est une ignorance des buts de l'essai de pompage et de l'impact qu'un mauvais développement pourra avoir sur les résultats des essais.

En outre, le niveau et la profondeur de l'ouvrage ne sont pas mesurés avant et après développement. L'équipe de forage ne dispose même pas de sonde à cet effet, estimant que ce sera fait par l'équipe des essais de pompage

III.2.5 Essais de débit

On rappelle que les pompages d'essai répondent essentiellement à un objectif de connaissance des caractéristiques et performances des ouvrages de captage et des systèmes aquifères exploités. On en distingue deux types : l'essai de nappe et l'essai de puits

Dans le cadre des programmes d'hydraulique villageoise, seuls les essais de puits ou essais par paliers sont effectués pour des raisons de coût et de temps.

Néanmoins, ces essais permettent d'évaluer les caractéristiques des ouvrages réalisés et de leur environnement immédiat ; d'estimer leur débit critique, les différentes pertes de charge (quadratiques et linéaires) et les rabattements en fonction du débit de pompage.

Dans cette partie nous nous proposons d'évaluer les performances des 12 forages réalisés et équipés par la CGC durant la première campagne (Juin-Juillet 2006). Pour ce faire nous procédons comme suit :

- calcul des rabattements corrigés s_2^* , s_3^* en fin des deux derniers paliers ;
- tracé des courbes caractéristiques : $s=f(Q)$ et $(s/Q)=f(Q)$ pour en apprécier l'allure ;
- calcul du rendement (si possible) pour les débits des différents paliers et pour le

débit d'exploitation habituel ($Q=1.2m^3/h$) des ouvrages équipés de pompe à motricité humaine. Ce rendement nous servira de critère de réception provisoire des forages réalisés.

Analyse et interprétation des résultats

Il faut signaler que cette interprétation ne concerne pas les forages pour lesquels l'essai a été fait en un seul palier (débit au développement faible $<0.7m^3/h$).

Au regard des allures, les courbes s'apparentent aux cas cités dans [13].

- **courbe à allure concave** (Koulouma, Borè)

Courbe $s=f(Q)$ a une forme concave, l'essai est donc défectueux, soit parce que les mesures ne sont pas fiables soit parce qu'il s'est produit une alimentation ou développement pendant l'essai.

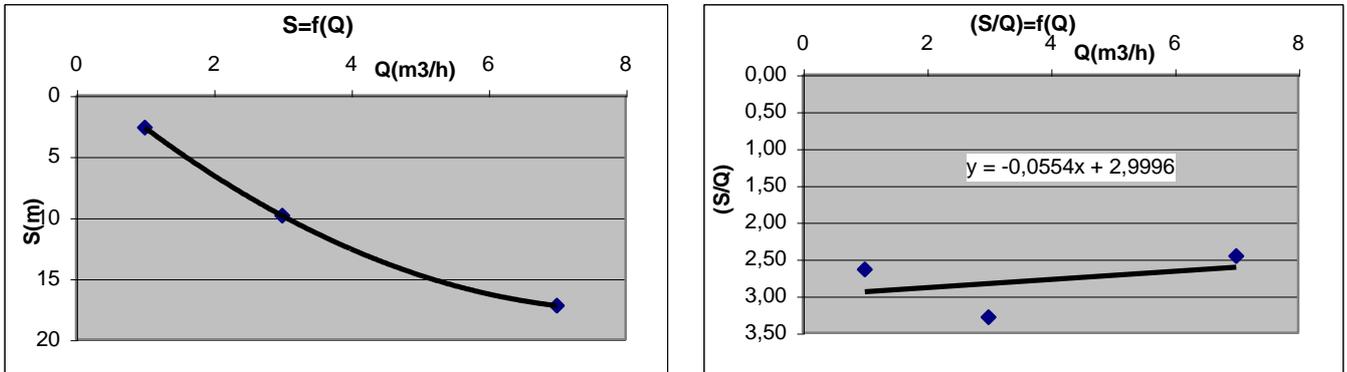


Figure 4 : Courbe caractéristiques de Borè

Le choix des débits des différents paliers peut en être éventuellement la cause car il n'obéit pas aux règles habituelles.

Le débit de développement étant de $7\text{m}^3/\text{h}$, on devrait prendre comme débit du dernier palier $Q_3 = (0.7 \text{ à } 0.8) * 7 = 4.9 \text{ à } 5.6 \text{ m}^3/\text{h}$ au lieu de $7\text{m}^3/\text{h}$

Pour ces forages nous recommandons qu'on refasse le développement puis les essais à des débits convenablement choisis tout en prenant le soin de bien conduire les mesures.

- Courbe de type 1 et 2 d'après [13]

-type 2 (Kindo, Bougou)

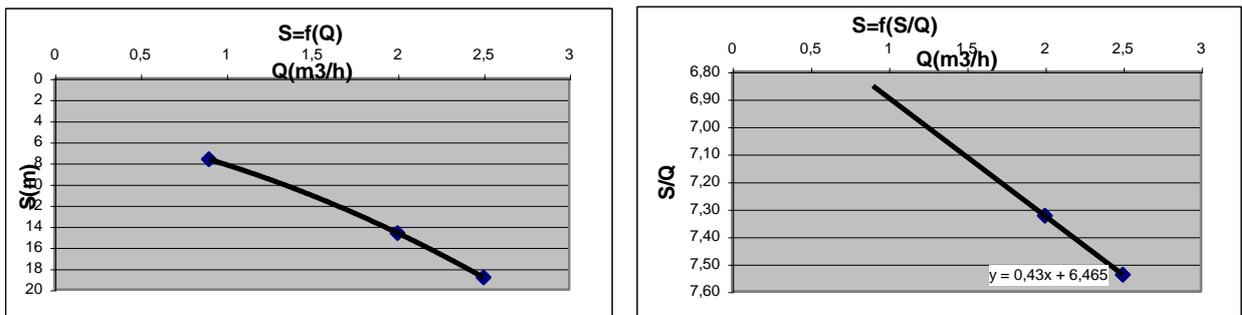
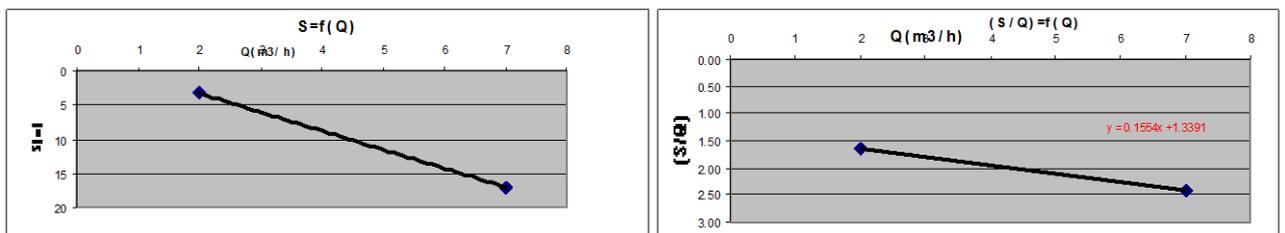


Figure 5: Courbe caractéristiques de Kindo

-type 1(Bouroudji, Nguerouwal)

Figure 6: Courbe caractéristiques de Bouroudji



Ces forages sont caractérisés par:

- un équipement approprié (diamètre des tubages + ouvertures des crépines) ;
- un développement suffisant de l'ouvrage.

Ces ouvrages peuvent faire l'objet d'une réception provisoire en terme d'équipement. Ceci est aussi confirmé par le rendement que donne ces ouvrages.

Nous donnons dans le tableau 3 ci-dessous les rendements calculés pour les débits des trois paliers et le débit d'exploitation habituel des ouvrages d'hydraulique villageoise.

		KIN				
		DO				
NS(m)	Q(m ³ /h)	Qdev(m ³ /h)	Nd(m)	s(m)	s/Q	Rendements
5,54		2,5				
0,9	1	13,2		7,67		94,4
2	8	19,7	5	14,6	7,33	88,3
2,5	9	24,6	5	18,8	7,54	85,7
1,2						92,6

Tableau 3 :calcul du Rendement du forage du village Kindo

Cas où n>2 (Kimbely)

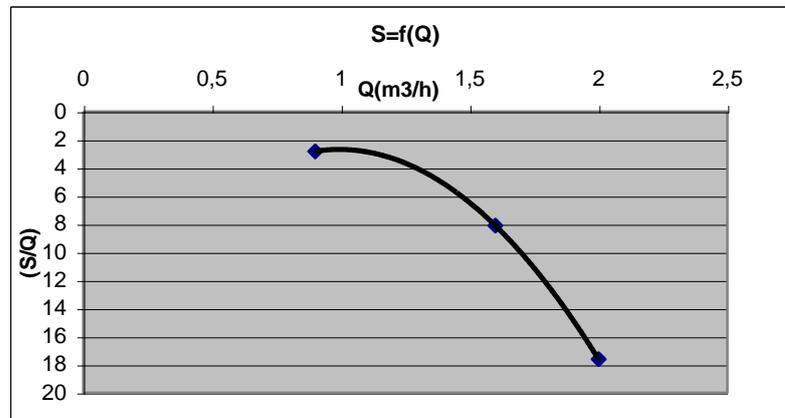


Figure 7: Courbe caractéristique de Kindo

Pour ce cas les paramètres A, B et n de l'équation $s=A.Q+B.Q^n$ sont calculés suivant la méthodologie exposée dans [13]. On trouve $A=6.7$; $B=0.03$; $n=7$

Et cela nous donne un rendement de 96% pour un débit d'exploitation de $1.2\text{m}^3/\text{h}$

- **Autres cas (Hollandé)**

Dans le cas de ce village où on a obtenu au développement un débit de $24\text{m}^3/\text{h}$, les débits de paliers choisis ($Q_1=2\text{ m}^3/\text{h}$; $Q_2=5\text{ m}^3/\text{h}$; $Q_3=7\text{ m}^3/\text{h}$) sont loin de la capacité de l'aquifère pour pouvoir refléter leur comportement. On aurait dû prendre :

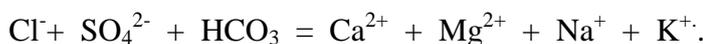
$$Q_1=5.6\text{m}^3/\text{h} ; \quad Q_2=11.2\text{ m}^3/\text{h} ; \quad Q_3=16.8\text{ m}^3/\text{h}$$

Ainsi sur les neuf (9) dont nous avons pu analyser les courbes caractéristiques et calculer les rendements, cinq (5) peuvent faire l'objet de réception provisoire en terme d'équipement.

III.2.6 Validation des analyses physico-chimiques

Selon les conclusions du service qui a fait les différentes analyses, tous les échantillons d'eau prélevés sur les douze forages ont des qualités, tant physico-chimique que bactériologique conformes aux normes prescrites par l'OMS.

Cependant pour une validation des résultats des analyses chimiques nous avons procédé à une vérification par le calcul de la balance ionique BI de chaque échantillon. Nous rappelons que la BI s'appuie sur le principe que la somme des anions majeurs et des cations majeurs sont équivalentes (concentrations exprimées en meq/l). Autrement dit la balance ionique doit être équilibrée.



Le contrôle de la validité des résultats d'analyse chimique est fait à l'aide de la balance ionique : en pourcentage l'analyse est déclarée acceptable si $-5\% \leq \text{BI} \leq 5\%$ dans le cas contraire, elle sera rejetée ou remise en question. Cette erreur ou BI est donnée par la formule:

$$\frac{\Sigma C^+ - \Sigma A^-}{\Sigma C^+ + \Sigma A^-} \times 100$$

Ainsi comme le montre le tableau 4 ci-dessous, sur les 12 échantillons quatre seulement ont leurs BI qui respectent la condition BI<5%.

Village	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻ mg/l	Ca ⁺ mg/l	Mg ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	Σ Anions	Σ Cations	BI	Cond μS/cm	PH
Boro	105	15,50	2,00	9,70	8,50	1,00	1,40	15,00	2,36	1,20	32,72	82	7
Bokira	83	16,50	3,10	17,00	20,00	2,10	0,40	18,00	2,18	1,97	5,11	115	7
Kimbely	77	8,42	1,00	9,00	15,00	2,00	1,50	18,60	1,69	1,76	- 2,23	88	6,9
Nguerouwal	81	8,56	1,50	8,20	12,00	3,10	1,50	8,00	1,74	1,24	16,59	87	7
Bougou	96,00	11,52	4,00	15,00	10,00	0,02	1,4	14,20	2,21	1,15	31,37	79	7,2
Bantaghi	99,00	7,75	6,00	14,00	18,00	4,20	2,4	16,00	2,13	2,01	3,04	105	6,8
Hollandé	95,00	11,32	5,00	10,20	9,00	2,00	0,5	6,50	2,09	0,91	39,21	101	6,8
Dantague	65,00	11,62	4,10	10,20	15,00	3,20	2,5	13,00	1,61	1,65	- 1,25	107	7
Kindo	87,00	6,52	3,00	11,00	11,00	2,10	1,4	9,00	1,84	1,15	22,96	95	6,8
Ley Pellel	78,00	9,95	3,00	7,10	12,00	3,10	1,4	7,50	1,71	1,22	16,62	97	6,8
Bouroudji	101	9,20	3,00	17,00	16,00	0,03	2,00	15,60	2,27	1,53	19,39	72	7
Koulouma	106	13,50	5,00	15,50	22,50	0,50	1,00	16,60	2,44	1,91	12,10	106	6,9

Tableau 4 : résultats des analyses physico-chimiques

Nous recommandons qu'une attention particulière soit portée sur les analyses qui ne respectent pas le critère sur BI. Ces analyses sont donc à refaire avant l'équipement des forages concernés en pompe manuelle.

Il faut préciser qu'une erreur sur la BI peut provenir d'une erreur d'analyse (résultats des analyses non valides) ou d'une minéralisation particulière (présence importante dans l'eau d'ions qui n'ont pas été recherchés). En fin si l'on s'en tient à ces résultats, une attention doit être portée sur les eaux des villages Boro, Bougou, Bantaghi, Hollandé, Dantague, Kindo, Koulouma dont la concentration en fer (0.2mg/l) n'est pas loin de la norme (0.3mg/l). Celle de Ley-Pellel égale la norme. On sait qu'une eau chargée en fer utilisée pour la lessive colore le linge, consommée directement ou sous forme d'infusion (thé), elle peut avoir un goût prononcé et ces deux raisons peuvent emmener la population à se désintéresser de la ressource.

Enfin, nous remarquons que l'analyse n'a pas concerné les ions fluors (F⁻) et nous savons qu'une injection importante de ces ions dans l'organisme est dangereuse surtout pour les enfants (fluorose dentaire et osseuse). Nous avons encore en mémoire le drame des enfants de Tibiri (NIGER).

S'agissant des paramètres physiques, nous avons remarqué un grand écart entre les valeurs des mesures effectuées in situ lors des essais de pompage et celles obtenues par analyse au laboratoire.

Quant à l'analyse bactériologique, selon les conclusions du laboratoire d'analyse des échantillons, elle ne révèle la présence d'aucuns germes (coliformes totaux à 37°C, coliformes thermo-tolérants à 44°C, streptocoques fécaux, anaérobies sulfito-réducteurs à 46°C).

III.2.7 Aménagement de surface

Malheureusement le chronogramme proposé par la CGC pour la réalisation de l'aménagement de surface a coïncidé à la fin de la partie « terrain » de notre stage ce qui nous a empêché de porter un regard sur cette composante du point d'eau.

Selon les termes du Cahier de prescriptions Techniques, l'entrepreneur réalisera les margelles et anti-bourbiers selon les plans proposés dans son offre et agréés par l'administration.

Les margelles seront en béton dosé à 350Kg/m³ et le ferrailage constitué par dur fer 6, des treillis de maille de 15cm.

Le modèle proposé par la CGC est de type classique, adapté au contexte de la région. Il comporte :

- une margelle de 3m20 sur 3m20, et de 50cm de haut ;
- un canal évacuateur de 6m débouchant sur un puisard de 60*60*60cm, rempli de blocs de pierres ;
- un abreuvoir de 2m40 sur 70cm et de 35cm de profondeur.

III.2.8 Analyse des résultats suivant les faciès

Afin de permettre une meilleure approche, les forages ont été classés en fonction des faciès rencontrés (Tableau 5 Annexe III). On distingue grossièrement quatre familles :

- les grès de l'Ordovicien ;
- les dolérites sous forme de dykes ou de sils ;
- les formations schisteuses avec intercalations de dolérite ;
- les granites.

Les statistiques concernant ces formations sont présentées dans le tableau 6 ci-dessous.

Faciès	Grès	Dolérite	Schiste-dolérite	Granite	Total
Nombre de forages	16	6	2	2	26

Forages Positifs	9	4	2	2	17
Forages Négatifs	7	2	0	0	9
% de Réussite	56	67	100	100	65
Profondeur Ensemble	75	71	61	64,25	72
Profondeur des Positifs	66	67	61	64,25	65
Profondeur des Négatifs	87	80	0	0	85
Altération Ensemble	25	36	31	36	29
Altération Positifs	24	41	31	36	30
Altération Négatifs	26	26	0	0	26
% Débit Foration <0,7	22	0	0	0	12
%Débit>0,7 et <2m3/h	67	75	0	0	53
%Débit >2 et <5m3/h	11	0	0	100	18
%Débit>5 et <10m3/h	0	0	50	0	6
%Débit >10m3/h	0	25	50	0	12
% Niv.Statiques<10m	33	0	0	0	18
10 ≤NS<20	67	0	50	100	53
20≤NS <30	0	50	0	0	12
% NS ≥30	0	0	0	0	0

Tableau 6 : statistiques des caractéristiques suivant les faciès

III.2.8.1 Pourcentage de réussite

A la reprise des travaux du 03/11/06 au 11/11/06 nous avons suivi les travaux de réalisation de sept (7) forages dans la CRD de Dalein dont 5 positifs ce qui porte le nombre total de forages à 26. Le taux de succès passe ainsi de 65% à 63% soit une légère amélioration. Et on reste un peu loin du taux imposé par le marché.

Malgré la faiblesse de la taille de l'échantillon, nous pouvons tirer quelques conclusions et faire certains commentaires.

Ce sont les Schistes alternés de dolérites et les granites qui présentent le plus fort taux de réussite. Le grès représente le faciès le plus rencontré mais il enregistre le taux d'échecs le plus remarquable (Figure 7.)

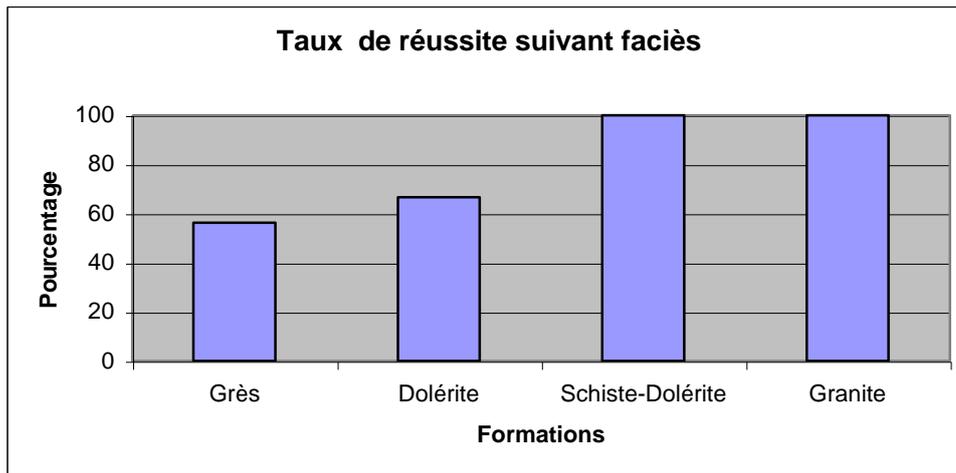


Figure 8 : Taux de succès suivant les faciès.

Certains forages dont le débit est inférieur à $1\text{m}^3/\text{h}$ (débit habituellement exigé en hydraulique villageoise) ont été équipés. Ce fut particulièrement le cas des villages

Dantague et Ley-Pellel où deux ouvrages donnant respectivement 400L et 700L par heures ont été équipés ce qui permettra cependant de satisfaire les besoins des 300habitants

III.2.8.2 Profondeur moyenne des forages

La profondeur moyenne tous ouvrages confondus (positifs et négatifs) est de 72m, alors que les prévisions étaient de 70m; ce qui ne permet pas de réaliser d'économie et de pouvoir combler la perte due aux forages négatifs. Et cela risque aussi de compromettre les objectifs du programme.

A noter que la profondeur moyenne d'un ouvrage positif (65m) est légèrement inférieure à la profondeur moyenne imposée par le marché.

Il faut dire que cette analyse n'a pas été intégrée dans la stratégie à entreprendre à la reprise des travaux pour faire face à d'éventuels échecs.

En effet, lors des travaux de foration à Dowkoli quand il a été constaté deux venues d'eau dans le socle à 50m avec un débit de $3\text{m}^3/\text{h}$, nous avons suggéré de se limiter là pour faire l'économie de 20m sur les 70 prévues. Mais le chef d'atelier et le contrôleur avaient estimé qu'il fallait continuer encore à forer. Et ce fût le cas aussi à Saré-Souma où déjà à 40m on avait des difficultés à mesurer le débit tant il était important mais on a continué à forer. N'eut été la panne du compresseur on voulait continuer au-delà de 55.7m.

L'évolution des profondeurs par type de forage (négatif/positif/ensemble) en fonction de la géologie est donnée sur la Figure 9 ci-dessous

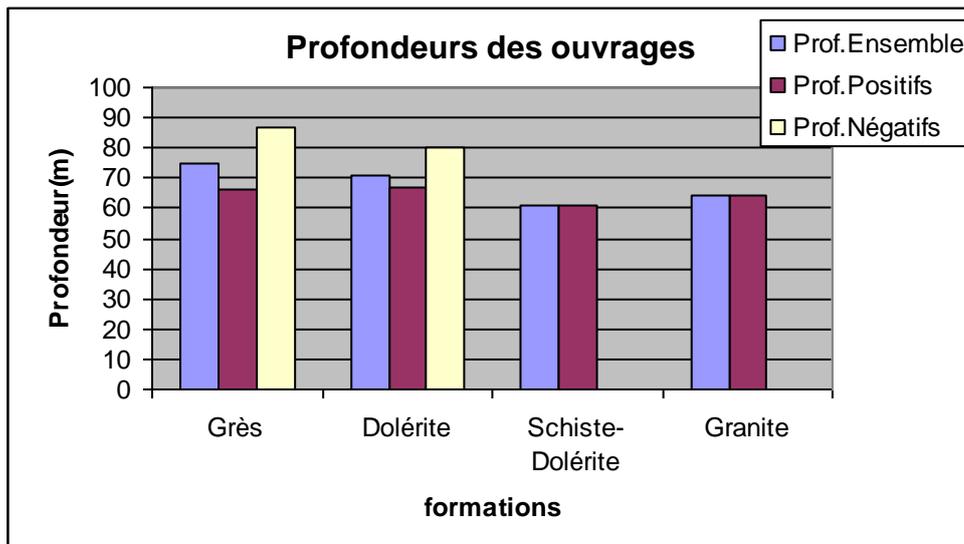


Figure 9: Profondeur des forages-faciès

Les formations schisto-doléritiques présentent les forages positifs les moins profonds.

III.2.8.3 Débit à la foration

Fait remarquable pour un projet d'hydraulique villageoise où $1\text{m}^3/\text{h}$ suffirait pour déclarer un forage positif, plus de 24% de forages présentent des débits supérieurs à $5\text{m}^3/\text{h}$.

Les débits les plus importants à la foration ont été obtenus dans les dolérites et les Schistes-dolérites (Figure 10)

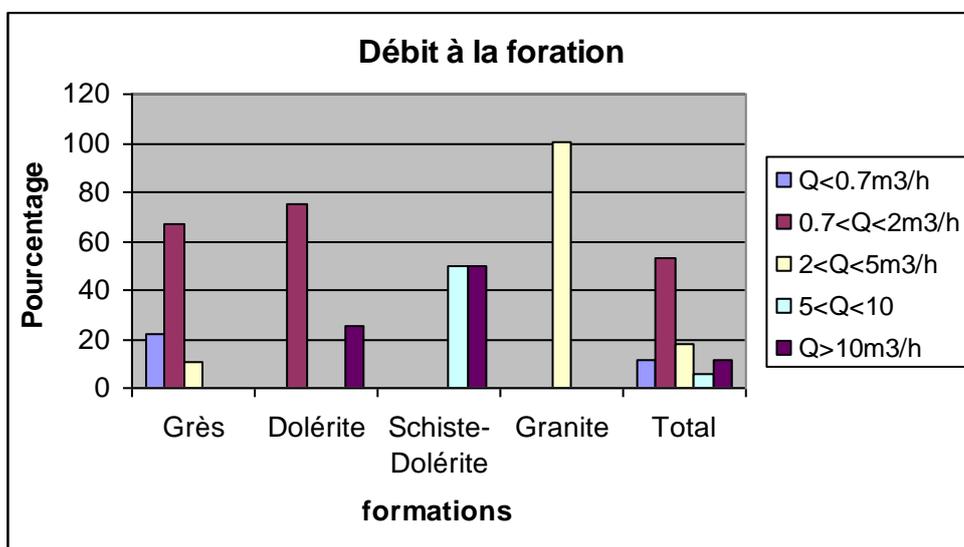


Figure 10 : Débit des forages-faciès

Pour les grès de l'Ordovicien, fréquemment rencontrés, les débits les plus importants proviennent des horizons tendres ou altérés alors que les grès sains très durs sont généralement moins productifs.

III.2.8.4 Niveaux Statiques

Aucune corrélation n'est possible entre le niveau de l'eau et la géologie, les niveaux statiques proches de la surface reflètent seulement la topographie des sites. Les zones aux reliefs plus tourmentés présentent des niveaux relativement bas.

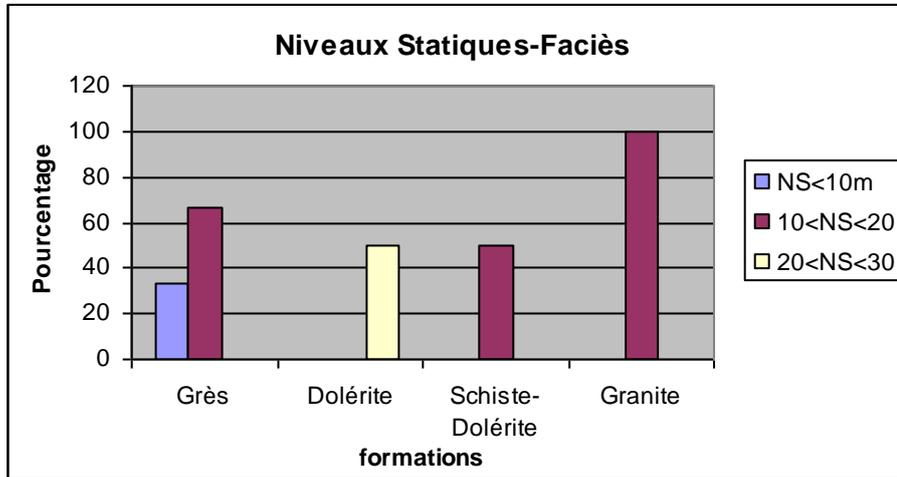


Figure 11 : Niveaux Statiques des forages-faciès

III.2.8.5 Analyse suivant le profil d'altération

La figure 12 ci-dessous confirme que :

- le granite est une roche peu-profonde et peut avoir une altération d'une dizaine de mètres ;
- les dolérites sont des roches de semi profondeur ;
- les grès sont peu altérés.

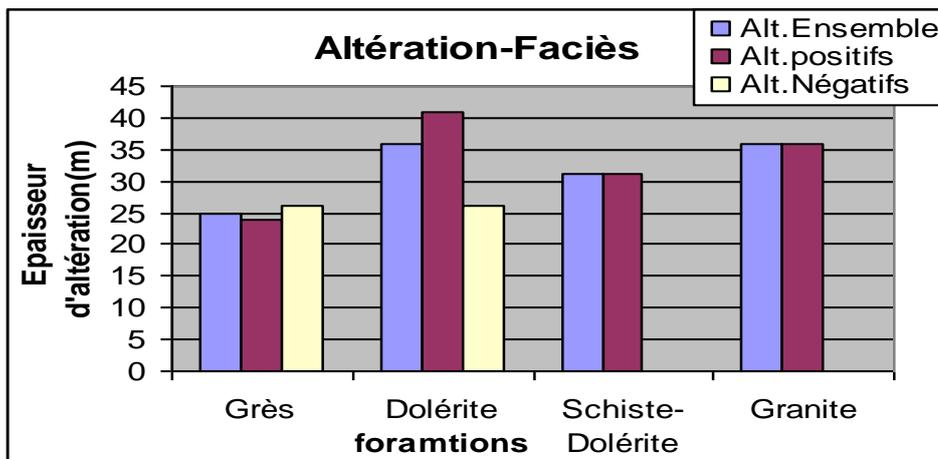


Figure 12 : Altération suivant les faciès

III.2.9 Analyse du coût des Ouvrages

La facturation du mois de Juin-Juillet (19 forages) se décompose comme suit :

- ouvrages positifs : 100 388.59 USD
- ouvrages négatifs : 46 869.87 USD

Pour les détails se référer aux Tableaux 7. Annexe

Le coût total des 19 forages facturés hors amenée général et repli, s'élève donc à 147 258.46 USD.

Il faut préciser que cette facturation ne prend pas en compte les rubriques 5-7-8-9-10-11-12 (Superstructure, Attente, Fourniture des pompes, Transport-Installation, Formation, Mesure de mitigation, Déferriseur) car au moment de notre départ, les travaux les concernant n'étaient pas encore entamés.

Comme nous l'avons déjà signalé pour optimiser le coût des ouvrages il devient impératif de diminuer le taux d'échec et la profondeur moyenne des forages. A ce propos, [16] rapporte que le coût moyen d'une campagne de forages, dans le socle est le même pour des forages de 40m de profondeur avec un taux d'échec de 50% que pour des forages de 60m de profondeur avec un taux d'échec de 5%. L'augmentation du prix résultant de l'accroissement du taux d'échec peut donc dans certains cas être compensé par une diminution même légère de la profondeur des ouvrages.

Chapitre IV : Etude du volet réalisation de puits améliorés

Le PRAADEL toujours dans le souci de trouver et de fournir en quantité suffisante, une eau potable aux populations de sa zone d'intervention, facteur déterminant dans tout processus de développement socio-économique, a intégré dans son volet d'hydraulique villageoise, la réalisation de puits améliorés à grand diamètre.

Ce volet est financé par l'OPEP et consiste en la réalisation de 31 puits dont 5 dans la préfecture de Labé; 6 dans la préfecture de Tougué, 6 dans la préfecture de Lélouma, 14 dans la préfecture de Mali. La liste des villages bénéficiaires par préfecture et terroir est donnée en annexe IV.

Repartis en 5 lots, les travaux de réalisation ont été adjugés à cinq (5) PME locales.

Cette option concerne les villages difficiles d'accès aux engins de forage; des contrées où les chances de réussite d'un forage positif sont minimales du fait de leur situation géographique (Villages perchés) ou du fait d'une géologie défavorable (intrusion doléritique).

Les puits « modernes » dont il sera question dans ce chapitre seront cuvelés en béton armé sur toute leur hauteur, de la surface du sol au captage. Leur énorme avantage par rapport au forage est sa capacité de stockage (diamètre de l'ouvrage) et son exploitation par puisage manuel par plusieurs personnes à la fois.

Là aussi, notre objectif a été de voir si les ouvrages réalisés auront une bonne tenue et une bonne performance. Malheureusement, faute de temps nous sommes uniquement limités à l'appréciation qualitative. La réalisation d'un puits busé demande beaucoup de temps surtout si les travaux sont faits à la main.

V.1 Hydrogéologie et Intérêt des différents niveaux captés

Le comportement hydraulique des différentes formations qui peuvent être captées par les puits peut se résumer comme suit :

V.1 1 Argiles latéritiques

Pratiquement imperméables sauf au niveau des horizons cuirassés vacuolaires qui peuvent fournir des débits importants. Ces cuirasses sont en général dénoyées car localisées près de la surface, mais à la faveur de conditions morphologiques exceptionnelles, ces horizons peuvent se trouver au-dessous du niveau statique ; ils constituent dans ce cas d'excellents aquifères.

V.1.2 Altérations argileuses

Peu perméables, elles donnent dans le meilleur des cas quelques m³/h. Cependant, par leur grande capacité de stockage, elles assurent la pérennité des débits captés dans les aquifères qui les drainent.

V.1.3 Arènes grenues

Lorsqu'elles sont grossières et peu argileuses et pas trop profondes, elles peuvent être captées par les puits avec des débits intéressants.

V.2 Choix des sites d'implantation

Là aussi la méthode de prospection utilisée est la géomorphologie avec ses avantages et inconvénients.

Le creusement de puits ne peut être entrepris que dans les zones répondant aux critères suivants :

- présence d'une zone d'altération friable et suffisamment perméable contenant une couche aquifère de bonne qualité, à une profondeur inférieure à 25 m ;
- possibilité d'obtenir une hauteur d'eau en toute exploitation comprise entre 3 et 5 m durant la période d'étiage et de 10 à 12m durant la périodes des hautes eaux.

Cette hauteur d'eau devant garantir la pérennité des ouvrages et un débit minimum acceptable de l'ordre de 3 à 5 m³/jour.

Compte tenu du contexte géologique (intrusions doléritiques, socle cristallin) les chances de réussites sont réduites.

En plus comme définis plus haut les critères qui conditionnent le choix d'un puits entant que ces types d'ouvrages d'exploitation ne sont pas toujours détectables au stade des études préliminaires de surface (photo aérienne et géomorphologie). Il est nécessaire de déterminer la coupe précise du terrain et la position de la zone de captage, afin de prévoir le nombre de buses qui seront utilisées pour réaliser les différents ouvrages d'exploitation.

L'évaluation de l'épaisseur des altérites et de leur résistivité est donc primordiale pour une bonne implantation des puits. D'où l'intérêt d'associer ici aussi la géophysique à la géomorphologie.

V.3 Technique de fonçage

Le fonçage est effectué avec des outils rudimentaires (pioche, barre à mine, houe,...) avec abattage et évacuation des déblais à l'aide de seaux. En terrain dur (cuirasse, grès, schistes), on utilise le marteau piquer.

V.4 Caractéristiques des ouvrages

Ces puits seront revêtus de buses en béton, crépinées vers le bas et seront équipés d'une dalle de fonds.

V.4.1 Dimensionnement

Compte tenu de l'expérience acquise dans la zone du programme et de la baisse de la nappe souterraine constaté ces dernières années, les puits auront une profondeur moyenne de 15m avec un diamètre de 1.40m et 3m de hauteur d'eau pour garantir au minimum la satisfaction des besoins en eau des bénéficiaires pendant la période d'étiage.

Les puits seront à captage autonome avec un cuvelage de 1m40 et un captage de 1m de diamètre intérieur.

V.4.2 Cuvelage

Rappelons que le cuvelage a pour fonction de contenir les terrains traversés et d'empêcher les infiltrations d'eau de surface ou provenant d'une nappe superficielle indésirable (pollué)

Les buses du cuvelage sont construites in situ à l'aide d'un coffrage métallique. Les éléments ont une hauteur de 60cm et de 40cm d'épaisseur, avec des mailles du ferrailage de 15cm.

Ces buses préfabriquées sont descendues à la main à l'aide d'une corde et empilées les unes sur les autres. Le cuvelage est exécuté dès qu'on atteint les terrains de mauvaise tenue (terrains bouillants, risques d'éboulement).



Photo 9: Buses préfabriquées:(Barita-Tougué)

Dans ce cas de figure, l'étanchéité de la colonne n'est pas garantie et il est possible que les éléments se désolidarisent par déviation latérale sous l'effet de la poussée des terres environnantes.

V.4.2 Colonne de captage

Elle est composée de buses crépinées, préfabriquées, empilées les unes sur les autres sur une hauteur suffisante pour assurer de l'eau toute l'année, même en période d'étiage.

Comme nous l'avons déjà signalé précédemment, il existe toujours un risque que les buses se désolidarisent lors du havage et que cela compromette la mise en eau (déviation latérale). Ce risque est grand vu que la descente des buses au fond du puits est faite à la main avec les cordes bien que les buses soient de dimensions modestes.

V.4.3 Aménagement de surface

Les puits seront couverts. Il est prévu de construire des margelles basses (hauteur <0.5 épaisseur de 20cm) dans les communes urbaines et des margelles hautes dans les régions à forte potentialité pastorale. L'aménagement comportera aussi un canal évacuateur et un abreuvoir suivant le contexte.

V.4.4 Système d'exhaure

L'installation d'une pompe à motricité humaine de type Vergnet est la solution retenue ici.

Avantages et inconvénients

Si l'installation d'une pompe à motricité humaine est une solution qui a pour avantage [18] de protéger la ressource contre les pollutions (seau, cordes souillées posés sur le sol, boues, déjections,...), elle n'est cependant pas toujours adaptée.

En effet, elle ôte la possibilité de puisage à plusieurs personnes à la fois (5 à 6 personnes) ce qui entraîne de forte demande sur le puits (attroupements). En plus comme il n'est pas prévu de trappe de visite, en cas de panne de la pompe il n'y aura aucun moyen d'accès à la ressource. Et s'il n'y a pas un autre point d'eau moderne, la population risque de se tourner vers les eaux pas propres pour la consommation ; ce qui peut compromettre tous les efforts fournis.

Conclusion générale

Au cours de ce stage nous avons eu abordé les trois volets de mobilisation des eaux souterraines pour l'approvisionnement des communautés de la zone d'intervention du PRAADEL (Programme de Réhabilitation Agricole et d'Appui au Développement Local au Fouta Djallon). Ce fut un cadre idéal pour nous futur spécialiste en MESAC.

En effet, dans un premier temps nous avons abordé l'aspect aménagement de sources en proposant un schéma de réhabilitation de la source de BHOHOY qui a consisté à :

- réfection du système de captage (maçonnerie barrage, filtre, protection de la ressource) ;
- adjonction d'un réservoir pour éviter la mise en charge accidentelle de la source ;
- construction de puisard, de l'avoir et d'abreuvoir totalement indépendants.

En second lieu, nous nous sommes intéressés au volet campagne de réalisation de 120 forages positifs entamés en début juin 2006 par le PRAADEL. A travers le suivi des travaux sur le terrain, l'analyse des rapports d'activités (fiche d'essais de débit, résultats d'analyse chimique,...) nous avons procédé à une sorte d'évaluation en apportant un jugement qualitatif et quantitatif sur la méthodologie et les techniques mises en œuvre par l'entrepreneur (CGC) et le bureau d'étude SERT. Autrement dit leurs démarches concourent-elles à la réussite ou non de la présent campagne.

Nous avons suggéré à ce propos à ce que la démarche d'implantation soit complétée par d'autres méthodes géophysiques pour réduire le taux d'échecs ; qu'une attention soit portée sur les opérations de développement des forages, sur la conduite des essais de pompage car la performance des forages en dépend beaucoup. Une validation par le calcul de la balance ionique nous montre que 67% des analyses chimiques sont non valides et sont à refaire par un autre laboratoire.

Pour la réduction du coût des forages, nous suggérons de limiter la profondeur des forages.

Enfin, nous nous sommes aussi penchés sur le volet captage des eaux souterraines par les puits améliorés à grand diamètre. Là aussi notre objectif a été de voir si les ouvrages réalisés auront une bonne tenue et une bonne performance, mais faute de temps nous nous sommes limités uniquement à l'appréciation qualitative. Pour une bonne tenue des ouvrages, un contrôle strict est nécessaire lors de la mise en place des buses.

En tant que futur spécialiste de la mobilisation des eaux souterraines nous nous sommes aussi intéressés dans ce travail à une analyse des potentialités des différents horizons aquifères captés. Il ressort de cette analyse que la zone regorge d'énormes potentialités en eaux souterraines : plus de 53 % des débit se situent entre 0,7 et 2m³/h. Dans le contexte géologique de la région pas toujours favorable (intrusion doléritique), nous avons suggéré que des études complètes de prospection soient réalisées pour bien localiser ces horizons aquifères.

Références Bibliographiques

- [1] Géologie-Pédologie de la Guinée ; Institut Pédagogique National, Hatier Paris 1981
- [2] Jr.F.W.Van Es et al Rapport de la mission CCTA/FAMA sur les Hauts-Plateaux du Fouta Djallon ; 1961-1962 volume II-Pédologie CCTA-1964.
- [3] Eric Drouart et Jean Michel Vouillamoz ; Alimentation en eau des populations menacées. Hermann, éditeurs des sciences et des arts 1999.
- [4] J.C.Fahy ; bilan d'une campagne d'hydraulique villageoise. CIEH 1978
- [5] PRAADEL, programme de travail annuel et Budget 2006 (PTAB2006)
- [6] Dr.Babacar Dieng, cours d'hydrogéologie et ouvrages de captage ; Groupe EIER-ETSHER. Version provisoire (2ème partie), Juillet 2005
- [7] U.Bega ; cours de mini-réseau d'AEP. Groupe EIER-ETSHER 2005
- [8] Cyril A. ; cours d'hygiène et assainissement en milieu rural ; groupe EIER-ETSHER 2006.
- [9] Olivier Banton, Lumony Bangoy ; Hydrogéologie Multi science environnementale des eaux souterraines. Presse universitaire du Quebec, AUPELF 1999.
- [10] M.Bro et C.Hubert ; Synthèse des techniques géophysiques appliquées aux recherches d'eau dans les fractures au Mali. CIEH Nov.1978
- [11] C.Meyer de Stadelhofen, Applications de la géophysique aux recherches d'eau, TEC&DOC-Lavoisier, 1991
- [12] M.alousseini et al : Hydraulique villageoise en zone doléritique.2léments de décision pour l'implantation de forages. Hydrogéologie 1987, 2, pp.79-85,
- [13] Dr.Babacar Dieng, cours d'hydrogéologie et ouvrages de captage ; Groupe EIER-ETSHER. Version provisoire (première partie), Juillet 2005
- [14] Forage d'eau : Matériel et technique mis en œuvre en Afrique centrale et de l'ouest ; C.Diluca et E.Reyniès. CIEH-BURGEAP 1983

[15] Dr.Babacar Dieng, cours d'hydrogéologie et ouvrages de captage ; Groupe EIER-ETSHER. Version provisoire (2ème partie), Juillet 2005

[16] Jacques Camerlo et J.C.Fahy ; Premiers résultats obtenus en Côte d'Ivoire dans les recherches d'eau axées sur les fractures secondaires des roches grenues du socle. CIEH

[17] S.Solages ; Résultats de la première campagne de forages exécutés au MFT au Sénégal. CIEH

[18] Moussa Ouédraogo ; cours de Pompe à motricité humaine, Groupe EIER-ETSHER ; avril 2006

Annexe II



Photo.3: l'ancien lavoir (en haut à droite)

Annexe III

Tableau 2 : Liste des villages ayant connu l'implantation

Préfecture	CRD	Village	Populations	Urgence	Observations
Labé	Kouramandji	Bouroudji	510	1	Mosquée, PS,GV
		N'Guériyabhè	500	1	Mosquée,GV
		Kimbely	250	1	
		Hollandé	400	1	
		Kindo	280	1	Mosquée
		Donghol	220	1	Mosquée
		Goloyabhé			
		Bougou	200	1	Mosquée
		Koulouma	550	1	Mosquée
		Ley Kassa	175	1	Mosquée
		Dimbo	150	1	
		Boré			
		Kouradjé	250	1	Mosqué
	Dalein	Soolè	450	1	EP,Mosqué
		Baguè	200	1	
		Balikè	250	1	
		Dowkowli	260	1	Mosquée,GV
		Saaré Summa	250	1	
		Doghi	340	1	
		Ndighel	250	1	
Collège		205	1	Collège	
Korbè	Korbè	Ley Pellel	300		
		Bantaghi	250	1	Mosquée
	Diountou	N'guéroual	150	1	Mosquée
		Madina Ley	300	1	
		Madina centre	310	1	Mosquée

Lélouma		Donghel Boubouyabhè	175	2	Mosquée	
	Lafou	Kondio	250	1	Mosquée	
		Bokira	250	1	Mosquée	
Tougué	Konah	Boudou	200	1		
		Hamdalaye	1200	1	EP, Mosquée	
		Ghadagnaddhè	500	2	PS, EP, Mosquée	
	Tangaly		Ndanta	160	1	
			Wendou Korfo	250	1	
			Bhoundou Kankou	200	1	
			Madina Lappy	300	1	
			Hafia	300	1	
			Tangaly Missidé	250	1	
			Djenké	200	1	
			Barita	100	1	
			Siéze Zone Projet	300	1	
			Diandjiko- Ecole	90	1	

Tableau 2 : Liste des villages ayant connu l'implantation

Village	Faciès	Profondeur(m)	Epaisseur altération(m)	Débit (m ³ /h)	Niv.Statique
Kindo	Grès	67	35	2	5.54
Koulouma	Granite	67	37	3	10.59
Ngeurouwal	Grès	55	17.6	1.5	9.53
Thiangui-bougouyabhè	Grès	85.25	30.90	----	
Bokira	Grès	67.1	33.9	1.3	12.45
Bantaghi	Grès	66.8	6.3	1.5	19.22
Bouroudji	Grès	60.65	35	2	13
Kimbely	Dolérite	60.65	35	2	23
Dantague	Grès	75	39.45	0.4	13.09

Hollandè	Dolérite	67.10	31.35	24	22.6
Ngueriya	Grès	90.30	31.30	----	
Borè	Grès	60.85	7.45	7	17.67
Kondio	Grès	91.40	27.45	----	
Ley Kassa	Grès	85.15	20.45	----	
Madina Centre	Grès	90.9	30	----	
Madina Ley	Grès	79.35	21.35	----	
Dongol-Golo	Grès	91.35	17.30	----	
Ley Pellet	Grès	42	17,30	0.7	11.49
Bougou	Grès	73.5	25.5	2	2.20
Dowkoli	Granite	61.5	35	3	19
Sarè-Souma	Schiste-dolérite	55.7	23	18	12
Balikè	Schiste-dolérite	67	39	7	
Dinguel	Dolérite	61	41	2	
Dalein Centre	Dolérite	80	19.75	----	
Soolè	Dolérite	80	33	----	
Bagué	Dolérite	78.66	55.4	1	

Tableau 5 : Caractéristiques de forages suivant le faciès

N°	Désignation	Unité	Prix Unitaire(USD)	Quantités	Totaux(USD)
1	Amenée général/Repli				
1a	Amenée général et Repli	FF	98 376,24	0	0,00
2	Déplacements				
2a	Montage et Démontage Atelier	U	141,34	12	1696,08
2b	Déplacement entre deux villages	km	313,45	123	38554,35
3	Foration				
3a	Foration en 9"7/8 avec tubage	ml	25,5	253,85	6473,175
3b	Foration en 6"1/2 dans le socle	ml	36,25	509,1	18454,875
4	Equipement				
4a	Fourniture en PVC 195	ml	33,96	253,85	8620,746
4b	Retrait en PVC 195	U	3,3	12	39,6
4c	Fourniture et pose crépine PVC 126/140	ml	19,26	215,72	4154,7672
4d	Fourniture et pose tubage PVC 126/140	ml	14,54	547,78	7964,7212
4 ^e	Fourniture et mise en place massif de gravier	ml	9,51	443,6	4218,636
4f	Isolement par cimentation	ml	11,18	72	804,96
6	Développement				
6a	Développement Air Lift	U	343,62	12	4123,44
6b	Heures supplémentaires	H	86,35	0	0
6c	Pompage d'essai et remontée	U	327,34	12	3928,08
6d	Heures supplémentaires	H	50,05	0	0
6 ^e	Analyse eau sur site	U	27,98	12	335,76
6f	Analyse eau en laboratoire	U	84,95	12	1019,4
TOTAL					100 388,59

Tableau 7.1 : FACTURES DES FORAGES POSITIFS HORS TAXES EN USD AMERICAIN

N°	Désignation	Unité	Prix Unitaire(USD)	Quantités	Totaux(USD)
1	Amenée général/Repli				
1a	Amenée général et Repli	FF	98 376,24	0	0,00
2	Déplacements				
2a	Montage et Démontage Atelier	U	141,34	7	989,38
2b	déplacement entre deux villages	km	313,45	64	20060,8
3	Foration				
3a	Foration en 9"7/8 avec tubage	ml	25,5	152,95	3900,225
3b	Foration en 6"1/2 dans le socle	ml	36,25	460,75	16702,1875
4	Equipement				
4a	Fourniture en PVC 195	ml	33,96	152,95	5194,182
4b	Retrait en PVC 195	U	3,3	7	23,1
TOTAL					46 869,87

Figure7.2 : FACTURES DES FORAGES NEGATIFS HORS TAXES EN USD AMERICAIN

ANNEXE IV :

Liste des villages bénéficiaires du programme de réalisation de 31 puits améliorés

N°	Préfecture	Terroir	Village
1	Tougué	Barita	Barita I
2		Korfo	Soumbourou Fello
3		Tangaly	Gadha Parawol
4		Tangaly	Thiankoun Diogo

N°	Préfecture	Terroir	Village
1	Koubia	Missira	Missira
2		Pilimini	Silamakaya

N°	Préfecture	Terroir	Village
1	Mali	Fotté	Horé Doghol
2		Fottè	Fottè
3		Fottè	Thiankoye
4		M'bara	Sabère Yali
5		M'bara	Loundou
6		M'bara	N'dyayha
7		M'bara	M'bara Missidé
8		M'bara	Ley Fello
9		Djindjinma	N'danta Bodié
10		Sembentou	Sembentou
11		Bamba	Bamba Fogué

12		Samantan	Samantan Missidé
13		Samantan	Soukka
14		C.Urbaine	Madina

N°	Préfecture	Terroir	Village
1	Labé	Horè Kassa	Bimbiri
2		Horè Kassa	Thiangui
3		Horè Kassa	N'Dologawel
4		Koulouma	Bowè Bhoubha
5		Koulouma	Wossou

N°	Préfecture	Terroir	Village
1	Lélouma	Ferreya	Ley fello
2		Ferreya	Loppè
3		N'Datanri	N'Datanri
4		N'Datanri	Tyobhoy
5		Madina	Galan Ilo
6		Madina	Gonkou