
ETUDE DES POTENTIALITES EN EAU SOUTERRAINE DE LA PLAINE DE KOMKI-IPALA POUR DES BESOINS EN EAU ET L'IRRIGATION

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER D'INGENIERIE

Présenté et soutenu le Juin 2010

par

TRAORE ISSA

Travaux dirigés par : Ing. Sewa Koffi DA SILVEIRA (GVEA -2iE)

Ing. Denis ZOUNGRANA (GVEA -2iE)

Dr. Angelbert BIAOU (GVEA -2iE)

Devant le jury composé de :

Ing. Sewa Koffi DA SILVEIRA (GVEA -2iE)

Ing. Denis ZOUNGRANA (GVEA -2iE)

Dr. Angelbert BIAOU (GVEA -2iE)

Dr. Hamma YACOUBA (GVEA-2iE)

DEDICACE

Je dédie ce mémoire :

- ✓ A mon feu père TRAORE Mamadou qui m'a tout donné et appris à aller toujours jusqu'au bout. Je tiendrai ma promesse. Repose en paix ;
- ✓ A ma mère qui a su supporter mes caprices et patienter. Je te dois tout ;
- ✓ Au père Appolinaire CHISHUGI, Luca BERTOLDO et famille pour leurs soutiens multiformes. Que Dieu le leur rende au centuple ;
- ✓ A ma femme Aicha et à mon fils Rayan ;
- ✓ A tous mes amis qui m'ont toujours soutenu ;
- ✓ A TRAORE Ousmane qui a été un guide sur tout mon cursus ;
- ✓ A tous mes frères et sœurs.

Merci pour tout.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à toutes les personnes qui, par leur collaboration, leurs conseils, leurs encouragements ont contribué à sa réalisation

Tout particulièrement nous tenons à remercier :

- ❖ Notre encadreur ing. Sewa Koffi DA SILVEIRA pour ses conseils et orientations, son expérience confirmée, sa disponibilité et ses corrections ;
- ❖ Dr. Angelbert BIAOU et ing. Denis ZOUNGRANA pour leur disponibilité, leurs conseils, leurs corrections et pour avoir proposé ce thème ;
- ❖ Tous mes enseignants du 2^{ie} pour le savoir qu'ils m'ont transmis ;
- ❖ M. Pierre MICHAILLARD de « Territoire de Belfort » d'avoir mis à notre disposition des documents pour réaliser ce travail ;
- ❖ Tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce document.

MERCI

LISTE DES ABRÉVIATIONS

2IE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement ;

AEP : Approvisionnement en Eau Potable

MAHRH : Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

DGRE : Direction Générale des Ressources en Eau

PCD-AEPA : Plan Communal de Développement sectoriel Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PN-AEPA : Programme National d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement

BUNASOL : Bureau National des Sols du Burkina;

ONEA : Office National de l'Eau et de l'Assainissement

CSPS : Centre de Santé Primaire et Social

ET0 : évapotranspiration de référence

ETM : Evapotranspiration Maximale

RESUME-ABSTRACT

Les aquifères de la commune de Komki-Ipala, dans le Kadiogo, ne sont pas très bien connus tant dans leur structure que dans leur fonctionnement. Cependant les eaux souterraines de la région sont d'un grand intérêt car elles sont de plus en plus sollicitées pour la satisfaction des besoins humains en AEP, en irrigation... Ainsi la caractérisation et la quantification de la recharge de ces aquifères dans ce contexte de forte évaporation est très utile pour la gestion et la planification de l'exploitation des eaux souterraines de la région. L'augmentation des superficies cultivées fait face à une pénurie d'eau. C'est dans le but de contribuer à l'état de connaissance de ces ressources et de leur usage que ce travail de recherche a été initié. Pour y parvenir : (1) la caractérisation et le fonctionnement des différents aquifères se sont faites, sur la base des caractéristiques, des données sur les forages, à partir de l'analyse des fluctuations piézométriques. La recharge a été estimée par la méthode de la variation du niveau piézométrique. (2) la quantité d'eau a été estimée en utilisant le logiciel surfer. (3) la quantité prélevée est déterminée en évaluant les besoins en eau potable, d'irrigation et pastorale. Les valeurs de recharge obtenues restent acceptables comparativement à celles d'autres études dans la région. L'étude a montré que le renouvellement des eaux souterraines se fait essentiellement à partir des précipitations efficaces. La solution à la pénurie d'eau pourrait passer par l'utilisation des bornes fontaines communautaires et l'augmentation de la profondeur des puits.

Mots clés : recharge, fluctuations piézométriques, bornes fontaines communautaires

The aquifers of the municipality of Komki-Ipala, in Kadiogo, are not both known in their structure and in their functioning. However subterranean waters of the region are of a big interest because they are more and more sought for the satisfaction of the human needs in AEP, in irrigation ... So the characterization and the quantification of the refill of these aquifers in this context of strong evaporation is very useful for the management and the planning of the exploitation of subterranean waters of the region. The increase of the cultivated surfaces faces a water shortage. It is with the aim of contributing to the state of knowledge of these resources and their practice that this research work was introduced. To reach there: (1) the characterization and the functioning of the various aquifers was made, on the basis of the characteristics, the data on the drillings, from the analysis of the piézométriques fluctuations. The refill was estimated by the method of the variation of the level piézométrique. (2) the quantity of water was estimated by using the software to surf. (3)

the taken quantity is determined by estimating drinking water requirements, of irrigation and pastoral. The obtained results suit to those of certain authors on the aquifers of the zone of base generally and the origin of their réalimentation. The obtained values of refill remain acceptable compared with those the other studies in the region. The study showed that the renewal of subterranean waters is essentially made from the effective precipitation. The solution of the water shortage could allow by the use of borders community fountains and the increase of the depth of wells.

Keywords: refill, piézométriques fluctuations, limit community fountains, renewal, Aquifer.

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| <i>Introduction</i> | 5 |
| <i>Problématique</i> | 5 |
| <i>PREMIERE PARTIE : GENERALITES ET APPROCHE METHODOLOGIQUE</i> | 7 |
| <i>Chapitre I : contexte général de l'étude</i> | 7 |
| <i>I. Objectifs et résultats attendus</i> | 7 |
| 1. Objectifs | 7 |
| 2. Résultats attendus | 7 |
| <i>II. Approche méthodologique</i> | 7 |
| 1. Travail préliminaire | 9 |
| 2. Matériels de travail | 9 |
| 3. Travaux de terrain | 9 |
| 4. Phase de traitement des données de terrain ou conception | 9 |
| <i>Chapitre II : Présentation de la zone d'étude</i> | 10 |
| <i>I. Situation géographique et administrative</i> | 10 |
| 1. Situation géographique | 10 |
| 2. Situation administrative | 11 |
| <i>II. Milieu physique</i> | 11 |
| 1. Climat | 11 |
| 2. Sol et relief | 11 |
| 3. Végétation et faune | 11 |
| 4. Points d'eau | 11 |
| <i>III. Milieu humain</i> | 12 |
| 1. Démographie | 12 |
| 2. Activités socio-économiques | 13 |
| <i>DEUXIEME PARTIE : RESULTATS, ANALYSES ET INTERPRETATIONS</i> | 15 |
| <i>Chapitre I : Etat des lieux</i> | 15 |
| <i>I. Résultats de l'enquête</i> | 15 |
| 1. Données préliminaires | 15 |

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 2. | Détermination de la quantité d'eau de boisson | 16 |
| 3. | Volet irrigation | 16 |
| 4. | Volet eau pastorale | 19 |
| II. | Besoins en eau d'irrigation | 20 |
| 1. | Données préliminaires | 20 |
| a. | Période de culture | 20 |
| b. | Caractéristiques agronomiques des cultures | 20 |
| c. | Caractéristiques météorologiques | 21 |
| 2. | Estimation des besoins en eau | 21 |
| a. | Evapotranspiration maximale (ETM) | 21 |
| b. | Besoins nets des cultures | 23 |
| c. | Besoins bruts des cultures | 23 |
| d. | Estimation du volume d'eau utile | 24 |
| 3. | Perspectives | 25 |
| III. | Composition physico-chimique de l'eau | 25 |
| 1. | Paramètres physiques : pH et conductivité électrique | 25 |
| 2. | Paramètres chimiques | 26 |
| | Chapitre II : Système aquifère de la plaine | 26 |
| I. | Description des formations | 26 |
| 1. | L'hydrogéologie | 26 |
| 2. | La géologie | 27 |
| II. | Paramètres hydrodynamiques | 28 |
| III. | Estimation de la recharge par la méthode des fluctuations piézométriques | 29 |
| 1. | Principe de la méthode | 29 |
| 2. | Méthodologie | 30 |
| 3. | Présentation de résultats | 31 |
| IV. | Quantification du volume d'eau de la nappe | 34 |
| 1. | Données disponibles | 34 |
| 2. | Stratigraphie | 35 |
| 3. | Simulation du volume disponible sur surfer | 36 |
| | Chapitre III : analyse et discussion | 38 |
| I. | Consommation de l'eau de boisson | 38 |
| II. | Consommation en eau d'irrigation | 40 |
| VI. | Dynamique de l'écoulement | 44 |

| | |
|--|-----------|
| VII. Analyses physico-chimique | 45 |
| CONCLUSION ET PERSPECTIVES | 46 |
| BIBLIOGRAPHIE | 48 |
| ANNEXE | 49 |
| Termes de référence pour mémoire de fin d'étude de Master 2010 | 1 |
| Thème | 1 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Répartition des concessions, ménages et de la population par village | 13 |
| Tableau 2 : Les spéculations, leur superficie et leur pourcentage | 19 |
| Tableau 3 : Bilan prévisionnel des besoins pastoraux | 20 |
| Tableau 4: Coefficient cultural (kc) des spéculations rencontrées | 21 |
| Tableau 5: ET0 de Ouagadougou | 21 |
| Tableau 6: Calcul des ETM | 22 |
| Tableau 7: Détermination du besoin brut | 23 |
| Tableau 8: Détermination du volume d'eau d'irrigation | 24 |
| Tableau 9 : Résultats des analyses | 26 |
| Tableau 10 : Variations des niveaux piézométriques | 32 |
| Tableau 11 : Recharge | 34 |
| Tableau 12 : Evolution de superficies et volumes | 41 |
| Tableau 13 : Détermination du volume d'eau usée récupéré | 44 |

Liste des photos

| | |
|---|----|
| Photo 1 : Puits traditionnel | 17 |
| Photo 2: Une motopompe | 17 |
| Photo 3: Photo de la retenue d'eau de Barogho | 18 |
| Photo 4: Un champ d'oignon | 18 |
| Photo 5: Puits à margelle et à couvercle | 39 |

Liste de figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: Pattern of underground water deposit in the crystalline platform zone. (According to A.N. SAVADOGO 1984). | 27 |
| Figure 2: Coupe lithologique des forages | 35 |
| Figure 3: carte piézométrique avec quelques puits (en rouge) dans la commune | 37 |
| Figure 4: altération mouillée avec quelques puits | 37 |
| Figure 5: Volume de l'altération mouillée | 38 |

| | |
|--|----|
| Figure 6: Réponse du piézomètre face à la pluviométrie | 42 |
| Figure 7: Sens de l'écoulement | 45 |

Introduction

La région du centre est bâtie sur une formation de socle cristallin et cristallophyllien du paléoprozoïque. D'une manière générale, les informations sur la structure et le fonctionnement des aquifères de ces formations (socle) restent limitées malgré des études récentes de recherches et d'exploitation des eaux souterraines dans ces formations par des auteurs comme entre autres : SAVADOGO, 1984.

D'après OUANDAOGO/YAMEOGO, 2008, les aquifères de cette région ne sont très bien caractérisés, ni dans leur nature, ni dans leur fonctionnement hydrodynamique et hydrochimique ; les rares études les concernant sont restées au stade prospectif.

L'alimentation en eau de la région est assurée essentiellement par les eaux souterraines par le biais des puits, des forages et des bornes fontaines. Ces ouvrages de captage sont érigés pour capter ces aquifères qui contribuent à la mise à disposition de l'eau pour de nombreuses activités telles que la boisson et les cultures irriguées, d'où l'importance capitale de ces ressources en eaux souterraines. Aujourd'hui l'état des connaissances sur la reconstitution et la qualité de ces eaux souterraines est très limité et les sollicitations appliquées aux aquifères deviennent de plus en plus intenses : augmentation des prélèvements d'eau se traduit par une dégradation de l'état quantitatif et qualitatif de cette ressource. Il est observé une baisse du niveau de l'aquifère, diminution des débits ou tarissement des sources.

Problématique

De tous temps, la disponibilité en eau a toujours constitué une préoccupation majeure pour les populations. Les ressources en eau de surface sont rares, les populations se tournent vers les eaux souterraines qui connaissent une surexploitation.

Au Burkina Faso, la gestion des plaines est quasi inexistante. La nappe alluviale de la plaine de Komki-Ipala est sollicitée tant par les usages domestiques des habitants que par les besoins agricoles. Une telle sollicitation ne permet pas à la nappe de répondre à la demande jusqu'à la nouvelle saison des pluies. Afin de résoudre ce problème, un projet d'aménagement est prévu sur cette plaine, projet qui consiste à réutiliser les eaux usées domestiques (dites eaux grises) préalablement traitées, provenant des "bornes fontaines communautaires", pour irriguer les champs, allégeant ainsi la sollicitation dues aux prélèvements agricoles. Le concept de "bornes fontaines communautaires" tire son explication dans les activités domestiques classiques (la lessive, la vaisselle, la toilette) se déroulent aux voisinages des borne fontaines

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

classiques, dans le but de récupérer les eaux usées (eaux grises) qui en résultent et de les utiliser après traitement pour l'agriculture irriguée.

Chapitre I : contexte général de l'étude

I. Objectifs et résultats attendus

1. Objectifs

Les objectifs s'articulent autour de trois points essentiels qui sont :

- ✓ Evaluation de la quantité d'eau de l'aquifère et de sa dynamique ;
- ✓ Evaluation des besoins en eau ;
- ✓ Evaluation de l'impact de l'optimisation des eaux d'irrigation et du recyclage de l'eau usée.

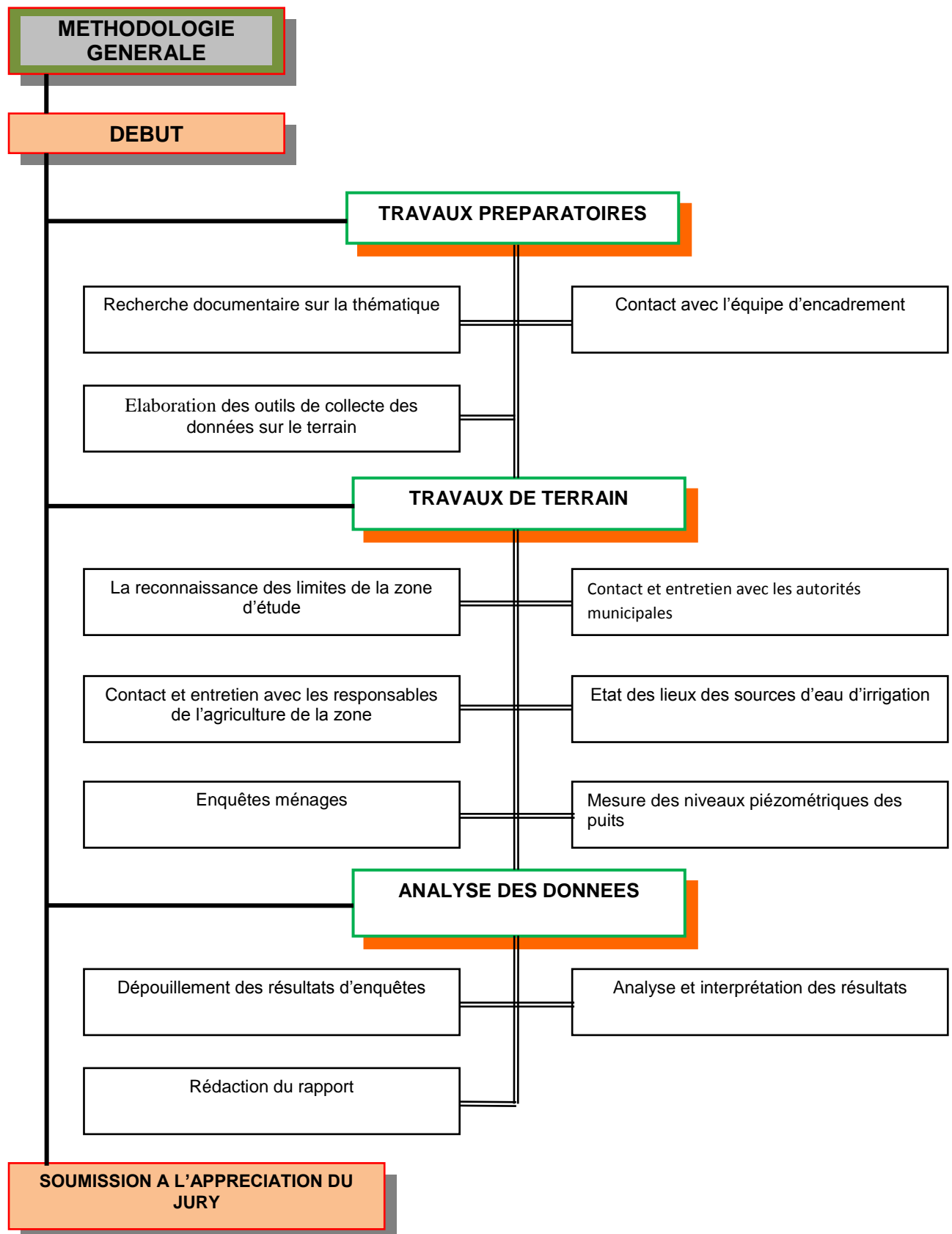
2. Résultats attendus

A la fin de cette étude, on aura atteint nos objectifs si :

- ✓ Les comportements hydrogéologiques des aquifères sont connus ;
- ✓ La quantité d'eau disponible est connue ;
- ✓ La quantité d'eau prélevée à la nappe phréatique est connue ;
- ✓ La quantité d'eau usée récupérable est connue ;
- ✓ La solution à pénurie d'eau en saison sèche est trouvée.

II. Approche méthodologique

Une démarche méthodologique a été adoptée afin de mener correctement cette étude. L'organigramme ci-dessous illustre les étapes méthodologiques que nous avons suivies.



1. Travail préliminaire

Cette partie du mémoire a consisté au :

- ✓ Contact l'équipe d'encadrement : cela a permis de bien comprendre le thème, de recadrer les TDR ainsi que de proposer un cadre logique bien concis en commun accord avec les encadreurs ;
- ✓ La recherche documentaire : afin de répondre à certaines questions qu'on se pose sur le thème, nous avons fait recours aux anciens thèmes semblables. Nous avons consulté des sites Web. Nous nous sommes fait aider par : le MAHRH, la DGRE, l'ONEA, Mr MICHAILLARD et bien sûr les encadreurs ;
- ✓ L'élaboration des outils de collecte des données : il s'agit des fiches d'enquête qui concernent les ménages. Elles permettront d'avoir une idée sur la vie des ménages ;

2. Matériels de travail

Afin de mener à bien le travail de terrain le matériel suivant a été utilisé :

- ✓ Un GPS de marque GARDIN qui donne les coordonnées des points d'eau ;
- ✓ Une sonde électrique afin de déterminer les niveaux piézométriques des puits.

3. Travaux de terrain

Les travaux de terrain s'articulent autour de :

- ✓ La reconnaissance de la zone : cette étape a été possible grâce à la collaboration des autorités administratives de la commune de Komki-Ipala et la population de la zone ;
- ✓ Les enquêtes et entretiens : Les enquêteurs choisissent au hasard des ménages à qui ils posent des questions. L'enquête est faite à la maison afin d'avoir en même temps le pourcentage de population qui pratique l'irrigation. Cette méthode ne nous a pas permis d'apprécier la valeur de la superficie que le paysan donne.
- ✓ En plus des enquêtes, des prospections ont été faites sur le terrain afin de connaître les caractéristiques de l'aquifère et le niveau piézométrique.

4. Phase de traitement des données de terrain ou conception

Elle a consisté au :

- ✓ Dépouillement et traitement des données obtenues sur le terrain ;
- ✓ Analyse et interprétation les résultats ;
- ✓ Rédaction du mémoire final.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

I. Situation géographique et administrative

1. Situation géographique

La commune de komki-Ipala est située à l'Ouest de la province du Kadiogo dans la région du Centre. Elle est située à 40 km de Ouagadougou sur l'axe Ouagadougou - Bobo-Dioulasso. Sa superficie est de 205,5 km² et compte 18 villages.

Elle est limitée :

- à l'Est par les communes de Tanghin-Dassouri et de Komsilga dans la province du Kadiogo ;
- à l'Ouest par la commune de Kokologho dans la province du Boulkiemdé ;
- au Nord par la commune de Bingo dans le Boulkiemdé ;
- et au Sud par la commune de Kayao de la province du Bazèga.

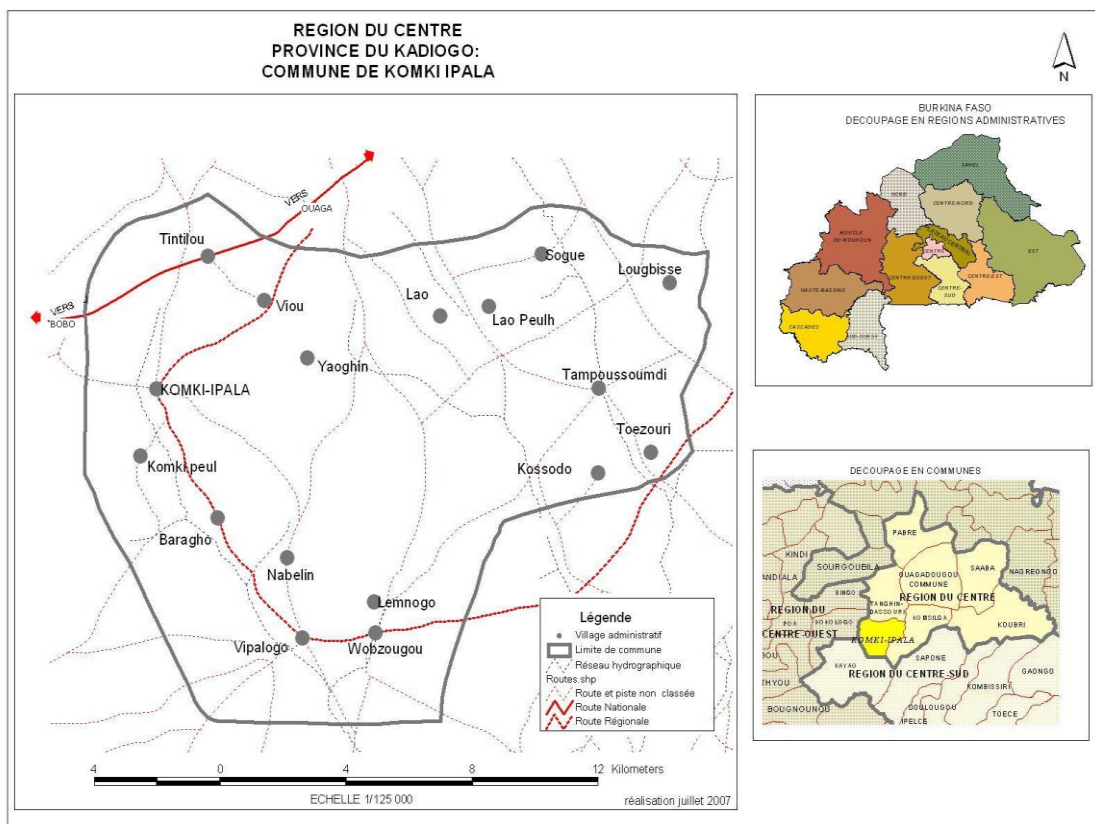


Figure 1:situation géographique

2. Situation administrative

La commune est dotée d'une mairie, d'une préfecture, d'une police au chef lieu qui est Komki-Ipala. Elle contient dix neuf (19) écoles primaires, un (1) lycée, six (6) CSPS.

II. Milieu physique

1. Climat

La commune de Kmoki-Ipala se situe dans la zone soudano-sahélienne caractérisée par un climat tropical à deux saisons :

- La saison pluvieuse s'étend de juin à septembre marquée par les vents humides de la mousson. La pluviométrie annuelle est environ 800 mm.
- La saison sèche, la plus longue, va d'octobre à mai et est dominée par les vents d'harmattan. Cette saison se caractérise par le froid (décembre à février) et l'harmattan.

2. Sol et relief

Ce sont des sols essentiellement ferrugineux tropicaux, de type latéritico-argileux reposant sur une grande masse de granites fissurés. Ces sols sont pauvres, fragiles par conséquent vulnérables à l'érosion.

Le relief de la commune est celui du plateau mossi caractérisé par une pénéplaine peu élevée (300 à 400 m d'altitude). Ce relief comprend des plateaux cuirassés où émergent par endroit des buttes cuirassées ou croupes démantelées et de forme souvent convexe (PCD-AEPA).

3. Végétation et faune

La formation végétale la plus dominante est la savane arbustive claire parsemée de quelques grands arbres et une strate herbacée. Ce couvert végétal se compose de karité, néré, baobab, d'arbustes épineux et d'herbes utilisées pour les toitures et le pâturage des animaux.

4. Points d'eau

Quelques cours d'eau temporaires irriguent la commune du nord au sud ; Ce sont des affluents du fleuve Nakambé. Il existe une retenue d'eau à Barogho mais le contenu ne boucle pas le cycle saisonnier.

III. Milieu humain

1. Démographie

D'après les résultats (2006) de la direction du Recensement Général de la Population et de l'Habitation, la commune de Komki-Ipala compte 20562 habitants pour 3281 ménages dont une moyenne de 6,3 personnes par ménage. La commune compte également 10980 femmes dont 53%.

Le recensement administratif de 2004 donne 20713. Nous allons utiliser ce résultat car la répartition est faite par village.

Tableau 1 : Répartition des concessions, ménages et de la population par village

| Villages | Concessions | Ménages | Population |
|-----------------|--------------------|----------------|-------------------|
| Barogho | 108 | 172 | 1265 |
| Komki | 200 | 300 | 3040 |
| Komki-Peulh | 1 | 11 | 60 |
| Kossodo | 40 | 100 | 156 |
| Lao | 23 | 44 | 725 |
| Lao-peulh | 16 | 26 | 236 |
| Lemnogo | 199 | 451 | 1973 |
| Lougbissee | 19 | 54 | 454 |
| Nabelin | 151 | 199 | 1089 |
| Sogue | 75 | 225 | 605 |
| Tampoussoumdi | 102 | 125 | 574 |
| Tintilou | AR | AR | 4669 |
| Toeziouri | 45 | 47 | 305 |
| Viou | 55 | 100 | 802 |
| Vipalogo | 225 | 850 | 1688 |
| Woobzougou | 105 | 138 | 1022 |
| Yaoghin | 278 | 0 | 2050 |
| TOTAL | 1642 | 2842 | 20 13 |

Source : Recensement administratif de 2004

2. Activités socio-économiques

2.1. L'agriculture

Le système d'agriculture pratiqué dans la commune est extensif. Les agriculteurs augmentent fréquemment les surfaces cultivées avec une très faible mécanisation des moyens de production.

Les cultures de contre-saison telles que les produits maraîchers concernent : la tomate, le chou, l'oignon, le poivron, l'aubergine, les courgettes, le gombo, le piment, les concombres.

2.2. L'élevage

L'élevage pratiqué est sédentaire extensif. L'alimentation du bétail est essentiellement basée sur l'exploitation des ressources disponibles dans l'espace. Les animaux ne possèdent pas d'habitat construit.

Le cheptel de la commune se compose principalement des espèces suivantes : les bovins, les ovins, les caprins, les asines, les porcins, la volaille.

Des efforts de sensibilisation sont menés par les services en charge de l'élevage pour inciter les producteurs à évoluer progressivement vers l'intensification car on assiste de plus en plus à une réduction des aires de pâturages.

Chapitre I : Etat des lieux

I. Résultats de l'enquête

1. Données préliminaires

Le nombre de ménages de la commune offert par la Direction du Recensement Général de la Population et de l'Habitation qui est de 3281. Un échantillon de 10% soit 330 ménages a été retenu pour les enquêtes.

La carte suivante nous donne les villages et la répartition des fiches d'enquête.

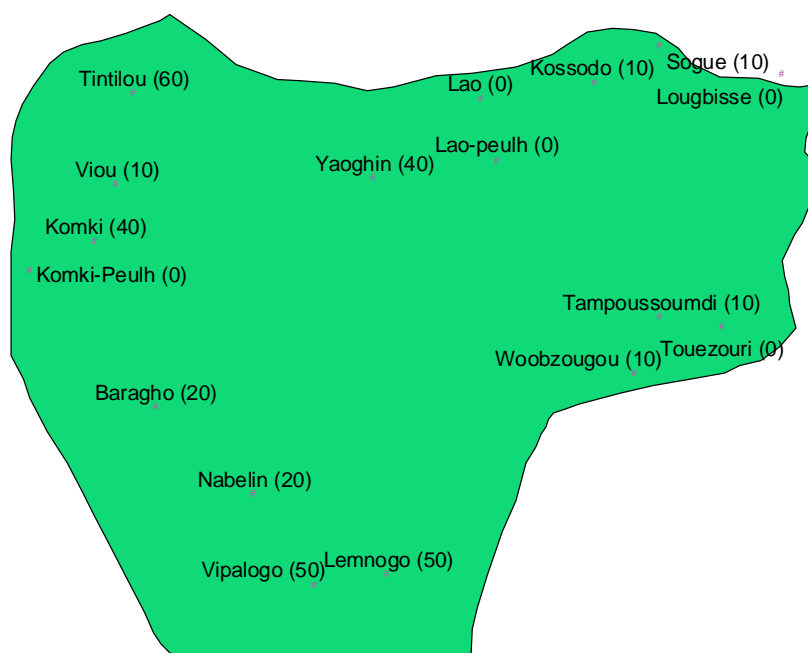


Figure 2: villages et nombre de ménages enquêtés

Cette enquête terrain a permis d'avoir une idée générale sur les pratiques des exploitants.

Il ressort que la majorité des maraîchers trouvés dans la commune sont des hommes mariés qui ont en charge toute une famille (femme, enfants, neveu, etc.). Un nombre limité de femmes s'adonne aussi au maraîchage pour subvenir à leurs besoins.

2. Détermination de la quantité d'eau de boisson

La commune de Komki-Ipala a des villages non structurés. Il y a un système d'AEPS dans le seul village Tintilou. Ce système est constitué uniquement de bornes fontaines. La quasi-totalité de l'eau de boisson est prélevée au niveau des forages et des puits.

L'eau est transportée dans des récipients de capacités très variées et à des fréquences très diversifiées. Il a donc été difficile de déterminer la quantité d'eau de boisson à partir des fiches. Nous adoptons la norme en vigueur au Burkina Faso. Cette norme étant de 20 l/hbt/j (PN-AEPA) et avec une population de 20562 habitants, nous estimons la consommation en eau de boisson de la commune à **411,24 m³** par jour.

La commune de Komki_Ipala a environ 40 forages positifs avec un débit total estimé à près de 1000 m³/h.

3. Volet irrigation

L'enquête révèle que 231 ménages sur 330 soit 70% pratiquent l'agriculture maraîchère. La moyenne des superficies cultivées est de 933,6 m² par ménage.

La quasi-totalité de l'eau d'irrigation est prélevée dans les puits traditionnels (Photo N°1) et ceux à grand diamètre à l'aide des seaux et des motopompes (Photo N°2). Cela est dû au fait que les cours d'eau existants dans la zone ne sont pas permanents. Les marigots et la retenue d'eau à Barogho (Photo N°3) sèchent dès le mois de Février.

Les résultats de l'enquête font état d'une pénurie d'eau pour les maraîchers à partir du mois de Mars.

Les spéculations essentielles sont : l'oignon (Photo N°4), la tomate, le chou, l'aubergine le mais. Il existe aussi le poivre, le concombre, la salade, la courge, le piment...

Photo 1 : Puits traditionnel



Photo 2: Une motopompe



Photo 3: Photo de la retenue d'eau de Barogho



Photo 4: Un champ d'oignon



Le tableau ci-dessous donne les différentes spéculations pratiquées, leur superficie et le pourcentage.

Tableau 2 : Les spéculations, leur superficie et leur pourcentage

| spéculations | superficie en (ha) | Pourcentage (%) |
|--------------|--------------------|-----------------|
| oignon | 22,3266 | 31,89 |
| tomate | 16,7033 | 23,86 |
| aubergine | 9,6760 | 13,82 |
| concombre | 0,8781 | 1,25 |
| mais | 5,0350 | 7,19 |
| poivre | 2,4035 | 3,43 |
| chou | 11,0000 | 15,71 |
| courge | 0,5550 | 0,79 |
| piment | 1,4398 | 2,06 |

Le volume d'eau utilisé au total pour des fins de l'irrigation s'obtient en faisant la somme des volumes moyens journaliers donnés par les paysans. On adoptera une durée moyenne de 120 jours. Nous obtenons un volume total de **8402076 m³**.

4. Volet eau pastorale

Faute de statistiques claires sur le cheptel, nous allons nous baser sur le document du projet de l'aménagement de la région (ONBAH, 1987) et estimer les besoins pastoraux constants et égaux à **15 000 m³/mois**.

Sur cette base, nous allons considérer une consommation de **180 000 m³/an** en perpétuelle augmentation (2%/an). En effet, la zone d'étude est une zone de transit importante pour le bétail au niveau national et une zone d'élevage en perpétuelle croissance. Cela est dû au fait qu'il y a des villages à fort pourcentage de Peulh (peuple à majorité éleveurs).

Tableau 3 : Bilan prévisionnel des besoins pastoraux

| Année | besoin mensuel (m ³) | besoin annuel (m ³) |
|-------|----------------------------------|---------------------------------|
| 2000 | 19404 | 232849 |
| 2001 | 19792 | 237506 |
| 2002 | 20188 | 242256 |
| 2003 | 20592 | 247101 |
| 2004 | 21004 | 252043 |
| 2005 | 21424 | 257084 |
| 2006 | 21852 | 262226 |
| 2007 | 22289 | 267471 |
| 2008 | 22735 | 272820 |
| 2009 | 23190 | 278276 |
| 2010 | 23653 | 283842 |
| 2011 | 24127 | 289519 |
| 2012 | 24609 | 295309 |
| 2013 | 25101 | 301215 |
| 2014 | 25603 | 307240 |
| 2015 | 26115 | 313384 |

II. Besoins en eau d'irrigation

1. Données préliminaires

a. Période de culture

La période des cultures maraîchères est la partie de la saison sèche qui s'étend de Novembre à Mai. Ayant des cultures de moins de cinq mois, nous allons restreindre la période d'irrigation et faire le calcul sur cinq mois.

b. Caractéristiques agronomiques des cultures

Les différentes spéculations observées sont la tomate, l'oignon, le chou, l'aubergine, le concombre, le maïs, le poivre, la courge et le piment.

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

Les coefficients culturaux de ces plantes, tirés du manuel des techniques d'irrigation sous pression de la FAO, sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 4: Coefficient cultural (kc) des spéculations rencontrées

| cultures | Coefficient cultural (kc) pour les cultures | | | |
|-----------|---|---------------------|-----------------|--------------------------|
| | Phase initiale | Phase de croissance | Phase mi-saison | Phase tardive et récolte |
| Tomate | 0,45 | 0,75 | 1,15 | 0,80 |
| Oignon | 0,30 | 0,75 | 1,15 | 0,75 |
| Chou | 0,45 | 0,75 | 1,05 | 0,90 |
| Aubergine | 0,45 | 0,75 | 1,15 | 0,80 |
| Piment | 0,35 | 0,75 | 1,05 | 0,90 |
| Mais | 0,40 | 0,80 | 1,15 | 0,90 |
| Concombre | 0,45 | 0,70 | 0,90 | 0,75 |
| Poivre | 0,35 | 0,75 | 1,05 | 0,90 |
| Courge | 0,45 | 0,70 | 0,90 | 0,75 |

(Source : FAO)

c. Caractéristiques météorologiques

Les valeurs de l'ET₀ de la zone assimilables à celles de Ouagadougou tirées du logiciel « CROPWAT » sont consignées dans le tableau suivant :

Tableau 5: ET₀ de Ouagadougou

| mois | jan | fév. | mars | av | mai | juin | juil. | août | sept | oct. | nov. | déc. |
|---------------------------|-----|------|------|----|-----|------|-------|------|------|------|------|------|
| ET ₀ (mm/jour) | 5.6 | 6.5 | 7.6 | 8 | 7.2 | 6 | 5.1 | 4.5 | 4.6 | 5.5 | 6 | 5.9 |

2. Estimation des besoins en eau

a. Evapotranspiration maximale (ETM)

L'ETM d'une culture est la quantité d'eau maximale évapo-transpirée, à un stade végétatif donné, dans des conditions climatiques données, lorsque l'eau n'est pas un facteur limitant et que les conditions agronomiques sont optimales (sol fertile, bon état sanitaire, etc....)

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

La valeur de l'ETM se calcule à partir de la formule suivante :

$ETM = KC \cdot ET_0$ recommandée par la FAO ;

KC=coefficient cultural ou coefficient de rationnement de la plante ;

ET_0 =évapotranspiration de référence ;

Stade I : phase initiale ;

Stade II : phase de croissance ;

Stade III : phase de mi-saison ;

Stade IV : phase tardive et de récolté.

Tableau 6: Calcul des ETM

| Stade | Etm _oignon (mm) | Etm _tomate (mm) | Etm _chou (mm) | Etm _poivre (mm) | Etm _maïs (mm) |
|--------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| I | 42 | 75.6 | 73.125 | 58.8 | 56 |
| II | 142.875 | 204.9 | 197.325 | 204.9 | 214.16 |
| III | 486.255 | 405.26 | 210 | 328.02 | 356.96 |
| IV | 186.32 | 175.36 | 100.08 | 136.08 | 204.48 |
| TOTAL | 857.45 | 861.12 | 580.53 | 727.8 | 831.6 |

| Stade | Etm _aubergine (mm) | Etm _courge (mm) | Etm _piment (mm) | Etm _concombre (mm) |
|--------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| I | 75,60 | 50,40 | 58.8 | 50,40 |
| II | 204,08 | 123,90 | 204.9 | 123,90 |
| III | 358,80 | 179,46 | 328.02 | 247,86 |
| IV | 121,60 | 85,50 | 136.08 | 85,50 |
| TOTAL | 760,08 | 439,26 | 727.8 | 507,66 |

b. Besoins nets des cultures

Les besoins net, noté Bn correspond à la quantité d'eau qu'il faut apporter sur la parcelle pour la mettre à la disposition de la plante.

$$Bn = ETM - Pe - R$$

Pe = pluie efficace prise égale à zéro car saison sèche ;

R = Reserve du sol prise égale à zéro car saison sèche ;

Le besoin net des cultures sera assimilé à l'ETM :

$$Bn = ETM.$$

c. Besoins bruts des cultures

Les besoins bruts notés Bb, est en fait la quantité d'eau qu'il faut réellement mobiliser pour satisfaire aux besoins nets et qui tient compte des pertes dans le transport de l'eau depuis la source jusqu'à la plante.

Ces pertes dépendent du système d'irrigation, de la qualité du réseau et l'expérience de l'irrigant. Chaque système est caractérisé par son efficacité.

On a alors :

$$Bb = \frac{Bn}{Ea}$$

Bn : besoin net des cultures ;

Bb : besoin brut des cultures ;

Ea étant l'efficacité globale du réseau.

La méthode d'irrigation étant traditionnelle et les puits se trouvant à l'intérieur des champs, il y a moins de perte. Nous estimons l'efficacité à 80% (de l'eau pour le maraîchage, page 43).

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7: Détermination du besoin brut

| | Oignon | Tomate | Chou | Poivre | Mais |
|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| ETm (mm) | 857.45 | 861.12 | 580.53 | 727.8 | 831.6 |
| Bb (mm) | 1071.81 | 1076.4 | 725.66 | 909.75 | 1039.5 |

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

| | Aubergine | Courge | Piment | Concombre |
|----------|-----------|--------|--------|-----------|
| ETm (mm) | 760,08 | 439,26 | 727,80 | 507,66 |
| Bb (mm) | 950,09 | 549,08 | 909,75 | 634,58 |

d. Estimation du volume d'eau utile

Le volume d'eau utile s'obtient en faisant la somme des produits des superficies cultivées par les besoins bruts de chaque spéculation.

$$V = \sum_{i=1}^9 (S_i * Bb_i)$$

V : volume d'eau utile ;

S_i : la superficie de la spéculation i ;

Bb_i : le besoin brut de la spéculation i.

Tableau 8: Détermination du volume d'eau d'irrigation

| | Oignon | Tomate | Chou | Poivre | Mais |
|-----------------|-------------|---------|-----------|--------|-----------|
| ETM | 857,45 | 861,12 | 580,53 | 727,8 | 831,6 |
| Bb (mm) | 1071,8125 | 1076,4 | 725,6625 | 909,75 | 1039,5 |
| SUPERFICIE (ha) | 223,3 | 167 | 110 | 24 | 50,35 |
| V (m3) | 2393357,313 | 1797588 | 798228,75 | 218340 | 523388,25 |

| | Aubergine | Concombre | Piment | Courge |
|-----------------|-----------|-----------|--------|-----------|
| ETM | 760,075 | 507,66 | 727,8 | 439,26 |
| Bb (mm) | 950,09375 | 634,575 | 909,75 | 549,075 |
| SUPERFICIE (ha) | 96,8 | 8,8 | 14,4 | 5,5 |
| V (m3) | 919690,75 | 55842,6 | 131004 | 30199,125 |

La superficie totale cultivée est estimée à **700,2 ha soit 3,4%** de la superficie de la commune et le volume à **6867640 m³**.

3. Perspectives

La superficie totale souhaitée par les ménages si toutes les conditions étaient réunies est de **967,377 ha** soit une augmentation de **38%** par rapport à cette année. La superficie cultivée l'an dernier était de **556,010 ha** soit une augmentation de **26%**.

III. Composition physico-chimique de l'eau

La présente étude vise à déterminer la composition de l'eau de la nappe en se basant sur celle des points d'eau (puits et forages) à partir desquels s'alimentent la majeure partie voire toute la population.

Le nombre d'échantillons a été limité par manque du matériel nécessaire sur place. Il fallait amener les échantillons afin de faire les analyses. Les paramètres mesurés changeant avec le temps et les villages étant distants, nous nous sommes contentés de quelques puits représentatifs. Cette contrainte nous empêche de mesurer le paramètre température.

Notre analyse a pour objectif de comparer nos résultats aux normes de l'OMS et tirer des conclusions sur la potabilité des eaux souterraines donc d'apprécier les risques sanitaires que présente chacun de ces points d'eau du point de vue irrigation et consommation humaine.

1. Paramètres physiques : pH et conductivité électrique

Si l'on n'est guère renseigné sur la survie des virus ou des bactéries dans les eaux souterraines, on sait tout au moins qu'une température basse est favorable à la survie. Ainsi, les bactéries intestinales peuvent survivre jusqu'à trois mois dans l'eau fraîche (Kibbey et al. 1978). La vitesse de dégradation des matières organiques croît avec la température. Malheureusement l'absence des valeurs de la température ne permettront pas de prédire la vulnérabilité du système aquifère vis-à-vis de la pollution.

Les valeurs de pH indiquent les caractères acide, basique ou neutre qui peuvent être compatibles ou non avec le milieu qui constitue l'aquifère.

La conductivité hydraulique est liée à la concentration de substances dissoutes et à leur nature. Elle varie avec la température. La mesure de ce paramètre donne une évaluation globale de la minéralisation de l'eau.

2. Paramètres chimiques

Certains éléments chimiques qui se trouvent dans l'eau sont utiles et même indispensables à la santé de l'homme à faibles concentrations mais peuvent devenir toxiques lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité. Nous allons dans l'étude rechercher les concentrations de quelques éléments tels que : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , Fe^{2+} .

La turbidité apprécie la quantité de matières en suspension dans l'eau. Elle augmente avec l'exploitation d'un puits.

Tableau 9 : Résultats des analyses

| | Paramètres physiques | | Paramètres chimiques | | | | |
|-----------|---|--------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| Village | conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | turbidité (NTU) | Ph | Ca^{2+} (mg/l) | Mg^{2+} (mg/l) | Cl^- (mg/l) | Fe^{2+} (mg/l) |
| Vipalogo | 249 | 206 | 7,09 | 20 | 6,72 | 18,02 | 1,38 |
| Barogho | 41 | 12 | 6,1 | 4,8 | 0,48 | 12,01 | 0,11 |
| Nabelin | 46 | 290 | 6,0 | 3,2 | 2,4 | | |
| Wobzougou | 152 | 0 | 6,4 | 12,8 | 4,8 | 10,01 | 0,01 |
| Lemnogo | 64 | | 6,4 | | | | |

Chapitre II : Système aquifère de la plaine

I. Description des formations

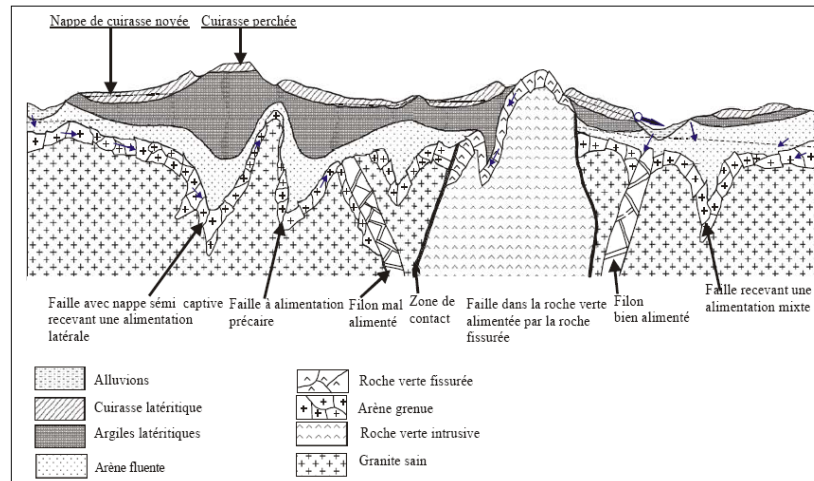
1. L'hydrogéologie

Dans les régions de socle cristallin, les seules réserves d'eau souterraine sont liées aux altérites et à la frange fissurée induites par les fractures qui affectent (le bed rock). Le niveau de productivité des horizons du profil d'altération permet de distinguer deux types de nappes : une superficielle constituée par la base noyée de la cuirasse latéritique ou les alluvions des cours d'eau, l'autre profonde correspondant aux arènes et à la frange fissurée du substratum (figure 1, SAVADOGO N. A., 1984).

Au niveau de la région, le profil d'altération est complet. Les derniers niveaux de cuirasse latéritique d'âge quaternaire sont entaillés par les cours d'eau qui traversent la commune. Ils

donnent naissance à des nappes superficielles de cuirasse noyée exploitées par de nombreux puits traditionnels ou modernes. La nappe des arènes et de la roche fissurée est exploitée par des forages dont un bon nombre implanté par prospection géophysique sur des fractures majeures sont très productifs.

Figure 3: Pattern of underground water deposit in the crystalline platform zone. (According to A.N. SAVADOGO 1984).



Source : TDR SOME Mai 2006

2. La géologie

D'après une étude du BUNASOL, les types de sols rencontrés sont :

- Pente supérieure : sol ferrugineux tropicaux lessivés indurés de moins de 40 cm de profondeur ;
- Pente moyenne : sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés d'au moins 40 cm de profondeur ;
- Pente inférieure : sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et à concrétion ;
- Vallons des cours d'eau : sols peu évolué d'apport alluvial hydromorphe.

La commune de Komki-Ipala se situe dans la zone de socle. Les aquifères sont donc discontinus. En effet, ces aquifères discontinus se retrouvent dans les fissures du socle gréseux ou granitique, qui fournissent des débits souvent faibles et des profondeurs statiques de l'ordre de 20 à 30 m.

II. Paramètres hydrodynamiques

Nous nous intéressons à la nappe phréatique car c'est elle qui est accessible aux paysans par le biais des puits. Les coupes lithologiques de quelques forages obtenus donnent les profondeurs de l'altération et le niveau de venue d'eau.

Ces données nous permettent de déterminer la puissance de l'aquifère qui est ici l'épaisseur de l'altération mouillée en appliquant la formule suivante :

$$b_i = Z_i - z_i \text{ avec}$$

b_i : la puissance de l'aquifère ;

Z_i : la profondeur de l'altération ;

z_i : le niveau statique du puits.

La porosité efficace correspond à la part de porosité occupée par l'eau libre de tout mouvement. Elle est aussi appelée porosité de drainage ou porosité cinématique et est notée η_e DIENG, 1999.

Elle représente le coefficient d'emmagasinement spécifique pour une nappe libre. Elle correspond ici à la porosité des roches en zone saturée et est défini comme suit :

$$\eta_e = \frac{V_e}{V_t} = \frac{\text{volume d'eau libre}}{\text{volume total de la roche}}$$

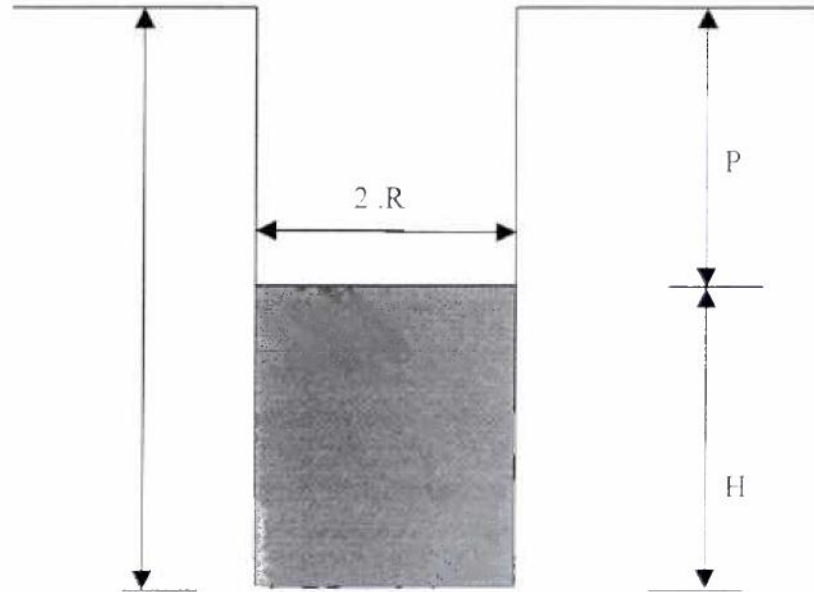
La porosité efficace détermine pour les roches du sous-sol, leur capacité d'accumulation de l'eau (et plus spécialement de l'eau mobilisable).

Remarquons qu'en règle générale plus les grains d'une roche sont fins plus la porosité efficace diminue.

D'après TDR-SOME Sylvain, la porosité efficace de la zone est comprise entre 2% et 5%.

Du même auteur, valeurs de transmissivité varient entre $2,9.10^{-5}$ et $6,5.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

La méthode utilisée pour déterminer la perméabilité in situ est celle de PORCHET. Elle consiste à creuser un trou dans le sol, le remplir d'eau et attendre 20mn (temps de saturation), ensuite on mesure les temps t_1 et t_2 , les profondeurs P_1 et P_2



$$K = \frac{R}{2 * (t_2 - t_1)} * \ln \frac{\left(h_1 - \frac{R}{2} \right)}{\left(h_2 - \frac{R}{2} \right)} \quad (\text{formule de PORCHET})$$

Les résultats obtenus par cette méthode par OUTEL Moussa qui a fait des études dans la zone (Tintilou) donnent des valeurs de perméabilité comprises entre 10^{-5} et 3.10^{-3} m/s.

III. Estimation de la recharge par la méthode des fluctuations piézométriques

1. Principe de la méthode

La mesure du niveau piézométrique est l'opération de base en hydrogéologie; on utilise généralement des sondes piézométriques qui détectent le niveau de la nappe au moment de l'opération. La mise en place du réseau de points d'observation sur la zone d'étude vise à atteindre les objectifs suivants :

- ✓ La mise en évidence de la réponse de la nappe après les précipitations ;
- ✓ ☐ Le suivi et la surveillance quantitative et qualitative des eaux souterraines ;
- ✓ ☐ La détermination des directions et sens d'écoulement des eaux;

- ✓ □ L'évaluation des réserves en eaux souterraines exploitables, renouvelables et/ou totales.

La méthode suppose que les fluctuations de la surface piézométrique sont des « variations continues alternatives » dues à la recharge ou décharge des aquifères. L'étude porte sur la variation du niveau des eaux souterraines.

Le principe de calcul de la recharge [R] ou l'infiltration efficace [Ie] introduit deux grandeurs:

- La variation de niveau piézométrique [$\Delta h = h_2 - h_1$] en fonction de la référence de mesure choisie;
- La porosité efficace [η_e] qui représente pour une nappe libre le coefficient d'emmagasinement spécifique (S) ;

Ainsi l'algorithme de la recharge entre deux mesures piézométriques h_1 et h_2 s'établit comme suit:

Si $h_2 > h_1$: Augmentation du niveau piézométrique, alors la recharge :

$$R = \eta_e * \frac{dh}{dt} = \eta_e * \frac{\Delta h}{\Delta t}, \quad R = \eta_e * \frac{dh}{dt} = \eta_e * \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

Si $h_2 < h_1$: Diminution du niveau piézométrique,

alors $R = 0$; Avec :

R en mm/mois;

Δh en mm ;

η_e est exprimé en % ;

h_1 le niveau piézométrique pris à l'instant t_1 ;

h_2 niveau piézométrique pris à l'instant t_2 avec $t_2 > t_1$;

Δt est le pas de temps en mois entre les mesures piézométriques.

Cet algorithme ne tient pas compte de la vidange de l'aquifère.

2. Méthodologie

Les différences de niveau piézométrique observées en un point donné, entre deux instants définis, servent à définir entre autre une variation de réserve exprimée en hauteur d'eau, en ce

point, d'après les hypothèses que l'on admet sur le coefficient d'emmagasinement moyen ou la porosité efficace FORKASIEWCZ, 1969.

Nous avons choisi un pas de temps mensuel et le calcul est fait en faisant la différence entre deux valeurs de mesures moyennes mensuelles consécutives, considérant ainsi comme référence, celle des mesures du niveau de l'eau car étant en zone de socle et n'ayant pas la côte Terrain Naturel (TN) exacte des piézomètres.

Pour estimer la recharge par cette méthode de variation du niveau piézométrique dans la nappe supérieure, nous avons considéré le piézomètre le plus proche qui est celui de Tanghin-Dassouri (celui de Tintilou n'étant plus fonctionnel).

Les valeurs retenues correspondent à des valeurs moyennes mensuelles. Les valeurs manquantes sont remplacées par la moyenne mensuelle des autres années.

Sous Excel 2007, nous avons calculé le cumul des variations positives annuelles du niveau de l'eau [$\Delta h > 0$] (**Tableau 10**). Une valeur moyenne annuelle [Δh_{moy}] est évaluée. Elle correspond ainsi à la variation annuelle du niveau de l'eau dans le piézomètre.

La recharge est obtenue en multipliant Δh_{moy} par la valeur de la porosité efficace des roches rencontrées à cette profondeur.

3. Présentation de résultats

Les résultats des variations moyennes mensuelles des niveaux piézométriques de la nappe superficielle sont résumés dans le tableau suivant

Tableau 10 : Variations des niveaux piézométriques

| | niveau de l'eau | janv | fév | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | $\sum \Delta h > 0$ (mm/an) | $\sum \Delta h < 0$ (mm/an) |
|------|-----------------------|------|-------|-------|-------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1980 | hi | 7,2 | 7,39 | 7,64 | 7,85 | 7,99 | 8,09 | 8,06 | 7,98 | 7,3 | 7,28 | 7,65 | 7,93 | | |
| | Δh | | -0,16 | -0,25 | -0,21 | -0,1 | -0,1 | 0,03 | 0,08 | 0,68 | 0,02 | 0,37 | -0,3 | 811 | -1510 |
| 1981 | hi | 7,7 | 8,04 | 8,28 | 8,52 | 8,63 | 8,66 | 8,65 | 8,22 | 7,85 | 7,67 | 7,85 | 8,06 | | |
| | Δh | | -0,34 | -0,24 | -0,24 | -0,1 | -0 | 0,01 | 0,43 | 0,37 | 0,18 | 0,18 | -0,2 | 985 | -1350 |
| 1982 | hi | 8,2 | 8,28 | 8,48 | 8,6 | 8,63 | 8,67 | 8,54 | 8,27 | 8,03 | 8,12 | 8,29 | 8,45 | | |
| | Δh | | -0,11 | -0,2 | -0,12 | -0 | -0 | 0,13 | 0,27 | 0,24 | -0,1 | 0,17 | -0,2 | 640 | -930 |
| 1983 | hi | 8,6 | 8,71 | 8,83 | 8,95 | 9,15 | 9,14 | 9 | 8,76 | 8,35 | 8,26 | 8,45 | 8,73 | | |
| | Δh | | -0,1 | -0,12 | -0,12 | -0,2 | 0,01 | 0,14 | 0,24 | 0,41 | 0,09 | 0,19 | -0,3 | 885 | -1010 |
| 1984 | hi | 8,9 | 9,18 | 9,24 | 9,32 | 9,42 | 9,41 | 9,4 | 9,26 | 9,15 | 9,45 | 9,56 | 9,77 | | |
| | Δh | | -0,24 | -0,06 | -0,08 | -0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,14 | 0,11 | -0,3 | 0,11 | -0,2 | 270 | -1100 |
| 1985 | hi | 9,2 | 9,66 | 10,46 | 10,7 | 10,8 | 10,1 | 9,93 | 9,77 | 9,44 | 9,3 | 9,5 | 9,75 | | |
| | Δh | | -0,51 | -0,8 | -0,24 | -0,1 | 0,67 | 0,17 | 0,16 | 0,33 | 0,14 | -0,2 | -0,3 | 1470 | -2070 |
| 1986 | hi | 9,9 | 10,03 | 10,25 | 10,4 | 10,5 | 10,4 | 10,2 | 10,1 | 9,69 | 9,35 | 9,36 | 9,6 | | |
| | Δh | | -0,13 | -0,22 | -0,15 | -0 | 0,05 | 0,2 | 0,1 | 0,41 | 0,34 | 0,01 | -0,2 | 1100 | -800 |
| 1987 | hi | 9,6 | 9,75 | 9,95 | 10,2 | 10,3 | 10,5 | 10,3 | 10,1 | 9,73 | 9,54 | 9,33 | 9,72 | | |
| | Δh | | -0,15 | -0,2 | -0,25 | -0,1 | -0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,37 | 0,19 | 0,21 | -0,4 | 1170 | -1290 |
| 1988 | hi | 9,8 | 9,98 | 10,19 | 10,3 | 10,4 | 10,4 | 10,1 | 9,87 | 9,45 | 9,26 | 9,3 | 9,54 | | |
| | Δh | | -0,23 | -0,21 | -0,11 | -0 | -0,1 | 0,3 | 0,23 | 0,42 | 0,19 | 0,04 | -0,2 | 1140 | -930 |
| 1989 | hi | 9,1 | 9,63 | 9,78 | 9,86 | 10 | 10,1 | 10 | 9,78 | 9,28 | 8,92 | 8,86 | 8,99 | | |
| | Δh | | -0,53 | -0,15 | -0,08 | -0,2 | -0,1 | 0,1 | 0,22 | 0,5 | 0,36 | 0,06 | -0,1 | 1240 | -1130 |
| 1990 | hi | 9,1 | 9,23 | 9,4 | 9,54 | 9,7 | 9,78 | 9,69 | 9,53 | 9,14 | 8,89 | 8,98 | 9,12 | | |
| | Δh | | -0,13 | -0,17 | -0,14 | -0,2 | -0,1 | 0,09 | 0,16 | 0,39 | 0,25 | 0,09 | -0,1 | 890 | -910 |
| 1991 | hi | 9,3 | 9,43 | 9,6 | 9,76 | 9,75 | 9,57 | 9,29 | 8,84 | 8,18 | 7,95 | 8,07 | 8,11 | | |
| | Δh | | -0,1 | -0,17 | -0,16 | 0,01 | 0,18 | 0,28 | 0,45 | 0,66 | 0,23 | 0,12 | -0 | 1810 | -590 |
| 1992 | hi | 8,4 | 8,61 | 8,71 | 8,83 | 8,97 | 9,07 | 9,01 | 8,65 | 7,88 | 7,78 | 7,83 | 8,02 | | |
| | Δh | | -0,23 | -0,1 | -0,12 | -0,1 | -0,1 | 0,06 | 0,36 | 0,77 | 0,1 | 0,05 | -0,2 | 1290 | -930 |
| 1993 | hi | 8,3 | 8,44 | 8,53 | 8,61 | 9,1 | 9,08 | 8,99 | 8,65 | 8 | 7,69 | 7,82 | 7,9 | | |
| | Δh | | -0,14 | -0,09 | -0,08 | -0,5 | 0,02 | 0,09 | 0,34 | 0,65 | 0,31 | 0,13 | -0,1 | 1410 | -1010 |
| 1994 | hi | 8 | 8,19 | 8,35 | 8,47 | 8,79 | 8,87 | 8,76 | 8,47 | 8,01 | 7,69 | 7,82 | 7,9 | | |

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------------|-----|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------------------|-------|-------|
| | Δh | | -0,18 | -0,16 | -0,12 | -0,3 | -0,1 | 0,11 | 0,29 | 0,46 | 0,32 | - | 0,13 | -0,1 | 1180 | -1070 |
| 1995 | hi | 7,7 | 7,94 | 8,16 | 8,32 | 8,48 | 8,66 | 8,53 | 8,28 | 8,03 | 7,69 | 7,82 | 7,9 | | | |
| | Δh | | -0,22 | -0,22 | -0,16 | -0,2 | -0,2 | 0,13 | 0,25 | 0,25 | 0,34 | 0,13 | -0,1 | 970 | -1150 | |
| 1996 | hi | 8,1 | 8,3 | 8,37 | 8,47 | 8,67 | 8,72 | 8,54 | 8,27 | 8,03 | 8,12 | 8,29 | 8,45 | | | |
| | Δh | | -0,24 | -0,07 | -0,1 | -0,2 | -0,1 | 0,18 | 0,27 | 0,24 | -0,09 | 0,17 | -0,2 | 690 | -1080 | |
| 1997 | hi | 8,5 | 8,7 | 8,8 | 8,93 | 9,1 | 9,21 | 9,16 | 8,97 | 8,69 | 8,72 | 8,7 | 8,92 | | | |
| | Δh | | -0,2 | -0,1 | -0,13 | -0,2 | -0,1 | 0,05 | 0,19 | 0,28 | -0,03 | 0,02 | -0,2 | 540 | -960 | |
| 1998 | hi | 8,9 | 9,1 | 9,23 | 9,4 | 9,54 | 9,7 | 9,78 | 9,67 | 9,34 | 9,32 | 9,11 | 9,39 | | | |
| | Δh | | -0,16 | -0,13 | -0,17 | -0,1 | -0,2 | 0,08 | 0,11 | 0,33 | 0,02 | 0,21 | -0,3 | 670 | -1120 | |
| 1999 | hi | 9,6 | 9,65 | 9,82 | 9,98 | 10,1 | 10,2 | 10,4 | 10,5 | 9,8 | 9,24 | 8,85 | 8,76 | | | |
| | Δh | | -0,09 | -0,17 | -0,16 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | -0,1 | 0,7 | 0,56 | 0,39 | 0,09 | 1740 | -940 | |
| 2000 | hi | 9,1 | 9,1 | 9,23 | 9,4 | 9,54 | 9,7 | 9,54 | 9,27 | 9,03 | 8,96 | 9,05 | 9,17 | | | |
| | Δh | | 0,02 | -0,13 | -0,17 | -0,1 | -0,2 | 0,16 | 0,27 | 0,24 | 0,07 | 0,09 | -0,1 | 760 | -810 | |
| 2001 | hi | 9,2 | 9,4 | 9,54 | 9,7 | 9,78 | 9,69 | 9,67 | 9,61 | 9,41 | 9,17 | 9,26 | 9,34 | | | |
| | Δh | | -0,21 | -0,14 | -0,16 | -0,1 | 0,09 | 0,02 | 0,06 | 0,2 | 0,24 | 0,09 | -0,1 | 610 | -760 | |
| 2002 | hi | 9,5 | 9,64 | 9,68 | 9,7 | 9,87 | 10,1 | 10 | 9,7 | 9,63 | 9,34 | 9,24 | 9,2 | | | |
| | Δh | | -0,15 | -0,04 | -0,02 | -0,2 | -0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,07 | 0,29 | 0,1 | 0,04 | 900 | -610 | |
| 2003 | hi | 9,2 | 9,25 | 9,31 | 9,42 | 9,62 | 9,5 | 9,27 | 9,08 | 8,31 | 8,61 | 8,65 | 8,74 | | | |
| | Δh | | -0,01 | -0,06 | -0,11 | -0,2 | 0,12 | 0,23 | 0,19 | 0,77 | -0,3 | 0,04 | -0,1 | 1310 | -810 | |
| 2004 | hi | 8,9 | 8,97 | 9 | 9,09 | 9,18 | 9,22 | 9,31 | 9,14 | 8,89 | 8,82 | 8,92 | 9,05 | | | |
| | Δh | | -0,11 | -0,03 | -0,09 | -0,1 | -0 | 0,09 | 0,17 | 0,25 | 0,07 | -0,1 | -0,1 | 490 | -680 | |
| 2005 | hi | 9,3 | 9,4 | 9,52 | 9,65 | 9,83 | 9,98 | 9,52 | 9,22 | 9,03 | 9,13 | 9,24 | 9,41 | | | |
| | Δh | | -0,15 | -0,12 | -0,13 | -0,2 | -0,2 | 0,46 | 0,3 | 0,19 | -0,1 | 0,11 | -0,2 | 950 | -1110 | |
| 2006 | hi | 9,2 | 9,23 | 9,25 | 9,43 | 9,59 | 9,69 | 9,73 | 9,3 | 9,17 | 9,45 | 9,56 | 9,77 | | | |
| | Δh | | -0,05 | -0,02 | -0,18 | -0,2 | -0,1 | 0,04 | 0,43 | 0,13 | -0,28 | 0,11 | -0,2 | 560 | -1150 | |
| 2007 | hi | 8,8 | 8,96 | 9,11 | 9,09 | 9,3 | 9,36 | 9,23 | 9,12 | 8,68 | 8,75 | 8,82 | 8,89 | | | |
| | Δh | | -0,19 | -0,15 | 0,02 | -0,2 | -0,1 | 0,13 | 0,11 | 0,44 | -0,07 | 0,07 | -0,1 | 700 | -820 | |
| | | | | | | | | | | | | | | Δh_{moy} | 970 | -1022 |

Δh_i en mm/mois est la variation du niveau piézométrique.

A partir du tableau, nous constatons une baisse moyenne annuelle de niveau de 52mm.

Considérant les valeurs de 2 à 5% pour la porosité efficace avec une pluviométrie moyenne (P_{moy}) de 724 mm (moyenne Météo Burkina) et les remontées moyennes annuelles calculées ci-dessus, on obtient les différents résultats consignés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11 : Recharge

| Paramètres évalués | Réserves renouvelées | Recharge effective | % de pluie infiltrée |
|---------------------------|--|--------------------------------|-----------------------------|
| Formules utilisées | $V_r = A \times \Delta h \times \eta_e$ | $R_e = \Delta h \times \eta_e$ | $(R_e \cdot 100) / P_{moy}$ |
| Résultats | 3,99 à 9,97.10⁶ m³/an | 19,40 à 48,50mm/an | 2,67 à 6,69% |

Avec :

A=Superficie de la commune en m² (205500000) ;

Δh = Variation moyenne annuelle du niveau piézométrique (970mm);

ηe: Porosité efficace (2 à 5%) ;

Ainsi la quantité d'eau renouvelée et exploitable annuellement par les puits (nappe superficielle) dans la commune est estimée entre **3,99** et **9,97 millions de m³**. Cette réserve renouvelée correspondrait à une infiltration effective de l'eau de pluie variant entre **19,40** à **48,50 mm/an** dans les altérites.

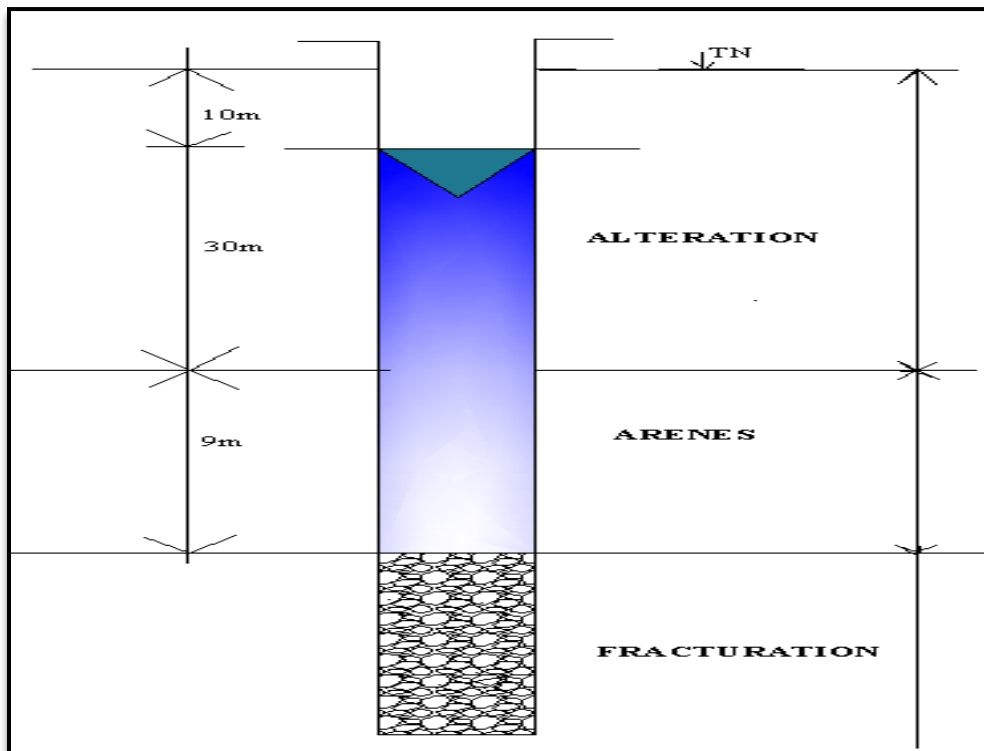
IV. Quantification du volume d'eau de la nappe

Afin de quantifier la réserve disponible, nous adoptons une porosité efficace de 2% et considérons que nous avons un aquifère à nappe continue sur toute l'étendue de la commune.

1. Données disponibles

Il s'agira dans cette partie de la caractérisation hydrogéologique du système aquifère du socle cristallin de la région d'après la lithologie des forages. Les données disponibles sur les forages ont suffisamment d'informations pouvant servir à notre étude hydrogéologique. Nous avons analysé et interprétés les données recueillies sur les forages (**annexe 6**). La **figure** suivante présente une coupe type des forages de la commune de Komki-Ipala

Figure 4: Coupe lithologique des forages



2. Stratigraphie

Les faciès sont altérés à différents degrés avec une composante argileuse qui confère au marteau d'altération une épaisseur variant entre 5 et 32 m et une faible perméabilité.

On observe trois (3) horizons aquifères superposés selon les coupes de forages et précisent leurs caractéristiques lithologiques :

❖ Les horizons superficiels des altérites

Ces horizons sont constitués par le recouvrement quaternaire (argile grise, latérite et cuirasse latéritique) et les arènes argileuses fines. Ces nappes sont à surface libre, elles sont très influencées par les aléas climatiques et très vulnérables à la pollution à cause de leur proximité.

❖ Les franges sous-jacentes

Elles sont formées par des arènes très fluentes qui résultent de l'altération de la roche-mère. C'est un horizon qui se caractérise par une porosité d'interstice significative et une faible perméabilité du fait de sa dominance argileuse qui lui permet d'assurer, lorsqu'il est saturé, une bonne capacité de stockage des eaux souterraines au sein du système aquifère.

❖ **Le socle fissuré**

Il est constitué de granite affecté sur une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres par des fissures et injecté de filon de pegmatite qui augmente sa productivité. En effet, le filon joue un rôle de drain permettant ainsi une très bonne réalimentation de la nappe. La fréquence de ces fissures décroît avec la profondeur. Ce niveau assure la fonction transmissive et est atteint par la plupart des forages réalisés dans la commune.

Dans le profil, nous avons deux nappes :

- La nappe supérieure (phréatique) avec la cuirasse quand elle est noyée ;
- La nappe inférieure regroupant les arènes et la roche fissurée.

L'horizon supérieur assure le stockage de l'eau permettant ainsi une alimentation différée de la nappe inférieure.

3. Simulation du volume disponible sur surfer

La carte d'épaisseur d'altération saturée (**Figure 4**) montre que la plus petite épaisseur est de 1,6 m et la plus grande de 23,6 m.

Une estimation du volume d'eau disponible se fait en utilisant l'épaisseur mouillée et la porosité efficace de l'aquifère de la zone.

Nous avons donc fait une extrapolation de l'épaisseur d'altération mouillée (épaisseur séparant le toit du socle et le niveau statique) sur toute la zone et obtenu avec le logiciel *Surfer 8*, un volume de : **1833,26** millions de m³ annexe 5 à l'échelle de la zone d'étude. En appliquant une porosité efficace comprise entre 2% et 5%, le volume d'eau disponible est compris entre **36,6652** et **91,663** millions de m³.

Figure 5: carte piézométrique avec quelques puits (en rouge) dans la commune

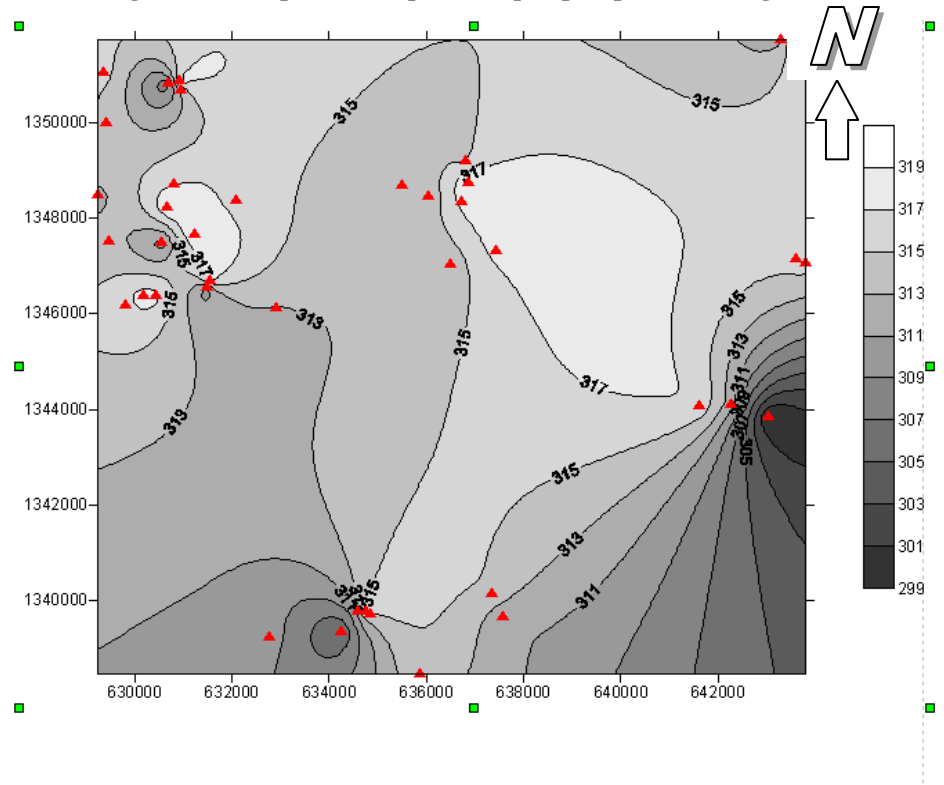
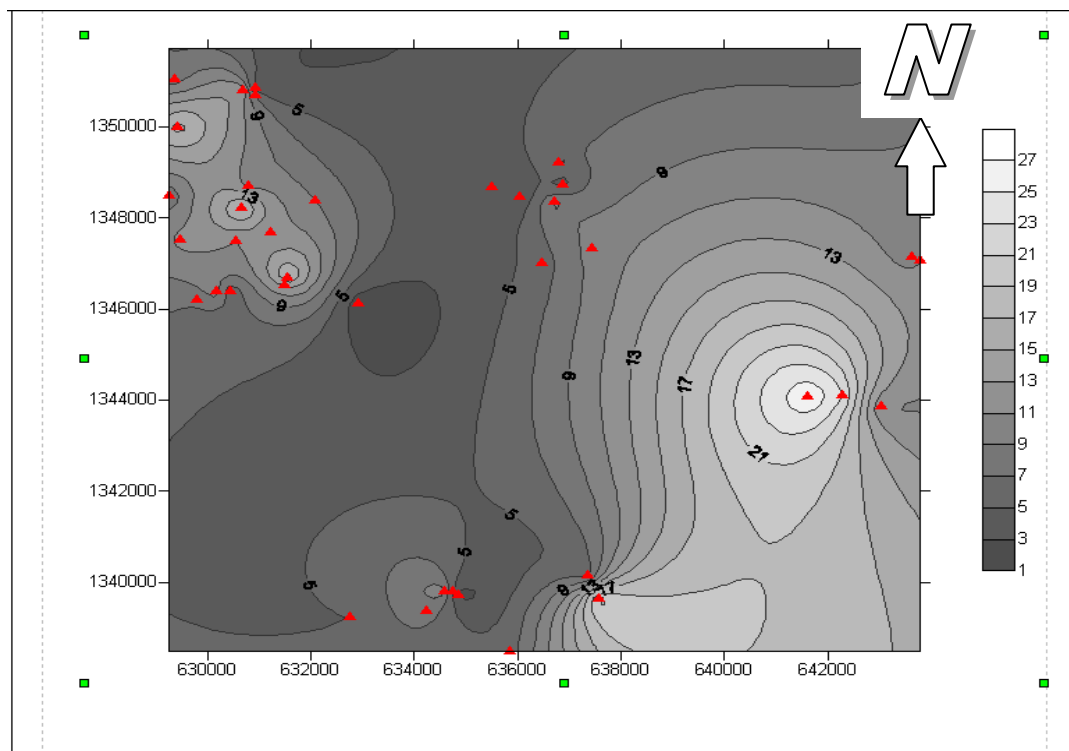


Figure 6: altération mouillée avec quelques puits





Mais nous constatons que cette population utilise beaucoup plus l'eau des puits traditionnels qui ne sont pas considérés au Burkina comme des sources d'eau potable en raison de leur exposition à toute sorte de pollution.

L'utilisation des puits traditionnels est due aux distances à parcourir pour atteindre les forages et au paiement des frais de service.

Il est à noter que les 8000 m³ disponibles par jour est une estimation grossière car les débits utilisés pour le calcul sont les ceux à la foration et certains forages ont observé des baisses de débits.

Pour palier à ce problème de disponibilité de l'eau potable, il faut :

- Construire des margelles et mettre des couvercles pour protéger les puits des intempéries (Photo 5) ;
- . Construire des latrines améliorées afin d'éviter la pollution de la nappe phréatique ;
- Sensibiliser la population sur l'importance de l'assainissement ;
- Encourager l'utilisation de l'eau des forages en réduisant les frais de service ;
- Former les habitants sur les techniques simples pour rendre potable les eaux provenant de leur puits (le filtrage par exemple).

Photo 5: Puits à margelle et à couvercle



II. Consommation en eau d'irrigation

La quantité d'eau utilisée par les paysans pour l'irrigation est estimée à **8402076 m³**. La quantité utile en utilisant les besoins en eau est de **6867640 m³**. Nous estimons une perte d'eau d'une quantité de **1534436 m³** soit **22%** des besoins utiles. Cette perte d'eau est due à la mauvaise maîtrise de l'irrigation et des besoins en eau des spéculations.

La superficie souhaitée pour la prochaine saison étant estimée à **1000 ha**, nous évaluons l'augmentation moyenne de **38%** de superficie cultivée. Les paysans souhaitent irriguer cette superficie si toutes les conditions (matérielles, financières et une quantité d'eau suffisante) sont réunies.

En se basant sur le volume réel utilisé par les paysans, nous obtenons une moyenne de **12000m³/ha** ce qui correspond à un volume de **12millions m³** nécessaire pour les **1000ha** souhaitée.

Par contre, en utilisant le volume utile moyen par hectare, nous obtenons **9808m³/ha**. Le besoin utile moyen en eau de la superficie souhaitée est de **9808000m³**.

N'ayant pas la superficie cultivable, nous ne pouvons pas dire jusqu'en quelle année les paysans seront en manque de terre. Néanmoins, nous pouvons étudier la contrainte de la disponibilité de l'eau.

Nous adoptons une augmentation annuelle de la superficie de **0,3%** qui est le taux d'augmentation des superficies irriguées du Burkina (Syrte, décembre 2008).

Tableau 12 : Evolution de superficies et volumes

| Année | Superficie (ha) | Volume utile (Mm ³) | Volume utilisé (Mm ³) | Perte (Mm ³) |
|-------|-----------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 2010 | 700 | 6,866 | 8,400 | 1,534 |
| 2011 | 702 | 6,888 | 8,428 | 1,539 |
| 2012 | 704 | 6,909 | 8,453 | 1,544 |
| 2013 | 707 | 6,930 | 8,478 | 1,549 |
| 2014 | 709 | 6,950 | 8,504 | 1,553 |
| 2015 | 711 | 6,971 | 8,529 | 1,558 |
| 2016 | 713 | 6,992 | 8,555 | 1,563 |
| 2017 | 715 | 7,013 | 8,580 | 1,567 |
| 2018 | 717 | 7,034 | 8,606 | 1,572 |
| 2019 | 719 | 7,055 | 8,632 | 1,577 |
| 2020 | 721 | 7,076 | 8,658 | 1,582 |
| 2021 | 724 | 7,098 | 8,684 | 1,586 |
| 2022 | 726 | 7,119 | 8,710 | 1,591 |
| 2023 | 728 | 7,140 | 8,736 | 1,596 |
| 2024 | 730 | 7,162 | 8,762 | 1,601 |
| 2025 | 732 | 7,183 | 8,789 | 1,605 |
| 2026 | 735 | 7,205 | 8,815 | 1,610 |
| 2027 | 737 | 7,226 | 8,841 | 1,615 |
| 2028 | 739 | 7,248 | 8,868 | 1,620 |
| 2029 | 741 | 7,270 | 8,894 | 1,625 |
| 2030 | 743 | 7,292 | 8,921 | 1,630 |

Les pertes représentent 22,35%.

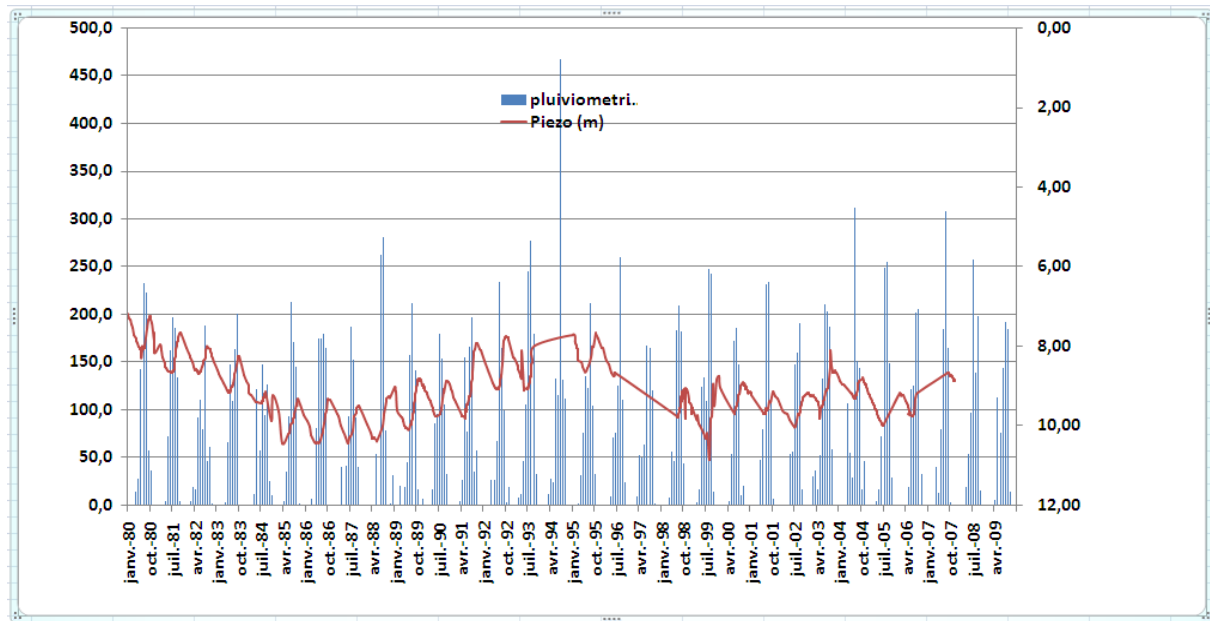
L'optimisation de l'eau d'irrigation passe par :

- La formation des paysans sur les bonnes pratiques d'irrigation et les besoins réels en eau des plantes afin de minimiser les pertes d'eau ;
- La sensibilisation et l'aide des paysans à augmenter la profondeur de leur puits ;
- La sensibilisation des paysans à adhérer à l'idée des bornes fontaines communautaires afin d'alléger la sollicitation de la nappe.

III. Interprétation de la recharge

On observe à travers ces résultats du tableau 10 que la remontée, au niveau de la nappe superficielle, est d'une manière générale, perceptible à partir de Juillet jusqu'en Septembre voire octobre (zone en gras du tableau 10).

Figure 8: Réponse du piézomètre face à la pluviométrie



Dans la zone, les pluies commencent en Juin et finissent en Septembre. D'une manière générale, les variations temporelles du niveau piézométrique gardent la même allure sur les années retenues. En faisant une simulation de la pluie avec le niveau piézométrique, nous constatons un retard de recharge qui est sans doute dû à la composante argileuse de l'horizon superficiel qui ne favorise pas la circulation de l'eau. La réponse d'un piézomètre est décelable 1 à 2 mois après la pluie.

Parmi les variations naturelles, nous distinguerons les fluctuations saisonnières réparties sur l'ensemble d'une année. En effet, les nappes passent par un maximum qui apparaît en général entre septembre et octobre (un à deux mois après le mois le plus pluvieux : Août) et un minimum qui se situe en début et fin d'année.

IV. La durée de vie de la nappe

La sollicitation totale s'obtient en faisant la somme des demandes pastorales (**283842 m³**), en irrigation (**8402076 m³**) et de d'eau potable (**150103 m³**). Elle est donc estimée à **8,836021 millions de m³**. Le volume d'eau minimum disponible dans l'aquifère obtenu en utilisant le logiciel surfer est de **36,6652 millions de m³**; ce qui est largement supérieur à la sollicitation totale. Cependant, l'enquête terrain a révélé un manque accru d'eau d'irrigation dans plusieurs localités à partir du mois de Mars. Cette contradiction est due à :

- ✓ La méthode de calcul du volume disponible qui considère que la nappe est continue sur toute l'étendue de la commune ;
- ✓ La connaissance limitée sur la géologie et l'hydrogéologie de la région;
- ✓ La faible profondeur des puits traditionnels qui ne dépasse pas 10 m.

Mais les paysans pourront-ils exploiter des puits de grande profondeur ?

Nous allons déterminer la durée de vie de cette ressource en ne prenant pas en compte les aléas climatiques (car non quantifiables). Pour cela, nous considérons la réserve renouvelée moyenne à 7millions de m³ et constante et la réserve initiale à 36,665millions de m³. Soit **x** (=36665000 ou 91663000 m³) la réserve disponible, **y** (=7000000 ha) le renouvellement, **q** (=1,01) la raison et **n** la durée de vie. Nous déterminons **n** par la formule suivante :

$$\sum_{i=0}^n (z * q^i - y) = x - y$$

La durée de vie est comprise entre 12 et 27 ans (annexe 7).

Une solution à ce problème passe par la récupération des eaux usées d'où l'idée de borne fontaine communautaire.

V. Volet bornes fontaines communautaires

Une borne fontaine communautaire est une borne fontaine autour de laquelle nous avons des infrastructures telles que des douches, des puisards. Ces dispositifs permettront de faire la vaisselle, la lessive et même la toilette sur place. Ainsi, nous avons une quantité importante d'eau usée qui peut être récupérée, traitée et introduite dans le système d'irrigation.

Il faut signaler que les bornes fontaines n'existent qu'à Tintilou qui est le village le plus peuplé.

Il ressort que 37% des ménages accepte faire la toilette et 46% la lessive/vaisselle. Il y a entre autre 34% qui adopte totalement l'idée de borne fontaine communautaire.

Pour trouver la quantité d'eau usée récupérée, nous écrivons le nombre correspondant à la taille du ménage 'toilette' ou 'lessive/vaisselle' si l'enquête accepte d'y faire la toilette et ou lessive/vaisselle. Ensuite, on attribue un taux de rejet de 0,4 à la toilette et de 0,3 à la lessive /vaisselle. La quantité totale d'eau usée récupérée est obtenue en faisant le produit de la consommation spécifique (20l/j/hbt) par l'effectif et par le taux.

Tableau 13 : Détermination du volume d'eau usée récupéré

| | toilette | lessive/vaisselle |
|-----------------------|----------|-------------------|
| pourcentage | 0,37 | 0,46 |
| effectif | 7664 | 9528 |
| taux | 0,4 | 0,3 |
| volume (l/j) | 61312 | 57168 |
| volume (m3/an) | 22378,88 | 20866,32 |

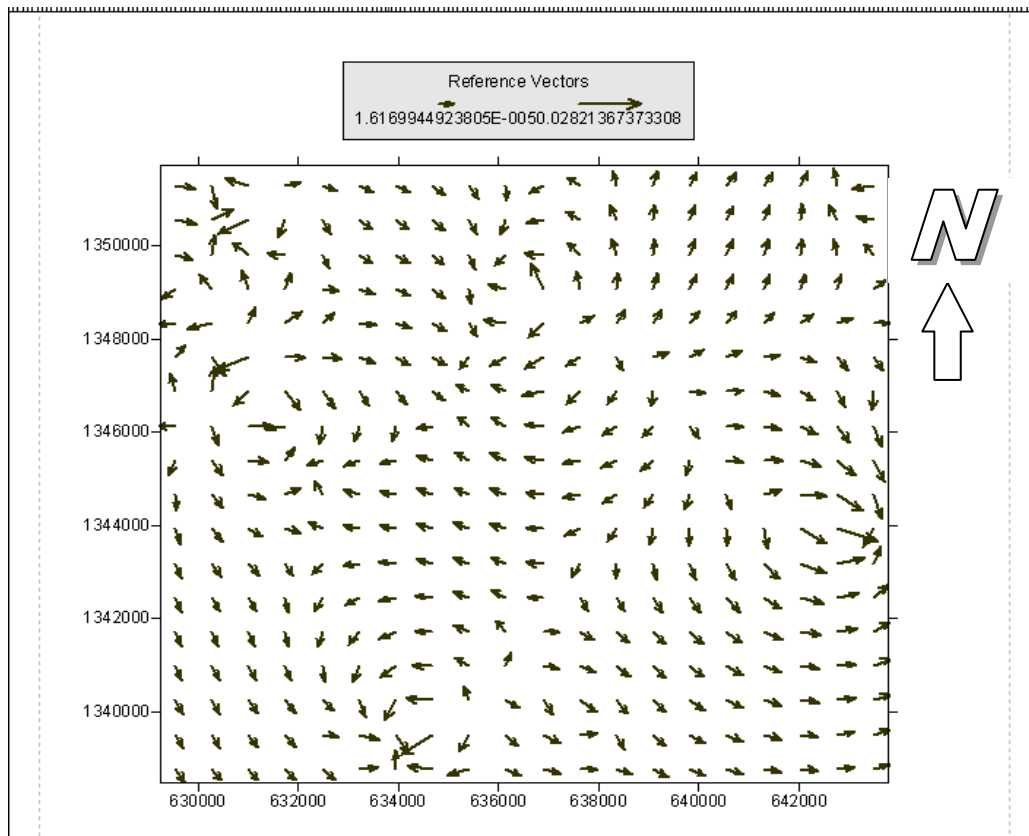
La quantité totale d'eau usée récupérée est estimée à **43245,2 m³ par an**. Cette quantité correspond au soulagement apporté à la nappe. Elle représente **0,5%** de la sollicitation totale. Cette quantité pourrait connaître une augmentation considérable si une sensibilisation était faite sur la nécessité des bornes fontaines communautaires. Car le réel problème réside dans la consommation des aliments arrosés avec les eaux usées.

VI. Dynamique de l'écoulement

La figure précédente montre les sens de l'écoulement de l'eau dans le sous sol. Cela montre qu'à ces endroits, on a une dépression. Cette dépression peut être due à :

- ✓ Usage poussé de la population due à l'irrigation ;
- ✓ L'existence de fissures qui alimentent la nappe profonde ;
- ✓ La discontinuité de nappe.

Figure 9: Sens de l'écoulement



VII. Analyses physico-chimique

- Conductivité électrique donnant le degré de minéralisation de l'eau montre que les eaux de la zone sont peu minéralisées car nous obtenons des valeurs comprises entre 41 et 249 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec comme norme de consommation 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- Le pH : les eaux sont légèrement acides (entre 6,01 et 7,09). Elles ne représentent donc pas un danger ni pour la consommation humaine, ni pour l'agriculture ;
- La turbidité : la norme de la CEE est 1 NTU. Ces échantillons avec des turbidités allant jusqu'à 290 NTU ne respectent pas les normes d'eau potable sauf celui de Wobzougou qui provient d'un forage.
- Le Ca^{2+} et Mg^{2+} : les concentrations trouvées sont dans les normes OMS (100mg/l pour Ca^{2+}) et (25mg/l pour Mg^{2+}) ; donc pas de risque.
- Le Cl^- : l'eau est utilisable en irrigation comme en consommation humaine.
- Le Fe^{2+} : les eaux contiennent de faibles concentrations en fer sauf celle de Vipalogo.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au terme de notre étude, Ce travail de recherche est une participation à l'amélioration de l'état de connaissance des ressources en eaux souterraines de la région de LA COMMUNE DE Komki6Ipala. L'objectif principal de cette étude a consisté à l'identification et à la caractérisation des aquifères, à l'analyse du comportement de ces aquifères face aux épisodes pluvieux et l'évaluation de leur recharge par les précipitations météorologiques. Vu le contexte de l'accroissement des besoins en eau dans la région surtout en agriculture, la connaissance de ces besoins et de la quantité d'eau disponible dans les aquifères et leur condition de recharge s'avère nécessaire. Celle-ci a permis d'élaborer des stratégies efficaces de gestion et de protection des ressources en eaux souterraines de la région d'où la proposition de bornes fontaines communautaires.

- ❖ La détermination des besoins en eau révèle un gaspillage d'eau par les maraîchers
- ❖ L'estimation de la recharge efficace d'après la technique de fluctuation du niveau piézométrique nous donne des valeurs de recharge annuelle entre 19,40 et 48,50 mm au niveau des horizons superficiels.
- ❖ L'estimation de la réserve disponible par extrapolation avec surfer8 donne un volume compris entre 36,66 et 91,66 millions de m³

Il ressort à travers cette étude que la commune dispose d'une réserve non négligeable d'eaux souterraines malgré les aléas climatiques. Elles constituent la principale source d'approvisionnement en ressources hydrauliques des populations.

Nous constatons une baisse généralisée du niveau piézométrique à travers l'analyse des mesures des niveaux de l'eau, due probablement à la baisse des précipitations ces dernières décennies accentuée par l'augmentation des besoins en eau.

La méconnaissance et l'insuffisance de certaines données (piézomètres, pédologie...) rendent difficile toute étude hydrogéologique dans la région. Il est donc nécessaire de palier à ces manquements.

A ce titre nous recommandons :

- La mise en place de deux piézomètres dont la restitution de celui de Tintilou ;
- Le suivi régulier de ces piézomètres qui permettra de connaître de façon précise les variations des niveaux des nappes;

- Une étude pédologique approfondie qui fournira des informations suffisantes qui permettent d'estimer la recharge par différentes méthodes.
- La formation des maraîchers aux bonnes pratiques de l'irrigation afin d'optimiser le volume d'eau à utiliser.
- La sensibilisation de la population aux avantages de borne fontaine communautaire

Ce travail nous a permis de consolider et d'approfondir nos connaissances dans plusieurs domaines. L'expérience acquise durant ce travail par la maîtrise d'outils de modélisation du système aquifère semble être pour nous un tremplin pour une étude encore plus poussée afin d'une meilleure connaissance du système aquifère de socle de la commune. Ainsi, nous souhaitons qu'un thème soit formulé pour la zone afin de déterminer la composition physico-chimique totale des eaux et de dimensionner les infrastructures autour de la borne fontaine communautaire.

BIBLIOGRAPHIE

Syrte, Jamahiriya Arabe Libyenne, 15-17 décembre 2008, Rapport National d'Investissement Burkina Faso, Page 13 ;

SOME.S, 2006.Étude d'élaboration du programme national d'approvisionnement en eau potable et assainissement à l'horizon 2015

SAURET. E, 2006. Les processus de recharge des systèmes aquifères en milieu semi-aride : cas de la commune de Bobo-Dioulasso. Projet Eaux Souterraines. 32p.

SOME.S, 2009. Cours sur la géologie des aquifères à l'attention des étudiants de Master 1 de 2iE (Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement)

Plan Communal de Développement sectoriel Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement (PCD-AEPA) de Komki-Ipala, Horizon 2015, 67p

N'DIAYE.D, Mémoire 2iE-2008. Description et évaluation de la recharge des aquifères de la région de Bobo Dioulasso par les précipitations météorologiques (APEFE/Projet Eaux Souterraines-Bobo Dioulasso).

OUTEL Moussa, 2000. Caractérisation du bas-fond de Tintilou et analyse du type d'aménagement réalisé. 113p.

Luc ARNAUD, Bernard GAY, de l'eau pour le maraîchage, édition du Gret, 136p.

CROPWAT, un logiciel pour la planification et la gestion des systèmes d'irrigation, FAO 1992, 133p ;

HIE Missa, 2009. Étude géochimique et piézométrique des eaux souterraines de la région de ouagadougou

COULIBALY K.M. (1997). Evaluation du bilan hydrologique, de la variabilité climatique et du tarissement des cours d'eau par l'application de méthodes mathématiques dans le bassin versant du fleuve Sassandra (région de Buyo en Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA, Université d'Abobo-Adjamé.

GONE D.L. (2001). Etude du fonctionnement des aquifères à partir des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines.

[http://www.agrireseau.qc.ca/horticulture-pepiniere/documents/Couture Isabelle.pdf](http://www.agrireseau.qc.ca/horticulture-pepiniere/documents/Couture_Isabelle.pdf)

ANNEXE

ANNEXE 1 : TERMES DE REFERENCE

Termes de référence pour mémoire de fin d'étude de Master 2010

Thème

Aménagement de la plaine de Komki-Ipala

Proposé par Angelbert BIAOU et Denis ZOUNGRANA

Contexte de l'étude

La plaine de Komki-Ipala, à une trentaine de kilomètres de Ouagadougou abrite des aménagements hydro-agricoles qui sollicitent fortement la nappe alluviale de cette plaine. De plus, cette nappe est sollicitée également par les usages domestiques des populations y vivant. En résultat, compte tenu de toutes ces sollicitations, on assiste à l'assèchement de la nappe avant le début de la saison des pluies suivante. Afin de résoudre ce problème, un projet d'aménagement est prévue sur cette plaine, projet qui consiste à réutiliser les eaux usées domestiques (dites eaux grises) préalablement traitées, provenant des "bornes fontaines communautaires", pour irriguer les champs, allégeant ainsi la sollicitation dues aux prélèvements agricoles. Le concept de "bornes fontaines communautaires" tire son explication dans les activités domestiques classiques se déroulent aux voisinages des borne fontaines classiques, dans le but de récupérer les eaux usées (eaux grises) qui en résultent et de les utiliser après traitement pour l'agriculture irriguée..

Objectif de l'étude

L'objectif général de ce travail de mémoire de Master 2 est la mise en place de bornes fontaines dites communautaire et d'utiliser les eaux usées qui en découlent (eaux grises) à des fins agricoles.

De façon spécifique, cette étude devra :

- Étudier les niveaux aquifères de la plaine de Komki-Ipala, la puissance de ces aquifères et, les paramètres hydrodynamiques des couches rencontrées, l'infiltration dans les nappes et l'estimation de la réserve disponible et de son évolution ;
- Étudier la qualité des eaux souterraines de cette plaine ;

- Faire une étude de mise en place d'un réseau de bornes fontaines, et des ouvrages d'utilité domestiques pour la lessive, la vaisselle, la douche, avec des ouvrages de récupération des eaux usées produites
- Étudier la qualité des eaux usées produites par ces usages domestiques et de proposer une méthode de traitement de ces eaux afin de les mettre au normes des eaux utilisables pour l'agricultures.
- Évaluer l'impact de cette approche sur le gain hydraulique sur la plaine de Komki-Ipala

Approche Méthodologique et outils nécessaires

- Revue documentaire approfondie sur la thématique ;
- Etude hydrogéologique quantitative de la plaine (estimation des paramètres hydrodynamiques, estimation des niveaux piézométrique et leur évolution, estimation des infiltrations dans les couches aquifères, étude de la qualité des eaux de la plaine) ;
- Etude qualitative par analyses physico-chimiques et biologiques d'échantillons prélevés sur les différentes sources potentielles (puits, piézomètres, mares), mais aussi des rejets liquides domestiques ;
- Etude quantitative (génie civil, hydraulique...) d'ouvrages à usage domestique à mettre en place ainsi que des infrastructures de récupération des eaux usées produites ;
- Etude qualitative des eaux usées produites et proposition de traitement de ces eaux dans le souci d'atteindre une qualité utilisable par l'agriculture ;
- Etude économique du projet ;
- rédaction du mémoire final.

Résultats attendus

- le comportement hydrogéologique des aquifères de la plaine est connu ;
- la qualité des eaux des aquifère ainsi que celle des eaux usées sont connues ;

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

- Un mode de traitement des eaux usées pour des fins agricole est proposé ;
- Les notes techniques des bornes fontaines et des ouvrages à usages domestiques sont fournies;
- Un rapport final du mémoire est fourni.

Encadrement

L'encadrement de l'étudiant sera assuré par un ensemble d'enseignants dans les différentes disciplines impliquées dans ce projet

Période de réalisation de l'étude

Janvier à juin 2009

ANNEXE 2 : CADRE LOGIQUE

| Objectif général | Objectifs spécifiques | Méthodes/Activités | Outils | Résultats attendus |
|---|--|---|---|--|
| Réduire la sollicitation de la nappe | Evaluation de la quantité d'eau de la nappe et de sa dynamique | -Recherche bibliographique -Paramètres hydrodynamiques -Niveau piézométrique -Infiltration | -Documents à la bibliothèque -les données existantes sur le site (DGRE, BUMUGEB) -Matériels de sondage, trainé -Piézomètre | -Comportements hydrogéologiques des aquifères connus -Quantité d'eau disponible connue |
| | Evaluation des besoins en eau | Détermination de la consommation domestique | Enquête ménages | -Quantité d'eau prélevée à la nappe phréatique connue -Quantité d'eau usée récupérable connue |
| | | Détermination de la consommation en irrigation | Enquête ménages | |
| | | Estimation des besoins en irrigation | Documents sur les besoins en eau des cultures | |
| | Evaluation de l'impact de l'optimisation des eaux d'irrigation et du recyclage de l'eau usée | -Confrontation de la réserve et des besoins -Comparaison des états de lieu des usages et des besoins réels | -Résultats de l'enquête ménages -Quantité d'eau disponible | -Solution à la pénurie d'eau en saison sèche trouvée |

ANNEXE 3 : FICHE D'ENQUETE MENAG

237 OK P

Mémoire de fin d'étude 2009-2010

Thème: aménagement de la plaine de Komki-Ipala

Fiche d'enquête: Ménages

I) Généralités

1-1 Date de l'enquête 05 Mai 2010

1-2 Nom du quartier Barrocho

1-3 Nom de l'enquêté Koala Sené

1-4 Taille du ménage 06

1-5 Coordonnées GPS.....

1-6 Nom de l'enquêteur Nikiema Hamadou Sylvain

II) AEP

2-1 Où prenez-vous l'eau de boisson ?

A la fontaine ☐ au puits ☒ au marigot ☐ Forage ☐

Autre (à préciser)

2-2 Dans quoi (contenant) ?

Fût ☒ un bidon ☐ un seau ☐

Autres (à préciser)

2-3 quelle est la fréquence ? 05

2-4 Que faites-vous de cette eau?

Boisson ☒ irrigation ☒ animaux ☒

Autres (à préciser) préparate des repas

2-5 Etes-vous satisfaits de la qualité de l'eau de fontaine?

Oui ☒ non ☐

Si oui pourquoi? mais on l'a pas

Si non pourquoi?

2-6 Etes-vous satisfaits de la quantité de l'eau de fontaine?

Mémoire de fin d'étude / fiche d'enquête

Oui ☒ non ☐
 2-7 Quelles sont les solutions que vous préconisez pour résoudre ces problèmes?.....
 *Ne négocions avec le gouvernement de nous aider.*

III) Irrigation

3-1 Pratiquez- vous l'agriculture irriguée ?

Oui ☒ non ☐
 Si oui

3-2 Que cultivez-vous et sur quelle superficie ?

| | | | |
|------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Mais | <input type="checkbox"/> | Superficie..... | Durée..... |
| Chou | <input checked="" type="checkbox"/> | Superficie..... <i>0,25</i> | Durée..... <i>3 mois</i> |
| Aubergine | <input checked="" type="checkbox"/> | Superficie..... <i>0,25</i> | Durée..... <i>4 mois</i> |
| Carotte | <input type="checkbox"/> | Superficie..... | Durée..... |
| Oignon | <input checked="" type="checkbox"/> | Superficie..... <i>0,25</i> | Durée..... <i>1 mois 10 jours</i> |
| Tomate | <input checked="" type="checkbox"/> | Superficie..... <i>0,25</i> | Durée..... <i>2 mois 10 jours</i> |
| Concombre | <input type="checkbox"/> | Superficie..... | Durée..... |
| Courge | <input type="checkbox"/> | Superficie..... | Durée..... |
| Autre..... | | | |

3-3 Quelle est la superficie totale cultivée

Cette année..... *1 ha* Les années passées..... *1 ha*

3-4 Cette superficie vous suffit-elle ?

Oui ☒ Non ☐

3-5 De quelle superficie avez-vous besoin ?

→ *je travaille sans moto-pompe.*

3-6 Où prélevez- vous l'eau d'irrigation ?

A la fontaine ☐ au puits ☒ au marigot ☐ Forage ☐

Autre (à préciser)

3-7 Dans quoi (contenant) ?

Canalisation ☐ fût ☐ seau ☒

Autre (à préciser)

3-8 Quelle quantité prélevez-vous par jour ?

200 barriques / jours

Mémoire de fin d'étude / fiche d'enquête

3-9 De quelle quantité avez-vous besoin ?

..... 300 barriques

3-10 Rencontrez-vous des problèmes d'approvisionnement en eau ?

Oui ☒

non ☐

3-11 Si oui à quelle période ? Fin février

IV) Idée de borne fontaine communautaire

4-1 Où faites vous la toilette ?

Douche traditionnelle ☐ douche améliorée ☐

Douche moderne ☒ autres ☐ (à préciser)

4-2 Où rejetez-vous les eaux usées de toilette ?

Dans la rue ☐ dans la cour ☐ puisard ☐

Trou de fortune ☒ autres (à préciser)

4-3 Accepteriez-vous de faire la toilette à la fontaine ?

Oui ☐

non ☒

4-4 Où rejetez-vous les eaux usées de lessive / vaisselle ?

Dans la rue ☐ dans la cour ☐ puisard ☐

Trou de fortune ☒ autre (à préciser)

4-5 Accepteriez-vous de faire la lessive/vaisselle à la fontaine ?

Oui ☐

non ☒

Mémoire de fin d'étude 2009-2010

Thème: aménagement de la plaine de Komki-Ipala

Fiche d'enquête: Ménages

I) Généralités

1-1 Date de l'enquête 10 Mai 2010
1-2 Nom du quartier Lemnaga (Bakulyan)
1-3 Nom de l'enquête Compagnie
1-4 Taille du ménage 6 personnes
1-5 Coordonnées GPS
1-6 Nom de l'enquêteur I. Bando Jean-Baptiste

II) AEP

2-1 Où prenez-vous l'eau de boisson ?

A la fontaine ☐ au puits ☐ au marigot ☐ Forage ☒

Autre (à préciser)

2-2 Dans quoi (contenant) ?

Fût ☐ un bidon ☒ un seau ☐

Autres (à préciser)

2-3 quelle est la fréquence ? 10 fois par jour

2-4 Que faites-vous de cette eau?

Boisson ☒ irrigation ☐ animaux ☒

Autres (à préciser).....

2-5 Etes-vous satisfaits de la qualité de l'eau de fontaine?

Oui ☐ non ☐

Si oui pourquoi?.....

Si non pourquoi?

2-6 Etes-vous satisfaits de la quantité de l'eau de fontaine?

Mémoire de fin d'étude / fiche d'enquête

Oui ☐

non ☐

2-7 Quelles sont les solutions que vous préconisez pour résoudre ces problèmes?

III) Irrigation

3-1 Pratiquez-vous l'agriculture irriguée ?

Oui ☒

non ☐

Si oui

3-2 Que cultivez-vous et sur quelle superficie ?

Mais ☐

Superficie.....Durée.....

Chou ☐

Superficie.....Durée.....

Aubergine ☒

Superficie...625 m²...Durée...4 mois.....

Carotte ☐

Superficie.....Durée.....

Oignon ☐

Superficie.....Durée.....

Tomate ☒

Superficie...650 m²...Durée...4 mois.....

Concombre ☐

Superficie.....Durée.....

Courge ☐

Superficie.....Durée.....

Autre.....

3-3 Quelle est la superficie totale cultivée

Cette année...1275 m².....

Les années passées...700 m².....

3-4 Cette superficie vous suffit-elle ?

Oui ☐

Non ☒

3-5 De quelle superficie avez-vous besoin ?

.....2000 m².....

3-6 Où prélevez-vous l'eau d'irrigation ?

A la fontaine ☐

au puits ☒

au marigot ☐

Forage ☐

Autre (à préciser)

3-7 Dans quoi (contenant) ?

Canalisation ☐

fût ☐

seau ☒

Autre (à préciser)

3-8 Quelle quantité prélevez-vous par jour ?

.....4000 L.....

3-9 De quelle quantité avez-vous besoin ?

.....4000L.....

3-10 Rencontrez-vous des problèmes d'approvisionnement en eau ?

Oui ☒

non ☐

3-11 Si oui à quelle période ?Mars à juin.....

IV) Idée de borne fontaine communautaire

4-1 Où faites vous la toilette ?

Douche traditionnelle ☒

douche améliorée ☐

Douche moderne ☐

autres ☐ (à préciser)

4-2 Où rejetez-vous les eaux usées de toilette ?

Dans la rue ☐ dans la cour ☐ puisard ☒

Trou de fortune ☐ autres (à préciser)

4-3 Accepteriez-vous de faire la toilette à la fontaine ?

Oui ☐

non ☒

4-4 Où rejetez-vous les eaux usées de lessive / vaisselle ?

Dans la rue ☐

dans la cour ☐

puisard ☐

Trou de fortune ☒

autre (à préciser)

4-5 Accepteriez-vous de faire la lessive/vaisselle à la fontaine ?

Oui ☐

non ☒

Mémoire de fin d'étude / fiche d'enquête

ANNEXE 4 : DETERMINATION DE LA SURFACE STATIQUE

Gridding Report

Sun May 30 00:48:45 2010

Elapsed time for gridding: 0.08 seconds

Data Source

Source Data File Name: C:\Documents and Settings\INGENIEUR
TRAORE\Bureau\sommaire\info puit komki\nivo stat.xls
X Column: A
Y Column: B
Z Column: C

Data Counts

Active Data: 40
Original Data: 40
Excluded Data: 0
Deleted Duplicates: 0
Retained Duplicates: 0
Artificial Data: 0
Superseded Data: 0

Univariate Statistics

| | X | Y | Z |
|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Minimum: | 629247.08034 | 1338477.37873 | 299 |
| 25%-tile: | 630787.50701 | 1344098.75504 | 312.6 |
| Median: | 634575.82526 | 1347332.44224 | 314.7 |
| 75%-tile: | 637355.66282 | 1348715.36358 | 317 |
| Maximum: | 643792.04482 | 1351722.76117 | 319 |
| Midrange: | 636519.56258 | 1345100.06995 | 309 |
| Range: | 14544.96448 | 13245.38244 | 20 |
| Interquartile Range: | 6568.15581 | 4616.6085399999 | 4.4 |
| Median Abs. Deviation: | 3645.9380999999 | 1410.48575 | 2.3 |
| Mean: | 634765.52944925 | 1346293.5995575 | 314.09 |
| Trim Mean (10%): | 634572.63978472 | 1346406.9415847 | 314.49166666667 |
| Standard Deviation: | 4600.2577502255 | 3857.4400135384 | 3.977423789339 |
| Variance: | 21162371.36851 | 14879843.458047 | 15.8199 |
| Coef. of Variation: | | | 0.012663325127635 |
| Coef. of Skewness: | | | -1.6080478026424 |

Inter-Variable Correlation

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

| | X | Y | Z |
|----|-------|--------|--------|
| X: | 1.000 | -0.137 | -0.155 |
| Y: | | 1.000 | 0.290 |
| Z: | | | 1.000 |

Inter-Variable Covariance

| | X | Y | Z |
|----|----------------|-----------------|------------------|
| X: | 21162371.36851 | -2423637.732143 | -2844.5268102075 |
| Y: | | 14879843.458047 | 4450.975979625 |
| Z: | | | 15.8199 |

Planar Regression: $Z = AX + BY + C$

Fitted Parameters

| | A | B | C |
|------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Parameter Value: | -0.00010206035317707 | | 0.00028250421632729- |
| Standard Error: | 0.000136285888082660 | 0.00016253012637508246 | 0.03718967023 |

Inter-Parameter Correlations

| | A | B | C |
|----|-------|--------|--------|
| A: | 1.000 | -0.137 | -0.473 |
| B: | | 1.000 | 0.937 |
| C: | | | 1.000 |

ANOVA Table

| Source | df | Sum of Squares | Mean Square | F |
|-------------|----|-----------------|-----------------|--------|
| Regression: | 2 | 61.909317086916 | 30.954658543458 | 2.0062 |
| Residual: | 37 | 570.88668291178 | 15.429369808426 | |
| Total: | 39 | 632.79599999869 | | |

Coefficient of Multiple Determination (R^2): 0.09783455819418

Nearest Neighbor Statistics

| | Separation | Delta Z |
|-----------|-----------------|---------|
| Minimum: | 109.55028450173 | 0 |
| 25%-tile: | 249.45815112021 | 1.2 |

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

| | | |
|------------------------|------------------|------------------|
| Median: | 535.1584697546 | 3 |
| 75%-tile: | 1005.5580732507 | 4.9 |
| Maximum: | 1606.824875895 | 13 |
| Midrange: | 858.18758019839 | 6.5 |
| Range: | 1497.2745913933 | 13 |
| Interquartile Range: | 756.09992213051 | 3.7 |
| Median Abs. Deviation: | 285.70462891817 | 1.8 |
| Mean: | 591.48264955995 | 3.665 |
| Trim Mean (10%): | 565.1907414588 | 3.43333333333333 |
| Standard Deviation: | 400.17301073431 | 3.0571678069743 |
| Variance: | 160138.43852016 | 9.346275 |
| Coef. of Variation: | 0.67655917047108 | 0.83415219835588 |
| Coef. of Skewness: | 0.86101009437318 | 1.0110285675159 |
| Root Mean Square: | 714.13595571895 | 4.7726826837744 |
| Mean Square: | 509990.16325062 | 22.7785 |

Complete Spatial Randomness

| | |
|------------------|----------------------|
| Lambda: | 2.0762651954969E-007 |
| Clark and Evans: | 0.5390305964015 |
| Skellam: | 26.612426995538 |

Exclusion Filtering

Exclusion Filter String: Not In Use

Duplicate Filtering

Duplicate Points to Keep: First
X Duplicate Tolerance: 0.0017
Y Duplicate Tolerance: 0.0015

No duplicate data were found.

Breakline Filtering

Breakline Filtering: Not In Use

Gridding Rules

Gridding Method: Kriging
Kriging Type: Point
Polynomial Drift Order: 0
Kriging std. deviation grid: no

Semi-Variogram Model

Component Type: Linear
Anisotropy Angle: 0

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

Anisotropy Ratio: 1
Variogram Slope: 1

Search Parameters

No Search (use all data): true

Output Grid

Grid File Name: C:\Documents and Settings\INGENIEUR
TRAORE\Bureau\sommaire\info puit komki\nivo stat.grd
Grid Size: 91 rows x 100 columns
Total Nodes: 9100
Filled Nodes: 9100
Blanked Nodes: 0

Grid Geometry

X Minimum: 629247.0803
X Maximum: 643792.0449
X Spacing: 146.91883434343

Y Minimum: 1338477.378
Y Maximum: 1351722.762
Y Spacing: 147.17093333333

Grid Statistics

Z Minimum: 299.30181164187
Z 25%-tile: 312.28221831128
Z Median: 314.30974066563
Z 75%-tile: 315.73033971186
Z Maximum: 318.93877401767

Z Midrange: 309.12029282977
Z Range: 19.636962375803
Z Interquartile Range: 3.4481214005799
Z Median Abs. Deviation: 1.6711983986866

Z Mean: 313.52732117775
Z Trim Mean (10%): 313.81831579182
Z Standard Deviation: 3.3111624087339
Z Variance: 10.963796497012

Z Coef. of Variation: 0.010561001179405
Z Coef. of Skewness: -1.4003609551785

Z Root Mean Square: 313.54480528529
Z Mean Square: 98310.34492139

ANNEXE 5 : VOLUME COMPRIS ENTRE LE TOIT DU SOCLE ET LA SURFACE PIEZOMETRIQUE

Grid Volume Computations

Sun May 30 01:19:05 2010

Upper Surface

Grid File Name: C:\Documents and Settings\INGENIEUR
TRAORE\Bureau\sommaire\info puit komki\nivo stat.grd
Grid Size: 91 rows x 100 columns

X Minimum: 629247.0803
X Maximum: 643792.0449
X Spacing: 146.91883434343

Y Minimum: 1338477.378
Y Maximum: 1351722.762
Y Spacing: 147.17093333333

Z Minimum: 299.30181164187
Z Maximum: 318.93877401767

Lower Surface

Grid File Name: C:\Documents and Settings\INGENIEUR
TRAORE\Bureau\sommaire\info puit komki\nivo socle.grd
Grid Size: 91 rows x 100 columns

X Minimum: 629247.0803
X Maximum: 643792.0449
X Spacing: 146.91883434343

Y Minimum: 1338477.378
Y Maximum: 1351722.762
Y Spacing: 147.17093333333

Z Minimum: 287.64015859647
Z Maximum: 314.35193906406

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

Trapezoidal Rule: 1833258907.8709
Simpson's Rule: 1833303457.7765
Simpson's 3/8 Rule: 1833287207.8991

Cut & Fill Volumes

Positive Volume [Cut]: 1833276243.4284
Negative Volume [Fill]: 0
Net Volume [Cut-Fill]: 1833276243.4284

Areas

Planar Areas

Positive Planar Area [Cut]: 192653641.39341
Negative Planar Area [Fill]: 0
Blanked Planar Area: 0
Total Planar Area: 192653641.39341

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 192654849.77618
Negative Surface Area [Fill]: 0

ANNEXE 6 : COORDONNEES, TOIT DU SOCLE, STATISTIQUE ET ALTERATION MOUILLEE

| X_COORD | Y_COORD | toit socle | toit statiq | alt mouillée |
|--------------|---------------|------------|-------------|--------------|
| 630787,50701 | 1348715,36358 | 306,60 | 316,80 | 10,2 |

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

| | | | | |
|--------------|---------------|--------|--------|------|
| 630163,11897 | 1346377,83068 | 307,50 | 317,80 | 10,3 |
| 630435,14700 | 1346379,03032 | 312,00 | 317,50 | 5,5 |
| 631492,35235 | 1346537,32029 | 297,00 | 310,00 | 13 |
| 631552,11892 | 1346691,19033 | 300,00 | 317,80 | 17,8 |
| 630668,79229 | 1348223,30556 | 301,00 | 318,80 | 17,8 |
| 630551,15971 | 1347485,48770 | 299,00 | 310,00 | 11 |
| 632914,87885 | 1346113,59308 | 311,30 | 312,90 | 1,6 |
| 629801,22496 | 1346191,91499 | 309,10 | 316,30 | 7,2 |
| 629462,95457 | 1347511,41602 | 302,00 | 313,50 | 11,5 |
| 643610,24051 | 1347146,73976 | 305,50 | 315,50 | 10 |
| 643792,04482 | 1347055,45805 | 305,00 | 316,00 | 11 |
| 632088,61149 | 1348383,23217 | 307,00 | 316,00 | 9 |
| 630929,06762 | 1350866,44720 | 314,00 | 317,60 | 3,6 |
| 630687,57400 | 1350803,93280 | 294,80 | 307,60 | 12,8 |
| 629247,08034 | 1348493,52872 | 305,10 | 312,60 | 7,5 |
| 629421,81056 | 1349999,60549 | 296,80 | 314,70 | 17,9 |
| 630929,88716 | 1350682,12596 | 306,50 | 313,30 | 6,8 |
| 629356,78005 | 1351043,82189 | 308,00 | 315,90 | 7,9 |
| 631215,27410 | 1347672,75673 | 308,00 | 319,00 | 11 |
| 632764,35308 | 1339231,44891 | 305,00 | 310,00 | 5 |
| 634245,21203 | 1339360,98725 | 297,00 | 304,90 | 7,9 |
| 635851,63203 | 1338477,37873 | 308,50 | 314,60 | 6,1 |
| 634848,19671 | 1339732,37026 | 312,50 | 314,90 | 2,4 |
| 634757,22021 | 1339793,39928 | 313,00 | 317,00 | 4 |
| 634575,82526 | 1339792,57669 | 300,50 | 310,60 | 10,1 |
| 642264,71210 | 1344098,75504 | 288,50 | 312,00 | 23,5 |
| 643021,62270 | 1343856,62686 | 288,00 | 299,00 | 11 |
| 641599,82428 | 1344064,84493 | 290,00 | 316,60 | 26,6 |
| 637569,56696 | 1339652,68806 | 290,00 | 311,50 | 21,5 |
| 637355,66282 | 1340143,23837 | 308,50 | 314,50 | 6 |
| 637443,21643 | 1347332,44224 | 308,00 | 317,70 | 9,7 |
| 636477,43536 | 1347020,74893 | 307,50 | 313,50 | 6 |
| 636713,11935 | 1348342,85773 | 308,00 | 317,50 | 9,5 |
| 636862,38623 | 1348742,92799 | 315,00 | 319,00 | 4 |
| 636799,80131 | 1349203,45865 | 307,50 | 314,70 | 7,2 |
| 635502,61075 | 1348675,20686 | 310,50 | 313,60 | 3,1 |
| 636047,62611 | 1348462,66659 | 310,50 | 313,60 | 3,1 |
| 643285,72985 | 1351722,76117 | 306,50 | 312,00 | 5,5 |
| 643527,79912 | 1351662,49644 | 308,00 | 316,80 | 8,8 |

ANNEXE 7 : DUREE DE VIE

| | | | |
|------------------------------|--|--|--|
| raison q=1,01 | | | |
| stock 1= disponible minimum- | | | |

Thème : Etude des potentialités en eau souterraine de la plaine de Komki-Ipala pour des besoins en eau et l'irrigation

| | | | |
|--|---------------|----------------|----------------|
| renouvellement | | | |
| stock 2= disponible maximum- renouvellement | | | |
| Année | Manque | Stock 1 | Stock 2 |
| 2010 | 1836021 | 29665200 | 84663000 |
| 2011 | 1924381,21 | 27829179 | 82826979 |
| 2012 | 2013625,022 | 25904797,79 | 80902597,79 |
| 2013 | 2103761,272 | 23891172,77 | 78888972,77 |
| 2014 | 2194798,885 | 21787411,5 | 76785211,5 |
| 2015 | 2286746,874 | 19592612,61 | 74590412,61 |
| 2016 | 2379614,343 | 17305865,74 | 72303665,74 |
| 2017 | 2473410,486 | 14926251,39 | 69924051,39 |
| 2018 | 2568144,591 | 12452840,91 | 67450640,91 |
| 2019 | 2663826,037 | 9884696,317 | 64882496,32 |
| 2020 | 2760464,297 | 7220870,28 | 62218670,28 |
| 2021 | 2858068,94 | 4460405,983 | 59458205,98 |
| 2022 | 2956649,63 | 1602337,043 | 56600137,04 |
| 2023 | 3056216,126 | | 53643487,41 |
| 2024 | 3156778,287 | | 50587271,29 |
| 2025 | 3258346,07 | | 47430493 |
| 2026 | 3360929,531 | | 44172146,93 |
| 2027 | 3464538,826 | | 40811217,4 |
| 2028 | 3569184,214 | | 37346678,57 |
| 2029 | 3674876,056 | | 33777494,36 |
| 2030 | 3781624,817 | | 30102618,3 |
| 2031 | 3889441,065 | | 26320993,49 |
| 2032 | 3998335,476 | | 22431552,42 |
| 2033 | 4108318,831 | | 18433216,94 |
| 2034 | 4219402,019 | | 14324898,11 |
| 2035 | 4331596,039 | | 10105496,1 |
| 2036 | 4444911,999 | | 5773900,057 |
| 2037 | 4559361,119 | | 1328988,057 |