



**L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES POPULATIONS DU  
GONTOUGO ET DU BOUNKANI : ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES.**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION: INFRASTRUCTURES ET RESEAUX HYDRAULIQUES**

Présenté et soutenu publiquement le 17 Octobre 2013  
par N'Dia Félix **KOUADIO**.

**Travaux dirigés par :**

**M. Bèga OUEDRAOGO**

Enseignant AEPA à 2IE

UTER GVEA

Mme **Saramatou KONE**, Ingénieure Experte en  
Hydraulique et Hydrologie, Directrice des  
ressources en Eau de l'ONEP-CI.

**Jury d'évaluation du stage:**

Président: **Mahamadou KOITA**

Membres et correcteurs: **Sewa K. da SILVEIRA**

**Doulaye SANOU**

***« Ce que nous obtenons en atteignant nos objectifs, n'est pas plus important que ce que nous devenons en les atteignant. »***

***Zig Ziglar.***

## **DEDICACE**

### ***Je dédie ce mémoire à:***

- ✚ Mon défunt père M. KOUADIO Yoboué, qui m'a inculqué tout au long de son passage sur cette terre les valeurs morales de droiture, d'honnêteté, de courage et de persévérance dans l'effort.
- ✚ Ma mère N'Guessan Ahou qui s'est battu à mes côtés et supporter presque tout pour voir ces études arriver à ce stade.
- ✚ Mon grand frère Dr KOUADIO Kouamé Frédéric qui fût pour moi un exemple de l'infatigable combattant dans cette vie jalonnée d'épreuves diverses.
  - ✚ M Loba Bernard et M. Obouayéba Pacôme, mes amis particuliers avec qui j'ai partagé beaucoup de mes peines et joies durant mon parcours à 2IE.
- ✚ M. Ezzo Michel, Ingénieur Génie- Civil qui n'a cessé de m'encourager à atteindre ce but.
- ✚ Ma Bien-Aimée Mlle KOFFI Eugénie, pour son soutien moral et ses marques d'affection.
- ✚ Mes frères et sœurs dans la foi tant au Burkina-Faso qu'en Côte d'Ivoire pour leur soutien.
- ✚ M. Assoukou Raymond pour ses multiples encouragements.

## **REMERCIEMENTS**

Ce mémoire est l'aboutissement d'un long processus d'efforts et de travail qui n'aurait pas vu le jour sans l'apport et la sollicitude de certaines personnes. Qu'il nous soit donné avant de l'entamer de montrer notre gratitude à leur égard. Ainsi nous ne saurions commencer ce mémoire sans remercier les personnes suivantes :

✚ M. Ibrahiman BERTE, Directeur Général de l'ONEP, qui a bien voulu m'accepter en tant que stagiaire au sein de cette structure. Mon passage en ce lieu fût pour moi une riche et marquante expérience.

✚ Mme Saramatou KONE, mon encadreur au sein de l'ONEP, qui a su patiemment me guider. Ses conseils, ses remarques pertinentes et ses suggestions ont apporté une touche d'efficacité à ce mémoire.

✚ M. Diakaria KONE, à la DRE, dont l'appui au plan des aspects techniques et le soutien dans l'approche méthodologique de ce travail m'ont beaucoup aidé.

✚ M. Bèga Ouédraogo, mon encadreur à 2iE pour disponibilité, et le suivi de ce mémoire.

✚ M. Bopé BOGA et M. Clément MAMBE des DTH de Bouna et de Bondoukou pour les données de terrains.

✚ M. Sidi DAGNOGO, Directeur des Etudes à la DDET pour ses constants encouragements et sa sollicitude dès mes premiers moments à l'ONEP.

✚ Le personnel des autres directions de l'ONEP qui m'ont apporté leurs expertises durant cette période. Une gratitude particulière à M. Yves LATHRO et M. Denis KOUADIO de la DCEQ.

✚ M. Raymond Assoukou pour son soutien morale et ses multiples encouragements.

## **RESUME**

La présente étude porte sur l'état des lieux et les perspectives de l'alimentation des populations de deux régions du Nord-Est de la Côte d'Ivoire. Il s'agit des populations du Gontougo et du Bounkani.

L'alimentation en eau potable des populations du Gontougo et du Bounkani se fait essentiellement au moyen de forages et des pompes à motricité humaine (PMH).

Cette présente étude a pour objectif principale d'analyser la capacité des ouvrages hydrauliques à satisfaire les besoins de l'alimentation en eau potable des populations du Gontougo et du Bounkani et de proposer des solutions alternatives en cas de nécessité.

De prime abord des études hydrogéologiques et hydrologiques ont été menées dans le cadre de l'existant.

Il a été ensuite nécessaire de procéder à une comparaison des productions actuelles et futures des ouvrages hydrauliques avec les besoins à divers horizons des populations.

En effet, les débits ouvrages hydrauliques concernés n'ont pas donné satisfaction tant situation actuellement qu'aux horizons futurs. Le recours à un autre type de ressource en eau a été envisagé, s'agissant notamment des eaux de surfaces.

Le choix de cette alternative s'inscrit dans la vision d'une gestion intégrée des ressources comme solution globale et durable. L'application de cette solution en comparaison à d'autres études a donné des preuves satisfaisantes et des perspectives d'espairs.

Aussi, la mise en œuvre de cette solution participerait à donner un espoir aux populations de ces deux régions bénéficiaires.

## **Mots-clés :**

**Alimentation en eau potable, Ouvrages hydrauliques, Perspectives, Eaux de surface, Solution.**

**ABSTRACT**

The present study focuses on the inventory and statement of state of repair and view about the supply in drinkable water of the population of two regions in the Nord-East side of Côte d'Ivoire. It's about the regions of Gontougo and Bounkani.

The supply in drinkable water of Gontougo and Bounkani is essentially provided by boreholes and Human Motricity Pumps (HMP).

The aim of this present study is to analyse the capacity to fullfil the needs about the supply in drinking water of the population of Gontougo and Bounkani and to put forward alternative solutions in case of necessity.

At first, hydrogeological and hydrological studies has been bring up in the context of the existing. Then, it has been necessary to carry out a comparison between currents and futurs productions of the engineering structures and needs of populations at various outlooks.

Indeed, the outflows concerned engineering structures didn't give satisfactory as well as in the current situation neither in outlooks. The resorting to another type of water resource has been envisaged, notably the surface water.

The choice of this alternative is in the line with the view of an integrated handling of resources like global and long-standing solution. The execution of this solution in comparison with other similar studies gave satisfactory proofs and hopes.

Also, the execution of this solution would participate to give hope for population of those two beneficiaries regions.

**Keywords: Supply in drinkable water, Engineering Structures, Perspectives, Surface Water, Solution.**

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**A:** Superficie en Kilomètre- Carré

**(ab)** : la longueur du plus long talweg en Kilomètre

**AEP:** Alimentation en Eau Potable

**CCT:** Centre de Cartographie et de Télédétection

**CIE:** Compagnie Ivoirienne d'Electricité

**CNTIG:** Centre National de Télédétection et d'Information Géographique

**DCEQ :** Direction du Contrôle de l'Exploitation et de la Qualité

**DDET:** Direction du Développement des Etudes et Travaux

**DHRP:** Direction de l'Hydraulique Rurale et Péri-Urbaine

**DRE:** Direction des Ressources en Eau

**DTH :** Direction Territoriale de l'Hydraulique

**GIRE :** Gestion Intégrée des Ressources en Eau

**GPS :** Global Positionning System

**HU:** Hydraulique Urbaine

**HVA:** Hydraulique Villageoise Améliorée

**INS:** Institut National de la Statistique

**K<sub>c</sub>:** Coefficient de compacité ou Indice de Gravelius.

**L:** Longueur du bassin versant en kilomètre (Km)

**OCHA:** Office for the Coordination of Humanitarian Affairs

**OMD:** Objectifs du Millénaire pour le Développement

**ONEP:** Office National de l'Eau Potable

**ONU:** Organisation des Nations Unies

**P:** Périmètre en Kilomètre

**PMH :** Forage avec pompe à Motricité Humaine

**PPU:** Programme Présidentiel d'Urgence

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

**PS-Eau:** Programme Solidarité Eau

**RGPH :** Recensement Général de la Population et de l'Habitat

**SODECI :** Société de Distribution d'Eau en Côte d'Ivoire.

**UFR-STRM :** Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Terre et des Ressources Minières

**UNICEF:** Organisation des Nations Unies pour l'Enfance et la Famille

**UTM:** Universal Transversal Mercator.

SOMMAIRE:

DEDICACE .....	III
REMERCIEMENTS .....	IV
RESUME .....	V
ABSTRACT .....	VI
LISTE DES ABREVIATIONS.....	VII
SOMMAIRE.....	1
LISTE DES FIGURES.....	4
LISTE DES TABLEAUX.....	5
INTRODUCTION.....	6
Problématique .....	7
Objectifs de l'étude .....	8
CHAPITRE I   PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE.....	9
I.1   Le Gontougo.....	9
I.2   Le Bounkani .....	9
CHAPITRE II   LES RESSOURCES PHYSIQUES .....	11
II.1   Les contextes climatiques et pluviométriques du Gontougo et du Bounkani .....	11
II.1.1   Caractères généraux du climat dans le Gontougo .....	11
II.1.2   Pluviométrie du Gontougo .....	11
II.1.3   Caractères généraux du climat dans le Bounkani .....	12
II.1.4   Pluviométrie du Bounkani .....	13
II.2   Reliefs et Sols et Hydrographie des zones d'étude .....	14
II.2.1   Le relief, les sols et le réseau hydrographique du Gontougo .....	14
II.2.1.1   Le relief et les sols .....	14

II.2.1.2	Le réseau hydrographique du Gontougo.....	15
II.2.2	Le relief, les sols et réseau hydrographique du Bounkani .....	15
II.2.2.1	Caractéristiques du relief et des sols.....	15
II.2.2.2	Le réseau hydrographique du Bounkani .....	16
II.3	Les contextes géologiques et hydrogéologiques des deux régions .....	18
II.3.1	Le contexte géologique des deux régions .....	18
II.3.2	Les contextes hydrogéologiques des deux régions .....	19
CHAPITRE III	MATERIELS ET METHODES .....	20
III.1	Synthèse bibliographique .....	20
III.2	Les ouvrages des deux régions et leurs états. ....	21
III.3	Matériels .....	23
III.4	Méthodes .....	23
III.4.1	Collecte des données .....	23
III.4.2	Traitement des données collectées .....	24
III.4.3	Paramètres d'étude des forages, analyse de la morphométrie des bassins versants .....	25
III.4.4	Mécanisme de gestion de l'alimentation en eau potable .....	25
III.4.5	Evolution démographique des régions.....	26
III.4.6	Estimation de la demande et des besoins des populations.....	27
CHAPITRE IV	PRESENTATION DES RESULTATS, ANALYSE ET INTERPRETATIONS.....	28
IV.1	Analyse paramètres hydrauliques des ouvrages du milieu rural .....	28
IV.2	Analyse des paramètres hydrauliques des forages d'hydraulique urbaine .....	28
IV.3	Les équipements des ouvrages de mobilisation et leurs états de disfonctionnement .....	30
IV.3.1	Le cas des PMH et des forages en HVA .....	30
IV.3.2	Cas des forages HU .....	33
IV.3.3	Etat de quelques composants du réseau .....	33
IV.4	Evolution démographique et estimation des besoins en eau aux horizons divers .....	37
IV.4.1	Evolution démographique des régions .....	37
IV.4.2	Estimation de la demande et des besoins en eau des populations .....	38
IV.4.2.1	Estimation de la demande en eau.....	38
IV.4.2.2	Estimation des besoins en eau.....	39
IV.4.2.3	La production des ouvrages de mobilisation.....	41
IV.5	Les apports des eaux de surface et les ouvrages recommandés .....	41

IV.5.1	Les apports des eaux de surfaces .....	41
IV.5.1.1	Le barrage de Songori et son apport.....	42
IV.5.1.2	Le captage du fleuve Volta Noire .....	43
IV.5.1.3	Les ouvrages recommandés.....	43
CHAPITRE V	DISCUSSIONS.....	44
V.1	La capacité de production des forages .....	44
V.2	La demande en eau et les productions du réseau .....	44
V.3	La nécessité de l'usage des eaux de surface .....	44
V.4	Le mode de gestion de l'alimentation en eau potable des deux régions .....	45
CHAPITRE VI	CONCLUSION GENERALE .....	46
CHAPITRE VII	RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES .....	47
BIBLIOGRAPHIE.....		48
ANNEXES .....		50

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1: Carte administrative de la Côte d'Ivoire.....	10
Figure 2: Carte de situation des zones d'étude.....	11
Figure 3: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles dans le Gontougo .....	12
Figure 4: histogramme des précipitations moyennes mensuelles dans le Bounkani.....	14
Figure 5: Carte du réseau hydrographique des régions .....	17
Figure 6: Carte géologique de la Côte d'Ivoire.....	18
Figure 7: pompe à motricité humaine avec piston .....	22
Figure 8: pompe à motricité humaine avec bras .....	22
Figure 9: Forage destiné à l'hydraulique urbaine.....	23
Figure 10 : équipements vétustes de PMH.....	31
Figure 11: PMH avec une fuite .....	31
Figure 12: Bac de préparation de la chaux.....	33
Figure 13: Une pompe doseuse (Bondoukou).....	34
Figure 14:château d'eau de Bondoukou .....	35
Figure 15: Evolution démographique à divers horizons .....	37
Figure 16: Le barrage de Songori (Vue de dessus).....	42

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Récapitulatif de précipitations moyennes mensuelles du Gontougo.....	12
Tableau 2: Récapitulatif des précipitations mensuelles du Bounkani .....	14
Tableau 3: Récapitulatif des caractéristiques morphométriques de quelques bassins versants dans le Gontougo .....	15
Tableau 4: Paramètres morphométriques de quelques bassins du Bounkani .....	16
Tableau 5: Récapitulatif des ouvrages des deux régions .....	23
Tableau 6:Caractéristiques des forages HU du Gontougo .....	29
Tableau 7:Caractéristiques des forages HU du Bounkani .....	30
Tableau 8: Les réservoirs .....	35
Tableau 9: Récapitulatif des équipements du réseau d'eau potable .....	37
Tableau 10:Evolution démographique de la population des deux régions .....	37
Tableau 11:Paramètres d'estimation de la demande en eau .....	38
Tableau 12: Estimation de la demande et des besoins des populations du Gontougo .....	38
Tableau 13: Estimation de la demande et des besoins en eau des populations du Bounkani .....	39
Tableau 14: Bilan des productions des deux régions .....	40

## **INTRODUCTION**

Il a été mondialement reconnu par l'Assemblée Générale de l'ONU, tenue en sa 108<sup>ième</sup> session plénière le 28 Juillet 2010, que le droit à une eau potable constitue un droit humain fondamental. C'est dans cette optique que partout dans le monde, toute politique devrait être mise en œuvre pour satisfaire les besoins de diverses populations ayant droit. Toutes ces décisions ont été appuyées par la résolution 58/217 de l'ONU proclamant la période 2005-2015 «la décennie internationale de l'eau». Par ailleurs, cela s'inscrit dans le volet relatif à l'eau et à l'assainissement des OMD (OMD, Objectif 7–Cible3).

La Côte d'Ivoire en particulier ne saurait se soustraire à cette vision. Pour y répondre, des structures appropriées ont été mise en place afin de faire de l'accès à l'eau potable et sa gestion une priorité nationale. Un vaste programme national d'urgence pour les infrastructures est en cours exécution pour résorber considérablement le problème de pénurie d'eau en Côte d'Ivoire d'ici l'échéance de la fin de l'année 2014 (PPU, volet infrastructures). Cependant, nous savons que toute bonne politique en matière d'alimentation en eau potable passe par la mise en place d'infrastructures adéquates. Il est évidemment sous-entendu une mobilisation efficace des ressources en eau et des stratégies pour la durabilité de l'alimentation en eau potable. Le taux national d'accès à l'eau potable en Côte d'Ivoire est à ce jour passé de 60% à 65% (Conférence des états généraux de l'eau potable tenue à Yamoussoukro du 26 au 29 Août 2009). Malgré cette nette amélioration au plan national, certaines régions de la Côte d'Ivoire seraient encore tributaires d'une situation défavorable quant à l'accès et la durabilité de l'alimentation en eau potable. Cette situation sus-mentionnée combinée à la faible performance des ouvrages met en évidence la corrélation entre la mobilisation et la durabilité de l'alimentation en eau potable. . Le Nord de la Côte d'Ivoire en général et le Nord-Est en particulier est réputé comme étant grandement tributaire de cette situation.

La présente étude intitulée: « **L'alimentation en eau potable des populations du Gontougo et du**

**Bounkani : Etat des lieux et perspectives.** » permettra d'évaluer l'efficacité des ouvrages hydrauliques de mobilisation des ressources en eau sous l'angle de la pérennité de l'alimentation en eau potable de ces deux régions du Nord-Est de la Côte d'Ivoire.

## **Problématique**

Les services d'eau potable font généralement face aux soucis de continuité de l'alimentation en eau potable des populations qu'ils ont à charge de satisfaire. Ce souci est surtout lié à l'évolution galopante de la population et aussi à l'efficacité des ouvrages hydrauliques pour la mobilisation des ressources en eau. Ainsi sont les raisons qui emmènent à s'interroger sur les moyens et le mécanisme adéquats pour la pérennité du service d'eau potable pour les populations bénéficiaires.

La question de la mobilisation des ressources en eau et de la durabilité des services d'eau potable est immédiatement mise en évidence. A cette question beaucoup d'éléments de réponses se présentent, mais il faut savoir en prendre les plus efficaces dans le long terme.

En Côte d'Ivoire, la question de l'eau potable est une préoccupation nationale et beaucoup d'efforts sont faits pour répondre aux besoins des populations. Dès l'instauration des Programmes Nationaux de l'Hydraulique Humaine (PNH H), il a été constaté une évolution du taux d'accès à l'eau potable assez acceptable. En effet, ce taux est passé de 48% depuis 1973 à 60% à l'an 2009. Cependant, il reste encore des régions de la Côte d'Ivoire qui sont moins nantis quant à l'accès à l'eau potable. Au nombre de ces régions sont rangées les régions du Nord-Est, cadre de notre étude. Les causes de cette réalité seraient un manque de suivi de l'efficacité des ouvrages en exploitation d'une part, et aussi au fait que des alternatives comme l'utilisation des eaux de surfaces ne sont pas encore mise en exécution. Par-delà cette suggestion, un mécanisme de gestion adéquate et un contrôle de l'exploitation est nécessaire pour la durabilité du service.

Nous sommes dans ce cas en droit de nous poser quelques questions légitimes comme suit:

- Les ouvrages destinés à la mobilisation des ressources sont-ils en l'état actuel capables de satisfaire aux besoins en eau potable des populations ?
- La nécessité de solutions alternatives s'impose-t-elle dans la durée?

## **Objectifs de l'étude**

- **Objectif général**

L'objectif général de cette étude est d'analyser les caractéristiques de ouvrages hydrauliques destinés à la mobilisation des ressources en eau, d'en évaluer l'efficacité pour la durabilité de l'alimentation en eau potable et d'envisager éventuellement l'adoption des solutions alternatives en cas de nécessité.

- **Objectifs spécifiques**

Pour atteindre cet objectif, les objectifs spécifiques suivants ont été pris en compte :

-Faire un diagnostic de la situation actuelle de l'alimentation en eau potable des deux régions;

-Montrer la nécessité de solutions alternatives pour le renforcement du système de l'alimentation en eau potable des deux régions ;

-Mettre en place un mécanisme efficace de contrôle et de gestion du système d'alimentation en eau potable mis en place.

- **Résultats attendus**

-le diagnostic de l'alimentation en eau potable des deux régions est connu;

-la projection de la demande aux horizons futurs est évaluée;

-des solutions alternatives pour la durabilité de l'alimentation sont proposées ;

-un mécanisme efficace de contrôle et d'exploitation adéquate pour la continuité de l'alimentation en eau potable est mise en place.

## **CHAPITRE I            PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE**

### **I.1    Le Gontougo**

Le Gontougo est une région située dans le district du Zanzan, au Nord-Est de la Côte d'Ivoire. Elle est composée des départements suivants: Bondoukou, Tanda, Transua, Sandegué et Koun-Fao. La région du Gontougo couvre une superficie de 16160,8km<sup>2</sup>. Selon le recensement général de 1998, cette région comptait 251739 habitants, soit une densité moyenne de 16 hbts / km<sup>2</sup> (INS, RGPH 1998). La région du Gontougo est limitée:

- au Nord par la région du Bounkani et la république du Burkina-Faso;
- au Sud par les régions de l'Indénié- Djuablin et du Sud-Comoé ;
- à l'Est par la république du Ghana ;
- à l'Ouest par les régions d'Iffou et le district de la vallée du Bandama.

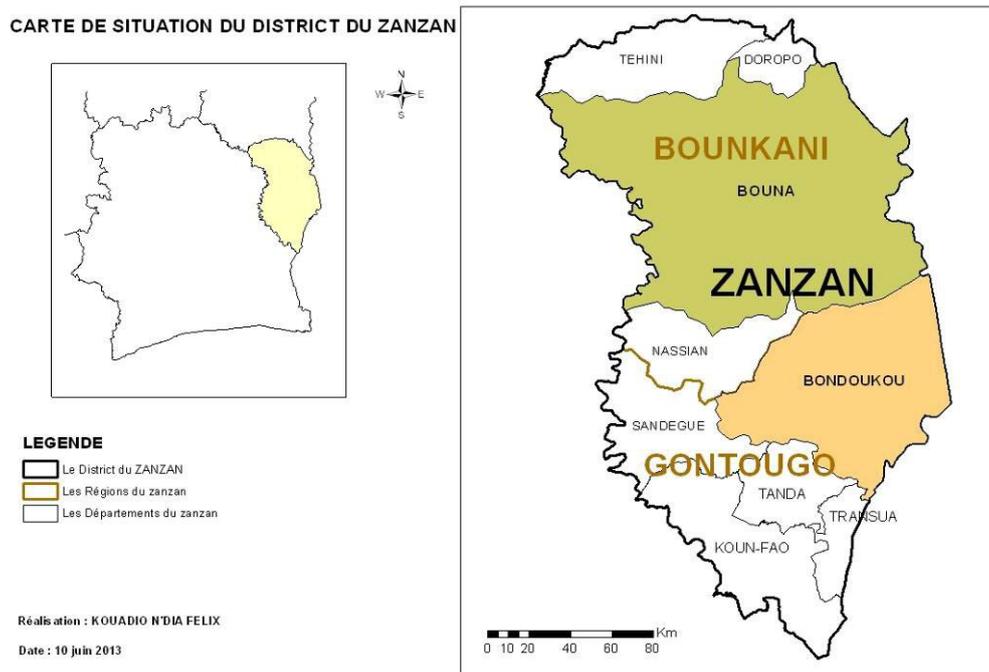
### **I.2 Le Bounkani**

La région du Bounkani est aussi située dans le Nord-Est de la Côte d'Ivoire. Elle est composée des départements suivants: Bouna, Nassian, Doropo et Téhini. L'ensemble de ses départements couvre une superficie de 22091,5 km<sup>2</sup>. D'après le recensement général de la population de 1998, le Bounkani comptait en son sein 178769 habitants, soit une densité de 8hbts/km<sup>2</sup> (INS, RGPH 1998). La région du Bounkani est limitée:

- au Nord, par la république du Burkina- Faso ;
- au Sud, par la région du Gontougo ;
- à l'Ouest, par le district de la vallée du Bandama et la région du Tchologo;
- à l'Est par la République du Ghana.



**Figure 1: Carte administrative de la Côte d'Ivoire, source: OCHA et CNTIG (Ech: 1/5000000)**



**Figure 2: Carte de situation des zones d'étude, Ech: 1/2000000.**

## **CHAPITRE II LES RESSOURCES PHYSIQUES**

### **II.1 Les contextes climatiques et pluviométriques du Gontougo et du Bounkani**

#### **II.1.1 Caractères généraux du climat dans le Gontougo**

Le Gontougo est soumis au climat Baouléen qui lui-même fait partie de la zone des climats de transition en Afrique. Dans ce type de climat prédomine un vent chaud et sec communément appelé harmattan. Les températures varient tout le long de l'année entre 24°C et 29° C.

#### **II.1.2 Pluviométrie du Gontougo**

La répartition pluviométrique révèle dans le Gontougo quatre saisons:

-D'Avril à Juin, il y a la grande saison pluvieuse avec un maximum de hauteur de pluie en Mai.

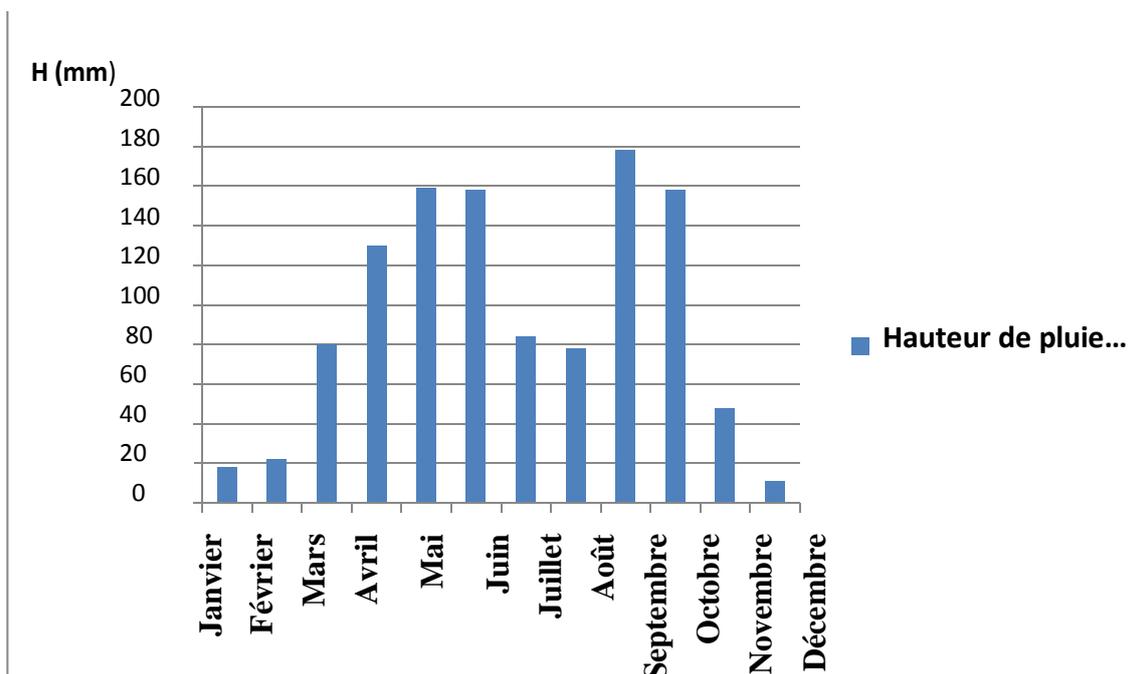
-De Juillet à Août, il vient la période transitoire de baisse des précipitations, ce qui constitue la petite saison sèche.

-De Septembre à Octobre, les précipitations remontent avec un pic en septembre. Cette période correspond à la petite saison des pluies.

- De Novembre à Mars, il y a la grande saison sèche caractérisée par une très forte baisse de la pluviométrie. Les mois de Décembre et Janvier constituent les mois les plus «secs».

**Tableau1: Récapitulatif de précipitations moyennes mensuelles du Gontougo, source : SODEXAM (2009-2012)**

Mois	Hauteur de pluie (mm)
<b>Janvier</b>	<b>18</b>
<b>Février</b>	22
<b>Mars</b>	80
<b>Avril</b>	130
<b>Mai</b>	<b>159</b>
<b>Juin</b>	158
<b>Juillet</b>	84
<b>Août</b>	78
<b>Septembre</b>	<b>178</b>
<b>Octobre</b>	158
<b>Novembre</b>	48
<b>Décembre</b>	<b>11</b>



**Figure 3: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles dans le Gontougo.**

### **II.1.3 Caractères généraux du climat dans le Bounkani**

Le Bounkani est soumis au même climat que le Gontougo avec des amplitudes thermiques annuelles et quotidiennes fortes. L'humidité relative est comprise en 40% et 50%. On dénote la présence de l'harmattan qui intervient en général entre les mois de Décembre et Février. La température moyenne annuelle du Bounkani oscille autour de 27° C.

### **II.1.4 Pluviométrie du Bounkani**

Cette zone connaît deux (2) saisons qui se répartissent comme suit:

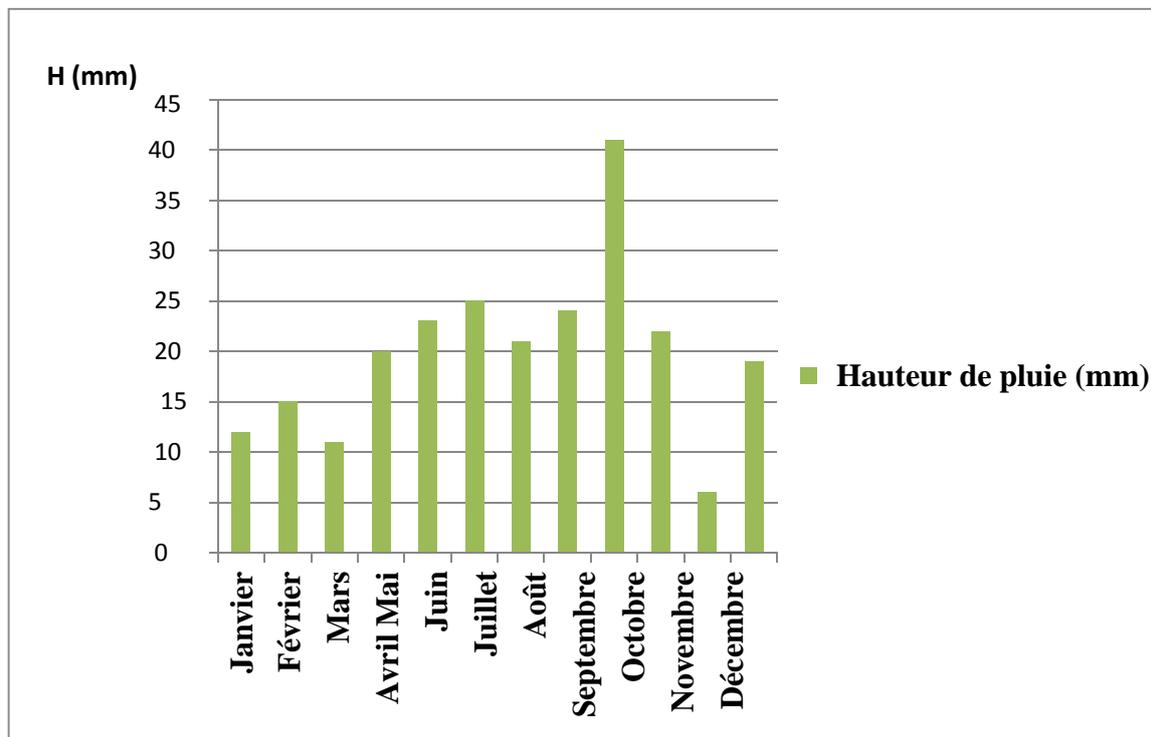
- Une saison de pluie allant d'Avril en Octobre avec d'importantes précipitations en Septembre, Août et Juin. Le mois qui enregistre une grande hauteur de pluie est le mois de Septembre avec 41mm.
- Une saison sèche allant de Novembre à Mars. En particulier le mois de Novembre est le plus sec avec 6mm.

**Tableau2: Récapitulatif des précipitations moyennes mensuelles de la région du Bounkani**

source : SODEXAM (2009-2012)

<b>Mois</b>	<b>Hauteur de pluie (mm)</b>
<b>Janvier</b>	<b>12</b>
<b>Février</b>	15
<b>Mars</b>	11
<b>Avril</b>	20
<b>Mai</b>	23
<b>Juin</b>	25
<b>Juillet</b>	21
<b>Août</b>	24
<b>Septembre</b>	<b>41</b>
<b>Octobre</b>	22
<b>Novembre</b>	<b>6</b>
<b>Décembre</b>	19

Ce tableau ci-dessus relatif au Bounkani permet d'apprécier la différence des pluviométries des deux régions.



**Figure 4: histogramme des précipitations moyennes mensuelles dans le Bounkani.**

## **II.2 Reliefs et Sols et Hydrographie des zones d'étude.**

### **II.2.1 Le relief, les sols et le réseau hydrographique du Gontougo**

#### **II.2.1.1 Le relief et les sols.**

La zone d'étude concernée est constituée d'un relief présentant deux aspects:

-un aspect très accidenté dans la partie centrale, du côté Est et dans la partie Nord. On constate que le relief est principalement plus accidenté à Bondoukou qu'ailleurs. Le village de Laoudi-Bâ en est une illustration forte avec des buttes cuirassées développées sur des formations volcano- sédimentaires. Ce relief très accidenté recouvre en moyenne 10% du territoire et on y rencontre des sommets culminant à 560 m comme le mont Zanzan et à 700 m comme le mont Koun.

- un relief monotone qui recouvre le reste de la zone d'étude.

Ces différentes surfaces monotones du relief présentent un profil de paysage vallonné où les altitudes varient entre 225m et 400m. Le paysage est aussi constitué de plateaux reposants sur un substratum granitique (Géomines, 1982).

Le Gontougo est recouvert de sols ferralitiques et, et aussi de sols argilo- sableux profonds.

### II.2.1.2 Le réseau hydrographique du Gontougo

Une vue globale du réseau hydrographique permet de savoir que le Gontougo présente une grande variété de cours d'eau dont certains sont permanents et d'autres intermittents. Parmi les cours d'eau principaux l'on peut citer le Dioré, le Nenguéré, le Bèrené, le Baya, qui affluents du grand fleuve Comoé. On a aussi le fleuve Kohodio qui est le seul affluent de la volta Noire dans la région. D'après la carte du réseau hydrographique, le Gontougo se trouve à cheval entre les deux grands bassins du fleuve Comoé et Volta Noire.

Une étude de la hiérarchisation du réseau hydrographique faite selon la méthode de Strahler(1957) a permis de déterminer différents ordres de Strahler: 1, 2 et 5.

**Tableau3: Récapitulatif des caractéristiques morphométriques de quelques bassins versants dans le Gontougo, Source : Stations hydrométriques bassin de la Comoé.**

Bassins versants	Bénéré	Dioré	Nenguéré	Kohodio	Baya
Ordre	1	5	1	2	1
L(Km)	494,6	839,9	1376	55	712,7
A(Km <sup>2</sup> )	329	779,7	1238	2859	474,4
P(Km)	72,63	141,9	182,7	52	107,3
(ab)	28,69	63,16	85,31	39,55	44,13
L/A	1,5	1,08	1,11	0,019	1,5
K <sub>c</sub>	1,12	1,42	1,45	0,27	1,38

❖ (ab) :la longueur du plus long talweg.

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

❖ K<sub>c</sub>:le coefficient de compacité où

## II.2.2 Le relief, les sols et réseau hydrographique du Bounkani

### II.2.2.1 Caractéristiques du relief et des sols

Le relief du Bounkani est hétérogène et constitué de plateaux et de monts. Le point culminant du Bounkani est le mont Bowé (725m) à Bouna. Les plateaux sont inclinés dans la direction Nord-Sud. La plupart des monts qu'on observe dans le Bounkani se trouvent à Téhini, Nassian et Bouna.

On peut citer le mont Téhini (500m) et le mont Yevelè (650m). Quant à Nassian, c'est le département le plus couvert de monts. On retrouve quelques grands plateaux à l'Ouest sur l'axe routier Bandakagni-Parhadi dont l'altitude moyenne est supérieure à 240m. Cette monotonie est brisée dans le Nord au niveau du parc national de la Comoé par les monts Botrou (625m) et Boutourou (526m); au Sud par les monts Zamérényengo (357m) et Zingoulédiou (382m); au Sud-Est le mont Tataoua dont le sommet culminant à 696m.

Le Bounkani est recouvert de sols ferrallitiques et argilo-sableux profonds à certains endroits.

### II.2.1.1 Le réseau hydrographique du Bounkani

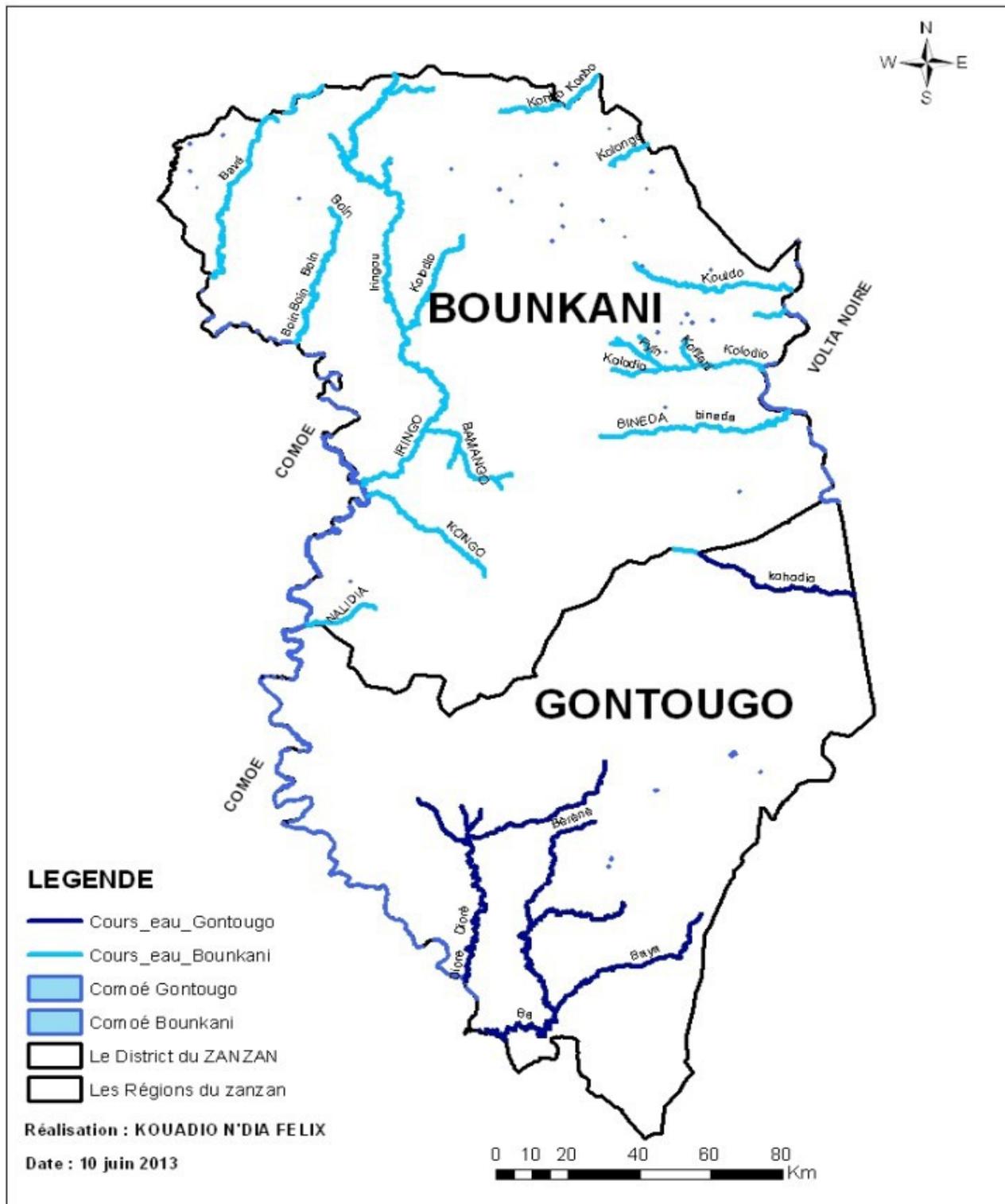
Le réseau hydrographique est marqué par la présence des deux grands bassins versants que sont la Volta Noire et le Comoé, respectivement situés à l'Est et à l'Ouest. Ces deux fleuves sont situés l'un à 35 km (Volta Noire) et l'autre à 75km de Bouna (Comoé). Les principaux cours d'eau du réseau sont des affluents de ces deux fleuves. Pour la volta Noire, on a: Koulou, Bineda et Koulodio. Par ailleurs, quelques affluents comme le Kolongo et le Konbo sont proches des zones voisines du Burkina-Faso. Au niveau du fleuve Comoé, les principaux affluents sont: Nalidia, Iringou, Kongo, Boin et Bavé. L'étude du réseau hydrographique fait ressortir une hiérarchisation de Strahler de 1, 2 et 5

**Tableau4: Paramètres morphométriques de quelques bassins du Bounkani, source : Stations hydrométriques des bassins de la Volta Noire.**

Bassins versants	Nalidia	Kongo	Iringou	Boin	Bavé	Bineda	Koulou	Koulodio
Ordre	1	1	5	1	1	1	1	2
L(Km)	32	44,4	115,5	44,4	53,3	60,4	48	51,5
A(Km <sup>2</sup> )	150	350	2155	635	297	288	1140	1536
P(Km)	36	30,6	130	37	55,6	34,8	135	29,8
(ab)	17,55	25,16	<b>95,89</b>	45,27	28,41	43,5	26,44	23,36
L/A	0,02	0,03	0,06	0,027	0,019	0,028	0,032	0,033
Kc	0,29	0,23	0,78	0,26	0,29	0,21	1,11	0,21

A l'analyse de ce tableau on remarque que les ordres de Strahler prennent les valeurs 1,2 et 5. Les coefficients de compacité sont en majorité inférieurs à 1 sauf le bassin du fleuve Koulou.

## CARTE DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE DES REGIONS DU GONTOUGO ET DU BOUNKANI



**Figure 5: Carte du réseau hydrographique des régions**

## II.3 Les contextes géologiques et hydrogéologiques des deux régions

### II.3.1 Le contexte géologique des deux régions

Les deux régions se trouvent dans l'ère du précambrien moyen. Cette ère est subdivisée en plusieurs domaines dont le Baoulé-Mossi (le complexe granitoïde), le tarkwaïen et le Birrimien. Les roches de ces domaines sont très fracturées, constituant ainsi des aquifères potentiels. Au plan lithologique, on distingue trois grands ensembles :

- un ensemble volcano-sédimentaire constitué des schistes, d'amphibolites, métadolorites, de métavulcanites non quartziques (Basaltes et Andésites)
- un ensemble intrusif constitué essentiellement de granodiorites plus ou moins métamorphisés, de granites, de migmatite, de granitoïdes concordants et discordants, de monzonites et de tonalites.
- un ensemble tarkwaïen constitué de conglomérats, des grès et des arkoses.

En termes de répartition, les roches du complexe granitoïde baoulé dominant le Bounkani, tandis que ceux du Birrimien dominant le Gontougo.

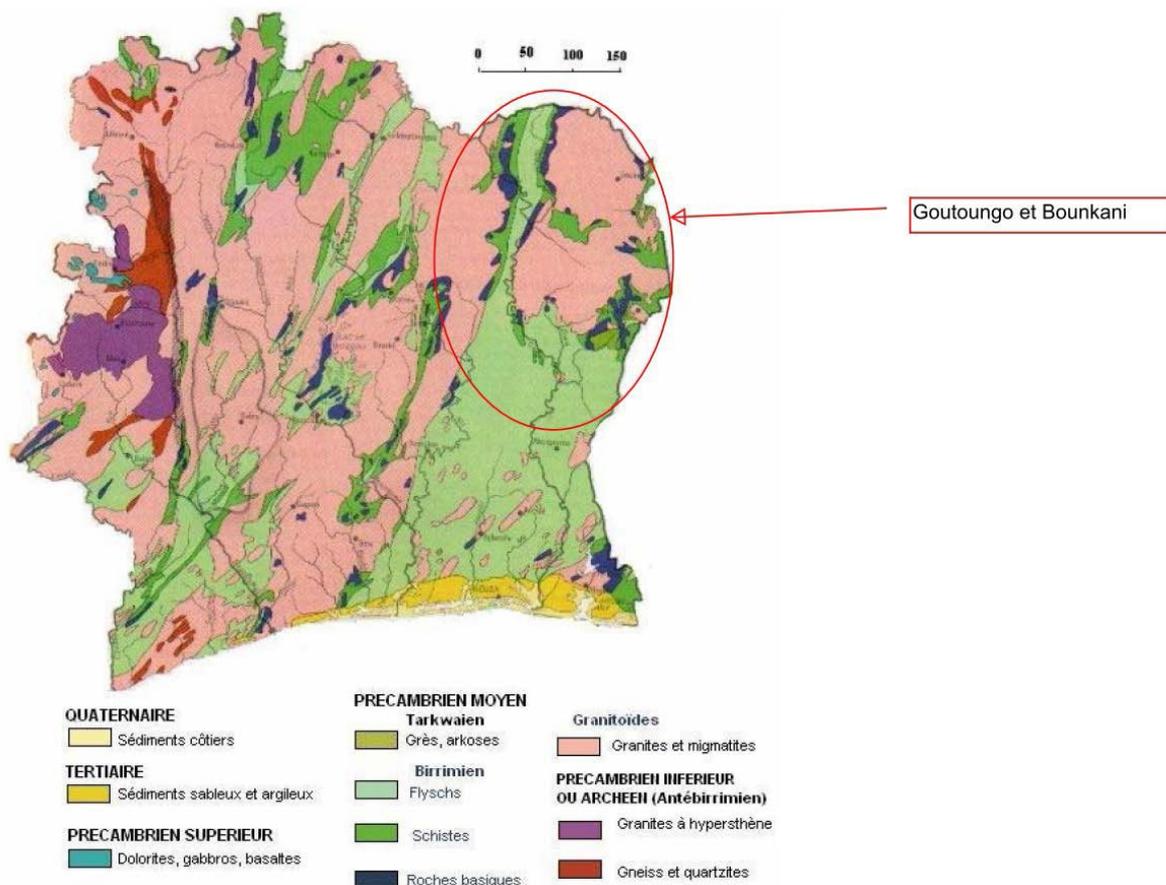


Figure 6: Carte géologique de la Côte d'Ivoire, source : CCT

### **II.3.2 Les contextes hydrogéologiques des deux régions**

Le Gontougo et le Bounkani font partie des zones de socles cristallins et cristallophylliens. Les eaux souterraines qu'on y rencontre se trouvent dans des aquifères discontinues. Il a été démontré que les zones de socles cristallins et cristallophylliens couvrent 97,5% du territoire ivoirien contre 2,5% recouvert par les zones de socles du bassin sédimentaire de la partie Sud (Goula et al 2007). Les aquifères discontinues des zones de socles cristallins et cristallophylliens eux-mêmes se subdivisent en aquifères de fissures et aquifères de la frange altérée. Les aquifères majoritairement rencontrés dans nos zones d'étude sont dans des aquifères de fissures dans lesquels les nappes sont logées à des profondeurs dépassant parfois 60m (Koita, 2010). Ces aquifères de fissures constituent des réservoirs intéressants d'eau souterraines.

Cependant, compte tenu de la faible porosité et de la relative perméabilité de ces aquifères, la productivité des forages implantés dans ces socles est modeste. Quant à la transmissivité équivalente de ce type d'aquifère, elle est comprise entre  $10^{-4} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  et  $10^{-3} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Conformément à tous les aquifères de fissures en Afrique de l'Ouest, les débits plus importants sont observés au niveau des couches de granitoïdes et ceci en fonction de la densité des fissurations.

La combinaison de ces deux types d'aquifères font du contexte hydrogéologique de ces deux régions l'un des plus riches, mais avec des nappes difficiles à exploiter.

Le schéma de fonctionnement des nappes de fissure est classique tant dans le Gontougo comme dans le Bounkani. Ainsi, on a une zone d'alimentation directe ou en contact d'affleurement sous les altérites saturées, une zone de circulation plus ou moins développée et enfin une zone d'émergence directement liée aux nappes d'altérites. Les nappes de ces aquifères sont en généralement semi- captives.

## **CHAPITRE III MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **III.1 Synthèse bibliographique**

#### **❖ Synthèse bibliographique**

Il s'agit ici de présenter l'état de l'art de notre thématique afin de mieux nous en approprier. Elle a

consisté en recherches documentaires afférentes à notre étude. Pour y arriver, il nous a fallu utiliser l'outil internet et les différents documents mise à notre disposition dans la base documentaire de l'ONEP. Beaucoup d'auteurs et d'experts ont traité des questions relatives à la mobilisation des ressources en eau et du lien d'avec l'alimentation en eau potable.

Dans la région du Centre-Est de la Côte d'Ivoire, une étude sur l'analyse de la productivité des aquifères de fractures dans le cas d'un socle cristalline a permis d'évaluer les débits et l'efficacité de ces forages en fonction de la nature du socle. Il en est ressorti la mise en évidence de la potentialité des eaux souterraines quant à sa contribution à l'alimentation en eau potable des populations concernées (Kouassi et al, 2010).

Une autre étude toujours en Côte d'Ivoire, a été menée dans la région des lacs dont l'objectif était d'évaluer les propriétés hydrauliques des aquifères fracturés en vue d'analyser l'efficacité des forages existants pour l'alimentation en eau potable .Au travers de cette étude quelques caractéristiques hydrodynamiques des aquifères ont permis de juger de l'efficacité des forages pour le service d'alimentation en eau potable. Il s'est avéré que les forages dans cette région engendrent de faibles débits (G Soro, et al).Il est à noter que dans le cadre de ces deux études, les valeurs de transmissivités évoluent dans le même ordre ( $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} < T < 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ).

Il a été enregistré un taux de 65% de forages abandonnés, ce qui dépasse de loin le taux national qui est de 30% (Fernand Kouamé, 2012).

Par ailleurs durant l'année 2001, dans le cadre des réflexions nationales sur l'hydraulique humaine en Côte d'Ivoire, un rapport d'experts en hydraulique a permis de voir l'évolution national de l'alimentation en eau potable .Au travers de ce travail d'expertise, il a été relevé que de grands efforts restent encore à fournir vu la potentialité des ressources en eau en Côte-d'Ivoire (Djouka Anzéni et al, 2001).

Dans le guide pratique sur l'accès à l'eau potable des pays en voie de développement, réalisé en coordination avec le programme ps-Eau, il a été question de réfléchir sur les préoccupations de l'accès durable à l'eau potable des populations des pays en voie de développement. Les auteurs de ce guide ont élaboré des questions importantes et des pistes de réflexion fondamentales à l'accès durable à l'eau potable. De là, il s'est avéré nécessaire de mettre des stratégies de planification et de gestion pour la bonne marche de la politique d'alimentation en eau potable (Gilles Burckhardt et al, 2012).

### **III.2 Les ouvrages des deux régions et leurs états.**

L'ensemble des ouvrages pour la mobilisation des ressources en eau de ces deux régions se compose de: PMH et de forages. Nous dénombrons 1451 PMH pour un total de 496 villages, soit en moyenne 03PMH /village. Dans le Gontougo, nous avons 752 PMH, soit donc 51,83%. Dans le Bounkani, on a 699 PMH soit donc 48,17%. Pour ce qui concerne les forages du système HVA, nous n'en n'avons pas dans le Bounkani et le Gontougo en compte seulement 20. Quant aux forages d'hydraulique urbaine, on en dénombre 15 dans le Gontougo et 07 dans le Bounkani. Tous ces ouvrages ne sont pas tous en parfait état de fonctionnement. En effet, on totalisait 123 PMH à problèmes, mais avec les diverses campagnes de maintenance et de réhabilitation effectuée, aujourd'hui 105 PMH ont pu être réparées.

Dans le cas des forages destinés à l'hydraulique urbaine, il y a seulement le forage F1 de Koun-Fao qui ne fonctionne pas.



**Figure 7: pompe à motricité humaine avec piston**



**Figure 8: pompe à motricité humaine avec bras**



**Figure 9: Forage destiné à l'hydraulique urbaine.**

Le tableau suivant montre un récapitulatif de l'ensemble des ouvrages de mobilisation et leurs proportions.

**Tableau5: Récapitulatif des ouvrages des deux régions**

REGIONS	PMH	FORAGES HU	HVA	PROPORTIONS PMH	PROPORTIONS HVA
GONTOUGO	752	15	20	51,83%	100%
BOUNKANI	699	7	0	48,17%	0%
TOTAUX	1451	22	20	100%	100%

### **III.3 Matériels**

Les matériels suivants ont été utilisés dans notre étude à savoir :

✚ Un GPS de marque GARMIN 62 S pour les coordonnées des forages des localités des deux régions.

✚ Un appareil photonumérique de marque SAMSUNG pour les prises de vue des ouvrages

Hydrauliques.

### **III.4 Méthodes**

#### **III.4.1 Collecte et traitements des données**

Cette phase qui a consisté à collecter des données techniques s'est fait par investigation auprès des structures habilitées en la matière. Nous avons recueilli les données d'exploitations par le biais des DTH des chefs-lieux de régions, la direction régionale de la SODECI d'Abengourou (Direction Régionale Est). Ces données techniques concernaient les forages et le réseau d'alimentation en eau potable.

Les autres données telles que les données cartographiques, pluviométriques, démographiques et les éléments d'hydrographie ont été obtenues grâce à la SODEXAM (les pluviométries), le CCT, l'ONEP et l'INS (données démographiques)

#### **✚Données sur les forages**

Les données sur les forages ont été traitées avec logiciel EXCEL 2010. Les coordonnées des forages ont été obtenues grâce au GPS. Les débits d'exploitation et les temps de pompage ont été mis dans un fichier EXCEL. Grâce à ces informations, une classification qualitative a été faite. Un tableau récapitulatif de cette classification sur nous a permis de comprendre le diagnostic au niveau des forages.

#### **✚Données sur les pluviométries**

A ce niveau les données ont été recueillies à la SODEXAM à partir des stations hydrométriques implantées dans les chefs-lieux des deux régions. Les hauteurs de pluies ont été recueillies sur une période de 2009 à 2012. Il a été ensuite calculé des moyennes mensuelles sur cette période concernée. L'ensemble de ces données a été résumé dans un tableau pour être enfin illustré dans des diagrammes

#### **✚Données d'exploitation**

Les données d'exploitation sont issues des rapports de missions effectuées sur le terrain par les agents d'exploitation de la SODECI et des DTH. Ces données ont fait l'objet de saisi dans un fichier EXCEL.

#### **✚Données cartographiques**

Ces données ont été du ressort du CCT et du CNTIG et furent traitées grâce au logiciel Arc Gis 9.0 (le module Arc Map). Cela a permis la réalisation de la carte de situation des zones d'étude et la carte du réseau hydrographique.

#### **✚ Les coordonnées des forages**

Les coordonnées des forages étaient en degrés décimaux sur le GPS. Il a fallu l'utilisation de l'application logiciel Convers 3 pour les convertir en UTM (Voir annexe 1 pour les coordonnées GPS de quelques forages).

### **III.4.2 Paramètres d'étude des forages, analyse de la morphométrie des bassins versants.**

#### **✚ Paramètres d'études des forages et des ouvrages annexes**

Les forages constituent l'essentiel des ouvrages de mobilisation des ressources en eau de nos zones d'étude. D'autres ouvrages sont notamment associés à ceux-II s'agit des châteaux d'eau et des PMH. Les paramètres d'étude retenus pour les forages sont: les débits d'exploitation, les débits nominaux, le niveau statique, les différents niveaux d'arrivée d'eau, la profondeur de foration et le type de pompe immergée. La détermination de ces paramètres a été obtenue grâce à différents essais de pompage effectués. La durabilité de l'alimentation en eau potable a été estimée en comparant les débits d'exploitation au niveau des forages et les débits des pompes avec le besoins en eau potable des populations à divers horizons (de 2013 à 2028).

#### **✚ Analyse de la morphométrie**

Le but de l'étude de ces paramètres était de pouvoir déterminer ce en quoi certaines ressources en eau de surface seraient pérennes. En effet, la connaissance des longueurs des plus longs talwegs nous permet de voir pourraient constituer des sites un mobilisation d'eau de surface. Ainsi, des ouvrages adéquats seront suggérés.

Le calcul des coefficients de compacité ont été déterminé par la formule de Gravelius. Ce calcul s'est important dans la mesure où il a servi de critère de définition du bassin versant. Un tableau récapitulatif de ces paramètres a été dressé pour chaque région. Par ailleurs, la hiérarchisation des bassins s'est basée sur la méthode de Strahler (1957). Nous avons adopté cette méthode parce que la configuration des bassins le permettait.

### **III.4.3 Mécanisme de gestion de l'alimentation en eau potable**

Le mécanisme de gestion de l'alimentation en eau potable s'est fait suivant que l'on était en milieu rural ou urbain. Ainsi pour le milieu rural, c'est la méthode de gestion communautaire qui fût adopté, tandis qu'en milieu urbain ce fût l'affermage. La méthode de gestion communautaire comme son nom l'indique implique la gestion des ouvrages par la communauté bénéficiaire tout en laissant celle-ci gérer les coûts liés à l'exploitation des ouvrages. Le mécanisme de gestion est basé sur une approche concertée des services responsables du contrôle et les autorités de la localité

#### **III.4.4 Evolution démographique des régions**

Les populations de ces deux régions sont soumises à évolution démographique. On estimera pour des projections aux horizons futurs la population des deux régions suivant la formule :

$$P_n = P_0 * (1 + \alpha)^N$$

- ✓  $P_n$  : population à l'année considérée
- ✓  $P_0$  : population à l'année prise comme référence
- ✓  $\alpha$  : taux d'accroissement moyen, ici on prendra  $\alpha = 3\%$
- ✓  $N$  : l'écart entre l'année  $n$  et l'année de référence

#### **III.4.5 Estimation de la demande et des besoins des populations.**

##### **❖ Estimation de la demande en eau des populations.**

La demande domestique est donnée par la formule:  $D_d = \text{Population} * \text{Consommation spécifique}$ .

La demande sociale est prise à 10% de la demande domestique. Quant à la consommation spécifique, elle est égale ici à 32l/j/ hbts.

La demande journalière moyenne ( $D_{jm}$ ) est la somme des deux demandes en eau:  $(D_{jm}) = D_d + D_s$

Quant à la demande journalière de pointe ( $D_{jp}$ ), elle est estimée par la formule:  $D_{jp} = C_{PS} * C_{pj} * D_{jm}$

##### **❖ Estimation des besoins en eau**

Les besoins en eau correspondent à l'offre que les pouvoirs publics devront rendre disponible pour répondre à la demande en eau. Ils sont déterminés en tenant compte de ladite demande en eau des usagers, du taux de raccordement ( $tr$ ) souhaité par le bénéficiaire, du comportement de celui-ci et des rendements des installations concernées.

Les formules ci-après sont utilisées pour l'évaluation des besoins en eau et des débits de dimensionnement des installations:

- Besoin jour pointe (B<sub>jp</sub>) :  $B_{jp} = tr * \frac{DJP}{N_r * N_t}$
- Débit de production d'eau brute :  $Q_{prod} = \frac{B_{jp}}{T}$
- Débit d'adduction d'eau potable :  $Q_{add} = \frac{D_{jp}}{N_r * T}$
- Débit de pointe horaire :  $Q_{ph} = \frac{D_{jp} * C_{ph}}{N_r * 24}$

## **CHAPITRE IV PRESENTATION DES RESULTATS, ANALYSE ET INTERPRETATIONS**

### **IV.1 Analyse paramètres hydrauliques des ouvrages du milieu rural.**

Les paramètres présentés ici sont les débits d'exploitation, les niveaux d'arrivée d'eau, les profondeurs forées et les niveaux statiques de ces ouvrages. Il convient de noter que les socles sur lesquels sont implantés les forages relèvent du domaine cristallin et cristalloydique. Ainsi, on observera des aquifères de fissures et des nappes en général semi-captives. Le débit d'une PMH est de l'ordre de  $0,7\text{m}^3/\text{h}$ . Quant aux forages du système de HVA, les débits d'exploitation vont de  $1\text{m}^3/\text{h}$  à  $17\text{m}^3/\text{h}$ .

Les niveaux d'arrivée d'eau varient selon que le type d'aquifère. Quand nous avons affaire à des altérations, les niveaux d'arrivée d'eau sont plus faibles que quand il s'agit de socle fracturés. On observe cette faiblesse du niveau d'arrivée d'eau en fonction de la lithologie du socle. En effet, si le socle est constitué de schiste birrimien et que l'aquifère est une altération, le niveau d'arrivée d'eau ne dépasse guère 60m. En revanche, les niveaux d'arrivée d'eau dans le cas des socles fracturés plus grand avec la même lithologie. On a par exemple des niveaux d'arrivée allant jusqu'à environ 96m. L'analyse des profondeurs forées nous montre que les forages ont des profondeurs allant au-delà de la profondeur du socle lui-même. Ce phénomène est fréquent dans les aquifères de socles fracturés, mais il l'est moins pour les altérites. Par exemple, on enregistre dans un cas donné une profondeur forée de 103m devant un socle fracturé de 73m et aussi une profondeur forée de 91m devant un socle fracturé de 24m (il s'agit du village de Pritti 1 à Transua).

Les mêmes cas de faiblesse de niveaux s'observent à l'analyse des niveaux statiques des forages. S'il s'agit d'une altération, le niveau statique est plus faible, mais quand il s'agit d'un aquifère de fissure, on remarque que le niveau statique est plus fort.

De façon plus globale, les aquifères de fissures imposent d'avoir des forages profonds, mais les débits d'exploitation ne pourront pas forcément satisfaire parfaitement les populations.

En somme, les ouvrages de mobilisation des ressources n'offrent pas de satisfaction totale qu'il s'agisse des forages comme des PMH. En effet le type de socle auquel appartient ces deux régions rend les nappes des aquifères de fissures un peu difficilement exploitables. Nos zones d'étude sont majoritairement dotées d'aquifères de fissures vu que le socle est en grande partie fracturés. Les nappes sont non seulement logées à de grandes profondeurs, mais ne libèrent pas grande quantité d'eau.

#### IV.2 Analyse des paramètres hydrauliques des forages en milieu urbain

Les forages d'hydraulique urbaine desservent un plus grand nombre de personnes dans les villes. Pour la mobilisation des ressources en eau ces ouvrages sont les seuls utilisés. Leur nombre dans la région du Gontougo est plus important que dans la région du Bounkani. Les paramètres hydrauliques pour juger de la classification des forages ici sont les débits d'exploitation et les profondeurs forées. Les débits d'exploitation à l'instar des forages des milieux ruraux ne dépassent pas 20m<sup>3</sup>/h. Quant aux profondeurs forées, elles sont majoritairement supérieures à 60m. Sur le total de 22 forages, on a 14 qui dépassent 60m de profondeur forée: EST1, WAMO2, ZANZAN, Route de Bouna, le forage F1 de Tanda, le forage F1 de Transua, le forage F2 de Sandégué et le forage F2 de Koun-Fao pour le Gontougo, le forage F4 de Bouna et les 3 autres forages de Nassian, Doropo et Téhini pour le Bounkani. Le forage le plus profond est le WAMO2 qui fait 125 m de profondeur forée. C'est par ailleurs le plus profond de tous les forages.

Tous les forages observés ont un débit d'exploitation  $1\text{m}^3/\text{h} \leq Q_{\text{exp}} < 20\text{m}^3/\text{h}$ .

Dans le domaine des forages d'hydraulique urbaine, on voit aussi que les profondeurs forées sont grandes et cela s'explique par la nature du socle. En effet, les socles cristallins n'offrent pas des nappes proches de la surface du sol.

**Tableau6: caractéristiques des forages HU du Gontougo**

LOCALITE	LIBELLE FORAGE	Date de mise en service	Q nominal (m <sup>3</sup> /h)	Q d'exploitation (m <sup>3</sup> /h)	Temps de pompage (heures)	Profondeur forée (m)	Etat
BONDOUKOU	EST1	31/12/1971	20	13,5	20	60	Fonctionnel
	EST2	31/12/1971	30	16	20	80	Fonctionnel
	WAMO1	31/12/1979	20	14	20	51	Fonctionnel
	WAMO2	31/12/1979	18	14	20	125	Fonctionnel
	WAMO3	31/12/1979	15	11	20	36	Fonctionnel
	ZANZAN	31/12/1982	45	17	20	80	Fonctionnel
	Route Bouna	21/12/1977	28	17	20	80	Fonctionnel
	Route de SOKO	10/11/2012	25	13	18	33	Fonctionnel
TANDA	F1	31/12/1978	50	17	24	62	Fonctionnel
TRANSUA	F1	31/12/1988	10	7	16	99	Fonctionnel
SANDEGUE	F1	31/12/1980	3	1,34	19	48	Fonctionnel
SANDEGUE	F2	31/12/1980	3	1,26	19	67	Fonctionnel
KOUN-FAO	F1	31/12/1978					Abandonné
	F2	21/12/1979	10	8	21	94	Fonctionnel
	F3	21/04/1989	15	8	21	36	Fonctionnel

**Tableau7 : caractéristiques des forages HU du Bounkani**

LOCALITE	LIBELLEFORAGE	Date de mise en service	Q nominal (m <sup>3</sup> /h)	Q d'exploitation (m <sup>3</sup> /h)	Temps de pompage (heures)	Profondeur forée(m)	Etat
BOUNA	F1	31/05/1977	9	7	18	33	Fonctionnel
	F2	01/06/1977	12	10	18	<b>63</b>	Fonctionnel
	F3	31/03/1983	14	11	18	57	Fonctionnel
	F4	13/09/2012	12	10	18	<b>80</b>	Fonctionnel
DOROPO	F1	31/03/2013	24	15	19	<b>74</b>	Fonctionnel
NASSIAN	F1	31/03/2000	8	3,33	16	<b>80</b>	Fonctionnel
TEHINI	F1	31/12/1989	3	1	10	<b>70</b>	Fonctionnel

Les paramètres hydrauliques du forage F1 à Koun-Fao n'ont pu être déterminés. Il s'agissait d'un forage abandonné et qui est par ailleurs le seul sur tous les forages des deux régions.

### **IV.3 Les équipements des ouvrages de mobilisation et leurs états de dysfonctionnement**

#### **IV.3.1 Le cas des PMH et des forages en HVA**

Ces ouvrages sont en général équipés dès leur mise en fonction. Cependant au fil des années, certains de leurs équipements se détériorent par l'usage. La plupart des équipements des PMH sont devenus défectueux du fait que le piston de pompage ne répond plus ou est vétuste. Le plus souvent, ces pistons sont cassés ou emportés par de mauvaises personnes. Pour le cas d'équipements emportés, il s'agit le plus souvent de vols. Aussi quand le lieu où est implantés la PMH est considéré comme sacré, certaines personnes profitent pour emporter les pièces des PMH avant que les autorités des villages n'en interdisent l'accès. Les cas de pannes sont en général observés sur les PMH au niveau de l'amorçage de pompage, des bras de manivelles qui sont vétustes et des têtes qui sont souvent déboulonnées. Les cas de vols sont aussi constatés au niveau des bras des pompes. Les forages dans le cadre du système HVA ne présentent aucun problème donné. Ces ouvrages en 2012 ont déjà fait l'objet de réhabilitation et continuent de bien fonctionner.



**Figure10: Equipements vétustes de PMH**



**Figure 11: PMH avec une fuite**

#### **IV.3.2 Cas des forages HU**

Pour les forages HU les équipements concernés par le problème de dysfonctionnement sont: les manivelles, les groupes électrogènes, les anti-béliers, les transformateurs CIE et les périmètres de protection. En outre, ces équipements sont le plus souvent manquants sur les forages. Le manque ou le dysfonctionnement de ces équipements entraîne un mauvais rendement des forages et une perturbation du fonctionnement général du réseau d'alimentation dans son ensemble. Le système de raccordement au réseau électrique est fait via l'alimentation électrique publique. Par conséquent, dès qu'il y a une coupure de courant, les pompes des forages arrêtent de fonctionner. Le manque est constaté au niveau des transformateurs CIE. En effet, tous les forages n'ont pas de transformateurs CIE. Le nombre de transformateurs CIE prévus n'est pas celui qui équipe les forages actuellement. Nous avons par exemple sur les 15 forages du Gontougo seulement 07 sont équipés de transformateurs. Pour ce qui concerne les manivelles, nous sommes souvent devant un cas de manque, soit que le manifold ne fonctionne pas ou que la ventouse est inopérante. Les conséquences de ses dysfonctionnements influent sur le fonctionnement général du forage et sur la productivité des ouvrages annexes du système d'alimentation en eau potable.

Dans ces deux régions, on constate un problème d'équipement au niveau des réservoirs anti-béliers. Il y a au moins un forage dans chaque département qui manque de réservoir anti-bélier en vue de la protection des pompes immergées. Le fait qu'il n'existe pas d'anti-bélier engendre alors une détérioration rapide des pompes immergées et donc une contre-performance des forages.

La présence de groupe électrogène a pour but de suppléer en cas de coupure de courant à l'alimentation électrique des pompes immergées. Ainsi l'absence de groupe électrogène est préjudiciable à la bonne marche des pompes. Comme les forages sont alimentés par le réseau public, la moindre défaillance implique l'arrêt instantané des pompes.

Par ailleurs, les forages devraient avoir des périmètres de protection consistant en portail, grillage de protection et clôture autour des forages. A Bouna, on les deux premiers forages de la ville qui n'ont ni portails, ni clôture exposant ces forages à de multiples dangers (vols d'équipements, actes de vandalisme sur les équipements, etc). Aussi à Tanda, le grillage de protection du seul forage est hors d'usage avec d'énormes trous en plusieurs endroits, exposant ce forage aux mêmes dangers que ceux de Bouna.

### **IV.3.3 Etat de quelques composants du réseau**

L'observation de quelques équipements du réseau permet de comprendre son état de fonctionnement. La durabilité de ces équipements a une incidence directe sur l'efficacité des ouvrages du réseau et la satisfaction de la demande et des besoins. Les équipements ici concernés par cet état des lieux sont: l'usine de traitement, les réservoirs et les équipements du réseau d'eau potable.

#### **❖ Les équipements des usines de traitement**

Les usines de traitement comprennent les équipements suivants : les bacs de préparations (bac pour la chaux, bac pour l'hypochlorite de sodium), les pompes doseuses, les pompes de transfert, les pompes de refoulement d'eau traitée et l'agitateur. Au niveau de ces équipements, on a remarqué que les pompes doseuses sont toutes en bon état, le bac de préparation de l'hypochlorite aussi. La chaux n'étant pas utilisée dans aucune des usines, il n'a pas été nécessaire d'avoir un bac de préparation pour les usines.

#### **✚ Etats de fonctionnement**

Tous les équipements ne sont pas en bon état. Il s'agit des agitateurs, du bac à chaux et de la pompe de transfert. Quant aux agitateurs qui devaient fonctionner automatiquement, ils ne fonctionnent plus ainsi. L'agitation se fait manuellement actuellement.



**Figure 12: Bac de préparation de la chaux**



**Figure 13: Une pompe doseuse (Bondoukou)**

#### **✦ Les réservoirs et leurs états de fonctionnement**

Les réservoirs sont utilisés dans l'optique de stocker l'eau et de la distribuer à la demande. Ces réservoirs sont tous faits en béton armé et ont des capacités de stockage allant  $50\text{m}^3$  à  $500\text{m}^3$ . Parmi ceux-ci, il y a 2 qui sont posés au sol et dont les capacités sont respectivement de  $50\text{m}^3$  et de  $30\text{m}^3$ .

**Tableau 8: Les réservoirs**

CENTRES	CAPACITES (m <sup>3</sup> )	HAUTEURS SOUS RADIER	MATERIAUX	DATE DE MISE EN SERVICE	ETAT
<b>BONDOUKOU</b>	500	15m	Béton armé	1971	Bon
<b>BOUNA</b>	200	10m	Béton armé	1959	Problème d'étanchéité
<b>TANDA</b>	200	16m	Béton armé	1976	Légères fuites
<b>TRANSUA</b>	50	12m	Béton armé	1980	Bon
<b>KOUN-FAO</b>	150	15m	Béton armé	1983	Légères fuites
<b>SANDEGUE</b>	100	8m	Béton armé	1988	Bon
<b>NASSIAN</b>	50	0m	Béton armé	1988	Bon
<b>DOROPO</b>	20	12m	Béton armé	2012	Bon
<b>TEHINI</b>	30	0m	Béton armé	2012	Bon

La plupart des réservoirs sont en bon état (6 sur 9 sont en bon état). Les quelques réservoirs défectueux souffrent le plus souvent des problèmes d'étanchéité et de légères fuites. Ces problèmes donneraient suite à des pertes en eau et donc influeraient sur la capacité à stocker suffisamment pour la satisfaction des besoins des populations



**Figure 14: château d'eau de Bondoukou.**

### Le réseau d'eau potable

Le réseau d'eau potable se compose de l'ensemble des vannes, ventouses, des purges et des canalisations en aval du réservoir. Le linéaire total du Gontougo est de 218294 m et celui du Bounkani est de 48784 m. Le linéaire total des deux régions est de 267078 m. Nous avons deux types de refoulements: le refoulement pur qu'on observe à Bondoukou, Tanda, Transua, Koun-Fao et Nassian et le refoulement distributif à Sandégou, Bouna, Doropo et Téhini.

**Tableau9: Récapitulatif des équipements du réseau d'eau potable**

LOCALITE	TOTAL LINEAIRE	TYPE DE REFOULEMENT	NOMBRE DE VANNES	NOMBRE DE VENTOUSES	NOMBRE DE PURGES	OBSERVATIONS
<b>BONDOUKOU</b>	128700m	Refoulement pur	146	10	5	Presque toutes les vannes sont fermées
<b>TANDA</b>	62544m	Refoulement pur	35	5	6	5 vannes ne marchent pas
<b>TRANSUA</b>	5800m	Refoulement pur	8	4	3	Bon
<b>SANDEGUE</b>	9000m	Refoulement distributif	21	12	7	Bon
<b>KOUN-FAO</b>	12250m	Refoulement pur	21	2	7	Bon
<b>BOUNA</b>	30334	Refoulement distributif	10	10	4	Bon
<b>NASSIAN</b>	5695m	Refoulement pur	21	2	4	Bon
<b>DOROPO</b>	4255m	Refoulement distributif	6	2	3	Bon
<b>TEHINI</b>	8500m	Refoulement distributif	18	5	5	Bon

## IV.4 Evolution démographique et estimation de la demande et des besoins en eaux

### IV.4.1 Evolution démographique des régions.

**Tableau10 : évolution démographique sur une période de 15 ans.**

Horizon	0	(+1)	(+2)	(+5)	(+10)	(+15)
Année	2013	2014	2015	2018	2023	2028
Gontougo	<b>392201</b>	403967	416086	454668	527085	611036
Bounkani	<b>278516</b>	286871	295478	322876	374302	433918

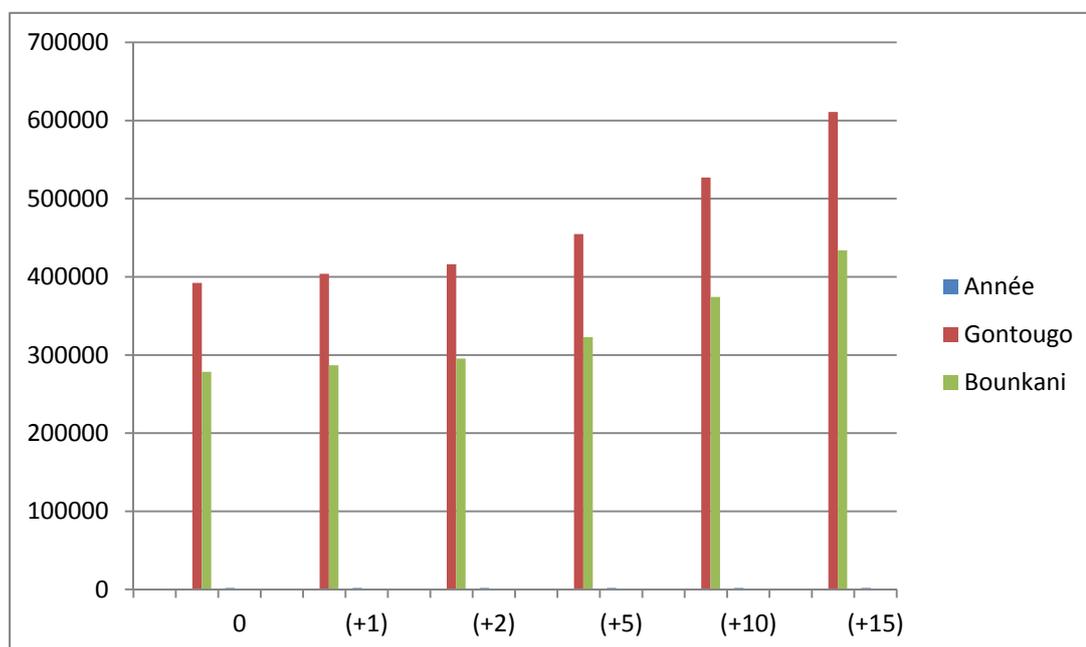
Ce tableau nous révèle que les populations ont une évolution démographique galopante.

-Le Gontougo passera de 399 201 habitants en 2013 à 611 036 habitants en 2028.

-Le Bounkani passera de 278 516 habitants en 2013 à 433 918 habitants en 2028.

Au regard de cette croissance démographique que l'on observe, la demande et les besoins en eau croîtront eux aussi. L'estimation de la demande et des besoins nous en dira long.

Nous tiendrons compte des besoins pour juger de la durabilité de l'alimentation en eau potable au moyen de la mobilisation des ressources en eau.



**Figure 15: Evolution démographique à divers horizons.**

#### **IV.4.1 Estimation de la demande et des besoins des populations.**

Pour d'estimer la demande et les besoins des populations des hypothèses ont été prise en compte. Les paramètres d'estimation sont : le coefficient de pointe saisonnière, le coefficient de pointe journalière, le coefficient de point horaire ( $C_{ps}$ ,  $C_{pj}$ ,  $C_{ph}$ ), le rendement réseau, le rendement de traitement et le temps de fonctionnement ( $N_r$ ,  $t_r$ ,  $T$ ).

**Tableau 11: Paramètres d'estimation de la demande en eau.**

Horizon	0	(+1)	(+2)	(+5)	(+10)	(+15)
Année	2013	2014	2015	2018	2023	2028
Cps	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Cpj	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Cph	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Rendement réseau (Nr)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Rendement traitement (Nt)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Temps de fonctionnement (h)	22	22	22	22	22	22

**Tableau 12 : Estimation de la demande et des besoins des populations du Gontougo**

Horizons	0	(+1)	(+2)	(+5)	(+10)	(+15)
Années	2013	2014	2015	2018	2023	2028
Population	<b>392201</b>	403967	416086	454668	527085	<b>611036</b>
Taux de raccordement	90%	90%	93%	95%	97%	100%
Demande domestique (m3/j)	12550	12927	13315	14549	16867	19553
Demande sociale (m3/j)	1255	1293	1331	1455	1687	1955
Demande journalière moyenne (m3/j)	13805	14220	14646	16004	18553	21508
Demande journalière de pointe (m3/j)	18844	19410	19992	21845	25325	29358
<b>Besoin jour de pointe (m3/j)</b>	<b>23336</b>	<b>24037</b>	<b>24758</b>	<b>30768</b>	<b>31362</b>	<b>36357</b>
Débit de production (m3/h)	954	983	1012	1258	1282	1486
Débit d'adduction (m3/h)	906	933	961	1051	1218	1412
Débit de pointe horaire (m3/h)	1662	1713	1764	2192	2345	2590

**Tableau13: Estimation de la demande et des besoins en eau des populations du Bounkani.**

Horizons	0	(+1)	(+2)	(+5)	(+10)	(+15)
Années	2013	2014	2015	2018	2023	2028
Population	<b>278516</b>	286871	295478	322876	374302	<b>433918</b>
Taux de raccordement	90%	90%	93%	95%	97%	100%
Demande domestique (m3/j)	8913	9180	9455	10332	11978	13885
Demande sociale (m3/j)	891	918	946	1033	1198	1389
Demande journalière moyenne (m3/j)	9804	10098	10401	11365	13175	15274
Demande journalière de pointe (m3/j)	13382	13783	14197	15513	17984	40074
<b>Besoin jour de pointe (m3/j)</b>	<b>16572</b>	<b>17069</b>	<b>17581</b>	<b>19211</b>	<b>22271</b>	<b>49627</b>
Débit de production (m3/h)	677	698	718	785	910	2029
Débit d'adduction (m3/h)	644	663	683	746	865	1927
Débit de pointe horaire (m3/h)	1181	1216	1253	1369	1579	3536

D'après les tableaux ci-dessus, le taux de raccordement est emmené à s'accroître jusqu'à atteindre 100% à l'échéance de tous les horizons. Les besoins et les demandes de pointes sont de plus en plus croissants vu que les populations s'accroissent de plus en plus. Les besoins à l'échéance 2028 auront pour valeur 36357m3/h dans la région du Gontougo et atteindront à la même échéance une valeur de 49627 (m3/h) dans le Bounkani. Les ouvrages pour la mobilisation des ressources devront alors faire face à ces sollicitations.

#### **IV.4.2 La production des ouvrages de mobilisation**

Les ouvrages de mobilisation des ressources produisent à débits constants tandis que les besoins et les demandes des populations sont sans cesse croissants. Les forages en milieu urbain produisent ensemble un débit de  $Q=5249\text{m}^3/\text{j}$ . Si on intègre à ce débit celui des PMH ( $Q_{\text{PMH}}=24667\text{m}^3/\text{j}$ ) et des forages des systèmes HVA ( $Q_{\text{HVA}}=8160\text{m}^3/\text{j}$ ) on obtient au total:  $Q_{\text{total}}=38076\text{m}^3/\text{j}$ . Par ailleurs les besoins des deux régions s'élèvent à  $39908\text{m}^3/\text{j}$  pour l'année 2013 et on passera  $41106\text{m}^3/\text{j}$  en 2014, ensuite à  $85984\text{m}^3/\text{j}$  en 2028.

En observant déjà les besoins en 2013, on remarque un écart significatif entre la production des deux régions et les besoins. Jusqu'en 2028, les besoins auront pratiquement doublé par rapport à l'année 2013. Les besoins en 2013 et aux horizons futurs ainsi connus nous permettent de dire que les ouvrages existants ne seront pas capables de satisfaire les populations du Gontougo et du Bounkani. En conséquence, le recours aux eaux de surface se présente comme une des solutions. Si l'on veut agir sur l'existant lui-même, on envisagera aussi les solutions suivantes :

- La réhabilitation des anciens forages, voir à la rigueur l'implantation de nouveau forages plus adaptés techniquement.
- Une révision des techniques d'implantation des forages dans un but de production plus satisfaisante.

**Tableau 14: Bilan des productions des deux régions**

REGIONS	PRODUCTIONS FORAGESHU (m3/j)	PRODUCTIONSDES PMH (m3/j)	PRODUCTIONS HVA (m3/j)
GONTOUGO	4305	12784	
BOUNKANI	944	11883	0
<b>TOTAUX</b>	<b>5249</b>	<b>24667</b>	<b>8160</b>

Le tableau ci-dessus montre que même si on intègre toutes valeurs de productions des ouvrages il est impossible de couvrir les besoins de l'année 2013. ( $Q_{\text{total}} = 38076\text{m}^3/\text{j} < 39908\text{m}^3/\text{j}$ ).

## **IV.5 Les apports des eaux de surface et les ouvrages recommandés**

### **IV.5.1 Les apports des eaux de surfaces**

Etant donné que les forages ont déjà montré leur incapacité à satisfaire les populations de ces deux régions, nous avons envisagé d'adopter en recours une ressource alternative: les eaux de surfaces.

Ce recours se justifie par le fait qu'il existe dans l'ensemble de ces deux régions au moins quelques cours d'eau pérennes qui pourraient assurer l'alimentation en eau potable de ces populations.

Les critères d'éligibilité d'un cours d'eau en tant que ressource alternative sont les suivants :

- Le cours d'eau doit être une aire assez volumineuse de mobilisation des ressources en eau.
- L'infiltration des eaux doit être bénéfique quant à la recharge des nappes à proximité.
- La distance des points de captage aux localités bénéficiaires doit être raisonnable pour éviter d'avoir de trop grande perte de charge en cours de transport de la ressource.
- La pérennité du cours d'eau doit être assurée.
- La qualité de l'eau avant traitement doit être assez bonne pour éviter d'engendrer des coûts de traitement trop élevés.

#### **IV.5.1.1 Le barrage de Songori et son apport**

Le barrage de Songori est pour l'instant le seul ouvrage utilisé pour renforcer l'alimentation en eau potable. Il est situé dans le Gontougo (dans le village de Songori à 7 km de Bondoukou). C'est un barrage dont la capacité volumique est de 24 00000 m<sup>3</sup> et la surface du plan d'eau est de 35 Ha (Hectares). Ce barrage a été autrefois utilisé pour un projet de riziculture et est aujourd'hui sollicité par la société minière TAURIAN pour ses activités d'extraction. La part fournie par ce barrage à la société minière est de 240000 m<sup>3</sup>/an, soit donc 656m<sup>3</sup>/jour. Compte tenu de l'urgence des besoins, le barrage pourrait être utilisé pour le renforcement de l'alimentation en eau potable en le raccordant à une station de traitement d'eau pour l'AEP. Les eaux de ce barrage ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques pour vérifier sa potabilité (Voir le bulletin des analyses physico-chimiques des eaux du barrage de Songori en Annexe III).

Divers points de captage au niveau du fleuve Comoé ont été répertoriés et pourront servir de ressources alternatives aux eaux souterraines. Ces points peuvent fournir d'importants débits pour l'AEP. On dénombre déjà 5 points de captage du fleuve Comoé par rapport à la ville de Bondoukou. D'autres points de captage peuvent être créés au niveau du fleuve Comoé dans le Bounkani. ( Voir stations hydrométriques des bassins de Comoé et Volta Noire: Annexe 5 ).



**Figure 16: Le barrage de Songori (Vue de dessus).**

#### **IV.5.1.2 Le captage du fleuve Volta Noire**

Le fleuve Volta Noire peut servir de point de captage grâce à un de ces affluents à savoir le fleuve Koulda. En effet, la valeur de son coefficient de compacité nous fait suggérer ce cours d'eau comme un point favorable à l'implantation d'un ouvrage de mobilisation ou d'une retenue.

#### **IV.5.2 Les ouvrages recommandés**

Dans l'optique d'utiliser les eaux de surfaces comme ressources alternatives, il est recommandé l'implantation de retenues d'eau ou de prise d'eau. Les sites favorables à l'implantation de retenues d'eau sont les cours d'eau fournissant de grands débits fluviaux. En observant la longueur du talweg le plus long, on retient que le bassin versant du Nenguéré (affluent du fleuve Dioré) pourra servir de site favorable pour une retenue d'eau. Par exemple, on pourra utiliser les autres points de captage possibles comme le fleuve Iringou pour implanter une prise d'eau.

## **CHAPITRE V DISCUSSIONS**

### **V.1 La capacité de production des forages**

Les études sur les aquifères de fissures ont montré que dans la majorité des cas, les forages implantés dans ces lieux ne donnent pas des débits satisfaisants. Dans l'ensemble, les caractéristiques hydrauliques des forages des deux régions donnent un bon potentiel de ressources en eau. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par les études faites antérieurement par T Lasm (2010), Soro Nangnin et al (2004), Youan Marc et al 2012 et Kouassi et al (2010).

Dans beaucoup de cas figures, la productivité des forages est tributaire de la performance de leurs équipements. Dans ces deux régions, les équipements adéquats n'étaient pas souvent disponibles et même quand c'était le cas, ces équipements donnaient une contre-performance à cause de la vétusté. En effet, la plus grande partie des forages étaient âgés d'au moins 20 ans sans options de renouvellement.

### **V.2 La demande en eau et les productions du réseau**

Le phénomène galopant de la croissance démographique est une des causes fondamentales de l'accroissement des besoins. Ces besoins sont liés aux demandes qui sont de plus en plus forte. L'estimation des besoins à divers horizon est une méthode ordinaire pour voir les perspectives de solutions dans la situation réelle et le futur. Cette démarche d'estimation a fait l'objet d'études similaires (Rapport de Aqua Domitia, 2008) et il en ressort toujours que cela sert d'outils de diagnostic des réseaux d'alimentation en eau potable. En ce qui concerne les productions du réseau, cette étude a montré que le réseau d'alimentation est inévitablement lié à la capacité des ouvrages de mobilisation des ressources en eau souterraines. C'est ainsi quand, il était donné de constater que les forages étaient non productifs, le réseau montrait une incapacité à satisfaire les besoins. Par ailleurs, le fait qu'aussi certains équipements du réseau tels que les réservoirs présentaient des défaillants, cela était une raison pour faire baisser la productivité des réseaux d'alimentation en eau potable des deux régions.

### **V.3 La nécessité de l'usage des eaux de surface**

Cette étude a fait ressortir l'insuffisance des eaux souterraines pour la durabilité de l'alimentation en eau potable des populations du Gontougo et du Bounkani. La seule possibilité a été donc d'envisager le recours aux eaux de surface. Cependant, il pouvait en être autrement en songeant au renforcement du réseau d'alimentation en eau potable de ces régions par l'apport d'équipements qui répondent à la demande. A l'analyse des apports des eaux de surface par l'entremise du barrage de Songori et les points de captage, les écarts constatés entre les besoins et la production pourraient être comblés.

Hormis, la mise sur pied de retenues d'eau, les points de captage sont des sites favorables à l'installation de prise d'eau. Si la conception est bien faite, nous pourrions au moins avoir plus de 05 points de captage qui sont des sites potentiels d'implantation de retenues ou de prise d'eau.

### **V.4 Le mode de gestion de l'alimentation en eau potable des deux régions**

Le mode de gestion de l'alimentation en eau potable ici a recouvert deux aspects distincts: le mode par affermage et le mode de gestion communautaire. L'hybridation de ces deux modes de gestion rendrait la gestion plus efficace. En effet, l'hybridation révèle une approche participative des pouvoirs publics et des usagers dans une collaboration concertée. La gestion communautaire au niveau des PMH a été adoptée et améliorée dans le cadre du modèle Burkinabé (Voir en annexe 4: modèle du –Burkina-Faso de gestion des PMH et l'annexe 2: mode de gestion et les intervenants). Quant à la gestion par affermage, elle tient de la capacité à se donner les moyens de satisfaire les abonnés. L'analyse de ce type de gestion a été déjà faite sur un panel d'unités de productions du fermier de l'eau potable en milieu urbain de Côte d'Ivoire au travers des résultats de Daouda Diakité et Thomas Alban (Diakité et Alban, Janvier 2011).

## **CHAPITRE VI CONCLUSION GENERALE**

La mobilisation des ressources en eau a toujours été au centre des préoccupations. Dans son orientation vers l'alimentation en eau potable de populations données, elle trouve toute son importance. L'objectif de faire de l'accessibilité à l'eau potable une priorité a impliqué le problème de durabilité de l'alimentation en eau potable des populations.

Les régions du Gontougo et du Bounkani ont présenté un riche potentiel en ressources en eaux. Les aquifères de fissures aux configurations diverses ont offerte des quantités d'eau difficiles à mobiliser. La majorité des ouvrages étaient contre productives. En effet, leurs performances à laisser à désirer. L'estimation de la demande et des besoins nous a donné une juste appréciation de la problématique de la durabilité de l'alimentation en eau potable. Les capacités de production des ouvrages n'a pas donné l'assurance de croire en la durabilité de l'alimentation en eau potable de ces populations sur une courte période. Dès les premières années, on a toute de suite vu que la nécessité de renforcer les systèmes d'alimentation en eau potable était nécessaire. C'est dans cette perspective que la ressource en eau de surface a été envisagée comme secours. Suite à cette possibilité, l'efficacité de ce recours a été testée et cela donne de nombreux espoirs. Toutefois, en entretenant cet espoir, l'existant demande à être réhabilité ou renforcer pour apporter une totale satisfaction.

Au-delà de ces attentes prometteuses, l'adaptation d'un mode de gestion intégré est à préconiser. Les contextes de gestion sont à adapter aux problèmes que l'on rencontre dans la gestion des ouvrages. Par conséquent, l'application d'une méthode de gestion intégrée est la bienvenue.

Il est vrai aussi que l'étude s'est focalisée sur les ouvrages de mobilisation des ressources en eau, mais une lucarne pourrait être faite sur les systèmes de stockage local que sont les puits. Ces systèmes ont trouvé leur importance quant à la préférence d'une certaine frange des populations à en user. Le nombre non-négligeable de ces ouvrages sont encore utilisés par les populations rurales.

Par ailleurs, une bonne stratégie et une politique assez efficace de la gestion des ressources a été suggérée. Cela est d'autant plus évident que la question de l'accessibilité et de la durabilité se pose avec acuité partout dans le monde.

Cette étude dans sa finalité a montré en quoi, la vision unilatérale de solutions à la durabilité de l'alimentation en eau potable n'a pas toujours été la meilleure. Il a fallu relever l'incapacité des ouvrages existants à satisfaire les besoins à divers horizons pour s'en rendre compte.

De toute manière, l'intégration de multiples solutions a donné une raison d'espérer face aux problèmes qui se posaient dans ces deux régions du Nord-Est de la Côte d'Ivoire.

## **CHAPITRE VII RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES**

Cette étude a mis en exergue des points saillants du problème de la durabilité de l'alimentation en eau potable de ces deux régions. Dans la mise en œuvre de solutions préconisées et au regard des problèmes relevés, plusieurs recommandations sont à formuler:

✚ Au niveau des populations: Les populations doivent comprendre que la durabilité de leur alimentation passe par l'entretien du patrimoine. Les ouvrages mis à leur disposition doivent être mieux entretenues et non faire l'objet d'actes de vandalisme. Par ailleurs, une meilleure collaboration est demandée à chaque individu pour le contrôle et l'exploitation intelligente des ouvrages.

✚ Au niveau des pouvoirs publics: Les pouvoirs publics devront assumer leur devoir de satisfaction à long terme des populations de ces deux régions en renforçant le système d'alimentation en eau potable. Par exemple, la multiplication de systèmes HVA pourrait subvenir en partie à la demande et aux besoins de plus en plus croissants. Le dysfonctionnement des équipements est un appel à plus de vigilance et de rigueur dans l'exploitation et le contrôle.

✚ L'adoption d'une politique de GIRE: les méthodes de gestion intégrées sont recommandables à cause de la lisibilité plus globale des problèmes et une intégration multiples de solutions visant le même but.

La mobilisation des ressources en eau dans cette étude a particulièrement permis de remettre sur le terrain, le problème de la durabilité de l'alimentation en eau potable. Les deux types de ressources (eaux souterraines et eaux de surface) doivent être sollicitées ensemble. De nombreux espoirs se dessineront si les solutions sont effectivement appliquées. Cette question s'ouvre aussi sur la question de la gestion durable des services d'eau. Dans une étroite mesure, le service d'eau et la durabilité de l'alimentation convergent vers un même but : avoir une ressource en quantité suffisante et en qualité requise.

Toute cette réflexion contribue à n'en point douter à atteindre l'un des plus nobles objectifs mondial du développement durable qui est: la réduction de la non-accessibilité pour des millions de personnes à travers le monde à une eau potable et à un assainissement minimal.

## **BIBLIOGRAPHIE**

### **Ouvrages et articles**

Aqua Domitia (2008). *Etude des besoins en eau potable; Rapport final B2* du 31 Juillet 2008.

Bernard G Hounmenou (2006). *Gouvernance de l'eau potable et dynamique locale en zones rurales au Benin*. Développement durable et territoires, dossier 6 (17 pages)

Coordination de l'UFR-STRM (1<sup>ier</sup> Octobre 2009), *Etude de faisabilité des forages manuels, identifications des zones potentiellement favorables* (73 pages).

Christelle Pezon, Juste Nansi et Richard Bassono (2012). *De l'accès aux systèmes de distribution d'eau potable à l'accès aux services d'eau potable: méthode et outils* (32 pages). IRC Centre International de l'Eau et de l'Assainissement ; Document de travail n° 4.

Direction des agences de l'eau du Rhin-Meuse et Ministère de l'écologie et du développement durable (2004). *Diagnostic des systèmes d'alimentation en eau potable : Guide rédactionnel*.

Djouka Anzéni et al (2001). *L'hydraulique humaine en Côte d'Ivoire*; Ministère de l'hydraulique; (30 pages).

Estelle D'Avila (2011), *Evaluation d'un ouvrage d'hydraulique villageoise améliorée d'un comité de gestion en milieu rural: cas d'Asse et de Medina en Côte d'Ivoire*. Thèse de doctorat soutenue le 27 Décembre 2011 pp 1-32

Fernand Kouamé (2010). *Situation des eaux souterraines dans le bassin versant de la volta noire en Côte-d'Ivoire*; 2<sup>ème</sup> forum régional sur la gestion durable des ressources en eaux souterraines dans le bassin versant de la volta noire, Joly Hôtel Ouagadougou 9-10 Août 2010.

Fernand Kouamé (2011). *Suivi des indicateurs d'eaux souterraines dans le bassin versant de la volta noire en Côte d'Ivoire*; 3<sup>ème</sup> forum régional sur les eaux souterraines dans le bassin de la volta noire, 23-24 Août 2011 Cotonou- Bénin.

Harouna Karambiri (2009-2010). *Cours d'hydrologie 1* (2IE)

G de Marsily (2004). *Cours d'hydrogéologie* pp.1-8

Géomines Canada (1982). *Inventaires hydrogéologiques: cahiers de Nassian, Bouna, Doropo et Téhini*. Ministère des transports et des travaux publics.

Gilles Buckhart et al(2012). *Accès à l'eau potable dans les pays en développement, 18 questions pour des services durables*. Guide pratique PS-Eau, 1<sup>ière</sup> édition.

Koffi Sewa Da Silveira(2009). *Cours d'hydrogéologie et ouvrage de captage* (2IE).

Kouassi. A , Okaigni. J, Koffi.E et Biémi.J. *Evaluation des propriétés hydrauliques des aquifères des socles cristallins et cristallophylliens: cas de la région du N'Zi-Comoé (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)*; International Journal of Innovation and Applied Studies vol N°2 1 Jan 2013 pp 61-71

Mahamadou KOITA (2010). *Caractérisation et modélisation du fonctionnement hydrodynamique d'un aquifère fracturé en zone de socle. Région de Dimbokro-Bongouanou (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)*.

Kouassi A.M, Ahoussi K.E, Yao K.A, Ourega W.E, Yao K.S et Biémi. J. *Analyse de la productivité des aquifères fissurés de la région du N'Zi- Comoé (Centre- Est de la Côte d'Ivoire)*. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 10, Mars 2012, pp. 57-74.

Liratni Moufdi (2011). *Guide méthodologique pour le diagnostic des réseaux de distribution d'eau potable*. Ecole National Polytechnique d'Alger(ENPA).

Mahmoud Moussa (2002). *Polycopié de cours alimentation en eau potable*; Ecole National d'Ingénieur de Tunis.

OMS et UNICEF(2007). *Atteindre l'OMD relatif à l'eau potable et à l'assainissement le défi urbain et rural de la décennie*. pp 8-40.

T. Lasm, R. FOSSOU, Z. ONETIE, D.BAKA, Marc. Y Ta, M S .OGA et N. SORO. (2012). *Contribution hydrogéologique à la connaissance des aquifères discontinus du département de Ferké (Nord de la Côte d'Ivoire) pour une meilleure alimentation en eau potable*. Revue Ivoirienne Sciences et Technologie n°19, pp 114-135, ISSN1813-3290.

Y. N'Go, D. Goné, I Savané et M. Goblé (2004). *Potentialités en eaux souterraines des aquifères fissurés de la région d'Agboville (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire): caractérisation hydroclimatique et physique*, pp 127-144.

### **Sites Internet**

<http://revist.com>, consulté le 20 Mai 2013.

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/guide/index.htm>, consulté le 20 Mai 2013.

[www.lmohandiss.com](http://www.lmohandiss.com), consulté le 20 Mai 2013.

<http://www.eaudanslaville.fr/>, consulté le 20 Mai 2013.

## **VIII ANNEXES**

Annexe I	: Coordonnées GPS de quelques forages .....	51
Annexe II	: Modes de gestions et types d'intervenants.....	52
Annexe III	: Bulletin d'analyse physico-chimique de l'eau du barrage de Songori.....	53
Annexe IV	Organigramme modèle du Burkina-Faso gestion PMH.....	54
Annexe V	: Stations hydrométriques du bassin de la Comoé .....	55
Annexe VI:	Stations hydrométrique du bassin de la Volta .....	56

**Annexe I : Coordonnées GPS de quelques forages**

LOCALITE	LIBELLE	COORDONNEESGPS		
	FORAGE	ALTITUDE	LONGITUDE	LATITUDE
BONDOUKOU	EST1	361,1m	002°47'221"	08°02'389"
	EST2	364,8m	002°47'255"	08°02'487"
	WAMO1	348,5m	002°48'21,2"	08°02'29,2"
	WAMO2	343,3m	002°48'03,8"	08°01'40,5"
	WAMO3	348,6m	002°48'02,3"	08°01'36,7"
	ZANZAN	362,2m	002°48'21,7"	08°02'47,7"
	RTEBOUNA	369,2m	002°48'350"	08°03'160"
TANDA	F1	261,9m	003°09'53,9"	07°47'54,3"
SANDEGUE	F1	180m	003°31'05,9"	07°50'01,7"
KOUN-FAO	F1	248,2m	002°59'08,7"	07°40'57,4"
	F2	274,3m	002°58'30,8"	07°42'12,4"
TRANSUA	F1	206,8m	003°00'51,2"	07°33'02,6"

**Annexe II : Modes de gestions et types d'intervenants**

<b>Mode de gestion</b>	<b>Propriété des infrastructures</b>	<b>Exploitation et maintenance</b>	<b>Financement des investissements</b>	<b>Risque commercial</b>
<b>Gestion directe</b>	<b>Publique</b>	<b>Publique</b>	<b>Public</b>	<b>Public</b>
<b>Régie intéressée</b>	<b>Publique</b>	<b>Publique et privées</b>	<b>Public</b>	<b>Public</b>
<b>Gérance</b>	<b>Publique</b>	<b>Publique et privées</b>	<b>Public</b>	<b>Public</b>
<b>Affermage</b>	<b>Publique</b>	<b>Privées</b>	<b>Public et privé</b>	<b>Public et privé</b>
<b>Concession</b>	<b>Publique</b>	<b>Privées</b>	<b>Privé</b>	<b>Privé</b>

Annexe III Bulletin d'analyse physico-chimique de l'eau du barrage de Songori



Matériel médical et de Laboratoire

BULLETIN D'ANALYSES PHISICO-CHIMIQUES DE SONGORI

Client : BETI-CISN

Date de réception : 22/04/2013

Date de début d'analyse : 22/04/13

Origine : Eau Brute Barrage Songori

Date de prélèvement : 19/04/13

Echantillon prélevé par : BETI-CISN

	Eau Brute	Normes OMS
<b>Caractéristiques organoleptiques</b>		
Couleur (mg/l Co&Pt)	51	≤ 15
Turbidité (NTU)	6,91	≤ 5
Température (°C)	27,7	
<b>Caractéristiques physiques</b>		
Conductivité (micro S/cm)	107,7	400<cond<500
pH	7,32	6,5≤pH≤8,5
<b>Caractéristiques chimiques</b>		
TAC Titre alcalimétrique complet (°F)	5,2	
THt Titre hydrométrique total (°F)	3,6	
THcal Titre hydrométrique calcique (°F)	2,7	
Calcium (mg/l)	10,8	
Magnesium Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	2,2	
Bicarbonates HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	30,7	
<b>Pollutions</b>		
Fer total (mg/l)	0,15	≤ 0,3
Fer ferreux (mg/l)	0,05	≤ 0,3
Cuivre Cu <sup>2+</sup> (mg/l)	0,31	≤ 2
Manganèse Mn <sup>2+</sup> (mg/l)	0,051	≤ 0,5
Sulfates SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	1	≤ 250
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,02	≤ 0,5
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	2,7	≤ 50
Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,041	≤ 3
Phosphate PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0,27	≤ 5
Hydrogène sulfuré S <sup>2-</sup> (mg/l)	0,006	≤ 0,05
Oxydabilité (KMnO <sub>4</sub> , acide, chaud) (mg O <sub>2</sub> /l)	5,2	≤ 5
Fluor F <sup>-</sup> (mg/l)	0,38	≤ 1,5
Chlorure Cl <sup>-</sup> (mg/l)	0,4	≤ 250

**Commentaire :** L'eau brute est colorée, turbide et faiblement minéralisée. Les teneurs en métaux sont faibles. Le cortège azoté notamment l'ammoniaque est acceptable. Les matières organiques sont relativement faibles.

Le Responsable du Laboratoire MAMELAB :

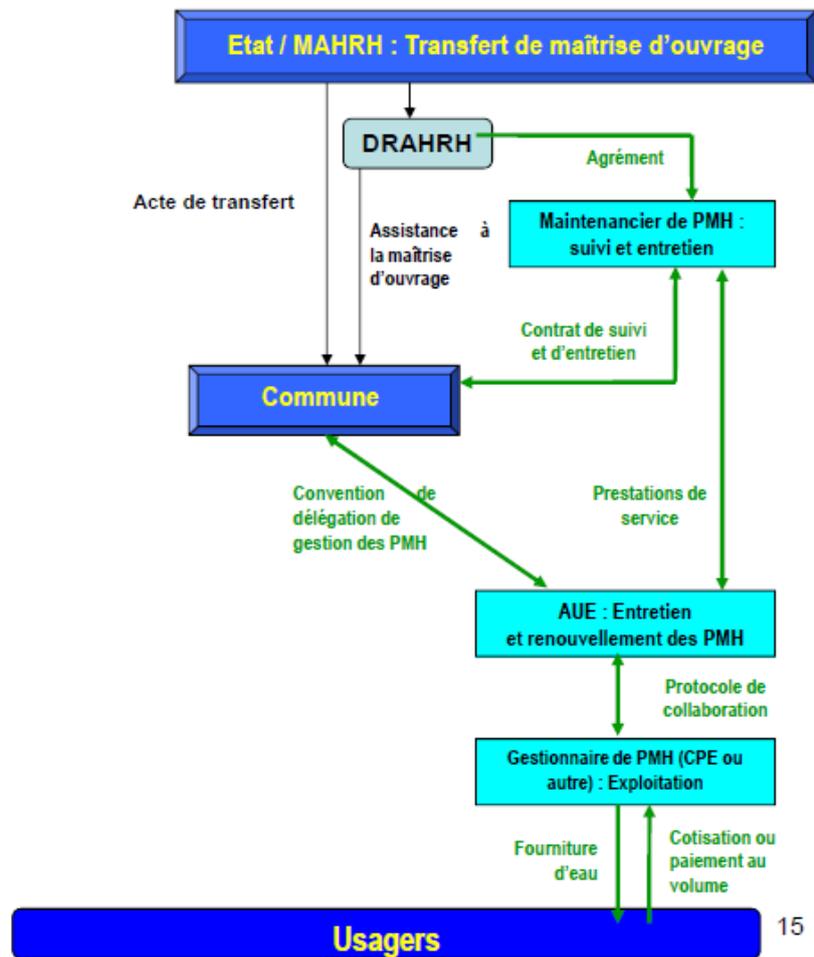
**Mamelab Sarl**

25 BP 1783 ABIDJAN 25

SARL MAMELAB Sarl - 25 BP 1783 Abidjan 25 - RC CM : N° CI-ABJ-2005-B-178 - CC N° 0655037 E  
Tél : 22 43 16 35 - Tél : 22 43 16 35 - Fax : 22 43 16 35 - E-mail : mamelabci@yahoo.fr

**Annexe IV Organigramme modèle du Burkina Faso gestion PMH**

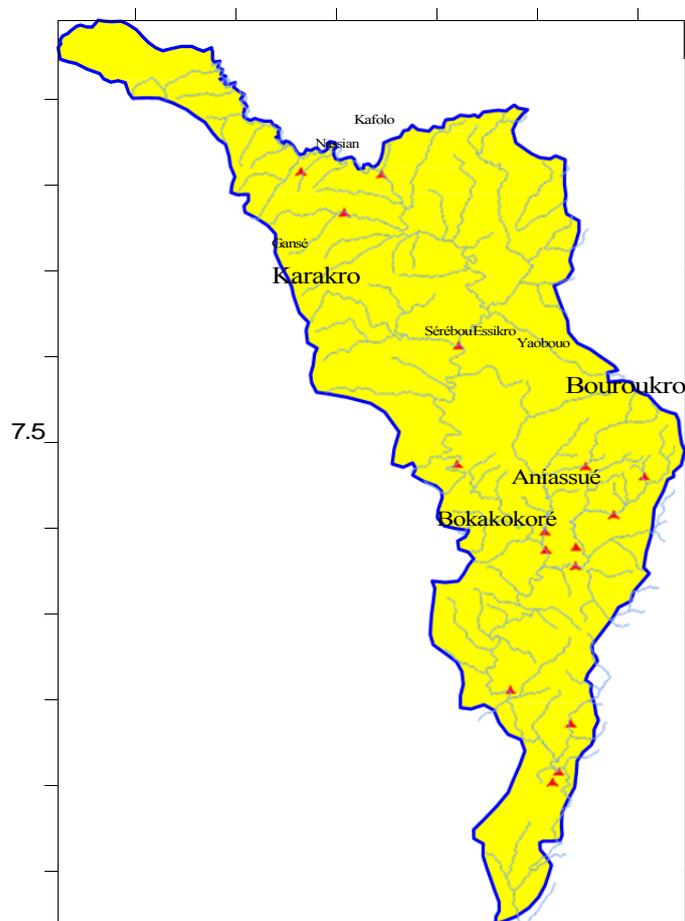
Concernant la gestion des PMH



**Annexe V      Stations hydrométriques des bassins de la Comoé**

**BASSIN DE LA COMOÉ**

Code station	Cours d'eau	Station	Période d'exploitation	Superficie du B.V. (Km <sup>2</sup> )
1090400110	Comoé	Kafolo	1972-	21200
1090402406	Iringou	Téhini	1979-	2155
1090402506	Kolonkoko	Nassian	1977-	1157



**Annexe VI: Stations hydrométriques des bassins de la Volta Noire.**

**BASSIN DE LA VOLTA NOIRE**

Code station	Cours d'eau	Station	Période d'exploitation	Superficie du B.V. (Km <sup>2</sup> )
1092700112	Volta-Noire	Vonkoro	1976-	111500
1092702005	Gbanlou	Kopingué	1983-	464
1092702206	Koulda	Pouon	1983-	1140
1092708005	Gougoulo	Doropo	1964-1970	285

