UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI
=======
INSTITUT NATIONAL DE L'EAU
=======
DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

Mémoire de fin de formation présenté par

*Mahutondji Hosline Lewis Joyss ZOHOU*

Pour l'obtention du diplôme de

**Licence Professionnelle en Hydrologie**

***OPTION : ECOHYDROLOGIE***

==========

# QUALITE DES EAUX DE PUITS ET DE FORAGES UTILISEES POUR LA CONSOMMATION DANS LES LOCALITES DE HOUETO ET DE TOKAN DANS L'ARRONDISSEMENT DE TOGBA À ABOMEY- CALAVI

***Maître de mémoire***

Dr. Firmin M. ADANDEDJI
(Chercheur en qualité des Eaux et modélisation à l'INE)

***Maître de stage***

Dr. Antoinette ADJAGODO
(Microbiologiste des Eaux)

**Mention : Excellente**

**Jury :**

**Président** : Professeur Flavien E. DOVONOU

**Rapporteur** : Docteur Firmin M. ADANDEDJI

**Examinatrice** : Docteur Antoinette ADJAGODO

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

**PROMOTION : 2022 – 2023**

**UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI**
=======
**INSTITUT NATIONAL DE L'EAU**
=======
**DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU**

**Mémoire de fin de formation présenté par**

***Mahutondji Hosline Lewis Joyss ZOHOU***

**Mémoire de fin de formation**

**Pour l'obtention du diplôme de**

**Licence Professionnelle en Hydrologie**

***OPTION : ECOHYDROLOGIE***

==========

# QUALITE DES EAUX DE PUITS ET DE FORAGES UTILISEES POUR LA CONSOMMATION DANS LES LOCALITES DE HOUETO ET DE TOKAN DANS L'ARRONDISSEMENT DE TOGBA À ABOMEY- CALAVI

***Maître de mémoire***

Dr. Firmin M. ADANDEDJI
(Chercheur en qualité des Eaux et modélisation à l'INE)

***Maître de stage***

Dr. Antoinette ADJAGODO
(Microbiologiste des Eaux)

**Mention : Excellente**

**Jury :**

| | | |
|---|---|---|
| **Président** | **:** | Professeur Flavien E. DOVONOU |
| **Rapporteur** | **:** | Docteur Firmin M. ADANDEDJI |
| **Examinatrice** | **:** | Docteur Antoinette ADJAGODO |

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

**PROMOTION : 2022 - 2023**

## SOMMAIRE

SOMMAIRE ..... i
DEDICACE ..... ii
REMERCIEMENTS ..... iii
RESUME ..... v
ABSTRACT ..... vi
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES ..... vii
LISTES DES FIGURES ..... viii
LISTE DES TABLEAUX ..... ix
LISTE DES PLANCHES ..... ix
INTRODUCTION GENERALE ..... 1
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ..... 5
CHAPITRE 2 : CADRE D'ETUDE, MATERIEL ET APPROCHES METHODOLOGIQUES ..... 25
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION ..... 43
CONCLUSION ET SUGGESTIONS ..... 66
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ..... 68
WEBOGRAPHIE ..... 74
ANNEXES ..... x
TABLE DES MATIERES ..... xvii

**DEDICACE**

À mes parents Lydie AGOSSOU et Léon ZOHOU pour le don de vie et pour les sacrifices consentis.

## REMERCIEMENTS

L'élaboration de ce document, a été rendu possible grâce à la participation morale, physique et matérielle de certaines personnes que nous remercions sincèrement. Toutes fois, nous tenons particulièrement à exprimer nos vifs remerciements :

- ✓ A **l'Eternel Dieu tout puissant** qui m'a permis de vivre jusqu'ici et qui m'a accordé cette possibilité de retenir les connaissances que j'ai acquises ; sans Lui, rien ne m'aurait été possible ;
- ✓ Au Docteur Firmin M. ADANDEDJI, mon maître de mémoire pour sa supervision, son assistance, sa disponibilité, son sens d'écoute et d'échange tout au long de la réalisation de cette étude ;
- ✓ Au Docteur Antoinette ADJAGODO, mon maître de stage pour sa disponibilité, leur conseil et leur contribution pour la réalisation de ce travail ;
- ✓ Au Professeur Daouda MAMA, Directeur de l'Institut National de l'Eau (INE), pour nous avoir permis l'insertion dans son établissement ;
- ✓ Au chef de département D'Hydrologie et Gestion des Ressources en Eau (HGRE) Professeur Flavien E. DOVONOU, Maître de Conférences des Universités (CAMES), Enseignant-Chercheur à l'INE /UAC pour vos efforts consentis pour notre formation, pour les connaissances et compétences transférées ;
- ✓ Au Professeurs Abel AFOUDA, Moussa BOUKARI, Emmanuel LAWIN et tous les autres enseignants de l'INE qui n'ont ménagé aucun effort pour faire de la formation en hydrologie une formation de référence dans le domaine de l'eau au Bénin et dans l'Afrique de l'Ouest ;
- ✓ A tous les responsables de la Formation Professionnelle en Hydrologie de l'Institut National de l'Eau (INE) ;
- ✓ A son Excellence Monsieur/Madame le président du jury et aux honorables membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'apprécier ce présent travail malgré leurs multiples occupations ;
- ✓ A tout le personnel du Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) de l'Institut National de l'Eau de l'Université d'Abomey- Calavi en particulier Monsieur Mohamed BOURE SALMANOU technicien du laboratoire pour ses conseils et sa précieuse contribution dans la réalisation des analyses de laboratoire ;
- ✓ A mes Co-stagiaires du laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) pour les moments passés ensemble au sein du laboratoire durant notre stage ;

- ✓ A tous mes camarades d'hydrologie et spécialement ceux de la promotion 2022-2023 en particulier à Florencia THON et Soultane Koto Soumanou, avec qui tout au long des trois (3) années, nous avons partagé des moments de fraternité et d'apprentissage. Merci pour le soutien et l'entraide dont nous avons tous fait preuve ;
- ✓ Au chef des villages de Houèto et de Tokan Messieurs Thomas EZIN et Hippolyte KOUKE, pour leur accueil et leur disponibilité ;
- ✓ A toute la population de Houèto et de Tokan, pour leur accueil et les informations données qui constituent la quintessence même de cette étude ;
- ✓ A ma mère Lydie AGOSSOU, mon père Léon ZOHOU, mon oncle Edmond SESSOU et ma grande mère Agathe AHISSOU pour l'amour, l'éducation, le soutien, l'orientation et les conseils de tous les jours ;
- ✓ A ma sœur Balbine, mes cousins et cousines Rudy, Jaurès, Joane, palauma et julia pour leurs divers apports ;
- ✓ A nos tantes Lucie AGLOBHOUE, Zakiath BONOU-GBO, Eugenie AGOSSOU et Pélagie CAKPO pour leurs divers soutiens, conseils de tous les jours et prières ;
- ✓ A Messieurs Robert G. ODJO, Serge DOSSOU, Fructueux EHOUINSOU et mademoiselle Petronille O. BOTON pour leur encouragement, aide et assistance de tout genre ;
- ✓ A tous les Pasteurs du Ministère Internationale de la Puissance de la Résurrection du Christ (MIPRC) en occurrence le pasteur DIEU-DONNE GOUTONDE et le couple Apostostolique Charles K. et Blandine M. PASSO, pour leurs conseils, leurs enseignements, leurs prières et leurs amours à mon égard ;
- ✓ A toute personne de mon entourage, tout parent, ami et ceux qui m'ont soutenu et aidé de diverses manières, soient rassurés de ma sincère reconnaissance.

Que Dieu, le tout puissant, le Miséricorde vous laisse le plus longtemps à nos côtés afin que nous vous témoignions toujours notre reconnaissance.

**RESUME**

Cette étude réalisée a pour but d'évaluer la qualité microbiologique et physico-chimique des puits et forages dans les ménages de Houèto et de Tokan dans l'arrondissement de Togba. L'approche méthodologique s'est déroulée en trois phases : la recherche documentaire, les travaux de collecte de données de terrain et de laboratoire et enfin l'analyse et l'interprétation des résultats. Douze (12) points de prélèvement ont été retenus à raison de six (06) par localité, dont quatre (4) échantillons d'eau de Puits et 2 échantillons d'eau de forages. La qualité microbiologique des échantillons d'eau a été déterminée à travers la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux et de *l'Escherichia coli* par la technique de filtration sur membrane tandis que, celle physico-chimique a été déterminée par la méthode spectrophotométrie d'absorption moléculaire et la méthode volumétrique. Les données issues des analyses de Laboratoire ont été analysées à l'aide des logiciels (R. studio 4.3.1 et QGIS 3.22.1). Les résultats ont été comparés aux normes de qualité (norme béninoise) pour évaluer la qualité des eaux. Les valeurs de température (26,41 $^{0}$C à 27,45 $^{0}$C), de couleur (0 UcV a 27 UcV) sont supérieures à la norme établit en République du Bénin alors que celles des pH sont toutes inférieures à la norme Béninoise. Du point de vue chimique, les eaux présentent des teneurs en nitrate, en ammonium et en dureté qui varient de 1,31 à 53,55 mg/L, de 0 à 0,65 mg/L et 30,35 à 210 mg/L. Ces valeurs sont supérieures à la norme béninoise qui est de 45 mg/L ; 0,5 mg/L ; 200 mg/L. Par ailleurs, la moyenne (1 UFC/ 100 mL) obtenue pour les coliformes fécaux est au-dessus de la norme qui est de (0 UFC/ 100 mL) présentant une contamination des eaux.

**Mots clés :** Qualité de l'eau, Puits, Forage, hygiène

## ABSTRACT

This study aims to evaluate the microbiological and physicochemical quality of wells and boreholes in the households of Houèto and Tokan in the district of Togba. The methodological approach took place in three phases: Documentary research, field and laboratory data collection work and finally the analysis and interpretation of the results. Twelve (12) sampling points were selected at the rate of six (06) per locality including four (4) well water samples and 2 borehole water samples. The microbiological quality of the water samples was determined through the search and enumeration of fecal coliforms and Escherichia coli by the membrane filtration technique while the physicochemical quality was determined by the absorption spectrophotometry method. molecular and the volumetric method. The data from the Laboratory analyzes were analyzed using software (R.studio 4.3.1 and QGIS 2.18). The results were compared to quality standards (Benin standard) to assess water quality. The temperature values (26.41 0 C to 27.45 0 C), color (0 UcV to 27 UcV) are higher than the standard established in the Republic of Benin while the pH values are all lower than the Beninese standard. From a chemical point of view, the waters have nitrate, ammonium and hardness contents which vary from 1.31 to 53.55 mg/L, from 0 to 0.65 mg/L and 30.35 to 210 mg/L. These values are higher than the Beninese standard which is 45 mg/L; 0.5 mg/L; 200 mg/L. Furthermore, the average (1 CFU/100 mL) obtained for fecal coliforms is above the standard which is (0 CFU/100 mL) presenting water contamination.

Keywords: Water quality, Wells, Drilling, hygiene

## LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

ABE : Agence Béninoise pour l'Environnement
AIMF : Association Internationale des Maires Francophones
AMCA : Association des Maires de Centrafrique
BM : Banque Mondiale
CF : Coliformes Fécaux
CAMES : Conseil Africain et Malgache de l'Enseignement Supérieur
DSM : Déchets Solides Ménagers
DG Eau : Direction Générale de l'Eau
*E. coli* : *Escherichia coli*
F1H : Forage 1 Houèto
F1T : Forage 1 Tokan
GPS : Global Positionning System
INE : Institut National de l'Eau
INSAE : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique
INSTAD : Institut National de la Statistique et de la Démographie
LHA : Laboratoire d'Hydrologie Appliquée
NET : Noir ériochrome T
NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
pH : Potentiel d'Hydrogène
PLAGE : Programme Local d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement
P1H : puits 1 Houèto
P1T : Puits 1 Tokan
RGPH : : Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SGDS-GN : Société de Gestion des Déchets et de la Salubrité Urbaine du Grand Nokoué
SONEB : Société Nationale des Eaux du Bénin
UNICEF : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance
USAID : Agence des Etats Unis pour le Développement International
U.V. : Ultra-Violet
UAC : Université d'Abomey-Calavi
WHO : Word Health Organization

## LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Les usages de l'eau (Bigler, 2005) ..... 7
Figure 2 : Coupe schématique d'un puits moderne (Zunino, 2007) ..... 11
Figure 3 : Coupe schématique d'un forage (www.Google.com) ..... 12
Figure 4 : Localisation de l'arrondissement de Togba ..... 25
Figure 5 : Variation moyenne mensuelle des pluies de (1991- 2021) ..... 26
Figure 6: Températures moyennes mensuelles de 1991 à 2021 ..... 27
Figure 7 : Evolution de la population de Houèto et de Tokan de 2013 à 2023 ..... 29
Figure 8 : Localisation des sites d'échantillonnages (Travaux de terrain , 2023) ..... 34
Figure 9 : Source d'approvisionnement en eau ..... 43
Figure 10 : Usage de l'eau par la population de Houèto et de Tokan ..... 44
Figure 11 : Fréquence d'approvisionnement en eau dans les ménages ..... 45
Figure 12 : Type de traitement de l'eau de boisson à Houèto et à Tokan ..... 45
Figure 13 : Type, la nature et le type de couverture du récipient utilisé pour le transport de l'eau de boisson à Houèto et à Tokan ..... 47
Figure 14 : Etat de propreté du récipient de transport d'eau ..... 47
Figure 15 : présente le type de récipient de stockage le plus utilisé pour l'eau de boisson ..... 48
Figure 16 : Taux de propreté des récipients de stockage d'eau de boisson ..... 48
Figure 17 : Gestion des déchets solides dans les ménages ..... 49
Figure 18 : Etat matériel des latrines ..... 50
Figure 19 : Cas de maladies rencontrées dans les ménages à Houèto et à Tokan ..... 51
Figure 20 : Variation de la température au niveau des différents sites de prélèvement 52
Figure 21 : Variation du pH au niveau des différents sites de prélèvement ..... 53
Figure 22 : Variation de la turbidité au niveau des différents sites de prélèvement ..... 53
Figure 23 : Variation de la Conductivité électrique au niveau des différents sites de prélèvement ..... 54
Figure 24 : Variation de la couleur au niveau des différents sites de prélèvement ..... 55
Figure 25 : Variation de l'ammonium au niveau des différents sites de prélèvements 55
Figure 26 : Variation des nitrates au niveau des sites de prélèvement ..... 56
Figure 27 : Variation des nitrites au niveau des sites de prélèvement ..... 57

Figure 28 : Variation des orthophosphates au niveau des sites de prélèvement..... 57
Figure 29 : Variation des sulfates au niveau des sites de prélèvement..... 58
Figure 30 : Variation des Chlorures s au niveau des sites de prélèvement..... 59
Figure 31 : Variation des calciums au niveau des sites de prélèvement..... 59
Figure 32 : Variation des magnésiums au niveau des sites de prélèvement..... 60
Figure 33 : Variation des fers au niveau des sites de prélèvement..... 60
Figure 34 : Variation des fluorures au niveau des sites de prélèvement ..... 61
Figure 35 : Variation des bicarbonates au niveau des sites de prélèvement..... 61
Figure 36 : Variation des duretés au niveau des sites de prélèvement ..... 62
Figure 37 : Variation des coliformes fécaux au niveau des sites de prélèvement ..... 63

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Relation entre la conductivité et la minéralisation ..... 17
Tableau 2 : Qualité de l'eau des puits selon sa dureté..... 21

## LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Appareils utilisés sur le terrain (Cliché ZOHOU, 2023)..... 30
Planche 2 : Appareils utilisés au laboratoire (Cliché ZOHOU, 2023)..... 32
Planche 3 : Technique de prélèvement d'eau au niveau de chaque source (Cliché ZOHOU, 2023)..... 35
Planche 4 : Manipulation des appareils de laboratoire (Cliché ZOHOU, 2023)..... 40
Planche 5 : Les différentes sources d'approvisionnement en eau dans les ménages (Cliché ZOHOU, 2023)..... 44
Planche 6 : Observations faites sur le terrain (Cliché ZOHOU, 2023) ..... 49
Planche 7 : Photo des latrines retrouvées dans les ménages de Houèto et de Tokan (Cliché ZOHOU, 2023)..... 50

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un aliment indispensable à la vie (hommes, animaux, plantes) (Kahoul et Touhami, 2014). Elle est une ressource stratégique et fondamentale à l'existence de l'être humain (OdoulamI, 2009). Cette ressource vitale présente plusieurs fonctions socioéconomiques et environnementales qu'on ne saurait occulter pour une meilleure gestion des différentes espèces de la terre (ABE, 1999). Ainsi, pour l'OMS, l'approvisionnement en eau potable, des moyens d'assainissement de base et une bonne gestion des eaux sont essentiels pour réduire la pauvreté et le taux de morbidité dans le monde (UNICEF/OMS, 2007). L'eau, l'assainissement et l'hygiène, dont l'acronyme en anglais WASH (Water, Sanitation and Hygiene) comptent parmi les besoins essentiels de la personne (Malange, 2010). L'accès équitable à ces trois éléments est reconnu en 2010 par l'Assemblée Générale des Nations Unies comme un droit de l'homme. Ainsi, cette décision est réaffirmée la même année par le Conseil des droits de l'homme. De nombreuses études indiquent cependant que, dans de nombreux pays à travers le monde, l'accès à ces commodités est encore insuffisant (Majra et Gur, 2010 ; Sinclair et Gerba, 2011 ; Pickering et al., 2012). Selon le récent rapport (2019) du programme conjoint OMS/UNICEF sur l'eau et l'assainissement, environ 785 millions de personnes dans le monde n'ont pas accès à une source d'eau potable améliorée. Des milliers d'enfants meurent ainsi chaque jour de maladies diarrhéiques et d'autres maladies transmises par l'eau ou causées par un manque d'assainissement et d'hygiène. Les maladies liées à l'eau, à l'absence de système d'assainissement et au manque d'hygiène continuent de représenter un énorme fardeau dans de nombreux pays en développement (Freeman et al., 2014). En tant que telle son utilité, mérite une attention toute particulière vu qu'elle peut faire l'objet de sérieuse menace à cause des activités de l'homme.

Vu son importance, des efforts considérables devraient être consentis à travers des politiques de développement socio-culturel pour faciliter l'accès à une eau potable. En Afrique subsaharienne, où la couverture est inférieure à 50 %, la situation est encore plus alarmante (UNICEF/WHO, 2012). Si bénéficier d'une eau potable ne pose pratiquement aucun problème dans les pays occidentaux, il constitue un problème majeur qui handicape le développement socio-culturel du Bénin et de plusieurs autres pays africains (Kpokpooya, 2016).

Abomey-Calavi, deuxième commune du Bénin du point de vue démographique avec l'apparition de quartier sans aucun aménagement préalable est également confrontée à ce problème (Boni, 2014). L'eau potable destinée à la consommation est fournie par la Société

Nationale des Eaux du Bénin (SONEB). En milieu urbain, même ayant un taux de croissance de 76 % en 2019, elle ne couvre pas l'ensemble du territoire national (ANAEP-MR et rapport du Joint Monitoring Program 2019 (OMS et Unicef). En 2022, la couverture moyenne des services en eau dans les zones rurales s'élève à 73 % à l'échelle du pays contre 42 % en 2017 (www.banquemondiale.org).

Dans l'arrondissement de Togba, commune d'Abomey-Calavi, la population est confrontée aux difficultés liées à l'accès à l'eau potable à cause de la faible couverture estimée à 49 % en 2020 (USAID, 2020). Cette inégalité dans la qualité des services d'approvisionnements en eau créée un marché pour le commerce d'eau et encourage l'utilisation de source d'eau et de puits locaux non potables dans certaines régions. Le manque d'eau de bonne qualité dans un environnement encore insalubre représente un risque pour la santé de la population. Selon Akodogbo (2005), trois conditions devraient être remplies pour qu'une population dispose de l'eau de consommation en qualité acceptable et en quantité suffisante à savoir : le maintien en état permanent de l'environnement grâce à un système adéquat de traitement de l'eau et de l'assainissement du milieu ; le respect des règles d'hygiène relative à l'exhaure, transport au stockage et au prélèvement de l'eau de boisson ; la pérennisation de la source d'approvisionnement. La deuxième condition incluant la conservation (stockage) constitue le sérieux problème de la gestion à la base. Il est largement admis que les mauvaises conditions d'assainissement, la rareté et la mauvaise qualité de l'eau et les pratiques d'hygiène inadaptées nuisent à la santé de la population. Cette dernière doit par conséquent être dotée d'infrastructures d'approvisionnement en eau, d'assainissement et d'hygiène adéquate. C'est pourquoi notre étude a retenu ces localités, où la situation est plus délicate, comme terrain de recherche.

Dans ces localités où l'hygiène de l'eau et l'assainissement constituent un problème majeur, il suffit de constater que les puits creusés dans ces zones sont profonds et n'ont pas de couvercles, les forages ne sont pas entretenus, ce qui les expose à toutes sortes de contamination causée par les déchets, les cadavres d'animaux et autres substances nocives. C'est avant tout, la réponse à un besoin primaire et vital, besoin directement lié au bien-être et aux apprentissages. Ainsi, je me suis proposé de travailler sur le sujet intitulé : **« Qualité des eaux de puits et de forages utilisées pour la consommation dans les localités de houèto et de tokan dans l'arrondissement de Togba à Abomey- Calavi »**

- **Objectifs de l'étude**

**Objectif Général**

L'objectif général de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux de puits et de forages utilisées pour la consommation dans les localités de Houèto et de Tokan dans l'arrondissement de Togba à Abomey-Calavi.

**Objectifs spécifiques**

Les objectifs spécifiques formulés sont les suivants :

- faire un état des lieux de la situation actuelle de l'approvisionnement en eau potable dans les localités de Houeto et Tokan ;
- déterminer la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux consommées par les habitants de Houeto et Tokan .

- **Hypothèses**

Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses suivantes ont été émises :

- les habitudes comportementales sont responsables de la mauvaise qualité de l'eau consommée ;
- la qualité des eaux des localités de Houèto et de Tokan est défectueuse à une contamination microbiologique et physico-chimique ;
- la qualité des eaux dans ces deux localités n'est pas conforme aux normes pour l'eau de boisson.

Pour mieux aborder ce sujet, j'ai structuré ce mémoire en trois chapitres. Le premier chapitre intitulé "synthèse bibliographique" fait ressortir quelques notions fondamentales à la compréhension du thème d'étude, ensuite le deuxième chapitre intitulé "cadre d'étude, matériel et approches méthodologiques" présente les éléments descriptifs du milieu ainsi que le dispositif de collecte de données et la démarche méthodologique adoptée. Enfin, le troisième chapitre intitulé "Résultats et discussion" porte sur les résultats pertinents auxquels j'ai abouti.

# CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

# CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1.1. Définition de quelques concepts

Pour permettre une meilleure compréhension des concepts utilisés dans le cadre de notre étude, il est nécessaire de définir le contenu de quelques-uns de ces concepts.

### 1 .1.1. Environnement

D'après le dictionnaire LAROUSSE (2018) l'environnement désigne l'ensemble des éléments, naturels, et artificiels qui entourent un individu humain, animal ou végétal ou une espèce. Il est également défini selon la Loi cadre comme étant « l'ensemble des éléments naturels et artificiels ainsi que les facteurs économiques, sociaux, et culturels qui influent sur les êtres vivants et que ceux-ci peuvent modifier » (ABE, 1999).

### 1.1.2. Ménage

L'INSD considère le ménage comme « une unité socio-économique de base au sein de laquelle les différents membres apparentés ou non vivent ensemble dans la même maison ou dans la même concession, mettent en commun leurs ressources et satisferont à l'essentiel de leurs besoins alimentaires et autres besoin vitaux »

Selon INSEE d'une manière générale, un ménage, au sens statistique du terme, désigne l'ensemble des occupants d'un même logement sans que ces personnes soient nécessairement unies par des liens de parenté (en cas de cohabitation, par exemple). Un ménage peut être composé d'une seule personne.

### 1.1.3. Qualité de l'eau

Ensemble des propriétés physiques, chimiques, biologiques et organoleptiques qui rendent l'eau apte à l'utilisation à laquelle elle est destinée. (Loi n°2010- 44 du 24 novembre 2010 portant la gestion de l'eau en république du Bénin, chapitre premier, session 4 article 5).

### 1.1.4. Source

C'est un endroit ou une nappe d'eau sort toute seule de terre (Azonsi, 2023)

Selon le petit LAROUSSE illustré, 2023 une source est un lieu d'émergence à la surface du sol de l'eau emmagasinée dans une nappe aquifère souterraine.

### 1.1.5. Nappe et Aquifère

La nappe est l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique (Margat, 1990). L'aquifère, c'est une formation rocheuse ou sédimentaire (comme du grès ou du gravier) pouvant contenir l'eau (Jackson, 1986).

### 1.1.6. Hygiène et Assainissement

L'hygiène est une combinaison d'actes et d'attitudes visant à maintenir le corps, l'organisme et le mental en bonne santé. Pour rester en bonne santé, il est impératif de conserver une bonne hygiène de vie impliquant d'éviter les substances dangereuses pour l'organisme. L'hygiène de l'eau implique de s'occuper correctement des points d'eau, de tous les récipients qui contiennent de l'eau pour tous les usages. Quant à l'assainissement, c'est l'ensemble des interventions destinées à réduire les risques pour la santé en assurant aux populations un environnement propre et des mesures destinées à interrompre la transmission des pathologies. Elles consistent généralement à organiser l'évacuation ou la gestion hygiénique des excrétas humains et animaux, des ordures et des eaux usées ; à lutter contre les vecteurs de maladies, et à mettre en place les installations nécessaires à l'hygiène corporelle et à la propreté des habitations. La notion d'assainissement regroupe les comportements et les équipements qui agissent en synergie pour créer un environnement salubre [(Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1998)]. Selon la Banque Mondiale (BM, 2011), l'assainissement comprend des interventions visant à réduire l'exposition de la population à des maladies en fournissant un environnement sain permettant de vivre et de prendre des mesures pour briser le cycle de transmission des maladies. Cela inclut généralement la gestion hygiénique des excréta humains et déjections animales, les déchets et les eaux usées, le contrôle des vecteurs des maladies et la fourniture d'installations de lavage pour l'hygiène personnelle et domestique. De plus, il implique à la fois les comportements et les installations qui fonctionnent ensemble pour former un environnement sain (AIMF et AMCA, 2013).

### 1.1.7. Santé

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, dans le 1er article de la constitution de 1946, la santé est un état de bien-être physique, mental et social et pas seulement l'absence de maladie ou d'infirmité. Elle prend en compte les aspects environnementaux, sociaux, psychiques et physiques et s'articule autour de l'éducation et de la prévention constitution (Lemercier, 2013)

### 1.1.8. Eau potable

L'OMS définit l'eau potable comme étant celle que l'on peut boire sans risque pour la santé. Toujours selon OMS c'est une eau ayant les caractéristiques microbiennes, chimiques et physiques qui répondent aux directives à la qualité de l'eau de boisson. En clair, une eau potable est une eau qui ne contient pas d'agents chimiques à des concentrations pouvant nuire à la santé. L'INSD définit l'eau potable comme une eau dont la consommation n'a pas de danger pour la santé humaine à court, moyen et long termes (INSD, 2009).

## 1.2. Généralités sur l'eau

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la terre. Le terme ''eau' 'est dérivé du mot latin aqua. L'eau est essentielle pour tous les organismes vivants. Sa formule chimique pure est $H_2O$. L'eau dite « courante » est une solution d'eau, de sels minéraux et d'autres impuretés. Pour cela, l'eau que l'on retrouve sur terre est rarement un composé chimique pur. L'eau existe sous trois (3) états : l'état liquide dans les océans, l'état gazeux (vapeur d'eau) et l'état solide (la glace) (Kpako, 2016).

L'usage et l'exploitation de la ressource en eau se déploient dans de multiples domaines. (Figure1).

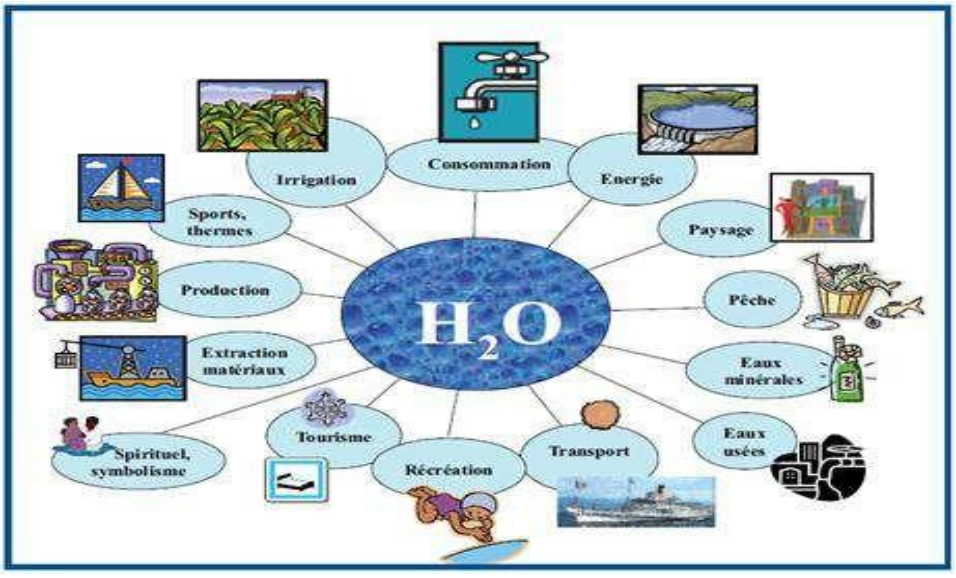



Figure 1 : Les usages de l'eau (Bigler, 2005)

L'eau est une commodité première sans laquelle aucune vie n'est possible. Elle est indispensable à la vie de l'Homme, des plantes et des animaux (Kahoul et Touhami,

2014). Elle est un important facteur de progrès qui conditionne l'évolution des communautés quand l'approvisionnement est adéquat pour permettre aux habitants de vivre sainement et confortablement (Odoulami, 2009). Ce nutriment indispensable est le principal composant du corps humain puisqu'il représente environ les 2/3 du poids corporel. Pour un adulte de 80 kg, son corps renferme 50 à 60 litres d'eau. L'eau permet tous les échanges nutritifs à l'intérieur des cellules et aussi entre les cellules présentes dans nos différents organes ; même les influx nerveux ont besoin d'un milieu aqueux pour que les échanges d'ions et de particules électriques puissent avoir lieu (Vermande, 2002).

On distingue en général deux catégories d'eau : les eaux de surfaces, qui représentent environ 1 % de la quantité d'eau globale disponible sur la terre (Felix, 2013) et les eaux souterraines.

### 1.2.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées par les eaux de mer, des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs et des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement. (Debabza, 2005) Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (Degremon, 2005). Cette source est caractérisée par des pollutions microbiennes et chimiques maximales. C'est la raison pour laquelle elles sont l'objet d'un classement permettant théoriquement d'éliminer les plus contaminées et de sélectionner les plus pures d'entre-elles pour en faire des eaux d'alimentation. Ces eaux sont fréquemment utilisées dans les régions à forte densité de populations ou très industrialisées (Vierling, 2003).

### 1.2.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont les eaux qui circulent sous le niveau du sol et qui remplissent les fractures du socle rocheux ou les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers (Merouani et al, 2013).

#### 1.2.2.1. Origines des eaux souterraines

L'approvisionnement en eau souterraine constitue le moyen de consommation en cas de déficit du réseau d'eau potable dans la plupart des pays en voie de développement (Odoulami, 2009). Elles sont constituées des eaux pluviales ou des eaux de surface qui se sont infiltrées dans le sol pour former les nappes d'eaux souterraines. Elles s'infiltrent par gravité dans les pores, les microfissures, les fissures des roches humidifiant des couches de plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Là, elles s'accumulent, remplissent le moindre vide, saturant d'humidité le sous-sol, formant ainsi un aquifère (Guillemin et Roux, 1992). Pour Azongnitode, (2009) les nappes d'eaux souterraines peuvent être deux types selon la profondeur :

- Les nappes libres : ce sont des nappes aquifères situées sous un sol perméable ; elles comprennent la nappe phréatique peu profonde atteinte par les puits et forage de particuliers.
- Les nappes captives : ce sont des nappes aquifères situées entre deux couches imperméables de terrain.

Pour capter ces eaux on utilise des puits ou des forages.

#### 1.2.2.2. Minéralisation des eaux souterraines

L'eau de pluie est légèrement acide du fait de sa teneur en $CO_2$ dissous. Au cours de son infiltration dans le sol et le sous-sol, elle se charge en ions et acquiert des propriétés physiques et chimiques qui caractérisent l'eau de la nappe qu'elle forme. Les eaux souterraines sont plus ou moins minéralisées en fonction :

- de la nature des roches traversées et des minéraux rencontrés au cours de l'infiltration ;
- du temps de contact de l'eau avec les minéraux, donc de la vitesse de percolation de l'eau dans le sous-sol ;
- du temps de renouvellement de l'eau de la nappe par l'eau d'infiltration (www.u-picardie.fr).

### 1.2.2.3. Sources de pollution des eaux

La présence des substances indésirables dans une eau destinée à la consommation ou à une utilisation domestique est considérée comme une contamination. Elle peut provenir des activités anthropiques ou d'une source naturelle. En effet les industries, les activités domestiques à travers les rejets très diversifiés (Laurent, 2012) et l'agriculture qui s'applique de manière diffuse, sont à l'origine de cette contamination (Kenfaoui, 2008). Dans sa recherche sur l'impact des déchets domestiques sur la qualité de la nappe phréatique à Cotonou Aissi (1992) a montré que les eaux sont contaminées par la mauvaise gestion des déchets solides et liquides provenant des activités humaines. Plusieurs autres auteurs à travers leurs études ont montré que le manque d'assainissement autour des ouvrages d'approvisionnement ; la faible distance des ouvrages aux sources de pollution comme les déchets, les latrines les fosses septiques ; le nom respect des règles d'hygiènes élémentaires par les utilisateurs sont autant de facteurs qui contribuent à la dégradation de la qualité de l'eau (Dovonou, 2012 ; Mkpakam et al., 2009 ; Chippaux et al., 2002 ; Djuikom et al., 2009). En dehors de ceci la nature du sol par l'eau, la faible profondeur de la nappe, la perméabilité de l'acquière exploitée et le contexte climatique sont des facteurs naturels de la pollution des eaux (Degbey et al., 2011 ; Hounsounou et al.,2016).

### 1.2.3. Quelques ouvrages hydrauliques

#### 1.2.3.1. Notions de puits et de forage

- **Le puits**

Le puits est un ouvrage creux vertical cylindrique d'un diamètre assez important permettant d'atteindre à partir du sol de la nappe d'eau souterraine (l'aquifère) la moins profonde ou « nappe phréatique » (DG Eau, 2008). Il est réalisé avec un matériel beaucoup moins important et coûteux que celui nécessaire pour la réalisation de forage (Padear, 1997). On distingue les puits traditionnels dont le diamètre varie entre 1 et 1,20 m et les puits modernes dont le diamètre varie entre 1,40 et 1,80 m.

**Puits traditionnels**

De manière générale, les puits traditionnels sont construits par les puisatiers ou la communauté elle-même. Ces ouvrages ne respectent en rien les normes standards de construction de puits.

Ils sont faits pour la plupart sans cuvelage et ancrage de surface avec ou sans margelle, mais souvent en terre de barre. Ces ouvrages sont sujets à des infiltrations d'eaux de ruissellement polluant ainsi l'eau destinée à la consommation (Adingni, 2011).

**Puits modernes**

Le puits moderne est un ouvrage à grand diamètre aux parois protégées par des buses plaines en béton armé (Adingni, 2011). Il se compose de trois parties :

- le captage : partie du puits située sous le niveau de l'eau qui permet à l'eau de l'aquifère de pénétrer l'intérieur du puits ;

- le cuvelage : partie située au-dessus du niveau de l'eau ;

- les équipements de surface : margelle, trottoir, système de puisage et aire assainie autour du puits. (DG Eau, 2008). Ces puits offrent l'avantage d'être plus durables, mais néanmoins reste plus chers et nécessitent un matériel plus important.

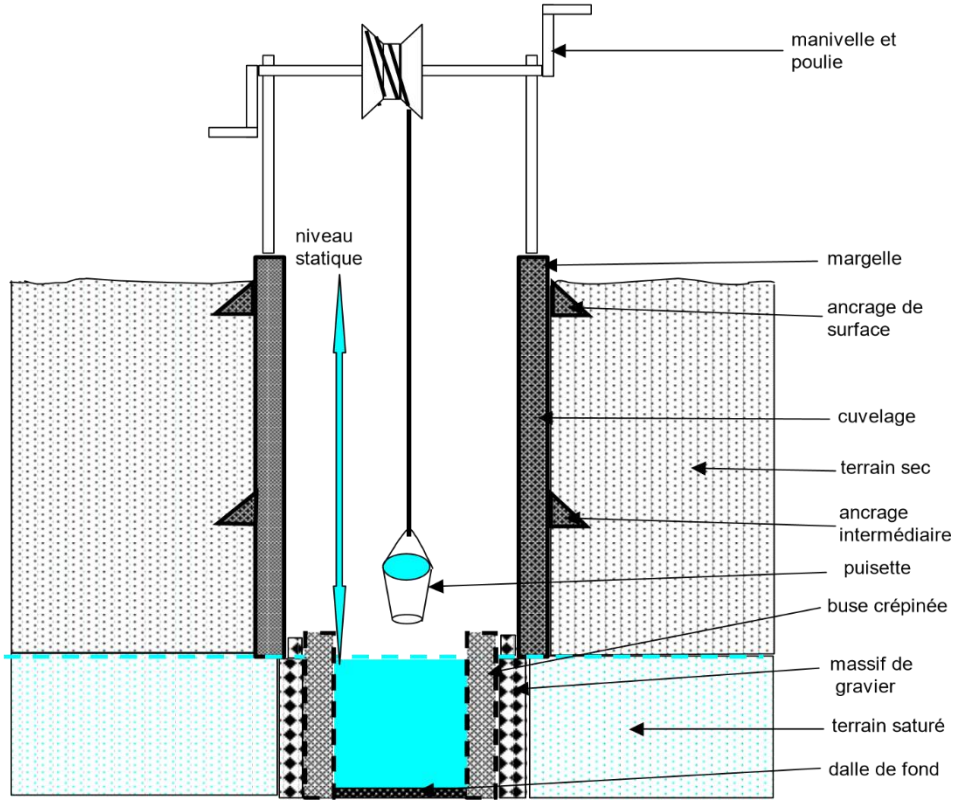



Figure 2 : Coupe schématique d'un puits moderne (Zunino, 2007)

- **Le Forage**

Un forage est un ouvrage de captage d'eau souterraine de petit diamètre (en général 15 à 40 centimètres). Il est équipé d'un système mécanique ou électromécanique d'exhaure dans les aquifères profonds (pSEau, 2012). Les débits prélevés sont en général d'un mètre cube par heure. Le matériel de mise en œuvre est relativement coûteux et réclame une technicité très délicate pour son entretien. On distingue généralement les forages munis de pompe à motricité humaine et les forages munis de pompes motorisés (Adingni, 2011).

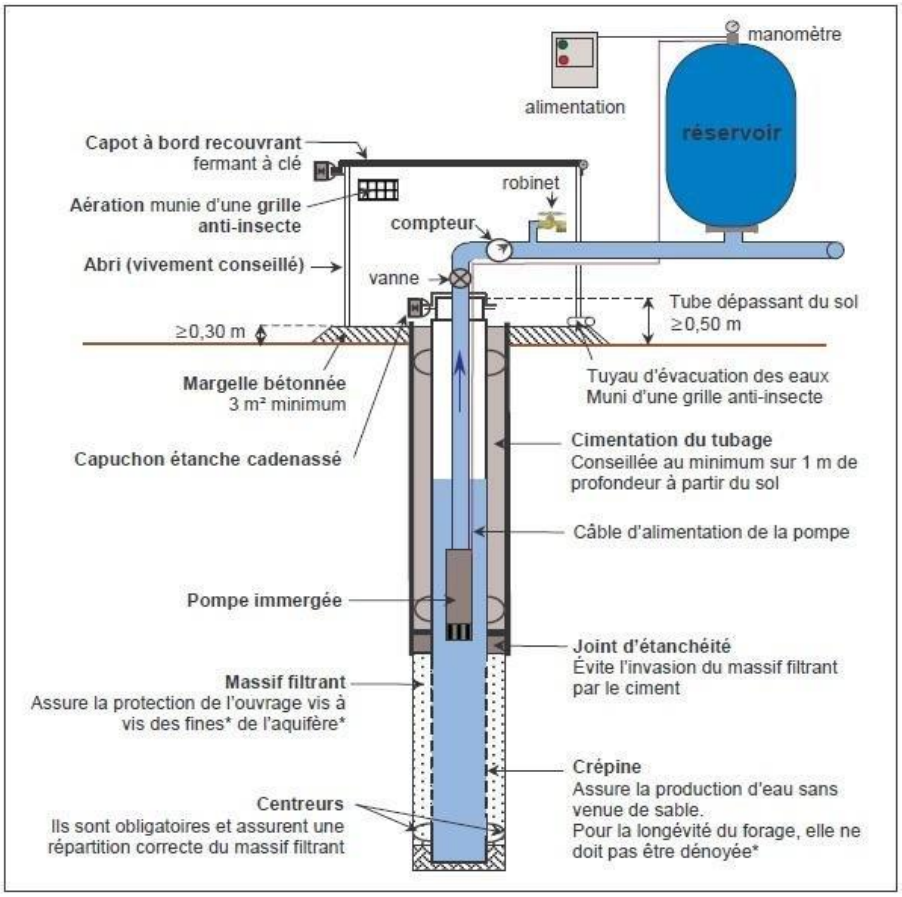



Figure 3 : Coupe schématique d'un forage (www.Google.com)

## 1.3. La pollution des eaux

### 1.3.1. Définition

La pollution est une modification de la composition naturelle d'une eau généralement provoquée par l'homme, c'est une altération de la qualité de l'eau, susceptible de la

rendre impropre à la consommation ou à d'autres usages et dangereuse pour la santé humaine (Diop, 2006).

#### 1.3.1.1. Les types de pollution

Selon l'Association Santé Environnement France, (2010) on distingue la pollution organique (matières biodégradables, exemple des déjections animales) ; la pollution physique (matières en suspension, chaleur, radioactivité) ; la pollution microbienne (virus, bactéries) ; la pollution chimique (substances indésirables ou dangereuses).

##### 1.3.1.1.1. Pollution organique

La pollution organique est la plus répandue, elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduaires provenant de diverses industries agroalimentaires, abattoirs, laiteries, fromageries, sucreries, industries, bois et papeteries (Liu et al, 1997).

#### 1.3.1.1. Pollution physique

- **Pollution thermique**

Cette pollution est due à l'élévation de la température de l'eau. L'eau se chauffe, le taux de l'oxygène diminue ; par conséquent une asphyxie s'installe chez les organismes aquatiques.

- **Pollution radioactive**

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde) ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires) ; des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets d'installation des centrales nucléaires (Kourchi, 2010)

- **Pollution mécanique**

Elle provient du lessivage des sols par des pluies abondantes et des travaux et de revêtements qui rendent le sol imperméable provoquant une concentration des écoulements et des volumes entrainant de boues importants (Kourchi, 2010).

#### 1.3.1.1.3. La pollution microbienne

La pollution microbienne est principalement liée aux eaux usées urbaines. Ces dernières sont très chargées en coliformes, bactéries pathogènes, virus et parasites. Le réservoir majeur des bactéries responsables des maladies à transmission hydrique se trouve être l'appareil digestif de l'homme et des animaux. L'élimination de ces bactéries par les matières fécales contamine les égouts urbains, les eaux résiduaires hospitalières et les eaux de surface (Mechaï, 2005).

#### 1.3.1.1.4. Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de santé publique qui prend des formes multiples, certaines formes de pollution chimique échappent souvent aux méthodes ordinaires de traitement de l'eau et posent par conséquent des problèmes complexes de pollution ; tant au niveau des eaux de surface qu'au niveau des nappes souterraines (Kourchi, 2010).

### 1.4. Maladies d'origines hydriques

« Nous buvons 90% de nos maladies », disait Louis Pasteur à la fin du XIXe. Ainsi l'eau peut être le vecteur de nombreuses maladies du siècle (qu'elles soient bactériennes, virales ou parasitaires), d'intoxication, de trouble sur la santé. L'eau et l'assainissement sont indispensables à la santé publique. « Je dis souvent qu'ils en constituent la base, car lorsqu'on aura garanti à tout un chacun, quelques soient ses conditions de vie l'accès à une eau salubre et à un assainissement correct, la lutte contre un grand nombre de maladies aura fait un bond énorme » (Lee Jong-Wook, 2006).

Les maladies d'origines hydriques sont des maladies liées à l'eau. Elles sont contractées après consommation d'une eau de qualité douteuse ou après contact direct avec une eau insalubre. Ces eaux non potables sont le vecteur de micro-organismes pathogènes, de virus et de contaminants chimiques (plomb, pesticides...) qui engendrent des troubles et des pathologies pouvant être mortelles. Ces maladies sont très présentes en milieux tropical et subtropical en raison des conditions climatiques (température et humidité) favorables à la prolifération des vecteurs, d'une forte exposition des populations liées à leur niveau de vie, de condition hygiéniques précaires d'une infrastructure de santé peu développée » (Vlavonou, 2015). Il existe cinq types de maladies liées à l'eau.

**Les maladies :**

- **Les maladies à transfert hydrique**

Ce sont des maladies dont la manifestation première est la diarrhée et qui sont fréquentes lorsqu'il n'y a pas d'eau propre pour la boisson, la cuisine et le nettoyage. Les plus courantes sont : le choléra, la typhoïde, la dysenterie, la gastro-entérite et les hépatites virales (Delmont, 2016)

- **Les maladies d'origines aquatiques**

Les maladies aquatiques sont celles transmises par des organismes aquatiques comme la dracunculose et la schistosomiase (Delmont, 2016).

- **Les maladies à vecteur d'insecte aquatique**

Sont celles propagées par les insectes. Les insectes porteurs, les moustiques et les mouches noires y compris se reproduisent dans les eaux stagnantes. Au nombre de ces maladies on a : l'onchocercose, le paludisme, la fièvre jaune, la filariose et la maladie du sommeil (Delmont, 2016)

- **Les maladies dues au manque d'hygiène**

Ce sont des maladies causées par une mauvaise hygiène personnelle résultant d'un manque d'eau salubre. Elles peuvent être évitées si les personnes ont accès à une eau salubre pour leur hygiène. C'est l'exemple de la gale, le trachome, la lèpre, la conjonctive (Ode, 2006).

- **Les maladies causées par un assainissement insuffisant**

Ces maladies sont contractées via un sol contaminé par les excréments humains dans les zones où aucun traitement de déchet n'est prévu ou en avalant accidentellement des particules souillées : c'est le cas de l'ankylostomiase. L'ankylostome est un parasite de l'intestin grêle qui provoque généralement des crampes. Une infection à l'ankylostome peut devenir sérieuse pour les nouveaux nés, les enfants, les femmes enceintes et personnes faibles ou sous alimentées. Une des espèces les plus connues, l'Ancylostomaduodenalis, est trouvée dans le sud de l'Europe, l'Afrique du Nord, le nord de l'Asie et dans certains endroits de l'Amérique du sud (Ode, 2006).

### 1.5. Normes de qualité de l'eau en république du bénin

La norme de potabilité des eaux de consommation est représentée par un chiffre qui fixe la limite supérieure ou inférieure à ne pas dépasser et à respecter pour un paramètre. Elle est fixée par une loi, une directive, un décret. En République du Bénin, l'eau destinée à la consommation doit respecter certaines normes, ces normes sont présentées dans l'annexe

### 1.6. Caractéristiques de l'eau potable

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre aux règlements généraux d'hygiène et à toutes les mesures propres pour préserver la santé de l'homme.

#### 1.6.1. Les paramètres organoleptiques

##### 1.6.1.1 Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier, 2005).

##### 1.6.1.2. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition l'odeur peut être définie comme : L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (Rodier, 2005).

##### 1.6.1.3. Goût et Saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier, 2005).

### 1.6.2. Les paramètres physico-chimiques

#### 1.6.2.1. Qualité physique

##### 1.6.2.1.1. Température

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur (Benallou, 2004). La température de l'eau dépend d'une série de facteurs.

▪ Situation géographique, la saison

▪ La profondeur (la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en Surface)

▪ La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur)

▪ Le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température) (Mahamat et al. 2010).

##### 1.6.2.1.2. Potentiel hydrogène

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons $H^+$ contenus dans l'eau. Il résume la Stabilité de l'équilibre établir entre les différentes formes de l'acidité carbonique, et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (Makhoukh, 2011).

##### 1.6.2.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution (Samake, 2002). Elle s'effectue à l'aide d'un conductimètre.

**Tableau 1 :** Relation entre la conductivité et la minéralisation

| C = Conductivité(µS/cm) | Minéralisation |
|---|---|
| C > 100 | Très faible |
| 100<C<200 | Faible |
| 200<C<333 | Moyenne |
| 333<C<666 | Moyenne accentuée |
| C>1000 | Elevée |

**Source :** (Rejsek, 2002)

#### 1.6.2.1.4. Turbidité

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc.). Il est important de connaître la teneur de la turbidité lorsqu'on envisage de traiter l'eau car elle facilite le développement des germes indicateurs de contamination, réduit l'efficacité des désinfectants et accroît la consommation de chlore tout en diminuant son efficacité (Miquel, 2003). Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 UTN (Jean-claude, 1983).

### 1.6.2.2. Qualité chimique

#### 1.6.2.2.1. Chlorures ($Cl^{-}$)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (Na Cl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. (Makhoukh, 2011).

#### 1.6.2.2.2. Calcium ($Ca^{2+}$)

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répondu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières (Khelili et al., 2015)

#### 1.6.2.2.3. Magnésium ($Mg^{2+}$)

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le magnésium peut avoir deux gaines : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO4 des terrains gypseux du trias situés au sud (Sahraoui, 2015).

#### 1.6.2.2.4. Nitrites ($NO_2^{-}$)

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés, ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et le nitrate, ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une bactérie dénitrifiant. Leur présence dans l'eau est généralement rare et en faible quantités (Rejsek, 2002)

#### 1.6.2.2.5. Nitrates ($NO_3^{-}$)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Rodier et al, 2009).

#### 1.6.2.2.6. Fer ($Fe^{2+}$)

Très largement utilisé sous forme d'acier dans le domaine de la construction, le fer est un métal qui est très abondant dans la croûte terrestre, principalement dans les roches ignées comme les amphiboles et les pyroxènes (Hem, 1985). Dans la nutrition humaine, il joue un rôle essentiel. La dotation minimale journalière en fer dans l'organisme varie de 10 à 50 mg en fonction de l'âge, du sexe, de sa biodisponibilité et de l'état physiologique de la personne considérée (WHO, 2011). La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations. (Rodier et al, 2009).

#### 1.6.2.2.7. Sulfates ($SO_4^{2-}$)

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuse et l'oxydation des sulfates répandus dans les roches. Les concentrations élevées de sulfates (plus de 400 mg/L) peuvent contribuer à la corrosion des systèmes de distribution surtout avec les eaux faiblement alcalines (Meghzili, 2003).

#### 1.6.2.2.8. Bicarbonates

Les bicarbonates proviennent de la dissolution des carbonates de calcium et de magnésium. Ils sont responsables de la dureté temporaire de l'eau. En trop grande quantité, ils peuvent donner un goût amer et acre à l'eau (Saidi, 2014). A basse température, le $CO_2$ se dissout dans l'eau et favorise sa transformation en acide carbonique ($H_2CO3$) qui donne les ions HCO3 ces réactions chimiques sont liées à l'évolution du pH :

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \quad (pH = 3 \text{ à } 5).$$

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO^-_3 \quad (pH = 6.5).$$

$$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO^{--}_3 \quad (pH = 8.2 \text{ à } 8.3).$$

#### 1.6.2.2.9. Fluorure

La teneur en fluor dans l'eau dépend du temps de contact de l'eau avec les minéraux fluorés de l'aquifère. Il est un élément essentiel pour l'émail dentaire, mais la consommation prolongée d'eau contenant un excès en fluor peut provoquer une fluorose dentaire du squelette (Dovonon, 2011).

#### 1.6.2.2.10. Ammonium ($NH_4^{+}$)

L'ammonium provient surtout de la décomposition des matières organiques azotées et des industries chimique (engrais et textile) est plus important chimiques de pollution (Pesson, 1980). Il constitue un des maillons du cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de pH, il se transforme soit en composé non combiné, soit sous forme ionisée (Potelon, 1998).

#### 1.6.2.2.11. Orthophosphate

L'orthophosphate fait partie du domaine de la chimie et désigne un phosphate inorganique. L'orthophosphate est la forme la plus simple et la plus répandue du phosphore dans l'eau. La présence d'orthophosphate dans l'eau souterraine peut indiquer une contamination à partir des eaux de surface.

#### 1.6.2.2.12. Dureté totale (TH)

La dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations $Ca^{2+}$ et $Mg^{2+}$à l'exception des alcalins. Une eau est dite douce, lorsqu'elle pauvre en ces cations et elle est dite dure lorsqu'elle en est riche (Ledler, 1986).

**Tableau 2 :** Qualité de l'eau des puits selon sa dureté

| Classe de qualité de l'eau | Dureté totale (mg/L) |
|---|---|
| Douce | < 70 |
| Légèrement dure | 75-150 |
| Dure | 150-300 |
| Très dure | > 300 |

**Source :** sawyer et mc carty, 1967

### 1.6.3. Les paramètres microbiologiques

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène. La qualité microbiologique est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource, ou un dysfonctionnement du traitement de potabilisation. Les conséquences dépendent de plusieurs facteurs dont l'état général du consommateur, de la virulence des microorganismes, du mode de transmission ainsi que de la dose ingérée. Les troubles sont principalement des troubles gastro-intestinaux, diarrhées, vomissements.

Il est indispensable de toujours contrôler la qualité de l'eau après son traitement et avant sa consommation parce que ce dernier peut être défaillant ou que la qualité de l'eau peut s'altérer avant son arrivée au robinet du consommateur. Les paramètres microbiologiques recherchés dans ce présent travail sont les coliformes fécaux et *l'Escherichia Coli.*

#### 1.6.3.1. Les coliformes fécaux (coliformes thermotolérants)

Ce sont des coliformes qui présentent les mêmes propriétés et caractéristiques des coliformes totaux après incubation à la température de 44°C. Le groupe des coliformes fécaux comprend les espèces suivantes : *Citrobacterfreudii, Citrobacterdiversus, Citrobacteramalonaticus,*

*Enterobacteraerogenes, Enterobactercloacae, Esherichia coli, Klebsiellapneumoniae, Klebsiellaoxytoca, Moellerella wisconsensus, Salmonella (sous-genre III Arizona), Yersinia enterolitica* (Mohamed ben et al.*)*. La présence de coliformes fécaux dans un milieu aquatique, et plus particulièrement *d'E.coli*, est considérée comme un bon indicateur d'une contamination récente du milieu par du matériel fécal humain ou d'animaux à sang chaud. Néanmoins, leur mise en évidence dans l'eau n'est pas la preuve de la présence de pathogènes, mais elle permet de la suspecter fortement. Un autre test peut fournir les mêmes indications que celles fournies par le dénombrement des coliformes fécaux, c'est le dénombrement des *E.coli* présumés qui correspondent à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, à 44°C. L'examen peut donc être orienté vers l'un ou l'autre de ces dénombrements (Mechaï, 2005).

#### 1.6.3.2. *Escherichia coli*

Caractérisé par les enzymes $\mathscr{B}$-galactonidase et $\mathscr{B}$-glucoronidase, *Escherichia coli* correspond à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane (Emmanuel, 2004). Il est abondant dans les fèces humaines et animales jusqu'à des concentrations de $10^9$ par gramme de matières sèches. Sa présence est l'indicateur le plus précis de la contamination par les matières fécales qui contenir des micro-organismes pathogènes, comme des bactéries, des virus ou des parasites (EL haissoufi et al., 2011). Selon EmmanueL (2004), il est aussi retrouvé dans les eaux d'égout, les effluents traités, ainsi que dans toutes les eaux naturelles et les sols victimes d'une contamination fécale récente, qu'elle soit d'origine humaine, animale ou agricole.

### 1.7. Traitement de l'eau de boisson

La mauvaise qualité de l'eau peut être la cause de plusieurs maladies d'origines hydriques. Toutefois des techniques de désinfection existent dans le but de lutter contre les maladies à transmission hydrique. La désinfection consiste à utiliser un procédé physique ou chimique afin d'anéantir ou de détruire les micro-organismes pathogènes ou non présents dans l'eau. Il existe cinq méthodes de traitement de l'eau : la filtration sur tissu, la chloration de l'eau, l'ozonisation, la stérilisation par les rayons U.V. et la microfiltration.

### 1.7.1. Filtration sur tissu

Une filtration sur tissu permet d'éliminer les principales impuretés ainsi qu'une partie des ions en excès capables de se trouver dans l'eau et de nuire à la santé du consommateur. Même si elle n'est pas un moyen de traitement fiable, filtrer l'eau avant de la traiter par une des autres méthodes existantes permet de contribuer considérablement à l'amélioration de la qualité de l'eau obtenue.

### 1.7.2. Chloration de l'eau

La désinfection par le chlore est un désinfectant puissant utilisé pour le traitement de l'eau. Son pouvoir rémanent fait de lui un désinfectant très efficace malgré le goût caractéristique qu'il donne à l'eau et la dangerosité de certains des dérivés chlorés. L'un des inconvénients de cette méthode est sa dépendance de son efficacité vis-à-vis du pH de l'eau (Chouti, 2007).

### 1.7.3. Ozonisation

L'ozone est un procédé, très efficace dans la destruction des bactéries et des virus. Il se décompose en oxygène, sans laisser de produits dans l'eau et améliore la couleur de l'eau, le goût et l'odeur de l'eau. Les inconvénients de cette méthode sont sa consommation importante, ainsi que la complexité de son utilisation (Zogo, 2005).

### 1.7.4. Stérilisation par les rayons UV

Cette technique a la particularité de détruire toutes les matières vivantes. Bien qu'elle ne laisse aucun dérivé et aucune odeur dans l'eau, cette méthode ne rend qu'inactive les bactéries sans les éliminer. L'eau doit donc être consommée directement après traitement (Chouti, 2007)

### 1.7.5. Microfiltration

C'est une technique simple à réaliser qui permet non seulement de rendre inactifs les micro-organismes mais de détruire les bactéries de l'eau. Il a l'inconvénient d'être coûteux à l'utilisation car il faut un renouvellement continue des microfiltres (Zogo, 2005).

# CHAPITRE 2 : CADRE D'ETUDE, MATERIEL ET APPROCHES METHODOLOGIQUES

# CHAPITRE 2 : CADRE D'ETUDE, MATERIEL ET APPROCHES METHODOLOGIQUES

## 2.1. CADRE D'ETUDE

### 2.1.1. Situation géographique

L'arrondissement de Togba (figure 4) est situé dans la partie Sud de la commune d'Abomey-Calavi et dans le département de l'Atlantique entre les Latitudes 6°22' et 6°30' Nord et les Longitudes 2°15' et 2°22' Est.

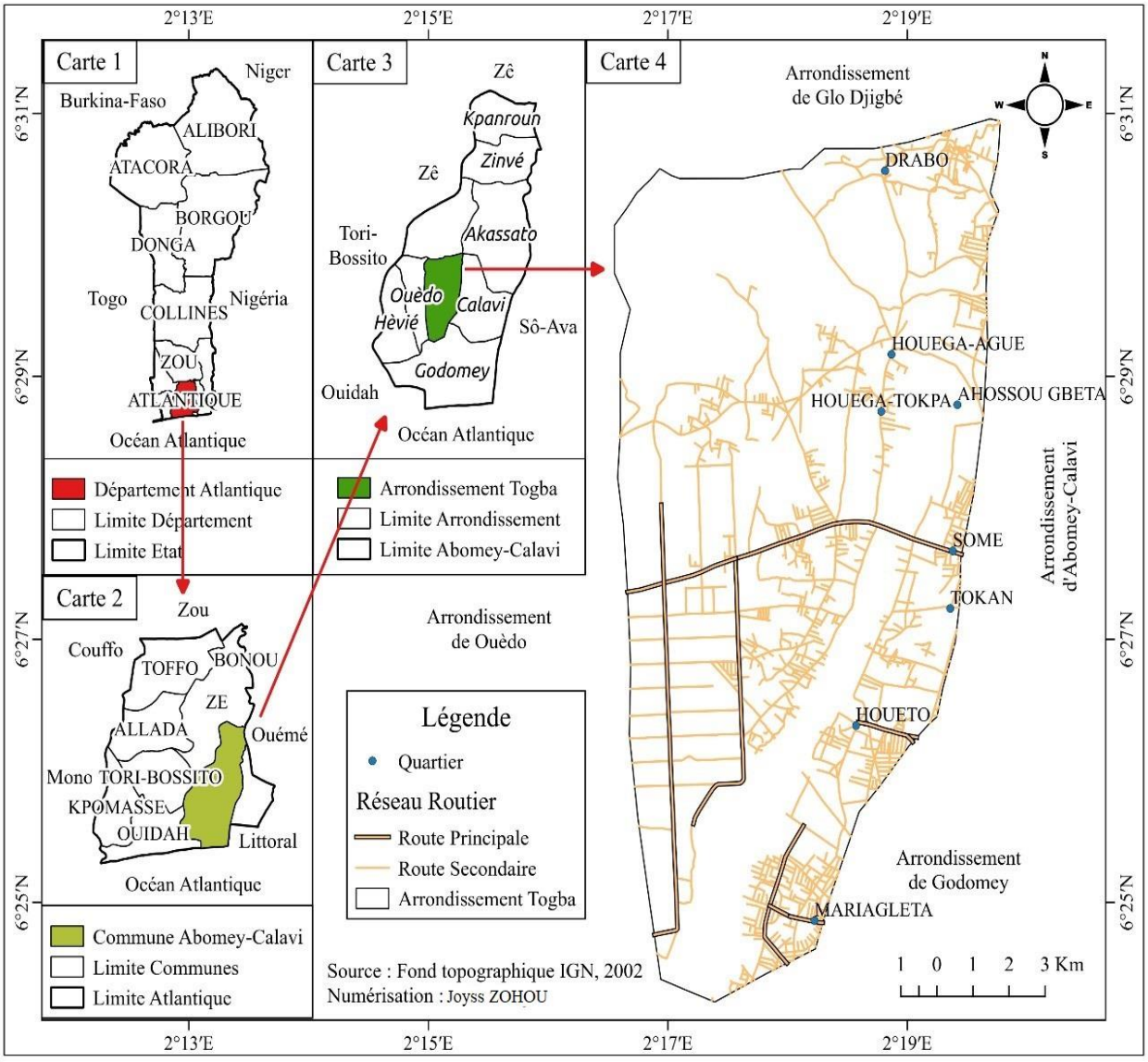



Figure 4 : Localisation de l'arrondissement de Togba

Il est limité au Nord par l'arrondissement de Glodjigbé, au Sud par l'arrondissement de Godomey, à l'Ouest par l'arrondissement de Ouèdo et à l'Est par celui de d'Abomey-Calavi. Il

s'étend sur une superficie de 44 ,22 km2 et compte 73 331 Habitants (INSAE, RGPH4-2013). Il est l'un des neuf arrondissements qui composent le territoire administratif de la commune d'Abomey-Calavi et est subdivisé en 11 villages à savoir : Ahossougbéta, Drabo, Fifonsi, Houèto, Ouéga-Agué, Ouéga-Tokpa, Tankpè, TokanCentre, Tokan Aïdégnon, Maria-Gléta et Somè. La figure 4 ci-dessus présente la localisation de l'arrondissement de Togba.

### 2.1.2. Climat

Le climat est de type subéquatorial de transition avec une inégale répartition spatiotemporelle des pluies. La distribution temporelle des précipitations permet de déterminer quatre saisons, dont deux pluvieuses et deux sèches, réparties comme suit :

- une grande saison sèche de novembre à fin mars,
- une grande saison pluvieuse d'avril à juillet,
- une petite saison sèche de juillet à septembre,
- une petite saison pluvieuse de septembre à novembre,

Les précipitations moyennes mensuelles de la commune d'Abomey-Calavi, entre 1991 et 2021, montrent que les mois de janvier et de juin sont respectivement le moins pluvieux et le plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne mensuelle respective de 10 mm et 355 mm. Les variations moyennes mensuelles des pluies de (1991- 2021) sont illustrées par la figure 5 ci-dessous.

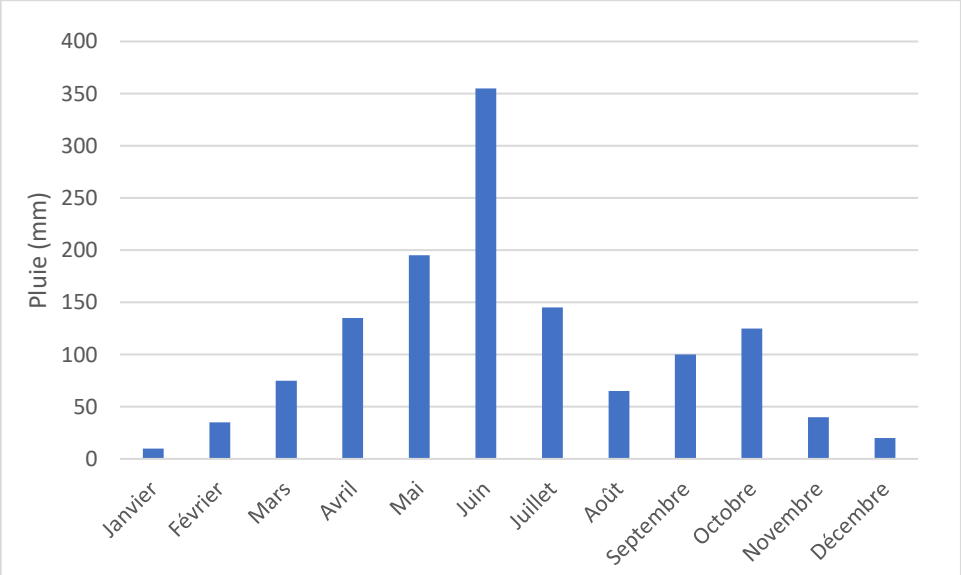



Figure 5 : Variation moyenne mensuelle des pluies de (1991- 2021)

**Source :** https://fr.climate-data.org/afrique/benin/atlantique/abomey-calavi-59587

L'analyse de cette figure montre un régime pluviométrique marqué par une alternance de saison sèche et de saison pluvieuse (régime bimodale).

### 2.1.3. Température

À Abomey- Calavi, les températures maximales mensuelles (Tmax) varient entre 27°C en août et 31,3°C (février et mars). Pour les températures minimales (Tmin), une variation entre 23,1°C en août et 26,2°C en mars est observée sur ces plusieurs mois. En ce qui concerne les températures moyennes (Tmoy), mars (28,1°C) apparait comme le mois le plus chaud tandis qu'août (24,6°C) correspond au mois le plus froid. L'évolution des températures moyennes mensuelles de 1991 à 2021 est présentée sur la figure 6. Nous constatons une légère tendance à la hausse des température maximales.

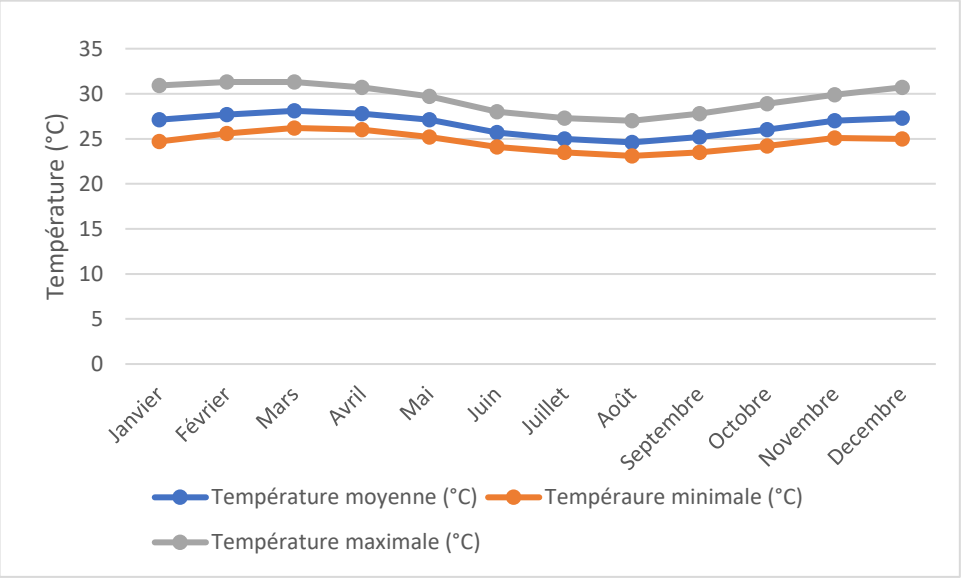



Figure 6: Températures moyennes mensuelles de 1991 à 2021

**Source :** https://fr.climate-data.org/afrique/benin/atlantique/abomey-calavi-59587

### 2.1.4. Relief

Le relief de l'arrondissement de Togba est accidenté, constitué essentiellement d'une bande sablonneuse et des cordons littoraux, un plateau de terre de barre et des dépressions et de zone marécageuse. L'altitude varie entre 30 et 70 m environ (Plage, 2006).

### 2.1.5. Caractéristiques pédologiques

Le territoire béninois est constitué d'un socle cristallin qui occupe environ 80 % de ses couvertures sédimentaires. Deux types majeurs de sols sont enregistrés dans la zone d'étude : les terres de barre et les sols hydromorphes. Moins étendus que les terres de barre, les sols hydromorphes se retrouvent sous forme de filon et traverse toute la zone d'étude.

Les terres de barre sont des sols ferralitiques faiblement désaturés. Du point de vue géologique, ils reposent sur une formation du Continental terminal datant du Miopliocène et constituée de sédiments meubles argilo-sableux (Volkoff et Willaime, 1976). Ce type de sol est localisé entièrement sur toute la surface de la zone d'étude. Une mince couche humifère surmonte un horizon sableux qui devient sablo-argileux en profondeur. Ils ont un bon drainage, avec cependant une faible capacité de rétention en eau (n'excédant pas 6 %). La teneur en matière organique dépend du passé cultural. Elle peut varier de moins de 1 % sous culture intensive à près de 5 % sous forêt. Le pH relativement constant en profondeur (5,5) connaît de sensibles fluctuations en surface (5,5-7).

Les sols hydromorphes quant à eux sont moyennement organiques, humiques à gley, non salés reposant sur un matériau alluvial lagunaire et alluvio-colluvial fluviatile. L'excès d'eau dans ces sols s'exprime par un engorgement permanent de surface ou de profondeur. Sur les sols hydromorphes, des dépressions et des marécages se pratiquent des cultures maraîchères et fruitières.

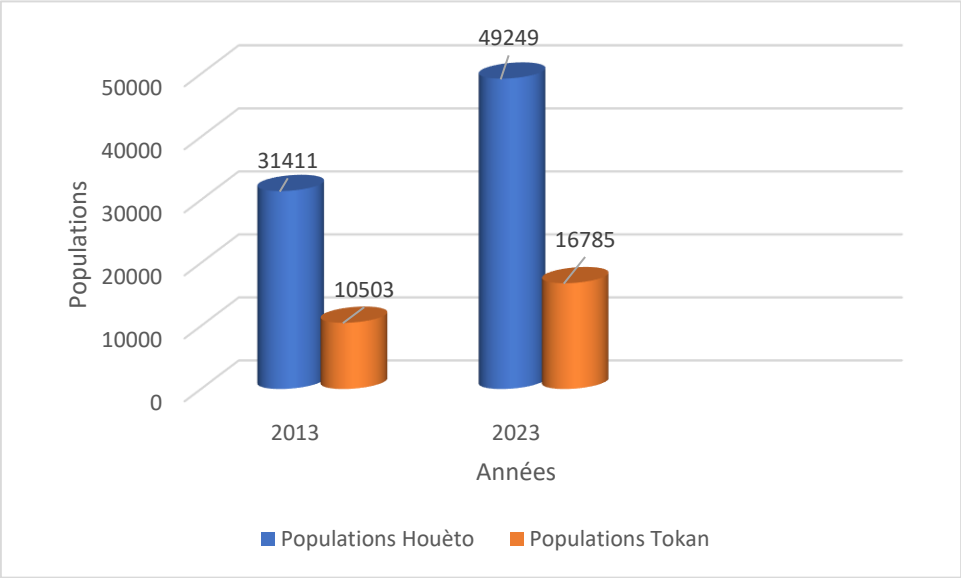
### 2.1.6. Caractéristiques démographiques et socio-économiques

L'arrondissement de Togba abrite une population estimée à 73 331 habitants. Cette population est constituée de 36 961 femmes et de 36370 hommes. Le nombre de ménages est de l'ordre de 15 516 ménages (INSAE, 2014). Les collectivités riveraines sont constituées de Fon, Aïzo, Adja et Houéda. Les principales religions pratiquées par ces groupes ethniques sont le christianisme, l'islam, les religions traditionnelles et autres (Biaou, 2006). Togba est toujours un arrondissement rural et les principales activités économiques menées sont l'agriculture (culture du maïs, du manioc, de l'arachide et de la patate), l'élevage surtout le petit élevage (volailles, petits ruminants, …), l'artisanat et principalement celui de services (menuiserie, maçonnerie, coiffure, couture, mécanique, …), le commerce (formel et informel) et l'exploitation de bois de feu (Monographie d'Abomey-Calavi, 2006). Les différents résultats

des recensements généraux de la population et de l'habitation (RGPH) et la projection de 2023 calculée permettent d'apprécier l'évolution de la population de Houèto et de Tokan. Ainsi, le taux d'accroissement a été calculé à partir de la formule suivante :

$$r = \left( \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1 \right) \times 100$$

Avec $P_n$ la population finale ; $P_0$ la population initiale et n le nombre d'année entre $P_n$ et $P_o$. La figure 7 nous présente l'évolution de la population de Houèto et deTokan :




**Source :** Données INSAE, 2013

Figure 7 : Evolution de la population de Houèto et de Tokan de 2013 à 2023

De façon générale, on observe une croissance démographique dans les localités de Houèto et de Tokan. Cela peut s'expliquer par la saturation de l'espace habitable à Cotonou d'une part et par le processus d'urbanisation de la commune d'Abomey-Calavi d'autre part (Sogbo, 2013).

## 2.2. MATERIEL ET METHODES

### 2.2.1. Matériel de prélèvement et d'analyse

Pour atteindre nos objectifs fixés un certain nombre de matériel a été utilisé pour la collecte des données aussi bien sur le terrain (lors du prélèvement des échantillons d'eau) qu'au laboratoire.

#### 2.2.1.1. Matériel de terrain

Sur le terrain nous avons utilisé plusieurs outils parmi lesquels, on peut citer :

- des fiches d'enquêtes pour recueillir des informations auprès des ménages ;
- un GPS de marque GARMIN et de série 64 pour relever les coordonnées géographiques des points de prélèvement d'eau ;
- des bouteilles en plastique de 1,5 L pour prélever les échantillons d'eaux destinées aux analyses physicochimiques ;
- des bouteilles en verre de 200 mL stérilisées pour le prélèvement des échantillons d'eaux destinées aux analyses microbiologiques ;
- une glacière avec blocs réfrigérants ±5°c de température pour conserver l'échantillon intacte jusqu'au laboratoire ;
- un multi-paramètre de marque HANNA et de série HI 9829 pour la mesure des paramètres in-situ tels que : le pH, la température, la conductivité et la turbidité ;
- un appareil photo pour la prise d'images montrant nos activités sur le terrain ;
- un marqueur et un papier adhésif pour étiqueter les échantillons ;
- un stylo et un cahier pour relever les valeurs in-situ.




Planche 1 : Appareils utilisés sur le terrain (Cliché ZOHOU, 2023)

a) GPS Garmin 64 b) Multi-paramètre de marque HANNA HI 9829

### 2.2.1.2. Matériel de laboratoire

Le matériel ayant permis de réaliser cette étude est constitué d'appareils et de verrerie.

**- Pour les analyses physico-chimiques**

Le matériel nécessaire pour l'analyse physico-chimique se présente comme suit :

- une blouse de laboratoire.
- les échantillons à analyser ;
- la verrerie de laboratoire pour les analyses (bêcher, burette, Erlenmeyer, fiole jaugée, pipette graduée…) ;
- une étuve pour chauffer les solutions ;
- les réactifs chimiques pour les différentes analyses ;
- une burette ;
- un agitateur magnétique ;
- un barreau aimanté ;
- un spectrophotomètre HACH LANGE DR 2800 pour la mesure de l'absorbance des différents paramètres chimiques ;
- un colorimètre DR 890 pour la mesure de la couleur ;

**- Pour les analyses microbiologiques**

Le matériel nécessaire pour l'analyse microbiologique se présente comme suit :

- un réfrigérateur pour la conservation des échantillons et les milieux de culture préparés à la bonne température ;
- des incubateurs pour l'ensemencement des germes à vapeur humide ;
- un autoclave pour la stérilisation des milieux de culture avant son utilisation et pour la destruction des germes après dénombrement ;
- une balance de précision sensible pour peser des milieux de cultures ;
- une plaque chauffante et agitante pour la préparation des milieux de culture ;
- un bain mari pour le maintien de la température des milieux de culture préparées ;
- une spatule pour prélever le milieu ;
- des boîtes de pétri pour contenir les milieux de culture ;
- des seringues pour prélever les échantillons d'eau destinées à l'analyse microbiologique ;
- la verrerie de laboratoire : erlenmeyer et bécher ;
- des milieux de culture pour ensemencer ;
- des membranes de filtrations pour l'ensemencement ;




Planche 2 : Appareils utilisés au laboratoire (Cliché ZOHOU, 2023)

c) Colorimètre HACH DR 890 d) Spectrophotomètre, DR 2800 e) Incubateur f) Autoclave

### 2.2.2. Méthodes

L'approche méthodologique adoptée dans le cadre de cette étude s'est déroulée en trois étapes : la recherche documentaire, les enquêtes de terrain, l'échantillonnage et la technique de prélèvement d'eau.

#### 2.2.2.1. Recherche documentaire

Cette phase s'est réalisée sur toute la durée de l'étude jusqu'à la réalisation du mémoire. Elle a consisté à la collecte des documents (mémoires, thèses, rapports, publications, livres) disponibles sur la présente étude. La recherche documentaire a été faite dans le but de faire le bilan des aspects déjà abordés par d'autres. Elle a également été réalisée dans l'optique de collecter des informations sur les moyens d'amélioration de la qualité de l'eau. De ces centres de recherches, nous avons la bibliothèque de l'UAC, la bibliothèque du Benin excellence (BE) et la bibliothèque de la Mairie d'Abomey-Calavi. En dehors de ceux-ci, des recherches sur internet ont été menées sur des moteurs de recherche tels que www.Googlescholar.com et www.mémoireonline.com. Ensuite, une enquête a été menée auprès des ménages et des centres de santé de la zone d'étude. Enfin, des prélèvements d'échantillons d'eau ont été effectués dans ladite localité.

#### 2.2.2.2. Enquête de terrain

Des informations ont été recueillies par une visite de terrain le 18 septembre 2023, à base de questionnaires d'enquêtes qui ont servi aux entretiens avec les habitants ainsi qu'aux interviews individuels auprès des personnes ressources et des centres de santé. Cette méthode nous a permis de connaitre les différents points d'approvisionnement en eau, l'état de l'hygiène et de l'assainissement de notre zone d'étude et a pris en compte les facteurs susceptibles d'être à la base de la pollution de ces points d'eau. Les ménages ont été choisis de manière aléatoire. Cinquante ménages ont été enquêtées (25 ménages à Houèto et 25 ménages à Tokan).

#### 2.2.2.3. Echantillonnage d'eau

Pour mener à bien l'enquête, l'échantillonnage a été réalisé dans les localités de Houèto et de Tokan dans l'arrondissement de Togba. Douze (12) points de prélèvement ont été retenus à raison de six (06) par localité dont quatre (4) échantillons d'eau de Puits et 2 échantillons d'eau de forages à Houèto, puis 4 échantillons d'eau de forage et 2 échantillons d'eau de puits à Tokan. Au total douze (12) échantillons d'eau ont été prélevés à raison de deux par ménage soit directement au niveau des puits ou soit au niveau des forages existant dans les ménages. Un GPS de marque GARMIN 64 a permis de relever les coordonnées géographiques de ces points de prélèvement pour pouvoir réaliser la carte des sites de prélèvement. La figure 8 présente la répartition des différents ménages où les échantillons d'eau ont été collectées.

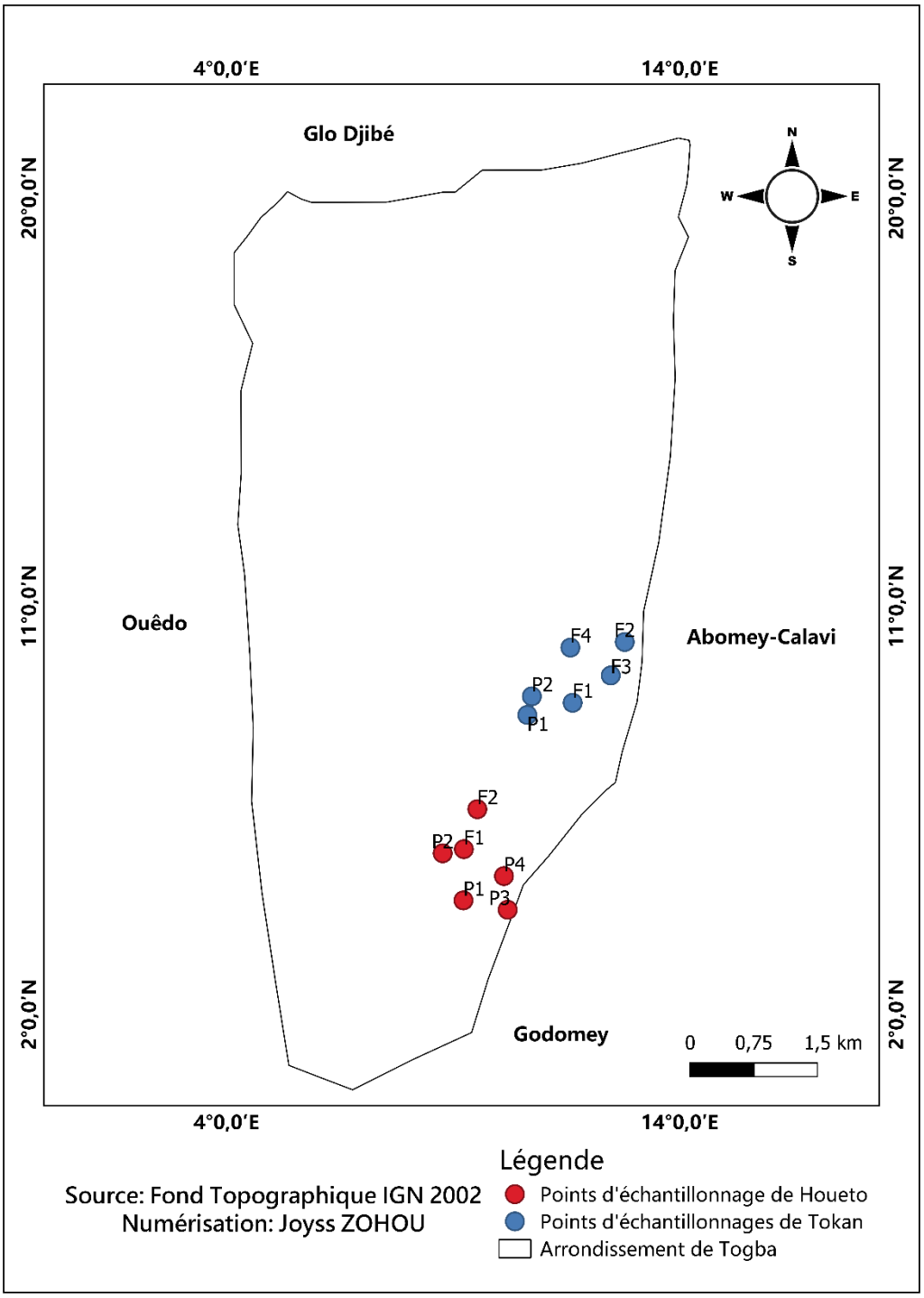



Figure 8 : Localisation des sites d'échantillonnages (Travaux de terrain, 2023)

### 2.2.2.4. Technique de prélèvement

Le prélèvement se fait en deux temps. Ainsi au niveau de chaque source d'eau retenue deux (2) prélèvements ont été effectués au total : un prélèvement pour les analyses physico-chimiques et un autre pour l'analyse bactériologique. Pour l'analyse physico-chimique le prélèvement se

fait dans des flacons de 1,5L. Avant le prélèvement les flacons de 1,5 L sont correctement lavés et rincés à l'eau distillée au laboratoire pour être ensuite rincés soigneusement à l'eau à échantillonner sur le terrain. Le prélèvement se fait avec précaution de façon à ce que des bulles d'aires ne se forment pas dans les flacons. Quant à l'analyse bactériologique le prélèvement se fait dans des flacons (bouteilles) en verres lavés, rincés à l'eau distillée et stérilisés au laboratoire. Dans ce cas le prélèvement se fait directement dans les bouteilles (en verres) tout en prenant soin de ne pas remplir totalement la bouteille. La technique de prélèvement des échantillons d'eau varie d'une source à l'autre et se présente comme suit :

**Eau de puits :** pour l'obtention de l'eau de puits nous avons puisé l'eau exactement comme le fait les femmes dans ces localités, puis à l'aide d'un bol l'eau est prise en quantité suffisante dans les flacons une fois rincés.

**Eau de forage :** le prélèvement des eaux de forage s'est réalisé comme se fait le prélèvement d'une eau de source traitée à un robinet. Ainsi, après une désinfection de l'ouvrage et des parties les plus rapprochées de ce dernier à l'aide d'un tampon d'alcool, nous avons ouvert et laissé couler l'eau pendant 30 secondes environs, puis nous avons rempli le flacon d'eau. Ces échantillons prélevés sont ensuite conservés dans une glacière contenant des glaces pour être transportés au laboratoire.




Planche 3 : Technique de prélèvement d'eau au niveau de chaque source (Cliché ZOHOU, 2023)

**g) prélèvement de l'eau de Puits à l'aide de la puisette** **h) Prélèvement d'échantillon d'eau de puits** **i) Prélèvement d'eau de forage**

#### 2.2.2.5 Analyses des échantillons

##### 2.2.2.5.1. Mesures des paramètres in-situ

Le potentiel d'hydrogène (pH), la température, la conductivité et la turbidité sont mesurés par un multi paramètre de marque HANNA et de série HI 9829. Pour chaque mesure, la sonde est d'abord rincée avec l'eau distillée et ensuite avec l'échantillon. La sonde a été ensuite plongée dans l'échantillon d'eau prélevé et les différents paramètres sont lus après stabilité.

##### 2.2.2.5.2. Analyse de laboratoire

L'analyse a été réalisée au Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) où les paramètres physiques, chimiques et bactériologiques ont été analysés.

##### 2.2.2.5.3. Analyse des paramètres organoleptiques

- **Couleur**

Mode opératoire : On prélève dans deux cuves différentes 10 mL de l'échantillon d'eau et 10 mL d'eau distillée (pour faire le zéro). La lecture se fait automatiquement au Colorimètre avec un programme 19.

##### 2.2.2.5.4. Analyse des paramètres chimiques

Les analyses chimiques ont été faites au Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA). Les éléments concernés par les analyses chimiques sont : les nitrites, les nitrates, le magnésium, le fer, le sulfate, le bicarbonate, la dureté, le calcium et le chlorure. Ils ont été analysés à l'aide du spectrophotomètre HACH DR2800 ou par méthode volumétrique.

- **Nitrates**

Le dosage des nitrates a été effectué avec un spectrophotomètre HACH LANGE DR2800. La verrerie à utiliser est rincée au préalable à l'eau distillée puis avec l'eau à analyser. On prélève 10 mL d'échantillon et on ajoute 1ml de solution de salicylate de sodium 0,5% et on porte à l'étuve à 105 °C. On laisse refroidir après séchage et on ajoute 2 mL d'acide sulfurique et on attend 10min. On ajoute ensuite 15ml d'eau distillée et on attend 15 min. Apres 15 mL de sel de seignette pour nitrate et on complète l'eau distillée jusqu'à 100 mL. On procède en outre à la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre à 425 nm par rapport à l'eau distillée traitée de

la même manière. Les valeurs de la concentration sont calculées en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage : y=28,977x - 0, 2533.

- **Nitrites**

Le dosage des nitrites a été effectué avec un spectrophotomètre HACH LANGE DR2800. La verrerie à utiliser est rincée au préalable à l'eau distillée puis avec l'eau à analyser. On prélève 25 ml d'échantillon puis on ajoute 1ml de réactif de Zambelli. On attend 10 min et on ajoute 1 ml d'ammoniac concentré. On procède ensuite à la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre à 425 nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière. Les valeurs de la concentration sont calculées en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage : y=2,203x - 0, 0174.

- **Ammonium**

Le dosage de l'ammonium a été effectué avec un spectrophotomètre HACH LANGE DR2800. La verrerie à utiliser est rincée au préalable à l'eau distillée puis avec l'eau à analyser. On prélève 50 mL d'échantillon et on ajoute 1 ml de sel de seignette pour ammonium, puis 2 ml de réactif de Nessler. Après 5 min on procède à la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre à 425 nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière. Les valeurs de la concentration sont calculées en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage : y=2,819x + 0, 0076.

- **Orthophosphate**

Le dosage de l'orthophosphate a été effectué avec un spectrophotomètre HACH LANGE DR2800. La verrerie à utiliser est rincée au préalable à l'eau distillée puis avec l'eau à analyser. On prélève 20 mL de l'échantillon et on ajoute 1ml d'acide ascorbique et on agite énergiquement. Ensuite on ajoute 4 ml de réactif combiné, on agite et on attend 30 min le développement de la coloration bleue. On procède à la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière. Les valeurs de la concentration sont calculées en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage : y=3,7107x - 0, 0026.

- **Sulfate**

Le dosage du Sulfate a été effectué avec un spectrophotomètre HACH LANGE DR2800. La verrerie à utiliser est rincée au préalable à l'eau distillée puis avec l'eau à analyser. On prélève

9 mL de l'échantillon et on ajoute 5 gouttes de la solution d'acide chlorhydrique 2N, on agite et on attend 45 min. On procède ensuite à la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650 nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière. Les valeurs de la concentration sont calculées en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage : y=203,1x – 1,7319.

- **Calcium**

Mode opératoire :

Pour doser le calcium, On prélève 100 mL de l'échantillon à analyser et on ajoute 5 gouttes d'indicateur Tachiro. Ensuite on ajoute 2 gouttes d'acide chlorhydrique1 /3 virage au rose, on ajoute également 5 gouttes de NaOH (400g /L) virage au jaune et enfin on ajoute une petite pincé de murexide puis on dose avec la liqueur complexométrique tout en l'agitant. Si la solution vire du violet, on note le volume de liqueur consommé. Les valeurs de la concentration sont calculées en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage : y= V x 7,141.

- **Magnésium**

Mode opératoire :

Pour doser le magnésium, On prélève 100 mL de l'échantillon à analyser et on ajoute 5 mL d'acide chlorhydrique, on agite et on attend 5min.On ajoute encore 5 mL de la solution d'ammoniac concentré et une petite pincé d'indicateur NET. On dose avec la liqueur complexométrique tout en l'agitant jusqu'au virage bleu-nuit, on note le volume de liqueur consommé. Les valeurs de la concentration sont calculées en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage : y= V x 4,357.

- **Chlorure**

Mode opératoire :

Pour doser le chlorure, on prélève 100mL de l'échantillon à analyser puis on ajoute 5 gouttes de chromate de potassium ($K_2CrO_4$) qui lui donne une couleur jaune. Tout en agitant on dose le mélange par une solution de nitrate d'argent N/25 jusqu'au point de virage de la solution du jaune à un précipité rouge de tomate. On note le volume de nitrate d'Argent consommé. Les

valeurs de la concentration sont calculées en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage : y= V x 7,1

- **Dureté Totale**

La dureté totale est calculée en tenant compte des concentrations de calcium et de magnésium.

Elle est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$TH = 2,497 \times [Ca2+] + 4,118 \times [Mg2+]$$

- **Fer**

Mode opératoire :

On prélève dans deux flacons différents 10mL de l'eau à échantillonner. On ajoute dans l'un des flacons un sachet de Ferrover puis on l'agite pendant 1mn, le second flacon servant de témoin. Après 3mn de réaction, on fait la lecture du témoin puis celle de l'échantillon à analyser. La lecture se fait au spectromètre à une longueur d'onde de 510nm. La valeur obtenue après lecture de l'échantillon est le taux en fer total dans l'eau analysée.

- **Fluorure**

Mode opératoire : On prélève dans deux flacons différents 10mL de l'échantillon d'eau et 10mL d'eau distillée (pour faire le zéro). On ajoute ensuite à chaque flacon 2mL de réactif de Spand puis on homogénéise le mélange et on laisse l'ensemble au repos pendant une minute. La lecture se fait au spectromètre à une longueur d'onde de 580nm. La valeur obtenue après lecture de l'échantillon est le taux en fluorure dans l'eau analysée.

- **Bicarbonate**

Mode opératoire :

Pour doser le bicarbonate on prélève 100mL de l'échantillon à analyser puis on ajoute 5 gouttes de l'indicateur mixte qui lui donne une couleur bleue. Tout en agitant on dose ensuite le mélange avec une solution d'Acide Chlorhydrique N/25 jusqu'au point de virage de la solution du bleu à la couleur de la peau d'oignon. On note le volume de l'acide consommé. Les valeurs de la concentration sont calculées en utilisant l'équation de la courbe d'étalonnage : y= V x 61,5.




Planche 4 : Manipulation des appareils de laboratoire (Cliché ZOHOU, 2023)

i) Lecture de la couleur au colorimètre

j ) Lecture du nitrate au spectrophotomètre

k ) Dosage du bicarbonate

### 2.2.2.5.5. Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique effectuée vise à rechercher deux germes responsables de la contamination des eaux. Il s'agit des coliformes fécaux et *Escherichia coli.*

#### 2.2.2.5.5.1 Coliformes fécaux (thermotolérants)

Les coliformes fécaux ont été analysés par la méthode de filtration sur membrane qui consiste à recueillir, identifier et dénombrer à la surface d'une membrane filtrante stérile, les bactéries coliformes d'origine fécale dans un échantillon d'eau. Il s'agit de filtrer à travers une membrane de porosité de 0,45 µm un volume déterminé de l'échantillon, de déposer cette membrane sur un milieu de culture sélectif, la gélose m-FC et d'incuber cette gélose à 44,5 ± 0,2 °C pendant 24 ± heures. Dans ces conditions, les coliformes thermotolérants (fécaux) forment des colonies bleues qui permettent une numération et une identification présomptive **(**khelili et al., 2015)

#### 2.2.2.5.5.2. *Escherichia coli*

Les *Escherichia coli* ont été également analysés selon la méthode de filtration sur membrane à la même température d'incubation que les coliformes totaux. Dans ces conditions, le *E coli* forme des colonies rose ou violet permettant ainsi de les énumérer et de les identifier de façon présomptive (khelili et al., 2015)

### 2.2.2.6. Traitements des données

Les données obtenues sont de deux types : les données sur le terrain et les données issues des analyses des échantillons au laboratoire. Ces données ont d'abord été codifiées et dépouillées manuellement. Les résultats regroupés au cours des enquêtes auprès des ménages ont été traitées à l'aide du Tableur Excel afin de ressortir les différences entre les observations ; et ceux des différentes analyses de laboratoire ont été analysées grâce aux diagrammes qui sont générés par le logiciel R Studio 4.3.1. Après avoir mesuré les différents paramètres de qualité des eaux, nous avons comparé les valeurs de ces paramètres aux normes de qualité des eaux destinées à la consommation contenues dans le décret n°2001-094 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en république du Benin. Les différentes cartes ont été réalisées à l'aide du logiciel QGIS 3.4.13.

# CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

# CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

## 3.1. Résultats

Les résultats présentés dans cette partie sont ceux provenant des informations basées sur :

- L'enquête réalisée auprès des ménages de la localité de Houèto et de Tokan.
- Les analyses de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux consommées dans notre zone d'étude.

### 3.1.1. Sources d'eau consommées par la population

Dans l'arrondissement de Togba plus précisément dans les localités de Houèto et de Tokan où les enquêtes sont réalisées, deux sources d'approvisionnement en eau sont disponibles. Ce sont les eaux de puits et les eaux de forage. La figure 9 montre la source d'approvisionnement en eau

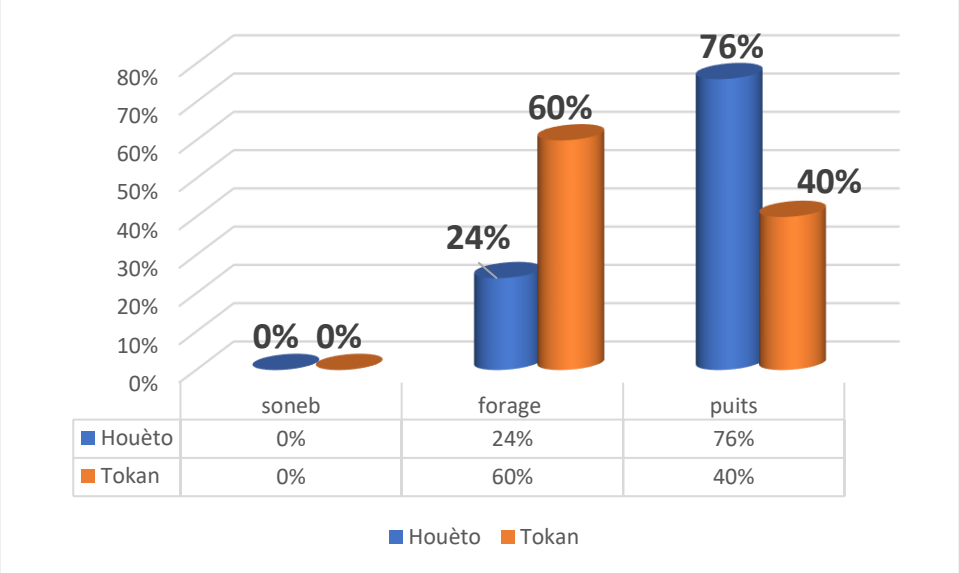



Figure 9 : Source d'approvisionnement en eau

En effet, les enquêtes ont révélé que 76 % des ménages de Houèto consomment de l'eau provenant des puits et 24 % consomment celles provenant des forages. Alors que, dans la localité de Tokan, elles révèlent que 40 % des ménages s'approvisionnent en eau de puits et 60 % en eau de forage. 0 % de ces ménages ne consomment l'eau de la SONEB. Dans ces deux localités, la population a donc pris conscience de l'infériorité de la qualité de l'eau de puits par

rapport aux autres. Mais elle la consomme quand même à cause de l'absence des branchements de la SONEB.




Planche 5 : Les différentes sources d'approvisionnement en eau dans les ménages (Cliché ZOHOU, 2023)

l : puits moderne m : forage

### 3.1.2. Usage de l'eau par la population de houèto et de tokan

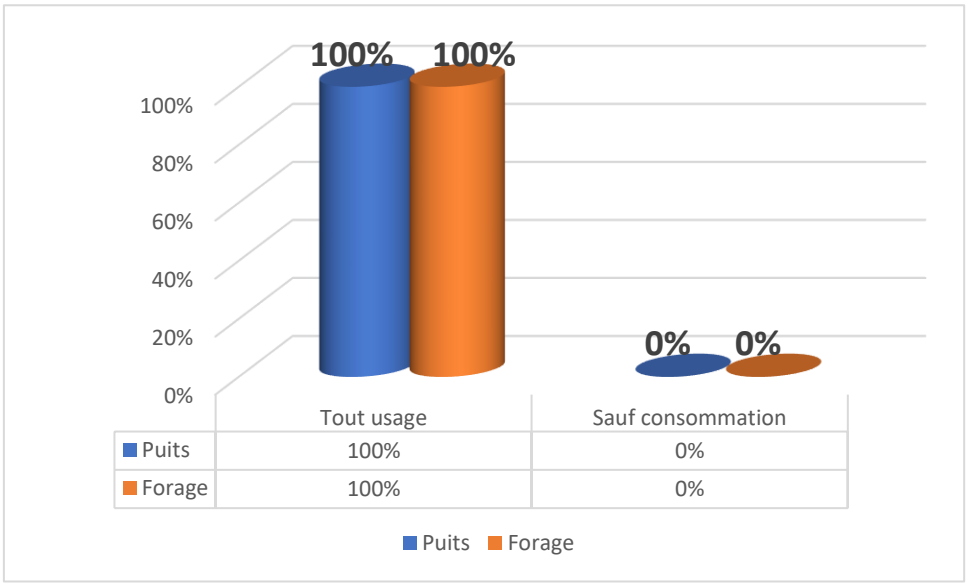
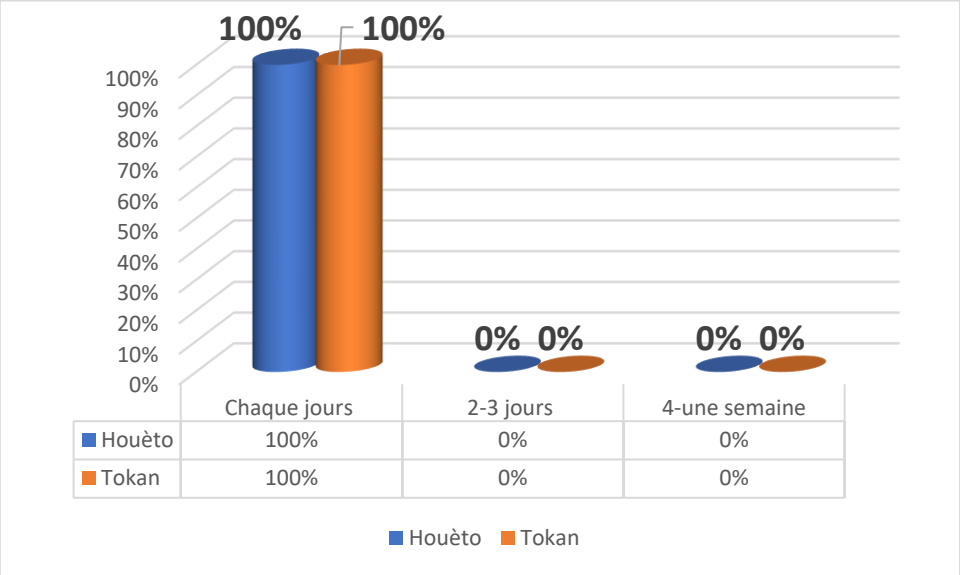



Figure 10 : Usage de l'eau par la population de Houèto et de Tokan

L'eau de puits et de forage est utilisée comme eau de consommation dans 100 % des ménages visités dans la zone d'étude. Il est donc important que la qualité de cette eau soit maîtrisée.

Le terme « Tout usage » englobe la lessive, la vaisselle, la toilette, la cuisine et la consommation.

### 3.1.3. Fréquence d'approvisionnement en eau dans les ménages à houèto et à tokan

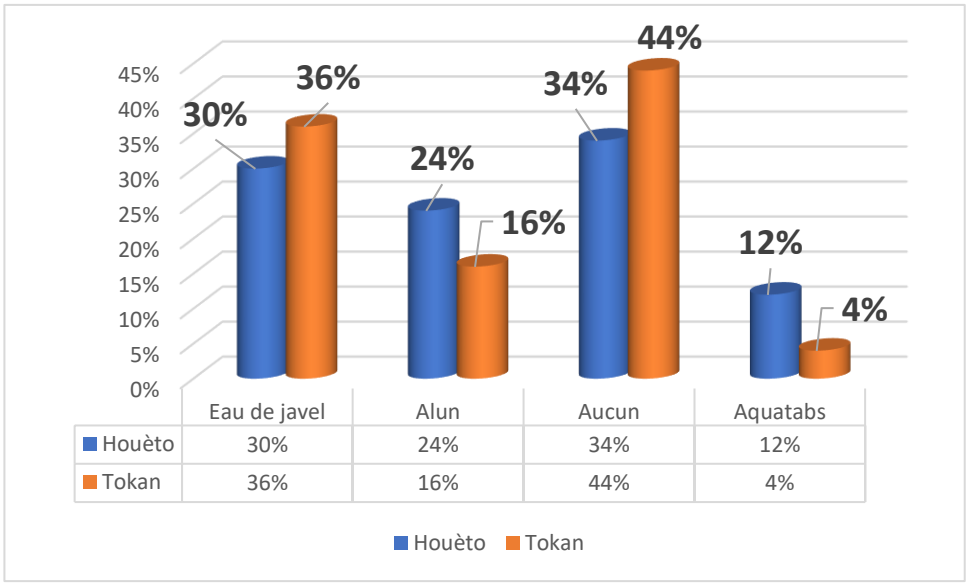



| | Chaque jours | 2-3 jours | 4-une semaine |
|---|---|---|---|
| Houèto | 100% | 0% | 0% |
| Tokan | 100% | 0% | 0% |

Figure 11 : Fréquence d'approvisionnement en eau dans les ménages

La figure 11 montre que les ménages s'approvisionnent tous les jours de la semaine.

### 3.1.4. Traitement apporter à l'eau de consommation à domicile




| | Eau de javel | Alun | Aucun | Aquatabs |
|---|---|---|---|---|
| Houèto | 30% | 24% | 34% | 12% |
| Tokan | 36% | 16% | 44% | 4% |

Figure 12 : Type de traitement de l'eau de boisson à Houèto et à Tokan

A l'issue des enquêtes faites dans ces deux localités, les résultats ont révélé que la majeure partie de la population consommant l'eau des puits et des forages n'applique aucun traitement à l'eau avant sa consommation (34 % à Houèto et 44 % à Tokan) parce qu'elle estime que l'eau provient de la terre, sans ajout de produit chimique et est donc potable et naturelle.

Le reste de la population, conscient des risques de contaminations lié à l'eau, utilise quelques modes de traitements pour traiter l'eau qui présente un aspect douteux, trouble et qu'il juge impropre à la consommation. Les modes de traitements recensés sont :

- Le traitement à l'eau de javel ;
- Le traitement avec l'alun ;
- Le traitement avec aquatabs ;

Cependant le traitement à l'eau de javel est le plus utilisé (30 % à Houèto et 36 % à Tokan), ensuite avec l'alun (24 % à Houèto et 16% à Tokan) puis enfin viens le traitement par l'aquatabs qui est le moins utilisé (12 % Houèto et 4 % à Tokan).

### 3.1.5. Type, nature et couverture du récipient de transport d'eau de boisson

D'après nos enquêtes, pour le transport de l'eau de la source (forage ou puits) vers les ménages, deux types de récipient sont utilisés : les bassines et les seaux. En somme 64 % des ménages utilisent pour le transport ; des bassines en aluminium ouverts et 36 % utilisent des seaux en plastiques fermés à Houèto. Alors que, dans la localité de Tokan, 68 % des ménages utilisent pour le transport ; des bassines en aluminium ouverts et 32 % utilisent des seaux en plastiques fermés. La figure 13 nous montre le type, la nature et le type de couverture du récipient utilisé pour le transport de l'eau de boisson à Houèto et à Tokan

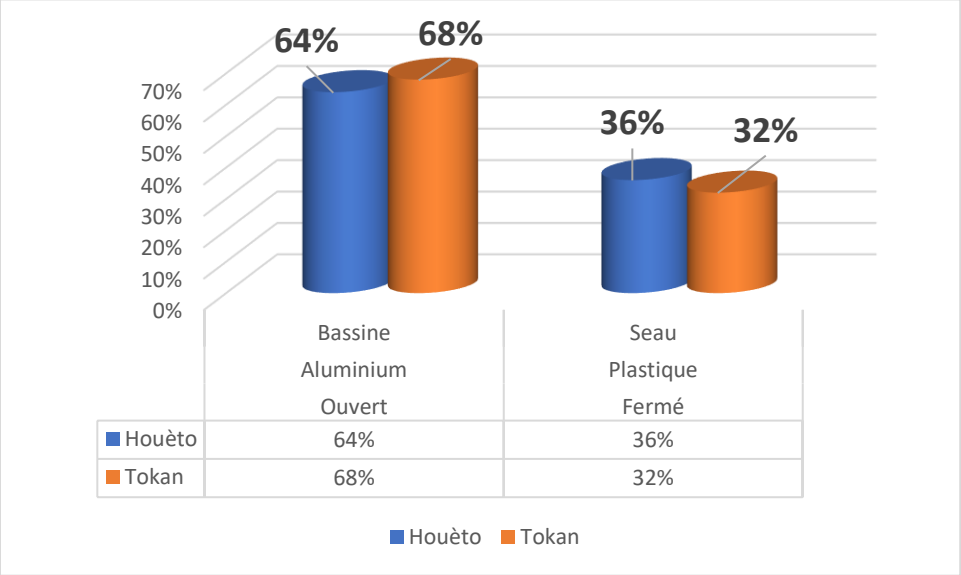



Figure 13 : Type, la nature et le type de couverture du récipient utilisé pour le transport de l'eau de boisson à Houèto et à Tokan

### 3.1.6. Etat d'hygiène du récipient de transport d'eau

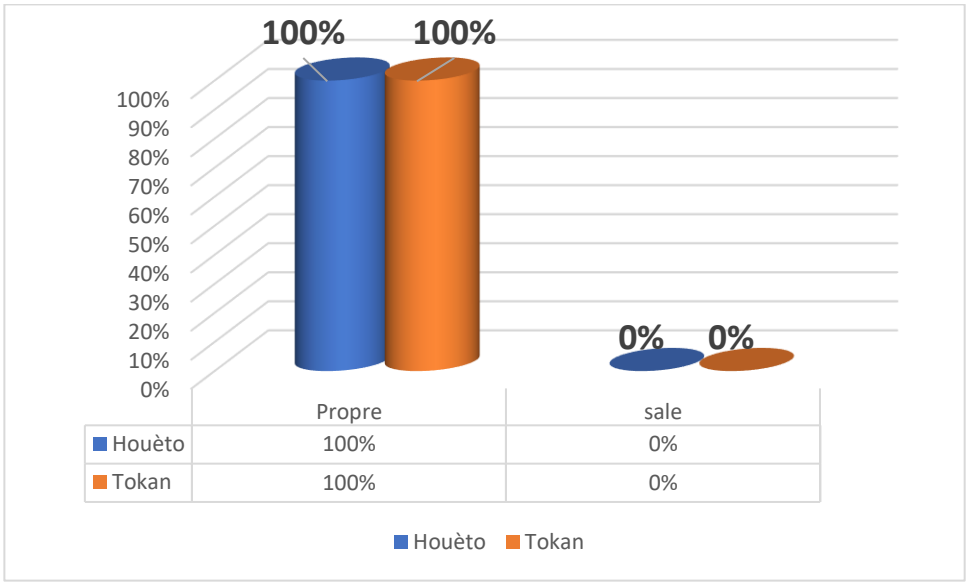
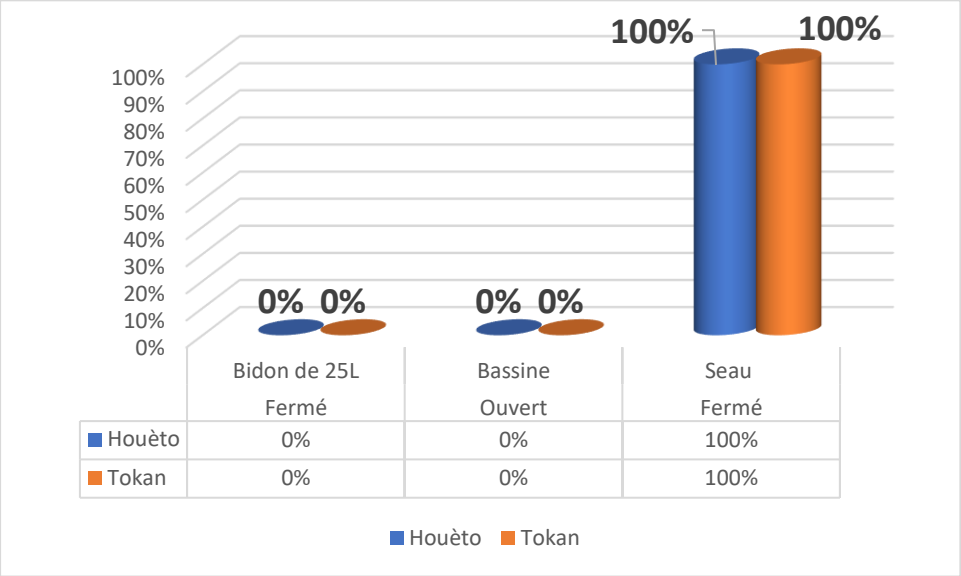



Figure 14 : Etat de propreté du récipient de transport d'eau

Ce graphe révèle que la totalité (100 %) des récipients de transport d'eau sont propres. Cela est dû au fait qu'ils sont nettoyés tous les jours (matins) avec du savon et de l'éponge d'après les enquêtes. L'eau utilisée pour le nettoyage est de même qualité que celle consommée donc provenant des puits ou forage.

### 3.1.7. Type, nature et couverture du récipient de stockage de l'eau de boisson dans les ménages

La figure 15 présente le type de récipient de stockage le plus utilisé pour l'eau de boisson



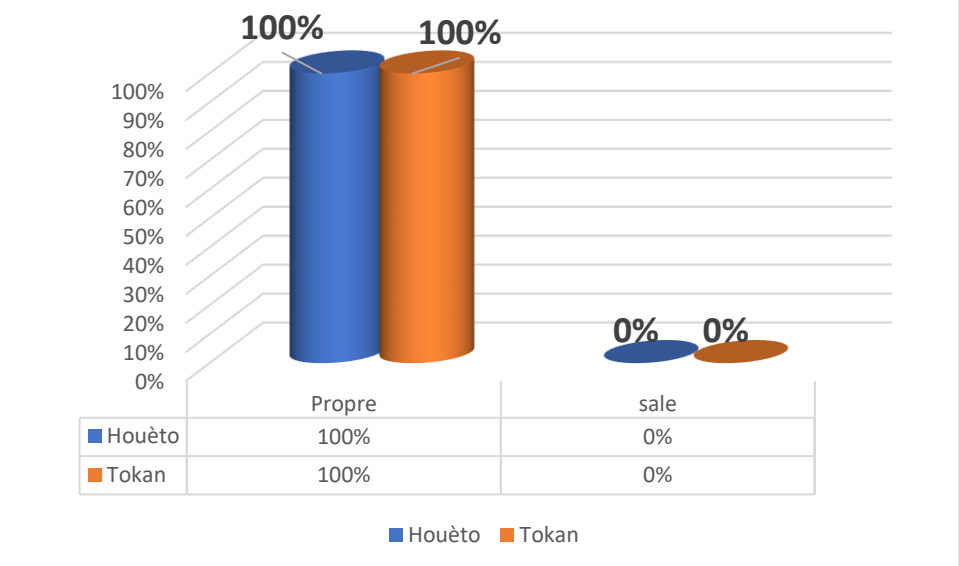

| | Bidon de 25L Fermé | Bassine Ouvert | Seau Fermé |
|---|---|---|---|
| Houèto | 0% | 0% | 100% |
| Tokan | 0% | 0% | 100% |

Figure 15 : présente le type de récipient de stockage le plus utilisé pour l'eau de boisson

D'après les enquêtes, 100 % des ménages enquêtées stockent l'eau de consommation dans des seaux en plastiques fermés.

### 3.1.8. Etat d'hygiène du récipient de stockage d'eau

La Figure 16 nous renseigne sur le taux de propreté des récipients de stockage d'eau de boisson




| | Propre | sale |
|---|---|---|
| Houèto | 100% | 0% |
| Tokan | 100% | 0% |

Figure 16 : Taux de propreté des récipients de stockage d'eau de boisson

Tous comme les récipients de transport d'eau, 100 % des récipients de stockage sont propres car lavés chaque jour avec du savon et de l'éponge.

### 3.1.9. Gestion des déchets solides

La figure 17 renseigne sur la gestion des déchets solides dans les ménages

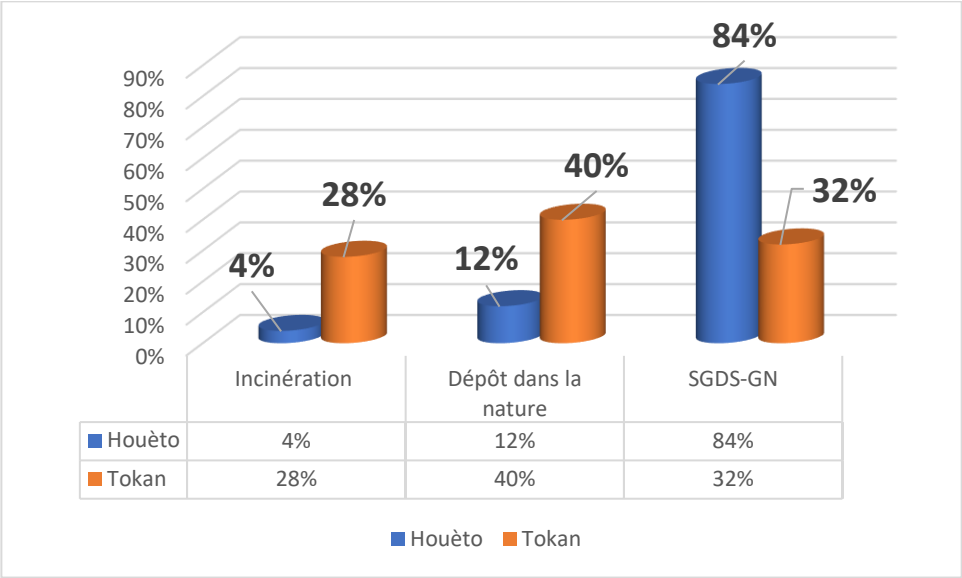



Figure 17 : Gestion des déchets solides dans les ménages

Les déchets solides des ménages de notre zone d'étude sont gérés de trois façons. Ils sont soit brûlés, jetés dans la nature ou ramasser par la SGDS-GN (Société de Gestion des Déchets et de la Salubrité Urbaine du Grand Nokoué). D'après la figure 4 % des ménages enquêtées procèdent à l'incinération ,12 % déversent dans la nature et 84 % par la SGDS-GN à Houèto. Alors que, dans la localité de Tokan, 28 % des ménages enquêtées procèdent à l'incinération ,40 % déversent dans la nature et 32 % par la SGDS-GN.




Planche 6 : Observations faites sur le terrain (Cliché ZOHOU, 2023)

n : Tas d'ordure observé à Houèto o : Tas d'ordure observé à Tokan

Il est à noter qu'avant incinération, certains ménages jettent des déchets dans la nature, dans un coin de la cour et souvent non loin des sources d'eau et des toilettes. De plus 36% des ménages à Houèto ne sont pas clôturées et 52% à Tokan ne sont pas également clôturées ce qui favorise les apports externes de déchets dans ces ménages.

### 3.1.10. Disponibilité et état matériel des latrines

La figure 18 renseigne sur l'état matériel des latrines.

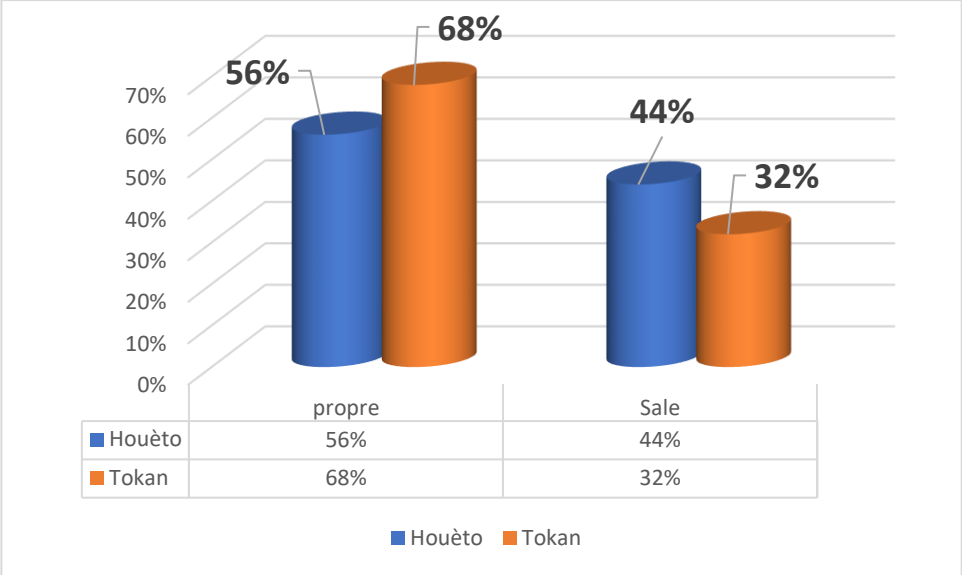



Figure 18 : Etat matériel des latrines

Dans notre zone d'étude, nous avons remarqué que plusieurs ménages disposent de latrines dont la plupart est traditionnelle. Ces latrines, d'après nos observations ne sont pas du tout bien entretenues ni hygiéniques. Environ 44% des latrines sont sales à Houèto et 56% ont un aspect propre. Alors que, à Tokan 68% des latrines son propre et 32% ont un aspect sale.



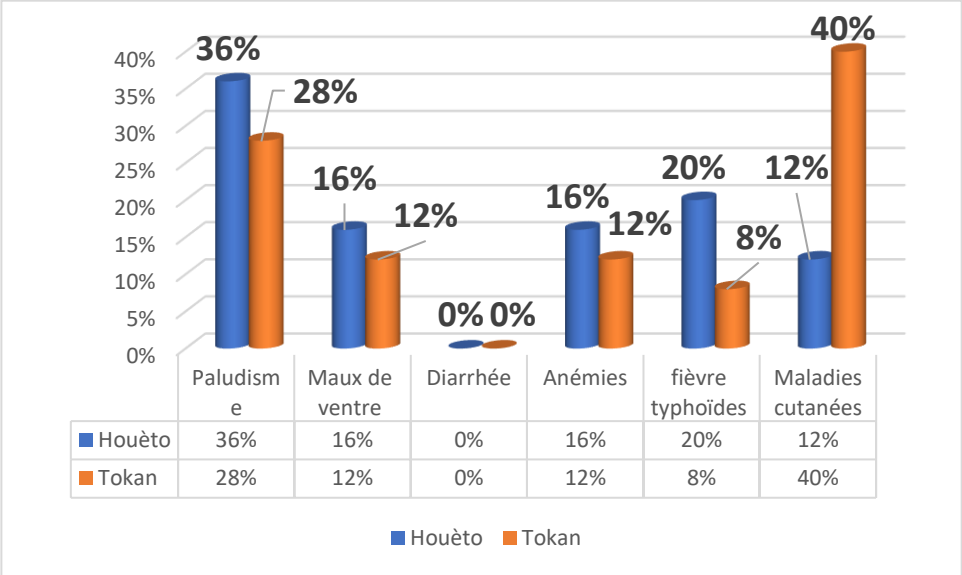

Planche 7 : Photo des latrines retrouvées dans les ménages de Houèto et de Tokan (Cliché ZOHOU, 2023)

p : Latrine d'un ménage de Houèto q : Latrine d'un ménage de Tokan

Sur les photos de la planche 7, nous pouvons observer des herbes et déchets jonchant les alentours des latrines. D'après nos enquêtes, 68% des ménages à Houèto ne respectent pas la distance des 15 m entre les latrines et les sources d'eau et 32% d'entre elles respectent la distance des 15 m entre les latrines et les sources d'eau. Par contre à Tokan, il ressort que dans 28% des cas, les latrines sont à une distance de plus de 15m et 72% ne le sont pas. Aussi la plupart des latrines ont été construites il y'a des années.

### 3.1.11. Cas de maladies rencontrées dans les ménages

Au regard des résultats d'enquêtes, tous les ménages enregistrent des cas de maladies ou d'infections dont principalement le paludisme, les maux de ventre, les anémies, les fièvres typhoïdes et les maladies cutanées.




| | Paludisme | Maux de ventre | Diarrhée | Anémies | fièvre typhoïdes | Maladies cutanées |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Houèto | 36% | 16% | 0% | 16% | 20% | 12% |
| Tokan | 28% | 12% | 0% | 12% | 8% | 40% |

Figure 19 : Cas de maladies rencontrées dans les ménages à Houèto et à Tokan

La figure 19 présente les maladies d'origines hydriques contractées par la population. L'analyse de ce graphe révèle que dans la localité de Houèto 36 % ont souffert du paludisme, 16 % des maux de ventre et de l'anémies, 20 % pour la fièvre typhoïde alors que 12 % ont souffert des maladies cutanées. Dans la localité de Tokan les maladies cutanées semblent être la maladie d'origine hydrique la plus répandue avec un taux de 40 %. 28 % ont respectivement souffert du paludisme et 12 % des maux de ventre et de l'anémie alors que 8% ont souffert de la fièvre typhoïde. Aucun des ménages enquêtés dans la localité de Houèto et de Tokan n'a contracté la diarrhée ce qui nous donne un taux de 0 %.

### 3.1.12. Qualité physico-chimique des eaux de consommation analysées

Les différentes analyses physico-chimiques effectuées aux Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) sur les eaux prélevées ont donné les résultats suivants :

#### 3.1.12.1. La température

La figure 20 présente les valeurs de la température des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. On constate que la température de ces échantillons varie entre 26,41°C et 27,45°C avec une moyenne de 27,03°C. La plus forte valeur a été observée au niveau du site P4H tandis que la plus faible a été enregistrée au niveau du site F1T. Elles sont toutes supérieures à la norme nationale permise qui est de 25°C. Toutes les eaux des deux localités ont donc des températures qui ne respectent pas la norme recommandée pour une eau potable en République du Bénin.

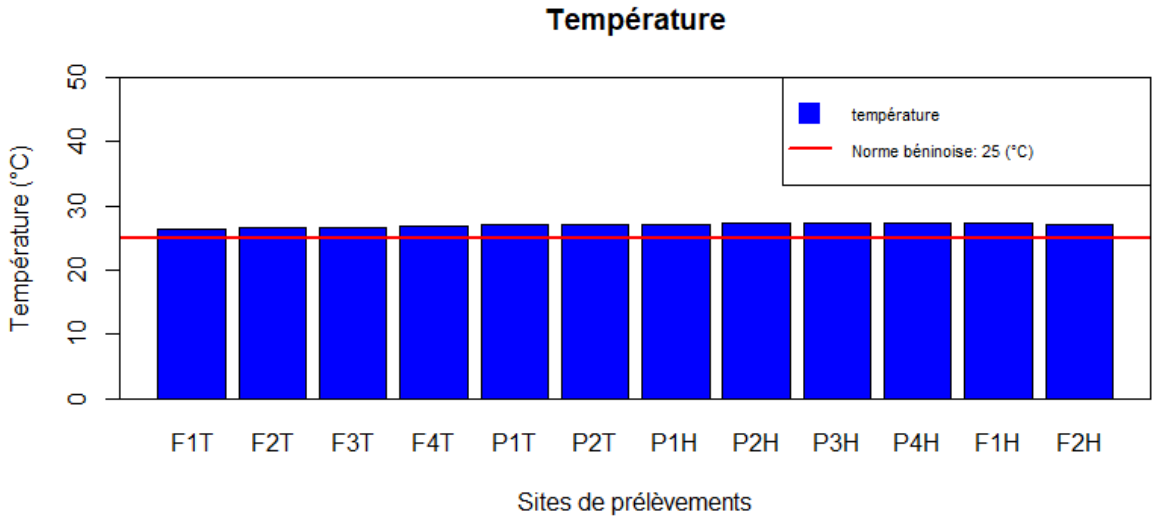



Figure 20 : Variation de la température au niveau des différents sites de prélèvement

#### 3.1.12.2. Le pH

La figure 21 présente les valeurs du pH des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. On constate que les valeurs du pH de nos échantillons changent en fonction du site échantillonné. Les potentiels d'hydrogène obtenus se situent entre 3,69 et 5,36 avec une moyenne de 4,60. La plus faible valeur est enregistrée au niveau du site P3H et la plus grande au niveau du site F1H. Une comparaison avec les normes de qualité de l'eau potable en république du Bénin selon le décret n°2001- 094 du 20 Février 2001, fixant le pH entre 6,5 et 8,5 permet de conclure que ces eaux ne respectent pas lesdites normes de qualité et sont acides.

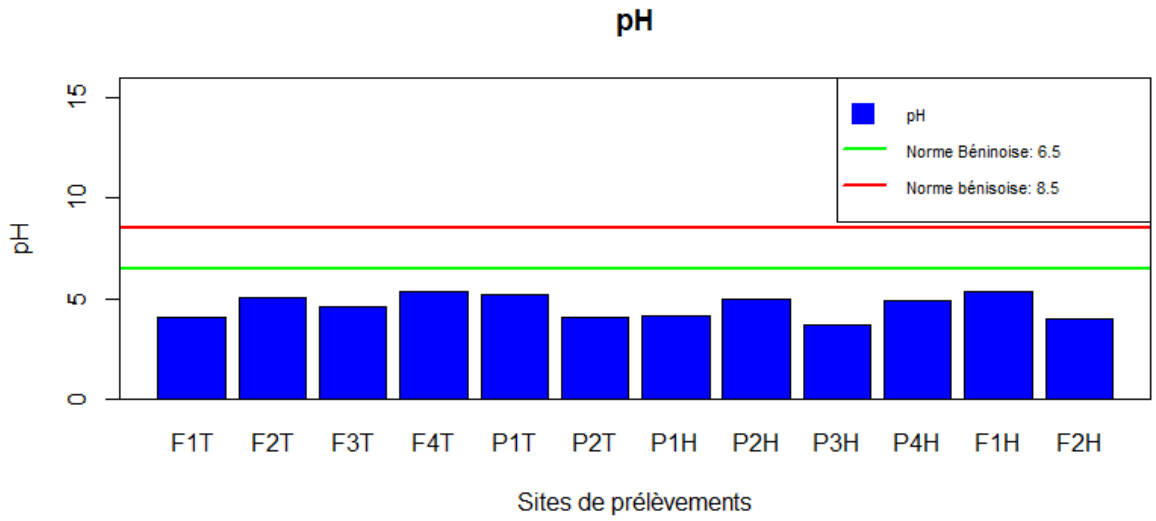



Figure 21 : Variation du pH au niveau des différents sites de prélèvement

### 3.1.12.3. La turbidité

La figure 22 présente les valeurs de la turbidité des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. On constate que les valeurs de la turbidité varient entre 0 NTU et 4 NTU avec une moyenne de 1,33 NTU. La valeur maximale est obtenue au niveau du site P3H. Elles sont nulles au niveau des sites F1T ; F3T ; P2T et F1H. Remarquons que toutes ces valeurs ne dépassent pas la Norme Béninoise qui est 5 NTU.

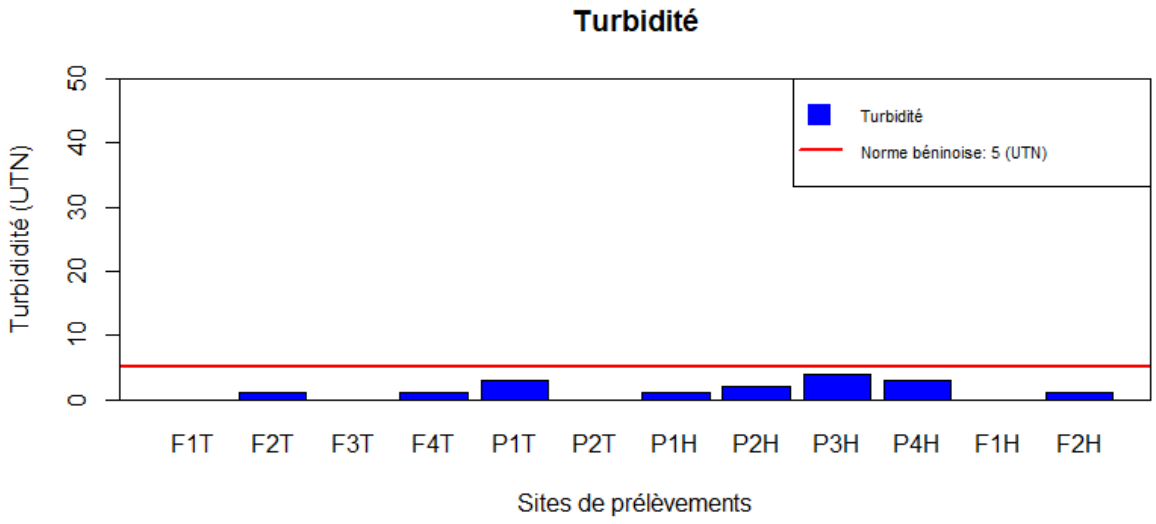



Figure 22 : Variation de la turbidité au niveau des différents sites de prélèvement

### 3.1.12.4. La conductivité électrique

La figure 23 présente les valeurs de la Conductivité électrique des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. On constate que les valeurs enregistrées durant la période d'étude varient de 62 à 448 µS/ cm avec une moyennes de 204,83 µS/ cm. La plus forte valeur est obtenue au niveau du site P3H. Les valeurs observées sont en conformité avec la norme Béninoise qui sont de 2000 µS/Cm.

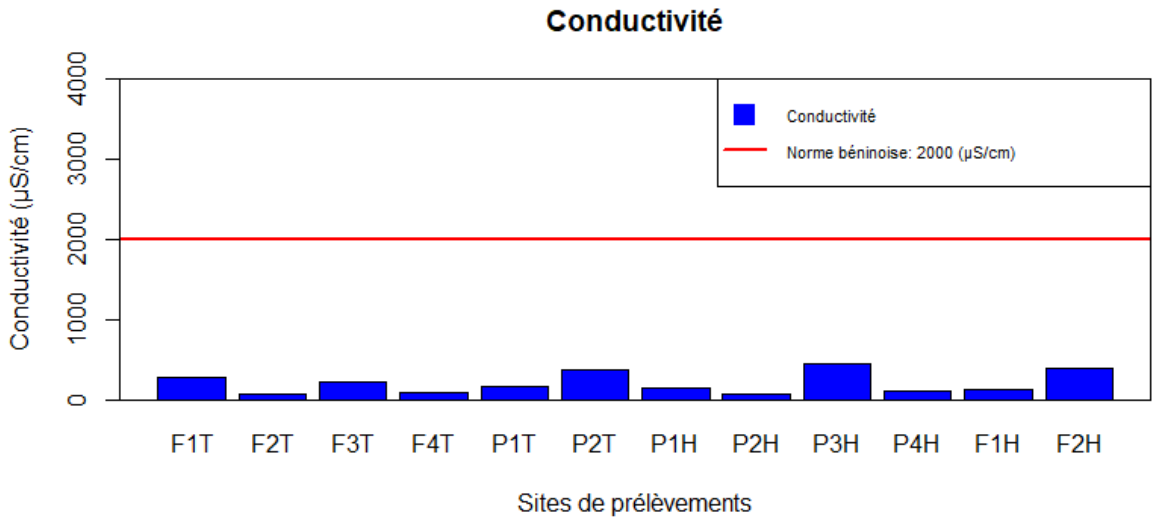



Figure 23 : Variation de la Conductivité électrique au niveau des différents sites de prélèvement

### 3.1.12.5. La couleur

La figure 24 présente les valeurs de la Couleur des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. On constate que la couleur de ces échantillons varie entre 0 UcV et 27 UcV avec une moyenne de 7,16 UcV. La plus forte valeur a été observée au niveau du site P2H tandis que les plus faibles ont été enregistrées au niveau des sites F1T, F2T, F3T, F4T, P2T et F1H. La valeur norme admise pour une eau potable en République du Bénin est de 15 UcV On remarque alors que des douze échantillons seules les valeurs des échantillons prélevées sur les sites P1H, P3H, P4H et F2H respectent la valeur norme.

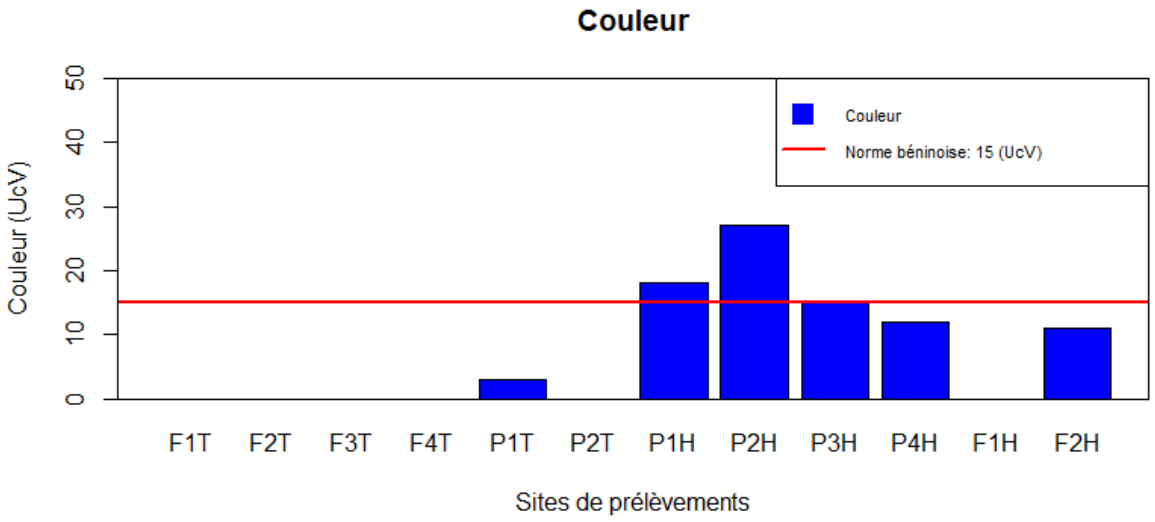



Figure 24 : Variation de la couleur au niveau des différents sites de prélèvement

### 3.1.12.6. L'ammonium

La figure 25 présente les concentrations en ammonium des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. La plus forte valeur (0,65 mg/L) a été enregistrée au niveau du site P2H et la plus faible valeur (0 mg/L) a été enregistrée au niveau des sites F1T, F3T, F4T, P1T et de P3H avec une moyenne de 0,073 mg/L. on constate que toutes les valeurs obtenues ne sont pas inférieures à la norme béninoise (0,5 mg/L).

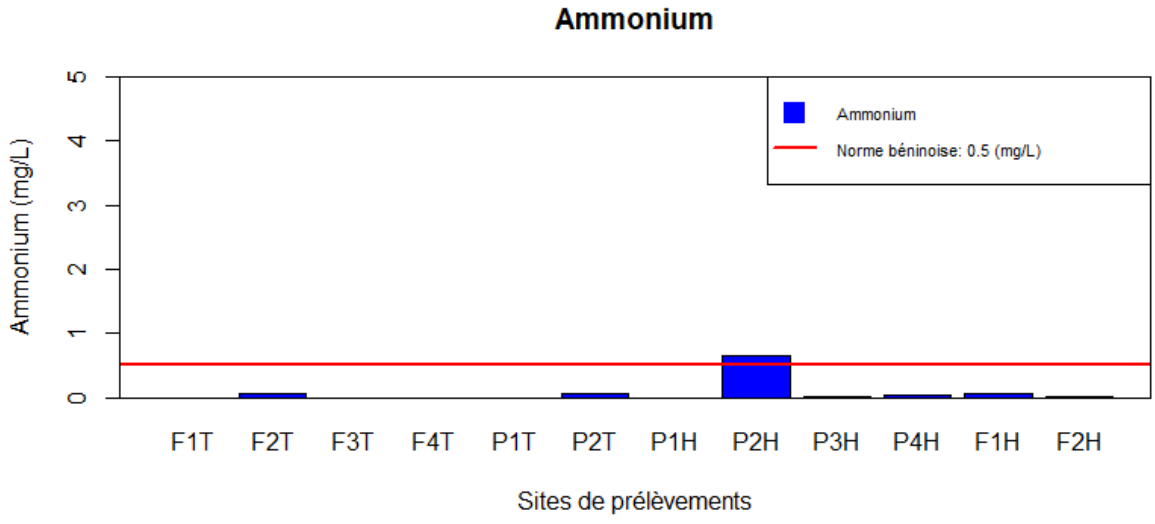



Figure 25 : Variation de l'ammonium au niveau des différents sites de prélèvements

### 3.1.12.7. Les nitrates

La figure 26 informe sur les teneurs en nitrate des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. La teneur en nitrate des échantillons varie entre 1,311 mg/l et 53,55 mg/l respectivement aux sites F2T et F3T avec une moyenne de 18,01 mg/l. D'après les analyses, les sites F3T et P3H ont des teneurs en nitrate supérieures à la norme Béninoise qui est 45 mg/l.

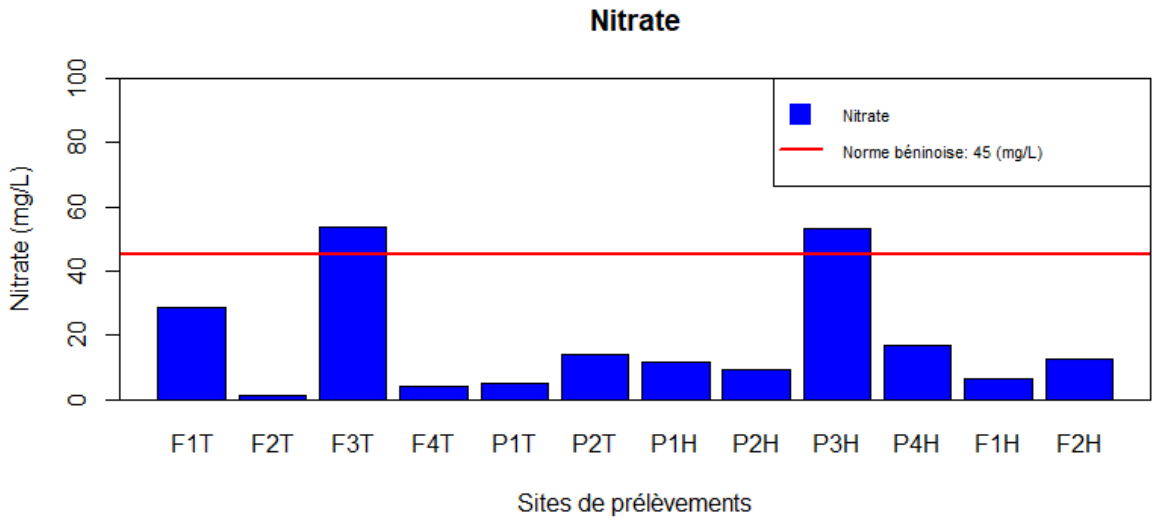



Figure 26 : Variation des nitrates au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.8. Les nitrites

La figure 27 renseigne sur les concentrations en nitrite des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Les concentrations de nitrite obtenues dans les différents points d'eau varient faiblement de 0 à 0,066 mg/L. La plus faible valeur est obtenue au niveau des sites F3T, P1T et la plus forte valeur à sur le site F1H avec une moyenne de 0,01 mg/L. La norme admise pour une eau potable au Bénin étant de 3,2mg/L. Les valeurs obtenues sont donc conformes aux normes.

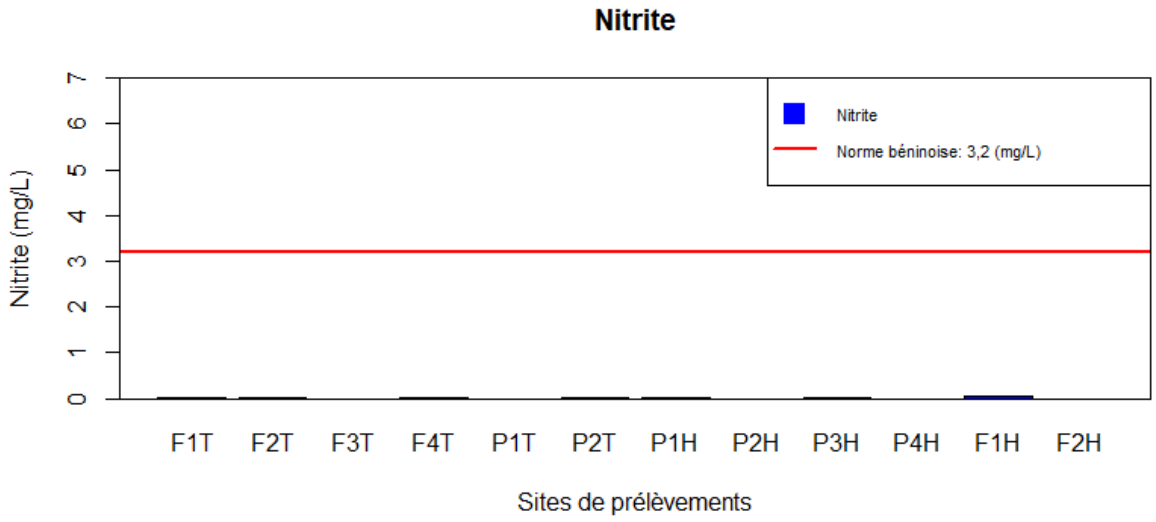



Figure 27 : Variation des nitrites au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.9. L'orthophosphate

La figure 28 informe sur les teneurs en orthophosphate des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Les valeurs d'orthophosphate varient entre 0,019 et 2,16 mg/L avec une moyenne de 0,31 mg/L. Ces valeurs appartiennent respectivement aux sites P4H et P2H. La norme étant de 5 mg/L échantillons analysés ont donc des valeurs inférieures à celle recommandée pour une eau potable.

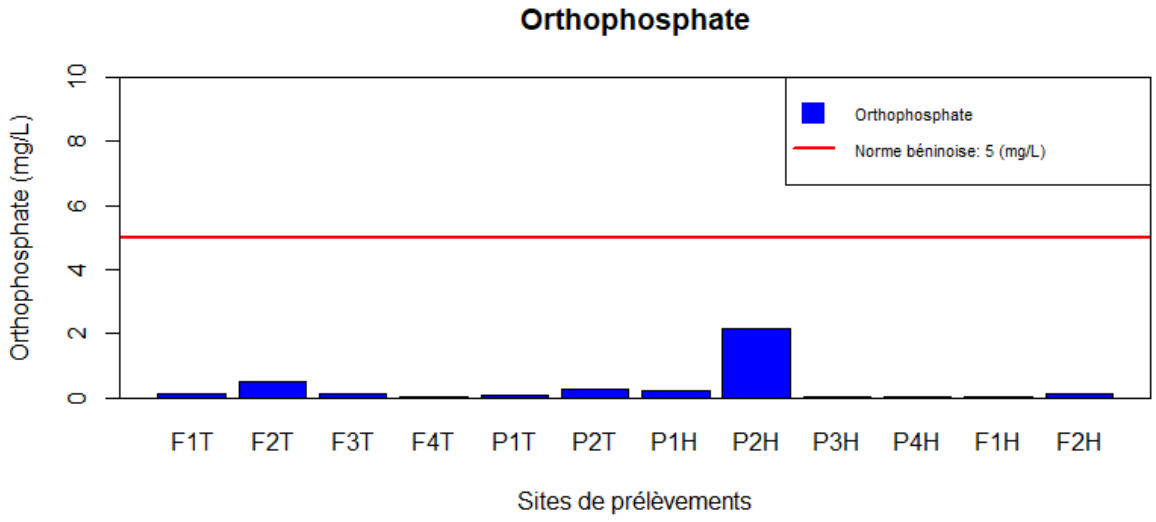



Figure 28 : Variation des orthophosphates au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.10. Les sulfates

La figure 29 renseigne sur les concentrations en sulfate des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Ces taux varient entre 0 mg/L et 2 mg/L avec une moyenne de 0,33 mg/L. La plus faible valeur est obtenue au niveau des sites F2T, F3T, F4T, P2T, P1H, P3H, P4H, F1H, F2H et la plus forte valeur sur le site P2H. La norme nationale étant de 400mg/l, les échantillons analysés ont donc des valeurs inférieures à celle recommandée pour une eau potable.

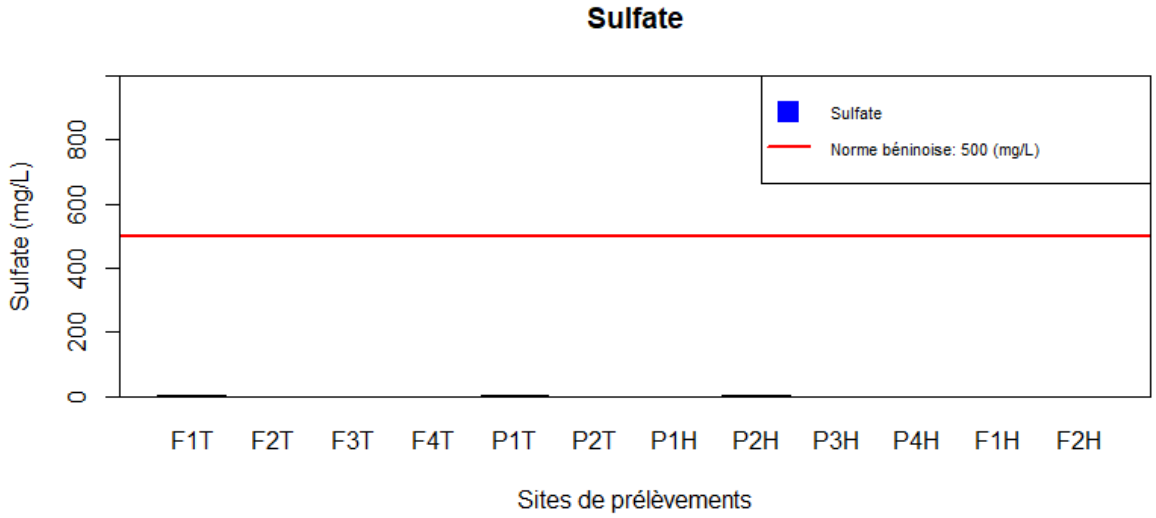



Figure 29 : Variation des sulfates au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.11. Les chlorures

La figure 30renseigne sur les concentrations en chlorure des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Ces taux varient entre 31,95 mg/L et 248,5 mg/L avec une moyenne 87,92 mg/L. La plus faible valeur a été relevée sur le site P2H tandis que la plus forte a été relevée sur le site P3H. La norme admise au Bénin étant de 250 mg/L, ces valeurs obtenues sont donc conformes aux normes.

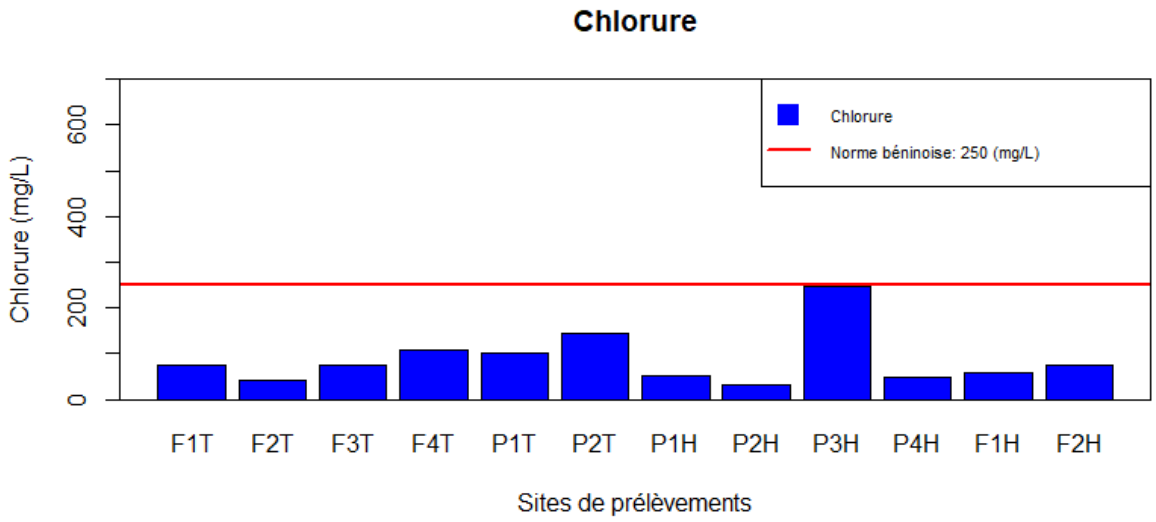



Figure 30 : Variation des Chlorures s au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.12. Le calcium

La figure 31 renseigne sur les taux en calcium des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Ces taux varient entre 7,85 mg/L et 58,55mg/L avec une moyenne de 20,52 mg/L. La plus faible valeur a été relevée sur le site P2H tandis que la plus forte a été relevée sur le site P2T. La norme admise au Bénin étant de 100 mg/L, ces valeurs obtenues sont donc conformes aux normes.

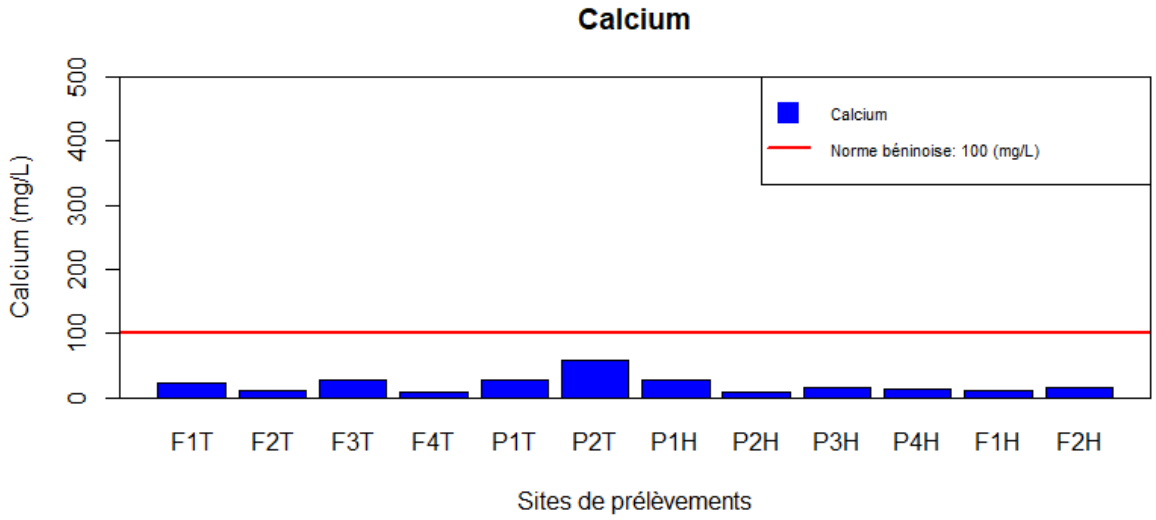



Figure 31 : Variation des calciums au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.12. Le magnésium

La figure 32 renseigne sur les concentrations en magnésium des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Ces taux varient entre 1,74 mg/L et 16,12mg/L avec une moyenne de 7,36 mg/L. La plus faible valeur a été relevée sur le site F4T tandis que la plus forte a été relevée sur le site P1H. La norme admise au Bénin étant de 50 mg/L, ces valeurs obtenues sont donc conformes aux normes.

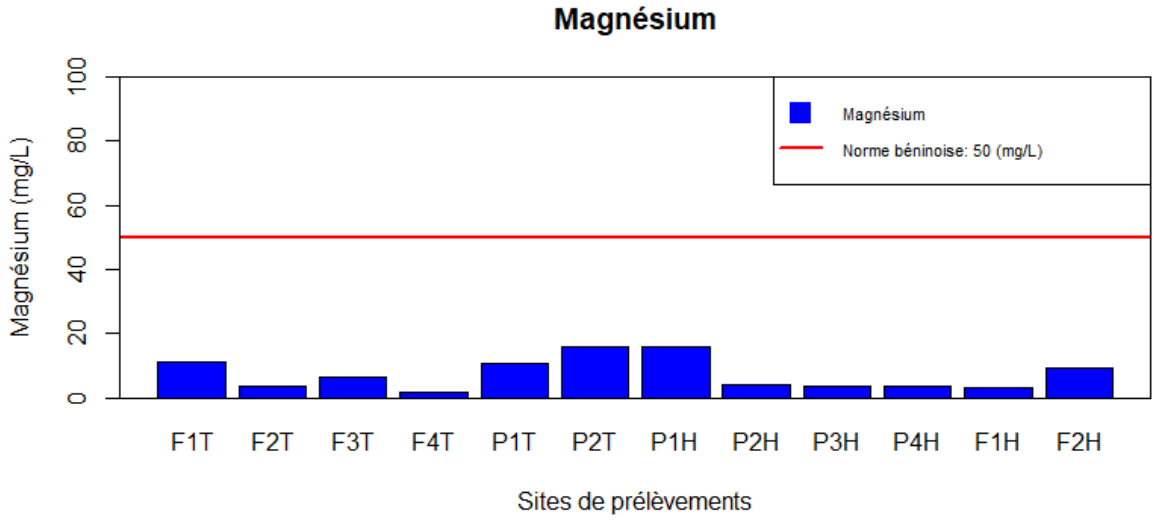



Figure 32 : Variation des magnésiums au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.13. Le fer

La figure 33 renseigne sur les taux en fer des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Ces taux varient entre 0,01 mg/L et 0,09 mg/L avec une moyenne de 0,044 mg/L. La plus faible valeur a été relevée sur les sites F4T et F2H tandis que

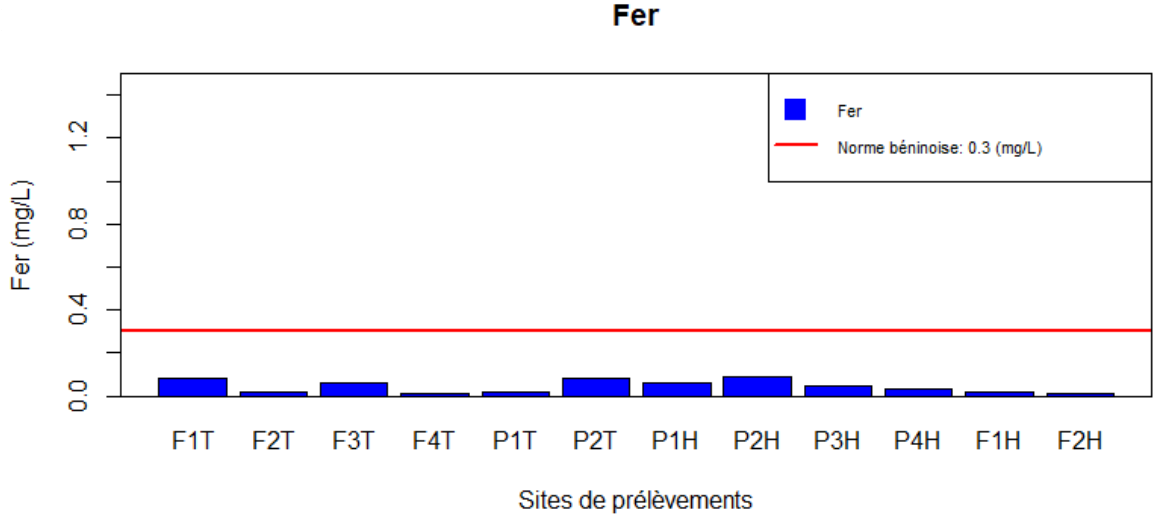



Figure 33 : Variation des fers au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.14. Le fluorure

La figure 34 renseigne sur les teneurs en fluorure des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Elles varient entre 0 mg/L et 0,35 mg/L avec une moyenne de 0,071 mg/L. La plus faible valeur a été relevée sur les sites P2H, F1T, F3T, P1T, P2T, P1H, P4H et F1H tandis que la plus forte a été relevée sur les sites F3T et F4T. Ces valeurs obtenues sont inférieures à la norme recommandée pour une eau potable au Bénin qui est de 1,50 mg/L.

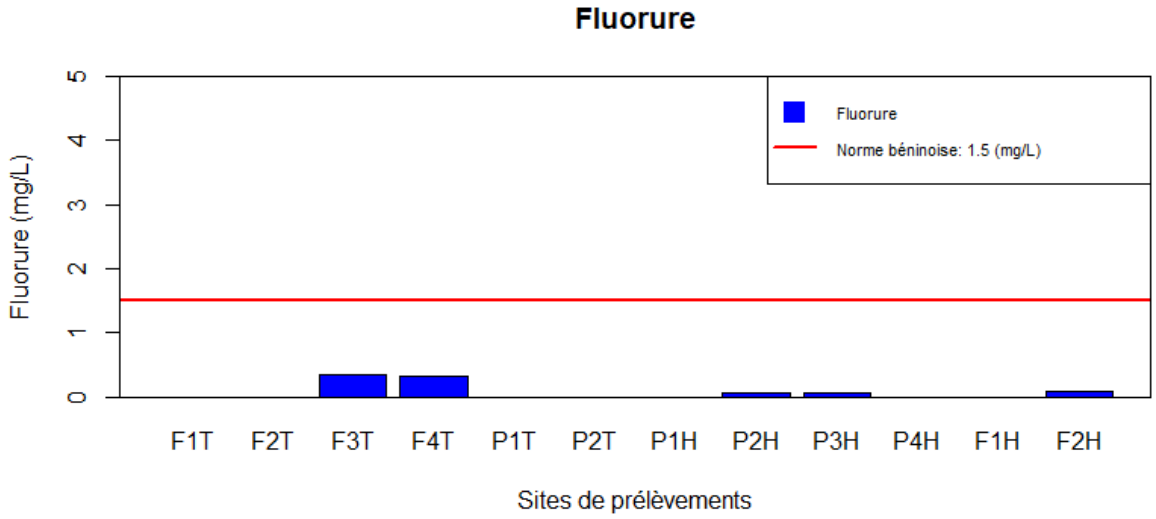



Figure 34 : Variation des fluorures au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.15. Les bicarbonates

La figure 35 renseigne sur les teneurs en bicarbonate des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Ces valeurs varient entre 30,75 mg/L et 387,45 mg/L.

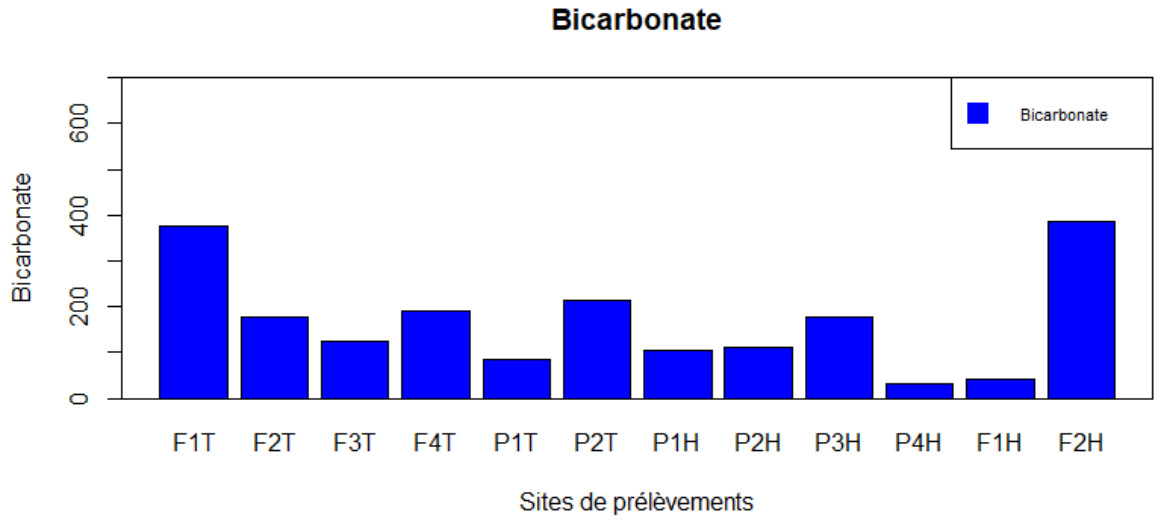



Figure 35 : Variation des bicarbonates au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.12.16. La dureté

La figure 36 renseigne sur les concentrations en dureté des échantillons d'eaux prélevées au niveau des sources dans les deux localités. Les concentrations en dureté des échantillons varie entre 30,35 mg/L et 210,8 mg/L respectivement aux sites F4T et P2T avec une moyenne de 81,61 mg/L. On constate que toutes les valeurs obtenues ne sont pas inférieures à la norme béninoise (200 mg/L).

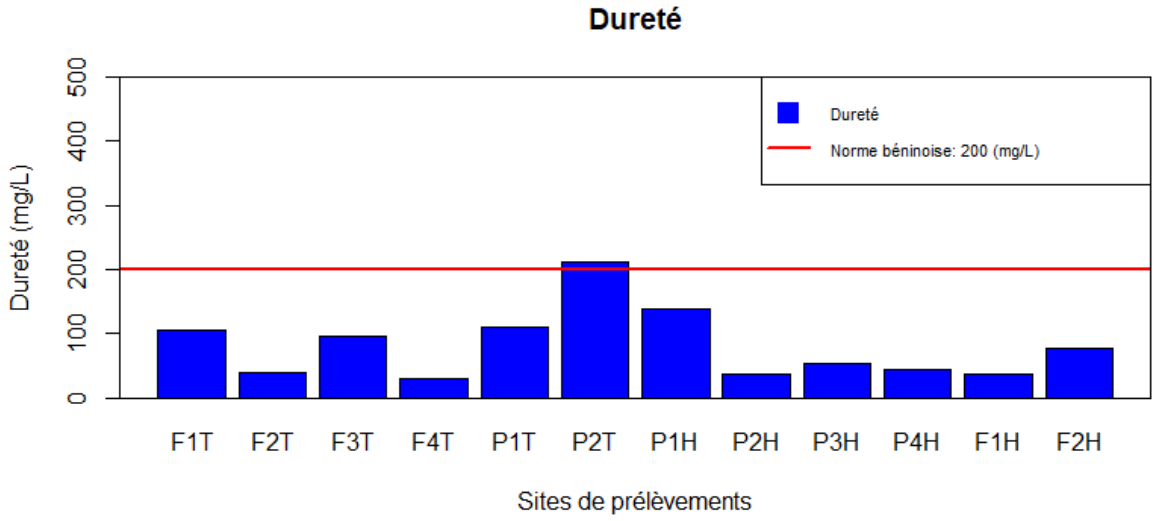



Figure 36 : Variation des duretés au niveau des sites de prélèvement

### 3.1.1 3. Qualité bactériologique des eaux de consommation analysées

Les charges bactériennes des différents germes recherchés dans les échantillons d'eau prélevés dans les localités de Houèto et de Tokan sont présentées (Annexe 5)

### 3.1.1 3.1. Charge en coliformes fécaux (CF) des eaux de consommation analysées

Les charges bactériennes en coliformes fécaux isolées dans les eaux de consommation prélevées dans les deux localités de l'arrondissement Togba ne sont pas si élevées. Ces germes dénombrés dans 100 mL d'échantillons d'eaux révèlent des charges bactériennes en coliformes thermotolérants qui varient de < 1 à 5 UFC/100 mL avec une moyenne de 1 UFC/100 mL. La charge minimale (1 UFC/100 mL) est obtenue sur le site P2T. La charge maximale (5 UFC/100 mL) est obtenue sur le site P2H. La figure 37 présente la variation du nombre de coliformes fécaux dans les eaux.

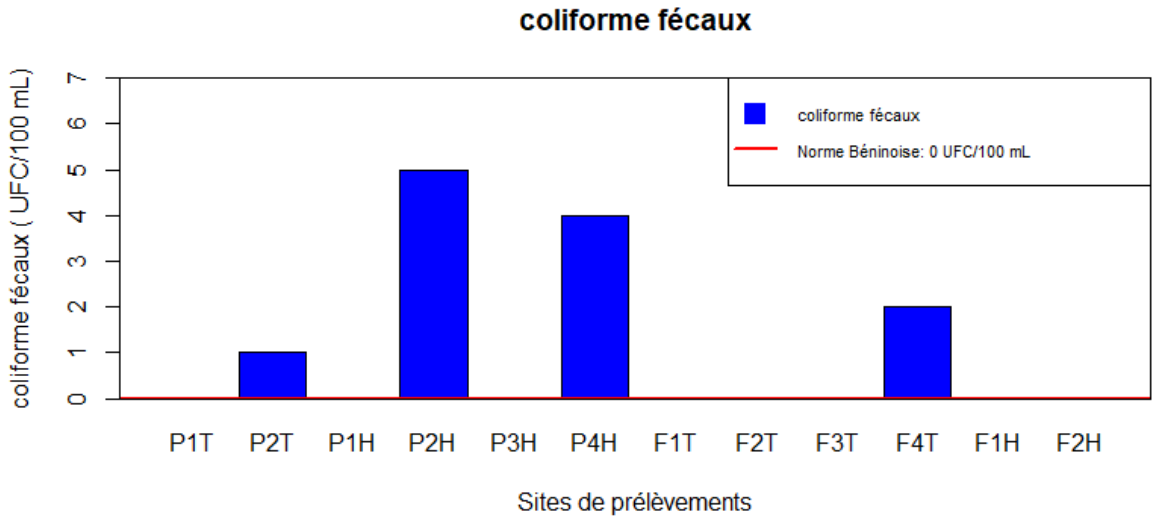



Figure 37 : Variation des coliformes fécaux au niveau des sites de prélèvement

### 3.2. Discussion

Les enquêtes menées ont révélé que les populations de la localité de Houèto et de Tokan s'approvisionnent en eau de boisson à partir de deux sources principales que sont les forages et les puits. Seule une infime proportion de ces populations apporte un traitement particulier à l'eau avant de la consommer ou d'en faire usage. Également l'hygiène n'est pas de mise au niveau de certains points d'approvisionnement visités.

Les résultats de l'analyse physico-chimique des eaux révèlent que les valeurs de la température de l'eau obtenue varie entre 26,41 °C et 27,45 °C avec une moyenne de 27,03 °C. Ces valeurs supérieures à la norme admise (25°C) s'expliquent par l'influence de la chaleur ambiante sur les eaux prélevées et aussi par les heures d'échantillonnage. Les valeurs des températures enregistrées sont concordantes à celles de Aïssi en 1992, de Comlanvi en 1994 à Cotonou et de Assani en 1995 à Grand-Popo, qui ont aussi eu des eaux de températures variant entre 25 °C et 30 °C. Les résultats de températures retrouvées dans notre étude sont aussi de même ordre que ceux obtenus par Djafarou (2004) à Kandi (26 à 28 °C). Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme (Rodier et al., 2009).

Les eaux échantillonnées dans les ouvrages (forages ou puits) ont des pH dont les valeurs sont toutes en dessous de la limite inférieure de 6,5. Ces eaux ne répondent donc pas aux critères de potabilité de l'eau en République du Bénin du point de vu pH, car la norme admise est comprise entre 6,5 et 8,5. En effet, le pH est indicateur du caractère agressif ou

incrustrant d'une eau. Ces valeurs (3,69 et 5,36) se rapprochent de celles observées par Dovonou et al (2018) qui ont montrées que les eaux des puits de Hêvié sont trop acides.

La couleur étant considérée comme l'un des paramètres les plus importants pour la qualité des eaux, elle est très élevée au niveau des sites P1H et P2H à Houèto et dépasse largement la norme Béninoise (15 UcV). La valeur élevée peut s'expliquer par un manque d'hygiène autour des ouvrages ; un manque d'entretien régulier de ces ouvrages ou à la nature géologique du sol traversé, à la présence de fer, de manganèse de cuivre ou de matières organiques (Black et Christman 1963). Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Dossa qui a analysé les eaux de Ganvié, Ahomey-Glon et Ahomey-Ounmey en 2013. Il a obtenu une valeur élevée (148,5 UcV) dans toutes les eaux échantillonnées.

Une eau contenant de l'ammonium, du nitrate et du nitrite est considérée comme une eau polluée. Les valeurs obtenues pour ces paramètres montrent que les nitrites ne présentent pas de défaut de conformité contrairement aux autres éléments azotés comme le nitrate et l'ammonium qui dépassent les valeurs admissibles. Concernant le nitrate seuls les échantillons prélevés sur les sites F3Tet P3H respectivement prélevés à Tokan et Houèto présentent des valeurs élevées (53,55 et 53,44 mg/L) alors que pour l'ammonium c'est uniquement l'échantillon du site P2H prélevés à Houèto qui n'est pas conforme. La présence de ces ions (ammonium, et nitrate) peut-être liée à l'intrusion des eaux usées domestiques rejetées autour des ouvrages d'approvisionnement en eau, des déchets tels que les excréments provenant de l'élevage des animaux domestiques et l'impact des ordures sur la qualité des eaux. Elle peut être due aux activités humaines (l'agriculture et l'élevage). En effet, la dégradation de la matière organique au niveau de ces ordures produit du lixiviat (un jus lié à la percolation des eaux de pluie et de ruissellement à travers les déchets stockés dans les décharges (Obbard et al, 1999). Une infiltration du lixiviat est à l'origine de la présence du nitrate et du nitrite dans les eaux. Nos résultats sont conformes à ceux obtenus par Kotchadan en 2011 qui a analysé les eaux souterraines de la Commune de Dassa-Zoume et a trouvé que 75% des eaux analysées ont un taux de nitrate supérieur à la norme. La consommation d'une eau de boisson riche en nitrate peut provoquer chez les nourrissons le syndrome du bébé bleu ou méthémoglobinémie chez les enfants et des carcinomes gastriques (Gilly et al., 1984).

La dureté d'une eau indique globalement sa teneur en ions calcium ($Ca^{2+}$) et magnésium ($Mg^{2+}$). Dans l'eau naturelle, elle dépend de la structure géologique des sols traversés. Elle

présente des valeurs comprises entre 30 et 210 mg/L avec une moyenne de 81,61 mg/L. Cela montre qu'au niveau des sites P2H ; P3H et P4H l'eau est douce. Force est de constater que seul au niveau du site P2T la valeur obtenue (210 mg/L) pour la dureté dépassant la norme béninoise montre que l'eau échantillonnée au niveau du site P2T est une eau dure. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par (Lagnika et al., 2014) qui ont montrés que les eaux échantillonnées dans la commune de pobè sont douces au niveau de deux sites (Pb12 et Pb14) et dure au niveau de deux sites Pb8 et Pb9.

Enfin, l'analyse bactériologique montre que, aussi bien l'eau des forages que celle des puits sont sujet de pollution par des germes indicateurs de contamination fécale (coliformes fécaux). La quantité des coliformes fécaux dénombrés dans les eaux de consommation échantillonnées est importante avec une moyenne de 1 UFC/ 100 mL. La charge bactérienne de coliformes fécaux dans les eaux analysées dépasse la norme béninoise (0 UFC/100 mL). La plus forte charge (5 UFC/100 mL) est enregistrée au niveau du site P2H. Cette charge obtenue en ce germe dans les eaux consommées par les ménages peut être due au manque d'hygiène autour des ouvrages caractérisés par l'emploi de puisettes impropres à l'utilisation, la non couverture des puits, la cohabitation malsaine avec les animaux domestiques (caprins, volaille, etc…), l'exposition de tas d'ordures sur le sol et l'implantation des latrines à moins de 15m des sources d'approvisionnement en eau. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Kelome et al. (2013) qui ont montré que l'origine de ces colonies de bactéries peut s'expliquer par une contamination d'origine fécale ou environnementale des eaux souterraines.

## CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Au terme de cette étude, il ressort des analyses physico-chimiques, que les eaux analysées au niveau des différentes localités sont contaminées, parce qu'elles présentent certains paramètres (couleur, nitrate, ammonium et dureté) dont les valeurs ne sont pas conformes aux valeurs recommandées par la norme béninoise pour l'eau de boisson. En effet, selon ces analyses, les valeurs obtenues indiquent une acidité des eaux et un excès de certains éléments chimiques notamment le nitrate, la dureté et l'ammonium. A cela s'ajoute le paramètre organoleptique qu'est la couleur dont la valeur est hors norme pour les échantillons des sites P1H et P2H. Les analyses bactériologiques quant à eux viennent confirmer le manque d'hygiène observé au niveau des points d'eau échantillonnés. La consommation d'une telle eau présente alors des risques pour la santé du consommateur. Toutefois des actions peuvent être menées pour réduire voire éliminer les risques liés à sa consommation. Ainsi nous suggérons le respect des mesures suivantes :

- **A l'endroit de l'Etat et des autorités**

Que l'Etat et les autorités locales

- ✓ élaborent un programme pour rendre l'eau de la SONEB accessible à toute la population de Houèto , de Tokan et d'ailleurs ;
- ✓ sensibilisent à travers des campagnes la population sur les risques de consommer une eau de mauvaise qualité ;
- ✓ éduquent la population sur les règles d'hygiènes et d'assainissement autour des ouvrages (puits et forages) afin de réduire les risques de consommations d'une eau contaminée et les maladies hydriques ;
- ✓ exigent la construction des latrines, fosses septiques à une distance supérieure de 15m autour des ouvrages ( puits et forage).

- **A l'endroit de la population**

Que les populations adoptent des mesures de respect des règles d'hygiènes en

- ✓ assurant la propreté des points d'eau ;
- ✓ assurant le transport sécurisé des eaux de la source vers les lieux de stockage ;
- ✓ assurant la propreté des récipients de stockage et de puisage des eaux dans les ménages ;

- ✓ lavant les mains avant toute manipulation d'eau de boisson ;
- ✓ évitant la divagation des animaux aux alentours des points d'eau ;
- ✓ recouvrant hermétiquement les puits par une dalle en béton ;
- ✓ évitant la vidange des fosses d'aisances dans les rues et faire appel aux services compétents pour effectuer ce travail ;
- ✓ gérant bien les déchets solides ménagers ;
- ✓ se dotant des forages de plusieurs filtres à maille fine pour permettre une bonne filtration des eaux.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES


1. **ABE.,** 1999. Loi n°98-030 Portant du 12 Février 1999 Portant Loi-Cadre sur l'Environnement en République du Bénin. Collection 2eme édition les Presses du JORB : PortoNovo, 66 p.
2. **AIMF, AMCA,** 2013. Guide d'éducation sanitaire appliquée à l'eau, l'hygiène et à l'assainissement, 27p.
3. **AISSI M.J.,** 1992. Impacts des déchets domestiques sur la qualité de la nappe phréatique à Cotonou, mémoire de fin de formation en aménagement et protection de l'environnement. Abomey-Calavi. CPU. 69p.
4. **AKODOGBO H.,** 2005. Contribution à l'amélioration de la qualité de l'eau à usage domestique dans le 5ème arrondissement de la commune de Porto-Novo-Bénin. Mem. En Environ. Santé Abomey Calavi UAC.
5. **ANAEP-MR** et **rapport du Joint Monitoring Program,** 2019. (OMS et Unicef)
6. **ASSANI A.,** 1995. Qualité et mode de gestion de l'eau de boisson dans la souspréfecture de Grand-Popo : Mémoire de maîtrise en Santé Publique, IRSP, UNB, Bénin, 129p.
7. **AZONGNITODE A.,** 2009. Etude de la qualité de l'eau de fleuve Ouémé destinée à la consommation et à l'irrigation, Mémoire de Licence, EPAC/UAC Abomey-Calavi, 54p.
8. **AZONSI,** 2023. Mobilisation des ressources en eau, support cours 28p.
9. **BANQUE MONDIALE,** 2011. Stratégie nationale d'assainissement liquide au Cameroun. Rapport diagnostic : aspects institutionnels, financiers et techniques, 92p.
10. **BENALLOU,** 2004. Analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie d'Arib., Mémoire de Master, Centre universitaire de Khemis Miliana. p12.
11. **BIAOU C.F**., 2006. Monographie de Abomey-Calavi. Afrique Conseil, 72p.
12. **BIAOU A.,** 2016. Principaux Indicateurs socio-démographiques et économiques (RGPH4, 2013). Insti. Nat. Stat. L'analyse Économique INSAE Bénin.
13. **BONI G.,** 2014. Croissance Démographique : Implications socio-spatiales, environnementales et sanitaires dans la Commune d'Abomey-Calavi au Bénin, Thèse de doctorat, UAC Abomey-Calavi.

14. **CHIPPAUX J-P., HOUSSIER S., GROSS P., BOUVIER C., BRISSAUD F.,** 2002. Etude de la pollution de l'eau souterraine de la ville de Niamey, Niger. Bull Soc Pathol Exot 94, 119-123p.
15. **CHOUTI K.,** 2007. Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts munis de pompe dans la commune de Porto-Novo, Mémoire de DESS IMSP/UAC Abomey-Calavi 75p.
16. **COMLANVI F.,** 1995. Amélioration de la qualité des eaux de puits dans la ville de Cotonou : cas de quelques quartiers : Mémoire de fin de formation APE /CPU/UAC Abomey-Calavi, 78pages.
17. **DG Eau**, 2008. Bénin : l'eau potable en milieu rurale, 1page.
18. **DEGBEY C., MAKOUTODE M., AGUEH V., DRAMAIX M., BROUWER C.,** 2011. Facteurs associés à la qualité de l'eau de puits et prévalence des maladies hydriques dans la commune d'Abomey-Calavi (Bénin). Santé, vol 21.
19. **DEGREMONT,** 2005. Mémento technique de l'eau. Tome I. 10eme édition. Lavoisier, Tec et Doc,
20. **DELMONT J.,** 2016. Les enjeux de santé liés à la qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement, Atelier d'information sur la qualité de l'eau dans les projets de développement des services d'eau potable, 31p.
21. **DIOP C.,** 2006. Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, Mémoire, 43p
22. **DJAFAROU A.,** 2004. La contribution à l'élaboration des risques liés aux usages domestiques de l'eau dans la commune de Kandi, Mémoire de DESS, IMSP, Bénin.
23. **DJUIKOM E., TEMGOUA E., JUGNIA L., NOLA M., BAANE M**., Pollution bactériologique des puits utilisés dans la Communauté Urbaine de Douala-Cameroun. Int. J. Biol. Chem. Sci. 3.Paris. 859 p.
24. **DOVONON L.** 2011. Qualité chimique des eaux souterraines dans la commune de Dassa-zoumé (Bénin) : Impacts sanitaires des teneurs hors normes en fluorure et essais de traitement à l'os calciné de bovin, thèse de doctorat, FAST, Université d'Abomey-Calavi, 200p.
25. **DOVONOU F.E.,** 2012. Diagnostic qualitatif et environnemental de l'aquifère superficiel du champ de captage intensif de Godomey au Bénin (Afrique de l'ouest)

: Eléments pour un plan d'actions stratégiques de protection des ressources en eau souterraine exploitées. Dr. Es Sci. En Hydrol. Gest. Intégrée Ressour. En Eau Univ. D'Abomey Bénin 143p.

26. **DOVONOU F.E., BALOGOUN C., HOUNSOU M., NICOUE M., MAMA D., 2018**. Impact des comportements sur la qualité des eaux de consommation dans la commune d'Abomey-Calavi : cas de l'arrondissement de Hèvié ,21 pages.
27. **EL HAISSOUFI H., BERRADA S., MERZOUKI M., AABOUCH M., BENNANI L., BENLEMLIH M., IDIR M., ZANIBOU A., BENNIS Y., EL OUALI LALAMI A.**, 2011. Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn, Vol 5, N°1, PP : 37-68.
28. **EMMANUEL E.** 2004. Évaluation des risques sanitaires et écotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers. Thèse de doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. 246p.
29. **FELIX J.,** 2013. Évaluation de la qualité physico-chimique et l'état trophique de l'eau du lac ahémé : Mémoire de licence en hydrologie, Faculté des Science Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 41pages.
30. **FREEMAN M., CLASEN T., DREIBELBIS R**., 2014. The impact of a school-based water supply and treatment, hygiene, and sanitation programme on pupil diarrhoea: a clusterrandomized trial. Epidemiology and Infection, 142 : 340–351.
31. **GHZAR N., BERDAI H., BELLOUTI A., SOUDI B.,** 2002. Pollution nitrique des eaux souterraines au Tadla (Maroc). Rev. Sci. EauJournal Water Sci. 15, 459-492.
32. **HEM J. D**. 1985. Study and interpretation of chemical characteristic of natural water. 3 nd Edition. University of Virgina, United States of Geological Survey Water-Supply. Paper 2254 Washington, DC, USA. 263p.
33. **HOUNSOUNOU E.O., TCHIBOZO M.A.D., KELOME N.C., VISSIN E.W., MENSAH G.A., AGBOSSOU E.,** 2016. Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement : Synthèse bibliographique. Int. J. Biol. Chem. Sci. 10, 2392–2412p.
34. **INSAE** (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique), 2016. Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du Benin. (RGPH-4, 2013). 17p.

35. **INSD**. 2009. Annuaire statistique de l'eau potable et de l'assainissement des eaux usées et excréta, 15p.
36. **KAHOUL M. et TOUHAMI M.** 2014. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie).10p.
37. **KELOME C.N., DOVONON L., LAWANI R., 2014.** Problématique de l'eau desservie à la population par les postes d'eau autonomes prives dans la commune de Kétou, 9p.
38. **KENFAOUI A.,** 2008. Economisons l'eau en la préservant de la pollution. REV HTE 140- 17.
39. **KHELILI R. et LAZALI., D, 2015**. Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla)10p.
40. **KOTCHADAN M.,** 2011. Paramètre physicochimiques et bactériologiques des eaux souterraines et des eaux de surface dans la commune de DASSA-ZOUME : Cas des villages Ayniwidji, Bétékoukou et Zankoumandon, 46pages.
41. **KOURCHI.** 2010. Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa el mizan. Mémoire fin d'étude UMMTO. P27.
42. **KPAKO B.** 2016. Caractérisation physico-chimique et étude de la toxicité des eaux de la lagune côtière de Togbin à Grand-Popo (Sud-Ouest Bénin) ; 7p.
43. **KPOKPOOYA L.,** 2016. Etude de la qualité de l'eau des forages dans la commune de DOGBO : cas de l'arrondissement de LOKOGOHOUE, Mémoire de Licence, EPAC/UAC Abomey-Calavi, 49p.
44. **LAGNIKA M., IBIKOUNLE M., MONTCHO J.C., WOTTO V.D., SAKITI N.G., 2**014. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest), Journal of Applied Biosciences, N°79, PP :6887– 6897.
45. **LAURENT F.,** 2012. Agriculture et pollution de l'eau : modélisation des processus et analyse des dynamiques territoriales (PhD Thesis). Université du Maine
46. **LEDLER,** 1986. In HAOUSSA, N., 2013. Etude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra – Eau de Droh. Mémoire de master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider –Biskra : Faculté des sciences et de technologie, 25 p.

47. **LIU, F et MITCHELL, C et ODOM, J et W, HILL D.T et ROCHESTER E.W.** 1997. Swine lagoon effluent disposal by overland flow : effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. Agronomy Journal, 89 900-904.
48. **MAHAMAT, B** et **BESKRI, A**. 2010. Caractéristique physico-chimique des eaux souterraines dans la plaine de Khemis Miliana, Mémoire fin d'étude. Centre université de Khemis Miliana. 42P.
49. **MAJRA J.P.** et **GUR A.,** 2010. School environment and sanitation in rural India. Journal of Global Infectious Diseases. 2 : 109–111
50. **MAKHOUKH,** M. 2011. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya. (Maroc). 46P.
51. **MALANGE ERNEST N.,** 2010. The Cholera Epidemic and Barriers to Healthy Hygiene and Sanitation in Cameroon. Umea University: Epidemiology and Public Health. 13(1):81– 87.
52. **MARGAT J.,** 1990. Les gisements d'eau souterraine. La recherché 221, 590–596p
53. **MEGHZILI B.,** 2003. Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement Hamdi Krouma (Skikda). Essais d'optimisation. Thèse de magister Université de Biskra.77, 89 p.
54. **MEROUANI, M et BOUGUEDAH**, A. (2013). Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Mémoire master. Université KASDI MARBAH Ouargla, p59.
55. **MPAKAM H.G., KABEYNE K., KENMOGNE K., TATIETSE T., EKODECK G.E.,** 2006. L'accès à l'eau potable et à l'assainissement dans les villes des pays en développement : cas de Basoussam (Cameroun). VertigO- Rev. Électronique En Sci. Environ. 7p.
56. **OBBARD J., BARR J., ROBISON H., CARVILLE S.,** (1999) : characteristics and biological treatment in Hong Kong, Resource and Environmental Biotechnology, Vol. 2, No. 3, 235- 248pages.
57. **ODE** (Office Départemental de l'eau de la Martinique), 2006. Eau, pollution, santé- les maladies liées à l'eau. 1p.
58. **ODOULAMI L.,** 2009. La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin). Thèse Dr. Unique En Géographie Gest. L'EnvironL'Environnement Univ. D'Abomey-Calavi Bénin, 230p.

59. **OMS** (**Organisation Mondial de la Santé**), 1998. Mayling S., Hébert, Sara Wood. La promotion de l'assainissement.
60. **OMS, 2004.** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol 1. Directives, Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.
61. **PADEAR**. 1997, Technique de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement. Fascicule II, Série Formation ONG. 125p.
62. **PICKERING A.J., JULIAN T.R., MARKS S.J., 2012**. Fecal contamination and diarrheal pathogens on surfaces and in soils among Tanzanian households with and without improved sanitation. Environmental Science & Technology. 46 : 5736–5743.
63. **PLAGE** (**Programme Local d'Aménagement et de Gestion de l'Environnement**), 2006. Monographie de la Commune d'Abomey Calavi,72p.
64. **REJSEK F.,** 2002. Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Série science et techniques de l'environnement. Edition Scérén, Paris, 358 p. 63-TARADAT-HENRY M., 1992. Chimie des eaux. Edition Québec : Griffon d'argile.
65. **RICHARD C.,** 1996. Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux, Ed. Scientifiques et Médicales, Elservier, Paris, 115 p.
66. **RODIER J.,** 2009. Analyse de l'eau ; Eaux. Ed. DUNODBORDAS, Paris, 9ème édition.1526pages.
67. **RODIER, J et al.** 2009. L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, p1579.
68. **SAHRAOUI, N.** 2015. Etude de la cohérence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana. p32.
69. **SAWYER C. N., MC CARTY P. L.,** 1967. Chemistry of Sanitary Engineers. 2nd Edn., Mc Grow Hill, New York, 518 pp.
70. **SOGBO E.A.,** 2013. Dynamique urbaine et insécurité dans la commune d'Abomey-Calavi. Maîtrise, Université d'Abomey-Calavi. 35p.
71. **TANIGNON ADINGNI Y.,** 2O11. Problématique de l'urbanisation et protection des ressources en eau souterraine : cas de la comune d'Abomey-Calavi. Mémoire pour l'obtention du mastère spécialisé en génie sanitaire et environnement, 58p
72. **UNICEF/OMS., 2007**. Atteindre l'OMD relatif à l'eau potable et à l'assainissement le défi urbain et rural de la décennie. Genève Suisse.

**73. UNICEF/WHO., 2012. Progres and drinking water and sanitation. 59 p.**

**74. VERMANDE P.** 2002. La Gestion Intégrée de l'Eau : les enjeux mondiaux et régionaux. In : Actes du Colloque International réalisé à Port-au-Prince les 26, 27, 28 juin 2002.10- 19p

75. **VIERLING E.,** 2003. Aliment et boisson-Filière et produit, 2ème édition DOIN éditeurs. Centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine, p : 11-270.

76. **VLAVONOU -ZANNOU** L., 2015. Etat actuel de l'hygiène dans le sixième arrondissement de Cotonou et la pollution fécale des eaux de puits utilisées. Mémoire de fin de formation pour l'obtention de la licence professionnelle en hydrologie, 56p.

77. **VOLKOFF B., WILLAIME** P., 1976. Notice explicative n°66. Carte pédologique de reconnaissance de la République populaire du Bénin à 1/200 000. Feuille de Porto-Novo (1). Paris, France, ORSTOM. 39p.

78. **WHO** (**Word Health Organization**). 2011. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva. 564p.

79. **ZOGO D.,** 2005. Cours de traitement de l'eau potable, IMSP, Porto Novo.

80. **ZUNINO C.** 2007, Mobilisation des eaux souterraines en zone de socle. Communication présentée au stage intensif de recyclage sur la « Problématique de la qualité des eaux souterraines et de surface » organisé par le CREPA, l´ULG et le Ministère de la Santé ; Parakou du 05 au 17 Février.

## WEBOGRAPHIE

www.Googlescholar.com : consulté le 22 / 10 / 2023 à 01 h 27 min
www.mémoireonline.com : consulté le 22 / 10 / 2023 à 03 h 45 min
www.banquemondiale.org : consulté le 24 / 11 / 2023 à 23 h 45 min
www.u-picardie.fr : consulté le 25 / 10 / 2023 à 13 h 28 min
www.Google.com : consulté tous les jours
https://fr.climate-data.org/afrique/benin/atlantique/abomey-calavi-59587 :
Consulté le 10 /12 / 2023 à 20 h 20 min

## ANNEXES

Annexe 1 : Enquête de terrain

**Fiche d'enquête à l'endroit des ménages**

Arrondissement : ……

Localité : …….

Nom et Prénom : ……

Profession : …….

Age : …….

1. **Vous vous servez de quelle eau comme eau de boisson :**
2. Eau de SONEB ? ❑ Eau en sachet ? ❑ Puits ? ❑ Forage ? ❑ Autres ?
3. **A quelle fin utilisez-vous cette eau ? :**
   Consommation ❑ Lavage ❑ Arrosage ❑ Lessive ❑ Autres
4. **Fréquence d'approvisionnement** :
   a) Chaque jour ❑ b) 2-3 jours ❑ c) 4 jours -1 semaine ❑
5. **Est-ce que vous traitez l'eau avant de boire** ?
   Oui ❑ Non ❑
6. **Si oui comment la traitez-vous et avec quel produit ?**

   **…….**

7. **Quels sont les récipients utilisés pour le transport de l'eau ?**
   6.1 Type de récipient de transport : a) Bidon ❑ b) Bassine ❑ c) Seau ❑ d) Autre…….
   6.2 Couverture du récipient : a) Récipient ouvert ❑ b) Récipient fermé ❑
   6.3. Nature : a) Aluminium ❑ b) Fer émaillé ❑ c) Plastique ❑ d) Autre …….

**7. Précisez l'état de propreté du récipient de transport de l'eau :**

7.1. Préciser l'état de propreté du récipient de transport : a) Propre ❑ b) Sale ❑

7.2. Fréquence de nettoyage du récipient : a) Chaque fois ❑ b) Au besoin ❑ c) Autre …… 7.3. Mode de nettoyage : a) Rinçage ❑ b) Avec du Savon ❑ c) Avec savon+ éponge ❑ d) Autre…….

**8. Quels sont les récipients de stockage de l'eau de boisson ?**

8.1. Type de récipient : a) Bidon ❑ b) Bassine ❑ c) Sceau ❑ d) Jarre ❑ e) Autre----------

8.2. Couverture : a) Récipient ouvert ❑ b) Récipient fermé ❑

**9. Précisez l'état de propreté du récipient de stockage de l'eau :**

9.1. Préciser l'état de propreté du récipient de stockage : a) Propre ❑ b) Sale ❑

9.2. Fréquence de nettoyage : a) Chaque jour ❑ b) 2-3 jours ❑ c) 4 jours -1 semaine ❑ d) Plus ❑

9.3. Mode de nettoyage : a) Rinçage ❑ b) Avec du Savon ❑ c) Avec savon+ éponge ❑ d) Autre …….

**11. Gestion des DSM Type de gestion :**

a) Dépôt dans la nature ❑ b) SGDS-GN ❑ c) Incinération ❑

**12. Avez- vous des latrines dans la concession ?**

Oui ❑ Non ❑

12.1. Etat matériel : a) Propre ❑ b) Sale ❑

**13. Il y a- t-il des cas de maladies fréquents dans votre milieu comme :**

Les maux de ventre ❑ La fièvre typhoïde ❑ Paludisme❑

Diarrhée ❑ Anémies ❑ Maladies cutanées ❑

**14. Quelles sont les raisons qui vous amènent à consommer l'eau de puits ou de forage ?**

Absence de points de vente ❑ Manque de moyen ❑ Non asservie ❑

**15. S'il y avait assez de points de vente de l'eau de SONEB Allez-vous les utilisez ?**

Oui ❑ Non ❑

**Fiche d'enquête à l'endroit des agents de santé**

Arrondissement : ……

Localité :

…….

Centre de santé :

……

…… Nom et Prénom de l'agent :

……

Agent de santé ;

Infirmier ☐
Major ☐
Médecin ☐
Médecin ☐
chef ☐

**Quelles sont les maladies fréquemment soignées dans votre centre ? :**

Infections respiratoires ☐

Intoxication ☐

Maladies diarrhéique ☐
Maladies dermatologiques ☐
Paludismes ☐

Fièvres typhoïdes ☐

Types d'anémies ☐

**Quelle sont les autres maladies les plus répandues dans la zone ?**

……

**Quelles sont les couches affectées ?**

Enfants moins de 5ans ☐

Jeunes moins de 20ans ☐

Adultes ☐

**Ces maladies sont-elles fréquentes ou périodiques ?**

**……**

**Dans quelles périodes de l'année sont-elles enregistrées ?**

**……**

**Quelles sont les localités les plus affectées ?**

**……**

**Quels facteurs incriminez-vous dans la fréquence de ces maladies ?**

……

**Quels sont les Conseils à l'endroit des populations qui consomment ces eaux polluées :**

……
……
……
……
……
……

**Annexe 2 :** Calcul du taux d'accroissement moyen annuel (r) à Houèto

| **Années** | **$P_0$** | **$P_n$** | **n** | $\mathbf{r} = \left( \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1 \right) \times 100$ |
|---|---|---|---|---|
| 2002 et 2013 | 19152 | 31411 | 11 | 4,60 |
| 2013 et 2023 | 31411 | 49249 | 10 | 4,59 |

**Annexe 3 :** Calcul du taux d'accroissement moyen annuel (r) à Tokan

| **Années** | **$P_0$** | **$P_n$** | **n** | $\mathbf{r} = \left( \sqrt[n]{\frac{P_n}{P_0}} - 1 \right) \times 100$ |
|---|---|---|---|---|
| 2002 et 2013 | 10021 | 10503 | 11 | 4,27 |
| 2013 et 2023 | 10503 | 16785 | 10 | 4,79 |

Annexe 4 : Coordonnées et codes des points de prélèvement des échantillons.

| Codes | Localités d'échantillonnage | Coordonnées géographiques | |
|---|---|---|---|
| | | Longitudes | Latitudes |
| F1T | Tokan | 2.312951 | 6.454010 |
| F2T | Tokan | 2.318468 | 6.460446 |
| F3T | Tokan | 2.316988 | 6.456901 |
| F4T | Tokan | 2.312712 | 6.459855 |
| P1T | Tokan | 2.308148 | 6.452721 |
| P2T | Tokan | 2.308628 | 6.454693 |
| P1H | Houèto | 2.301382 | 6.433087 |
| P2H | Houèto | 2.299183 | 6.438072 |
| P3H | Houèto | 2.306068 | 6.432097 |
| P4H | Houèto | 2.305673 | 6.435661 |
| F1H | Houèto | 2.301424 | 6.438508 |
| F2H | Houèto | 2.302856 | 6.442744 |

Annexe 5 : Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits et de forage prélevées au niveau des sources.

| Comune | Abomey-Calavi | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arrondissement | Togba | | | | | | | | | | | |
| Localités | Houèto | | | | | | Tokan | | | | | |
| Sites | P1H | P2H | P3H | P4H | F1H | F2H | F1T | F2T | F3T | F4T | P1T | P2T |
| pH | 4.13 | 4.96 | 3.69 | 4.9 | 5.36 | 4 | 4.04 | 5.02 | 4.62 | 5.34 | 5.17 | 4.04 |
| Conductivité | 144 | 70 | 448 | 106 | 118 | 394 | 269 | 62 | 222 | 90 | 166 | 369 |
| Température | 27.07 | 27.31 | 27.43 | 27.45 | 27.35 | 27.07 | 26.41 | 26.73 | 26.66 | 26.89 | 27.02 | 27.06 |
| Couleur | 18 | 27 | 15 | 12 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 |
| Turbidité | 1 | 2 | 4 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 |
| Dureté | 137.71 | 35.76 | 53.58 | 44.66 | 37.52 | 76.9 | 105.49 | 39.31 | 96.45 | 30.35 | 110.81 | 210.8 |
| Nitrate | 11.685224 | 9.048317 | 53.441081 | 16.727222 | 6.585272 | 12.438626 | 28.491884 | 1.311458 | 53.556989 | 3.832457 | 5.078468 | 14.003384 |
| Nitrite | 0.003 | 0 | 0.0166 | 0 | 0.066 | 0 | 0.006 | 0.033 | 0 | 0.016 | 0 | 0.016 |
| Ammonium | 0 | 0.65 | 0.012 | 0.0387 | 0.051 | 0.025 | 0 | 0.051 | 0 | 0 | 0 | 0.052 |
| Calcium | 28.564 | 7.8551 | 15.7102 | 12.1397 | 9.9974 | 15.7102 | 23.5653 | 9.9974 | 27.8499 | 9.2833 | 27.1358 | 58.5562 |
| Magnésium | 16.1209 | 3.9213 | 3.4856 | 3.4856 | 3.0499 | 9.1497 | 11.3282 | 3.4856 | 6.5355 | 1.7428 | 10.4568 | 15.6852 |
| Fer | 0.06 | 0.09 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.08 | 0.02 | 0.06 | 0.01 | 0.02 | 0.08 |
| Bicarbonate | 104.55 | 110.7 | 178.35 | 30.75 | 43.05 | 387.45 | 375.15 | 178.35 | 123 | 190.65 | 86.1 | 215.25 |
| Chlorure | 50.41 | 31.95 | 248.5 | 49.7 | 56.8 | 74.55 | 74.55 | 40.47 | 74.55 | 108.63 | 101.53 | 143.42 |
| Sulfate | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Orthophosphate | 0.24 | 2.16 | 0.035 | 0.019 | 0.035 | 0.14 | 0.12 | 0.49 | 0.14 | 0.026 | 0.066 | 0.26 |
| Fluorure | 0 | 0.05 | 0.05 | 0 | 0 | 0.08 | 0 | 0 | 0.35 | 0.33 | 0 | 0 |
| Coliforme fécaux | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| Ecoli | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Annexe 6 **:** Normes de qualité physico-chimique des eaux destinées à la consommation humaine en République du Bénin

| **Paramètres** | **Unités** | **Valeurs maximales permises** |
|---|---|---|
| pH | - | 6,5<pH<8,5 |
| Température | °C | 25 |
| Couleur | UcV | 15 |
| Turbidité | UTN | 5 |
| Conductivité | µS/cm | 2000 |
| Nitrites | mg/l | 3,2 |
| Nitrates | mg/l | 45 |
| Sulfates | mg/l | 500 |
| Orthophosphates | mg/l | 5 |
| Ammonium | mg/l | 0,5 |
| Calcium | mg/l | 100 |
| Magnésium | mg/l | 50 |
| Chlorures | mg/l | 250 |
| Dureté | mg/l | 200 |
| Bicarbonate | - | - |
| Fluorures | mg/l | 1,5 |
| Fer | mg/l | 0,3 |

**Source :** DECRET N° 2001-094 DU 20 FEVRIER 2001 FIXANT LES NORMES DE QUALITE DE L'EAU POTABLE EN REPUBLIQUE DU BENIN

Annexe 7 **:** Normes de qualité microbiologique des eaux destinées à la consommation humaine en République du Bénin

| **Paramètres** | **Unités** | **Normes** | |
|---|---|---|---|
| | | **Eau non désinfectée** | **Eau Désinfectée** |
| Coliformes fécaux | Nbr/100ml | 0 | 0 |
| *Escherichia Coli* | Nbr/100ml | 0 | 0 |

**Source :** DECRET N° 2001-094 DU 20 FEVRIER 2001 FIXANT LES NORMES DE QUALITE DE L'EAU POTABLE EN REPUBLIQUE DU BENIN

## TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE ..... i
DEDICACE ..... ii
REMERCIEMENTS ..... iii
RESUME ..... v
ABSTRACT ..... vi
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES ..... vii
LISTES DES FIGURES ..... viii
LISTE DES TABLEAUX ..... ix
LISTE DES PLANCHES ..... ix
INTRODUCTION GENERALE ..... 1
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE ..... 5
1.1. Définition de quelques concepts ..... 5
1 .1.1. Environnement ..... 5
1.1.2. Ménage ..... 5
1.1.3. Qualité de l'eau ..... 5
1.1.4. Source ..... 5
1.1.5. Nappe et Aquifère ..... 6
1.1.6. Hygiène et Assainissement ..... 6
1.1.7. Santé ..... 6
1.1.8. Eau potable ..... 7
1.2. Généralités sur l'eau ..... 7
1.2.1. Les eaux de surface ..... 8
1.2.2. Les eaux souterraines ..... 8
1.2.2.1. Origines des eaux souterraines ..... 9
1.2.2.2. Minéralisation des eaux souterraines ..... 9
1.2.2.3. Sources de pollution des eaux ..... 10
1.2.3. Quelques ouvrages hydrauliques ..... 10
1.2.3.1. Notions de puits et de forage ..... 10
1.3. La pollution des eaux ..... 12
1.3.1. Définition ..... 12

1.3.1.1. Les types de pollution ..... 13
1.3.1.1.1. Pollution organique ..... 13
1.3.1.1. Pollution physique ..... 13
1.3.1.1.3. La pollution microbienne ..... 14
1.3.1.1.4. Pollution chimique ..... 14
1.4. Maladies d'origines hydriques ..... 14
1.5. Normes de qualité de l'eau en république du bénin ..... 16
1.6. Caractéristiques de l'eau potable ..... 16
1.6.1. Les paramètres organoleptiques ..... 16
1.6.1.1 Couleur ..... 16
1.6.1.2. Odeur ..... 16
1.6.1.3. Goût et Saveur ..... 16
1.6.2. Les paramètres physico-chimiques ..... 17
1.6.2.1. Qualité physique ..... 17
1.6.2.1.1. Température ..... 17
1.6.2.1.2. Potentiel hydrogène ..... 17
1.6.2.1.3. Conductivité électrique ..... 17
1.6.2.1.4. Turbidité ..... 18
1.6.2.2. Qualité chimique ..... 18
1.6.2.2.1. Chlorures ($Cl^{-}$) ..... 18
1.6.2.2.2. Calcium ($Ca^{2+}$) ..... 18
1.6.2.2.3. Magnésium ($Mg^{2+}$) ..... 18
1.6.2.2.4. Nitrites ($NO_2^{-}$) ..... 19
1.6.2.2.5. Nitrates ($NO_3^{-}$) ..... 19
1.6.2.2.6. Fer ($Fe^{2+}$) ..... 19
1.6.2.2.7. Sulfates ($SO_4^{2-}$) ..... 19
1.6.2.2.8. Bicarbonates ..... 20
1.6.2.2.9. Fluorure ..... 20
1.6.2.2.10. Ammonium ($NH_4^{+}$) ..... 20
1.6.2.2.11. Orthophosphate ..... 20
1.6.2.2.12. Dureté totale (TH) ..... 21
1.6.3. Les paramètres microbiologiques ..... 21

1.6.3.1. Les coliformes fécaux (coliformes thermotolérants)..... 21
1.6.3.2. *Escherichia coli*..... 22
1.7. Traitement de l'eau de boisson..... 22
1.7.1. Filtration sur tissu..... 23
1.7.2. Chloration de l'eau..... 23
1.7.3. Ozonisation..... 23
1.7.4. Stérilisation par les rayons UV..... 23
1.7.5. Microfiltration..... 23
CHAPITRE 2 : CADRE D'ETUDE, MATERIEL ET APPROCHES METHODOLOGIQUES ..... 25
2.1. CADRE D'ETUDE..... 25
2.1.1. Situation géographique..... 25
2.1.2. Climat..... 26
2.1.3. Température..... 27
2.1.4. Relief..... 27
2.1.5. Caractéristiques pédologiques..... 28
2.1.6. Caractéristiques démographiques et socio-économiques..... 28
2.2. MATERIEL ET METHODES..... 29
2.2.1. Matériel de prélèvement et d'analyse..... 29
2.2.1.1. Matériel de terrain..... 29
2.2.1.2. Matériel de laboratoire..... 30
2.2.2. Méthodes..... 32
2.2.2.1. Recherche documentaire..... 33
2.2.2.2. Enquête de terrain..... 33
2.2.2.3. Echantillonnage d'eau..... 33
2.2.2.4. Technique de prélèvement..... 34
2.2.2.5 Analyses des échantillons..... 36
2.2.2.5.1. Mesures des paramètres in-situ..... 36
2.2.2.5.2. Analyse de laboratoire..... 36
2.2.2.5.3. Analyse des paramètres organoleptiques..... 36
2.2.2.5.4. Analyse des paramètres chimiques..... 36
2.2.2.5.5. Analyse bactériologique..... 40

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION ..... 43
3.1. Résultats ..... 43
3.1.1. Sources d'eau consommées par la population ..... 43
3.1.2. Usage de l'eau par la population de houèto et de tokan ..... 44
3.1.3. Fréquence d'approvisionnement en eau dans les ménages à houèto et à tokan ..... 45
3.1.4. Traitement apporter à l'eau de consommation à domicile ..... 45
3.1.5. Type, nature et couverture du récipient de transport d'eau de boisson ..... 46
3.1.6. Etat d'hygiène du récipient de transport d'eau ..... 47
3.1.7. Type, nature et couverture du récipient de stockage de l'eau de boisson dans les ménages ..... 48
3.1.8. Etat d'hygiène du récipient de stockage d'eau ..... 48
3.1.9. Gestion des déchets solides ..... 49
3.1.10. Disponibilité et état matériel des latrines ..... 50
3.1.11. Cas de maladies rencontrées dans les ménages ..... 51
3.1.12. Qualité physico-chimique des eaux de consommation analysées ..... 52
3.1.12.1. La température ..... 52
3.1.12.2. Le pH ..... 52
3.1.12.3. La turbidité ..... 53
3.1.12.4. La conductivité électrique ..... 54
3.1.12.5. La couleur ..... 54
3.1.12.6. L'ammonium ..... 55
3.1.12.7. Les nitrates ..... 56
3.1.12.8. Les nitrites ..... 56
3.1.12.9. L'orthophosphate ..... 57
3.1.12.10. Les sulfates ..... 58
3.1.12.11. Les chlorures ..... 58
3.1.12.12. Le calcium ..... 59
3.1.12.12. Le magnésium ..... 60
3.1.12.13. Le fer ..... 60
3.1.12.14. Le fluorure ..... 61
3.1.12.15. Les bicarbonates ..... 61
3.1.12.16. La dureté ..... 62

3.1.1 3. Qualité bactériologique des eaux de consommation analysées ..... 62
3.1.1 3.1. Charge en coliformes fécaux (CF) des eaux de consommation analysées ..... 62
3.2. Discussion ..... 63
CONCLUSION ET SUGGESTIONS ..... 66
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ..... 68
WEBOGRAPHIE ..... 74
ANNEXES ..... x
TABLE DES MATIERES ..... xvii