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

KPOMALEGNI Kévine Cendrine

Pour l'obtention du diplôme de

LICENCE PROFESSIONNELLE EN ECOHYDROLOGIE

==========

ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE DES EAUX DE CITERNES ET RIVIERE CONSOMMEES A SAHE DANS LA COMMUNE D'AGBANGNIZOUN

Maître de Mémoire

Dr. YESSOUFOU Arouna

Maître de Stage

Mr. BOURE SALMANOU Mohamed

PROMOTION : 2023-2024

DEDICACE :

A mes parents pour leur sacrifice et la confiance à mon égard, que Dieu vous bénisse

REMERCIEMENTS :

L'accomplissement de ce travail n'a été possible qu'avec le soutien de notre Dieu tout puissant et de certaines personnes.

J'exprime mes sincères remerciements et reconnaissances à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin de formation et leur exprime ma gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils m'ont généreusement accordé.

-Docteur Arouna YESSOUFOU, pour m'avoir dirigé, assisté, conseillé et pour sa disponibilité ;

- Professeur Daouda MAMA**,** directeur de l'Institut National de l'Eau (INE), pour nous avoir accepté dans sa prestigieuse École ;

-Professeur Flavien E. DOVONOU, le chef de département d'Hydrologie et Gestion des Ressources en Eau, maître de conférences des Universités (CAMES) enseignant chercheur à l'Institut National de l'Eau l'INE/UAC pour les efforts consentis pour notre formation ;

-à tous les responsables de la formation professionnelle en Hydrologie de l'Institut National de l'Eau (INE) ;

-à son Excellence Madame /Monsieur 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 nombreuses occupations ;

-à tout le personnel du Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) de l'Institut National de l'Eau de l'Université d'Abomey-Calavi en particulier à Monsieur Mohamed BOURE SALMANOU technicien du Laboratoire pour ces conseils et sa contribution dans la réalisation des analyses de laboratoire ;

-à mes ainés stagiaires en particulier monsieur Ghislain, Soultane, Waris et Joyss pour leur considération, les partages et les précieux conseils ;

-à mes Co-stagiaires du Laboratoire d'Hydrologie Appliquée pour leurs soutiens et les bons moments partagés ensemble au sein du laboratoire ;

-à tous mes camarades d'Hydrologie de la promotion 2021-2024surtout Valérie NASSARA et Floride SESSOU ;

-au responsable de la mairie d'Agbangnizoun en particulier M. Armand, chef service eau et assainissement de la mairie d'Agbangnizoun pour sa participation ;

-aux différents chefs villages de l'arrondissement de SAHE pour leur contribution ;

-à toute la population d'Agbangnizoun en générale et celle de SAHE en particulier.

ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE DES EAUX DE CITERNES ET RIVIERE CONSOMMEES A SAHE DANS LA COMMUNE D'AGBANGNIZOUN

Résumé :

L'eau est une ressource essentielle pour la vie humaine et les écosystèmes. Dans de nombreuses régions rurales du Bénin, comme l'arrondissement de SAHE dans la commune d'Agbangnizoun, les sources d'eau potable sont limitées, ce qui pousse la population à consommer de l'eau provenant de citernes et de cours d'eau, souvent sans traitement adéquat. Cette étude vise à évaluer la qualité des eaux utilisées par la population de l'arrondissement de SAHE pour déterminer leur sécurité sur le plan physico-chimique et microbiologique.

Cette étude a été réalisée selon les étapes suivants : enquête sur le terrain, l'échantillonnages au cours duquel 08 échantillons d'eau dont 06 échantillons d'eau de citernes soit un échantillons d'eau de citerne choisit au hasard par villages et deux échantillons d'eau de la rivière soit un en amont et un en aval, suivi de la mesure des paramètres in-situ (pH, température, conductivité électrique) ; analyses physico-chimique et microbiologique: au laboratoire nous avions procéder à l'analyses physico-chimique des échantillons en utilisant la méthode colorimétrique pour la couleur et turbidité, la méthode volumétrique pour chlorure, bicarbonates ,calcium et magnésium, la méthode spectrophotométrique pour les nitrites, nitrates ammonium, fluorures, fer, ortho-phosphates et la méthode d'infiltration sur membrane pour les paramètres microbiologiques tels que les E. Coli, les Coliformes thermotolérants et les Streptocoques Fécaux.

Ces différentes méthodes ont permis d'aboutir à des résultats impressionnants sur la qualité des eaux de citernes et de la rivière de cet arrondissement.

Les résultats des analyses physico-chimiques n'ont révélé aucune anormalité à part ceux de l'ammonium sur le site C4 Gbozou ll, la couleur de certains échantillons et le pH de C5 Fonli qui ont dépassé la norme béninoise en vigueur pour une eau de consommation. Néanmoins, les résultats des analyses microbiologiques ont mis en évidence une contamination bactérienne de l'eau très importante dans tous les 08 échantillons d'eaux prélevés sur les sites traduite par la présence des bactéries pathogènes tels que les E. Coli, les Coliformes thermotolérants et les Streptocoques fécaux.

Mots clés : citernes, rivière, SAHE, qualité physico-chimique, qualité microbiologique.

Abstract:

Water is an essential resource for human life and ecosystems. In many rural areas of Benin, such as the SAHE district in the commune of Agbangnizoun, drinking water sources are limited, which pushes the population to consume water from tanks and streams, often without adequate treatment. This study aimed to assess the quality of water used by the population of the SAHE district to determine their safety on the physicochemical and microbiological level.

This study was carried out according to the following steps: field survey, sampling during which 08 water samples including 06 samples of tank water, i.e. one sample of tank water chosen at random per village and two samples of river water, one upstream and one downstream, followed by the measurement of in-situ parameters (pH, temperature, electrical conductivity); physicochemical analyses: in the Laboratory we carried out the physicochemical analysis of the samples using the colorimetric method for color and turbidity, the volumetric method for chloride, bicarbonate, calcium and magnesium, the spectrophotometric method for nitrites, nitrates, ammonium, fluorides, iron, orthophosphates and the membrane infiltration method for microbiological parameters such as E. Coli, thermotolerant coliforms and fecal streptococci.

These different methods have made it possible to achieve impressive results on the quality of the water from the tanks and the river in this district.

The results of the physicochemical analyses did not reveal any abnormalities apart from those of ammonium on the C4 Gbozou ll site, the color of certain samples and the pH of C5 Fonli which exceeded the Beninese standard in force for drinking water. However, the results of the analyses and microbiological tests highlighted a very significant bacterial contamination of the water in all 08 water samples taken on the sites, resulting in the presence of pathogenic bacteria such as E.Coli, thermotolerant coliforms and fecal streptococci.

Key words: tanks, river, SAHE, physicochemical quality, microbiological quality.

SOMMAIRE

DEDICACE : ii
Résumé iv
Abstract: v
SOMMAIRE vi
LISTES DES SIGLES ET ACRONYMES : vii
LISTE DES TABLEAU : viii
LISTES DES FIGURES : viii
LISTES DES PLANCHES : ix
CHAPITRE1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHYQUE 4
1-1. Définition de quelques concepts : 4
1-2 Les différentes eaux d'approvisionnement 7
1-3 Clarification des eaux de consommation : 7
1-4 Différents types de pollution des eaux : 7
1-5 Quelques maladies à transmission hydrique 8
1-6 Caractéristiques d'une eau potable : 8
CHAPITRE2 : CADRE D'E TUDE, MATERIEL ET APPROCHES METHODOLOGIQUES 12
2-1 CADRE D'ETUDE 12
2-2 MATERIEL ET METHODES 13
2-3 Méthodes 15
2-4 Analyses des échantillons : 17
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION 24
3-1 Résultats : 24
3-2 Discussion : 40
CONCLUSION : 44
Référence bibliographique : 46
ANNEXES : 48
TABLE DES MATIERES : 53

LISTES DES SIGLES ET ACRONYMES :

E. Coli	Escherichia Coli
INE	Institut National de l'Eau
INSAE	Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique
LHA	Laboratoire d'Hydrologie Appliquée
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
pH	Potentiel d'Hydrogène
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SGDS	Société de Gestion des Déchets et de la Salubrité
UAC	Université d'Abomey Calavi

LISTE DES TABLEAU :

Tableau 1 : Normes de qualité physico-chimique des eaux destinées à la consommation humaine en république du Bénin…….....51

Tableau 2 : normes de qualité microbiologique des eaux destinées à la consommation humaine en République du Bénin 52

LISTES DES FIGURES :

Photo1 : Une rivière (cliché KPOMALEGNI, 2024)…… 5

Figure 1 : Coupe schématique d'une citerne. (Dessin Alain Vial- Archives Larousse)..... 6

Figure 2 : Carte de localisation de l'arrondissement de SAHE dans la commune d'Agbangnizoun. (Openstreetmap data 2023)..... 12

Figure 3 : cartes d'échantillonnage. (Openstreetmap)..... 16

Figure 4 : Type de désinfectant utilisé..... 25

Figure 5 : Taux d'usage de l'eau de citerne et de la rivière par la population de SAHE..... 25

Figure 6 : méthode d'évacuation des ordures..... 26

Figure 7 : Taux de présence de latrine dans chaque village. 26

Figure 8 : Taux de différentes maladies rencontrées sur le terrain. 27

Figure 9 : variation de la température des différentes eaux prélever dans les sites de prélèvement. 28

Figure 10 : Variation du pH dans les différents sites de prélèvement..... 28

Figure 11 : Variation de la conductivité électrique dans les différents sites de prélèvements..... 29

Figure 12 : Variation de la turbidité des différents sites de prélèvement..... 29

Figure 13 : Variation de la couleur des eaux des différents sites de prélèvement. 30

Figure 14 : Teneur en Nitrites au niveau des différents sites de prélèvement. 31

Figure 15 : Teneur en nitrates au niveau des différents sites de prélèvement. 31

Figure 16 : Teneur en sulfates observé sur les sites de prélèvement. 32

Figure 17 : Teneur en ortho phosphates des différents sites de prélèvement. 33

Figure 18 : La teneur en ammonium des différents sites de prélèvement. 33

Figure 19 : Teneur en fluorures des différents sites de prélèvement. 34

Figure 20 : La teneur en chlorures des différents sites de prélèvement..... 34

Figure 21 : Teneur en calcium des différents sites de prélèvement. 35

Figure 22 : Teneur en magnésium des différents sites de prélèvement. 35

Figure 23 : La teneur en dureté des différents sites de prélèvement 36

Figure 24 : La teneur en bicarbonates des différents sites de prélèvement. 37

Figure 25 : Les teneurs en fer des différents sites de prélèvement..... 37

Figure 26 : La variation de la charge en E. Coli dans les différents sites de prélèvement. 38

Figure 27 : la variation de la charge en coliformes thermotolérants dans les différents sites de prélèvement. 38

Figure 28 : variation de la charge bactérienne en streptocoques fécaux des différents sites de prélèvement. 39

LISTES DES PLANCHES :

Planche1 : matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques au Laboratoire. (Cliché KPOMALEGNI, 2024)..... 15

Planche 2 : Technique de prélèvement des échantillons sur le terrain. (Cliché KPOMALEGNI, 2024)..... 17

INTRODUCTION GERERALE :

L'eau représente un pourcentage important de la constitution de tous les êtres vivants. Étant donné que le corps d'un adulte est composé de 65% d'eau, il est nécessaire de boire au moins 1,5 litre d'eau par jour (Diop, 2006). Non seulement l'eau est un nutriment vital, mais aussi joue-t-elle un rôle important dans de nombreuses fonctions physiologiques telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets (Kirkpatrick et *al*., 2008).

L'eau potable est un élément essentiel à la vie et à la santé humaine, mais son accès reste un défi majeur dans de nombreuses régions du monde, notamment dans les zones rurales comme SAHE dans la commune d'Agbangnizoun au Bénin.

Dans ces communautés, les citernes et la rivière sont souvent utilisées comme principales sources d'approvisionnement en eau, collectant l'eau de pluie et celle de la surface pour répondre aux besoins domestiques quotidiens. Bien que celles-ci puissent offrir une solution temporaire aux déficits d'infrastructure en matière d'eau, la qualité de l'eau qui y est stockée peut-être compromise par divers facteurs environnementaux et humains, posant ainsi des risques potentiels pour la santé publique.

La localité de SAHE, située dans la région du zou au Bénin, n'échappe pas au problème d'accès à une eau de qualité qui est un enjeu majeur de santé publique. La majorité des habitants de cette localité dépend des citernes et des eaux superficielles pour leur approvisionnement en eau. Cependant, l'absence de traitement adéquat et la contamination possible de ces sources posent de sérieux problèmes de qualité de l'eau, affectant ainsi la santé de la population (OMS, 2020)

La qualité de l'eau est déterminée par les paramètres physico-chimiques et microbiologiques (OMS, 2019). Les paramètres physico-chimiques incluent le pH, la température, la conductivité électrique, la dureté, et la présence des métaux lourds tels que le plomb, et le cadmium. Les paramètres microbiologiques, quant à eux, concernent principalement la présence des bactéries pathogènes comme Escherichia coli, les coliformes totaux, et les entérocoques.

Les cours d'eau et les eaux de citernes à SAHE sont souvent exposés à une pollution de diverses sources : ruissellement des eaux de pluie contaminées, infiltrations des eaux usées, et dépôts des matières organiques (Gould et Nissen-Petersen, 1999).

Ces facteurs contribuent à une dégradation de la qualité de l'eau, rendant essentielle l'étude des caractérisques physico-chimiques et microbiologiques de ces aux pour prévenir des risques sanitaires.

Selon l'OMS environ 2,2 milliards de personnes n'ont pas accès à des services de boisson gérés

en toutes sécurité (OMS 2020). Les maladies hydriques, causées par la consommation d'eau contaminée, restent une cause majeure de morbidité et de mortalité dans de nombreuses régions du monde, particulièrement en Afrique subsaharienne (OMS, 2019).

En ce qui concerne les citernes, plusieurs études ont montré que l'eau de pluie collectée dans les citernes peut contenir des contaminants chimiques et biologiques. Par exemple, une étude menée par Gould et Nissen-Petersen (1999) a révélé que les citernes peuvent être contaminées par des matières organiques, des métaux lourds et des micro-organismes pathogènes en raison de la mauvaise gestion et de l'entretien inadéquat des systèmes de collecte de l'eau de pluie. De plus, les travaux de Simmons et *al*. (2001) ont démontré que les citernes mal entretenues présentent des risques élevés de contamination microbiologique, notamment par des bactéries fécales.

Cette étude revêt une importance capitale pour l'arrondissement de SAHE et pour les décideurs politiques. En fournissant des données précises sur la qualité de l'eau des citernes et ceux de la rivière, permettant ainsi d'élaborer des stratégies de gestion et de traitement de l'eau plus efficaces (Simmons et *al*., 2001). De plus, les recommandations issues de cette étude pourront être utilisées pour sensibiliser la population à l'importance de l'entretien des citernes et les cours d'eau puis à la nécessité de pratiques hygiéniques pour prévenir la contamination de l'eau.

Contexte et justification :

La disponibilité d'une eau de qualité et propre à la consommation est une préoccupation majeure pour la santé et le bien-être des populations. Dans de nombreuses régions, notamment dans les zones rurales d'Afrique, les citernes et les rivières sont souvent utilisées comme source d'approvisionnement en eau potable, en l'absence de réseau de distribution d'eau potable.

Cependant, il est crucial de s'assurer que l'eau stockée dans ces citernes et ces eaux de la rivière sont de bonne qualité et ne présente pas de risque pour la santé des consommateurs. Les citernes et les rivières peuvent être sujettes à la contamination par divers agents pathogènes tels que les virus, les bactéries et les parasites, ainsi que par des substances chimiques potentiellement toxiques.

En effet, dans de nombreux cas, les citernes et les rivières sont souvent exposées à des conditions environnementales défavorables, telles que la chaleur, l'humidité, les infiltrations et l'érosion. Ces conditions peuvent favoriser la multiplication et la formation de biofilms à la surface des parois internes des citernes et autours des rivières, ce qui peut altérer la qualité microbiologique de l'eau.

De plus, les citernes et les rivières peuvent également être contaminées par des substances

chimiques provenant de diverses sources, telles que les matériaux de constructions des citernes, les polluants atmosphériques, les pesticides agricoles et même les activités industrielles.

Par conséquent, il est essentiel de mener une étude approfondie de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de citernes et de rivière consommées dans certaines localités d'Agbangnizoun afin d'évaluer le niveau de contamination et de prendre les mesures nécessaires pour garantir la sécurité de l'eau potable pour les habitants de cette région.

Objectif de l'étude

Objectif Général :

L'objectif général de cette étude est d'étudier la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de citernes et de rivière consommées dans la localité de SAHE

Objectif spécifique :

-faire un état des lieux de la situation actuelle de l'approvisionnement en eau potable dans l'arrondissement de SAHE ;

-déterminer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux consommées dans cet arrondissement ;

-Identifier les facteurs qui influe sur la qualité des eaux consommées dans cet arrondissement et proposer les solutions possibles ;

Dans le but d'atteindre ces objectifs, des hypothèses ont été avancées.

Hypothèses :

-Les sources d'approvisionnement en eau potable de la localité de SAHE sont diversifiées ;

-Les eaux de citernes et celle de rivière de la localité de SAHE sont impropres à la consommation humaine ;

-le manque d'hygiène et d'assainissement sont à l'origine de la mauvaise qualité de l'eau de cet arrondissement.

Pour mieux élaborer cette recherche scientifique, nous avons structuré ce mémoire en trois chapitres dont le premier aborde la "synthèse bibliographique" dans ce chapitre, il fait ressortir quelques éléments fondamentaux pouvant nous aider à mieux comprendre le thème d'étude, le deuxième chapitre est intitulé "cadre d'étude, matériels et approches méthodologiques" montre la description du milieu d'étude puis les méthodes et matériels de l'échantillonnage, enfin le troisième chapitre présente les "Résultats et discussion".

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHYQUE

1-1. Définition de quelques concepts :

Dans le but de mieux comprendre le thème de notre recherche, il est important de faire la clarification conceptuelle de quelques mots et expressions.

1-1-1Environnement

Elle désigne l'ensemble des éléments biologiques, physiques et chimiques qui entourent un organisme ou un groupe d'organismes. Cela inclut les écosystèmes naturels comme les forêts, les océans et les sols, l'air, l'eau, les ressources naturelles ainsi que l'impact des activités humaines sur ces éléments. L'étude de l'environnement englobe des domaines comme l'écologie, la biologie, la géologie et les études urbanistes, ainsi que des sujets tels que la pollution, la conservation de la biodiversité et le changement climatique. (KOUTOU, A.2010)

1-1-2 Ménage

Il s'agit d'un groupe de personnes vivant ensemble et partagé une même structure d'habitation, qui peut inclure une famille ou des personnes non apparentées. Dans une perspective sociale et économique, l'analyse des ménages s'intéresse à leur caractéristiques (tailles, composition, niveau de revenue, etc.) ainsi qu'à leur comportement de consommation et à leur impact sur l'environnement. Les ménages au Bénin sont souvent intergénérationnels, influencés par des traditions culturelles. (YEKPE, B. 2012)

1-1-3 Sources

C'est un point d'où l'eau s'écoule naturellement, souvent provenant d'un aquifère sous-jacent. Les sources peuvent être de différents types : sources d'eau douce, sources minérales, etc. Elles sont essentielles pour approvisionner les écosystèmes, les communautés humaines et l'agriculture. Les sources d'eau contribuent à l'approvisionnement en eau potable, au développement de l'agriculture et à la régulation des écosystèmes. (SOSOU G. 2019)

1-1-4 Santé

C'est l'état de bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en l'absence de maladie ou d'infirmité. Ce concept holistique de la santé l'importance des facteurs physiologiques, psychologiques, environnementaux et sociaux dans le maintien d'un bon état général. (FAGBOHUN, O.2017)

1-1-5 Hygiène et assainissement

L'hygiène désigne les pratiques et mesures adoptées pour maintenir une bonne santé et prévenir les maladies, souvent liées à la propriété personnelle, des aliments et de l'environnement.

L'assainissement, quant à lui, fait référence à l'ensemble des systèmes et des infrastructures permettant de gérer les déchets (liquides et solides) de manière à protéger la santé publique et l'environnement. Cela comprend des éléments tels que les fosses septiques, les réseaux d'égouts, l'accès à l'eau potable et les installations sanitaires. Une bonne hygiène et un assainissement adéquat sont cruciaux pour la prévention des maladies infectieuses et la promotion d'une meilleure qualité de vie. (TCHIBOZO, J. 2011

1-1-6 Rivière

C'est un cours d'eau qui s'écoule vers un océan, un lac ou un autre cours d'eau. Elle est généralement plus large et plus profonde qu'un ruisseau, et son courant peut être plus puissant. Les rivières jouent un rôle crucial dans le cycle de l'eau, en transportant des nutriments en permettant l'irrigation des terres agricoles en fournissant de l'eau potable. Elles sont aussi des habitats pour de nombreuses espèces animales et végétales, et peuvent être des lieux de loisirs pour les humains. L'aménagement des rivières doit tenir comptes des aspects écologiques, économiques et socioculturels. (GBEHOUNOU, G.2012)



Photo1 : Une rivière (cliché KPOMALEGNI, 2024)

1-1-7 Cours d'eau

Il désigne tout type de flux d'eau, qu'il s'agit de rivière, de ruisseau de fleuve ou de canaux. Les cours d'eau peuvent être naturels ou artificiels et jouent un rôle clé dans le cycle de l'eau, la régulation des écosystèmes et le développement de l'infrastructure humaine. Leur gestion est essentielle pour prévenir l'érosion, contrôler les inondations et garantir un appro

visionnement durable en eau, notamment pour l'agriculture et l'industrie. (GBEHOUNOU, G.2012)

1-1-8 Eau de pluie

L'eau pluviale est le nom que l'on donne à l'eau de pluie après qu'elle ait touché le sol, une surface construite ou naturelle susceptible de l'intercepter ou de la récupérer (toiture, terrasse, impluvium arbre etc.). Selon l'association française de normalisation (1983) il s'agit d'une « eau provenant des précipitations atmosphériques et qui ne s'est pas encore chargée de substance soluble provenant de la terre. »

1-1-9 Citerne

Ce sont des réservoirs utilisés pour stocker des liquides tels que l'eau, le carburant, ou d'autres substances. Elles sont généralement de forme cylindrique et peuvent être fabriquées à partir de différents matériaux comme le métal, le plastique ou le béton, en fonction de l'usage prévu. (ADIOGO, C. 2016)

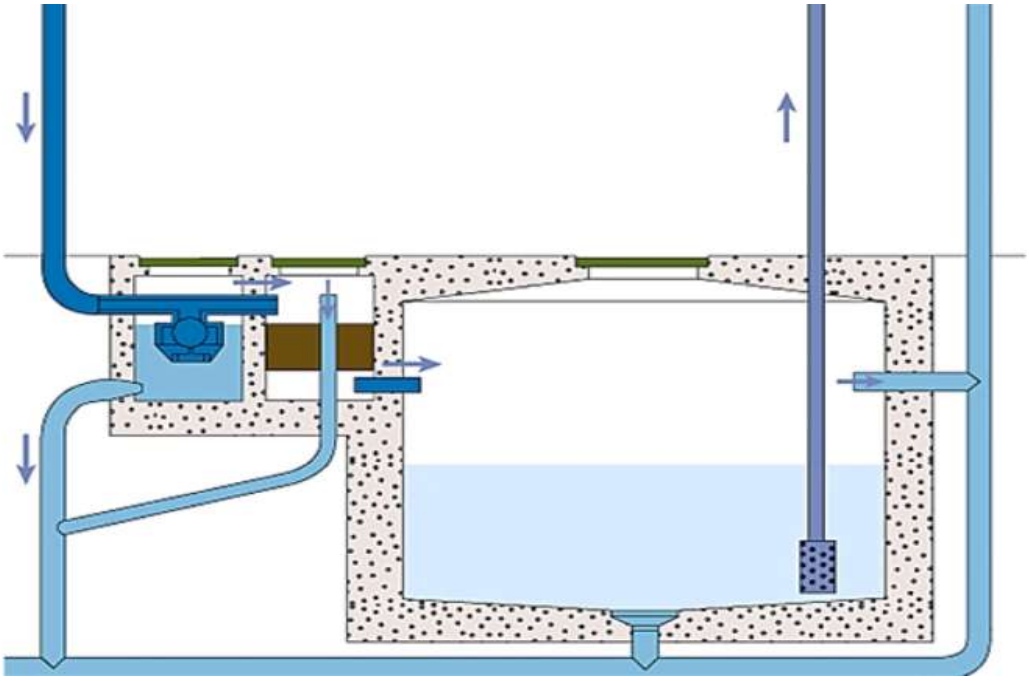


Figure 1 : Coupe schématique d'une citerne. (Dessin Alain Vial- Archives Larousse)

1-2 Les différentes eaux d'approvisionnement

Les réservoirs disponibles d'eaux naturelles sont constitués des souterraines (infiltration des nappes), des eaux de surfaces retenues ou en écoulement (barrages lacs, rivières) et les eaux de la mer (DEGREMONT, 2005).

1-2-1 Eaux souterraines

Elles proviennent de l'accumulation des infiltrations des eaux de pluies dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et sa structure géologique. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (CARDOT, 1999). Et sont souvent bonne eau pour une consommation sans traitement (SDE, 2005).

1-2-2 Eaux de surface

Ce sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. (DEGREMONT, 2005).

Elles ont pour origine, soit des rivières ou des lacs et subissent des traitements de purification par un processus à (05) étapes : un prétraitement, une décantation, une filtration, un affinage et une désinfection (SDE, 2005).

1-3 Clarification des eaux de consommation :

1-3-1Eaux de robinet

Ces eaux proviennent de captage des eaux superficielles (cours d'eau, lac, rivières …) de nappes ou de sources souterraines. Ces eaux subissent plusieurs traitements avant leur distribution (SOUMARE, 1997).

1-3-2 Eaux embouteillées

Elles doivent provenir des nappes souterraines très protégées et mise à l'abri de toute souillure. Elles sont mises dans des bouteilles en plastiques ou en verres (Traoré, 1996).

1-4 Différents types de pollution des eaux :

La pollution des eaux est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique (microbiologique) de ses qualités naturelles, généralement provoqué par l'Homme, qui la rend impropre ou dangereuse à la consommation humaine (A.I.D.E.,2014).

1-4-1 Pollution biologique

Elle est souvent provoquée par les rejets d'eau d'égout domestiques et la présence de matière fécale dans la nature. De nombreux microorganismes vivants naturellement dans l'intestin de

l'Homme et des animaux peuvent survivre assez longtemps dans l'eau. Toutefois, l'eau peut abriter des bactéries, des mycètes, des protozoaires, des virus, … (DAHEL, 2009).

1-4-2 Pollution physique

Elle est due à la présence des matières en suspensions parfois de colloïdes, elle se traduit par un trouble ou une coloration plus ou moins prononcée (Leroy, 1999).

1-5 Quelques maladies à transmission hydrique

L'eau non traitée ou polluée est responsable de maladies grave chez l'Homme. L'eau véhicule des virus, des bactéries, des parasites, qui peuvent provoquer des maladies grave, on les appels des maladies hydriques (KUBUYA, 2008).

Les maladies à support hydriques sont nombreuses. Nous avons entre autres :

-le choléra : c'est une infection bactérienne aigue de tactus intestinal, pouvant entrainer rapidement après adhérence de *vibrion cholerae* à la surface des cellules épithéliales de l'intestin. Elle se multiplie et reproduit une entérotoxine altérant le processus ionique avec pour conséquence des pertes d'eaux et d'électrolytes sous formes de diarrhées sévères et de vomissements. Le malade en absence de traitement adapté meurt. La transmission de cette maladie est féco-orale (SOUMARE, 1997).

- la fièvre typhoïde : c'est une infection bactérienne causée par l'ingestion d'aliment ou d'eau contaminée par salmonella typhi, S. para typhi A et S. para typhi B, qui peuvent) partir de l'intestin envahir les tissus de l'hôte et provoquer une septicémie avec fièvre élevées (BENZAID, 2012).

Chez l'Homme la plupart des autres sérotypes de salmonella provoquent des gastroentérites aigues avec diarrhée. Environs 12 millions de personnes sont infectés par la typhoïde chaque année (OMS, 2000).

-la dysenterie bacillaire : c'est une maladie intestinale généralement causée par des bactéries shigella dysenterie et S. flexneri. Cette maladie est caractérisée par des diarrhées sanglants extrêmement abondantes résultant de l'invasion de la muqueuse intestinale (SOUMARE,1997).

1-6 Caractéristiques d'une eau potable :

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre à l'exigence de qualité en république du Bénin.

-Paramètres organoleptiques : ce paramètre concerne la couleur, la saveur, la transparence de l'eau et n'ont pas de valeur sanitaire directe.

-Les paramètres physico-chimiques : l'analyse physico-chimique d'une eau relève de la propriété des milieux traversés par celle-ci, les normes de potabilité de l'eau sont

réglementées par les autorités compétentes.

-Le potentiel d'hydrogène (pH) : le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau (basicité) son échelle s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très basique ou alcalin). La valeur médiane 7 correspond à une solution neutre. C'est un paramètre qui permet de conditionner l'agressivité, la corrosivité et l'entartrage de l'eau.

-La conductivité électrique : il s'agit de quantifier la quantité d'ions présents dans l'eau. Elle permet d'apprécier la minéralisation totale d'une solution qui regroupe essentiellement 08 ions majeurs tels que le calcium, le potassium, le sodium, le chlorure, sulfate, nitrate et le bicarbonate.

-Température : elle influence sur beaucoup d'autres paramètres, c'est le cas de l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique. Plus la température de l'eau s'élève, plus l'oxygène diminue. La valeur de la température de l'eau est influencée par la température ambiante mais aussi par éventuels rejets d'eaux résiduaires chaudes.

-La turbidité : c'est la mesure du caractère trouble de l'eau. Elle est causée par les composés colloïdaux (argiles, débris de roche et de végétaux, micro-organismes). La turbidité de l'eau peut être mesuré en cm par une autres méthode beaucoup plus simple avec un disque de Secchi, on parle dans ce cas de transparence. C'est un disque de 20cm de diamètres qui est descendu horizontalement au bout d'une cordelette graduée en cm dans l'eau d'un lac, rivière, d'un bassin de station d'épuration. La longueur de la cordelette entre la surface de l'eau et le niveau ou le disque de Secchi devient invisible donne la mesure de la transparence.

-La dureté ou titre hydrométrique : il représente la concentration en ions alcalinoterreux de l'eau (Ca^{2+}, Mg^{2+} et autres). Il caractérise la dureté de l'eau. La somme des deux éléments constitue le titre hydrométrique (TH) qui s'exprime en degrés français (°f) sur une échelle de 0 à 40. Une eau est dite dure lorsque TH est supérieure à 15°f, elle sera dite douce quand TH sera inférieur à 15°f.

-L'ortho-phosphates : il est généralement recommandé comme étant une mesure valable du phosphore des eaux de surface. Le contenu en phosphores total reprend non seulement les ortho phosphate mais également le poly phosphate et les phosphates organiques. Il provient d'une multitude de sources, notamment la décomposition de la matière organique et le lessivage des terrains agricoles riche en fertilisants phosphatés.

-Le calcium : composant majeur de la dureté de l'eau, il est le plus abondant dans les eaux continentales. Présent dans tous les types de lithologie, mais prédomine dans les aquifères

carbonatés elle s'exprime en mg / l.

-Le magnésium : libéré par l'interaction de l'eau avec des roches ignées comme l'olivine, le pyroxène, l'amphibole et les micas noirs, des roches d'altérations telles que chlorite, serpentine, des roches carbonatées et des évaporites.

-Chlorures et potassium : ce sont des anions inorganiques important contenues en concentrations variables dans les eaux naturelles. Principalement sous forme de sel (NaCl) présent dans les évaporites très solubles.

-Sulfates : origine naturelle dissolution de gypse anhydrite. Aquifères cristallins ou sédimentaires contenant des sulfures (pyrite …).

Pollution atmosphérique par les SOX (oxyde de soufre) drainage minier.

-Fer : les sources les plus fréquentes du fer et de manganèse dans l'eau souterraine sont naturelles ; il peut s'agit par exemple de l'altération météorique des minéraux et des roches

- **Les paramètres microbiologiques de l'eau :**

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient des multitudes de microorganismes pathogènes, agent d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus voire des champignons et des algues (HASLAY. Et LECELER.,)

-Coliformes thermotolérants (ou fécaux) : ils forment des sous- groupes de bactéries de coliforme qui fermente le lactose à une température comprise entre 44 à 45°C pendant 24heures. Ce groupe comporte plusieurs souches différentes (citrobacter freudit, entérobacter aérogènes, klebesiella …). La souche type est Escherichia coli (RODIER, 1996).

Les coliformes fécaux ne se trouvent pas chez les animaux, ce qui fait d'eux un indicateur intéressant. Leur présence dans l'eau traduit donc nécessairement une contamination fécale (DIOP, 2006).

-Escherichia coli : les bactéries E. coli sont considérées comme le meilleur indicateur de contamination fécale. Leur présence dans l'eau signifie que cette dernière est contaminée par une pollution d'origine fécale et qu'elle peut donc contenir des microorganismes pathogènes. Bien que la plupart de ces bactéries ne soit pas pathogènes, elles peuvent présenter des risques pour la santé ainsi que pour la qualité de l'eau, provoquant des odeurs et saveurs désagréables (FNS, 2013).

-Streptocoques fécaux : ils appartiennent à la famille de streptococcaceae, au genre streptococcus et au groupe sérologique D de lance Field (DEKHIL et al, 2013).

Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovale, gram positif. Catalase

négative et anaérobies facultatives. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chainettes, ils ne forment pas d'endospores et certaines espèces font preuve de mobilité (CEAEQ, 2005).

CHAPITRE2 : CADRE D'ETUDE, MATERIEL ET APPROCHES METHODOLOGIQUES

CHAPITRE2 : CADRE D'E TUDE, MATERIEL ET APPROCHES METHODOLOGIQUES

2-1 CADRE D'ETUDE

2-1-1 situation géographique :

L'arrondissement de SAHE dans la commune d'Agbangnizoun est limité au Nord-Ouest par l'arrondissement de TANVE, au Nord-Est par l'arrondissement d'AGBANGNIZOUN, au Sud par l'arrondissement de KPOTA, à l'Ouest par l'arrondissement de KLOUEKANME et à l'Est celui de SINWE. Il compte 7340 habitants (INSAE, RGPH4-2013). Il est l'un des dix arrondissements d'Agbangnizoun et compte six villages que sont : Sohoue-Dovota, Fonli, Abigo, Loukpè, Gbozoun l et Gbozoun ll. Sa localisation est présentée comme ci-dessous :

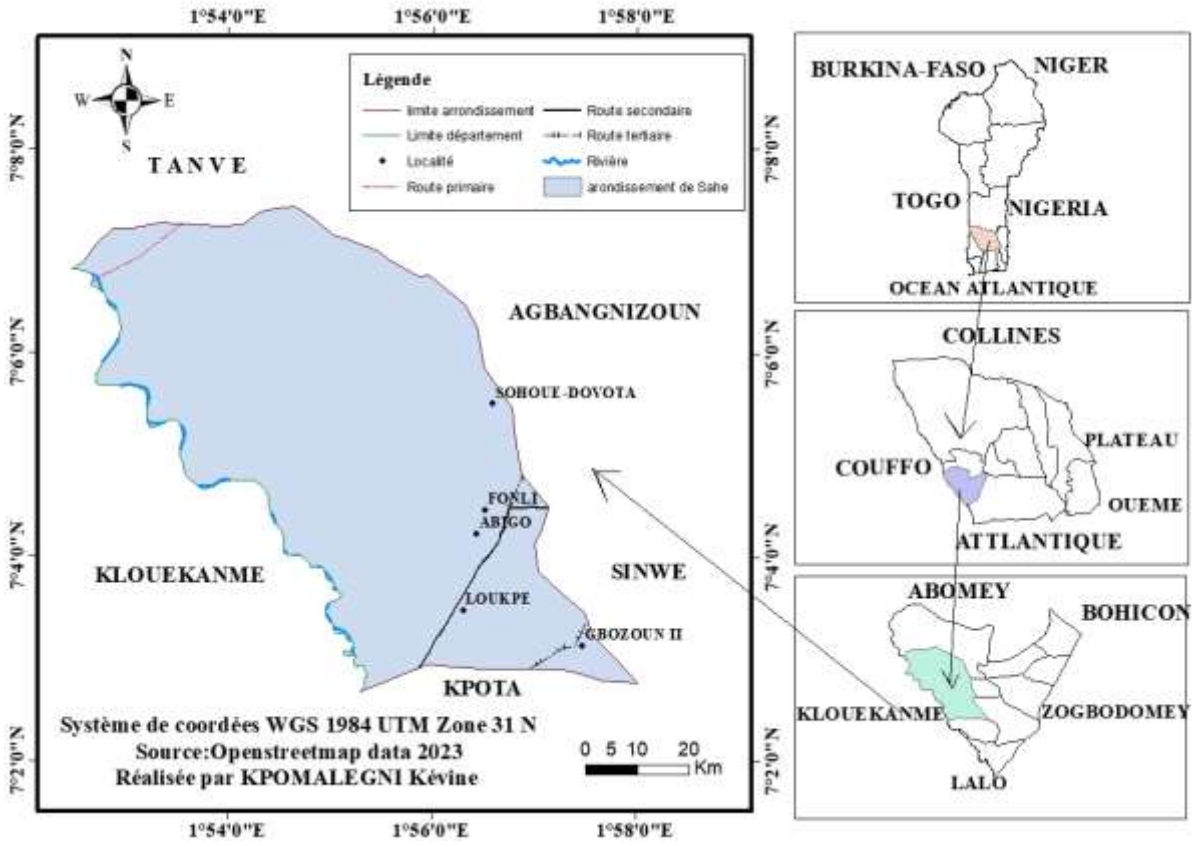


Figure 2 : Carte de localisation de l'arrondissement de SAHE dans la commune d'Agbangnizoun. (Openstreetmap data 2023)

2-1-2 Climat :

Le climat de cette région est de type tropical, avec une saison sèche et une saison des pluies distinctes.

La saison sèche s'étend généralement de novembre à avril, avec des températures moyennes

comprises entre 24 et 30°C. Les journées sont ensoleillées et chaudes, avec très peu de précipitations. Les nuits sont fraiches mais les températures restent douces.

La saison des pluies, quant à elle, se déroule de mai à octobre. C'est pendant cette période que le paysage verdoyant de la savane se développe, avec de fortes pluies régulières. Les températures varient entre 22 et 28°C. Les pluies peuvent être abondantes, ce qui entraine souvent des inondations temporaires.

2-1-3 Contexte démographique et socio-culturel de SAHE :

L'arrondissement de SAHE dans la commune d'Agbangnizoun est composés de (06) six villages. L'activité économique principale de la région est l'agriculture, avec la production de cultures telles que le maïs, le manioc, le mil et les légumes. L'élevage est également pratiqué dans la région.

En termes d'infrastructure, Agbangnizoun dispose d'une route principale qui relie la commune à d'autres villes de la région, ainsi qu'à la capitale Cotonou. La commune compte également des écoles, des centres de santé, et quelques commerces.

2-1-4 Sol :

On retrouve principalement à SAHE dans la commune d'Agbangnizoun, une combinaison de sols ferralitiques et de sols alluviaux.

Les sols ferralitiques sont rouges, riches en oxyde de fer et en alumine. Ils sont bien drainés et adaptés à la culture des produits vivriers tels que le maïs, le manioc et le riz.

Les sols alluviaux, quant à eux, sont formés par des dépôts de sédiments provenant des rivières avoisinantes. Ils sont riches en matières organiques et extrêmement fertiles. Les sols alluviaux sont idéaux pour la culture des légumes, des fruits et des produits maraichères.

2-2 MATERIEL ET METHODES

2-2-1 Matériel de prélèvement et d'analyse

Des matériels ont été utilisés pour la collecte des données sur le terrain (prélèvement des échantillons d'eau) et au laboratoire (analyses des échantillons) afin d'aboutir aux résultats (objectifs) fixés.

2-2-1-1 Matériel du terrain :

Pour faire les prélèvements sur le terrain nous avons utilisé plusieurs matériels dont :

-des fiches d'enquêtes pour recueillir des informations auprès de la population afin d'avoir une idée sur l'état des lieux ;

-un GPS de marque (locusmap) pour obtenir les coordonnées des points de prélèvement d'eau ;

-des bouteilles en plastiques de 1,5l pour prélever l'eau à analyser au laboratoire pour les paramètres physico-chimiques ;

-des bouteilles en verre de 200ml stérilisées pour le prélèvement des échantillons d'eau destiné à l'analyse microbiologique ;

-une glacière avec des blocs réfrigérants ±5°C de température afin de conserver les échantillons d'eau ;

-un multi-paramètre de marque pour la mesure des paramètres in-situ que sont le pH, la conductivité électrique, la température et la turbidité ;

-un appareil photo pour la prise de l'image illustrative ;

-un papier adhésif et un marqueur pour étiqueter les échantillons ;

-un cahier et un stylo pour la prise de note.

2-2-1-2 Matériel de laboratoire :

Pour faire l'analyse des échantillons prélevés sur le terrain, nous avons besoins de plusieurs outils à savoir :

Pour les analyses physico-chimiques :

-Une blouse et des matériels de protection personnels

-Les échantillons à analyser

-La verrerie de laboratoire pour les prélèvements et analyses (bécher, burette, Erlenmeyer, pipette graduée, fiole jaugée, picette à eau …)

-Une étuve pour le chauffage des échantillons

-Les réactifs chimiques pour les différentes analyses

-Un barreau aimanté

-Une burette

-Un agitateur magnétique

-Un dispositif de dosage

-Un spectrophotomètre HACH LANGE DR 2800 pour la mesure de l'absorbance des différents paramètres chimiques analysés

-Un colorimètre DR 890 pour la mesure de la couleur

Pour les analyses microbiologiques :

Le matériel pour une analyse microbiologique est :

-Les verreries de laboratoire (bécher et erlenmeyer)

-Un réfrigérateur pour la conservation des échantillons et les milieux de culture préparés

-Un autoclave pour la stérilisation des milieux de culture avant l'utilisation et la destruction des germes après dénombrement

-Des incubateurs pour faire l'ensemencement des germes à vapeur humide

-Un bain marin pour maintenir la température des milieux de culture

-Une balance de précision sensible pour peser des milieux de culture

-Une plaque chauffante et agitante pour préparation des milieux de culture

-Une spatule pour prélèvement du milieu

-Des boites de pétri pour contenir les milieux de culture

-Des seringues pour le prélèvement des échantillons d'eau destinées à l'analyse microbiologique

-Les milieux de culture pour ensemencer

-Des membranes de filtrations pour l'ensemencement.

La planche ci-après présente en images les matériels utilisés pour les analyses au laboratoire :



a : incubateur b : spectrophotomètres c : multi-paramètres

Planche1 : matériels utilisés pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques au Laboratoire. (Cliché KPOMALEGNI, 2024)

2-3 Méthodes

Pour atteindre l'objectif fixé aux départs, des méthodes cohérent et logique doit être suivie, il s'agit de :

2-3-1 Recherches documentaires :

Cette technique permet d'analyser les sources existantes pour recueillir des informations, de collecter les données dans des bibliothèques, des bureaux d'études et sur l'internet pouvant permettre d'avoir une idée sur le développement du thème. Elle permet de fait un bilan sur les aspects déjà abordé par d'autres personnes.

2-3-2 Enquête sur le terrain :

Elles consistent à recueillir des données directement sur le lieu d'étude. Cela peut inclure des interviews, des observations, des questionnaires ou des tests. Elle a pour but de collecter des données empiriques, comprendre certains phénomènes et de vérifier les hypothèses. Ainsi, elle a permis de connaitre les besoins en eau de la population, d'avoir une idée sur l'entretien des citernes, connaitre les citernes les plus utilisées, les différents usages qu'ils en font de cette eau, leur activité et les maladies auxquels ils sont souvent exposés. Elle permet de connaitre à peu près les réalités du terrain et les besoins de la population.

20 personnes ont été enquêté par villages en particulier des femmes, la technique utilisée pour l'enquête est le questionnaire.

2-3-3 Échantillonnage d'eau :

Après avoir mené nos différentes enquêtes il est temps de faire des prélèvements des échantillons d'eau pour faire les analyses in-situ sur le terrain et les autres analyses physico-chimiques et microbiologiques au laboratoire. Ainsi, nous avons prélevé (08) huit échantillons au totale ; un échantillon d'eau de citerne prélevé directement des citernes par village ce qui fait (06) six échantillons d'eau de citernes et (02) deux échantillons de cours d'eau ; un en amont à Loukpe et l'autre en aval à Gbozou dans l'arrondissement de SAHE. Pour l'enregistrement de la localisation des points d'échantillonnage, nous avons utilisé un GPS de marque LOCUSMAP ; cela nous a permis de réaliser la carte des sites de prélèvement. La figure 4 présente la répartition des différents sites de prélèvement.

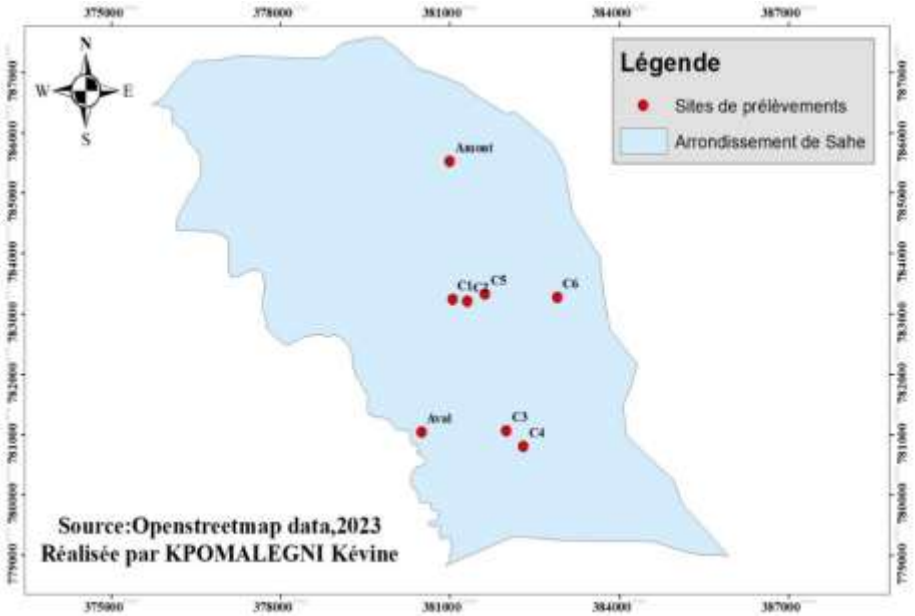


Figure 3 : cartes d'échantillonnage. (Openstreetmap)

2-3-4 Technique de prélèvement :

Un prélèvement correct est indispensable à l'obtention de résultats significatifs. Il doit être considéré comme une phase préliminaire de l'analyse, on devra donc prélever l'eau avec toute la précaution possible. Ainsi, deux techniques ont été utilisées, les eaux de citernes ont été prélevé à l'aide d'une puisette, une bouteille de 1,5l rincée au préalable a été rempli pour l'analyse physico-chimiques et une autres en verre de 200ml stérilisée au préalable pour l'analyse microbiologiques de l'eau. Le flacon de l'eau destiné à l'analyse microbiologique n'est pas totalement rempli pour permettre la conservation de l'échantillon. Quant à l'eau de la rivière, une bouteille a été plongée dans la rivière puis fermé après le remplissage avant d'être remonté à la surface. Pour l'eau destinée à l'analyse microbiologique, nous avions remplir la bouteille en verre aux environs ¾ de son volume puis fermé avant de le remonter à la surface. Ensuite les échantillons sont conservés dans une glacière contenant de la glace et transportés au laboratoire pour les analyses.



a : prélèvement d'eau de la rivière b et c : prélèvement d'eau de citerne

Planche 2 : Technique de prélèvement des échantillons sur le terrain. (Cliché KPOMALEGNI, 2024).

2-4 Analyses des échantillons :

2-4-1 Mesures des paramètres in-situ :

La température de l'eau, la conductivité, la turbidité et le potentiel d'hydrogène (pH) sont mesurés sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre de marque. Pour faire la mesure, la sonde est correctement rincée à l'eau simple puis à l'eau distillée et à l'échantillon avant d'être plongé dans une quantité suffisante de l'échantillon d'eau prélevé. On relève la mesure après stabilisation.

2-4-2 Analyse au laboratoire :

Une fois arrivé au laboratoire, on procède à l'analyse physico-chimique et microbiologique des échantillons. (04) méthodes ont été utilisées pour l'analyse des échantillons au

laboratoire : la méthode colorimétrique pour la mesure de la couleur et turbidité ; la méthode spectrophotométrique pour l'analyse de certains paramètres chimiques tels que les nitrites, nitrates, fluorure, fer, ammonium… ; la méthode volumétrique pour les chlorures, bicarbonates, calcium et magnésium et la méthode d'infiltration sur membrane pour les paramètres microbiologiques (Escherichia coli, coliformes thermotolérants et les streptocoques fécaux)

2-4-2-1 Analyse des paramètres organoleptique *:*

Il s'agit ici de la couleur de l'eau.

- **Couleur :** il s'agit de mesurer la couleur de l'échantillon è l'aide d'un colorimètre.

Mode opératoire :

-Allumer le colorimètre et sélectionner le programme 19 pour la couleur ;

-Rincé la cuve avec de l'eau puis à l'eau distillée ;

-Prélever 10ml de l'eau distillée pour faire le zéro 0

-Prélever 10ml de l'échantillon puis faire la lecture.

2-4-2-2 Analyse des paramètres chimiques :

Les analyses chimiques des échantillons de l'eau ont été faites au Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) en suivant les étapes suivantes :

Fluorure :

Mode opératoire :

-Rincer correctement la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée

-Prélever 5ml d'eau distillée pour faire le zéro puis 05 autres de l'échantillon à analyser ;

-Ajouter 1ml du réactif de SPADNS ;

-Fermer puis homogénéiser

-Faire la lecture au spectrophotométrique à la longueur d'onde de 190nm par rapport ' l'eau distillée traitée de la même.

- **Nitrites :**

Mode opératoire :

-Rincer la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée ;

-Prélever 10ml d'eau distillée pour faire le zéro puis 10 autres de l'échantillon à analyser ;

-Ajouter 0,4ml de réactif de Zambelli ;

-Attendre 10 minutes et ajouter 0,4ml d'ammoniac concentré ;

-Procéder à la lecture au spectrophotomètre à 425nm par rapport à l'eau distillée traitée à la même.

Après la lecture au spectrophotomètre, on passe au calcul de la concentration en utilisant la formule suivante : Y=2,203X-0,0174.

- **Ammonium :**

Mode opératoire :

-Rincer la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée ;

-Prélever 10ml d'eau distillée pour faire le zéro et 10ml autre de l'échantillon à analyser dans une autre verrerie ;

-Ajouter 0,2ml de sel de Seignette pour ammonium

-Ajouter 0,4ml de réactif de Nesle ;

-Après 05 minutes, procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 425nm par rapport à l'eau distillé traitée de la même.

Après la lecture au spectrophotomètre, on passe au calcul de la concentration en utilisant la formule suivante : Y=2,819X+0,0076.

- **Orthophosphates :**

-Rincer la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée ;

-Prélever 10ml d'eau distillée pour faire le zéro et 10ml autre de l'échantillon à analyser dans une autre verrerie ;

-Ajouter 0,5ml d'acide ascorbique puis agiter énergiquement ;

-Ajouter 2ml de réactif combiné ;

-Agiter puis attendre 30min pour le développement de la coloration bleue

-Procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même.

Après la lecture au spectrophotomètre, on passe au calcul de la concentration en utilisant la formule suivante : Y=3,7107X-0,0026.

- **Nitrates :**

Mode opératoire :

-Rincer la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée ;

-Prélever 5ml d'eau distillée pour faire le zéro et 05ml autre de l'échantillon à analyser dans une autre verrerie ;

-Ajouter 0,5ml de solution de salicylate de sodium 0,5% et porté à l'étuve à 105°C ;

-Laisser refroidir après séchage ;

-Ajouter 1ml d'acide sulfurique puis attendre 10min ;

-Ajouter 7,5 ml d'eau distillée puis attendre 15 minutes ;

-Ajouter 7,5ml de sel de Seignette pour nitrate ;

-Compléter l'eau distillée jusqu'à 50 ml ;

-Procéder à la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 425nm par rapport à l'eau distillée traitée à la même.

Après la lecture au spectrophotomètre, on passe au calcul de la concentration en utilisant la formule suivante : Y=28,977X-0,2533.

- **Sulfates :**

Mode opératoire :

-Rincer la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée ;

-Prélever 9ml d'eau distillée pour faire le zéro et 09ml autre de l'échantillon à analyser dans une autre verrerie ;

-Ajouter 5 gouttes d'acide chlorhydrique 2N ;

-Ajouter 1ml de germes d'ions sulfates

-Agiter puis attendre 45 minutes pour le développement de la coloration ;

-Procéder à la mesure au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650nm par rapport à l'eau distillée traitée à la même.

Après la lecture au spectrophotomètre, on passe au calcul de la concentration en utilisant la formule suivante : Y=203,1X-1,7319.

Chlorure :

Mode opératoire :

-Rincer la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée

-Prélever 100ml de l'échantillon à analyser dans une verrerie ;

-Ajouter 05 gouttes de chromate de potassium ;

-Titrer avec la solution de nitrate d'argent N/25 ;

-Relever le volume de nitrate d'argent consommé.

Après la lecture au spectrophotomètre, on passe au calcul de la concentration en utilisant la formule suivante : Y=VX7,1.

Bicarbonates :

Mode opératoire :

-Rincer la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée ;

-Prélever 100ml de l'échantillon à analyser dans une verrerie ;

-Ajouter 5 gouttes de d'indicateur mixte ;

-Titrer avec la solution d'acide chlorhydrique N/25 (virage à la couleur de la peau d'oignon) ;

-Relever le volume de l'acide consommé.

Après la lecture au spectrophotomètre, on passe au calcul de la concentration en utilisant la formule suivante : Y=VX61,5.

Calcium :

Mode opératoire :

-Rincer la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée ;

-Prélever 100ml de l'échantillon à analyser dans une verrerie ;

-Ajouter 5 gouttes d'indicateur Tachiro (virage au vert) ;

-Ajouter 2 gouttes d'acide chlorhydrique 1/3 (virage au violet) ;

-Ajouter 5 gouttes de NaOH (400g/L). (Virage au vert) ;

-Ajouter une petite pincé de murexide ;

-Titrer avec la liqueur complexométrique. (Virage au violet)

-Relever le volume de liqueur consommé.

Après la lecture au spectrophotomètre, on passe au calcul de la concentration en utilisant la formule suivante : Y=VX7,141.

Magnésium :

Mode opératoire :

-Après avoir relevé le volume du Calcium, Ajouter 5ml d'acide chlorhydrique 1/3 puis attendre 5 minutes

-Ajouter 5ml d'ammoniac concentré ;

-Ajouter une petite quantité de net ;

-Titrer avec la liqueur complexométrique (virage bleu nuit)

-Relever le volume de liqueur consommé.

On passe au calcul de la concentration en utilisant la formule suivante : Y=V*4,357.

Dureté : elle est calculée à partir de l'équation suivante :

$$2{,}497 X Ca^{2+} + 4{,}118 X Mg2+$$

Fer

- Rincer la verrerie à l'eau simple et à l'eau distillée ;

-Prélever 05ml d'eau distillée pour faire le zéro et 05ml autre de l'échantillon à analyser dans une autre verrerie ;

-Ajouter 0,2ml du réactif n°1 ;

-Ajouter 0,1ml du réactif n°2 ;

-Ajouter 4,5ml d'eau distillée ;

-Ajouter 0,2ml du réactif n°3 ;

-Agiter puis attendre 10 minutes pour le développement de la coloration ;

-Procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même

2-4-2-3 paramètre microbiologique des échantillons d'eaux :

Les paramètres microbiologiques de l'eau ont été effectués au Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA).

Dans le cas des E. Coli : La recherche et la numération des E. coli a été faite suivant la norme NFV-066/1996. La méthode utilisée pour la détermination de ces germes a été la technique de filtration sur membrane. 100 ml de l'échantillon d'eau et a été filtré sur des membranes filtrantes de porosité

0,45 µm. Cette membrane a été déposée dans une boîte de pétri contenant du milieu gélosé Violet Red Bile Lactose Agar (VRBL). Les boîtes ont été ensemencées à 44°C pendant 48 heures. Les colonies rouges violacées ont été observées et dénombrées. Les résultats ont été exprimés en UFC/100 ml. La valeur limite recommandée par la norme béninoise est de 0 UFC dans 100 ml d'eau potable (Décret N°2001-094).

Dans le cas des Coliformes thermotolérants : La recherche et la numération des Coliformes thermotolérants a été faite suivant la norme NFV-066/1996. La méthode utilisée pour la détermination de ces germes a été la technique de filtration sur membrane. 100 ml de l'échantillon a été filtré sur des membranes filtrantes de porosité 0,45 µm. Cette membrane a été déposée dans une boîte de pétri contenant du milieu gélosé Violet Red Bile Lactose Agar (VRBL). Les boîtes ont été ensemencées à 44°C pendant 48 heures pour la recherche des Coliformes thermotolérants. Les colonies violacées

Dans le cas des streptocoques fécaux

On dissout 41,5 g de Slanetz and Bartley Agar pesé à l'aide d'une balance de précision dans 1L d'eau stérilisée contenue dans un erlenmeyer stérile. On attend 5 mn puis on mélange la

solution jusqu'à obtention d'une suspension homogène. On porte lentement à ébullition sans surchauffer le milieu. Éviter de stériliser le milieu préparé à l'autoclave.

2-5 Traitements données : Les données issues des enquêtes et au laboratoire après l'analyse des échantillons ont été traitées, codées, dépouillées, à l'aide des logiciels tels que Excel et RStudio. Ces logiciels nous ont permis d'obtenir des résultats des analyses dans un tableau bien structuré, des graphes de traitement des données. Quant aux différentes cartes, elles ont été réalisées à l'aide de logiciel ArcGIS.

CHAPITRE3 : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3-1 Résultats :

Ces résultats sont des résultats issus des :

-Enquêtes sur le terrain ;

-Analyses physico-chimiques des eaux de citernes et ceux de la rivière prélevée dans la localité de SAHE ;

-Analyses microbiologiques des eaux de citernes et de la rivière prélevée dans la localité de SAHE.

3-1-1 Etat des lieux de la situation actuelle de l'approvisionnement en eau potable dans l'arrondissement de SAHE :

Selon les informations recueillies, il existe deux sources d'approvisionnement en eau dans l'arrondissement de SAHE, que sont :

-La rivière qui n'est rien d'autres que l'affluent du fleuve Mono qui traverse cette partie du département du zou ;

-Les eaux de citernes qui ne sont rien d'autres que des eaux de pluies recueillies et conservées dans un réservoir d'eau.

Aussi il a été notifié que ces eaux de la rivière étaient autres fois la seule source d'approvisionnement en eau de la population donc ils s'organisaient pour l'entretenir deux fois par an mais après que d'autres ont eu les moyens et la brillante idée de faire des réservoirs d'eau de citernes, cette rivière est boycottée. Quant aux citernes, elles sont nettoyées une fois par an juste après la première pluie de l'année.

La plupart des citernes sont mal entretenues et l'eau qui s'y trouve est trouble et contienne des déchets. Les puisettes sont sales ainsi que la corde, ce qui pourrait être à la base d'une contamination, les gouttiers sont mal entretenus.

Très peu de la population, moins de 20 % utilise Aquatables qui est un produit commercial utilisé pour la désinfection de l'eau, il permet d'éliminer les impuretés ou les contaminants de l'eau. Entre 10 % et 48 % utilisent l'alun qui est un sulfate double d'aluminium et de potassium qui a également une fonction de coagulant dans le traitement de l'eau.

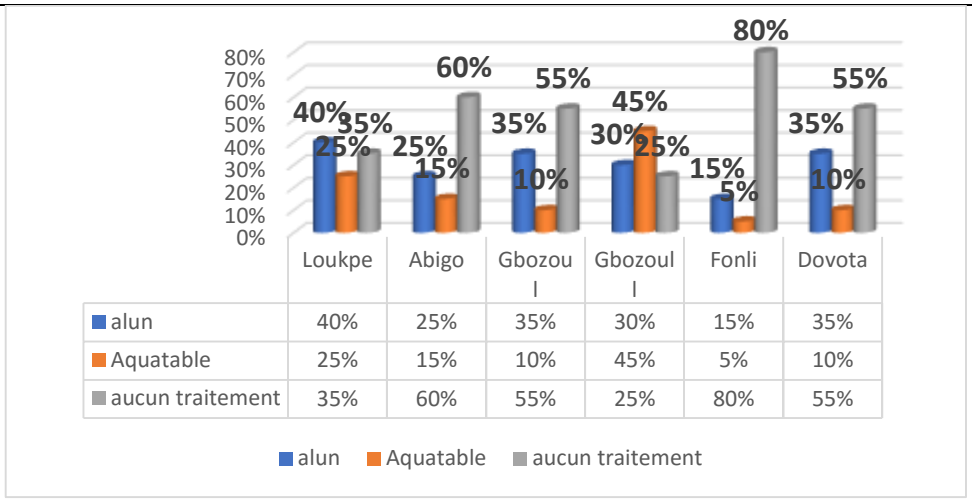


Figure 4 : Type de désinfectant utilisé.

Les eaux de citernes et celles de la rivière étant les seules sources d'approvisionnement en eau potable de la population de l'arrondissement de SAHE, ceux-ci utilisent l'eau de la citerne et celles de la rivière pour toute sorte d'usage : agriculture, irrigation, consommation …

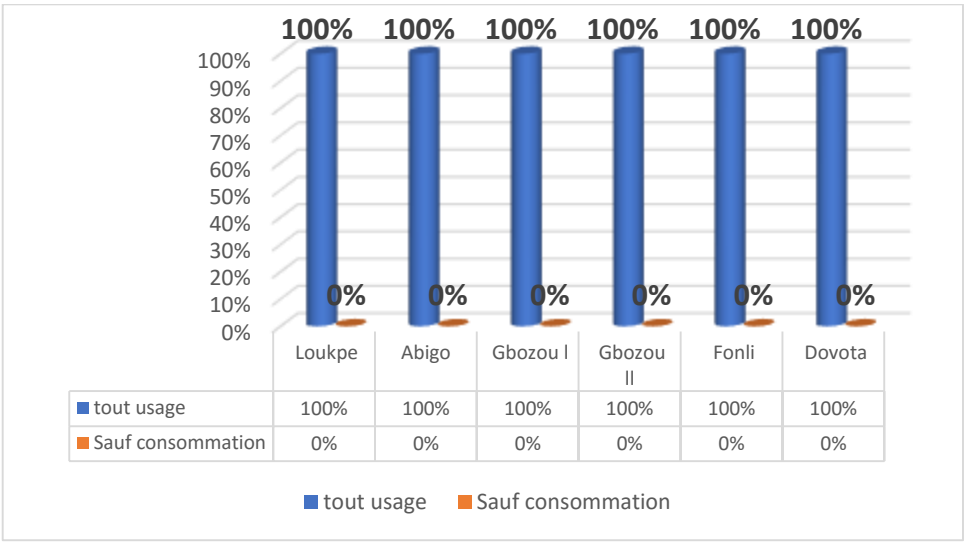


Figure 5 : Taux d'usage de l'eau de citerne et de la rivière par la population de SAHE.

Les déchets ménagers sont jetés dans la nature par la plupart de la population, d'autres les jettent dans des dépotoirs d'ordures sauvages et d'autres les brûlent.

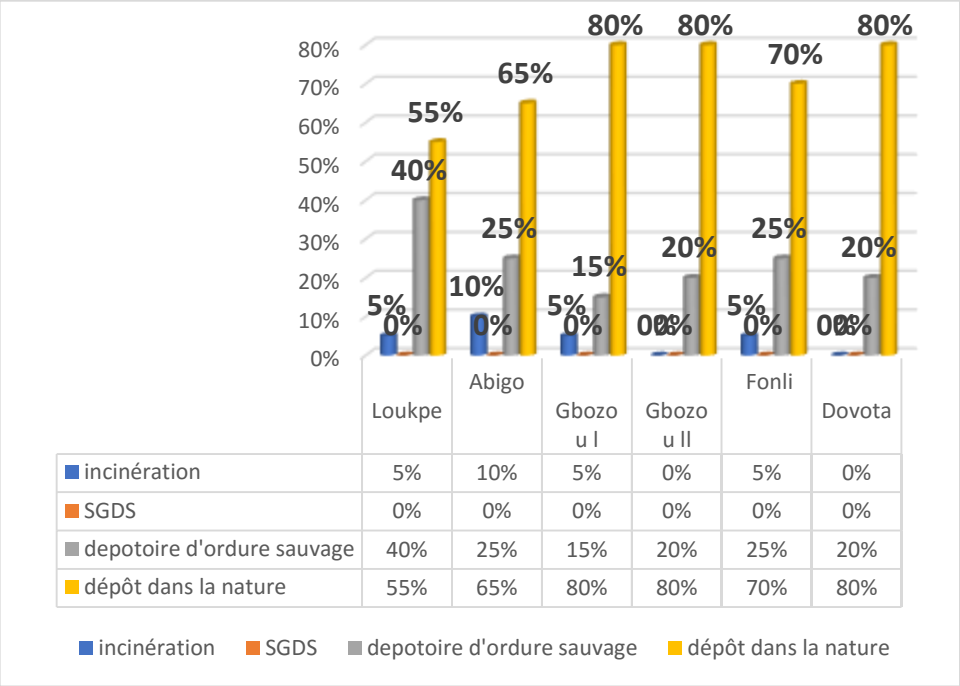


Figure 7 : méthode d'évacuation des ordures.

Très peu de la population possède de latrines, la plupart font leurs besoins dans la nature ce qui pollue les cours d'eau.

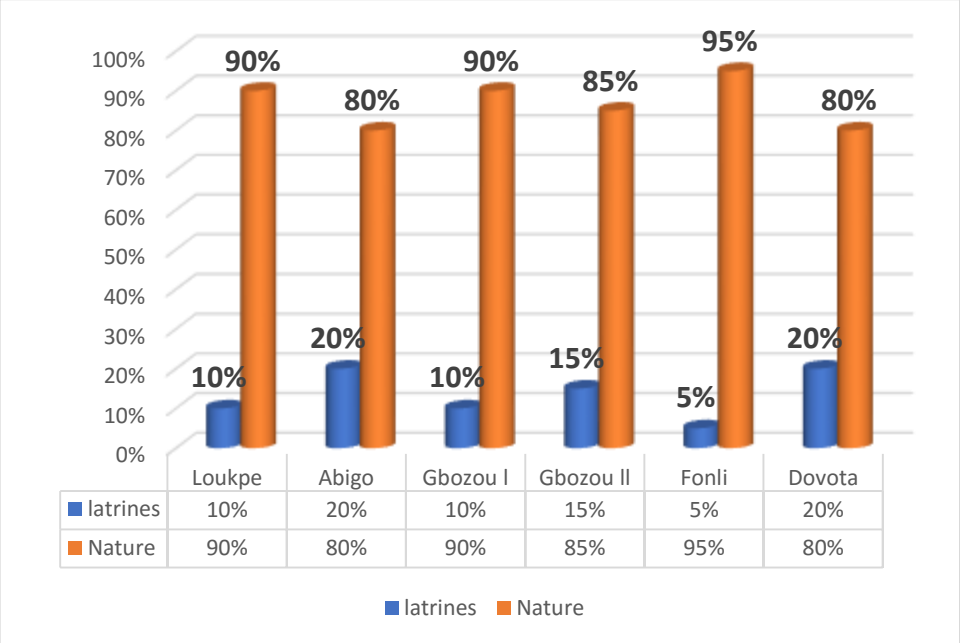


Figure 8 : Taux de présence de latrine dans chaque village.

Les maladies fréquentes dans l'arrondissement de SAHE : Après les enquêtes il a été constaté que la plupart de la population surtout les enfants souffrent fréquemment des maladies tels que le paludisme dû à une mauvaise hygiène et assainissement, de la diarrhée, du fièvre typhoïdes

et de la maladie des vers dues à une mauvaise qualité microbiologique de l'eau consommée dans cette région. La figure 9 montre les maladies fréquentes dans cet Arrondissement.

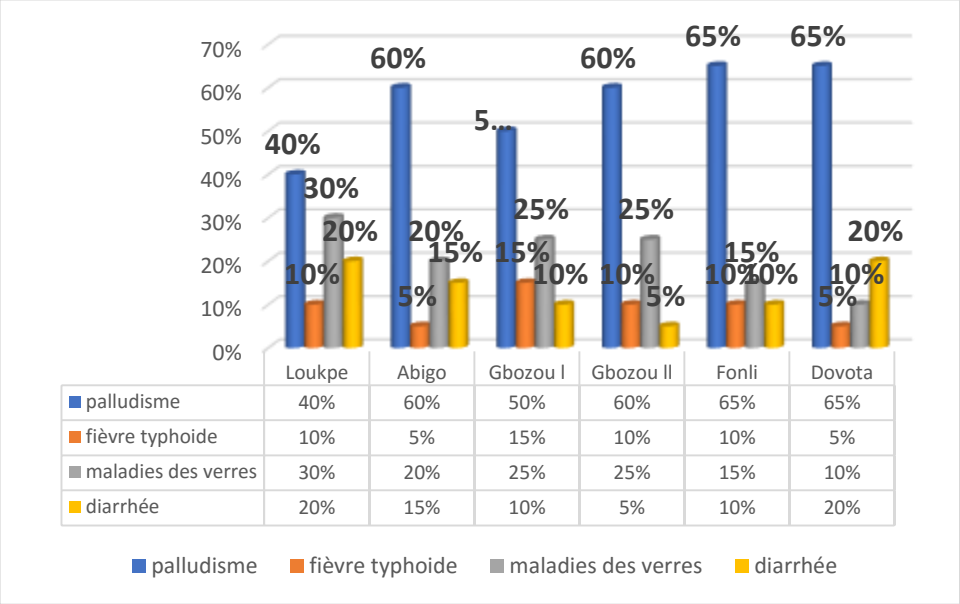


Figure 9 : Taux de différentes maladies rencontrées sur le terrain.

3-1-2 Caractéristiques physico-chimiques des eaux de citernes et de la rivière consommée dans l'arrondissement de SAHE :

Dans ce contexte nous nous intéressons à l'étude qualitative de l'eau de citerne et celle de la rivière consommée dans l'arrondissement de SAHE

Température : la figure 10 montre la variation de la température des eaux prélevées dans les différents sites de prélèvement. Elle varie de 27,6°C à 28,3°C avec une moyenne de 28,05, ces valeurs appartiennent respectivement aux sites C6 Dovota et C3 Gbozou l. on remarque que toutes les températures observées dans chacun des sites d'échantillonnage dépassent la norme béninoise en vigueur pour une eau de consommation qui est 25°C.

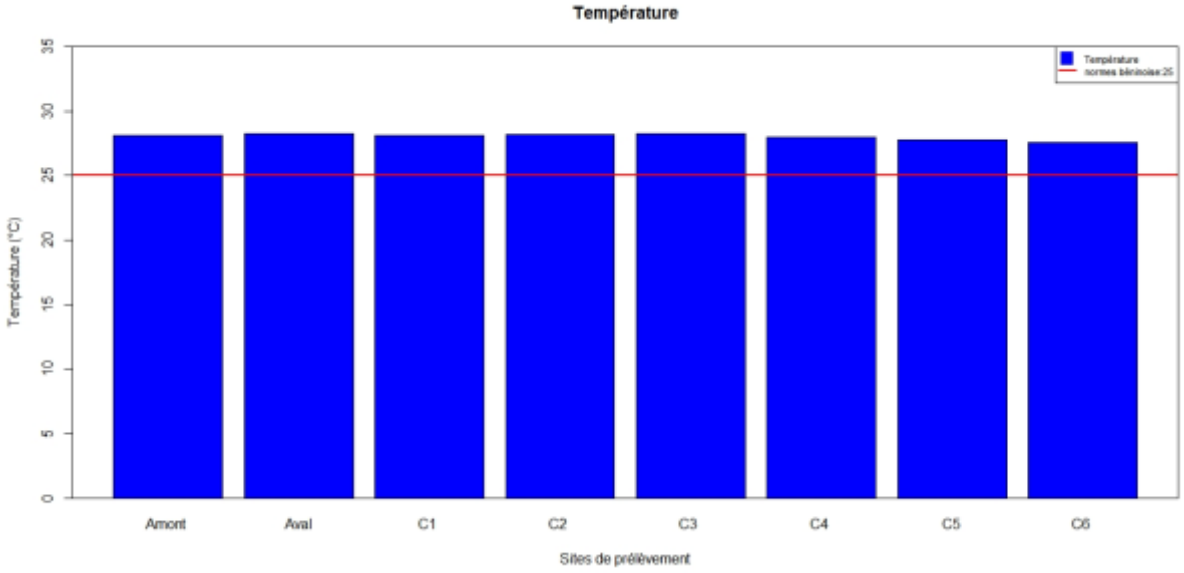


Figure 10 : variation de la température des différentes eaux prélever dans les sites de prélèvement.

PH : la figure 11 présente la variation du pH des eaux prélevées dans les différents sites de prélèvement. Le pH varie de 6,11 à 9,16 avec une moyenne de 7,23. Ces valeurs appartiennent respectivement aux sites Aval et C5 Fonli. On constate que la rivière en aval est légèrement acide ce qui explique cette valeur et C5 Fonli dépasse la norme béninoise en vigueur pour une eau de consommation qui est 6,5<PH<8,5. Toutes les autres tendent vers la neutralité.

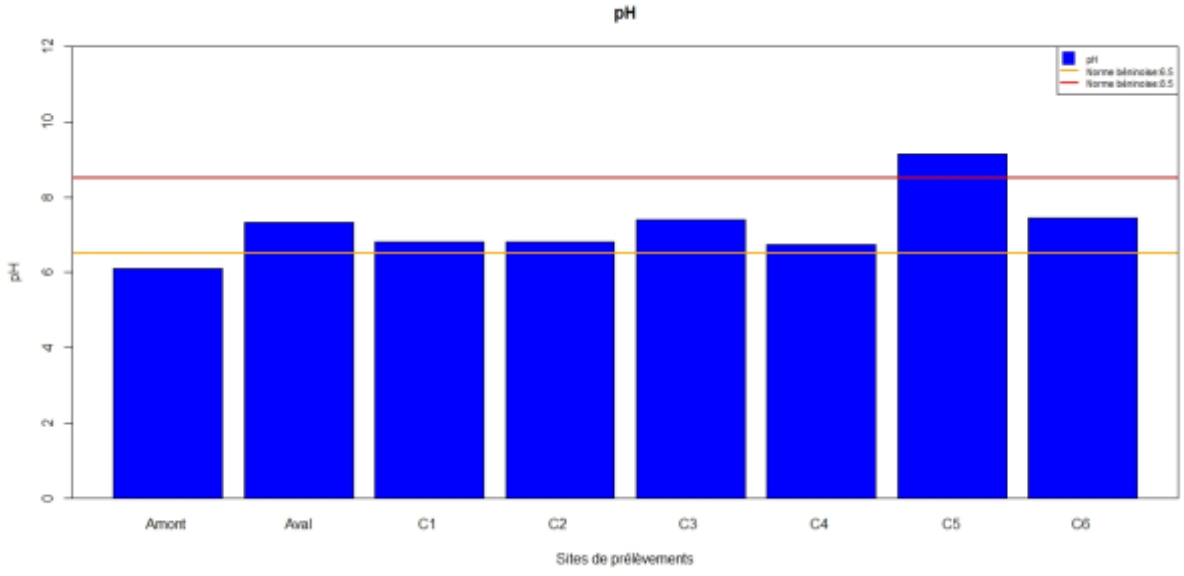


Figure 11 : Variation du pH dans les différents sites de prélèvement**.**

Conductivité Électrique : la figure 12 présente la variation de la conductivité électrique des eaux de l'arrondissement de SAHE. Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées

varient de 42,7µS/cm (C1 Loupé) à 180,6 µS/cm (Aval) avec une moyenne de 78,59µS/cm. Ces valeurs sont très petites par rapport à la norme en vigueur. Nous pouvons alors dire que l'eau de cette rivière et celle des citernes consommées dans l'arrondissement de SAHE sont faiblement minéralisées.

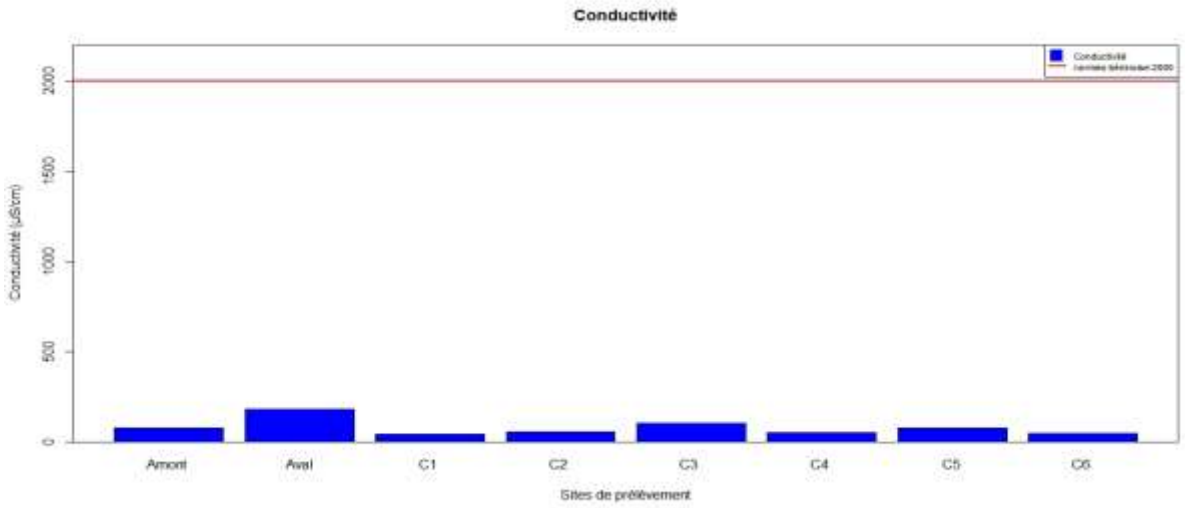


Figure 12 : Variation de la conductivité électrique dans les différents sites de prélèvements

Turbidité : la figure 13 présente la variation de la turbidité des eaux de l'arrondissement de SAHE. Les valeurs de la turbidité enregistrées varient de 0 UTN (C2, C4, C6) à 19 (Aval) à 19 UTN (Aval) avec une moyenne de 4,625. On remarque que les eaux de citernes respectent la norme en vigueur qui est 5 UTN contrairement aux eaux de la rivière où on remarque des valeurs élevées (8UTN en amont et 19UTN en aval).

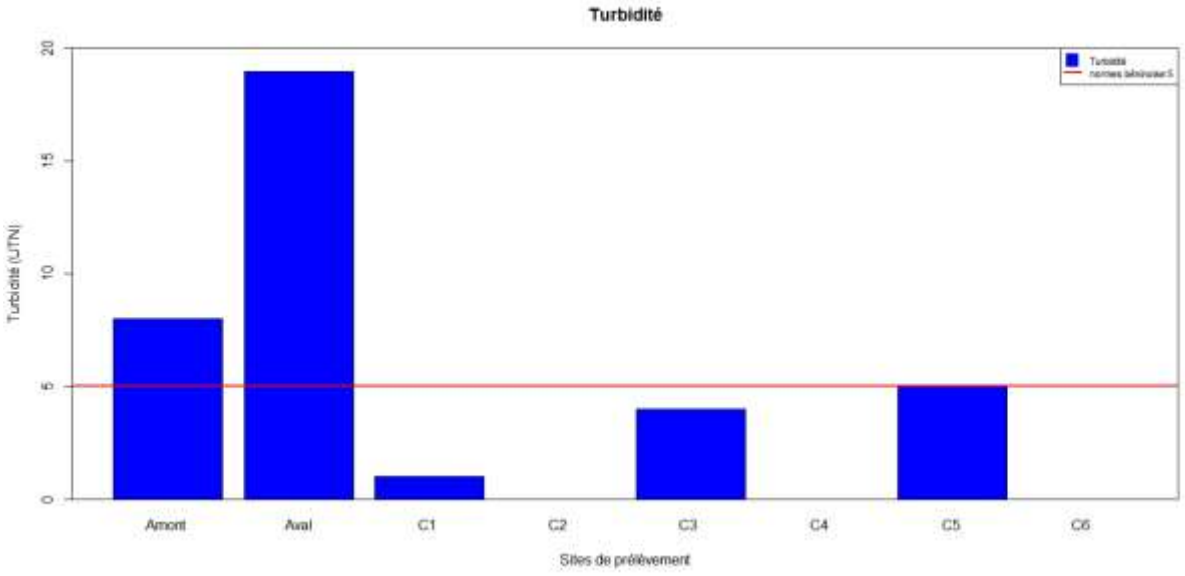


Figure 13 : Variation de la turbidité des différents sites de prélèvement.

Couleur : la figure 14 présente la variation de la couleur des eaux de l'arrondissement de SAHE. Les valeurs de la couleur enregistrées varient de 0 UcV (C1, C2, C4, C6) à 229 UcV (Aval) avec une moyenne de 53 UcV. On remarque que les valeurs d'Amont, Aval, C3 et C5 sont supérieur à la norme exigée qui est 15UcV.

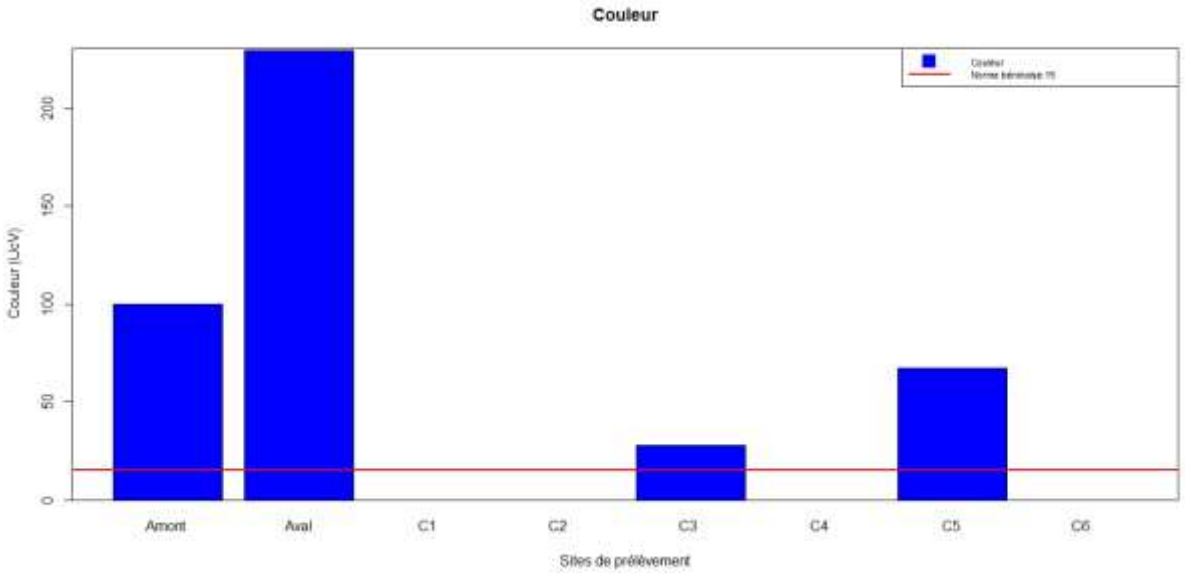


Figure 14 : Variation de la couleur des eaux des différents sites de prélèvement.

Nitrites : la figure 15 montre les teneurs en nitrites des eaux de la rivière (en Amont et en Aval) et celles des citernes (C1, C2, C3, C4, C5, C6) consommée dans cet arrondissement. D'après cette figure la valeur maximale observée est 0,17161mg/l, elle est observée au niveau du site de prélèvement C1 Loupé et la valeur minimale observée est 0,00000mg/L cette valeur est observée dans l'eau de citerne à Abigo (C2 Abigo) avec une moyenne de 0,07991025. On remarque que ces valeurs respectent la norme béninoise en vigueur qui est 3,2mg/l.

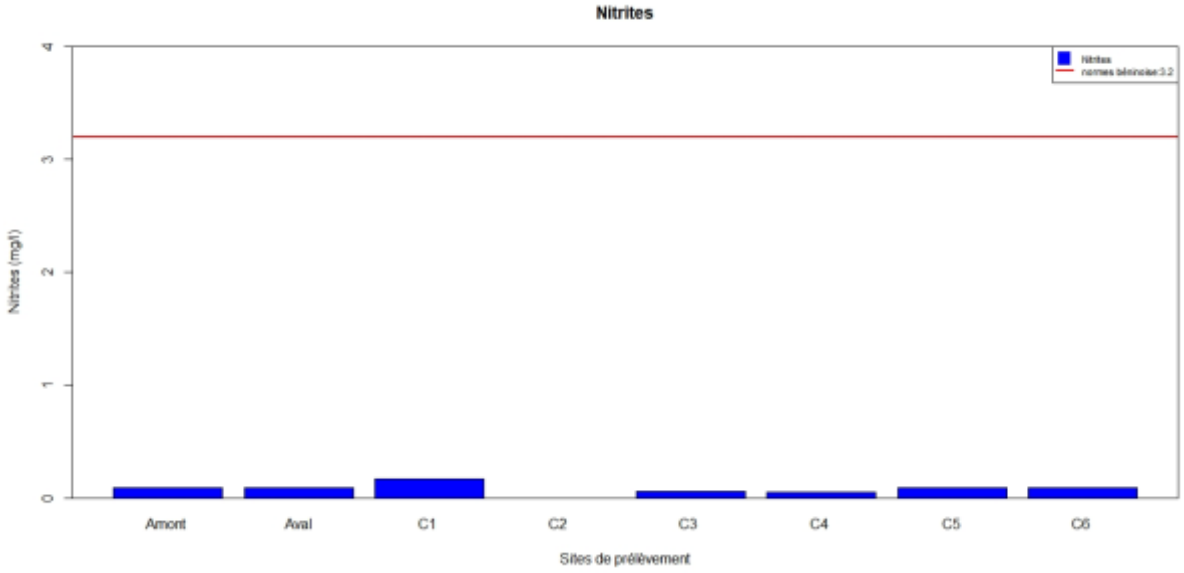


Figure 15 : Teneur en Nitrites au niveau des différents sites de prélèvement.

Nitrates : la figure 16 montre la teneur en nitrates des eaux de la rivière (en Amont et en Aval) et celles des citernes (C1, C2, C3, C4, C5, C6) consommée dans cet arrondissement. D'après cette figure la valeur maximale observée est 5,39mg/l, elle est observée au niveau de la rivière en Amont et la valeur minimale observée est 0,01mg/L, elle est observée dans l'eau de citerne à Fonli (C5 Fonli) avec une moyenne de 1,62mg/l. Nous remarquons que ces valeurs respectent la norme béninoise en vigueur qui est de 45mg/l.

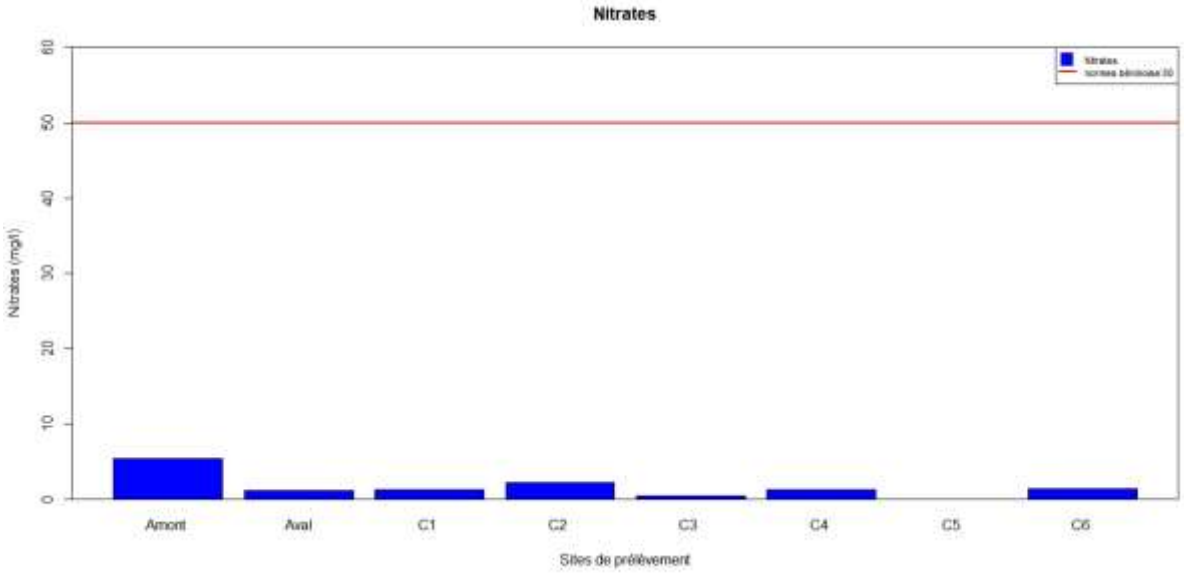


Figure 16 : Teneur en nitrates au niveau des différents sites de prélèvement.

Sulfates : la figure 17 montre la teneur en sulfates des eaux de la rivière (en Amont et en Aval) et celles des citernes (C1, C2, C3, C4, C5, C6) consommée dans l'arrondissement de SAHE.

D'après cette figure la valeur maximale observée est 0,17mg/l, elle est observée au niveau du site de prélèvement C1 Loukpè et la valeur minimale observée est 0,00mg/L, elle est observée dans l'eau de citerne à Abigo (C2 Abigo) avec une moyenne de 1,42. On remarque que ces valeurs respectent la normes Béninoise qui est de 500mg/l

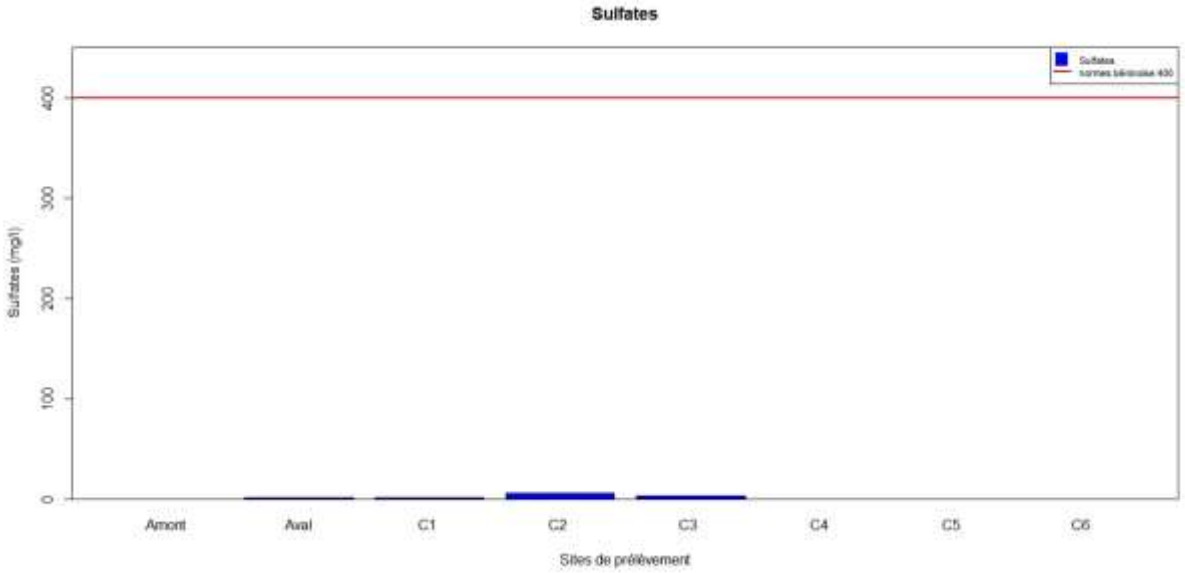


Figure 17 : Teneur en sulfates observé sur les sites de prélèvement.

Orthophosphates : la figure 18 présente les valeurs observées après l'analyses chimiques des eaux prélever aux différents sites. Ces valeurs varient de 0,00mg/l à 0,90mg/ avec une moyenne de 0,14mg/l. Ces valeurs appartiennent respectivement aux sites Amont et C2 Abigo. On remarque que les valeurs observées respectent la norme béninoise qui est de 5mg/l administrée pour les eaux de consommations.

La figure suivante montre les détails sur la teneur en Orthophosphates.

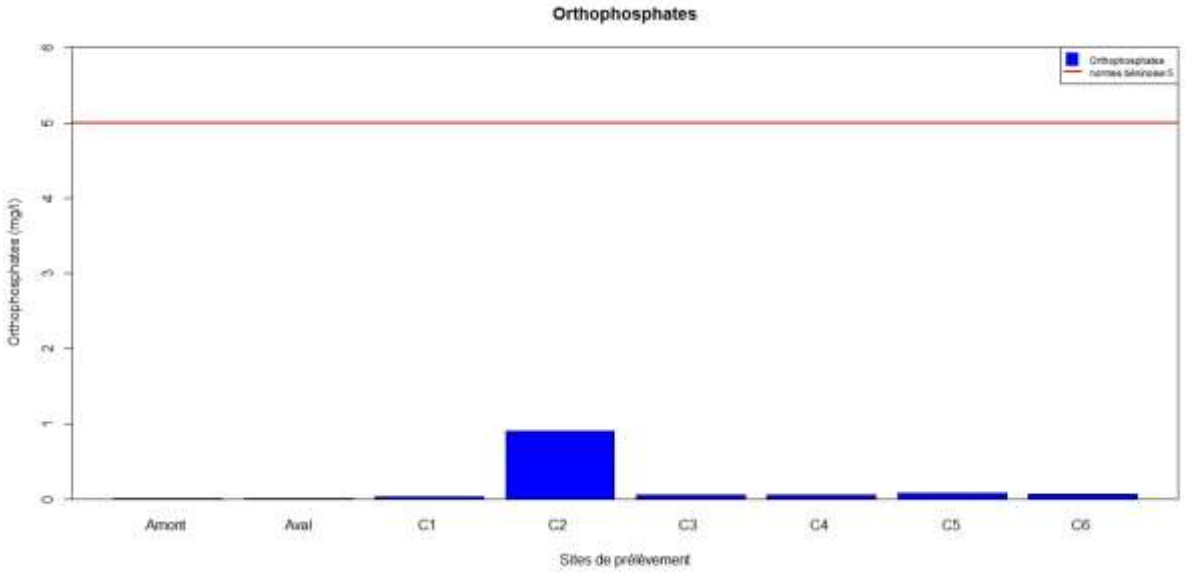


Figure 18 : Teneur en ortho phosphates des différents sites de prélèvement.

Ammonium : la figure 19 présente la concentration en Ammonium dans les différents sites de prélèvement, d'après cette figure, la concentration en ammonium varient entre 0,02mg/l à 2,96mg/l, avec une moyenne de 0,49mg/l. Ces valeurs appartiennent aux sites respectifs C6 Dovota et C4 Gbozou II. On remarque que seul le C4 Gbozou II (2,96mg/l) dépasse la norme béninoise qui est de 0,5mg /l. la figure suivante présente ces résultats :

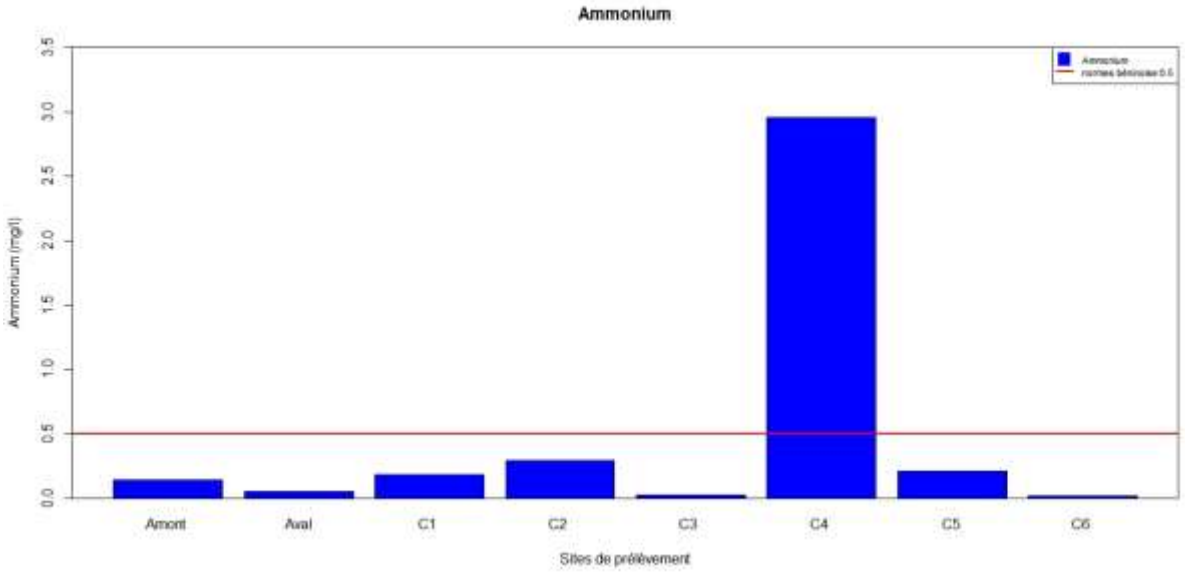


Figure 19 : La teneur en ammonium des différents sites de prélèvement.

sites de prélèvement. D'après cette figure on constate que la concentration en fluorures de cet arrondissement varie de 0,00mg/l à 0,06mg/l avec une moyenne de 0,02mg/l. On constate que ces valeurs respectent la norme béninoise en vigueur pour une eau potable qui est 1,5mg/l.

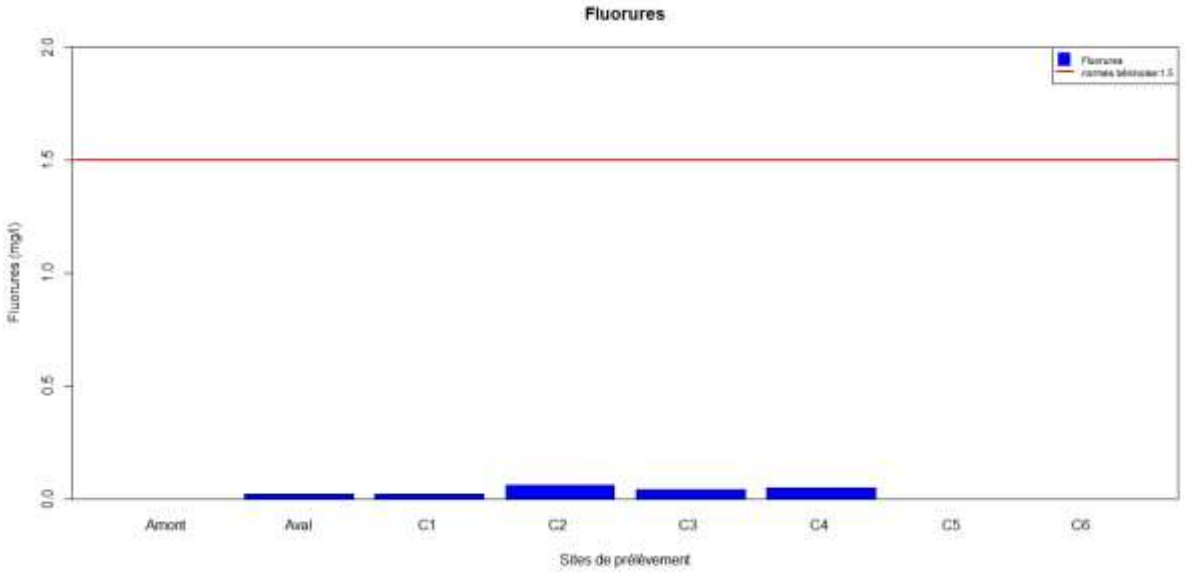


Figure 20 : Teneur en fluorures des différents sites de prélèvement.

Chlorures : la figure 21 nous montre la teneur en fluorures des différents sites de prélèvement. D'après cette figure on constate que la concentration en chlorure de cet arrondissement varie de 12,07mg/l à 30,53mg/l avec une moyenne de 18,81mg/l. on constate que ces valeurs respectent la norme béninoise en vigueur pour une eau potable qui est 250mg/l.

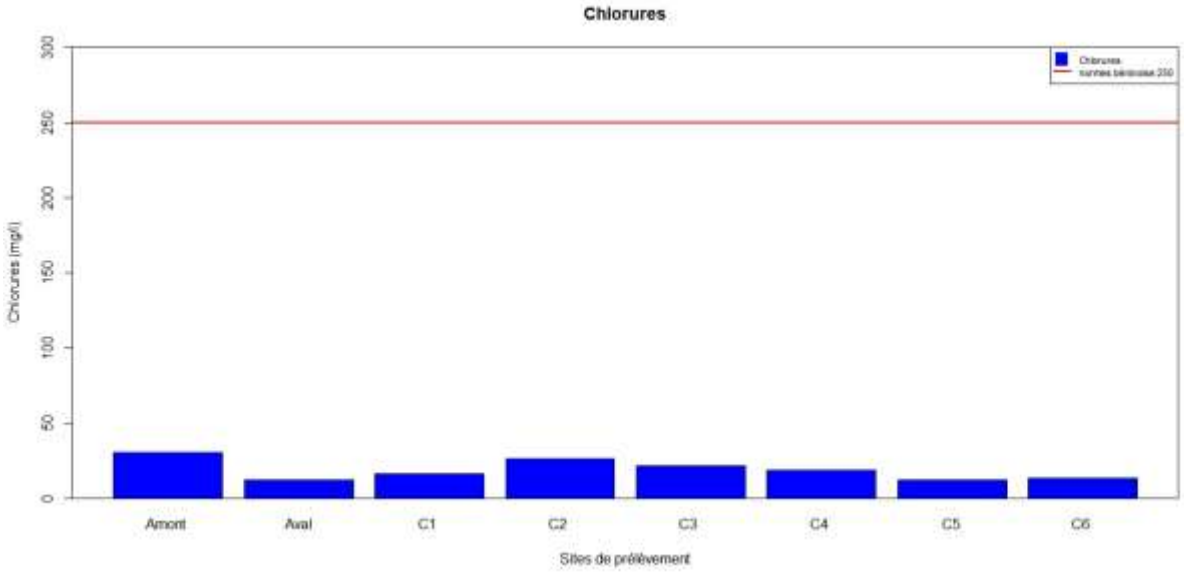


Figure 21 : La teneur en chlorures des différents sites de prélèvement.

Calcium : la figure 22 présente les teneurs en calcium au niveau des différents sites de prélèvement. L'analyse de cette figure nous permet de dire que les valeurs obtenir varient de 10,71mg/L à 29,99mg/l avec une moyenne de 18,75mg/l. De cette analyse on remarque que la concentration en calcium est conforme à la norme béninoise en vigueur pour une eau de consommation qui est de 100mg/l.

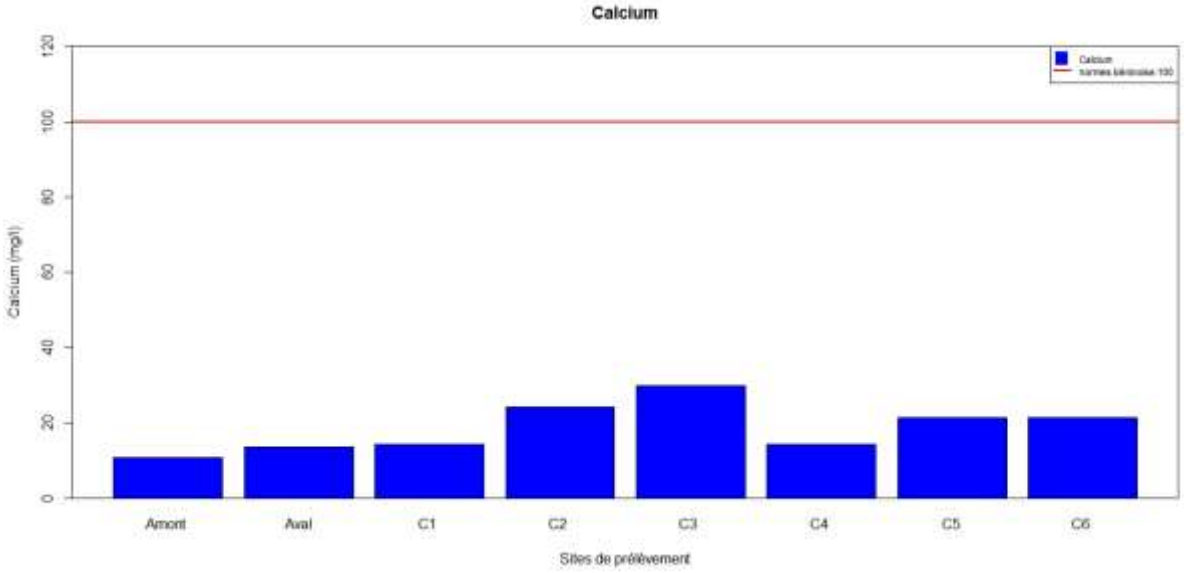


Figure 22 : Teneur en calcium des différents sites de prélèvement.

Magnésium : la figure 23 présente les teneurs en magnésium au niveau des différents sites de prélèvement. L'analyse de cette figure nous permet de dire que les valeurs obtenues varient de 0,44mg/L à 2,18mg/l avec une moyenne de 0,87mg/l. De cette analyse on remarque que la concentration en magnésium est conforme à la norme béninoise en vigueur pour une eau de consommation qui est de 50mg/l.

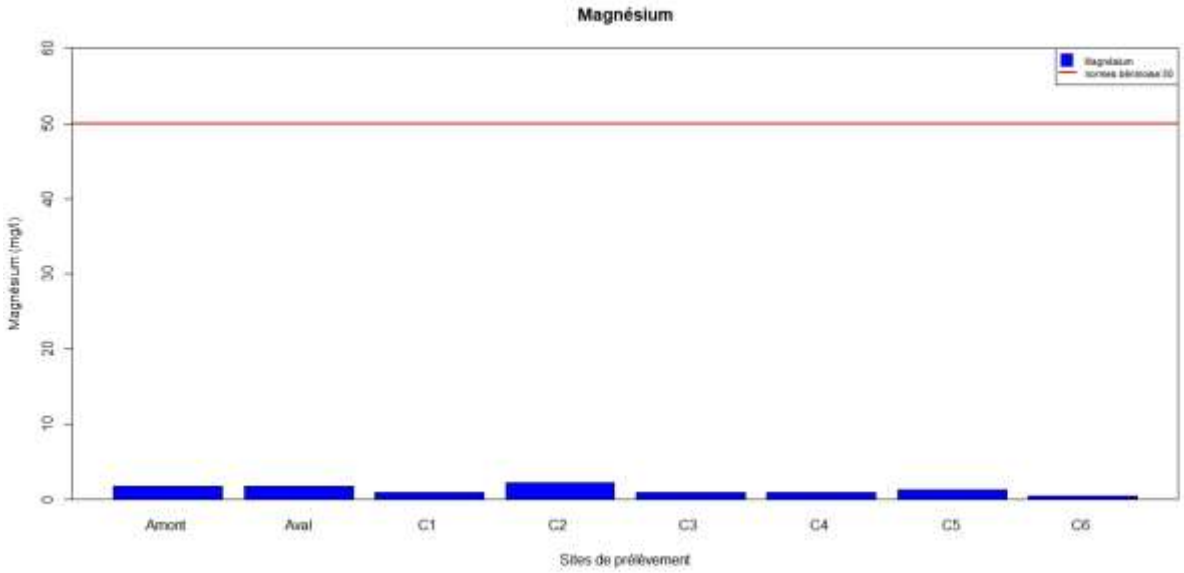


Figure 23 : Teneur en magnésium des différents sites de prélèvement.

Dureté : la figure 24 montre la concentration en dureté des différents sites de prélèvement. De l'analyse de cette figure, on remarque que la centration de la dureté dans ces eaux varie de 5,39mg/l à 30,131mg/l avec une moyenne de 10,52mg/l qui correspond aux sites 1 Amont et aux sites C6 Dovota. Elle respecte donc la norme béninoise qui est de 200mg/l.

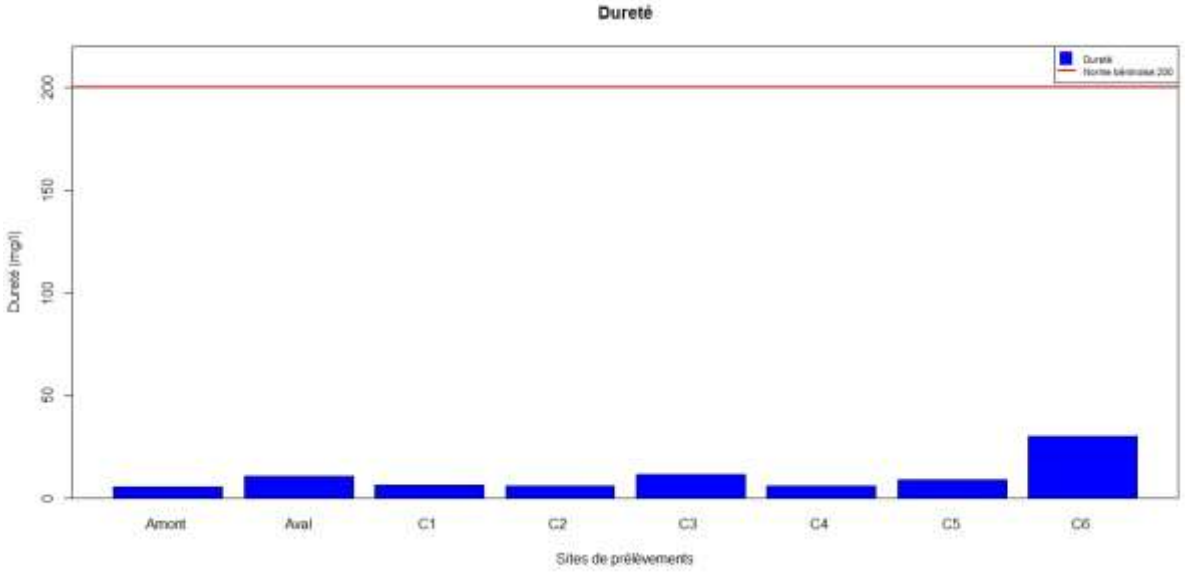


Figure 24 : La teneur en dureté des différents sites de prélèvement

Bicarbonates : la figure 25 présente la variation de la concentration en bicarbonates, d'après cette figure, la concentration en bicarbonates varie de 36,9mg/l à 86,1mg/l avec une moyenne de 52,27mg/l.

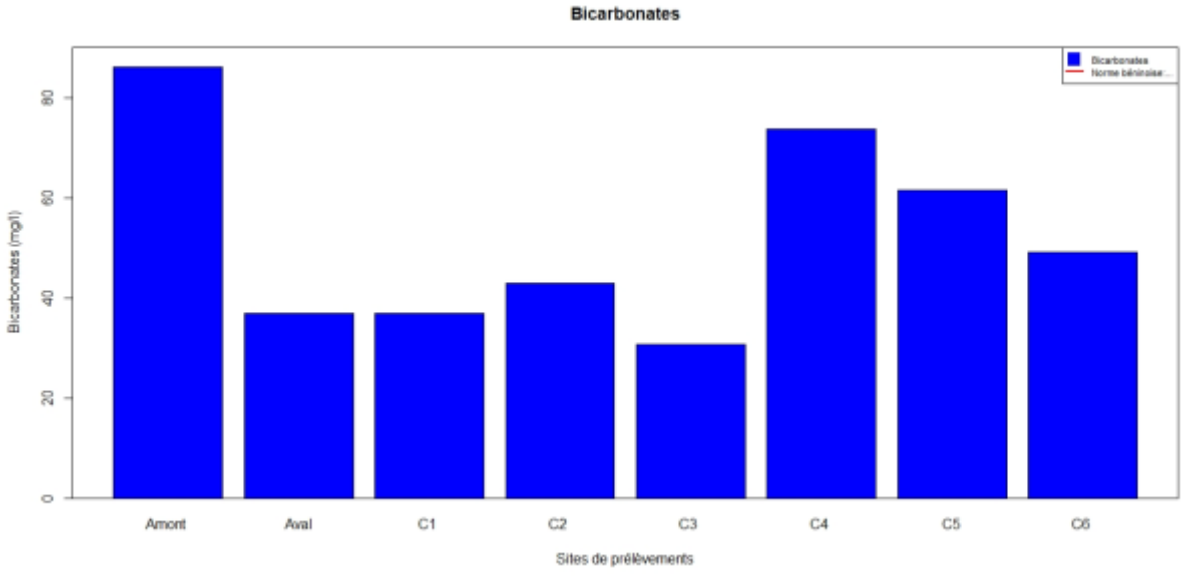


Figure 25 : La teneur en bicarbonates des différents sites de prélèvement.

Fer : la figure 26 renseigne sur la concentration en fer des différents sites de prélèvements. De l'analyse de cette figure, on remarque que la concentration en Fer varie de 0,12mg/l à 0,98mg/l avec une moyenne de 0,39mg /l. Ces valeurs correspondent respectivement aux sites C5 Fonli et C4 Gbozou II. On constate que seule la concentration en fer de C5 Fonli et C3 Gbozou l respect la norme béninoise en vigueur pour une eau de consommation qui est 0,5mg/l. les eaux de citernes et de la rivière cet arrondissement est donc riche en fer.

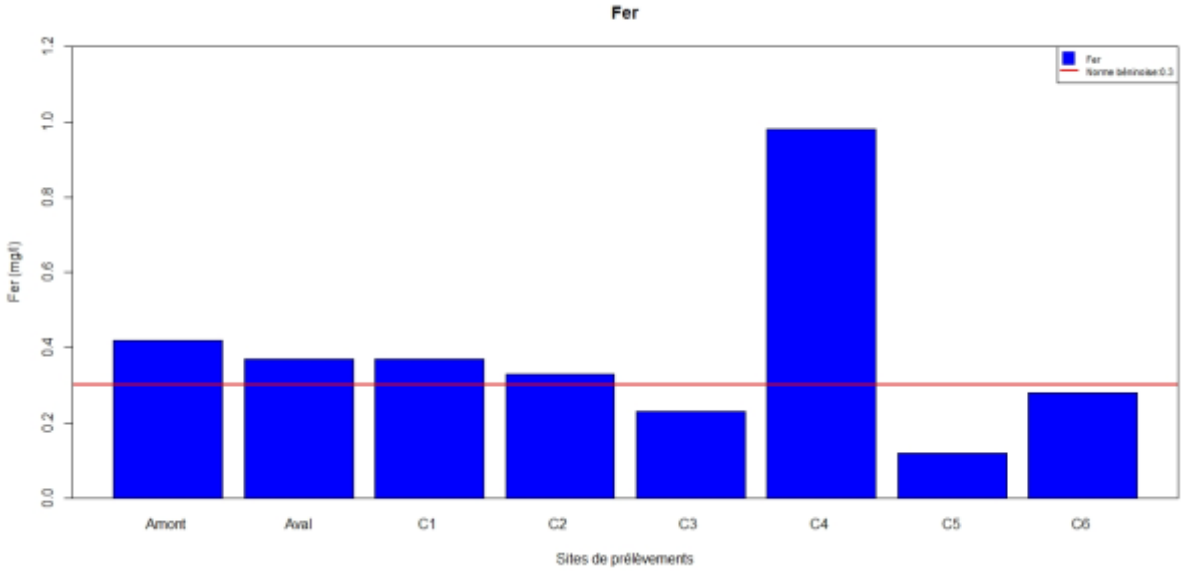


Figure 26 : Les teneurs en fer des différents sites de prélèvement.

3-1-3. Les paramètres microbiologiques de l'eau :

E. Coli : la figure 27 montre la concentration en E. Coli des différents sites de prélèvement. De l'analyse de cette figure, on remarque que la concentration en E. Coli dans ces eaux est assez importante, elle varie de 32UFC/100ml à 68UFC/100ml avec une moyenne de 47,75UFC/100ml qui correspond au site C4 Gbozou ll et site 1 Amont. Elle ne respecte donc pas la norme béninoise qui est 00UFC/100ml.

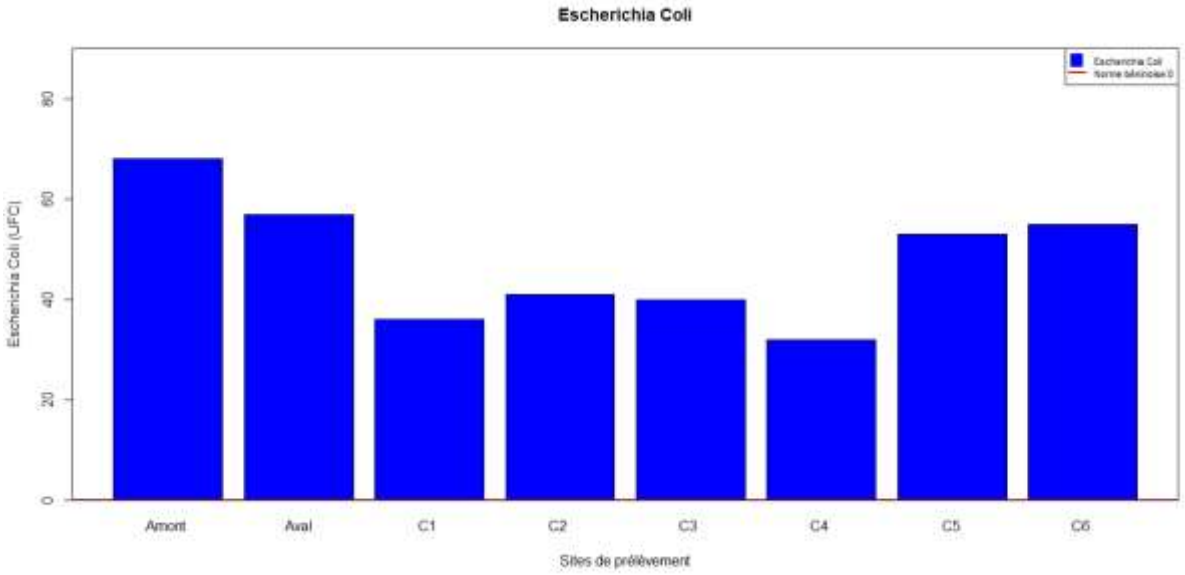


Figure 27 : La variation de la charge en E. Coli dans les différents sites de prélèvement.

Coliformes thermotolérants : la figure suivante montre la concentration en coliformes thermotolérant des différents sites de prélèvement. De l'analyse de cette figure, on remarque que la concentration en coliformes thermotolérant dans ces eaux est assez importante, elle varie de 85UFC100ml à 187UFC/100ml avec une moyenne de 126,375Nbr/100ml qui correspond aux sites C1 Loukpè et sites 1 Amont. Elle ne respecte donc pas la norme béninoise qui est 00UFC/100ml.

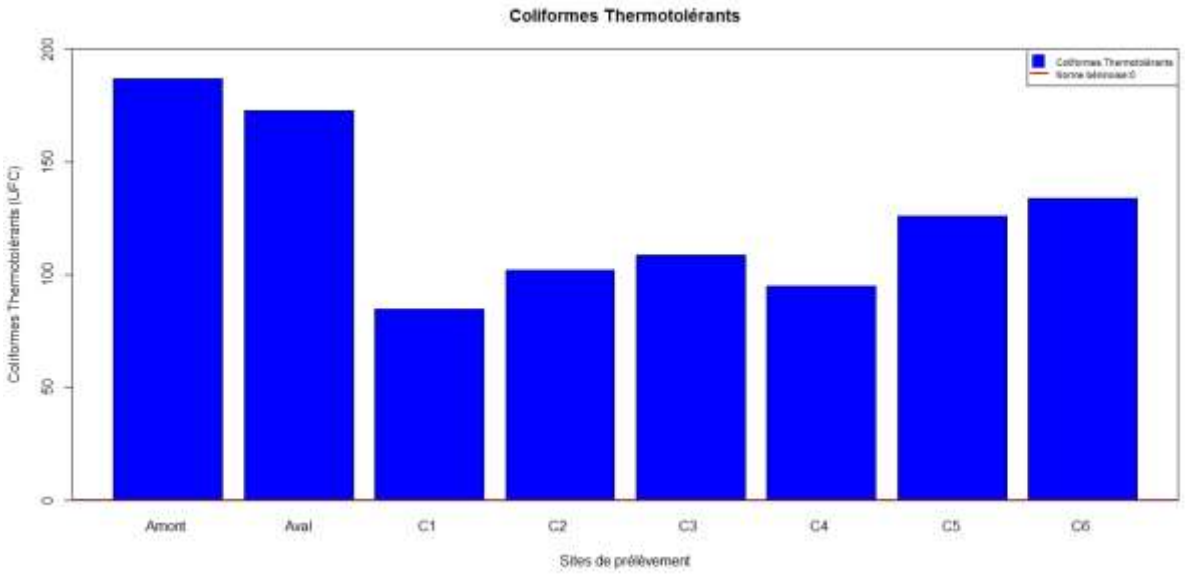


Figure 28 : la variation de la charge en coliformes thermotolérants dans les différents sites de prélèvement.

Streptocoques Fécaux : D'après les résultats de la figure suivante, nous avons remarqué la présence des Streptocoques Fécaux dans les eaux de la rivière (Amont et Aval) avec une valeur

moyenne de 0,75 UFC/100ml cette flore est absente dans les eaux de citernes. Les eaux de la rivière ne respectent donc pas la norme béninoise en vigueur pour une eau de consommation qui est de 00UFC/100ml.

Les streptocoques fécaux sont considérés comme un bon indicateur de contamination fécale des eaux, aussi il est utilisé comme un indicateur d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes (LEYRAL et al.,2002).

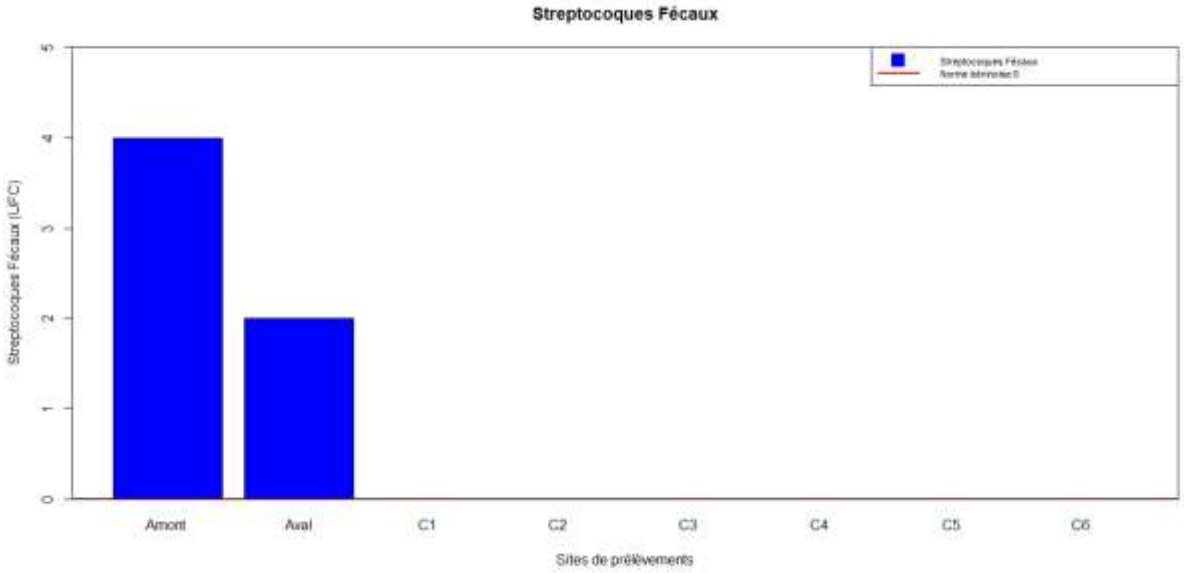


Figure 29 : variation de la charge bactérienne en streptocoques fécaux des différents sites de prélèvement.

3-2 Discussion :

Les constats faits sur le terrain et l'étude des paramètres physico-chimiques et microbiologiques révèlent des résultats surprenants sur la qualité de l'eau de citernes et celle de la rivière consommée par la population de SAHE dans la commune d'Agbangnizoun.

La population de SAHE utilise deux sources d'eau pour leur approvisionnement en eau, il s'agit des eaux de la citerne et celles de la rivière. L'assainissement autour de ces sources est peu acceptable, les gouttiers sont mal entretenus, les citernes sont nettoyées une seul fois par an, la rivière était nettoyée deux fois par an. Très peu de la population utilise des désinfectants avant consommation de l'eau (alun et ou aquatables). La plupart de la population ne possède pas de latrines, ni de dépotoirs d'ordures raisonnables. Ils défèquent et jettent les ordures dans la nature ce qui explique la contamination en matière fécale des échantillons d'eau prélevé dans cet arrondissement. La plupart de la population surtout les enfants souffrent fréquemment de maladies telles que le paludisme dû à une mauvaise hygiène et assainissement, de la diarrhée, de la fièvre typhoïde et de la maladie des verres dû à une mauvaise qualité microbiologique de l'eau consommée dans cette région

Après les différentes analyses au laboratoire, il ressort que :

La température des eaux étudiées varie entre 27,6°C et 28,3°C avec une moyenne de 28,05°C. Ces eaux sont donc sujettes à une pollution thermique. La plus haute valeur moyenne de température est enregistrée sur l'eau des deux échantillons Aval et C3 Gbozou l. Alors que la valeur moyenne la plus basse est enregistrée sur l'échantillon C6 Dovota. Toutes les valeurs de ce paramètre, prélevées sur les échantillons analysés ne dépassent pas la norme béninoise estimée de 25°C. La température joue un rôle très important dans la composition de l'eau, en influençant la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissous et la détermination du pH etc.., donc elle va se répercuter directement sur la charge bactérienne de cette eau ainsi il est important de connaître la température de l'eau. Ces températures élevées expliquent l'influence de la chaleur sur l'eau prélevée et le climat du milieu d'étude.

Ces résultats correspondent à celui de SAINOU et al (2019) au Bénin avec les eaux de consommation ayant une valeur moyenne de 27,76°C.

Les résultats des mesures du potentiel d'hydrogène des échantillons d'eau, consignés dans la figure 12, laissent ressortir des valeurs qui oscillent entre une moyenne maximale de 9,16 enregistrée sur les échantillons (C5 Fonli) et une moyenne minimale de l'ordre de 6,11 obtenue sur les échantillons (Amont, C4 Gbozou ll). Ces résultats montrent que la plupart des eaux de citernes de cet arrondissement sont presque neutre et respect la norme béninoise en vigueur

pour une eau de consommation béninoise qui précise comme niveau guide pH 6,5 à 8,5. Seul le pH de l'échantillon C5 Fonli dépasse cette norme et montre l'état basique de cette eau.

Ces résultats se rapproche et celui de DOVONOU et al (2020) sur la qualité de l'eau de citerne à Damé dans la commune de TOFFO au Bénin qui retrouve un pH relativement basique compris entre 7,46 à 10,9. Par contre, SAINOU et al (2019) ont obtenir des valeurs qui oscillent entre 6,21 à 6,76. De même, HERIARIVONY, et *al.,* (2015) signalent que l'eau de consommation en Madagascar a un pH qui varie entre 4,34 et 6,92, donc tend vers l'acidité. D'après CHAPMAN et *al.,* (1996), les valeurs du potentiel Hydrogène se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles. Le pH ou potentiel Hydrogène détermine la concentration en ions H_3O^+ de l'eau. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau, il représente une indication importante en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire).

La conductivité électrique de l'ensemble des échantillons d'eau est comprise entre 42,7µS/cm et 180,6µS/cm enregistrée sur les échantillons respectifs Amont et Aval. Ces valeurs sont enregistrées sur les eaux de la rivière. La conductivité de l'eau varie en fonction de la concentration des ions calcium magnésium, chlorures et bicarbonates en solution et la température de cette eau. La faible valeur de la conductivité électrique enregistrée (42,7 ;47,7 ; 49,2 ; 56,4…) Explique concentration des éléments chimiques dans ces échantillons d'eaux.
Il est de même pour DOVONOU et al (2020) avec une valeur de conductivité moyenne de 71,985µS/cm Ces valeurs se rapproche de celui de SAINOU et al (2019) au Bénin qui présente une conductivité variant de 45µS/cm à 985µS/cm.

La turbidité permet de mesure la teneur en matière en suspension dans l'eau. Toutes les valeurs observées pour la turbidité des eaux de citernes sont inférieures à 5UTN donc conforme aux normes béninoises en vigueur pour une eau de consommation par contre celles des eaux de la rivière (Amont et Aval) sont supérieurs à 5 UTN. L'eau de la rivière est donc trouble. Ces valeurs expliquent le ruissellement et le lessivage des matières en suspension de la terre vers le cours d'eau.

La couleur qui fait partir des paramètres importants dans la détermination de la qualité de l'eau est très élever dans les eaux de la rivière (100UcV en Amont et 229UcV en Aval), elle est aussi élevée dans certaine eau de citernes (C3 Gbozou l et C5 Fonli) et dépasse la norme béninoise qui est de 15UcV.

En revanche, SAINOU et al (2019) au Bénin ont trouvés des valeurs relativement pour la couleur des eaux de consommation (12 à29)

On peut donc dit que les eaux de ces sites ne sont pas propres. Ces valeurs élevées retrouvées expliquent le manque d'hygiène autours des citernes et de la rivière et un potentiel présence de fer dans ces milieux comme le signale les analyses du fer.

Les résultats de fer dans les échantillons d'eau confirment la présence d'une quantité élevée de cet élément chimique dans les échantillons d'eau ce qui montre l'état impure de l'eau de citerne et donc toxique pour la santé de l'homme, il est à l'origine des maladies comme le diabète les problèmes cardiaques (Pietrangelo, A. 2015 Hereditary hemochromatosies : pathogenesis, diagnosis and treatment).

Les résultats de magnésium dans ces échantillons d'eau varient entre 0,4357mg/l et 2,1787mg/l. ces valeur respect la norme béninoise en vigueur qui est 50mg/l elle ne représente donc aucun danger pour la population.

La teneur d'une quantité élevée en ammonium dans l'eau de citerne (C4 Gbozou ll) montre la présence des contaminants organiques, des fertilisants contenants de l'azote.

Les résultats de analyses microbiologiques des eaux de citernes et ceux de la rivière ont montré une qualité d'eau impropre pour la santé humaine.

La présence d'une quantité significative de E. Coli et coliformes thermotolérant dans les échantillons d'eau prélevées dans cet arrondissement montre une contamination fécale, un mauvais entretien des citernes et des rivières. Ces constats pourraient être à la base des maladies à support hydrique enregistrées dans cet arrondissement. Nous avons également remarqué la présence de streptocoques fécaux dans l'eau de la rivière, ce qui explique clairement lessivage des débris organiques dans les cours d'eau. Ces résultats se rapproche de celui de DOVONOU et al en (2020) qui a retrouvé dans ces échantillons d'eau la présence en abondance de Escherichia coli soit de 80% de ces résultats.

D'après MAKHLOUFI et *al.,* (2011) la contamination de l'eau de citerne est due à plusieurs facteurs tels que : l'absence de nettoyage régulier ou périodique des réservoirs par la population. Ces réservoirs sont mal fermés ce qui favorise la pénétration de la poussière. Cela permet le contact de l'eau avec le milieu extérieur surtout dans les périodes où il y a du vent (contamination par des germes apportés par la poussière). Aussi la majorité des citernes sont exposées au soleil surtout pendant la période d'été durant laquelle y a élévation de la température, ce qui favorise la multiplication des germes thermophiles tels que les coliformes fécaux, et le manque de conscience des utilisateurs d'eau vis-à-vis des risques sanitaires

apportés par l'eau. Ces faits expliqueraient la concentration alarmante des E. Coli, Coliformes thermotolérants et des Streptocoques fécaux retrouvés dans les eaux de citerne.

CONCLUSION :

Notre étude approfondie de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de citernes et de la rivière consommées dans l'arrondissement de SAHE dans la commune d'Agbangnizoun révèle une situation préoccupante. Les résultats obtenus soulignent la présence de nombreux contaminants qui peuvent compromettre la sécurité sanitaire de la population locale.

Du point de vue physico-chimique, les analyses révèlent une concentration alarmante des substances chimiques telles qu'ammoniums et fer. La présence de ces contaminants peut être attribuée à des facteurs tels que les activités agricoles dans la région, les rejets domestiques. Leur présence dans les eaux de citernes témoigne de la contamination de la ressource en eau et soulève des inquiétudes quant à leur impact sur la santé humaines à long terme.

Du point de vue microbiologique, les analyses révèlent des résultats préoccupants, la présence d'un indicateur de contamination fécale récente et ancienne et la présence des bactéries dans l'eau de consommation.

Ainsi, cette étude répond clairement à la problématique en affirmant que ni les eaux de citernes ni celles de la rivière ne peuvent être considérées comme totalement sures pour la consommation, donc la nécessité d'une sensibilisation accrue des communautés sur les techniques de stockage, de filtration et de traitement des eaux.

Cependant, il convient de souligner certaines limites de cette étude. D'une part, la portée de l'échantillonnage a été limitée dans le temps et dans l'espace, ne permettant pas une évaluation exhaustive de la variabilité saisonnière des qualités des eaux. D'autres par, les analyses microbiologiques se sont concentrées sur un nombre restreint de paramètres ce qui pourrait ne pas refléter l'ensemble des risques sanitaires associés à la consommation de ces eaux.

Ainsi, les points d'échantillonnages ont été choisi en fonction des ouvrages les plus utilisés et dont l'hygiène et l'assainissement ne sont pas recommandable.

SUGGESTION :

-installer des systèmes de filtration ou de purification.

-sensibiliser sur les bonnes pratiques de collecte et de stockage de l'eau.

-mettre en place de contrôles réguliers de la qualité de l'eau.

- reboiser les rives pour réduire l'érosion.

-faire une sensibilisation sur la gestion des déchets pour éviter la pollution.

-collaborer avec les autorités locales pour améliorer l'assainissement.

-organiser des ateliers pour informer la communauté sur la qualité de l'eau et les bonnes pratiques de santé publique.

-impliquer les leaders communautaires dans le processus de sensibilisation et de gestion des ressources en eau.

-mettre en place un système de suivi régulier de la qualité de l'eau.

-évaluer l'efficacité des mesures mises en place sur de longs termes.

- à l'endroit des autorités, d'élaborer des programmes qui permettront aux populations d'obtenir de l'eau potable de qualité depuis la source jusqu'à sa consommation ;

- sensibiliser sur les bonnes pratiques de collecte et de stockage de l'eau ;

- accroitre les études sur l'influence des systèmes de stockage d'eau des citernes ;

-faire des analyses sur les métaux lourds pour avoir une idée sur les risques de maladies dangereuses liées à la consommation de cette eau.

Référence bibliographique :

1-ADIOGO C.,2016. Systèmes de collecte et de stockage d'eau de pluie : cas des citernes au Bénin , mémoire de DESS, Université d'Abomey-Calavi

2-AIDE., 2014. Pollution de l'eau

3-BENZAÏD A., 2012. Santé Internationale, Journal Grotius international.

4-BERTRAND G., 2008. Utiliser L'eau De Pluie, Éditions Eyrolles, 130p

5-CARDOT C., 1999. Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus : génie de l'environnement. Edition Elipses.P71.

6-DEGREMONT G., 2005. Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10eme édition, Ed Tec et doc, pp. 3- 38.

7-DIOP C., 2006. Étude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, Références bibliographiques 36 mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales, université cheikh anta Diop de Dakar.

8- DOVONOU et al, 202à, Qualité des eaux pluviales stockées dans les citernes pour la consommation dans la commune de Toffo : cas de l'arrondissement de Damè

9-EMIRAT NECIRI (2017). Etude de la qualité bactériologique de l'eau de citerne vendue dans la ville d'OUARGLA

10- FAGBOHUN , O.2017. Prévalence des maladies hydriques au Bénin. Journal de la santé publique en Afrique 4(2), 45-56.

11- GBEHOUNOU G. 2012.Ecologie des rivières du Bénin : impacts environnementaux et enjeux socio-économiques. Thèse de doctorat. Université de Parakou.

12-GOULD ET NISSEN-PETERSEN (1999). Rainwater catchment systems for domestic supply.

13- KOUTOU A. 2010. Impact des activités anthropiques sur l'environnement en zone cotière su Bénin. Thèse de doctorat. Université d'Abomey-Calavi.

14- Organisation Mondiale de la Santé, 2019. Rapport annuel du Directeur 2019

15- OMS., 2000. Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. -Genève : OMS. -1050p.

16-SAINOU et al 2019. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation dans la commune de Toffo au Bénin : cas de l'arrondissement de Sèhouè.

17- SDE., 2005. En savoir plus sur la qualité de l'eau, brochure d'information. -Dakar. - SDE. -1 dépliant.

18- SOSSOU G. 2019. Gestion intégrée des ressources en eau au Bénin : enjeux et perspectives. Cahier de l'environmental du Bénin.

19- SOUMARE I. G., 1997. Contribution à l'étude de la qualité hygiénique des eaux de boisson vendues sur la voie publique. Th : Méd. vêt : Dakar ; 10.

20- TCHIBOZO J. 2011. Politique de l'eau et assainissement au Bénin :état des lieux et perspectives. Thèse Universitaire.

21- YEKPE B. 2012. Dynamique des ménages et pauvreté au Bénin. Actes de la Conférence Internationale sur la Pauvreté.

ANNEXES :

Annexe1 : enquête de terrain

Fiche d'enquête adressée aux ménages :

Nom et prénom et l'enquêteur : ……

Date:/…/…. Heure…….

Identifiants des zones d'enquêtes :

Commune…….
Arrondissement…….
Village : ……
Nom et prénom : ……...
Profession : ……
Ethnies : …….

États des lieux des citernes de l'arrondissement SAHE dans la commune d'Agbangnizoun :

Approvisionnement et usages :

1-Disposez-vous d'un système d'approvisionnement en potable ?

Oui ☐ non ☐

Si oui, lequel ?.....

Si non quelle eau buvez-vous ?.....

2-Disposez-vous d'une citerne dans votre maison ?

Oui ☐ non ☐

3-Les sources d'eaux sont-elles en bonne états ?

Oui ☐ non ☐

4-les sources d'eau dont vous disposez sont- elles protégées ?

Oui ☐ non ☐

Si oui quel type de protection ?.....

5- Quels usage faites-vous de l'eau ? ☐ Tout usages ☐ sauf consommation

6-l'eau a-t-elle un bon gout ?

Oui : ☐ non : ☐

Si non, à quoi s'apparente-t-il ?.....

-que pensez-vous de la qualité de l'eau de votre citerne ?

……

Hygiènes et assainissement autours de citernes et des environs :

1-Comment évacuez-vous les ordures ménagères ?
Incinération : ☐ SGDS : ☐ dépotoir d'ordure sauvage : ☐ dépôt ☐ dans la nature :

Autres (à préciser) …….

2-existes-t-il des anciens citernes abandonnées et transformées en poubelles dans les environs ?
Oui ☐ non : ☐

3-disposez-vous d'un système d'assainissement où vous faites vos besoins ?
Si oui, lequel ?.....

Si non, où faites-vous vos besoins ?.....

4-quelle distance existe-t-il entre la citerne et votre latrine ?
10 mètres 15 mètres ☐ 20 mètres ☐

Autres (à préciser) ……

5-existe-t-il d'autres sources de contaminations ?
Oui ☐ non ☐

6-traitez-vous votre eau de citerne avant la consommation ?
Oui ☐ non ☐

Si oui quel traitement appliquez-vous ?

…….

7-Quelles sont les maladies dont vous soufflez souvent ?
……

8-Pensez-vous que votre eau de consommation serait à l'origine de cette maladie ?
Oui ☐ non ☐

9- Quelle recommandation feriez-vous dans le cadre de l'amélioration de votre accès à l'eau potable ?
……

Merci pour votre participation.

ANNEXE 2 : Coordonnées et codes des sites de prélèvement des échantillons.

Codes	Lieux de prélèvements	Coordonnées géographiques	
Amont	Loupé	381000.208	785525.696
Aval	Gbozou l	380500.809	781042.114

C1	Loukpè	381050.253	783245.931
C2	Abigo	381309.656	783207.167
C3	Gbozou l	382000.207	781066.082
C4 ll	Gbozou ll	382300.273	780808.331
C5	Fonli	381620.600	783325.698
C6	Sohoué-Dovota	382900.806	783275.386

ANNEXE 3 : résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques.

Commune	Agbangnizoun							
Arrondissements	SAHE							
Sites	Amont	Aval	C1 Loukpè	C2 Abigo	C3 Gbozou1	C4 Gbozou ll	C5 Fonli	C6 Dovota
PH	6,11	7,32	6,82	6,82	7,40	6,74	9,16	7,46
Température	28,1	28,3	28,1	28,2	28,3	28	27,8	27,6
Conductivité	76,2	180,6	42,7	56,4	100,6	49,2	75,3	47,7
Turbidité	8	19	1	0	4	0	5	0
Couleur	100	229	0	0	28	0	67	0
Sulfates	0	1,3146	1,3146	5,7828	2,9395	0	0	0
Ammonium	0,1429312	0,0555298	0,1824028	0,29233594	0,0273358	2,9595118	0,2134162	0,0188776
Orthophosphates	0,0011107	0,0085321	0,0270856	0,901675	0,0493498	0,0530605	0,08276461	0,0641926
Chlorures	30,53	12,07	16,33	26,27	21,3	18,46	12,07	13,49
Calcium	10,7115	13,5679	14,282	24,2794	29,9922	14,282	21,423	21,423
Magnésium	1,7428	1,7428	0,8714	2,1785	0,8714	0,8714	1,3071	0,4357

Dureté	5,39227	10,5488	6,3915	5,8176	11,311	5,8176	8,7264	30,1261
Nitrites	0,089876	0,087896	0,17161	0	0,06146	0,050445	0,090099	0,087896
Nitrates	5,397215	1,108619	1,1955528	2,180768	0,413171	1,253504	0,007493	1,398389
Bicarbonates	86,1	36,9	36,9	43,04	30,75	73,8	61,5	49,2
Fluorures	0	0,02	0,02	0,06	0,04	0,05	0	0
Fer	0,42	0,37	0,37	0,33	0,23	0,98	0,12	0,28
E. Coli	68	57	36	41	40	32	53	55
Coliformes Thermotolérants	187	173	85	102	109	95	126	134
Streptocoques Fécaux	4	2	0	0	0	0	0	0

Tableau 1 : 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°C
Couleur	UCV	15UCV
Turbidité	UTN ou FNU	5UTN OU FNU
Conductivité	µS/cm	2000µS/cm
Bicarbonates	mg/l	-
Calcium	mg/l	100mg/l
Magnésium	mg/l	50mg/l
Chlorure	mg/l	250mg/l
Dureté	mg/l	200mg/l
Nitrates	mg/l	50mg/l
Nitrites	mg/l	3,2mg/l

Sulfates	mg/l	400mg/l
Ammonium	mg/l	0,51mg/l
Orthophosphates	mg/l	5mg/l
Fluorure	mg/l	1,5mg/l
Fer	mg/l	0,3mg/l

Source : DECRET N°2001-094 DU 20 FEVRIER 2001 FIXANT LES NORMES DE QUALITE DE L4EAU POTABLE EN REPUBLIQUE DU BENIN

Tableau 2 : normes de qualité microbiologique des eaux destinées à la consommation humaine en République du Bénin

Paramètres	Unités	Valeurs maximales permises
Escherichia coli	UFC/100ml	0UFC/100ml
Coliformes thermotolérants	UFC/100ml	0 UFC/100ml
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	0 UFC/100ml

Source : DECRET N°2001-094 DU 20 FEVRIER 2001 FIXANT LES NORMES DE QUALITE DE L4EAU POTABLE EN REPUBLIQUE DU BENIN





Planche3 : analyses au laboratoire, (Cliché KPOMALEGNI 2024)

TABLE DES MATIERES

DEDICACE :.....ii
Résumé :.....iv
Abstract:.....v
SOMMAIRE :.....vi
LISTES DES SIGLES ET ACRONYMES :.....vii
LISTE DES TABLEAU.....viii
LISTES DES FIGURES :.....viii
LISTES DES PLANCHES.....ix
CHAPITRE1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHYQUE.....4
1-1. Définition de quelques concepts :.....4
1-1-1Environnement.....4
1-1-2 Ménage.....4
1-1-3 Sources.....4
1-1-4 Santé.....4
1-1-5 Hygiène et assainissement.....5
1-1-6 Rivière.....5
1-1-7 Cours d'eau.....5
1-1-8 Eau de pluie.....6
1-1-9 Citerne.....6
1-2 Les différentes eaux d'approvisionnement.....7
1-2-1 Eaux souterraines.....7
1-2-2 Eaux de surface.....7
1-3 Clarification des eaux de consommation :.....7
1-3-1Eaux de robinet.....7
1-3-2 Eaux embouteillées.....7
1-4 Différents types de pollution des eaux :.....7
1-4-1 Pollution biologique.....7
1-4-2 Pollution physique.....8
1-5 Quelques maladies à transmission hydrique.....8
1-6 Caractéristiques d'une eau potable :.....8
CHAPITRE2 : CADRE D'E TUDE, MATERIEL ET APPROCHES METHODOLOGIQUES.....12
2-1 CADRE D'ETUDE.....12

2-1-1 situation géographique : 12
2-1-2 Climat : 12
Le climat de cette région est de type tropical, avec une saison sèche et une saison des pluies distinctes. 12
2-1-3 Contexte démographique et socio-culturel de SAHE : 13
2-1-4 Sol : 13
2-2 MATERIEL ET METHODES 13
2-2-1 Matériel de prélèvement et d'analyse 13
2-3 Méthodes 15
2-3-1 Recherches documentaires : 15
2-3-2 Enquête sur le terrain : 16
2-3-3 Échantillonnage d'eau : 16
2-3-4 Technique de prélèvement : 17
2-4 Analyses des échantillons : 17
2-4-1 Mesures des paramètres in-situ : 17
2-4-2 Analyse au laboratoire : 17
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION 24
3-1 Résultats : 24
3-1-1 Etat des lieux de la situation actuelle de l'approvisionnement en eau potable dans l'arrondissement de SAHE : 24
3-2 Discussion : 40
CONCLUSION : 44
Référence bibliographique : 46
ANNEXES : 48
TABLE DES MATIERES : 53