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

Todègnon Blanchard Romaric ZANOU

Pour l'obtention du diplôme de

Licence Professionnelle en Hydrologie

OPTION : ECOHYDROLOGIE

==========

EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX UTILISEES POUR LA CONSOMMATION HUMAINE SUR L'ILE D'AGONVE (ZAGNANADO).

==========

Maître de Mémoire

Professeur Edia Flavien DOVONOU

Maître de Stage

Dr Ousmane Touré BOUKARI

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

PROMOTION : 2021-2022

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

Todègnon Blanchard Romaric ZANOU

Pour l'obtention du diplôme de

Licence Professionnelle en Hydrologie

OPTION : ECOHYDROLOGIE

==========

EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX UTILISEES POUR LA CONSOMMATION HUMAINE SUR L'ILE D'AGONVE (ZAGNANADO).

==========

Mention : **Excellente**

Membres du jury	Emargements
Prof. Edia Flavien DOVONOU	
Dr Arouna YESSOUFOU	
Dr Ousmane Touré BOUKARI	

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

PROMOTION : 2021-2022

DEDICACE :

Je dédie ce travail à :

Mon père Léandre Parfait ZANOU et ma mère Camelle HOUNHOUENOU pour tous les sacrifices consentis pour mon éducation.

Mon oncle Cyriaque Orlito HOUHOUENOU et son épouse Célestine VIGNINOU pour l'amour, les conseils, l'assistance permanente dont ils ont fait preuve à mon égard.

Qu'ils trouvent en ce mémoire les fruits de leurs sacrifices.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas été mené à terme sans le soutien et les conseils de plusieurs personnes. Que chacun d'eux trouve dans le début de ce mémoire l'expression de mes sincères remerciements. Je remercie en premier le lieu le bon Dieu pour son amour, et son assistance tout au long de la réalisation de ce document. Je tiens à remercier particulièrement :

- Professeur Daouda MAMA, Directeur de l'Institut National de l'Eau (INE), pour nous avoir permis l'insertion dans son établissement ;
- Professeur Flavien DOVONOU pour son encadrement, ses aides, et sa disponibilité à suivre de loin et de près ce travail ;
- Docteur Ousmane BOUKARI pour sa précieuse contribution à la réalisation de ce travail, sa sympathie et la solidarité à mon égard et pour tous les sacrifices consentis dans l'élaboration de ce mémoire ;
- A tout le personnel du Laboratoire d'Hydrologie Appliquée (LHA) en l'occurrence Docteur ADANDEDJI Firmin et Monsieur Mohamed BOURE SALMANOU pour leur précieuse contribution à la réalisation de ce travail, leur sympathie et leur solidarité à mon égard ;
- Professeur ALASSANE Abdoukarim, chef de département sortant d'hydrologie et de gestion des ressources en eau (HGRE) pour ses conseils, son soutien et son aide;
- Tous les responsables de la Formation Professionnelle en Hydrologie à l'Institut National de l'Eau (INE) ;
- Tous les Honorables membres du Jury qui apprécieront ce modeste travail ; Merci pour le temps que vous sacrifierez au détriment de vos occupations pour l'analyse et l'amélioration de ce document ;
- Tous mes camarades d'hydrologie et spécialement ceux de la promotion 2019-2020 en particulier ceux d'éco-hydrologie avec qui tout au long des trois (3) années, nous avons partagé des moments de fraternité et d'apprentissage. Merci pour le soutien et l'entraide dont nous avons tous fait preuve ;

- Mes frères et sœurs, mes tantes, mes oncles, mes cousins et cousines pour l'amour, l'éducation, le soutien, l'orientation et les conseils de tous les jours ;
- Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce document, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude.

RESUME

L'eau, ressource essentielle à la vie et à la santé, est à la fois rare et inégalement répartie sur la planète. A cette rareté s'ajoute un véritable problème de qualité de l'eau disponible. Le présent travail vise à évaluer la qualité des eaux utilisées pour la consommation humaine sur l'ile d'Agonvè a Zagnanado en vue d'établir une relation de cause à effet entre cette qualité et le problème d'assainissement de base observé sur cette ile. Les enquêtes de terrain et les analyses de laboratoire ont abouti à des résultats qui permettent de répondre à l'objectif susmentionné. Les méthodes de spectrophotométrie d'absorption moléculaire et de membrane filtrante pour le dénombrement des germes ont été utilisées lors des analyses de laboratoire. Les résultats ont été comparés aux normes de qualité (norme béninoise) pour évaluer la qualité des eaux. Les valeurs de température (26,76°C à 27,55°C), de couleur (29 UcV a 264 UcV) et de turbidité (4 UTN a 22 UTN) sont supérieures à la norme établit en République du Bénin. Du point de vue chimique, les eaux présentent des teneurs en fer qui varient de 0,70 à 1,65 mg/L. Ces valeurs sont supérieures à la norme béninoise qui est de 0,3 mg/L. Par ailleurs l'ensemble des eaux analysées sont contaminées par les coliformes fécaux (29 à 209 UFC/100 mL), les *Escherichia coli* (0 à 87 UFC/100 mL) et les streptocoques fécaux (0 à 36 UFC/100 mL). Avec les résultats issus de l'analyse des paramètres physico-chimiques nous avions évalué l'aptitude de ces eaux à la consommation humaine par le calcul de l'Indice de Qualité de l'eau. Les indices calculés varient de 194,07 à 483,47 indiquant que les eaux consommées par les habitants de l'ile d'Agonvè sont impropres à la consommation humaine et nécessitent un traitement avant consommation.

MOTS CLES : Paramètres physico-chimiques, bactériologique, eau de boisson, indice de qualité de l'eau, lac Azili, ile d'Agonvè.

ABSTRACT

Water, an essential resource for life and health, is both scarce and unevenly distributed across the planet. This scarcity is compounded by a real problem of the quality of the water available. The present work aims to assess the quality of water used for human consumption on the island of Agonvè a Zagnanado in order to establish a causal relationship between this quality and the basic sanitation problem observed on this island. The field surveys and laboratory analyses yielded results that meet the above objective. Molecular absorption spectrophotometry and membrane filter methods for germ counts were used in the laboratory analyses. The results were compared to the quality standards (Beninese standard) to assess the quality of the water. The values for temperature (26.76°C to 27.55°C), colour (29 UcV to 264 UcV) and turbidity (4 UTN to 22 UTN) are higher than the standard established in the Republic of Benin. From a chemical point of view, the waters have iron contents that vary from 0.70 to 1.65 mg/L. These values are higher than the Beninese standard of 0.3 mg/L. In addition, all the water analysed was contaminated with faecal coliforms (29 to 209 CFU/100 mL), Escherichia coli (0 to 87 CFU/100 mL) and faecal streptococci (0 to 36 CFU/100 mL). With the results of the analysis of the physico-chemical parameters, we evaluated the suitability of these waters for human consumption by calculating the Water Quality Index. The calculated indices vary from 194.07 to 483.47 indicating that the water consumed by the inhabitants of the island of Agonvè is unfit for human consumption and requires treatment before consumption.

KEYWORDS: Physico-chemical parameters, bacteriological, drinking water, water quality index, Lake Azili, Agonvè Island.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE :.....i
REMERCIEMENTS.....ii
RESUME.....iv
ABSTRACT.....v
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES.....ix
LISTE DES FIGURES.....x
LISTE DES TABLEAUX.....xii
INTRODUCTION.....1
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....5
1.1 Généralités sur l'eau.....5
1.1.1 Eau minérale.....5
1.1.2 Eau polluée.....5
1.1.3 Eau potable.....5
1.1.4 Eaux souterraines.....6
1.1.5 Eaux superficielles.....6
1.1.6 Eaux dures.....7
1.2 Les différents usages de l'eau.....7
1.2.1 Les usages domestiques.....7
1.2.2 Les usages agricoles.....7
1.2.3 Les usages industriels.....7
1.3 La pollution de l'eau.....8
1.3.1 Définition.....8
1.3.2 La pollution des eaux souterraines et superficielles.....8
1.3.3 Pollution organique.....8
1.3.4 Pollution physique.....8
1.3.5 Pollution chimique.....9
1.3.6 La pollution microbienne.....9

1.3.7 La pollution virale 9
1.4 Les maladies hydriques 9
1.5 Normes de la qualité de l'eau 10
1.5.1 Normes selon l'OMS 10
1.5.2 Normes Béninoise 10
1.6 Caractéristiques d'une eau potable 11
1.6.1 Paramètres organoleptiques 11
1.6.2 Les paramètres physico-chimiques 11
1.6.3 Les paramètres bactériologiques 14
1.7 Indice de qualité des eaux 15
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 18
2.1 Situation géographique et présentation du cadre d'étude. 18
2.2 Climat 19
2.3 Géologie 19
2.4 Le Sol 20
2.5 Hydrographie 21
CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES 25
3.1 Matériel de prélèvement et d'analyse 25
3.1.1. Matériels de terrain 25
3.1.2 Matériel de laboratoire 25
3.2 Méthodes 26
3.2.1 Recherche documentaire 26
3.2.2 Travaux de terrain 26
3.2.3 Analyse au laboratoire 28
3.2.4 Traitement des données 30
CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION 34
4.1 RESULTATS 34

4.1.1 Résultats des enquêtes de terrain 34

4.1.2 Résultats des analyses physico-chimiques 35

4.1.3 Résultats des analyses bactériologiques 45

4.1.4 Résultats du calcul de l'indice IQE et évaluation de la qualité des eaux 47

4.2 DISCUSSION 48

CONCLUSION 51

Références bibliographiques 52

ANNEXES 58

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

E. coli : Escherichia Coli

GPS : Global Positionnig System

INE : Institut National de l'Eau

IQE : Indice de Qualité des Eaux

LHA : Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

N.B : Norme Béninoise

MTH : Maladie à Transmission Hydrique

NTU : Nephelometric Turidity Unit

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

pH : Potentiel d'Hydrogène

RGPH : Recensement Général de la Population en Habitat

TDS : Total Dissolved Solid

TH : Titre Hydrométrique

UFC : Unité Formant Colonie

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de la situation géographique de Agonvè. 18
Figure 2: Précipitation mensuelle dans la commune de Zagnanado (Source : [60]). 19
Figure 3: Carte géologique de la commune de Zagnanado. 20
Figure 4: Carte pédologique de la commune Zagnanado. 21
Figure 5: Carte hydrographique de la commune Zagnanado. 22
Figure 6: Evolution de la population de Zagnanado (Source :[57]). 23
Figure 7: Carte d'échantillonnage 27
Figure 8: Variation de la concentration en calcium au niveau des sites de prélèvement. 35
Figure 9: Variation de la concentration en magnésium au niveau des sites de prélèvement. . 36
Figure 10: Variation de la concentration en chlorures au niveau des sites de prélèvement. ... 36
Figure 11: Variation de la concentration en dureté au niveau des sites de prélèvement. 37
Figure 12: Variation de la concentration des nitrates au niveau des sites de prélèvement. 38
Figure 13: Variation de la concentration des nitrites au niveau des sites de prélèvement. 38
Figure 14: Variation de la concentration des sulfates au niveau des sites de prélèvement. 39
Figure 15: Variation de la concentration du fer au niveau des sites de prélèvement. 40
Figure 16: Variation de la concentration du potassium au niveau des sites de prélèvement. . 40
Figure 17: Variation de la concentration du sodium au niveau des sites de prélèvement. 41
Figure 18: Variation de la concentration du sodium au niveau des sites de prélèvement. 42
Figure 19: Variation des valeurs de la turbidité au niveau des sites de prélèvement. 42
Figure 20: Variation des valeurs de la couleur au niveau des sites de prélèvement. 43
Figure 21: Variation du pH au niveau des sites de prélèvement. 44
Figure 22: Variation de la température au niveau des sites de prélèvement. 44
Figure 23: Variation des Coliformes fécaux au niveau des sites de prélèvement. 45
Figure 24: Variation de Escherichia Coli au niveau des sites de prélèvement. 46
Figure 25: Variation des Streptocoques fécaux au niveau des sites de prélèvement. 46
Figure 26: Variation des IQE au niveau des sites de prélèvement. 47

LISTES DES PLANCHES

Planche 1 : Occupation de l'ile d'Agonvè (Cliché R. ZANOU, Octobre 2022)..... 23

Planche 2 : Echantillonnage physico-chimique et bactériologique (Cliché R. ZANOU, Octobre 2022)..... 30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en $CaCO_3$ 13

Tableau 2 : Codes et coordonnées géographiques des sites de prélèvements..... 27

Tableau 3 : Valeurs permises par la norme Béninoise..... 31

Tableau 4 : Classification de l'eau selon l'IQE [64]..... 32

Tableau 5 : Valeurs des IQE calculés et qualité de l'eau. 47

INTRODUCTION

L'accès à l'eau potable est un facteur déterminant pour le développement aussi bien socio-économique, qu'environnemental d'une population. Cette problématique hautement préoccupante pour la communauté internationale, fait l'objet du sixième objectif du développement durable [1]. Ce dernier vise l'accès universel à l'eau potable, à l'assainissement et à l'hygiène d'ici 2030 et appelle à un suivi approfondi pour s'assurer que personne n'est laissé pour compte.

De nos jours, 1 habitant sur 10 est toujours privé d'accès à l'eau potable, avec de forte disparité entre les régions et les pays du monde. 1 habitant sur 4 consomme de l'eau contaminée, 1 habitant sur 3 ne dispose pas d'un assainissement approprié, ce qui provoque un enjeu majeur de santé publique [2]. D'après l'OMS, chaque année 1,8 millions de personnes dont 90% d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra) et 88% des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau [3].

La persistance des maladies d'origine hydrique au Bénin reflète les problèmes liés à la qualité de l'eau de consommation avec une emphase sur le respect des règles d'hygiène associé à la chaîne de collecte (transport et stockage) [4]. La bonne qualité organoleptique, physicochimique et microbiologique de l'eau est donc un facteur déterminant pour la prévention des maladies d'origine hydrique et une protection de la santé publique. Une eau de consommation devrait respecter les directives de qualité de l'eau de boisson fixées par l'OMS. Ce sont des exigences raisonnables minimales s'appliquant aux pratiques sans risque, destinées à protéger la santé des consommateurs [5]. De ces directives, naissent des normes nationales qui intègrent le contexte environnemental, social, économique et culturel de chaque pays. La surveillance de la qualité de l'eau suivant ces normes permet d'assurer son intégrité et par la même, la santé des consommateurs.

La qualité de nos réserves d'eau douce mondiales est de plus en plus menacée par la contamination. Bien que l'eau contienne des contaminants naturels, elle est de plus en plus polluée par les activités humaines comme la défécation en plein air, un traitement incorrect des eaux usées, les décharges sauvages, de mauvaises pratiques agricoles, et les déversements de produits chimiques dans les sites industriels.

Au Bénin, la desserte en eau potable est assurée par la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) et l'Agence Nationale d'Approvisionnement en Eau en Milieu Rural (ANAEPMR). Ces dernières, malgré leurs multiples efforts, n'arrivent pas à satisfaire la demande en eau de

consommation sur toute l'étendue du territoire national. Ainsi l'insuffisance des ouvrages d'approvisionnement en eau potable contraint les populations à faire un usage domestique des eaux de surface non traitées avec toutes les conséquences sur leur santé [6]. Tel est le cas à Agonvè, une ile entourée par les eaux du lac Azili. Sur cette dernière, l'eau potable est une denrée rare aussi bien dans les ménages que dans les écoles ou le centre de santé. Toute la population s'approvisionne quotidiennement en eau dans ce lac. Ceci est dû à un déficit d'ouvrages d'approvisionnement en eau de bonne qualité [7].

Les populations d'Agonvè s'approvisionnent et s'alimentent en eau de consommation dans des conditions assez désastreuses. Les dépotoirs et la défécation à l'air libre sont des habitudes bien ancrées dans la localité, ce qui accentuent les risques de transmission de maladies. Les enfants particulièrement ont un organisme assez fragile, ce qui les rend plus vulnérables aux microorganismes et aux nombreuses maladies hydriques. C'est la raison principale qui nous a conduit à mener nos recherches sur le sujet intitulé : **« Évaluation de la qualité des eaux utilisées pour la consommation humaine sur l'ile d'Agonvè (Zagnanado). »**

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres : le premier chapitre présente la Synthèse bibliographique ; le deuxième chapitre présente la structure d'accueil et la zone d'étude ; le troisième chapitre quant à lui expose le matériel et les différentes méthodes utilisées et le chapitre 4 présente les résultats essentiels et la discussion.

Objectifs de l'étude

Objectif Général :

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux utilisées pour la consommation humaine sur l'ile d'Agonvè.

Objectifs spécifiques :

Les objectifs spécifiques formulés sont les suivants :

- Caractériser les eaux utilisées pour la consommation humaine sur le plan physico-chimique ;
- Caractériser les eaux utilisées pour la consommation humaine sur le plan bactériologique ;
- Apprécier la qualité des eaux de l'ile d'Agonvè par calcul de l'IQE.

Hypothèses

Pour atteindre ces objectifs les hypothèses suivantes ont été émises :

- Les eaux utilisées pour la consommation humaine sur l'ile d'Agonvè ne respectent pas les normes sur le plan physico-chimique.
- Les eaux utilisées pour la consommation humaine sur l'ile d'Agonvè ne respectent pas les normes sur le plan bactériologique.
- Les eaux utilisées sur l'ile d'Agonvè sont impropres à la consommation humaine.

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Généralités sur l'eau

L'eau, du latin *aqua*, est un corps chimique, incolore, inodore, insipide, généralement neutre et liquide à température ordinaire. Chaque molécule d'eau est composée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (H_2O). L'eau est un élément constitutif du milieu naturel dans l'écosystème, c'est également un élément indispensable à toute forme de vie sur notre planète [8]. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez remarquables par rapport aux autres liquides, car c'est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les aloïdes [9]. L'eau se retrouve dans l'écosphère sous trois états : solide, liquide et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression [9]. Ainsi vue de l'espace, la terre apparaît bleue car les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre (70 %) [10]. Cependant, la majeure partie de l'eau (environ 97 %) est contenue dans les océans et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme, l'eau douce n'en représente que 2,6 %. La moitié de cette eau douce représente l'eau disponible pour l'usage humain avec seulement 0,3 % du volume d'eau de la planète [11].

1.1.1 Eau minérale

C'est une eau souterraine contenant des sels minéraux [12]. C'est une eau dont la concentration en ions est parfois bien supérieure à la concentration définie pour les eaux destinées à la concentration humaine.

1.1.2 Eau polluée

C'est une eau ayant subi, du fait des activités humaines directes ou indirectes, ou sous l'action d'un processus soit biologique ou soit géologique, une dégradation de son état qui a pour conséquence de la rendre impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée [12].

1.1.3 Eau potable

C'est une eau destinée à la consommation humaine répondant, à l'état naturel ou traité, à des normes définies par la réglementation en vigueur sur la qualité de l'eau [12]. L'organisation mondiale de la santé (OMS), définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), physico-chimiques (température, pH, etc.), microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, etc.). Et à des substances indésirables et toxiques (Nitrates, nitrites, arsenic, plomb, hydrocarbures, etc.). Ces normes établies, par l'OMS, l'union européenne (UE),

ou par chaque pays, fixent les teneurs limites, à ne pas dépasser pour les paramètres préalablement cités. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, ne signifie pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, Mais que leur concentration est suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur [13].

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industrie. La notion de potabilité est liée directement à l'alimentation humaine. Une eau naturelle est dite potable si elle présente les qualités suivantes :

• fraîcheur et limpidité ;
• absence d'odeur et de couleur ;
• goût agréable ;
• suffisamment douce, aérée ;
• minéralisation raisonnable ;
• absence de matières organiques et de germes pathogènes [14].

1.1.4 Eaux souterraines

C'est l'ensemble des eaux se trouvant sous la surface du sol dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol [12]. Ce sont les eaux qui circulent sous le niveau du sol et qui remplissent les fractures du socle rocheux ou les pores présents dans les milieux granulaires tels que les sables et les graviers [15]. Elles proviennent de l'infiltration lente d'environ 20 % des eaux de précipitation, à travers le sol, jusqu'aux couches imperméables où elles s'accumulent en nappes plus ou moins importante et profondes. La pénétration et la rétention de ces eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains et notamment de leurs structures. L'eau souterraine est d'une composition plus stable que celle des eaux de surface. Sa composition chimique est déterminée par la nature géologique du terrain, puisque l'eau est en contact continu avec le sol dans lequel elle stagne ou circule [16].

1.1.5 Eaux superficielles

C'est l'ensemble des eaux intérieures à l'exception des eaux souterraines, les eaux de transition et les eaux côtières [12]. Ce type d'eau englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages, …). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un

développement d'une vie microbienne à cause des déchets qui s'y rejettent et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. [17].

Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone [17].

1.1.6 Eaux dures

Une eau dure incruste à froid ou à chaud les récipients qui la contiennent. La dureté est engendrée par la présence des ions calcium ; magnésium, et un à degré moindre le fer et l'aluminium [17].

1.2 Les différents usages de l'eau

L'eau est une substance indispensable à tous les êtres vivants : hommes, animaux et plantes. Elle est également nécessaire à toutes les activités développées par l'homme. On peut ainsi distinguer les usages ci-après :

1.2.1 Les usages domestiques

Il comprend les prélèvements d'eau de consommation personnelle, ceux des établissements commerciaux, services publics et autres usages municipaux. Il peut inclure des données de prélèvements d'usines raccordées au système d'égout [20].

1.2.2 Les usages agricoles

L'agriculture est la principale consommatrice d'eau. Les prélèvements incluent l'irrigation et l'élevage du bétail, ces prélèvements sont peu importants dans les pays tempérés (13 % du total en France) [21].

1.2.3 Les usages industriels

L'usage industriel est consommatrice d'eau, ses prélèvements concernent les usines non raccordées au système d'égout municipal. Elle peut être utilisée dans l'entretien (lavage, nettoyage), dans le transport hydraulique, dans les fluides du système de refroidissement utilisé par des usines [22].

1.3 La pollution de l'eau

1.3.1 Définition

La pollution de l'eau est due à sa contamination par des corps étrangers tels que des microorganismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres. Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités [23].

La pollution des eaux peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulée de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries divers, du lessivage des terrains traversées [16].

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol. Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou Issues d'activités humaines.

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricole, produit une quantité de substances polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies [19].

1.3.2 La pollution des eaux souterraines et superficielles

La pollution des eaux superficielles est très perceptible, attire l'attention sur les dangers et les mesures à prendre pour la combattre. Par contre la pollution des eaux souterraines est moins apparente, de telle sorte que la tendance générale est de la négliger. Mais elle n'en est pas moins dangereuse, car elle atteint les ressources les plus précieuses par leur qualité et la nature de leurs réserves [24]. La pollution des eaux souterraines est le risque permanent de l'élimination de la ressource en eau dans un proche avenir [25]. La pollution des eaux souterraines entraîne le risque permanent de limitation de cette ressource dans le proche avenir [26].

1.3.3 Pollution organique

La pollution organique est la plus répondue, elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduaires provenant de diverses industries agroalimentaires, abattoirs, laiteries, fromageries, sucreries, industries, bois et papeteries [27].

1.3.4 Pollution physique

- **Pollution thermique**

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

- **Pollution radioactive**

La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde) ou d'une contamination liée à des retombées atmosphérique (explosions nucléaires) ; des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets d'installation des centrales nucléaires [28].

- **Pollution mécanique**

Elle provient du lessivage des sols par des pluies abondantes et des travaux et de revêtements qui rendent le sol imperméable provoquant une concentration des écoulements et des volumes entrainant de boues importantes [28].

1.3.5 Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de santé publique qui prend des formes multiples, certaines formes de pollution chimique échappent souvent aux méthodes ordinaires de traitement de l'eau et posent par conséquent des problèmes complexes de pollution ; tant au niveau des eaux de surface qu'au niveau des nappes souterraines [28].

1.3.6 La pollution microbienne

C'est une pollution d'origine humaine et animale ; elle est engendrée par les rejets urbains. La pollution microbienne devient très dangereuse lorsque les eaux usées sont rejetées dans un milieu pouvant être utilisé comme moyen de loisir (eau de mer ; lac ; rivière, etc.). La présence de microorganismes pathogènes (*E. Coli ; Streptocoques fécaux ; salmonelle vibrions*) peut être à l'origine des maladies infectieuses (fièvre typhoïde ; choléra) [29].

1.3.*7* La pollution virale

Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatiques. Ils présentent un intérêt direct en santé humaine et ils sont capables de provoquer des infections chez l'homme [30]. Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, par les selles, plus rarement Par les urines ou les excrétions nasopharyngées. On connait plus de 100 types de virus pathogènes regroupés sous le nom de virus entériques, ils appartiennent à plusieurs familles et genres. Ces virus entériques sont retrouvés dans les eaux usées avant de contaminer le milieu naturel. Parmi les virus présents dans l'eau, on compte le virus de l'hépatite A, le virus de l'hépatite E plutôt confiné dans les milieux tropicaux, le virus commun des Gastroentérites, les adénovirus, les ribovirus [31].

1.4 Les maladies hydriques

Les maladies hydriques sont « les maladies (et par extension les risques sanitaires) liés à la qualité de l'eau et à l'accès à l'eau potable. Les maladies à transmission hydrique (Appelées également maladies des mains sales ou maladies des canalisations) constituent un groupe de

maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissement …) et dont la nature et propagation sont liées à divers facteurs, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté [32].

Ces maladies sont ainsi nommées car elles sont provoquées par l'ingestion ou le contact avec des eaux insalubres. En ce qui nous concerne, sont appelées maladies hydriques toute maladie affectant un individu par l'intermédiaire de la consommation d'eau non propre [33]. Les maladies à transmission hydrique appelées par contraction (MTH) appelé également maladies de canalisation ils constituent un groupe de maladies à allure épidémique dues à l'ingestion d'eau contaminée par certains germes. Les MTH recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale comme les bactéries strictement pathogènes ou opportunistes, les virus ou les parasites issues d'une fèces humaine ou animale, dont l'élément commun est le mode de contamination de l'eau [34].

1.5 Normes de la qualité de l'eau

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixe notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Globalement, les qualités de l'eau de boisson doivent obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales [35]. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur [36].

1.5.1 Normes selon l'OMS

L'OMS établit, pour chaque paramètre, des recommandations qui peuvent être adaptées dans chaque pays, en fonction de l'état sanitaire et des conditions économiques, pour aboutir aux normes réglementaires nationales [35].

1.5.2 Normes Béninoise

Il s'agit du décret nº 2001-094 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République de Bénin. Ce décret fixe les normes de qualité de l'eau potable en République de Bénin. L'eau destinée à la consommation humaine et aux usages domestiques est soumise à des normes, physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques, afin de protéger la population des effets indésirables liés à la permanence de polluants physique, chimiques microbiens et radioactifs dans les eaux de consommation [37].

1.6 Caractéristiques d'une eau potable

1.6.1 Paramètres organoleptiques

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé [18].

1.6.1.1 Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité [19].

1.6.1.2 Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition l'odeur peut être définie comme : l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances [19].

1.6.1.3 Goût et saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs [19].

1.6.2 Les paramètres physico-chimiques

1.6.2.1 Qualité physique

1.6.2.1.1 Température

C'est un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur [38]. La température de l'eau dépend d'une série de facteurs.

▪ Situation géographique, la saison

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

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

▪ Le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température) [39].

1.6.2.1.2 Potentiel hydrogène

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H+ contenus dans l'eau. Il résume la Stabilité de l'équilibre établir entre les différentes formes de l'acidité carbonique, et il Est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates [40].

1.6.2.1.3 Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organique, micro-organismes…), étant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Et sont exprimées en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables sont employées, l'unité néphélométrique de turbidité ou NTU [41].

1.6.2.1.4 Les solides Totaux Dissous (TDS)

Le TDS signifie le total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Il est composé de sels inorganiques tels que (calcium, magnésium, potassium et sodium) et des carbonates (nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates) ainsi que quelques matières organiques. Des sources d'eau minérales contiennent de l'eau avec un taux élevé de solides dissous parce qu'elles ont coulés à travers des régions où les roches contiennent beaucoup de sels [42].

1.6.2.2 Qualité chimique

1.6.2.2.1 Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répondu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables.

Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc. les eaux de bonne qualité renferment de 250 à 350 mg/l les eaux qui dépassent les 500 mg/l présente de sérieux inconvénient pour les usages domestique et pour l'alimentation des chaudières [45].

1.6.2.2.2 Chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (Na Cl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux [40].

1.6.2.2.3 Dureté totale (TH)

La dureté de l'eau est due à la présence de calcium et dans une moindre mesure, de magnésium. On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium.

Tableau 1 : Relation entre dureté de l'eau et concentration équivalente en CaCO3

Eau douce	Eau moyennement douce	Eau dure	Eau très dure
0 à 60	60 à 120	120 à 180	Plus de 180

Une dureté supérieure 200 mg/L peut provoquer l'entartrage CaCO3 (excès calcaire) du système de distribution et entraîner une consommation excessive de savon avec formation d'écume. La concentration du calcium dans l'eau de consommation n'est pas généralement élevée par rapport au besoin journalier (2 g/j) [43].

1.6.2.2.4 Fer (Fe^{2+})

Le fer est un élément assez abondant dans les roches sous différentes formes. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations [46].

1.6.2.2.5 Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le magnésium peut avoir deux gaines : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du MgSO4 des terrains gypseux du trias situés au sud [44].

1.6.2.2.6 Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates [46].

1.6.2.2.7 Nitrites (NO_2^-)

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratation. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites

constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température [19].

1.6.2.2.8 Potassium (K^+)

Le potassium est l'élément chimique de numéro atomique 19, de symbole K. Il s'oxyde rapidement au contact de l'air et réagit violemment avec l'eau. À faibles doses, il ne présente pas de risque significatif. Mais son excès dans le corps humain provoque une hyperkaliémie.

1.6.2.2.9 Sodium (Na^+)

Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques. Il est nécessaire à l'homme pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme. Les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable.

1.6.2.2.10 Sulfates (SO_4^{2-})

C'est un sel de l'acide sulfurique. Les sulfates contenus dans l'eau sont fournis par la dissolution des roches, de l'oxydation des sulfures (des matières organiques d'origine animale).

1.6.3 Les paramètres bactériologiques

Le contrôle bactériologique réalisé dans ce contexte, porte sur la quantification des germes indicateurs de contamination fécale dont trois indicateurs sont à noter : coliformes totaux, coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques sont utilisés comme complémentaire : germes totaux et Clostridium sulfito-réducteurs [32]. L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entrainer une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à la recherche des bactéries aérobie, c'est-à-dire celles qui pourraient se développer en présence d'oxygène :

• Coliforme fécaux
• Coliforme totaux
• streptocoques fécaux [47].

1.6.3.1 Les Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo- tolérants, sont un sous-groupe des coliformes qui ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44 °C en 24h. L'existence de ces germes peut être une indication de la présence des micro-organismes entéro-pathogènes, comme les salmonelles [48]. L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli (E. coli).* C'est la seule bactérie indicatrice qui représente sans équivoque une contamination d'origine fécale animale ou humaine [48]. Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44 °C, ils remplacent dans la majorité des cas

l'appellation : (coliformes fécaux) on cite l'exemple de *E. coli* qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermente le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente [49].

1.6.3.2 Les Streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille des *Streptococcaceae,* au genre Streptococcus [49]. Ce sont les streptocoques du groupe D, Ils sont définis comme étant des *coccis* sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37 °C et possèdent le caractère homofermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus* [49]. Il s'agit de *cocci* à gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène [50]. Ils se retrouvent habituellement dans les eaux souterraines à la suite d'une pollution d'origine fécale ancienne. Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9,6. Par conséquent, ces germes peuvent être utilisés comme indicateurs d'organismes pathogènes ayant une résistance similaire au pH élevé [51].

1.7 Indice de qualité des eaux

La qualité de l'eau est un critère important pour répondre à la demande et à l'approvisionnement en eau. Garantir une qualité d'eau douce adaptée aux besoins humains et écologiques est donc un aspect important de la gestion intégrée de l'environnement et du développement durable. Pour représenter de manière claire la qualité de l'eau, différents indices de la qualité de l'eau sont utilisés pour évaluer la qualité des eaux superficielles. L'indice de la qualité de l'eau (IQE) est une méthode simple utilisée comme partie de l'analyse de la qualité générale de l'eau à l'aide d'un groupe de paramètres réduisant les grandes quantités d'informations à un seul nombre, généralement sans dimension, d'une manière simple et reproductible [52].

Cette méthode a été initialement proposée par [52] et [53]. Pour calculer cet indice, [52] a proposé la première formule qui tient compte de tous les paramètres nécessaires à la détermination de la qualité des eaux de surface et qui reflète l'influence composite de différents paramètres importants pour l'évaluation et la gestion de la qualité de l'eau [54]. Cet indice a été utilisé pour la première fois pour mettre en évidence les changements physico-chimiques

susceptibles de se produire au cours de l'année et leur impact sur la qualité de l'eau d'alimentation [55].

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 Situation géographique et présentation du cadre d'étude.

La commune de Zagnanado est située sur le plateau de Zagnanado au Nord de la dépression de la lama entre 7° et 7°30' latitude Nord et 2°15' et 2°30' longitude Est. Elle occupe une superficie de 750 km^2 et est limitée au Nord par la commune de Dassa-Zoumè, au Sud par les communes de Ouinhi et de Zogbodomey, à l'Est par les Communes de Kétou, Adja-Ouèrè et à l'Ouest par les communes de Covè, Za-Kpota et Djidja. La commune de Zagnanado est subdivisée en six (06) arrondissements que sont : Zagnanado, Agonlin-Houégbo, Kpédékpo, Dovi, Do-Tan et Banamè [56]. L'île d'Agonvè, d'une superficie de 60 ha pour environ 1 945 habitants [57], est localisée au milieu du lac Azili (commune de Zagnanado). Elle se situe dans le prolongement du plateau Sakété-Pobè de la vallée de l'Ouémé qui fait partie de la zone humide la plus vaste du sud-est du Bénin.

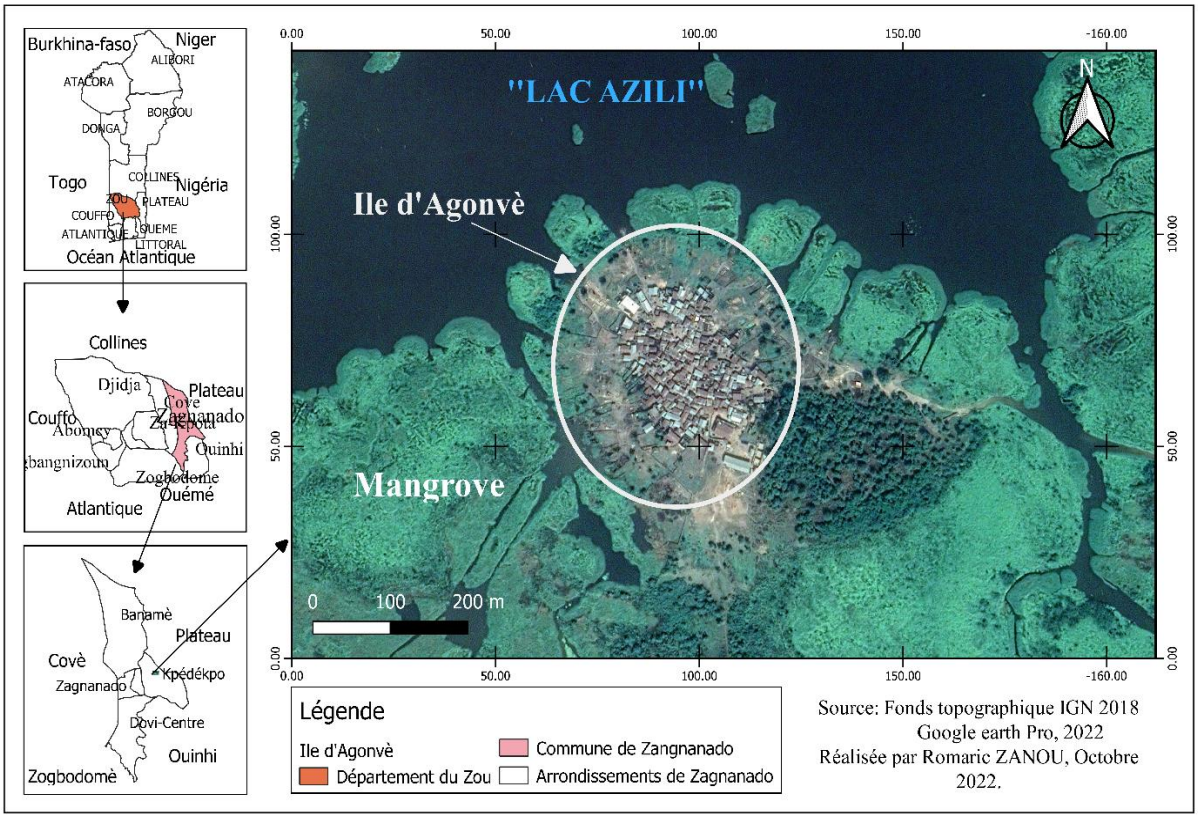


Figure 1: Carte de la situation géographique de Agonvè.

2.2 Climat

Les températures moyennes mensuelles varient entre 29,5 °C au mois de mars et 26,9°C au mois d'août [58]. Durant la période 1952-2018, le nombre de jours de pluie a constamment baissé dans l'ordre de 11 à 25 % alors que la température a augmenté de 1°C. A l'échelle mensuelle, les températures varient de 22,57 °C (décembre) a 23,54 °C (avril) pour les minima, de 29,45 °C (juillet) a 35,84 °C (février) pour les maximas et 25,59 °C (août) a 30,3 °C (février) pour les moyennes. En général, le mois de février est le plus chaud de l'année et constitue dans le milieu subéquatorial, celui de présaison avec des valeurs élevées d'évapotranspiration [59]. Ainsi le climat dans la commune de Zagnanado est de type intermédiaire entre le climat subéquatorial maritime et le climat soudano-guinéen. Il est caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses qui s'alternent :

- une grande saison des pluies de mi- mars à mi- juillet ;
- une petite saison sèche de mi- juillet à mi- septembre ;
- une petite saison des pluies de mi- septembre à mi- novembre ;
- une grande saison sèche de mi- novembre à mi- mars [56].

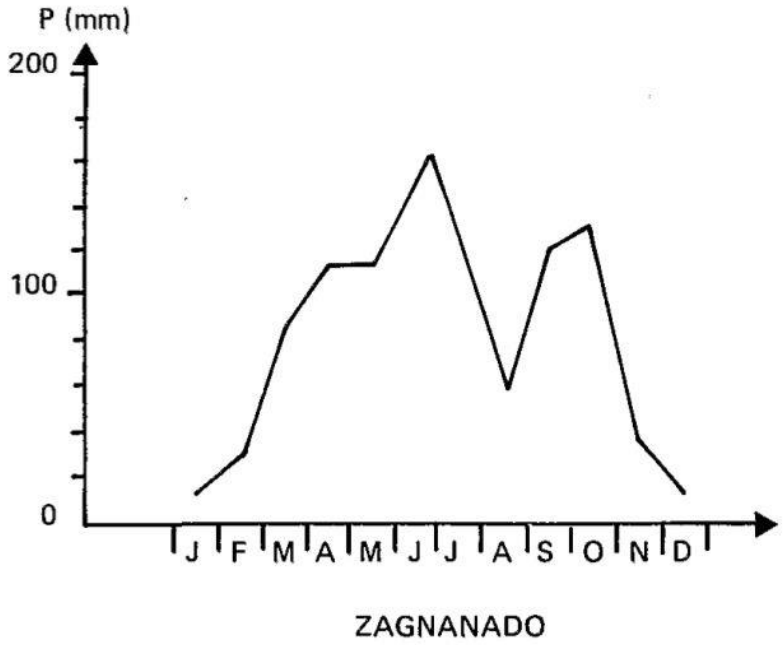


Figure 2: Précipitation mensuelle dans la commune de Zagnanado (Source : [60]).

2.3 Géologie

La commune de Zagnanado traversée par une diversité de couches géologiques. Parmi celles-ci, on distingue plus le complexe Gneiss et Amphibolites et le bassin sédimentaire côtier

respectivement dominant au Nord et au Sud de la commune. On y retrouve aussi le Migmatite d'agramarou et du Paragneiss.

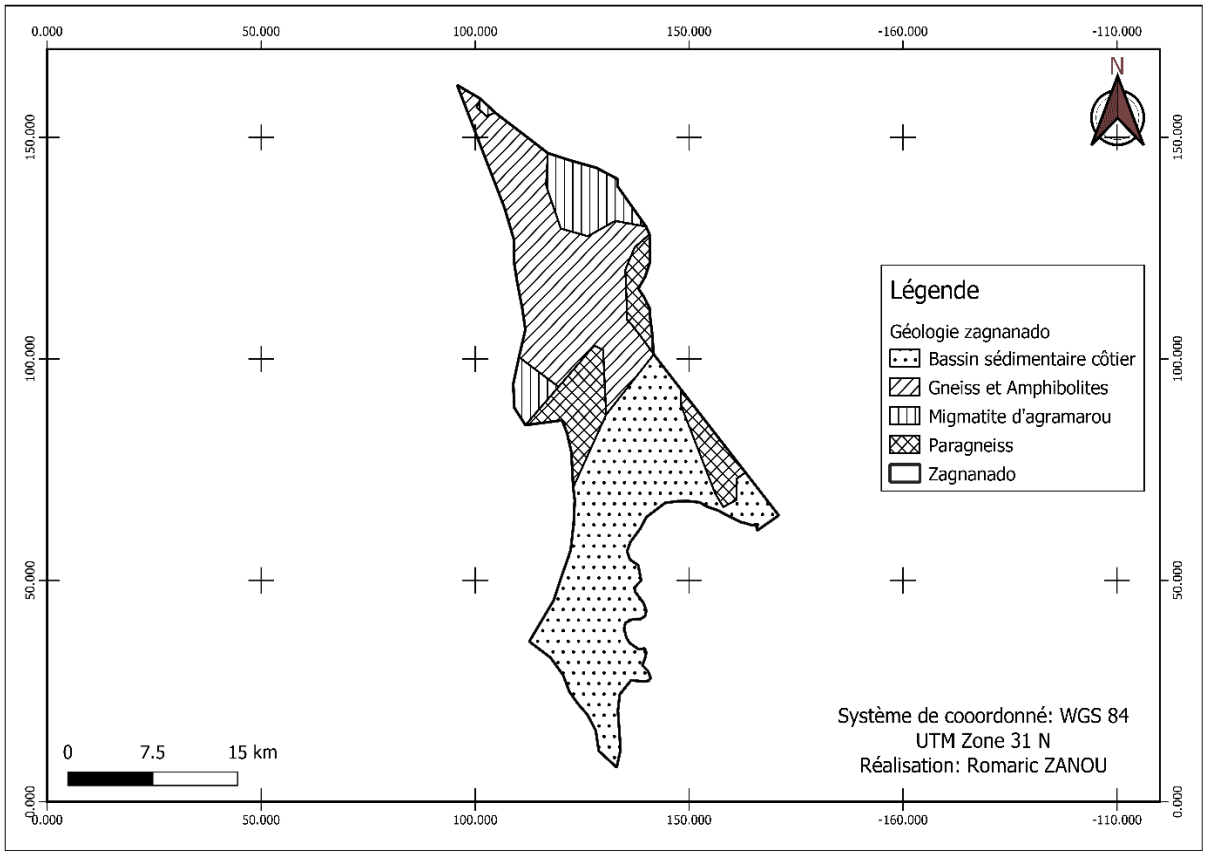


Figure 3: Carte géologique de la commune de Zagnanado.

2.4 Le Sol

La commune de Zagnanado est caractérisée par une variété de sols dont trois grandes catégories :

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés formés sur les terrains cristallins. Ce sont des sols concrétionnés ou gravionnaires, faisant apparaitre des cuirasses par endroit. Ces sols sont largement répandus dans l'arrondissement de Banamè et dans la partie Nord de Don-Tan.
- Les sols ferralitiques sur grès et matériau colluvial ou sédiments argilo-sableux du continental terminal qui sont des sols profonds plus ou moins rubéfiés. Ce type de sol est observé dans les arrondissements de Zagnanado, d'Agonlin-Houégbo et une partie des arrondissements de Don-Tan et de Dovi.
- Les sols hydromorphes a pseudo-gley sur sable, puis a pseudo-gley sur matériau alluvial argileux des vallées et des plaines argileuses caractérisées par l'engorgement en saison

pluvieuse. Ils se trouvent le long des cours d'eau, principalement dans les arrondissements Dovi et de Kpédékpo [56].

Notons aussi que les vertisols sont aussi rencontrés au Sud-Ouest dans la commune de Zagnanado.

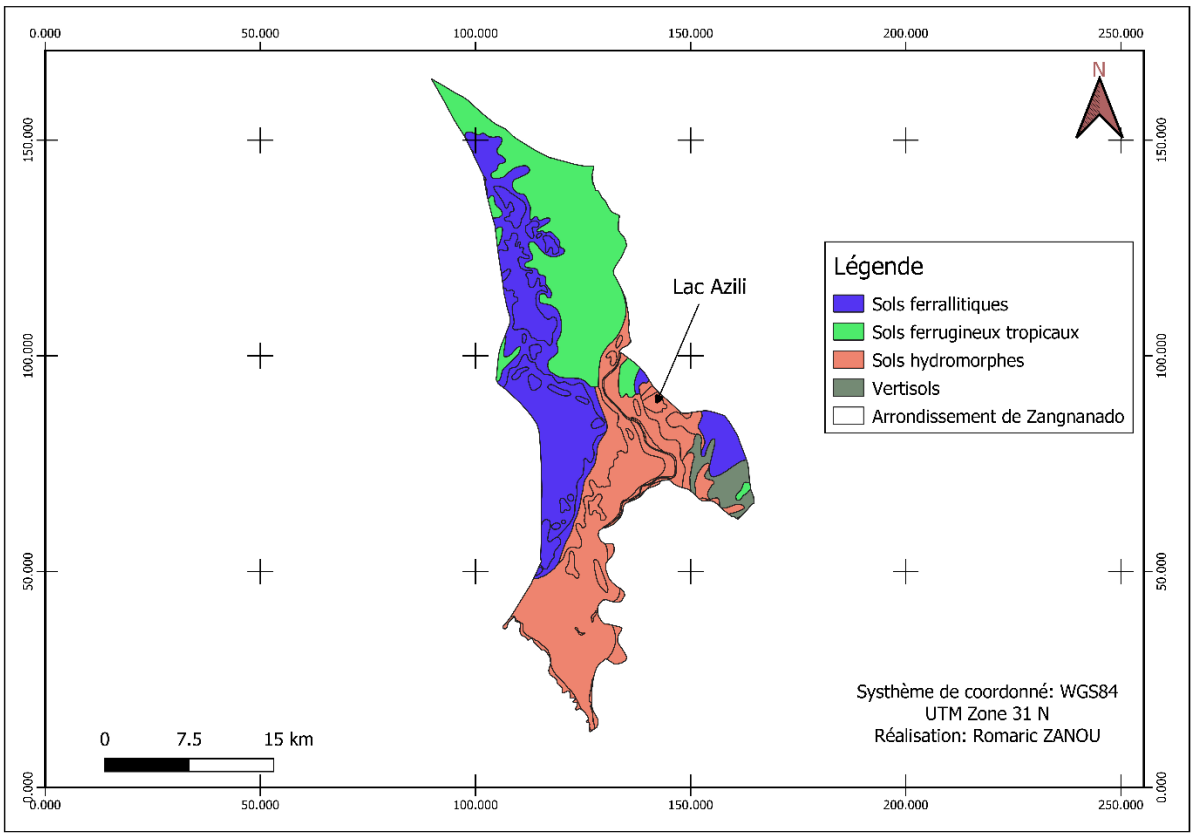


Figure 4: Carte pédologique de la commune Zagnanado.

2.5 Hydrographie

Le lac couvre une superficie de 200 ha avec un marais permanent de 100 ha, son alimentation en eau est de type fluvio-pluvial. En période de hautes eaux, il reçoit par l'intermédiaire du chenal Houan, les eaux du fleuve Ouémé dont le niveau monte à 6 m environ. En saison sèche, le lac joue le rôle de réservoir et le sens de circulation de l'eau est plutôt du lac vers le fleuve (le niveau d'eau du lac est d'environ 4 m au-dessus de celui du chenal). La transparence de l'eau varie entre 20 et 25 cm dans les marais adjacents, elle est de 75 cm sur le lac. Les caractéristiques physico-chimiques font du lac un écotope favorable à la vie et à la reproduction des espèces [61]. Ce dernier est exploité par les habitants de l'ile d'Agonvè pour sa production halieutique.

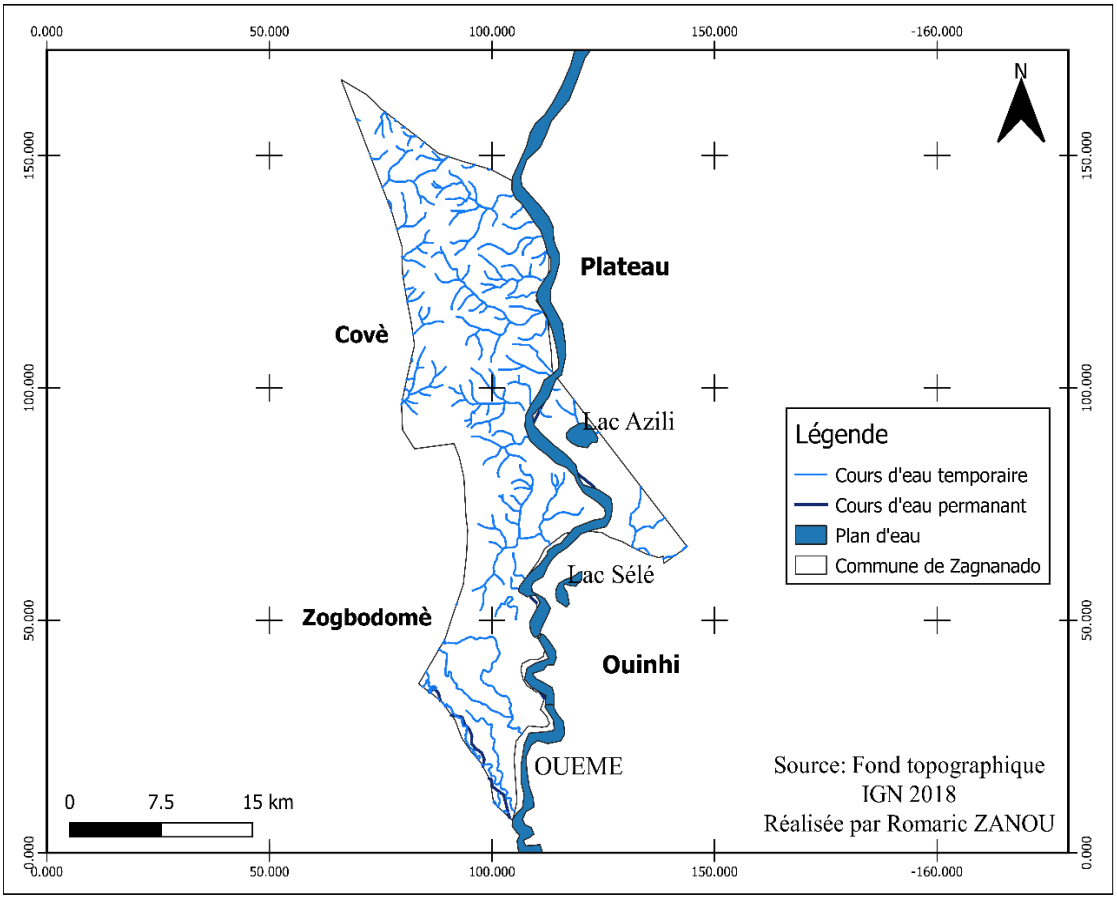


Figure 5: Carte hydrographique de la commune Zagnanado.

2.5 Caractéristiques démographique et sociaux-économiques

La commune de Zagnanado abrite une population estimée à 55061 habitants. Cette population est constituée de 28244 femmes et de 26817 hommes et on compte au total 10419 ménages. Notons qu'à Agonvè on a une population d'environ 2000 habitants ; soient 958 femmes, 987 hommes et 356 ménages. Les collectivités riveraines sont constituées de Fon, Aïzo, Adja et Houéda. On note une pression démographique élevée : 93 % des ménages du village sont pêcheurs ce qui conduit à une surface de pêche de 0, 29 ha à 0,86 ha par ménage de 7 personnes en moyenne. Le village d'Agonvè vit de cette activité qui emploie plus de 1000 hommes [57]. Cependant, le lac bénéficie d'une attention particulière et d'une gestion rationnelle. D'abord, il est rigoureusement interdit sur le lac l'utilisation des acadja, des pesticides et d'autres produits chimiques. De même, on ne pêche pas surtout n'importe quand au cours de l'année. Chaque année, en effet, le lac est fermé pendant au moins six mois : un mode de vie inédit pour éviter l'extinction des espèces halieutiques. Pendant que le lac est fermé, les pêcheurs ne sombrent

pas dans l'oisiveté. Ils s'adonnent à : l'agriculture, au maraichage (sur des terres hors du lac) et la vente de bambous [62].

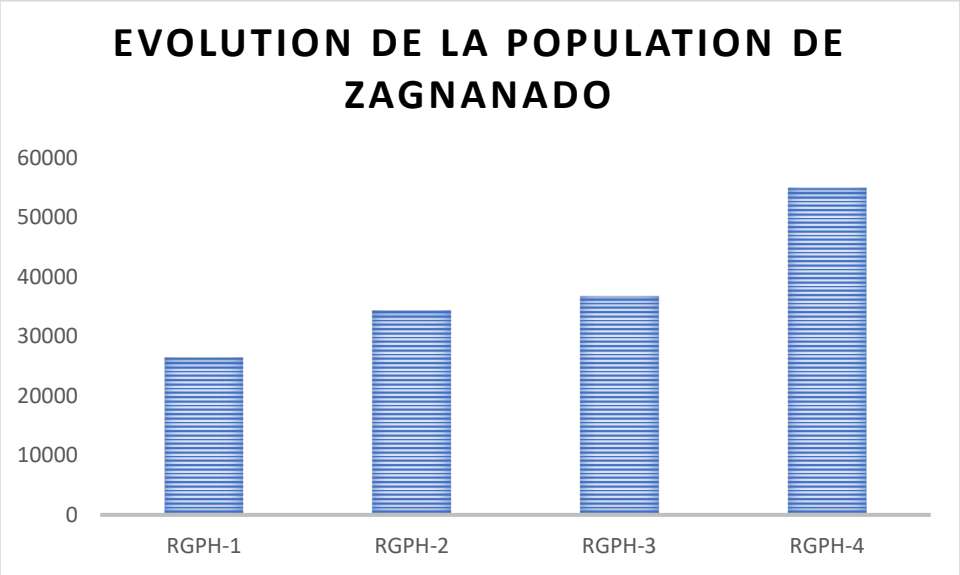


Figure 6: Evolution de la population de Zagnanado (Source :[57]).



Planche 1 : Occupation de l'ile d'Agonvè (Cliché R. ZANOU, Octobre 2022)

CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES

3.1 Matériel de prélèvement et d'analyse

3.1.1. Matériels de terrain

Sur le terrain nous avons utilisé :

- un GPS de marque GARMIN pour enregistrer les coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage ;
- des flacons plastiques de 1,5l pour recueillir les échantillons d'eaux destinées aux analyses physicochimiques ;
- des flacons en bouteille de 250 ml pour l'échantillonnage d'eau destinée aux analyses microbiologiques ;
- une glacière pour conserver l'échantillon jusqu'au laboratoire ;
- un multi-paramètre de marque HANNA pour la mesure des paramètres in-situ comme : le pH, la température, la turbidité, TDS ;
- un appareil photo pour la prise d'images montrant nos activités sur le terrain.

3.1.2 Matériel de laboratoire

Au laboratoire, nous avons utilisé :

Pour les analyses chimiques :

- un spectrophotomètre HACH LANGE DR2800 pour la mesure de l'absorbance des différents paramètres chimiques ;
- un autoclave pour le chauffage à vapeur humide ;
- une burette ;
- des erlenmeyers
- de l'eau distillée
- un agitateur magnétique ;
- des barreaux aimantés.

Pour les analyses bactériologiques :

- un poste de filtration pour filtrer les échantillons sur membrane cellulosique.
- une pompe à vide ;
- un autoclave pour le chauffage à vapeur humide ;
- un incubateur.

3.2 Méthodes

3.2.1 Recherche documentaire

Dans le cadre de la réalisation de notre travail, la recherche documentaire a consisté en une collecte des informations dans les mémoires et autres documents scientifiques qui abordent la problématique de la qualité des eaux utilisées pour la consommation humaine. Elle a permis de faire la synthèse des connaissances et recherches antérieures déjà effectuées pour mieux aborder le sujet d'étude. Elle s'est déroulée tout au long de la rédaction dans le but d'enrichir au fur et à mesure le travail et d'actualiser les informations ayant rapport au thème d'étude. Elle a aussi permis de pouvoir orienter la collecte et le traitement des données.

3.2.2 Travaux de terrain

Les travaux de terrain ont été réalisés le 07 Octobre 2022 coïncident ainsi avec la période de hautes eaux. Les travaux se sont déroulés en deux phases : la phase d'enquête et la phase d'échantillonnage.

3.2.2.1 Enquête de terrain

L'enquête sur le terrain a pour but d'apprécier la situation actuelle de l'assainissement, l'hygiène, la qualité jusqu'à l'approvisionnement en eau de consommation à Agonvè. Dans un premier temps, nous avons fait un état des lieux qui a permis de prendre connaissance des conditions désastreuses dans lesquelles vit la population. Ensuite, nous sommes passés à la prise de contact avec les habitants ou un questionnaire préparé (Annexe 1) a facilité la collecte des informations.

3.2.2.1 Echantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage est d'avoir des échantillons représentatifs, des eaux consommées par la population d'Agonvè. A cet effet, quatre sites ont été définis dont trois sites (St-1, St-2, St-3) sur le lac et un forage (St-4). Les échantillons d'eau ont été prélevés à cinquante centimètres sous la surface de l'eau. Pour le forage, l'eau a été pompée et vidée jusqu'à ce que les paramètres physique (pH, température, conductivité électrique) se stabilisent. Des bouteilles en plastique de 1,5 litre ont été remplies après rinçage avec l'eau à échantillonner de manière à ne pas laisser de bulle d'air. La Turbidité, le pH et les TDS ont été mesurés in-situ avec un multi-paramètre de marque HANNA et la couleur avec un colorimètre de marque HACH-DR/890.

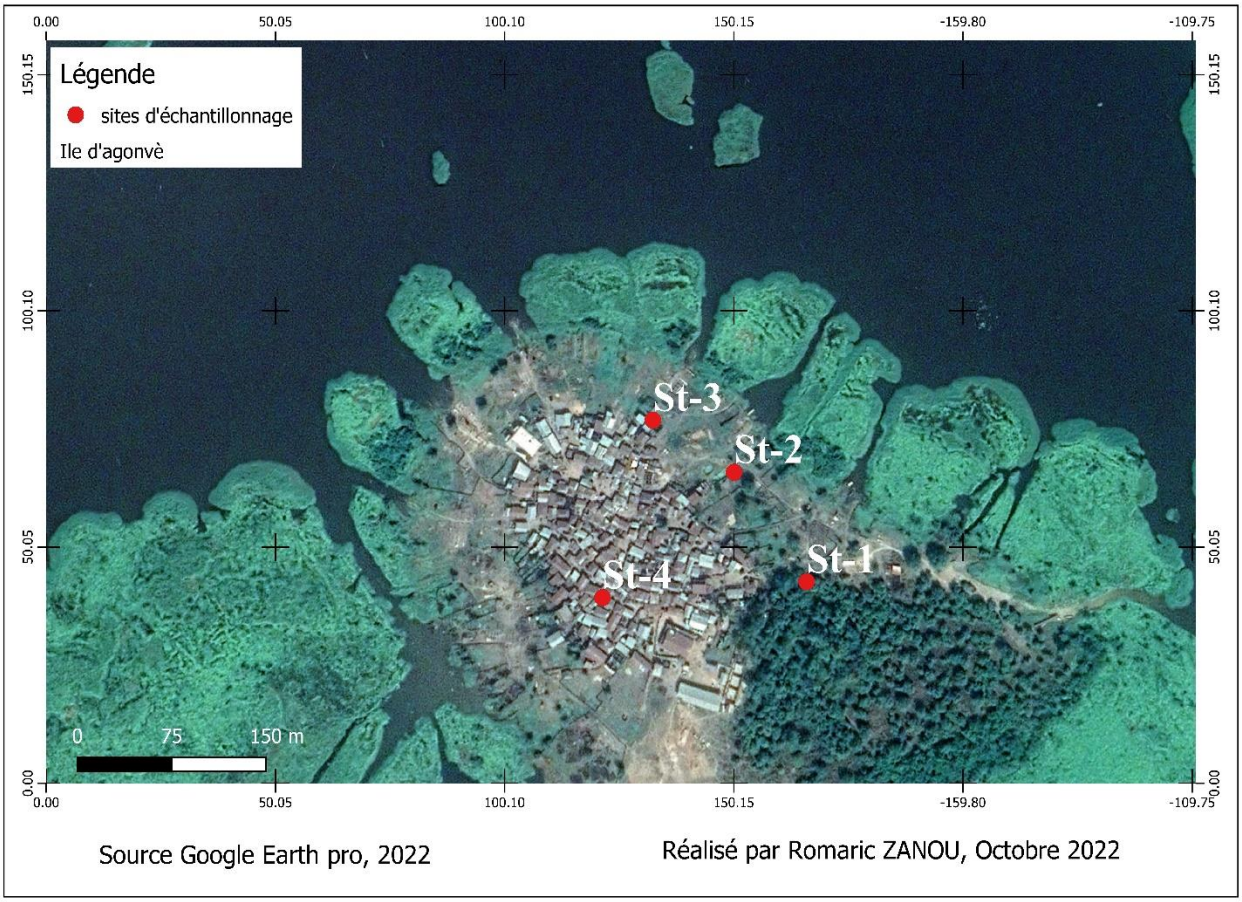


Figure 7: Carte d'échantillonnage.

Le tableau ci-dessous présente les codes et coordonnées géographiques des sites de prélèvements.

Tableau 2 : Codes et coordonnées géographiques des sites de prélèvements.

Codes	Sites d'échantillonnage	Coordonnées géographiques en UTM	
		Longitudes	Latitudes
St-1	HOUANDO	0440259	0801978
St-2	AWIGNANHOUE	0440202	0802062
St-3	BOGNONLOUMON-ASSOUHOUE	0440138	0802102
St-4	AKAVAME	0440098	0801966

3.2.3 Analyse au laboratoire

3.2.3.1 Analyses chimiques

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

- **Dosage du chlorure**

Pour ce dosage, la méthode volumétrique est celle utilisée. A cet effet, on dosera le chlore combiné à l'état chlorure par le nitrate d'argent, en présence de chromate de potassium comme indicateur coloré [63].

- **Dosage du magnésium**

Pour le dosage de magnésium, on a utilisé la méthode volumétrique. Elle se base sur la neutralisation du magnésium par la liqueur complexométrique en présence d'un indicateur, de l'acide chlorhydrique et de l'ammoniac concentré [46].

- **Dosage du calcium**

On a utilisé dans ce dosage, la méthode volumétrique. Elle est basée sur la neutralisation des calciums par la liqueur complexométrique en présence d'acide chlorhydrique, d'un indicateur et du NaOH [46].

- **Dosage des nitrites**

La méthode au réactif de Zambelli est utilisée pour le dosage des [46]. L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique et en présence d'ions ammonium et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré en jaune dont la densité est proportionnelle à la concentration en nitrites. La lecture se fait au spectrophotomètre de marque HACH LANGE DR2800 à une longueur d'onde λ=425nm.

- **Dosage des nitrates**

Pour le dosage des nitrates, nous avons utilisé la méthode au Salicylate de Sodium indiquée par [47]. En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent le paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. La lecture se fait au spectrophotomètre de marque HACH LANGE DR2800 à une longueur d'onde λ=425nm.

- **Dosage du fer**

Nous avons utilisé pour ce dosage la méthode spectrophotométrique à la phénanthroline-1,10. Il se produit la formation d'un complexe rouge orangé en milieu tamponné entre le fer converti à l'état de fer (II) et la phénanthroline-1,10. L'absorbance du complexe est mesurée au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à 510 nm [63].

- **Dosage du sodium et du potassium**

Le sodium et le potassium ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique. Il s'agit de la nébulisation de l'échantillon dans la flamme d'un spectrophotomètre d'absorption atomique. La mesure d'absorbance du sodium se fait à 589nm et celle du potassium à 766,5nm. La détermination de la teneur de l'élément dosé est faite par la méthode directe à l'aide d'une courbe d'étalonnage [63].

- **Dosage du sulfate**

Pour le dosage du sulfate, la méthode utilisée est la méthode néphélométrique. Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Ce précipité est stabilisé à l'aide d'une solution de polyvinyle-pyrrolidone. Les suspensions homogènes de sulfates sont mesurées au spectrophotomètre d'absorption moléculaire [63].

- **Calcul de la dureté total**

La dureté totale est calculée en tenant compte les concentrations de calcium et de magnésium. Elle est calculée par la formule suivante :

$$\boxed{\boldsymbol{TH = 2,497[Ca^{2+}] + 4,118[Mg^{2+}]}} \quad \text{en mg/L.}$$

3.2.3.2 Analyses bactériologiques

- **Coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux ont été analysés par la méthode de filtration sur membrane qui consiste à recueillir, identifier et dénombrer à la surface d'une membrane filtrante stérile, les bactéries coliformes d'origine fécale dans un échantillon d'eau. Il s'agit de filtrer à travers une membrane de porosité de 0,45 µm un volume déterminé de l'échantillon, de déposer cette membrane sur un milieu de culture sélectif, la gélose m-FC et d'incuber cette gélose à 44,5 ± 0,2 °C pendant

24 ± 2 heures. Dans ces conditions, les coliformes thermotolérants (fécaux) forment des colonies bleues qui permettent une numération et une identification présomptive [46].

- **Escherichia coli**

Les Escherichia coli ont été également analysés selon la méthode de filtration sur membrane à la même température d'incubation que les coliformes totaux. Dans ces conditions, le E coli forme des colonies bleu-vert ou bleu aqua permettant ainsi de les énumérer et de les identifier de façon présomptive [46].

- **Streptocoques fécaux**

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux se fait par deux tests :
- le test présomptif sur le milieu solide Slanetz.
- le test confirmatif sur le milieu BEA.

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 h à 48 h. La présence des streptocoques fécaux se manifeste par l'apparition des colonies rouge, marron et rose et éventuellement par la formation des colonies noirâtre dans les boites de pétri après le repiquage. Peuvent être limitées à leur centre ou à leur périphérie par une zone plus claire [46].

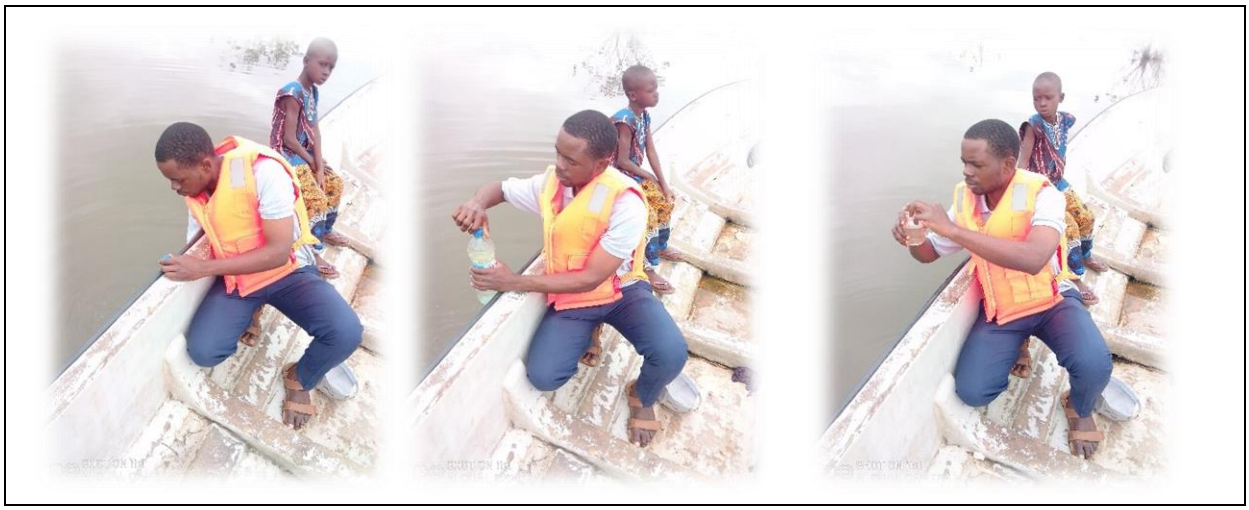


Planche 2 : Echantillonnage physico-chimique et bactériologique (Cliché R. ZANOU, Octobre 2022).

3.2.4 Traitement des données

Le traitement des données recueillies sur le terrain et celles issues des analyses de laboratoire, ainsi que le calcul des différents indices ont été réalisés grâce au logiciel RStudio. Le logiciel Qgis 2.18 a servi à la réalisation des cartes.

Les données utilisées dans le cadre de cette étude, comprennent les données relatives aux analyses physicochimiques des eaux utilisées pour la consommation humaine a Agonvè. Les échantillons d'eau ont été prélevés au niveau de quatre sites. L'évaluation et la visualisation des résultats ont été effectuées à l'aide des logiciel Excel 2016 et RStudio.

L'Indice de Qualité de l'Eau (IQE) est une technique de classification de la qualité de l'eau qui repose sur la comparaison des paramètres de qualité de l'eau avec les normes nationales. Dans le cadre de cette étude, c'est la norme Béninoise qui a été utilisée.

Tableau 3 : Valeurs permises par la norme Béninoise

Paramètres	Normes Béninoise
Calcium	100 mg/L
Magnésium	50 mg/ L
Chlorure	250 mg/ L
Dureté	200 mg/ L
Nitrates	45 mg/ L
Nitrites	3,2 mg/ L
Sulfates	500 mg/ L
Fer	0,3 mg/ L
Potassium	12 mg/ L
Sodium	150 mg/ L
TDS	500 mg/ L
Turbidité	5 UTN
Couleur	15 UcV
pH	6,5< pH <8,5
T°C	25°C
Coliforme fécaux	0 UFC/100 mL
Escherichia coli	0 UFC/100 mL
Streptocoques fécaux	0 UFC/100 mL

L'IQE résume de grandes quantités de données sur la qualité de l'eau en termes simples (Excellente, Bonne, Mauvaise, Très mauvaise, etc.). Dans cette étude l'indice IQE est appliqué pour évaluer l'aptitude des eaux a la consommation humaine a Agonvè. Cet indice est calculé en suivant la méthode de l'indice arithmétique pondéré [64].

L'indice global de la qualité de l'eau est calculé par l'équation suivante :

$$IQE = \frac{\sum_{i=1}^{n} Qi \times Wi}{\sum_{i=1}^{n} Wi}$$

Q_i : échelle d'évaluation de la qualité de chaque paramètre ;

W_i : valeur numérique appelée poids relatif spécifique à chaque paramètre physico-chimique.

Cinq classes de qualité peuvent être identifiées selon les valeurs de l'indice de qualité de l'eau IQE.

Tableau 4 : Classification de l'eau selon l'IQE [64].

Classe des IQE	**0 – 25**	**26 – 50**	**51 – 75**	**76 – 100**	**>100**
Qualité de l'eau	Excellente qualité	Bonne qualité	Mauvaise qualité	Très mauvaise qualité	Eau non potable

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 RESULTATS

Notre objectif consiste à évaluer la qualité des eaux utilisées pour la consommation humaine sur l'ile d'Agonvè. Les résultats se présentent en quatre volets comme suit :

- les résultats issus des enquêtes de terrain ;
- le résultat des analyses physico-chimiques ;
- le résultat des analyses bactériologiques :
- le résultat des IQE calculés.

Ces résultats seront présentés en faisant appel aux valeurs des calculs statistiques.

4.1.1 Résultats des enquêtes de terrain

- **L'agriculture et maraîchage**

L'agriculture est une activité peu pratiquée par la population car elle est pratiquée juste en période de fermeture du lac (selon les mœurs) en vue de pérenniser les produits halieutiques du lac Azili. Elle cultive le maïs, le haricot, le manioc, la tomate, les légumes et utilise l'eau du lac pour leur culture. Sur 20 ménages interviewées 12 pratiquent l'agriculture et le maraichage soit 60% de l'effectif.

- **Elevage**

C'est une activité pratiquée sur l'ile d'Agonvè et notons que les animaux sont livrés à eux même, donc défèquent soit à l'air libre ou directement dans le lac. La population élève la volaille et porcins. Sur les 20 ménages interviewées 10 font l'élevage soit 50% de l'effectif.

- **La Pêche**

Elle est l'activité dominante du milieu, elle est pratiquée sur le lac par la majorité de la population et elle est pratiquée par les hommes. Ils utilisent la pirogue et une pagaie ou des perches en bambou « Badé » pour aller à la pêche. Sur les 20 ménages interviewés, tous les chefs de ménages pratiquent la pêche soit 100% de l'effectif.

- **Les usages à caractères domestiques**

Les travaux domestiques demandent une quantité importante d'eau, la population préfère utiliser l'eau du lac pour certains travaux dont la lessive, le lavage des assiettes et la boisson. Sur les 20 ménages interviewées 18 utilisent l'eau du lac pour les travaux domestiques soit 90% de l'effectif, 15 utilisent l'eau du lac comme eau de boisson et le reste de l'effectif utilisent l'eau du forage comme eau de boisson soient respectivement 75% et 25%.

- **Gestion des dispositifs d'assainissement de base**

L'assainissement de base à Agonvè est un véritable problème pour le bien-être de la population et de la faune aquatique du lac Azili. On voit bien que les dispositifs d'assainissement de base (les toilettes), les dépotoirs d'ordures ménagères, les sites d'élevage sont en contact direct avec l'eau du lac Azili ; qui sert à un usage domestique et d'eau de boisson. Les WC sont insuffisants et mal gérés, ce qui incite la population a la défécation a l'air libre ou dans le lac. Nous estimons donc que les habitants sont confrontés à un sérieux problème d'assainissement de base et d'hygiène qui ajoute à la rareté de l'eau propre à la consommation justifie le taux élevé des maladies à support hydrique.

4.1.2 Résultats des analyses physico-chimiques

- **Calcium**

Les valeurs obtenues pour le calcium varient d'un site à un autre. La plus forte valeur a été observée au niveau du site 1 (19,29 mg/L) et la plus faible valeur a été enregistrée au niveau du site 4 (3,57 mg/L) avec une moyenne de 14,47 mg/L. Notons que toutes ces valeurs respectent la norme béninoise qui est de 100 mg/L.

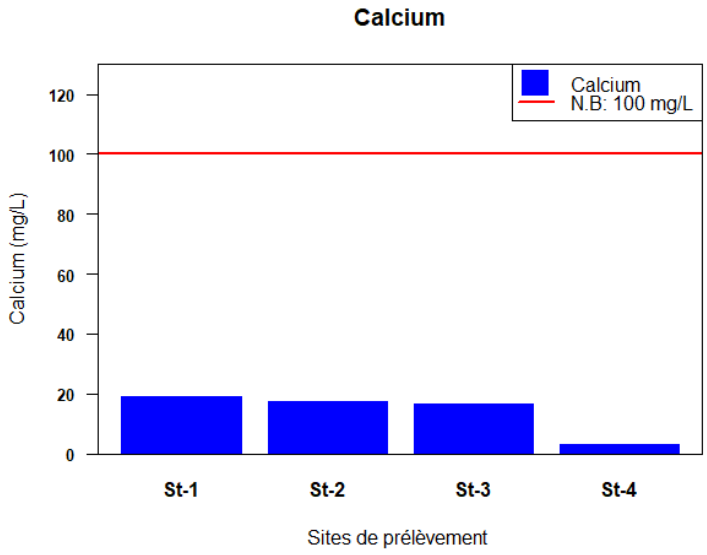


Figure 8: Variation de la concentration en calcium au niveau des sites de prélèvement.

- **Magnésium**

Les valeurs obtenues pour le magnésium varient d'un site à un autre avec une moyenne de 4,68 mg/L. La plus forte valeur a été observée au niveau du site 2 (7,84 mg/L) et la plus faible valeur a été enregistrée au niveau du site 4 (1,30 mg/L). Toutes ces valeurs respectent la norme béninoise qui est de 50 mg/L.

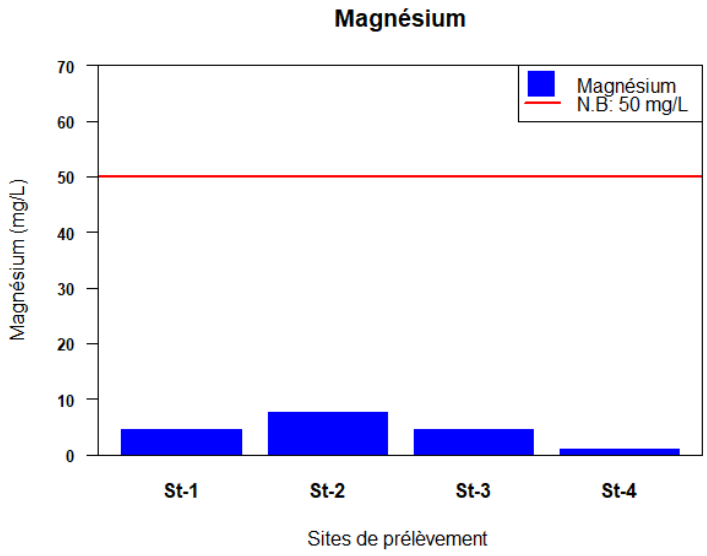


Figure 9: Variation de la concentration en magnésium au niveau des sites de prélèvement.

- **Chlorures**

Les concentrations en chlorures relevées au niveau des différents sites varient entre 7,10 mg/L et 14,20 mg/L avec une moyenne de 10,65 mg/L. La plus forte valeur a été relevée sur le site 3 tandis que la plus faible a été relevée sur le site 4. On constate que toutes ces concentrations respectent la limite fixée par la Norme Béninoise (250 mg/L).

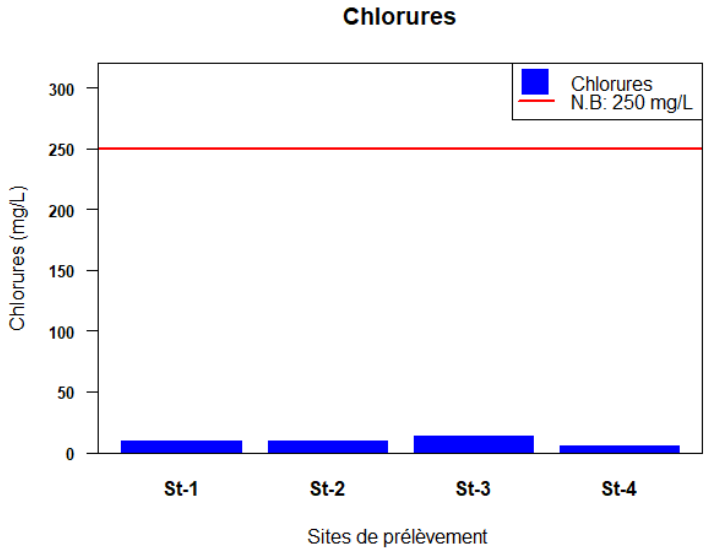


Figure 10: Variation de la concentration en chlorures au niveau des sites de prélèvement.

- **Dureté**

De l'analyse de la figure 11 présentant les différentes concentrations au niveau de chaque site pour la dureté, on constate que toutes les valeurs obtenues sont inférieures à la norme béninoise (200 mg/L) avec une moyenne de 55,42 mg/L. En effet, la plus faible concentration a été observée au niveau du site 4 (14,30 mg/L) tandis que la plus forte valeur a été observée au niveau du site 2 (76,91 mg/L).

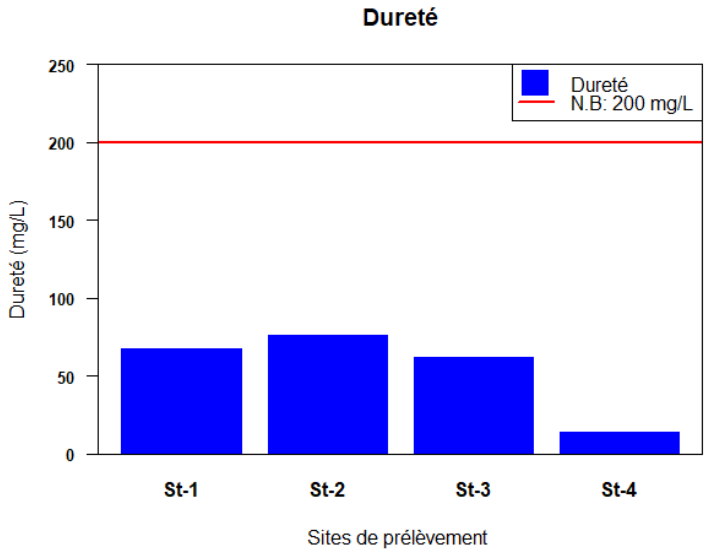


Figure 11: Variation de la concentration en dureté au niveau des sites de prélèvement.

- **Nitrates**

Les concentrations de nitrates obtenues au niveau des différents sites varient entre 0,15 mg/L et 3,34 mg/L avec une moyenne de 2,45 mg/L. La plus forte valeur a été obtenue au niveau du site 1 (3,34 mg/L) tandis que la plus faible valeur a été obtenue au niveau du site 4 (0,15 mg/L). Remarquons que chacune de ces valeurs ne dépassent la norme béninoise qui est de 45 mg/L.

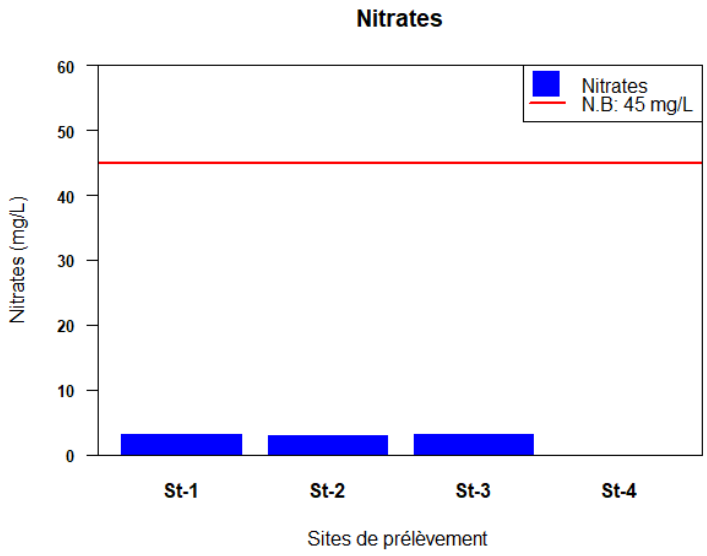


Figure 12: Variation de la concentration des nitrates au niveau des sites de prélèvement.

- **Nitrites**

Les concentrations des nitrites obtenues au niveau des différents sites varient entre 0,04 et 0,29 mg/L avec une moyenne de 0,22 mg/L. Les plus fortes valeurs ont été obtenues au niveau des site 1 et 3 (0,29 mg/L) tandis que la plus faible valeur a été enregistrée au niveau du site 4 (0,04 mg/L). Remarquons que chacune des valeurs obtenues ne dépassent la norme béninoise qui est de 3,2 mg/L.

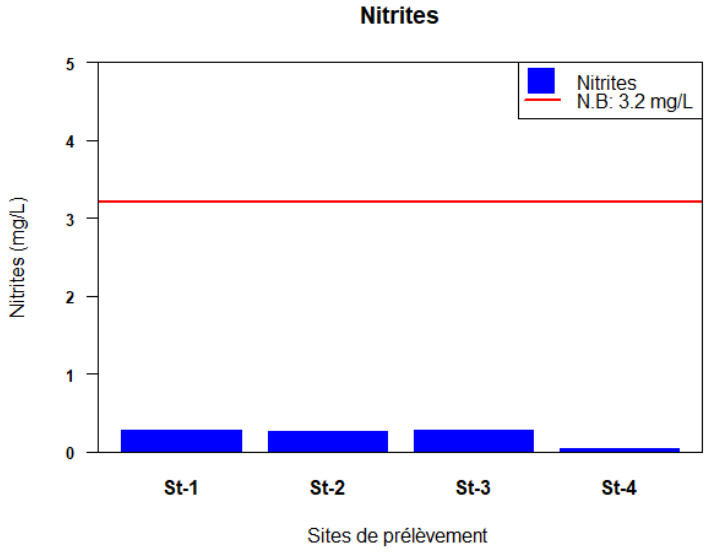


Figure 13: Variation de la concentration des nitrites au niveau des sites de prélèvement.

- **Sulfates**

Les concentrations des nitrites obtenues au niveau des différents sites varient entre 1,11 mg/L et 23,45 mg/L avec une moyenne de 17,25 mg/L. La plus forte valeur a été obtenues au niveau du site 1 (1,11 mg/L) tandis que la plus faible valeur a été enregistrée au niveau du site 4 (17,25 mg/L). Remarquons que chacune des valeurs obtenues ne dépassent la norme béninoise qui est de 500 mg/L.

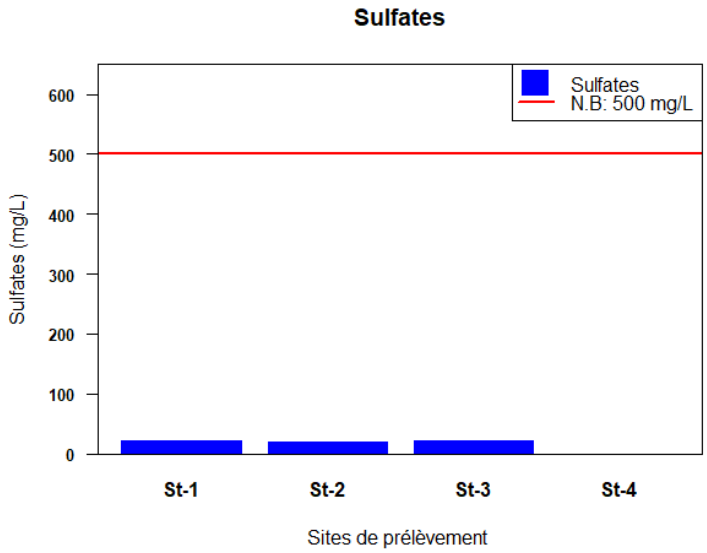


Figure 14: Variation de la concentration des sulfates au niveau des sites de prélèvement.

- **Fer**

Les concentrations de fer obtenues au niveau des différents sites varient entre 0,70 mg/L et 1,65 mg/L avec une moyenne de 1,38 mg/L. La plus forte valeur a été relevée sur le site 1 tandis que la plus faible a été relevée sur le site 4. On constate que toutes les concentrations de fer obtenues au niveau des eaux des différents sites sont supérieures à la limite fixée par la Norme Béninoise (0,3 mg/L).

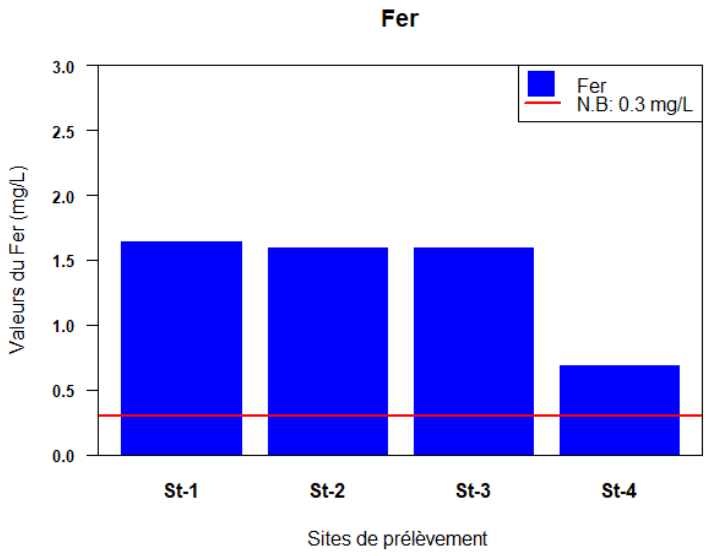


Figure 15: Variation de la concentration du fer au niveau des sites de prélèvement.

- **Potassium**

Les concentrations de potassium obtenues au niveau des différents sites varient entre 0,97 mg/L et 1,59 mg/L avec une moyenne de 1,22 mg/L. La plus forte valeur a été obtenue au niveau du site (0,97 mg/L) tandis que la plus faible valeur a été obtenue au niveau du site 2 (1,59 mg/L). Remarquons que chacune de ces valeurs ne dépassent la norme béninoise qui est de 12 mg/L.

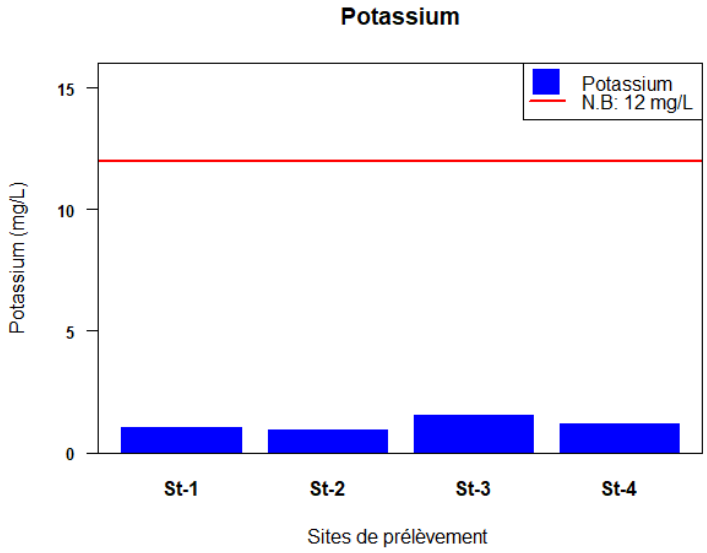


Figure 16: Variation de la concentration du potassium au niveau des sites de prélèvement.

- **Sodium**

Les concentrations de sodium obtenues au niveau des différents sites varient entre 1,03 mg/L et 2 mg/L avec une moyenne de 1,22 mg/L. La plus forte valeur a été obtenue au niveau du site 3 (2 mg/L) tandis que la plus faible valeur a été obtenue au niveau du site 2 (1,03 mg/L). Remarquons que chacune de ces valeurs ne dépassent la norme béninoise qui est de 150 mg/L.

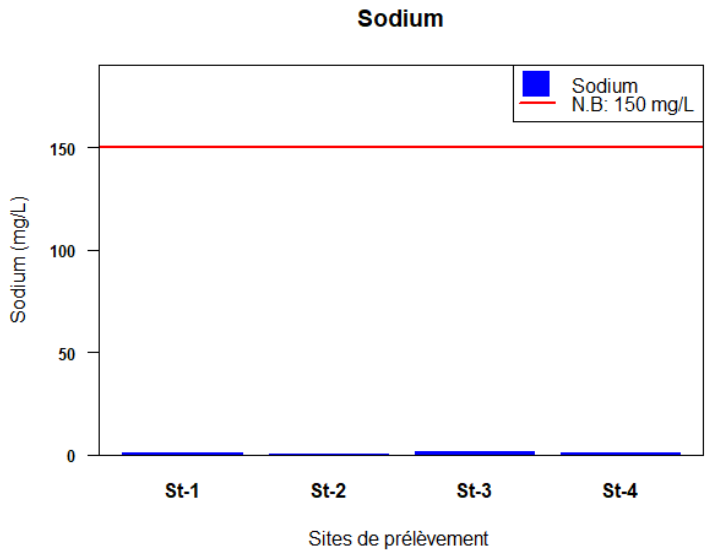


Figure 17: Variation de la concentration du sodium au niveau des sites de prélèvement.

- **TDS**

Les concentrations de sodium obtenues au niveau des différents sites varient entre 27 mg/L et 40 mg/L avec une moyenne de 34 mg/L. La plus forte valeur a été obtenue au niveau du site 3 (40 mg/L) tandis que la plus faible valeur a été obtenue au niveau du site 4 (27 mg/L). Notons que chacune de ces valeurs ne dépassent la norme béninoise qui est de 500 mg/L.

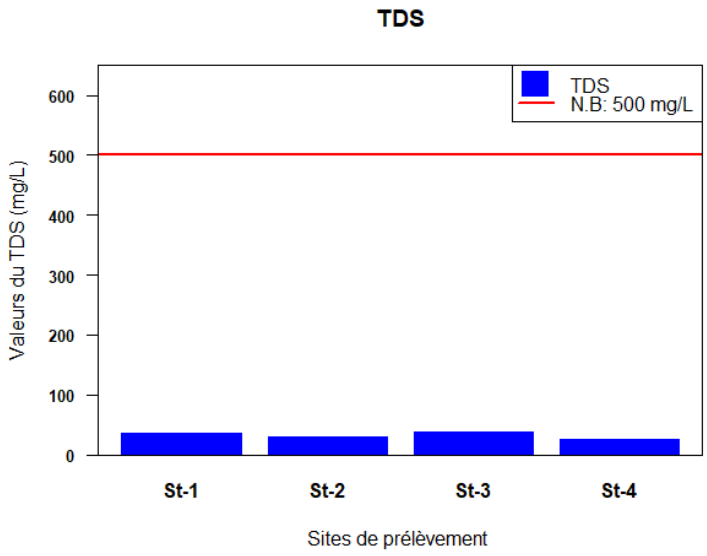


Figure 18: Variation de la concentration du sodium au niveau des sites de prélèvement.

- **Turbidité**

Les valeurs obtenues pour la turbidité varient au niveau des différents sites entre 4 UTN et 22 UTN avec une moyenne de 17 UTN. Les plus fortes valeurs ont été relevée sur les sites 2 et 3 tandis que la plus faible a été relevée sur le site 4. On constate que les valeurs obtenues pour la turbidité au niveau des eaux des différents sites sont supérieures à la limite fixée par la norme béninoise (5 UTN) a l'exception de la valeur obtenue au niveau su site 4 qui respecte la norme.

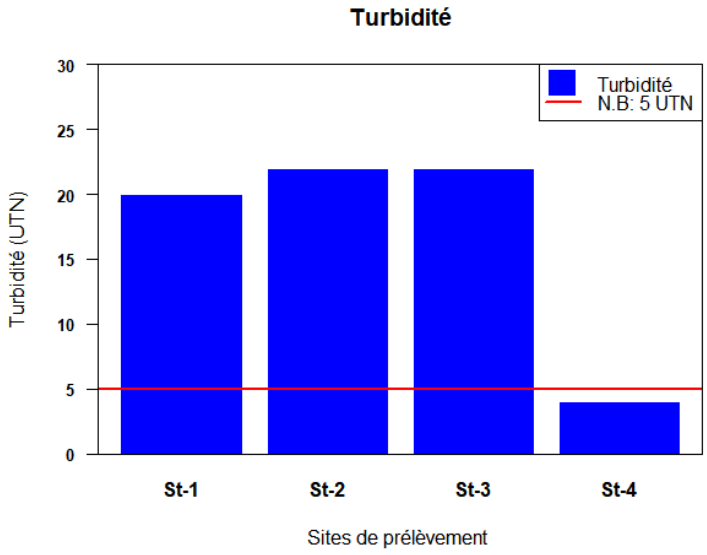


Figure 19: Variation des valeurs de la turbidité au niveau des sites de prélèvement.

- **Couleur**

Les valeurs obtenues pour la couleur varient au niveau des différents sites entre 29 UcV et 264 UcV avec une moyenne de 196,75 UcV. La plus forte valeur a été relevée sur le site 3 tandis que la plus faible a été relevée sur le site 4. On constate que les valeurs obtenues pour la couleur au niveau des eaux des différents sites sont toutes supérieures à la limite fixée par la norme béninoise (15 UcV).

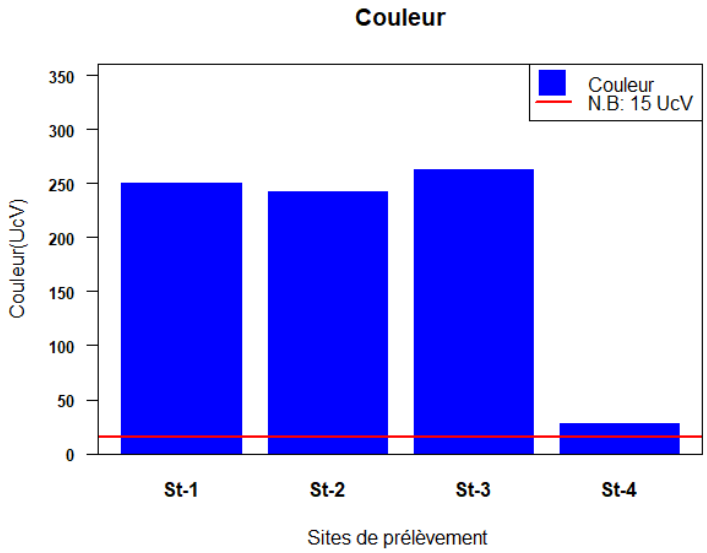


Figure 20: Variation des valeurs de la couleur au niveau des sites de prélèvement.

- **pH**

Les valeurs de pH relevées au niveau des différents sites varient entre 5,3 et 6,7 avec une moyenne de 6,3. La plus forte valeur a été relevée sur le site 2 tandis que la plus faible a été relevée sur le site 4. Toutes ces valeurs appartiennent à la plage 6,5- 8,5 à l'exception de celles des sites 3 et 4.

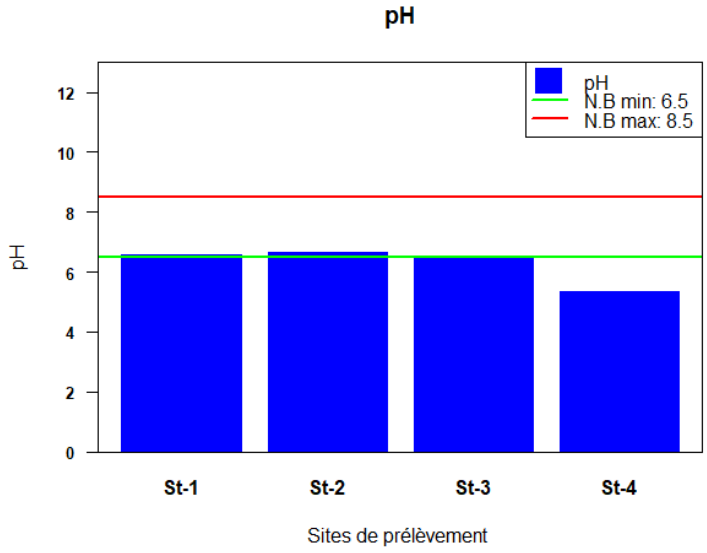


Figure 21: Variation du pH au niveau des sites de prélèvement.

- **Température**

Les températures relevées au niveau des différents sites varient entre 26,76 °C et 27,55 °C avec une moyenne de 27,31°C. La plus forte valeur a été relevée sur le site 1 tandis que la plus faible a été relevée sur le site 2. On constate que toutes les températures des eaux des différents sites sont presque constantes et dépassent la limite fixée par la norme béninoise (25 °C).

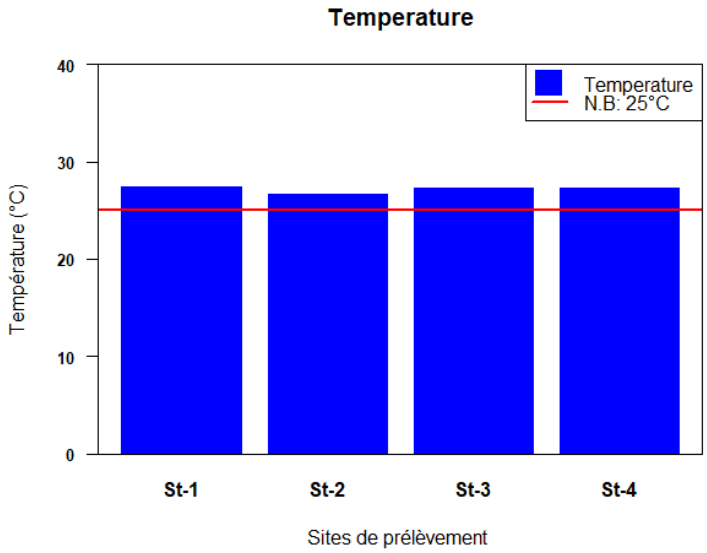


Figure 22: Variation de la température au niveau des sites de prélèvement.

4.1.3 Résultats des analyses bactériologiques

- **Coliformes fécaux**

Les valeurs de coliforme fécaux des sites échantillonnés varient de 29 à 224 UFC/100 mL qui correspondent respectivement au site 4 et au site 2 avec une moyenne de 164 UFC/100 mL. Ces valeurs de coliforme ne respectent pas la norme Béninoise qui est de 0 UFC/100 mL.

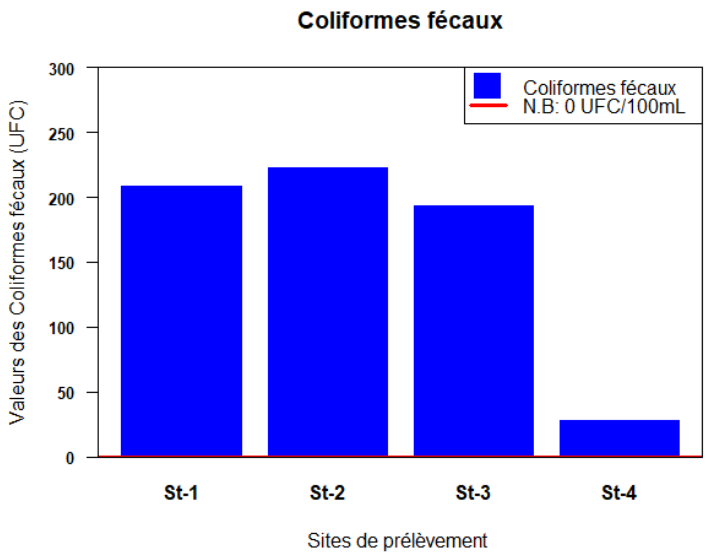


Figure 23: Variation des Coliformes fécaux au niveau des sites de prélèvement.

- **Escherichia Coli**

Les valeurs d'*E. coli* des sites échantillonnés varient de 0 à 87 UFC/100 mL avec une moyenne de 48,75 UFC/100 mL qui correspondent respectivement au site 4 et au site 3. Ces valeurs d'*E. coli* ne respectent pas la norme Béninoise qui est de 0 UFC/100 mL sauf le site 4 qui ne montre pas la présence d'*E. coli.*

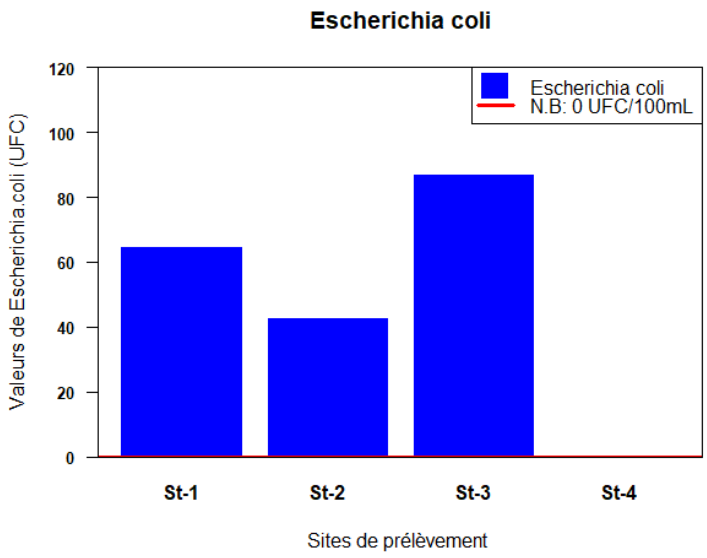


Figure 24: Variation de Escherichia Coli au niveau des sites de prélèvement.

- **Streptocoques fécaux**

Les valeurs d'Entérocoques fécaux des sites échantillonnés varient de 0 à 36 UFC/100 mL qui correspondent respectivement au site 4 et au site 3 avec une moyenne de 14 UFC/100 mL. Ces valeurs d'entérocoques fécaux ne respectent pas la norme Béninoise qui est de 0 UFC/100 mL. sauf le site 4 ne montre pas la présence de d'entérocoques.

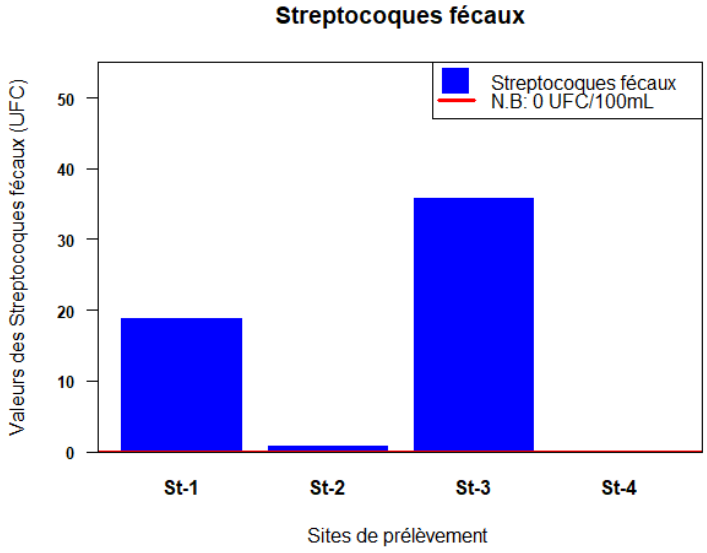


Figure 25: Variation des Streptocoques fécaux au niveau des sites de prélèvement.

4.1.4 Résultats du calcul de l'indice IQE et évaluation de la qualité des eaux

La figure 26 présente la variation de l'indice de qualité de l'eau au niveau des différents sites étudiés. Les IQE varient entre 194,07 et 483,47 avec une moyenne de 405,62. La plus forte valeur est observée à HOUANDO (site 1) et la plus faible valeur est observée à AKAVAME (site 4).

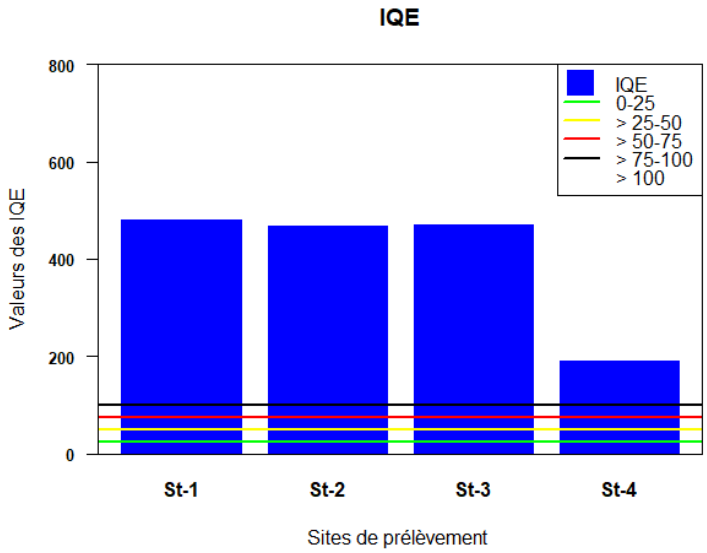


Figure 26: Variation des IQE au niveau des sites de prélèvement.

Tableau 5 : Valeurs des IQE calculés et qualité de l'eau.

Paramètres	HOUANDO	AWIGNANHOUE	BOGNONLOUMON-ASSOUHOUE	AKAVAME
IQE	483,47	471,33	473,60	194,07
Qualité de l'eau	Eau non potable	Eau non potable	Eau non potable	Eau non potable

En effet en se référant au Tab.5, une seule classe correspond aux eaux de consommation en étude : c'est la classe des eaux non potable car IQE > 100. Cette qualité des eaux est due aux valeurs élevées de certains paramètres physico-chimiques dont : la température, le pH, la couleur, la turbidité et le fer.

4.2 DISCUSSION

Notre discussion se présente en trois points, nous avons le premier qui concerne les différents usages de l'eau du lac, le deuxième point aborde les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de consommation humaine a Agonvè puis le troisième et dernier point aborde les IQE calculés.

La qualité d'une eau destinée à la consommation humaine dépend de plusieurs facteurs. Elle est fonction : de la nature des couches géologiques traversés (eau souterraine) et des sols avec lesquels l'eau est en contact direct, des différentes activités pratiquées par les populations riveraines, des dispositifs d'assainissement de base et les usages direct de l'eau. L'eau du lac Azili dans la commune de Zagnanado intervient dans plusieurs activités, nous pouvons citer entre autres : la pèche, le maraichage, l'élevage, les travaux domestiques et l'agriculture.

La pêche est aujourd'hui l'activité principale des riverains. Elle est essentiellement basée sur des techniques traditionnelles de capture au filet à bord de pirogues. L'élevage quant à lui va générer des matières fécales, des déchets organiques qui vont ruisseler avec l'eau vers le lac, ce qui constitue une source de pollution. L'agriculture bien que moins intense génère des nutriments dont les nitrates, ammonium et phosphore après usages des engrais chimiques. Les pesticides et engrais utilisés pour la production lors du maraichage sont des risques de pollutions pour le lac. De plus, ceci est accentué par le lessivage des sols grâce à l'inondation et à la pente qui favorise le ruissellement des eaux vers le lac. L'insuffisance et la mauvaise gestion des dispositifs d'assainissement de base alliés à la défécation a l'air libre sont de véritables sources de pollutions du point de vue bactériologique. Tout ceci montre les diverses pressions que subissent les eaux de consommation humaine sur l'ile d'Agonvè.

Les paramètres physico-chimiques obtenus au cours de nos travaux ont permis d'évaluer la qualité de l'eau du lac Azili. Les températures collectées varient entre 26,76°C et 27,55°C avec une moyenne de 27,31 °C. En effet elles influencent les processus biologiques dans les systèmes aquatiques [65]. Cette variation peut s'expliquer par les heures d'échantillonnage. Les valeurs des températures enregistrées, sont concordantes à celles de [66] et [67] qui ont montrés que les températures comprises entre 24 à 35 °C sont favorables à une bonne croissance des espèces aquatiques et la prolifération des bactéries.

Les valeurs de turbidité observées au niveau de toutes les stations sont supérieures à 5 NTU sauf celle obtenue à Akavamè (forage) qui est inférieur à 5 NTU. Nous pouvons ainsi conclure que seule l'eau du forage respecte la norme béninoise. En effet les valeurs élevées de la turbidité

s'expliquent par les apports des eaux de ruissellement, des activités anthropiques sur et autour du lac.

La couleur étant considérée comme l'un des paramètres les plus importants pour la qualité des eaux de consommation humaine, elle est très élevée au niveau des différents sites et dépasse largement la norme béninoise (15 UcV). Cette couleur de l'eau peut être due à la présence de substances organiques colorées, à la présence de métaux comme le fer, le manganèse et le cuivre, à la présence de déchets industriels fortement colorés, dont les plus commun sont les déchets ménagers. Nos résultats sont similaires à ceux de Black, A.P & Christman, R.F [68].

Les résultats issus des échantillons montrent que les teneurs en fer des eaux destinées à la consommation humaine à Agonvè sont largement supérieurs à la norme béninoise qui est de 0,3 mg/l. La présence du fer dans l'eau donne une saveur désagréable, et un aspect rougeâtre à l'eau. Le fer est indispensable pour le corps humain mais de très fortes concentrations affectent les propriétés organoleptiques de l'eau, donne une saveur désagréable et un aspect rougeâtre à l'eau. Sa présence peut indiquer que l'eau du lac et de forage sont affectées par la pédologie et la géologie de notre cadre d'étude (figures 3 et 4). Notons qu'a Agonvè nous rencontrons des sols hydromorphes qui sont des sols riches en minéraux ferreux. Ainsi par contact avec l'eau ou du lessivage, ces minéraux s'oxydent libérant plusieurs éléments dont le fer.

L'analyse bactériologique des eaux des différents sites échantillonnées montre qu'elles sont toutes polluées par des germes indicateurs de contamination fécale. La présence effective des coliformes totaux, fécaux et même des streptocoques fécaux dépassant largement les valeurs maximales admises révèle une contamination fécale au niveau de ces sites. Les résultats issus des enquêtes menées en ce qui concerne les facteurs de risques de contamination confirment réellement le degré de pollution bactériologique observée. En effet la contamination fécale des eaux constitue alors un problème majeur de santé publique dans cette localité en ce sens que sur cette ile, on identifie qu'un seul forage privé opérationnel. Ainsi la seule alternative de cette communauté est d'utiliser l'eau du lac comme une eau de boisson sans aucun traitement préalable.

Le Bénin, à travers la commune de Zagnanado et de bien d'autres n'échappe pas aux réalités sanitaires qui dérivent de ces situations mettant en péril la santé des populations. Les tendances en termes d'affections prioritaires plébiscitées par les ménages enquêtés ne sont guère différentes de celles présentées dans les annuaires des statistiques sanitaires départementales des trois dernières années, encore moins des résultats de travaux de recherches spécifiques au sujet.

Les IQE calculés ont indiqués que les eaux de consommation sur l'ile d'Agonvè ne sont pas potable. Ce résultat était prévisible au regard des valeurs élevés des paramètres physico-chimiques que sont : la température, le pH, la couleur, la turbidité, et le fer. En plus, les analyses bactériologiques ont révélé l'inexploitation des eaux de l'ile d'Agonvè comme eau de boisson, au regard de la présence des bactéries observées.

CONCLUSION

Cette étude a permis une évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation humaine a Agonvè. Les méthodes de spectrophotométrie d'absorption moléculaire et de membrane filtrante pour le dénombrement des germes ont été utilisés. Les résultats des analyses physico-chimiques dévoilent que les propriétés des eaux consommées sont généralement bonnes pour l'ensemble des paramètres à l'exception de quatre éléments (Turbidité, pH, température, la couleur et le fer) qui présentent des quantités en excès par rapport aux normes béninoises des eaux de boisson.

Les analyses ont révélé une présence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale. Le danger de la pollution bactériologique constitue une menace pour la santé des habitants. Le calcul des IQE nous permet de classer les eaux de consommation sur l'ile d'Agonvè dans la classe des eaux non potable. Il est donc impératif que ces eaux soient traitées avant tout usage alimentaire.

Avant toute consommation d'eau, il est indispensable de s'assurer que cette dernière remplisse les normes de qualité physico-chimique et microbiologique. La négligence du contrôle de ces paramètres provoquerait l'apparition de maladies à transmission hydrique chez la population en cas de consommation d'eau polluée. Pour limiter, des dépenses faramineuses en matière de santé lors d'apparition des maladies survenues suite à la consommation des eaux polluées il est nécessaire de lancer des compagnes de sensibilisation vis-à-vis la population vivante dans des conditions d'hygiène non conforme aux normes internationales.

Références bibliographiques

[1] **UNRIC. 2020.** Objectifs de développement durable (ODD), sélection de ressources en ligne/Fiche-d'information :https://unric.org/fr/wp-content/uploads/sites/2/2020/02/sdgs-french.pdf. Consulté le 05/03/2020.

[2] **Delmont, J. (2016).** Les enjeux de santé liés à la qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement. Faculté de Médecine de Marseille. Atelier d'information sur la qualité de l'eau dans les projets de développement des services d'eau potable. Lyon.

[3] **OMS (2005).** Célébration de la décennie internationale d'action : L'eau source de vie 2005-2015, Journal mondial de l'eau 2005, Guide de sensibilisation, Genève, Suisse, p34.

[4] **Dovonou, E. F. et *al.* (2018)**. Impact des comportements sur la qualité des eaux de consommation dans la commune d'Abomey-Calavi : cas de l'arrondissement de Hêvié.

[5] **OMS. (2004).** Directives de qualité pour l'eau de boisson, volume 1, recommandations (3ème edn). OMS, Genève, Suisse, p. 110.

[6] **Tchaou G., (2015).** Déterminants environnementaux des maladies hydriques dans la commune lacustre de Sô-Ava, Centre Béninois de la Recherche Scientifique et Technique Cahiers du CBRST, Cotonou (Bénin) ISSN : 1840-703X, N° 8 décembre 2015 Volume 3 203.

[7] www.raoul-follereau.org/ile-dagonve-la-sante-au-fil-de-leau/

[8] **Anglaret, E. (2002).** Maladies infectieuses, Edition, Med-Lin, p40-43.

[9] **Michard,k. (2002).**Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Edition Publisud, 565p.

[10] **Centre d'Information sur l'Eau (CIE), (2013).** Le cycle naturel de l'eau, p6.

[11] **Réseaux Partenarial des Données sur l'Eau (RPDE). (2007).** Le cycle de l'eau, Observatoire Régional de l'Environnement Poitou-Charentes, p33.

[12] **Article 5** de la loi n°2010-44 portant gestion de l'eau en République du Bénin

[13] **Nguengar, N. (2011) :** Accès à l'eau potable et à l'assainissement ; quels enjeux pour la santé dans les quartiers précaires. Etude appliquée au quartier Gamkallé de la commune IV de Niamey au Niger. Mém. Master. Univ. Abdou Moumouni de Niamey, Niger.

[14] **Degremont. (1989) :** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P 5-24-25.

[15] **Merouani, M et Bouguedah, A. (2013)** : Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Mémoire master. Université KASDI MARBAH Ouargla, p59.

[16] **OMS. (2000) :** Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, p1050.

[17] **Boeglin J-C. (2001) :** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G 1110.

[18] **Degremont. (2005) :** «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1, . P 39-50

[19] **Genoutdet. (2001) :** L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale

[20] **Rodier, J. (2005)** : L'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8éme édition. Dunod. Paris, p .1383 ,1479.

[21] **Grosconde, G. (1999) :** Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maitrise), Tome 1éme Edition., Inra, Paris. p17-18.

[22] **Renald, M.(2003):** Le puits , Révision de la numérotation des règlements, développement durable, environnement et parcs, Québec, p52.

[23] **Julien, M. (2007) :** Un point sur l'eau (l'eau milieu naturel et maitrise), Tome 1éme Edition., Inra, Paris, p17-18.

[24] **Ramade, F. (1984) :** Eléments d'écologie-écologie fondamentale. Ed Mac Graw-Hill. Paris, p397.

[25] **Schoeller, H-J. (1975) :** Pollution des Eaux**.** Souterraines. Proceedings of the Moscow Symposium ; Actes du Colloque de Moscou, IAHS-AISH Publ. No. 103.

[26] **Castany, G. (1982) :** Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition: Dunod. p .58.

[27] **Hélène, R. (2000) :** Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL : Exigences et conception d'un suivi adapté. Mémoire de l'Ecole Nationale de Santé publique, France. p81.

[28] **Gaujous, D. (1985) :** La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. Édition : revue et augmenté, p. 49.

[29] **Liu , F et Mitchell, C et Odom, J et W, Hill D.T et Rochester E.W. (1997)** : Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. Agronomy Journal, 89 900-904.

[30] **Kourchi. (2010)** : Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa el mizan. Mémoire fin d'étude UMMTO. p27.

[31] **Loumi et Yefsah. (2010)** : Valorisation des eaux usées traites en irrigation ; cas de la station d'épuration Est de T.O. Mémoire d'ingénieur UMMTO p 134.

[32] **Kankou, M. (2004)** : Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie : Thèse de doctorat : étude en laboratoire du comportement de deux pesticides, Université de Limoges, p159.

[33] **Schwartzbrod, L. (2000) :** virus humains et sante publique : conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture, centre collaborateur OMS pour les microorganismes dans les eaux usées, Faculté de Pharmacie, Nancy, France, p292.

[34] **Bouziane, M. (2005) :** mémoire de master, université Mentouri, Constantine, Algérie. 2005. p14.

[34] **Bouziane, M. (2000) :** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition Ibn Khaldoun, (Oran). p247.

[34] **Mbongo. (2015) :** Etude des déterminants des maladies hydrique chez les enfants de 0 à 05 ans. Mémiore de licence, université pédagogique national. p52.

[35] **OMS. (1994)** : Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2ème édition, p 202.

[36] **Maiga, A. (2005) :** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat. Bamako (Mali), p77.

[37] Décret nº 2001-094 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République de Bénin.

[38] **Benallou, A. (2004) :** Analyse physico-chimique des effluents provenant de la laiterie d'Arib., Mémoire de Master, Centre universitaire de Khemis Miliana, p12.

[39] **Mahamat, B et Beskri, A. (2010) :** Caractéristique physico-chimique des eaux souterraines dans la plaine de Khemis Miliana, Mémoire fin d'étude. Centre université de Khemis Miliana, p42.

[40] **Aroura, A. (1997) :** L'homme et son milieu. Ed 531/77, p135

[41] **Makhoukh, M. (2011) :** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc), p46.

[42] **Joel, G. (2003)** : La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités. Paris, France p 65.

[43] **Bouchebbah S., & Ayache K., (2011)** : Caractéristique des eaux de surfaces de l'Oued Agrioun de la région de Bejaia. Mémoire en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Université Abderrahmane Mira de Bejaia, p53.

[44] **Hawa, S. (2001) :** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la Ville de Bamako. Université de Bamako. p21.

[45] **Sahraoui, N. (2015) :** Etude de la cohérence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana, p32.

[46] **Khelili, R et Lazali, D. (2015) :** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla), p10.

[46] **Rodier, J et al. (2009) :** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, p1579.

[47] **Hamed, M et Guettache, A et Bouamer, L. (2012) :** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du Barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie, Université des Sciences et Technologies Béchar, Béchar, Algérie, p18.

[47] **Chevalier, P. (2003) :**Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, p4.

[48] **John, P. et Donald, A. (2010) :** Microbiologie, 3ème Édition, p1216.

[49] **Leyla, G et Ronnefoy, C. et Guillet, F. (2002) :** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris.

[50] **Seghir, K. (2008) :** Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien), Thèse de Doctorat en Sciences de La Terre. Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie. p158.

[51] **Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2012) :** Water quality indices. 1st ed., Elsevier, Amsterdam, The Netherlads, (384p), Paperback ISBN: 9780444638366.

[52] **Horton, R. K. (1965) :** An index number system for rating water quality. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37(3), (p.300-306).

[53] **Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., Tozer, R. G. (1970) :** A Water Quality Index- Do We Dare? Water and Sewage Works, 117, (p. 339–343).

[54] **Liou, S.M., Lo, S.L., Wang, S.H. (2004) :** A generalized water quality index for Taiwan, *Environmental Modeling & Assessment, 96(1–3),* (p. 35–52).

[54] **Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., Dobhal, R., (2013) :** Water quality assessment in terms of water quality index. American Journal ofWater Resources, 1(3), (p. 34–38).

[55] **House, M. A. (1990) :** Water quality indices as indicators of ecosystem change. *Environmental Modeling &Assessment*, 15(3), (pp. 255–263).

[55] **House, M. A., Ellis, J. B. (1987) :** The development of water quality indices for operational management, *Water Science and Technology*,19(9), (pp. 145–154).

[56] **Mondegnon, (2012) :** Effet du système SAWAH sur la production du riz et la productivité de l'eau dans le bas-fond de Bamé au Bénin, p 14 et 16.

[57] **INSAT, (2016) :** Cahier des villages et quartiers de ville du département du zou (RGPH-4, 2013), p 30.

[58] **Atchade, G., (2014) :** Impacts de la dynamique du climat et de l'occupation des terres sur les ressources en eau du bassin versant de la rivière Zou dans le Bénin Méridional. Thèse de doctorat unique de Geographie, EDP-FLASH-UCA, 235 pages.

[59] **Etene, C. G. (2021) :** Changement climatique et dégradation des terres agricoles autour des petits lacs du plateau de Zagnanado au Bénin.

[60] **Volkoff, B. (1976) :** CARTE PEDOLOGIQUE DE RECONNAISSANCE de la République Populaire du Bénin a 1/200000- FEUILLE D'ABOMEY (2).

[61] **Houssou, A. M. (2012) :** Variabilité saisonnière des communautés planctoniques des lacs Azili, Hlan et Toho. p44

[62] www.beninintelligent.com/gestion-integree-des-ressources-en-eau-agonve-azili-un-cas-decole-a-imiter/

[63] **Zogo D., Yehouenou Azehoun Pazou E., Agbede G. (2016) :** Caractéristiques physico-chimiques et essai de traitement de l'eau du forage exploitée par la SONEB dans la Commune de Sèmè-Podji.

[64] **Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., & O'Connor, M. F. (1972):** A water quality index-crashing the psychological barrier. In Indicators of environmental quality (pp. 173-182). Springer, Boston, MA.

[64] **Chatterji, C., Raziuddin, M. (2002) :** Determination of water quality index of a degraded river in Asanol Industrial area, Raniganj, Burdwan, West Bengal. *Nature, Environment and Pollution Technology*, 1 (2) (pp. 181-189).

[64] **Yidana, S. M. & Yidana, A. (2010) :** Assessing water quality using water quality index and multivariate analysis. *Environmental Earth* Sciences, 59(7) (pp. 1461-1473).

[65] **Kadlec RH, Reddy KR. (2001) :** Temperature effects in treatment wetlands. Water Environment Research, 73: 543–557p.

[66] **Dèdjiho, C.A. (2011) :** Evaluation de la chaine trophique d'une aire marine protégée en relation avec sa physico-chimie : cas de Gbèzoumè dans la commune de Ouidah.

[67] **Pouomogne, V. (1998) :** Pisciculture en milieu tropical africain. Comment produire du poisson a cout modéré. Presse Universitaire d'Afrique, Yaoundé, 263p.

[68] **Black, A.P and Christman, R.F. (1963):** Characteristics of colored surface waters. Journal of the American Water Works Association, 55 ;753-770p.

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire d'enquête

N°		
1.	Date	
2.	Nom et prénoms	
3.	Statut familial :	a- Chef de ménage b- Conjointe du chef de ménage c- Autre
4.	Sexe	a- Masculin b- Féminin
5.	Age	
6.	Activités principales	a- Commerçant b- Agriculteur c- Pêcheur d- Autre
7.	Nombre de personnes dans le ménage	
8.	Votre maison est-elle fréquemment inondée ?	a- Oui b- Non
9.	Si oui, pendant combien de temps dans l'année ?	
	Approvisionnement, Stockage et usage de l'eau	
10.	D'où provient votre eau pour la boisson, la vaisselle et la cuisine ?	a- Borne Fontaine b- Branchements particuliers c- Puits d- Lac
11.	D'où provient votre eau pour le ménage et la lessive ?	a- Borne Fontaine b- Forage c- Puits d- Lac
12.	D'où provient votre eau pour votre hygiène corporelle ?	a- Borne Fontaine b- Branchements particuliers c- Puits d- Lac
13.	Pourquoi allez-vous chercher l'eau à ce (ces) endroit (s) ?	a- Le plus proche b- Habitudes c- Prix de l'eau moins chère d- Autres
14.	Fréquence d'approvisionnement en eau potable ?	a- Tous les 2 à 3 jours b- Une fois par jour c- Plus de 3 fois/jour
15.	Quels sont les principaux problèmes liés à la collecte de l'eau ?	a- Pannes fréquentes/ délestage b- Trop cher c- Trop éloigné d- Difficile d'accès en période de crue e- Autre
16.	Continuez-vous à payer de l'eau potable en période de crue ?	a- Oui b- Non

17.	Fréquence de lavage des récipients de stockage	a- dès qu'ils sont sales b- une fois/jour c- une fois par semaine d- dès qu'ils sont vides e- une fois par mois f- jamais
18.	Techniques de lavage des récipients d'eau	a- Avec cendre/sable et l'eau b- Avec de l'eau c- Avec savon et de l'eau d- La main et de l'eau e- Autre
19.	Que souhaiteriez-vous pour améliorer l'approvisionnement en eau potable de votre ménage ?	- Améliorer gestion point d'Eau - Plus de points d'Eau modernes - Eau moins chère - Réhabilitation des points d'Eau - Point d'Eau plus proche - Moins de panes
20.	Comment reconnaissez-vous une eau non potable ?	a- Claire b- Trouble des particules c- Mauvaise Odeur d- Colorée
21.	Traitez-vous l'eau ?	a- Toujours b- Jamais c- Parfois
22.	Si oui, comment traitez-vous l'eau de boisson ?	
23.	Avez-vous été sensibilisé pour le traitement de l'eau	a- Oui b- Non Si oui par quelle structure :
24.	Où allez-vous faire vos selles ?	
25.	Allez-vous toujours au même endroit à chaque défécation ?	
26.	Si non, pourquoi ?	
27.	Y a-t-il des latrines dans l'enceinte ?	
28.	à quelle distance est-elle de votre l'habitation ?	
29.	Si vous possédez des latrines, comment vidangez-vous la fosse ?	a- Dans une fosse b- à côté de la latrine c- Pas de réponse d- Derrière chez vous e- Autres
30.	Où jetez-vous les eaux usées ?	a- Jeter sur le sol b- dans l'enceinte de la maison c- Jeter dans le lac c- d- Autres