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

AFFOVEDE Génoria Aurore

Pour l'obtention du diplôme de

Licence Professionnelle en Ecohydrologie

==========

IMPACT DE L'UTILISATION DES ENGRAIS CHIMIQUE SUR LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DES RIVIERES SAHETO ET AKODEBAKOU DANS LA COMMUNE D'AGBANHIZOUN (SUD-BENIN)

==========

Maître de Mémoire

Professeur DOVONOU Edia Flavien (Maître de conférences des Université de CAMES, Enseignant-chercheur à l'INE/UAC)

Maître de Stage

Monsieur ZANNOU Moïse (Responsable des laboratoires de la SONEB/BOHICON)

PROMOTION : 2023-2024

REPUBLIQUE DU BENIN

=======

DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

=======

Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme de Licence Professionnelle en Hydrologie

Option : ECOHYDROLOGIE

IMPACT DE L'UTILISATION DES ENGRAIS CHIMIQUES SUR LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DES RIVIERES SAHETO ET AKODEBAKOU DANS LA COMMUNE D'AGBANHIZOUN (SUD-BENIN)

Présenté par :

Génoria Aurore AFFOVEDE

MENTION : Très Bien

Jury :

Président : Prof Flavien DOVONOU

Membres : Dr. Arouna YESSOUFOU

Dr. Ousmane BOUKARI

PROMOTION : 2023-2024

DEDICACE

A

Mon défunt père Franck Josaphat AFFOVEDE et à ma mère
Nadège Elise KPEDE pour m'avoir aidé à atteindre mon niveau actuel

REMERCIEMENTS

Au terme de la rédaction de ce mémoire, je tiens à remercier ceux qui m'ont aidé d'une manière ou d'une autre dans la réalisation dudit mémoire. Ceux-là qui de par leurs soutient et leurs divers conseils ce travail a été à terme. Je remercie en premier l'Eternel des armés pour son amour, son assistance et sa bonté dans ma vie depuis le début de l'année scolaire jusqu'à la réalisation de ce document. Mes remerciements s'adressent aussi aux personnes suivantes :

- Professeur Flavien Edia DOVONOU, mon maître de mémoire et le chef du Département HGRE pour son encadrement, ses conseils, son temps et sa disponibilité à suivre de près ou de loin ce travail ;
- Professeur Daouda MAMA, Directeur de l'Institut National de l'Eau (INE), pour nous avoir permis l'insertion dans son établissement
- Docteur Firmin ADANDEDJI, Docteur Ousmane BOUKARI, Monsieur Mohamed BOURE SALMANOU pour leur contribution à la réalisation de ce travail ;
- Professeur Abdoukarim ALASSANE, Coordonnateur Master à l'INE;
- Monsieur Toulas CODJO-SODOKIN, Directeur Départemental de la SONEB Zou-Collines, pour m'avoir permis de faire mon stage à l'usine de traitement de l'eau de la SONEB Bohicon et principalement dans le laboratoire ;
- A tout le personnel de la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) de Bohicon principalement Madame LOKONON Pauline, Secrétaire de la SONEB Bohicon ;
- A tous les responsables de la Formation Professionnelle en Hydrologie à l'Institut National de l'Eau (INE) ;
- Nos ainés de la formation professionnelle en hydrologie principalement à Luc GNONLONSA, Serge DOSSOU, Soultan KOTO SOUMANOU et Firmin ENINHOU.
- Tous mes camarades d'hydrologie et spécialement ceux de la promotion 2023- 2024 en particulier ceux de l'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 oncles et mes tantes pour leurs conseils, leurs aides et leurs attentions à mon égard ;
- Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce document, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude ;
- 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

RESUME

Dans la commune d'Agbanhizoun principalement dans les arrondissements de Sahè et de Siwé-Kpota, l'agriculture est la principale activité menée par les habitants. On assiste à l'utilisation des engrais chimiques dans ces arrondissements dans le but d'accroitre les rendements des cultures. On se demande alors si ces engrais chimiques polluent l'eau des rivières Sahèto et Akodebakou. Afin d'atteindre notre objectif général qui est d'étudier l'impact de l'utilisation de ces engrais sur la qualité physico-chimique de l'eau des rivières, l'approche méthodologique utilisée est la recherche documentaire, les travaux de terrains principalement les observations, les enquêtes et l'échantillonnage et les analyses au laboratoire qui nous ont permis d'évaluer la potabilité de l'eau et l'effet des engrais sur l'eau en nous basant donc sur les différents paramètres physiques et chimiques. Des analyses au laboratoire, il a été observé que **38.46%** des paramètres analysés ont excédés la norme il s'agit de la turbidité, de la dureté, de la température, de la teneur en fer et de la teneur en nitrite qui provient de l'utilisation des engrais chimique dans ces deux arrondissements. Ces teneurs insinuent que ces paramètres ont d'impacts négatifs sur l'eau des rivières. Afin d'étudier avec efficacité ces impacts, il nous faudrait continuer les études en faisant l'échantillonnage sur les deux saisons pour mieux comprendre la variation de ces paramètres en fonction des deux saisons, faire aussi une étude approfondie sur les sédiments et espèces aquatiques des rivières afin d'avoir une idée globale sur la qualité de cet écosystème important aquatique.

Mots clés : *Agriculture, engrais chimique, paramètres chimiques, paramètres physiques, impacts*

ABSTRACT

In the commune of Agbanhizoun mainly in the districts of Sahè and Siwé-Kpota, agriculture is the main activity carried out by the inhabitants. We are witnessing the use of chemical fertilizers in these districts in order to increase crop yields. We then wonder if these chemical fertilizers pollute the water of the Sahèto and Akodebakou rivers. In order to achieve our general objective which is to study the impact of the use of these fertilizers on the physicochemical quality of river water, we used methodologies such as documentary research, field work mainly observations, surveys and sampling and laboratory analyses which allowed us to assess the potability of water and the effect of fertilizers on water based on the different physical and chemical parameters. Laboratory analyses observed that 38.46% of the parameters analyzed exceeded the standard, namely turbidity, hardness, temperature, iron content and nitrite content, which comes from the use of chemical fertilizers in these two districts. These levels suggest that these parameters have negative impacts on river water. In order to effectively study these impacts, we should continue the studies by sampling over the two seasons to better understand the variation of these parameters depending on the two seasons, and also conduct an in-depth study on the sediments and aquatic species of the rivers in order to have an overall idea of the quality of this important aquatic ecosystem.

***Keywords**: Agriculture, chemical fertilizer, chemical parameters, physical parameters, impacts*

LISTE DES ACRONYMES

°**F** **:** Degré français

µS/cm : Micro Siesmens par centimètre

ANCB : Association Nationale des Communes du Bénin

GPS : Global Position System

INSAE : Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique

ISO : International Organization Standard

NPK : Azote, Phosphore, Potassium

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PPM : Partie Par Million

QGIS : Quantum Geographic Information System

SONEB : Société Nationale des Eaux du Bénin

UFC : United Formatrice Colonie

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 Evolution de la production mondiale en engrais azoté au XIXème et XXème siècle, en milliers de tonnes d'azote 16
Tableau 2 : Classes de turbidité usuelles (NTU : Néphéline Turbidity Unity) 19
Tableau 3 : Classification des eaux selon leur conductivité 24
Tableau 4: Normes de l'OMS pour l'eau de boisson 26
Tableau 5: Normes de l'eau de boisson au Bénin 27
Tableau 6: Coordonnées en UTM des sites de prélèvement 35

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des arrondissements Sahè et Kpota 30
Figure 2: Réseaux hydrographiques des arrondissements Sahè et Siwé-Kpota 31
Figure 3 : Localisation des points d'échantillonnage dans les arrondissements Sahè et Siwé-Kpota .. 35
Figure 4: Eaux consommées dans les deux arrondissements 41
Figure 5: Activités menées 42
Figure 6: Usage de l'eau des rivières 43
Figure 7: Pourcentage de ceux qui boivent l'eau des rivières dans les arrondissements 43
Figure 8: Variation de la valeur du pH sur les sites et la norme 44
Figure 9: Variation de la valeur de la turbidité sur les sites et la norme 45
Figure 10: Variation de la conductivité électrique et la norme 45
Figure 11: Variation de la température et la norme 46
Figure 12: Variation de la teneur en calcium et la norme 46
Figure 13: Variation de la teneur en magnésium et la norme 47
Figure 14: Variation de la dureté de l'eau et la norme 47
Figure 15: Variation de la teneur en ion chlorure et la norme 48
Figure 16: Variation de la teneur en fer et la norme 48
Figure 17: Variation de la teneur en nitrate et la norme 49
Figure 18: Variation de la teneur en nitrite et la norme 50
Figure 19: Variation de la teneur en fluorure et la norme 50
Figure 20 : Variation de la teneur en ammonium et la norme 51

LISTE DES PHOTOS ET PLANCHES

Photo 1 : illustration d'une pollution plastique (Crédit : Wirestock) 11
Photo 2 : Illustration d'une pollution chimique (crédit : ATDSPHOTO de Pixabay) 12
Photo 3 : Différents types de matière en suspension 21
Photo 4: GPS Garmin 72H 32

Planche 1: Les appareils de terrain (Cliché AFFOVEDE,2024) 32
Planche 2: Spectrophotomètre et préleveur de précision (cliché AFFOVEDE,2024) 33
Planche 3: Prélèvement sur le site (cliché AFFOVEDE,2024) 36

INTRODUCTION

La terre est la seule planète du système solaire, qui grâce à sa position particulière dispose d'eau liquide à sa surface. La petite molécule H_2O y est indispensable pour le développement de la vie. Elle a été et demeure l'élément primordial de la vie sur notre planète (Charles PERRIN ,2000). Les populations ne peuvent pas avoir durablement accès à l'eau potable, sans la prise en compte des questions liées à l'hygiène et à l'assainissement. C'est ce qui a motivé l'ancien Directeur Général de l'OMS, Monsieur John WOOK a affirmé que, '' l'eau et l'assainissement sont indispensable à la santé publique et en constituent souvent la base car, lorsqu'on aura garanti a tout un chacun quelles que soient ses conditions de vie, l'accès à une eau salubre et un assainissement correct, la lutte contre un grand nombre de maladies aura fait un bon énorme''. Etant un élément important dans l'étude du grand cycle de l'eau, elle est souvent confrontée à plusieurs types de pollution qui affectent l'équilibre des écosystèmes. Avec l'accroissement de la population humaine sur terre et l'utilisation des engrais en vue de multiplier les cultures, l'eau devient de jour en jour une denrée limitée parce qu'elle est de plus en plus polluée.

L'engrais est une matière organique ou minérale dont la fonction est de nourrir la plante ou la culture céréalière. Cet apport permet de répondre à une carence, d'accélérer ou de stimuler la croissance du végétal afin que le rendement de la culture soit optimal. La fertilisation des plantes avec des engrais a une conséquence directe sur la qualité des végétaux qui en bénéficient, tandis que les amendements sont des fertilisants qui influent sur la structure et la composition du sol. Les engrais chimiques sont des fertilisants les plus utilisés sur le marché. Ils ont en effet l'avantage d'avoir un très grand pouvoir de rendement pour un prix très bas. Les engrais chimiques sont composés de minéraux comme l'azote, le phosphore, le calcium, le potassium, le magnésium, le fer ou le soufre. Du fait de leur nature chimique, leur utilisation doit être raisonnée puisqu' « il ne sert de rien à l'homme de gagner la lune s'il vient à perdre la Terre » François Mauriac

Lorsqu'il pleut, le ruissellement, favorable et plus intense grâce à la pente, transporte au cours de son parcours, tout ce qu'il trouve sur son chemin. Il transporte par conséquent des déchets agricoles comme les engrais, qui, en passant, dégrade la qualité du sol, la qualité des eaux souterraines et essentiellement la qualité des eaux de surface. Dans la commune de agbanhizoun, l'agriculture grâce aux fertilisants, est l'une des activités développées avec une population agricole de **26663** dont **4526** à Sahè, **2078** à Kpota et un ménage agricole de **5458** dont **954** à Sahè et **438** à Kpota. De plus, il a été remarqué que certains de ses habitants se

servent des eaux de surfaces de la zone pour divers besoins. C'est ce qui justifie notre présente étude intitulée **« impact de l'utilisation des engrais chimiques sur la qualité physico-chimique de l'eau des rivières SAHETO et AKODEBAKOU (AGBANHIZOUN, Zou) »**

Au regard de ce qui précède, le problème de recherche identifié est le suivant : les activités notamment l'agriculture polluent-elles l'eau des rivières Sahèto et Akodebakou de agbanhizoun ?

OBJECTIFS D'ETUDE

L'objectif général est d'étudier les impacts de l'utilisation des engrais sur la qualité physico-chimiques de l'eau des rivières Sahèto et Akodebakou dans AGBANHIZOUN.

Il s'agira de manière **s**pécifique de :

- Répertorier les engrais utilisés, leurs compositions, l'usage des différents types d'eau ainsi que les activités menées dans la commune d'Agbanhizoun ;
- Evaluer la qualité physico-chimique de l'eau des rivières Saheto et Akodebakou dans la commune d'Agbanhizoun ;
- Evaluer les impacts de l'utilisation des engrais chimiques sur l'eau des deux rivières.

HYPOTHESE

H1 : Les agriculteurs de la commune d'Agbanhizoun utilisent de l'engrais chimique ;

H2 : Les paramètres physico-chimiques ne respectent pas les normes de potabilité de l'eau;

H3 : Les éléments chimiques issus des engrais tels que le nitrate, le phosphate et le potassium ne respectent pas les normes.

Pour rendre compte des résultats des travaux de recherche, ce document est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre est intitulé clarification conceptuelle ; le second chapitre est consacré à la présentation du cadre, matériel et méthodes d'étude et le troisième chapitre présente les résultats et discussions. Une conclusion suivie des recommandations sont formulées pour l'amélioration des conditions d'hygiène et d'assainissement dans le but de préserver la santé des populations.

CHAPITRE 1: CLARIFICATION CONCEPTUELLE

CHAPITRE1 : CLARIFICATION CONCEPTUELLE

1.1. Définitions de quelques concepts

1.1.1. Environnement

L'environnement est un concept qui désigne le cadre de vie des individus et des populations. Il comprend donc le milieu naturel, mais aussi les sociétés et le milieu tel qu'elles l'ont façonné (Assistance Scolaire Personnalisée : https://www.assistancescolaire.com). L'environnement est : « l'ensemble des éléments naturels et artificiels ainsi que des facteurs économiques, sociaux et culturels qui influent sur les êtres vivants et que ceux-ci peuvent modifier » (Article 2 de la Loi N°98-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin).

1.1.2. Sol

Le sol est « tout terrain ou espace souterrain, même submergé d'eau ou couvert par une construction » (Article 18 de la Loi N°98-030 du 12 février 1999 portant loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin). En agriculture, un sol désigne la couche supérieure du terrain dite « couche arable » que l'agriculteur travaille et entretient afin d'y faire pousser des cultures, ainsi que la couche sous-jacente, ou « couche pédologique », qui sépare la couche arable de la roche mère et dont les caractéristiques influent sur les conditions de culture (https://www.intercereales.com).

1.1.3. Eau potable

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'eau potable est une eau dotée de caractéristiques microbienne, chimique et physique répondant à des directives et à des normes relatives à la qualité de l'eau de boisson.

1.1.4. Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est l'ensemble des propriétés physique, chimique, biologique et organoleptique qui rendent l'eau apte à l'utilisation à laquelle elle est destinée (Loi n°2010-44 du 24 Novembre 2010 portant la gestion de l'eau en République du Bénin, chapitre premier, session 4 article 5). Elle est utilisée plus fréquemment en référence à un ensemble de normes permettant d'évaluer la conformité. Les normes les plus couramment utilisées pour évaluer la qualité de l'eau sont liées à la santé des écosystèmes, à la sécurité des contacts humains et à l'eau potable (https://www.aquaportail.com).

1.1.5. Norme de la qualité de l'eau potable

Ce sont les prescriptions et/ou recommandations émanent des organismes habiletés, indiquant les valeurs maximales pour les différents paramètres de la qualité de l'eau de consommation humaine (Balogoun, 2023).

1.1.6. Rivière

En hydrographie, une rivière est un cours d'eau au débit moyen à modéré, recevant des affluents et qui, se jette dans une autre rivière ou dans un fleuve. Elle est donc un cours d'eau d'une certaine importance, inférieure subjectivement à celle du fleuve, sans autre égard à son débauché (Wikipédia).

1.1.7. Accès à l'eau potable

C'est un indicateur représentant la part de la population disposant d'un accès raisonnable à une quantité adéquate d'eau potable (Selon l'OMS).

1.1.8. Agriculture

L'agriculture est un processus par lequel les êtres humains aménagent leurs écosystèmes et contrôlent le cycle biologique d'espèces domestiquées, dans le but de produire des aliments et d'autres ressources utiles à leurs sociétés. C'est l'ensemble des savoir-faire et activités ayant pour objet la culture des sols, et, plus généralement, l'ensemble des travaux sur le milieu naturel (pas seulement terrestre) permettant de cultiver et prélever des êtres vivants (végétaux, animaux, champignons, micro-organismes) utiles à l'être humain. (Selon Wikipédia)

1.1.9. Engrais

Les engrais sont des substances apportant aux plantes des nutriments qu'elles ne trouvent pas dans le sol en quantité suffisante ; ils sont utilisés dans le but de leur offrir une croissance optimale. Dans les engrais, les éléments fertilisants dits « majeur » sont l'azote N, le phosphore P et le potassium K. Les éléments fertilisants dits « secondaire » sont le calcium, le magnésium, le sodium et le soufre. (https://culturesciences.chimie.ens.fr)

1.1.10. Impact

Un impact est la conséquence violente, la vive répercussion d'une décision, d'une action, d'un évènement, d'un discours sur quelqu'un ou quelque chose. (https://www.toupie.org)

1.2. Généralités sur l'eau

La formule chimique de l'eau pure est H_2O. L'eau que l'on trouve sur Terre est rarement un composé chimique pur, l'eau courante étant une solution d'eau, de sels minéraux et d'autres impuretés. Les chimistes utilisent de l'eau distillée pour leurs solutions, mais cette eau n'est pure qu'à 99 % : il s'agit encore d'une solution aqueuse.

Majoritairement observable sur Terre à l'état liquide, elle possède les propriétés d'un puissant solvant : elle dissout facilement et solubilise rapidement de nombreux corps sous forme d'ions, ainsi que de nombreuses autres molécules gazeuses, et par exemple les composants de l'air, en particulier l'oxygène ou le dioxyde de carbone. L'expression « solvant universel » est toutefois sujette à maintes précautions, beaucoup de matériaux naturels (roches, métaux, etc.) étant non solubles dans l'eau (dans la plupart des cas ou de manière infime).

La surface de la Terre est recouverte à 71% d'eau (97% d'eau salée et 3% d'eau douce dans différents réservoirs) sous différentes formes :

- Liquide : dans les océans, les lacs, les fleuves et les rivières. Ailleurs que dans les zones humides plus ou moins tourbeuses ou marécageuses, dans les mers et océans, l'eau est présente dans les lagunes, lacs, étangs, mares, fleuves, rivières, ruisseaux, canaux, réseaux de fossés, de watringues ou comme eau interstitielle du sol ;
- Gazeuse : sous forme de vapeur d'eau dans l'air. L'humidité de l'air provient de l'évaporation des mers, des plans d'eau et de l'évapotranspiration des plantes ;
- Solide : sous forme de glace dans les glaciers, dans la banquise, les icebergs, etc.

La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par le cycle de l'eau. En tant que composé essentiel à la vie, l'eau a une grande importance pour l'Homme mais aussi pour toutes les espèces végétales et animales (https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau).

1.2.1. L'eau de pluie

L'eau de pluie est un liquide sous forme de gouttelettes condensées à partir de l'atmosphère, puis sous forme de vapeur, puis d'un précipité lorsqu'elle est enfin devenue assez lourde pour tomber sous l'effet de la gravité. Dans le principe de sa formation, la composition chimique de l'eau de pluie est variable : elle dépend de la

qualité de l'air atmosphérique traversé, dans les milieux urbains l'eau de pluie est considérée comme non potable à l'usage humain à cause des rejets atmosphérique (www.aquaportail.com).

1.2.2. L'eau de mer ou d'océan

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la Terre. On dit qu'elle est « salée » parce qu'elle contient des substances dissoutes, les sels, constitués d'ions, principalement des ions halogénures comme l'ion chlorure et des ions alcalins comme l'ion sodium. On trouve 30 à 40 g de sels dissous pour 1 kg d'eau de mer. L'eau salée s'oppose à l'eau douce, qui contient moins de 1g de sels dissous par kilogramme (https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau).

1.2.3. L'eau de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit par des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots). Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (www.aquaportail.com).

1.2.4. L'eau souterraine

Représentant 30% de l'eau douce de la planète les eaux souterraines sont la principale source d'eau douce de l'humanité. Le reste constitue les calottes polaires (69%) ainsi que les fleuves et les lacs (1%). Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol bénéficiant d'une importante filtration naturelle (Chelli et Djouhri, 2013).Il s'agit 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 (Loi n°2010 44 du 24 Novembre 2010 portant la gestion de l'eau en République du Bénin, chapitre premier, session 4 article 5).Elles proviennent de l'infiltration des eaux de pluie et constituent alors une nappe aquifère. De qualité constante, elles bénéficient également vis-à-vis des pollutions, d'une meilleure protection que les eaux superficielles. Elles peuvent être captées à leur exutoire ou directement dans le sous-sol par forage et constituent la plus grande et la plus importante source d'approvisionnement en eau potable en Afrique (ONEMA, 2014). L'eau souterraine est étroitement liée aux eaux de surface et est une composante importante du cycle global de l'eau (Cosandey et al, 2003 in Felix, 2013).

La réalisation des puits et des forages permet d'obtenir les eaux souterraines grâce aux couches aquifères.

1.3. Généralité sur la pollution de l'eau

1.3.1. Définition

La pollution est la dégradation de l'environnement par des substances (naturelles, chimiques ou radioactives), ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermique, biologique, etc.,) (https://www.larousse.fr), altérant le fonctionnement de l'environnement.

1.3.2. Origine de pollution

De nombreuses activités humaines peuvent avoir d'effets délétères sur nos rivières, lacs, mers et nappes phréatiques. La qualité de l'eau est influencée par des rejets directs, tels que ceux provenant d'une usine ou d'une station d'épuration des eaux usées : il s'agit de la « pollution ponctuelle ». Elle est également influencée par la pollution des résultants de divers sources, telles que les engrais et pesticides utilisés dans des activités agricoles, et les polluants rejetés dans l'air par l'industrie, qui retombent ensuite au sol et en mer : c'est ce qu'on appelle la « pollution diffuse ». La pollution de la ressource en eau se caractérise par la présence de micro-organismes, de substances chimiques ou encore de déchets industriels. (https://www.eea.europa.eu)

Selon l'origine des substances polluantes, on distingue :

1.3.2.1.La pollution d'origine naturelle

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes (Djemmal, 2008).

1.3.2.2.La pollution d'origine industrielle

Cette forme de pollution est généralement liée aux rejets des produits chimiques comme les hydrocarbures ou le PCB rejetés par les industries ainsi que les eaux évacuées par les usines.

Un grand nombre d'opérations industrielles et manufacturières rejettent des agents polluants directement ou indirectement dans les sources d'eau environnantes (Chibani, 2009). Ces

polluants sont caractérisés par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans le processus de refroidissement, de lavage, d'extraction, de mise en solution et de l'activité des usines (Benchabane et Merzoug, 2015).

1.3.2.3.La pollution d'origine atmosphérique

La pollution atmosphérique peut considérablement détériorer la qualité des ressources pédologiques et hydriques. Lorsque nous polluons l'atmosphère, nous polluons aussi les précipitations qui retombent sur nos plans d'eau et nos sols. L'effet de la pollution atmosphérique sur l'eau n'est pas toujours visible. Il se peut que des cours d'eau, des lacs ou des régions côtières semblent propres tout en étant pollués en raison des précipitations acides dues à la pluie, à la neige et aux particules, ou indirectement lorsque des nutriments, des éléments et des métaux lourds sont lixiviés du sol et mis en suspension dans la colonne d'eau (https://www.canada.ca/fr/environnementchangement). Les fumées provenant de l'industrie, des transports ou des maisons peuvent véhiculer un très grand nombre de polluants tels que hydrocarbures (60% de la pollution des mers par les hydrocarbures est transportée par voie atmosphérique), métaux lourds, souffre et gaz carbonique (responsables notamment des pluies acides) (Woito, 2018).

1.3.2.4.La pollution d'origine domestique

Elle est généralement liée aux rejets d'eaux usées, qui peuvent être de deux types :

- Les eaux usées issues de l'utilisation d'eau au quotidien (toilettes, cuisine, douche...) contiennent des déchets organiques ou de la matière fécale. Les habitations mal ou non raccordées au réseau d'assainissement collectif, peuvent ainsi engendrer une pollution bactériologique de l'eau.
- Les produits ménagers que nous utilisons sont chargés de polluants chimiques nocifs pour l'environnement. Mélangés à l'eau, ils terminent dans nos canalisations ou dans la nature et engendrent une pollution chimique. Difficilement traités par les réseaux d'assainissement, les résidus de ces produits viennent enrichir les cours d'eau en substances chimiques. (https://fr.oceancampus.eu/cours/7Mc/la-pollution-de-leau).

1.3.2.5.La pollution accidentelle

La pollution accidentelle est souvent la cause de la pollution massive sur une courte période. Les exemples de pollution accidentelle les plus courants sont : une marée noire due au naufrage d'un navire, une pollution des nappes phréatique suite à la rupture d'une canalisation, une

pollution suite à un incendie. Diverses pollutions accidentelles peuvent également subvenir lors d'un épisode de tempête. La pollution accidentelle comprends égalent des accidents gravissimes tels que les fuites sur une centrale (Tchernobyl était une pollution accidentelle). (https://www.franceenvironnement.com)

1.3.2.6.La pollution d'origine agricole

La pollution liée à l'agriculture est causée par l'utilisation anarchique d'engrais, de pesticide et d'herbicide ou de fongicide. En effet, les déjections animales, les produits phytosanitaires (pesticides herbicides, insecticides, fongicides) contenus dans les engrais pénètrent dans les sols jusqu'à atteindre les eaux souterraines. Les méthodes modernes exigent parfois des labourages profonds et violents, ce qui favorise l'infiltration directe des polluants (NO_3^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} et Cl^-) vers la nappe phréatique (Boucherit et hakimi, 2016). L'agriculture, l'élevage et l'aviculture sont des activités responsables de rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques. Ces polluants atteignent les cours d'eau par le ruissellement de surface ou par l'écoulement souterrain (Bouras et Sekfali, 2013).

1.3.3. Les différents types de pollution

1.3.3.1.La pollution mécanique

Ce type de pollutions est caractérisé par une accumulation excessive de matière en suspension. Elles peuvent affecter tous les types de milieux de manière passive.
Les particules minérales issues d'industries extractives (mines, carrières, sablières, forage, géothermie ; ainsi que des vidanges de barrage) rejetées dans les cours d'eau modifient par exemple la turbidité de l'eau, et ont des conséquences directes sur les organismes aquatiques, comme par exemple des effets abrasifs sur les branchies des poissons, une réduction de l'habitabilité des supports vis-à-vis des invertébrés benthiques, ou le colmatage des supports et des frayères (lieu où les poissons placent leurs œufs)… C'est ainsi l'écologie des cours d'eau qui est perturbée. (htpp://naturefrance.fr)

1.3.3.2.La pollution plastique

Pollution plastique affecte tous les organismes qui peuplent les eaux marines, jusqu'à des milliers de mètres de profondeur. Ce type de pollution cause la mort directe de nombreux animaux tels que les tortues marines ou les oiseaux de mer, qui l'ingèrent en le confondant avec leur nourriture, ou en provoquant des enchevêtrements (les animaux s'emmêlent dans des déchets plastiques).

Par ailleurs, le plastique se fragmente en particules appelées micro plastiques, d'une taille inférieure à 5 mm. Elles peuvent alors être ingérées par les espèces marines, notamment le phytoplancton à la base de la chaîne alimentaire, et avoir un effet de type perturbateur endocrinien (lorsqu'une molécule perturbe le fonctionnement d'un organisme en modifiant l'action d'une hormone). Elles se retrouvent ensuite dans la chaîne alimentaire avec possiblement les mêmes effets. (htpp://naturefrance.fr).



Photo 1 : illustration d'une pollution plastique (Crédit : Wirestock)

1.3.3.3.La pollution chimique

Les polluants chimiques, tels que les métaux lourds (ETM), les médicaments et les produits vétérinaires, notamment les antibiotiques et les hormones, ou encore les produits phytosanitaires, PCB, HAB, etc., ont de nombreuses conséquences sur la biodiversité puisqu'ils se retrouvent dans l'air, les sols, les eaux ainsi que la faune et la flore. Leurs effets ne sont pas encore tous connus.

Ces polluants tuent directement certaines espèces, provoquent des maladies en les intoxiquant, ont des effets sur leur reproduction (déclenchent la féminisation des poissons de l'estuaire de la Seine par exemple ; fragilisent les œufs de certains oiseaux) ou sur leur comportement. Ils peuvent également réduire la quantité de nourriture disponible (disparition des insectes du fait des pesticides) ou encore déséquilibrer des chaînes alimentaires et des écosystèmes entiers. Toutes les grandes catégories d'eaux, marines, douces, souterraines, etc. peuvent être concernées par des pollutions chimiques. Elles impactent par exemple la qualité écologique des eaux de surface. (htpp://naturefrance.fr)



Photo 2 : Illustration d'une pollution chimique (crédit : ATDSPHOTO de Pixabay)

1.3.3.4.La pollution thermique

La pollution thermique affecte durablement les communautés d'espèces en modifiant artificiellement leur microclimat, autrement dit les conditions climatiques spécifiques à une petite zone géographique. Par exemple, les rejets de certaines installations de production d'énergie, en particulier les centrales nucléaires, réchauffent l'eau et favorisent la prolifération d'algues, la chaleur provenant des zones urbaines réchauffe l'air, les barrages ralentissent l'eau accroissant ainsi sa température… (htpp://naturefrance.fr).

1.4. Généralité sur les engrais

L'industrie des engrais transforme les matières premières en trois principaux types d'engrais : l'azote (ammoniac), le phosphore et le potassium. Ces diverses applications nécessitent des procédés chimiques avec un contrôle précis et une surveillance exacte de la température, de la pression, du niveau et du débit. (https://blog.wika.fr)

1.4.1. Les différents types d'engrais

1.4.1.1.Les engrais organiques

Les engrais organiques n'agissent pas directement sur les plantes, mais sur les caractéristiques physiques du sol en favorisant la multiplication des microflores du sol, en améliorant la structure et texture du sol dû à la matière organique et en renforçant les propriétés chimiques du sol (complexe argilo-humique et CEC). Ils ont un effet lent car leur décomposition prend du temps du fait de leurs structures en grosses molécules. Avec les engrais organiques, on enrichit le sol pour favorise r le bon développement des plantes. On distingue deux types d'engrais organiques :

- **Les engrais organiques d'origine animale ou les déchets industriels** : Ce type d'engrais est généralement issu des déchets d'abattoirs. Il s'agit notamment des excréments d'animaux, du sang desséché (très riche en azote), des déchets de poisson, de l'urée, des plumes, etc.
- **Les engrais organiques d'origine végétale** : ce type d'engrais regroupent tous les engrais issus des plantes. Il peut s'agir des déchets compostés des plantes, des préparations telles que les purins, les décoctions ou les infusions, ou encore d'engrais verts. Les engrais verts sont des plantes cultivées en vue d'en faire des engrais. Après les avoir cultivées, on les découpe et on les laisse sur place ou on les enfouit dans le sol pour qu'ils puissent au cours de leur décomposition agir sur le sol, sa structure et favoriser son enrichissement. (htpps://www.yara.ci)

1.4.1.2.Les engrais minéraux

Les engrais minéraux sont des engrais issus de substances minérales. Ils sont soit issus de l'exploitation de gisements naturels, soit de l'industrie chimique. Mais, il est nécessaire de préciser que la plupart des engrais minéraux sont d'origine chimique. Ce type d'engrais favorise la croissance des plantes et accroît de manière considérable leur rendement, mais a aussi des effets négatifs sur l'environnement. Il faut donc les utiliser de manière optimale. Les engrais minéraux sont généralement composés de trois éléments primaires : l'Azote (N), le Phosphore (P) et le Potassium (K) et sont parfois composés d'élément secondaires : Magnésium(Mg), le Soufre(S) et le Calcium(Ca) et d'oligo-éléments : Zinc(Zn) ; Bore(B) ; Fer(Fe) ; Manganèse (Mn) ; Molybdène(Mo) ; Chlore(Cl) ; Cuivre(Cu).

Selon leurs compositions en éléments nutritifs primaires, on distingue deux grandes catégories d'engrais minéraux : les engrais minéraux simples et les engrais minéraux composés.

- **Les engrais minéraux simples** : ils ne sont composés que d'un seul élément nutritif primaire. Il en existe trois types. Premièrement, nous avons les engrais azotés. Ils ont comme élément principal l'azote. Deuxièmement, nous avons les engrais phosphatés qui sont généralement composés de phosphore. Et troisièmement, nous avons les engrais potassiques, composés majoritairement de phosphore.

- **Les engrais minéraux composés** : Ce type d'engrais est composé de deux ou trois éléments principaux. Les engrais composés ont l'avantage d'être facilement

assimilables par les plantes. Ils ont donc un effet rapide et sont très efficaces. Lorsqu'ils sont composés de deux éléments primaires, on dit qu'ils sont binaires et peuvent prendre les notations suivantes : NP, PK ou NK. Lorsqu'ils sont composés de trois éléments, on dit qu'ils sont ternaires. On les note : NPK. Les différentes lettres que composent les engrais ternaires sont généralement suivies de chiffres qui indiquent leur teneur en chacun des éléments primaires. Par un exemple, sur un sac, la formule 15-09-20 indique la proportion d'Azote (N), de Phosphore (P) et de Potassium (K) présente dans l'engrais. On a donc 15% d'Azote (N), 09% de Phosphore (P) et 20% de Potassium K dans 100Kg de cet engrais. (htpps://www.yara.ci)

1.4.1.3.Les engrais organo-minéraux

Les engrais organo-minéraux sont un mélange de matières minérales et de manières organiques. Dans la plupart des cas, ils se composent de matières minérales et d'un minimum de 25% de matières organiques d'origine animale ou végétale. Ils assemblent les propriétés des deux types d'engrais et agissent à la fois de sorte à favoriser l'enrichissement et le développement du sol, mais aussi de sorte à améliorer le rendement et la qualité des plantes cultivées. (htpps://www.yara.ci)

1.4.2. Les différentes catégories d'engrais minéraux

1.4.2.1.Les engrais à base de nitrate

Les engrais à base d'azote, regroupe le plus grand et le plus important, sont fabriqués en plusieurs étapes. Les matières premières sont l'azote de l'air et l'hydrogène du gaz naturel méthane (CH_4). Lorsqu'ils sont mélangés à haute température et sous pression, le produit qui en résulte est l'ammoniac (NH_3). Ce produit intermédiaire est oxydé pour produire de l'acide nitrique (HNO_3), ce qui donne les engrais minéraux que sont le nitrate d'ammonium (AN) et, mélangé au CO_2, l'urée. Un troisième type d'engrais azoté est le nitrate d'ammonium et d'urée (UAN), obtenu en mélangeant du nitrate d'ammonium, de l'urée et de l'eau. (https://blog.wika.fr)

1.4.2.2.Les engrais phosphorés

Ce groupe d'engrais provient de la roche phosphatée, un minerai exploité. Lorsque le concentré de phosphate est traité à l'acide sulfurique (H_2SO_4), il devient soit du superphosphate simple (SSP), soit de l'acide phosphorique. Cet acide est mélangé à de l'ammoniac pour produire du phosphate monoammonique (MAP) ou du phosphate diammonique (DAP). L'engrais triple

superphosphate (TSP) peut être fabriqué en concentrant l'acide phosphorique ou en concentrant davantage le phosphate. (https://blog.wika.fr)

1.4.2.3.Les engrais potassiques

Cet engrais est également dérivé d'un minerai exploité : la roche potassique, un amalgame de carbonate de potassium et de sels de potassium. Le processus de fabrication des engrais potassiques commence par la concentration de la potasse, puis son traitement pour obtenir une solution de chlorure de potassium. Cette solution donne du muriate de potasse (MOP), du nitrate de potassium (KN) mélangé à de l'acide nitrique et du sulfate de potasse (SOP) mélangé à de l'acide sulfurique. (https://blog.wika.fr)

1.4.3. Le marché des engrais azotés d'hier à aujourd'hui

La quantité totale d'engrais azotés utilisée a grandement augmenté au cours des quatre dernières décennies. On peut également constater que les engrais produits ont largement changé au fil du temps : la suprématie de l'ammoniac synthétique est difficilement contestable, aux dépends d'autres substances.

Tableau 1 *Evolution de la production mondiale en engrais azoté au XIXème et XXème siècle, en milliers de tonnes d'azote*

Année	Nitrate du Chili	Sulfate d'ammonium (NH4)2SO4	Cyanamide calcique CaNCN	Ammoniac synthétique	Guano	Total
1850	5	0	0	0	-	5
1860	10	0	0	0	70	80
1880	50	0	0	0	30	80
1900	220	120	0	0	20	360
1920	410	290	70	150	10	950
1940	200	450	290	2150	10	3100
1960	200	950	300	9540	-	10990
1980	90	970	250	59290	-	60600
2000	120	370	80	85130	-	85700

Source: Earth Fertilizer Manufacturers Association (EFMA)

1.5. Paramètres déterminant la qualité de l'eau

1.5.1. Paramètres organoleptiques

Les paramètres organoleptiques correspondent à l'appréciation de la qualité de l'eau par les sens, essentiellement la vue, le gout et l'odorat. Ces paramètres sont importants pour le plaisir du consommateur mais peuvent également dans certains cas, être en relation avec la qualité hygiénique de l'eau. (https://www.cieau.com). Contrairement à tous les autres paramètres appréciant la qualité d'une eau, les paramètres organoleptiques s'étudient lors du prélèvement de l'échantillon ou, faute de mieux, dans le délai de plus court possible. Certaines odeurs

peuvent disparaître pendant le transport, la couleur peut être modifiée (apparition ou disparition dans le temps). (http://csenv.free.fr)

1.5.1.1.Couleur

La couleur est un paramètre à la fois organoleptique et physique, elle témoigne de la présence dans l'eau des particules, de substances minérales ou organiques colloïdales dissoutes, résultant de la décomposition partielle des microbes du sol, des déchets animaux et végétaux. (https://www.cieau.com). On distingue deux colorations d'origines différentes. La couleur est dite vraie ou réelle quand elle est due aux substances en solution présentes dans l'eau. Elle est dite apparente quand elle est causée par les matières en suspension. Elles sont difficilement dissociables dans une eau claire (peu charge) et peu turbide (peu de matières trop légères pour décanter). (http://csenv.free.fr). Une eau naturelle, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UcV. (Henry, 1991). Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques, fulviques).

1.5.1.2. Goût

Il est bien évident que l'on ne va pas s'aventurer à goûter n'importe quelle eau, surtout celle provenant du milieu naturel ou de station d'épuration. Tout comme l'odeur, le goût peut dénoncer une pollution. Le goût se définit comme l'ensemble des sensations gustatives que procure un produit dans la bouche. Alors que la saveur est l'ensemble de sensations laissé par un aliment après qu'il ait quitté la bouche. (http://csenv.free.fr)

1.5.1.3. Odeur

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. Pour des raisons de préjugés et d'exigences des consommateurs, une eau destinée à l'alimentation ne doit pas avoir d'odeur. Cependant cette crainte de l'odeur de l'eau est justifiée car celle-ci peut alarmer sur une pollution ou la présence de matière organique en décomposition.

Il arrive que ces pollutions soit en quantité si infimes qu'elles ne peuvent être décelées par les voies d'analyses classiques et que seule une étude olfactive peut être efficace. Il faut veiller à utiliser un récipient en verre et non en plastique car celui-ci a la propriété «d'absorber» les

odeurs. On peut parler d'odeur au niveau de l'ensemble des sensations de l'organe olfactif ; mais aussi au niveau de la qualité de la sensation. (http://csenv.free.fr)

Ces odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces dernières peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO_2^- ou le sulfure d'hydrogène H_2S ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dû à la pollution (Henry,1991)**.**

1.5.2. Paramètres physico-chimiques

L'évaluation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de certains paramètres physico-chimiques, bactériologiques et autres, qui sont des indicateurs qui donnent plus ou moins une idée claire sur la qualité de l'eau.

1.5.2.1.Paramètres physiques

1.5.2.1.1. Température

La température influence le taux de réactions chimiques et biologiques. Il affecte le niveau d'oxygène dissout dans l'eau, la photosynthèse des plantes aquatiques, les taux des métabolismes des organismes aquatiques et la sensibilité à la pollution, aux parasites et aux maladies. Sa connaissance est donc très importante. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels, etc. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques. Et d'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (Rodier, 1984). Elle est aussi un facteur important dans la production biologique, Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (HCEFLCD, 2006). La source principale de l'augmentation de la température est d'origine anthropique pour les eaux de surface constituée par le contrôle thermique et nucléaire (70 à 80), le reste étant lié à la métallurgie aux industries chimiques et alimentaires etc.

1.5.2.1.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH permet de connaitre l'acidité, la basicité ou la neutralité de l'eau (Zurluth & Gienger, 2006), par la mesure de sa concentration en ion H^+ (Chapman et al. 1996). Le pH d'une eau de

surface dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés. Il varie de 1 à 14 et on dit qu'une eau est acide lorsque son potentiel hydrogène est inférieur à 7, basique lorsqu'il est supérieur à 7 et neutre lorsqu'il est égale à 7 à 25°C. Il est mesuré en utilisant un pH-mètre

ou en appliquant, après détermination de la concentration en ion H_3O^+**,** la formule :

$$\mathbf{pH= -log ([H_3O^+])}$$

Il a une influence majeure sur les formes physico-chimiques du métal et des composants métalliques dans l'environnement aquatique, du fait qu'il contrôle la solubilité et la concentration des métaux (Gendronneau, 2006).

1.5.2.1.3. La turbidité

La turbidité permet de voir l'aspect (trouble ou non) de l'eau exprimé en Unités de Turbidité Néphélométries (UTN). Cet aspect de l'eau est dû à la présence de matières en suspensions (MES), des micro-organismes, de l'argile, etc. L'origine de ces dernières peut être extrêmement variable : érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspensions grossières. (Tardat-Henry, 1984).

Tableau 2 : Classes de turbidité usuelles (NTU : Néphéline Turbidity Unity)

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

Source **:** Physico_chimie_PresGen : Fiche réalisée par l'équipe technique du RéFEA (www.oieau.fr>AnalyseEau)

1.5.2.1.4. Oxygène dissous

Le terme oxygène dissous est communément employé pour ''dioxygène dissous''. Lorsque l'on parle de cette mesure on fait exclusivement référence à l'oxygène moléculaire (O2). Le dioxygène dissous est indispensable car il intervient dans la plupart des processus biologiques qui permettent la vie sur terre comme en mer. La concentration en oxygène dans l'eau résulte

de paramètres physiques (température, salinité, mélange de la masse d'eau), chimiques et biologiques : échange à l'interface terre-mer (gain ou perte), diffusion et mélanges au sein de la masse d'eau, photo-oxydation (perte), respiration des organismes aquatiques (perte), nitrification (perte), photosynthèse (gain). En son absence ou en dessous de certaines concentrations, des conséquences pouvant aller jusqu'à la mort des espèces vivantes sont observées.

1.5.2.1.5. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont des particules très fines en suspension dans l'eau. On les trouve sous forme naturelle dans les fleuves et rivières et elles troublent l'eau. Les matières en suspension naissent de l'érosion et du lessivage du sol en temps de pluie, surtout quand les précipitations sont intenses, et en situation de crue. Elles se forment également quand les sédiments du fleuve se détachent du lit. Les matières en suspension sont constituées de minéraux et de substances organiques. La composition et l'origine des matières en suspension varient en fonction des précipitations saisonnières (Wikipédia). La présence de matière en suspension tout comme de matière organique affecte la qualité de l'eau. Elles servent d'indicateur de la qualité de l'eau et de sa turbidité. Ces solides en suspension sont généralement des matières décantables, sous forme de boues. Il ne faut pas les confondre avec les solides sédimentables qui contribuent au blocage des tuyaux d'égout. Les solides sont en suspension dans l'eau, l'air (ou dans un autre milieu environnant), des solides minéraux ou organiques qui ne se dissolvent pas et sont suspendus en raison de leur petite taille et de leur poids léger (en particulier à une densité similaire à celle du milieu ambiant). Les groupes typiques de matières en suspension sont :

- Particules aérosols de l'air (en particulier poussières en suspension), poussières de différentes classes (le tri par taille affecte approximativement le temps de séjour), en partie aussi le brouillard.
- La formation de sédiments fins, qui conduisent à des dépôts tels que boue ou limon.
- Les composants sédimentaires et petites boues dans les eaux usées ou les eaux courantes. Le nettoyage a lieu dans des stations d'épuration (traitement des eaux usées).

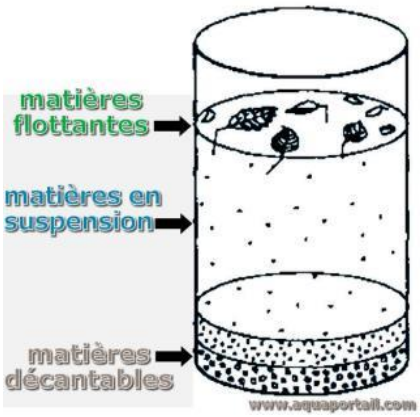


Photo 3 : Différents types de matière en suspension

Source : Image du site https://www.Aquaportail.com

1.5.2.2. Paramètres chimiques

1.5.2.2.1. Fer

Très répandu, le fer se classe au 4è rang des éléments de la croute terrestre. Il est largement utilisé dans la métallurgie et ses utilisations secondaires dans la chimie sont très variées. Les eaux de surface peuvent contenir jusqu'à quelque mg/l de fer ayant pour origine la lixiviation des terrains traversés ou les pollutions industrielles. Le fer peut être rencontré jusqu'à 10 mg/l dans les eaux de sondage. Les eaux minérales et principalement les eaux thermo-minérales peuvent en contenir plus de 10 mg/l (https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau).

1.5.2.2.2. Calcium

C'est un composant majeur de la dureté de l'eau. Il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé (Queneau et Hubert, 2009).

1.5.2.2.3. Magnésium

C'est un des éléments les plus répandus dans la nature, il donne un gout désagréable à l'eau (Rodier et al, 2009). Selon Nouayti et al, la source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires et dolomitiques.

1.5.2.2.4. La dureté carbonée

Elle représente la présence d'ion calcaire Ca^{2+} dans l'eau. Elle est associée avec l'ion HCO_3^- sous sa forme soluble ou présente sous forme de dépôt blanc sur les parois des bassins dans sa

forme insoluble. Une valeur élevée est automatiquement liée à un PH élevé. Pour les Koi, une valeur comprise entre 3 et 15° peut être considérée comme bonne. Il faut surtout faire attention à ce que la pluie ne provoque pas une chute trop brutale du PH dans un petit bassin avec un KH trop faible.

1.5.2.2.5. La dureté générale

Elle représente la somme de tous les ions présents dans l'eau, pour l'essentiel : K, Mg, Ca, Na. Elle est mesurée en degré français, en mg/l de Ca^{2+} et de $Mg^{2+,}$ en parties par million…. Une valeur trop élevée est un signe d'excès de sels minéraux et nécessite un changement d'eau.

1.5.2.2.6. Les composés azotés

On les retrouve dans les différents stades de la transformation des protéines dans le cycle de l'azote.

- **Ammoniac/ammonium : NH_3/NH_4^+**

L'ammoniac est un gaz qui provient du métabolisme des êtres vivants lors de la combustion des protéines, c'est un poison pour les kois. L'ammonium, ion négatif, est beaucoup moins dangereux pour les poissons. Plus le PH est bas et moins il y a d'ammoniac, à partir d'un PH 8 le pourcentage d'ammoniac monte et cela de façon exponentielle pour devenir très dangereux.

- **Nitrite : NO_2^-**

Le premier stade de la nitrification. Sa présence représente un danger, car elle empêche les échanges gazeux au niveau des ouïes et surtout le passage de l'oxygène. Des concentrations de 0.5mg/l freinent déjà ces échanges gazeux. La valeur idéale est de 0.mg/l sans jamais dépasser 0.1mg/l.

- **Nitrate : NO_3^-**

Le nitrate est le dernier stade de la nitrification. Sa présence n'est pas dangereuse pour les poissons mais une concentration importante >50mg/l peut freiner la croissance des poissons.

1.5.2.2.7. Le phosphore

Cet élément est nécessaire pour le métabolisme des êtres vivants. Il peut être présent dans l'eau de remplissage, mais c'est essentiellement par la nourriture qu'il est introduit dans le bassin.

Un taux proche de zéro est idéal car les algues se développent dès 0.3mg/l de phosphore dans l'eau. Sa présence dans l'eau peut prendre différentes formes :

- **Le phosphate : PO_4^{3-}**

Il peut se présenter sous 2 formes d'ortho phosphates suivant le pH : HPO_4^{2-} ou $H_2PO_4^-$. Les algues utilisent essentiellement le $H_2PO_4^-$ qui est présent avec un pH basique, une concentration de 0.03mg/l de phosphate leur suffit déjà…

- **Le phosphore**

C'est la forme organique très présente dans les organismes vivants et les plantes ainsi que dans les sédiments. Cette forme ne peut pas être directement utilisée par les algues, mais le phosphore peut à nouveau se transformer en phosphate dans de mauvaises conditions (manque d'oxygène, changement brusque de pH, …).

1.5.2.2.8. Le chlore Cl_2

C'est un gaz qui se dissout bien dans l'eau jusqu'à 7000mg/l et qui a une action désinfectante. Mais c'est aussi un poison pour les organismes vivants, une concentration de 0.1mgt/l peut déjà détruire les ouïes. Le chlore peut se combiner à l'ammonium pour se transformer en chloramine dangereuse et difficilement éliminable de l'eau.

1.5.2.2.9. La conductivité

Les ions et les sels présents dans l'eau rendent l'eau conductible (la capacité à laisser passer un courant électrique). Cette conductivité peut être mesurée et est exprimée en µS/cm. Cette mesure ne donne qu'une approche de la quantité de sels et d'ions présents dans l'eau sans quantification réelle. Des valeurs comprises entre 100 et 1000 µS/cm sont normales dans un bassin. Une eau avec une valeur trop faible sera pauvre en sels minéraux et peu propice au développement des organismes vivants. Une valeur élevée peut être le signe d'une eau trop chargée (souvent en nitrate) qui doit être renouvelée pour éviter un excès de sels néfastes à la croissance des poissons.

***Tableau 3** : Classification des eaux selon leur conductivité*

Conductivité < 100µS/cm	Minéralisation très faible
100µS/cm< conductivité <200 µS/cm	Minéralisation faible
200 µS/cm< conductivité < 333 µS/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333 µS/cm< conductivité < 666 µS/cm	Minéralisation moyenne
666 µS/cm < conductivité < 1000 µS/cm	Minéralisation importante
Conductivité > 1000 µS/cm	Minéralisation excessive

Source : Mémoire en ligne (https://www.memoireonline.com)

1.5.3. Normes de la qualité de l'eau

Les normes de la qualité de l'eau sont des directives établies par des autorités sanitaires pour garantir que l'eau que nous consommons est dure et propre. Ces normes sont essentiellement pour protéger la santé publique et prévenir les maladies liées à l'eau.

Les normes de qualité de l'eau potable sont basées sur des critères scientifiques et sont régulièrement mises à jour pour refléter les dernières recherches et connaissances en matière de santé publique. Elles définissent les niveaux acceptables de contaminants dans l'eau potable, tels que les bactéries, les virus, les produits chimiques et les métaux lourds. Ces normes sont établies par des organismes de réglementation tels que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Agence de Protection de l'Environnement (EPA) aux États-Unis.

L'importance des normes de qualité de l'eau potable ne peut être surestimée. L'eau est essentielle à la vie et nous en consommons tous les jours pour nous hydrater, cuisiner et nous laver. Si l'eau que nous buvons est contaminée, cela peut avoir de graves conséquences sur notre santé. Les contaminants présents dans l'eau peuvent causer des maladies gastro-intestinales, des infections, des problèmes rénaux et même des cancers. Les normes de qualité de l'eau potable sont donc essentielles pour prévenir ces problèmes de santé.

Les normes de qualité de l'eau potable sont également importantes pour assurer la sécurité des systèmes d'approvisionnement en eau. Les fournisseurs d'eau doivent se conformer à ces normes pour garantir que l'eau qu'ils fournissent à leurs clients est sûre à boire. Cela signifie qu'ils doivent mettre en place des systèmes de traitement de l'eau efficaces pour éliminer les contaminants et surveiller régulièrement la qualité de l'eau. Les normes de qualité de l'eau potable fournissent des directives claires aux fournisseurs d'eau sur les mesures à prendre pour garantir la sécurité de l'eau.

En plus de protéger la santé publique, les normes de qualité de l'eau potable jouent également un rôle important dans la protection de l'environnement. Les contaminants présents dans l'eau peuvent avoir un impact négatif sur les écosystèmes aquatiques et la vie marine. Les normes de qualité de l'eau potable visent à minimiser la pollution de l'eau et à préserver la qualité des ressources en eau. Cela est particulièrement important dans les régions où l'eau est rare et précieuse.

***Tableau 4**: Normes de l'OMS pour l'eau de boisson*

N°	Paramètres	Concentration maximale en mg/ l
Analyses physico-chimiques		
1	pH	6.5-8.5
2	Turbidité	<5 NTU
3	Chlorure	200
4	Sulfates	200
5	Nitrite	0.1
6	Nitrate	50
7	Magnésium	50
8	Calcium	75
9	Sodium	500
10	Fer	0.3
11	Fluor	1
1 2	Phosphates	0.05
13	Conductivité	<400µS/cm à 20°C
14	Dureté	15°F ou 200ppm
Analyses microbiologiques		
15	Coliformes totaux	0/100ml
16	Coliformes fécaux	0 /100ml
17	Streptocoques fécaux	0/100ml
18	E. coli	0/100ml

***Tableau 5**: Normes de l'eau de boisson au Bénin*

N°	Paramètres	Concentration maximale en mg/ l
Analyses physico-chimiques		
1	PH	6.5-8.5
2	Turbidité	<5 NTU
3	Chlorure	250
4	Sulfates	500
5	Nitrite	3.1 ou 0.1 mg/N/l
6	Nitrate	45
7	Magnésium	50
8	Calcium	100
9	Sodium	500
10	Fer	0.3
11	Fluorure	1.5
12	Phosphates	0.05
13	Conductivité	400 µS/cm à 20°C
14	Dureté	200 ou 20°F
15	Manganèse	0.1
16	Zinc	3
Analyses microbiologiques		
17	Coliformes totaux	0/100ml
18	Coliformes fécaux	0 /100ml
19	Streptocoques fécaux	0/100ml
20	E. coli	0/100ml

Source : Décret N° 2001-094 du 20 Février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin

CHAPITRE 2: CADRE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE 2 : CADRE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation du cadre d'étude

Le Bénin, pays de l'Afrique de l'Ouest compte 12,2 millions d'habitants (Banque mondiale, 2021), et couvre une superficie de 114764 km^2.Le pays fait partie de la CEDEAO et de la Francophonie. Il s'étend sur 700 km de long, du fleuve Niger au Nord à la côte atlantique au Sud. Le Bénin est limité au Nord par le Niger, et Burkina Faso, à l'Ouest par le Togo, et à l'Est par le Nigeria. Le pays est entièrement situé dans la zone intertropicale entre l'équateur et le tropique du cancer entre les parallèles 6°30' et 12°30' de latitude Nord et les méridiens 1°40' et 30°40'de longitude Est. Il est divisé en douze départements administratifs : au Sud et d'Est vers Ouest, le Plateau, l'Ouémé, le Littoral, l'Atlantique, le Mono et le Couffo ; au Centre, le Zou et les Collines ; au Nord-Est, le Borgou et l'Alibori et au Nord-Ouest, l'Atacora et la Donga (Chouti, 2011).

2.1.1. Situation géographique

La République du Bénin est située en Afrique de l'Ouest entre 06° 00' à 12° 00' de latitude Nord et 01° 00 ' à 03° 40' de longitude Est. AGBANHIZOUN (244km²) est une commune du département du Zou et comptait 72549 habitants en 2013. Il est traversé par un fleuve, le fleuve zou, qui est un affluent du fleuve Ouémé et qui a laissé son nom au département Zou car il traverse également tout le département. Il est situé à 7° 04′ 00″ nord de latitude et 1° 58′ 00″ est de longitude .Agbangnizoun est une commune du Bénin, située à environ 20 km d'Abomey, couvre 6500ha donc 65km² et 250m d'altitude.

Sahè est l'un des dix arrondissements de la commune d'Agbanhizoun dans le département du zou et au centre du Bénin situé entre 7°03' nord et 1°55' est. Il est situé à l'ouest de ladite commune. Sur les cinquante-trois villages et quartiers de ville que compte la commune d'Agbanhizoun, l'arrondissement de Sahè en groupe 06 villages. Il s'agit de : Abigo, Fonli, Gbozoun 1, Gbozoun 2, Loukpé, sohouè-Davota. Selon le recensement de la population de 2013 conduit par l'INSAE, Sahè compte 7139 habitants.

Kpota est un arrondissement situé au sud-ouest de la commune d'Agbanhizoun et est entre 7°02'00" nord et 1°58'45" est. Il compte 05 villages qui sont Ahouakamè, Akodebakou, Hagbladou, Kpota, et Zounmè. Selon le recensement de la population de 2013 conduit par l'INSAE, Sahè compte 4737 habitants.

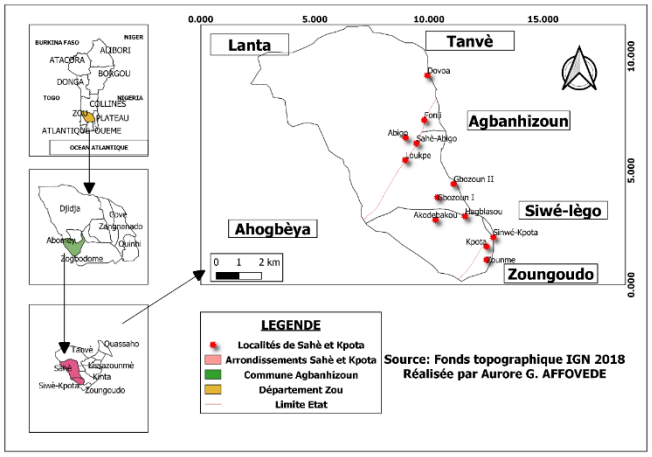


Figure 1 : Localisation des arrondissements Sahè et Kpota

2.1.2. Le climat

La commune d'Agbanhizoun possède un climat de savane à hiver sec selon la classification de Koeppen-Geiger, un climat subéquatorial avec deux saisons de pluies et deux saisons sèches. Elle est une zone avec des précipitations importantes. Même pendant le mois le plus sec, il pleut. Les précipitations varient de 112.8mm entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. Sur l'année, la température moyenne est de 27.1°C et les précipitations sont en moyennes de 1003.4mm. (https://planificateur.a-contresens.net).

2.1.3. Le relief

Un relief presque plat. La commune est située en grande partie dans la zone de terre de barre appartenant à l'ensemble géomorphologique du plateau d'Abomey.

Agbanhizoun regorge de plusieurs **ressources** dont les ressources agricoles (maïs, niébé, tomates, manioc, cultures maraichères…) ; les ressources en élevage (bovins, ruminants, porcins, volailles, caprins) ; les ressources naturelles (argile, kaolin, granite…) ;

2.1.4. L'hydrographie

L'hydrographie : nombreux cours d'eau du à la présence du fleuve Couffo, nombreux bas-fonds.

NB : les informations sur le climat, le relief, les ressources et l'hydrographie de la commune d'Agbanhizoun sont tirées du site internet de l'ANCB.

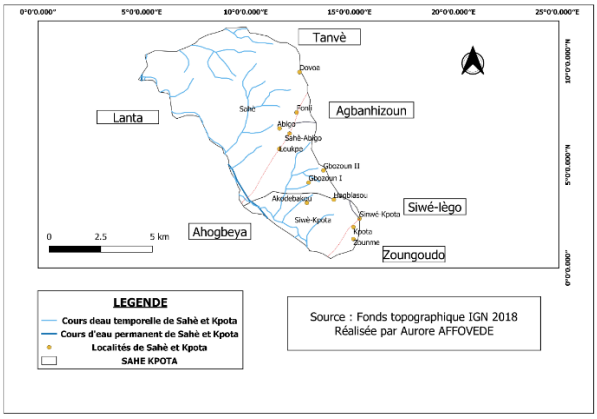


Figure 2: Réseaux hydrographiques des arrondissements Sahè et Siwé-Kpota

2.2.MATERIEL

Matériel d'étude

Le matériel utilisé pour la réalisation de cette étude est constitué non seulement du matériel de terrain mais aussi celui du laboratoire d'analyse.

Matériel de terrain

Afin de ne manquer de rien sur le terrain, nous nous sommes équipés du matériel tel que :

- des flacons plastiques de 1,5l étiquetés pour recueillir les échantillons d'eaux destinées aux analyses physicochimiques ;
- une glacière pour conserver l'échantillon jusqu'au laboratoire ;
- un conductimètre, un pH-mètre, un turbidimètre tous de marque HACH pour la mesure des paramètres in-situ comme : le pH, la température, la turbidité et la conductivité;
- Un GPS Garmin 72H et un appareil photo



Planche 1: Les appareils de terrain (Cliché AFFOVEDE,2024)



Photo 4: GPS Garmin 72H

Matériel de laboratoire

En vue de faire les analyses au laboratoire, nous avons eu à utiliser :

- Un préleveur de précision (Dispensette S) qui permet de prélever de façon exacte les réactifs
- Un spectrophotomètre HACH LANGE DR 3900 pour la mesure de l'absorbance des différents paramètres chimiques





***Planche 2**: Spectrophotomètre et préleveur de précision (cliché AFFOVEDE,2024)*

- Un bécher dans lequel l'échantillon destiné à l'analyse chimique est prélevé ;
- Une pipette et une poire aspirante pour prélever la quantité nécessaire de l'échantillon ;
- L'erlenmeyer dans lequel est mise cette quantité nécessaire ;

2.3.APPROCHE METHODOLOGIQUE

Elle designe un ensemble de méthodes adoptées pour soutenir une argumentation dans le but de mener à bien la recherche. Pour mener à bien notre recherche, nous avons faire des recherches documentaires, des travaux sur le terrain.

2.3.1. Recherche documentaire

Pour mieux atteindre les objectifs de notre étude et trouver les directives à suivre pour bien la menée, il a été nécessaire de passer par la recherche documentaire, une démarche exploratoire qui a marqué toutes les étapes de la recherche. Afin de pouvoir réaliser à bien notre mémoire, nous avions eu à fouiller plusieurs documents, des anciens memoires corrigés qui nous ont permis d'avoir une idée de comment rédider un mémoire, les différents chapitre et aussi le dévéloppement. Les recherches sur les sites internets comme google scholar nous ont également permis d'évoluer dans nos recherches.

2.3.2. Travaux de terrain

Les travaux de terrain regroupent divers methodes utilisées sur le terrain. Ils nous ont permit de mieux connaitre Agbanhizoun et de comprendre les impacts de l'utilisation des engrais sur la qualité physico-chimique de l'eau des rivières Sahèto et Akodebakou afin d'aidre les habitants à resoudre les problèmes auxquels ils sont confrontés en ce qui concerne la qualité de l'eau et de leurs proposer des solutions adéquates.

- **Les enquètes de terrain**

Dans le but de s'imprègner de l'impact de l'utilisation des engrais dans les arrondissements de Sahè et Kpota de la commune d'Agbanhizou, une enquète a été menée à l'aide d'une fiche d'enquète basée sur des questionnaires d'enquète. Dans un premier temps un état des lieux a été fait ce qui a permis de prendre connaissance des conditions dans lesquelles vit la population ainsi que des activités pratiquées par ces derniers. Ensuite, une prise de contact avec les habitants au cours de laquelle une fiche d'enquête a été utilisée pour nous permettre la collecte d'informations. L'exemplaire de cette fiche se trouve en annexe du présent mémoire.

- **Observation sur le terrain**

Au cours de nos visites sur les sites, on a eu à remarqué que les habitant de ces arrondissements s'adonnent aux activités comme l'agriculture (où l'engrais chimique NPK et l'urée sont utilisés), le commerce et la production de l'huile de palme. Les habitants utilisent l'eau des rivières pour tout leurs besoins (lessive, cuisine, et surtout comme eau de boisson). Ils utilisent cette eaux pour la production de l'huile de palme. Les enquètes ont alors révelées que certains sont au courant de la mauvaise qualité de l'eau mais continuent avec les divers usages parcequ'ils n'ont pas d'autres options tandis que pour d'autres, cette eau est de très bonne qualité.

- **Echantillonage de l'eau**

Les étapes de l'échantillonnage influence directement la qualité des résultats obtenus. Des précautions élémentaires sont alors nécessaires afin de minimiser les risques associes a la contamination et de permettre le maintien de l'intégrité des échantillons (CEAE, 2005).

Le prélèvement de l'échantillon d'eau peut s'effectuer de plusieurs façons selon la taille du cours d'eau et l'accessibilité au site, dans notre cas, on a utiliser des bouteilles d' 1.5L (rincer à plusieurs reprises avec l'echantillon afin d'assurer la reprentativité de ce dernier) et les échantillons ont été pris en amont, au centre et en aval à environs 15cm de profondeur afin d'éviter les effets du centre. On a donc fait un échantillonnage ponctuel. Sur le terrains, les paramètres mesurés sont le pH, la turbidité, la temperature et la conductivité.

Tous les flacons ont été immédiatement étiquetés pour éviter tout risque de confusion sur l'identité des échantillons (lieu et date de prélèvement) puis sont transportés au laboratoire dans une glacière propre où ils sont conservés a environ 4°C jusqu'au dosage. Sur la liste d'identification nous avons présenter le département, la commune, l'arrondissement, la zone de prélèvement, l'heure, la date, les conditions météorologiques lors du prélèvement, les

coordonnées de l'endroit où l'échantillon a été prélevé. La figure suivante présente la localisation des points de prélèvement.

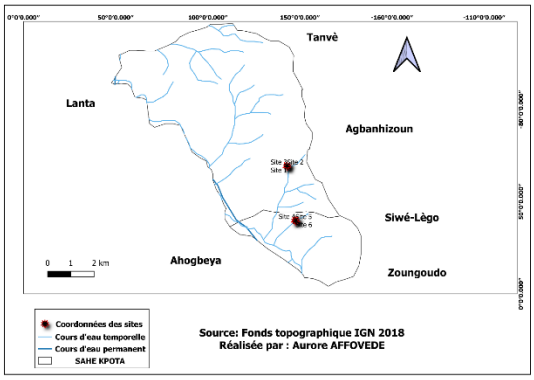


***Figure 3** : Localisation des points d'échantillonnage dans les arrondissements Sahè et Siwé-Kpota*

Afin d'évaluer la qualité physico-chimiques de l'eau des rivières, six échantillons d'eau ont été pris dont trois dans la rivière Sahèto à Sahè et trois dans la rivière d'Akodebakou à Siwé-Kpota tous dans la commune d'agbanhizoun. Les coordonnées des sites d'échantillonnage, prises grâce au GPS Garmin se présentent comme suit :

***Tableau 6**: Coordonnées en UTM des sites de prélèvement*

LOCALITES		**COORDONNEES**	
		Longitude	**Latitude**
SAHE	**Site 1**	383756.957	780713.803
(Saheto)	**Site 2**	383758.954	780717.668
	Site 3	383757.412	780719.330
SIWE-KPOTA	**Site 4**	384105.067	778384.952
(Akodebakou)	**Site 5**	384121.623	778379.276
	Site 6	384128.129	778374.065

Notons que la rivière Sahèto est entouré de champs dans lequel est cultivé le maïs en majorité et des légumes en minorité. La rivière Akodebakou est entouré de bananeraie, et des champs de maïs de part et d'autre dans le village. La distance entre les sites de prélèvement est fonction de la surface des rivières.





Planche 3: Prélèvement sur le site (cliché AFFOVEDE,2024)

2.3.3. Les analyses chimiques

2.3.3.1. Dosage du nitrate NO_3^-

La méthode de dosage est basée sur la norme de l'ISO 7890/FD T 90-045 Juin 1989. C'est le mesurage du composé jaune issu de la réaction des nitrates avec l'acide sulfosalicylique en présence du sel di sodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (Na2EDTA).

Pour ce dosage, on prélève 10ml de l'échantilons d'eau dans une fiole de 100ml on y ajoute 0.5ml d'azoture de sodium (0.5g/l) ; 0.2ml d'acide acétique concentré, on laisse reposer 5min et on porte au feu jusqu'au séchage. On y ajoute 1ml de salicylate de sodium (2g/l) qu'on reporte au feu jusqu'au séchage à nouveau après homogénisation. On laisse refroidir à la température ambiante, on ajoute 1ml d'acide sulfirique concentré en agitant légèrement.

On laisse reposer pendant 10min et on y ajoute 10ml de solution d'hydroxide de sodium (pour l'alcanisation). On complète ensuite de l'eau distillée à 100ml jusqu'au trait de jauge. La présence de nitrate dans l'echantillon se traduit par la couleur jaune et ceci est plus accentué si sa teneur est élevée. La lecture se fait ensuite au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415nm après homogenéisation.

2.3.3.2.Dosage du nitrite NO_2^-

C'est la methode de Zambelli qui est utilisée. L'acide sulfanilique en milieu chloridrique, en présence d'ion ammonium et de phénol, forment avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

Pour ce dosage, ; on ajoute à 50ml de l'échantillon d'eau prélevé 2ml du réactif de Zambelli, on laisse reposer pendand 10min et on y ajoute 2ml de solution d'amoniac concentrée.

On fait ensuite la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 435nm après homogénéisation.

2.3.3.3.Dosage de l'ammonium NH_4^+

En présence d'hydroxyde de potassium ou de sodium(milieu alcalin), il se produit une réaction entre le réactif de Nessler (iodo-mercurate de potassium alcalin) et la forme NH_3, avec formation d'un composé de coloration variant de jaune orange au brun. Ce dernier autorise une mesure spectrophotométrique à une longueur d'onde voisine à 420nm. Elle est basée sur la norme ISO 7150-1 :1984.

Pour ce dosage, si la teneur en ions NH_4^+ ne dépasse par 5mg/L, on prélève 50ml de l'échantillon et on complète 50ml d'eau distillée dans le cas contraire. On ajoute 2ml de la solution de tartrate double puis homogénéiser, on ajoute par la suite 2ml de réactif de Nessler puis melanger à nouveau. Attendre 10min puis effectuer la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 420nm.

2.3.3.4.Dosage du potassium

Pour doser le potassium dans l'eau, une methode couramment utilisée est la méthode par photométrie de flamme. Pour ce dosage, les solutions de chlorure de potassium sont utilisées pour calibrer le photomètre à flamme, l'acide sulfirique est utilisé pour préparer les solutions.

La méthode repose sur l'aspiration de l'échantillon dans une flamme gazeuse. Lénergie thermique de la flamme excite les atomes de potassium, ; qui emettent alors un rayonnement

caractéristique. L'intensité de ce rayonnement est mesurée à une longueur d'onde spécifique 766.5nm.

2.3.3.5.Dosage de l'azote total

Pour mesurer l'azote total dans l'eau, il est important de comprendre que l'azote peut se présenter sous differentes formes, telles que : les nitrates, les nitrites, l'ammoniac et l'azote organique. Les methodes courantes de dosage de l'azote total sont methodes Kjeldahl, l'oxydationau peroxodisulfate, la digestion UV, qui sont toutes essentielles pour surveiller la qualité et lutter contre la polution azotée provenabt de diverses sources comme l'agriculture. La norme utilisée est la norme NF EN 25663.

2.3.3.6. Dosage du phosphore total

Le dosage du phosphore total dans l'eau est une procédure importante pour évaluer la qualité de l'eau et sont impact sur l'environnement. Pour ce dosage, l'échantillon doit etre filtrer pour éliminer les particules en suspension, ajouter un réactif spécifique (souvent le réactif de molybate d'ammonium) qui réagit avec l'orthophosphate pour former un complexe coloré. Mesurer ensuite l'absorbance du complexe au spectrophotomètre à une longueur généralement autour de 880nm. (Selon la norme ISO 15681-2 : 2018)

2.3.3.7.Dosage du calcium Ca^{2+} et du magnésium Mg^{2+}

C'est un double dosage qui se fait à ce niveau par titrimétrie au de la solution EDTA en présence d'indicateurs (murexide et Noir Erychrome T).

Pour le dosage du calcium, on prélève 100ml de l'échantillon d'eau et on y ajoute 4 gouttes d'indicateur tachiro, le nombre de gouttes de HCl (1/3) qui va rosir le mélange puis 8 gouttes de soude 400g/L et une petite pincée de murexide. On titrepar la suite le mélange par la solution de l'EDTA jusqu'au virage à la coloration violette.

Pour le dosage du magnésium, on utilise le melange qui a servir au dosage du calcium en lui ajoutant 5ml de HCl (1/3) et o n laisse reposer pendant 5min. On y ajoute ensuite 5ml de la solution d'ammoniaque concentrée et une petite pincée d'indicateur NET et on titre avec l'EDTA jusqu'au virage à la coloration bleue.

2.3.3.8. Dosage de la dureté

La methode de dosage est basée sur la rréférence NF T 90-003 d'Aoùt 1984. Il se fait avec l'EDTA en présence des comprimés tampons indicateurs.

On prélève donc 100ml de l'échantillon, on y ajoute 1 comprimé tampon et 2ml de la solution d'ammoniaque concentrée puis on titre avec l'EDTA jusqu'au virage à la coloration verte.

Toute ces analyses ont été faites au laboratoire de l'usine de traitement d'eau de la SONEB de Bohicon.

2.3.4. Traitement des données

Les données issue des travaux du terrain et des analyses au laboratoire ont été traitées avec le tableur excel 2013 pour le traitement statistique, le logiciel R-Studio pour la réalisation des diagrammes, le logiciel QGIS 3.10.9 pour la réalisation des cartes (de localisation, hydrographique et d'échantillonnage) et du microsoft Word 2013 pour la rédaction du mémoire. La comparaison entre les résultats issues des analyses au laboratoire et les normes de qualité en Rebublique du Bénin et celles de l'OMS a permis de voir l'impact de l'utilisation des engrais sur les rivières Saheto et Akodebakou et aussi de savoir si ces eaux sont consommables sur le plan physico-chimique.

CHAPITRE 3: RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Résultats des travaux de terrain

3.1.1.1. Types et composition des engrais utilisés

Dans le but d'accroitre leur rendement de culture, les agriculteurs des arrondissements de Sahè et de Kpota utilisent l'engrais minérale NPK et l'Urée. L'engrais **NPK** nourrit directement la plante ou la culture céréalière alors que l'Urée agit sur le sol en le rendant apte à l'agriculture. Il est un mélange de fertilisant dont les lettres forment sa conception en terme d'éléments chimiques (**Azote, Phosphore et Potassium).** L'azote va permettre la photosynthèse et produit des plantes feuillues et vertes. Une plante sans azote va avoir un retard de croissance. Le phosphore stimule la croissance des racines ainsi que des bourgeons et fleurs. Le potassium favorise la résistance aux maladies et aux ravageurs nuisible. **L'Urée** est un diamide de l'acide carbonique, c'est l'engrais azoté solide contenant le plus d'UF d'azote, 46% sous forme uréique. Elle n'est assimilée par la plante qu'après transformation en solution ammoniacale et ensuite sous forme nitrique.

3.1.1.2. Eau consommée

Dans les arrondissements de Sahè et de Kpota, les sources d'approvisionnement en eau de consommation utilisées sont : l'eau des rivières et celle distribuée par la société Omilayé qui est chargée de la distribution d'eau potable en milieu rural. Sur les 20 ménages enquêtés, seulement trois utilisent l'eau distribuée comme eau de boisson et notons que ces trois ménages sont constituées des personnes qui sont venues s'installer dans le village donc n'ont pas pour habitude de consommer l'eau de rivière. Les 17 ménages restants sont constitués des ruraux, né dans le village, et qui consomme depuis lors l'eau de rivière. Pour ces derniers, l'eau des rivières à un meilleur goût et plus de vertus que celle distribuée.

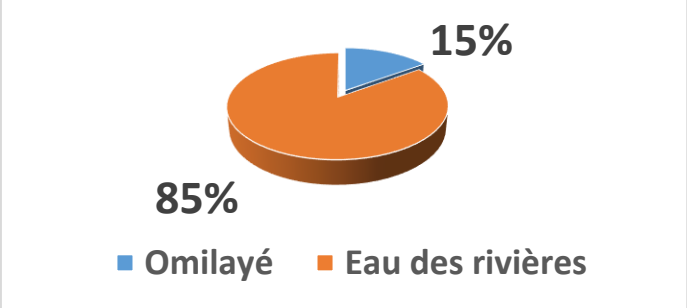


Figure 4: Eaux consommées dans les deux arrondissements

3.1.1.3. Activictés menées

Dans ses arrondissements, le commerce et l'agriculture sont les deux activités les plus pratiquées par les habitants. Bien qu'il a des poissons dans les rivières, la pêche n'est pas du tout pratiqué puisque disent-ils les poissons des rivières n'acceptent pas la cuisson. Il a été constaté après les enquêtes que bon nombre des cultivateurs pratiquent en parallèle le commerce, ils vendent les produits cultivés, le palmier à huile transformé en huile rouge, le charbon et bien d'autres. Dans ses arrondissements, la culture du maïs prédomine celle des légumes et des tubercules. Notons que tous les cultivateurs utilisent l'engrais chimique NPK en rajout avec l'urée, ce qui n'était pas le cas des décennies en arrière.

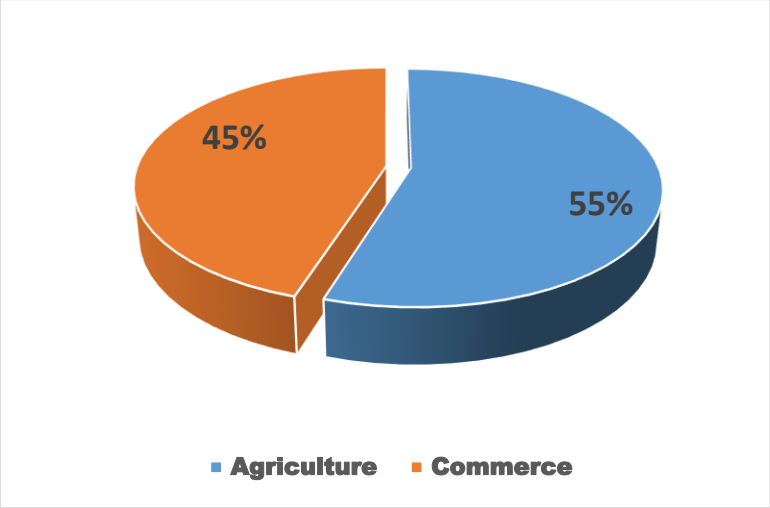


Figure 5: Activités menées

3.1.1.4. Usage de l'eau des rivières

Les producteurs de l'huile de palme de ces arrondissements utilisent l'eau de la rivière pour leur production. Cette eau qui, pour les villageois est une eau potable donc buvable, est également utilisée comme une eau de baignade, de lessive et de toute sorte de travail domestique. Il a été constaté lors des enquêtes que certains villageois viennent avec leur éponge et du savon, profiter de l'eau frais de la rivière tout en se débarrassant des saletés de leur corps dans cette même eau.

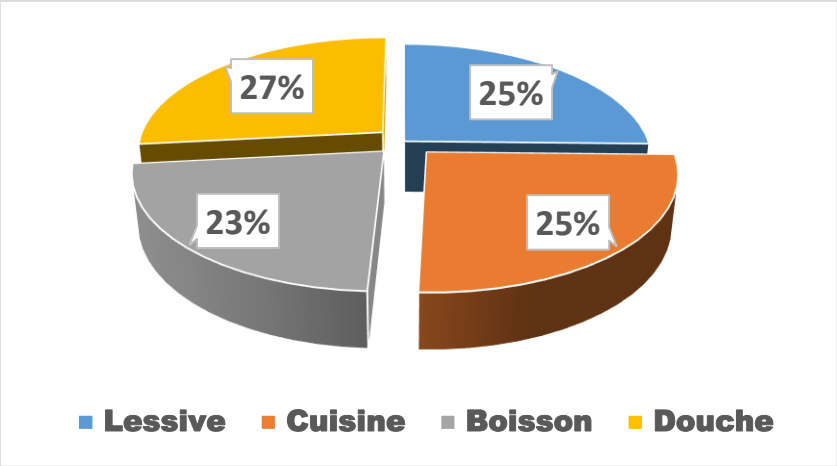


Figure 6: Usage de l'eau des rivières

Notons que la majorité de ceux qui boivent l'eau et qui trouvent qu'elle est de meilleur qualité sont ceux qui sont nés dans les villages ou qui y sont depuis une longue période. Ceux qui ne le boivent pas et ceux qui trouvent que l'eau n'est pas de meilleure qualité malgré le fait qu'ils en boivent sont généralement constitué de ceux qui se sont installés dans les villages.

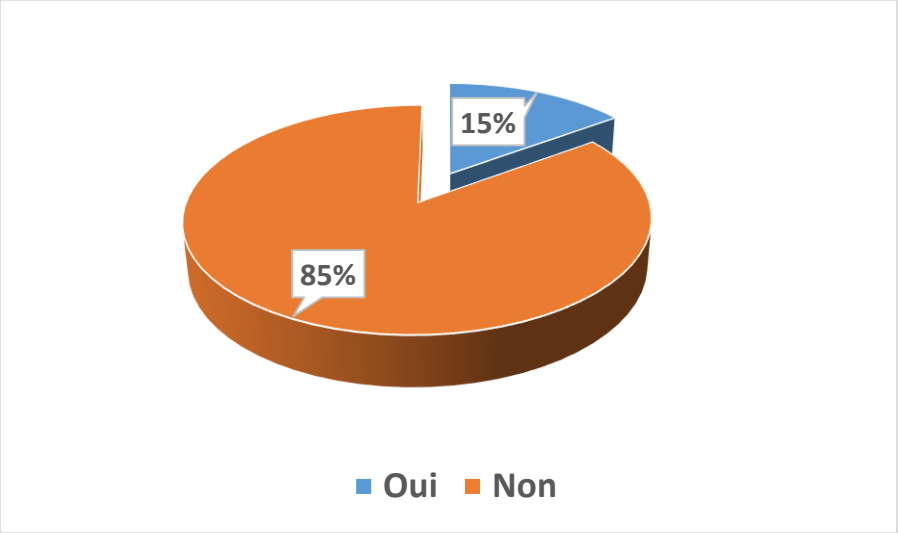


Figure 7: Pourcentage de ceux qui boivent l'eau des rivières dans les arrondissements

3.1.1.5. Observation en ce qui concerne l'eau des rivières

Lors des enquètes, les habitants récents, les femmes surtout, de la localité de Akodebakou nous ont révélé qu'à chaque fois qu'elles se douchent avec l'eau de la rivière, leur corps démange et qu'elles doivent partir à la pharmacie pour payer des médicaments contre les infections.

3.1.2. Qualité physici-chimique de l'eau des rivières Sahèto et Akodebakou

3.1.2.1. Résultats des analyses physique

3.1.2.1.1. Le pH

La figure 8 présente les valeurs obtenues pour le pH après mesure sur le terrain sur les différents sites de prélèvement. Ces valeurs sont comprises entre 5 et 8. La valeur minimale du pH est de 5.94 obtenue sur le site 6 à Akodebakou et celle maximale est de 7.41 obtenue sur le site 1 à Sahè avec une moyenne de 6.55.

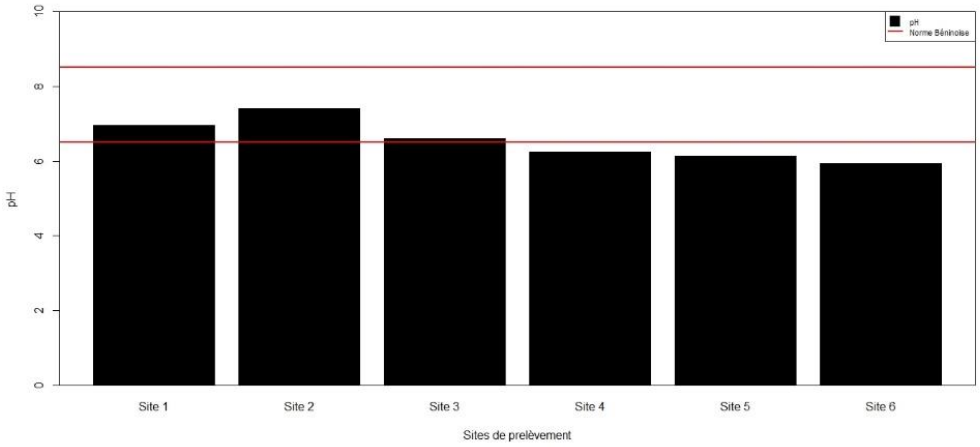


Figure 8: Variation de la valeur du pH sur les sites et la norme

3.1.2.1.2. La Turbidité

Les résultats après mesure de la turbidité sur les sites révèlent que la valeur minimale sur les sites est de 8.58 NTU obtenue sur le site 6 à Akodebakou et celle maximale est de 21.4 NTU obtenue sur le site 2 à Sahè avec une moyenne de 13.10 NTU. Toutes les valeurs de la Turbidité ont excédée la norme de portabilité de l'eau en République du Bénin.

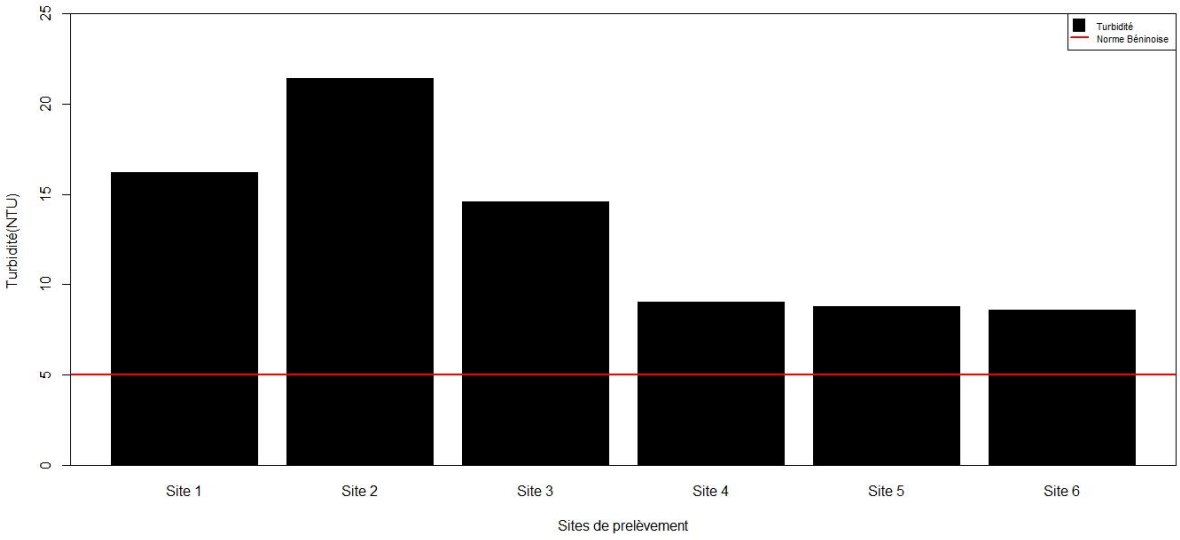


Figure 9: Variation de la valeur de la turbidité sur les sites et la norme

3.1.2.1.3. La conductivité électrique

En se référant aux analyses, la valeur minimale de la conductivité est de 46.153.52µS/cm obtenue sur le site 5 à Akodebakou et la valeur maximale est de 76.2µS/cm obtenue sur le site 1 à Sahè. Elle est en moyenne 53.52µS/cm. On dira donc que les deux rivières sont peu minéralisées.

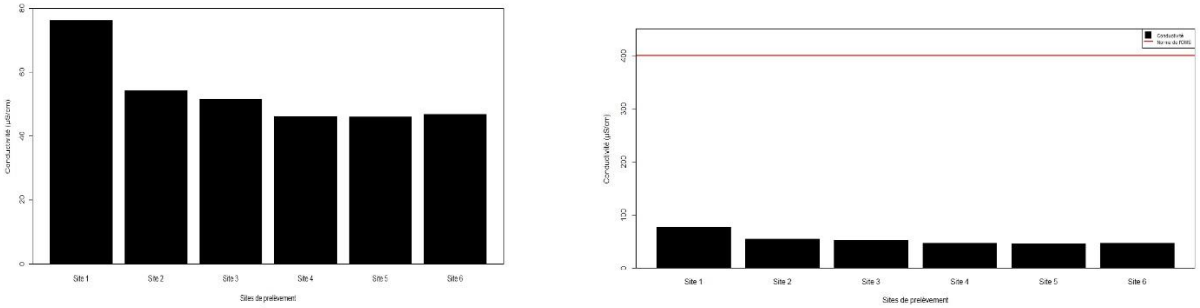


Figure 10: Variation de la conductivité électrique et la norme

3.1.2.1.4. La Température

En ce qui concerne la température, elle est en moyenne 28.47 ° C, en minimale 28°C à Akodebakou sur le site 6 et en maximale 29°C sur le site 1 à Sahè. Les échantillons étant été prélevés entre 10-11h du matin avec une température externe avoisinant les 25°C.

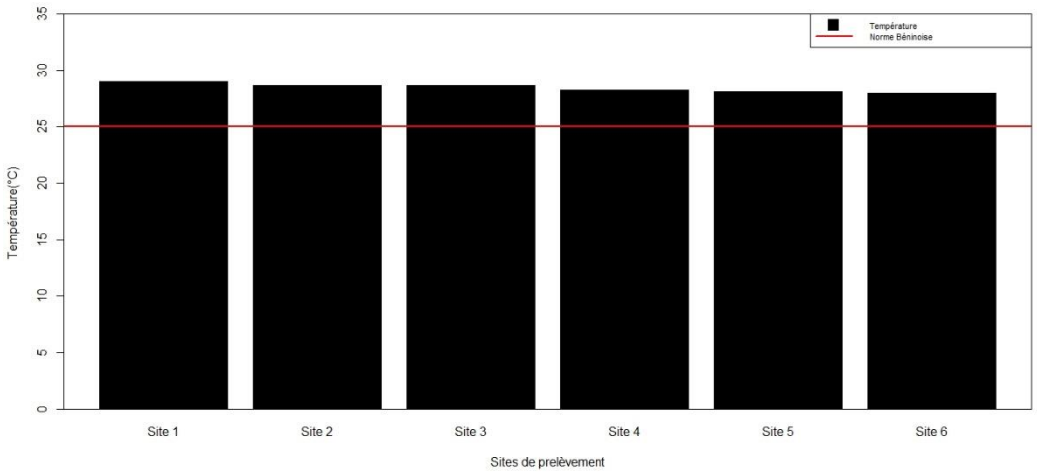


Figure 11: Variation de la température et la norme

3.1.2.2. Résultats des analyses chimiques

3.1.2.2.1. La teneur en calcium

L'analyse du graphe de la figure 12 montre que les valeurs de la teneur en calcium sur les sites de prélèvement varient entre 4.99 mg/l et 3.21mg/l et sont donc toutes en dessous de la norme béninoise pour le calcium. La plus petite valeur 3.21mg/l est obtenue sur le site 3 au niveau de la rivière Sahèto et la plus grande 4.99mg/l est obtenue à Akodebakou sur les sites 4 et 5. La valeur moyenne obtenue sur les six sites est de 4.3 4 mg/l.

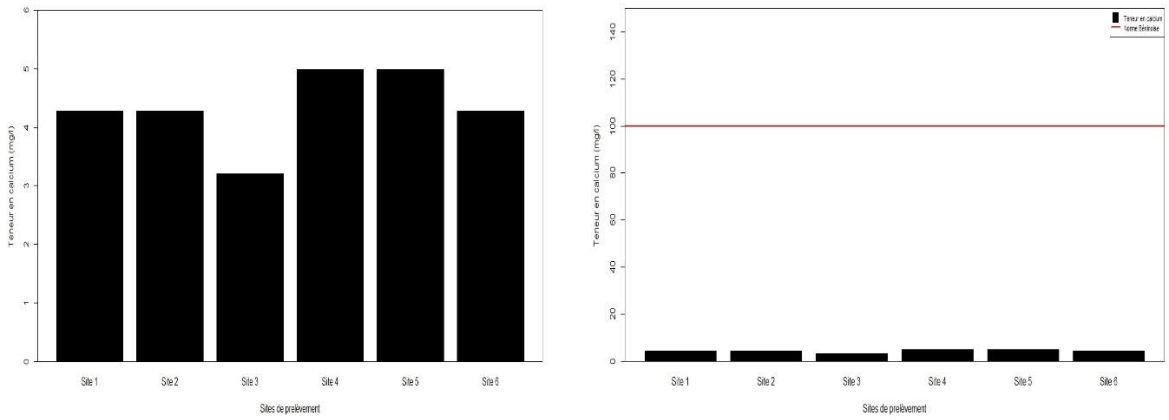


Figure 12: Variation de la teneur en calcium et la norme

3.1.2.2.2. La teneur en Magnésium

Du graphe de la figure 13 présentant la teneur en magnésium sur chaque site de prélèvement, on retient que la teneur en magnésium sur les sites oscille entre 1.73 et 2.16 mg/l. La valeur minimale de la teneur en magnésium est obtenue sur le site 3 à Sahè et la valeur maximale est obtenue sur les sites 1, 4, 5, et 6 respectivement à Sahè et Akodebakou avec une valeur moyenne de 2.052 mg/l.

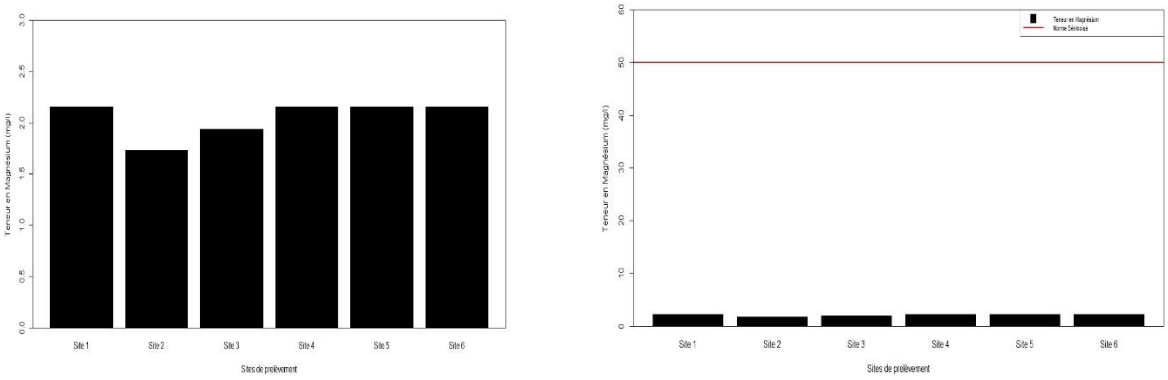


Figure 13: Variation de la teneur en magnésium et la norme

3.1.2.2.3. La dureté

En observant le graphe de la figure 14 montrant la variation de la dureté de l'eau sur chaque site et la norme, on constate que la valeur de la dureté esst entre 16.02°F et 21.36°F. La valeur minimale qui est de 16.02°F est obtenue sur le troisième site de la rivière de Sahè alors que la valeur maximale est obtenue sur les deux premier site de la rivière de Akodebakou. Toutes les valeurs prises par la dureté sur haque site ainsi que la moyenne qui est de 19.28°F sont au dessus de la norme béninoise qui est de 15°F.

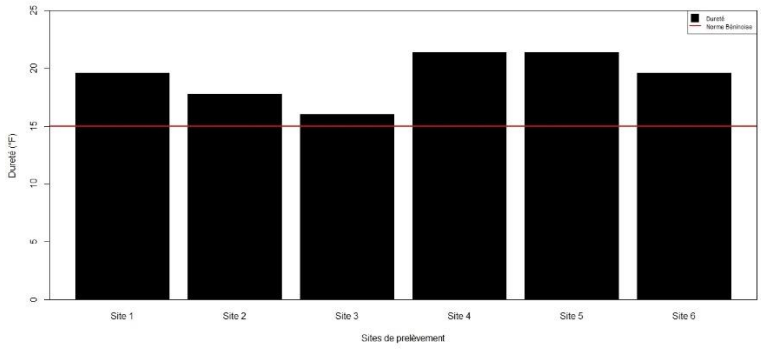


Figure 14: Variation de la dureté de l'eau et la norme

3.1.2.2.4. La teneur en ions chlorure

L'analyse du graphe de la figure 15 montre que les valeurs de la teneur en ion chlorure sur les sites de prélèvement varient entre 26.4 mg/l et 32.9mg/l et sont donc toutes en dessous de la norme béninoise pour le chlorure qui est de 250mg/l. La plus petite valeur 26.4mg/l est obtenue sur le dernier site à Akodebakou et la plus grande 32.9mg/l est obtenue à sur le premier site à Sahè. La valeur moyenne obtenue sur les six sites est de 30.497mg/l.

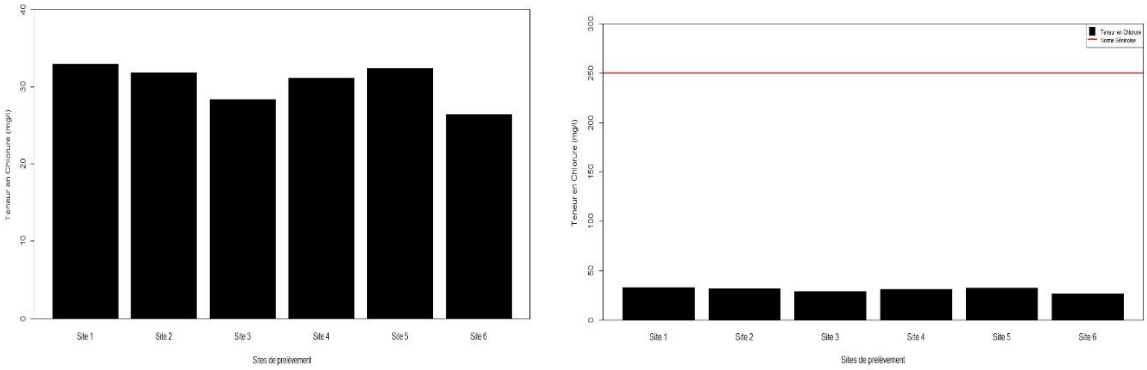


Figure 15: Variation de la teneur en ion chlorure et la norme

3.1.2.2.5. La teneur en fer

Le graphe de la figure 16 montre qu'avec la norme béninoise pour le fer qui est entre 0.5mg/l et 50mg/l, la teneur en fer des trois premiers sites n'est pas dans la normes tandis que celle des trois dernier sites est dans la norme. Notons que la valeur minimale de la teneur en fer sur les sites est 0.12mg/l obtenue sur le site 3, la valeur maximale est 0.64mg/l obtenue sur le site 4 (et est donc dans les normes) et avec une moyenne de 0.41mg/l également en dessous de la norme béninoise.

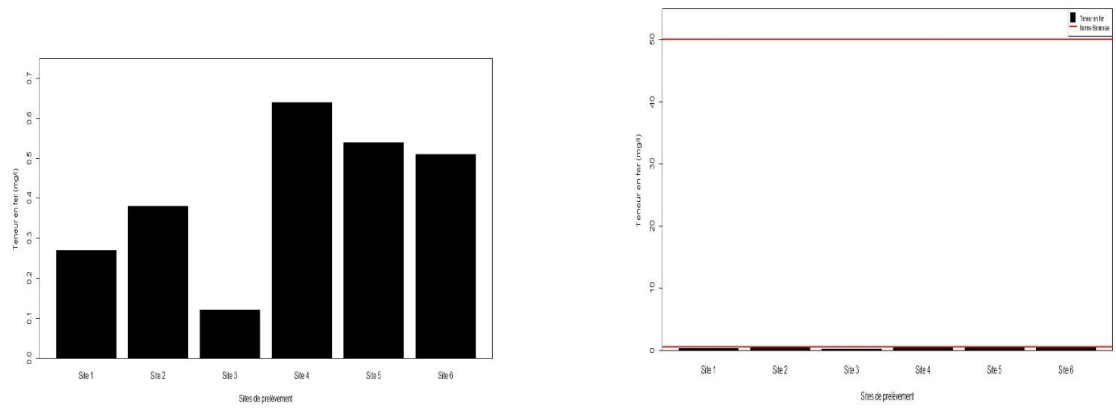


Figure 16: Variation de la teneur en fer et la norme

3.1.2.2.6. La teneur en nitrate

Du graphe de la figure 17 présentant la teneur en nitrate sur chaque site de prélèvement, on retient que ladite teneur sur les sites oscille entre 3.52mg/l et 18.48mg/l. La valeur minimale est obtenue sur le site 6 à Akodebakou et la valeur maximale est obtenue sur le site 1 à Sahè avec une valeur moyenne de 11 mg/l.

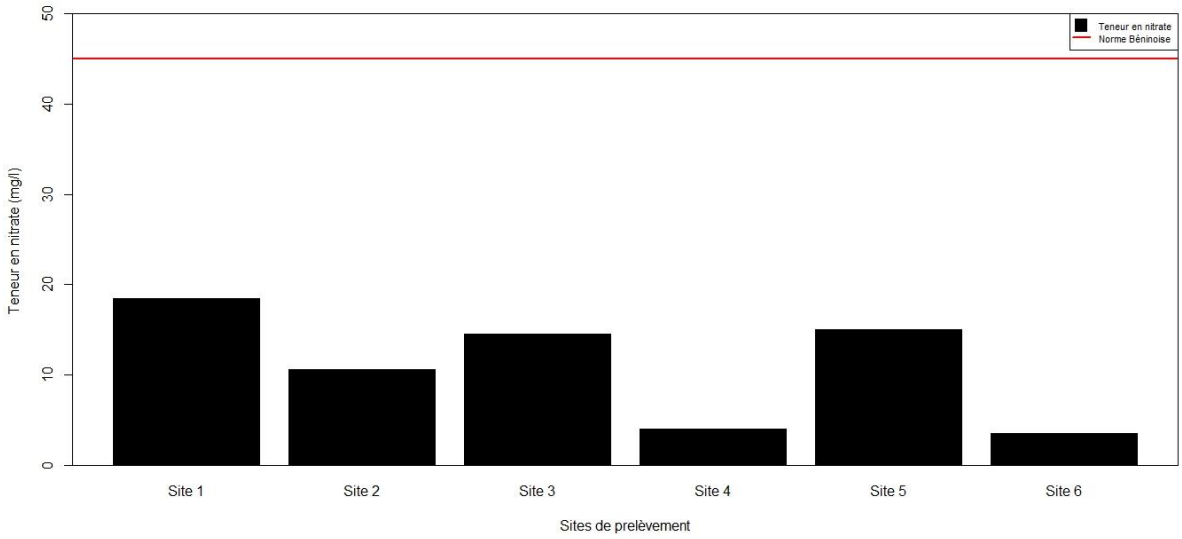


Figure 17: Variation de la teneur en nitrate et la norme

3.1.2.2.7. La teneur en nitrite

En analysant le graphe de la figure 18, on remarque que la valeur de la teneur en nitrite est entre 16.5mg/l et 6.6mg/l alors que la norme ne tolère que 3mg/l pour un usage à court terme et 3.2mg/l pour un usage de l'eau à long terme. La plus petite valeur et la plus grande valeur sont toute obtenues à Sahè repectivement sur les sites 3 et 1.

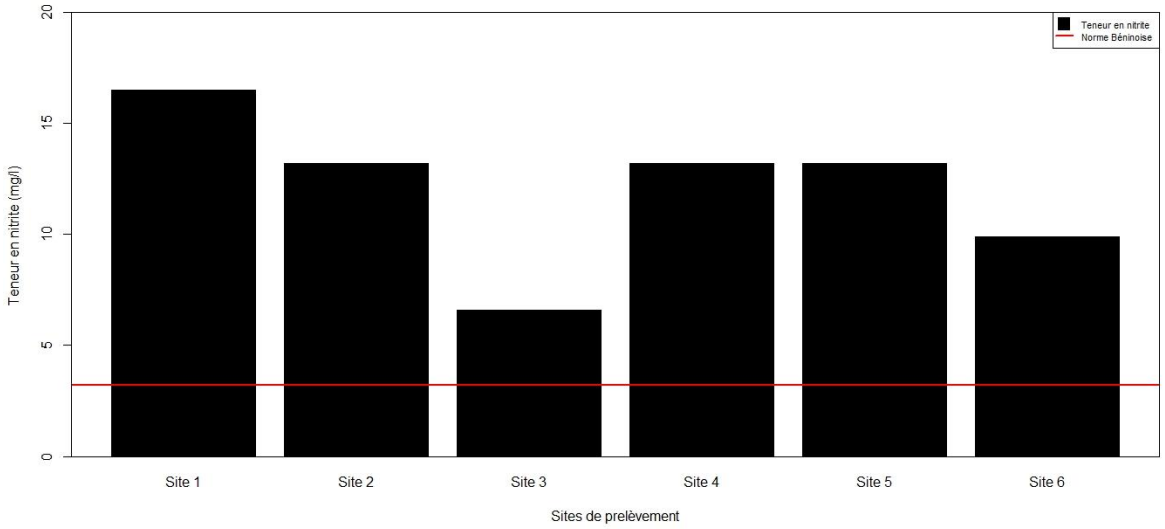


Figure 18: Variation de la teneur en nitrite et la norme

3.1.2.2.8. La teneur en fluor

Il découle de l'analyse du graphe de la figure 19 montrant la variation de la teneur en fluor sur chaque site de prélèvement que ladite teneur a pour borne inférieure 0.13mg /l et pour borne supérieure 0.61mg/l toutes en dessous de la valeur prévue par la norme qui est de 1.5mg/l. La valeur moyenne est de 0.31mg/l. La borne inférieure est obtenue sur le site 3 et celle supérieure est obtenue sur le site 6.

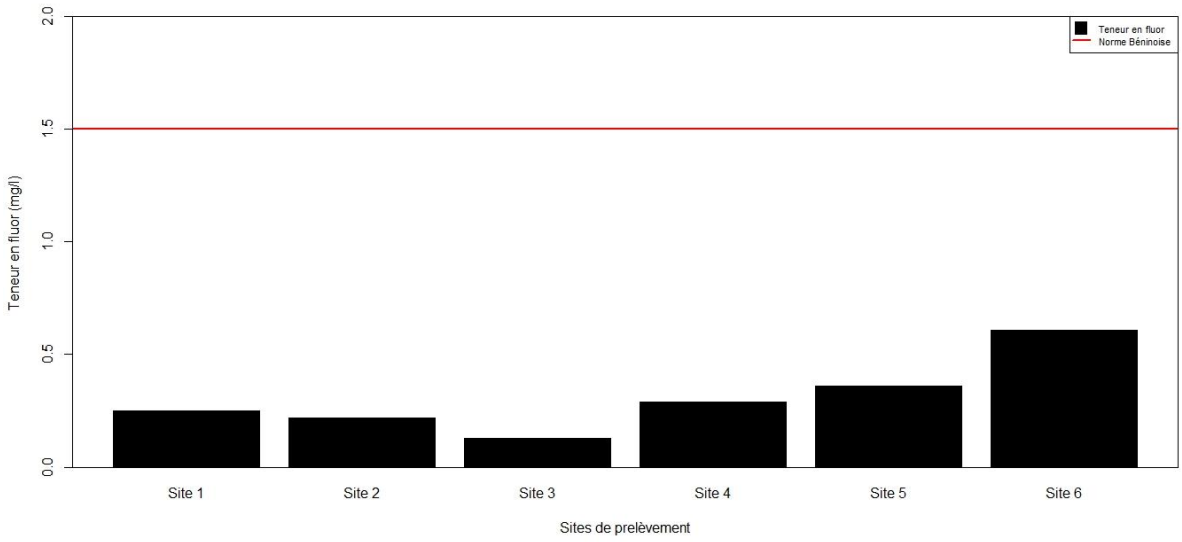


Figure 19: Variation de la teneur en fluorure et la norme

3.1.2.2.9. La teneur en ammonium

La teneur en ammonium sur les trois premiers sites de Sahè et sur le dernier site d'Akodebakou est en dessous de la quantité permise par l'OMS (0.2 mg/l). Celle des deux premiers sites d'Akodebakou excède légèrement la norme. Cette teneur est en minimale 0.039mg/l et en maximale 0.234mg/l.

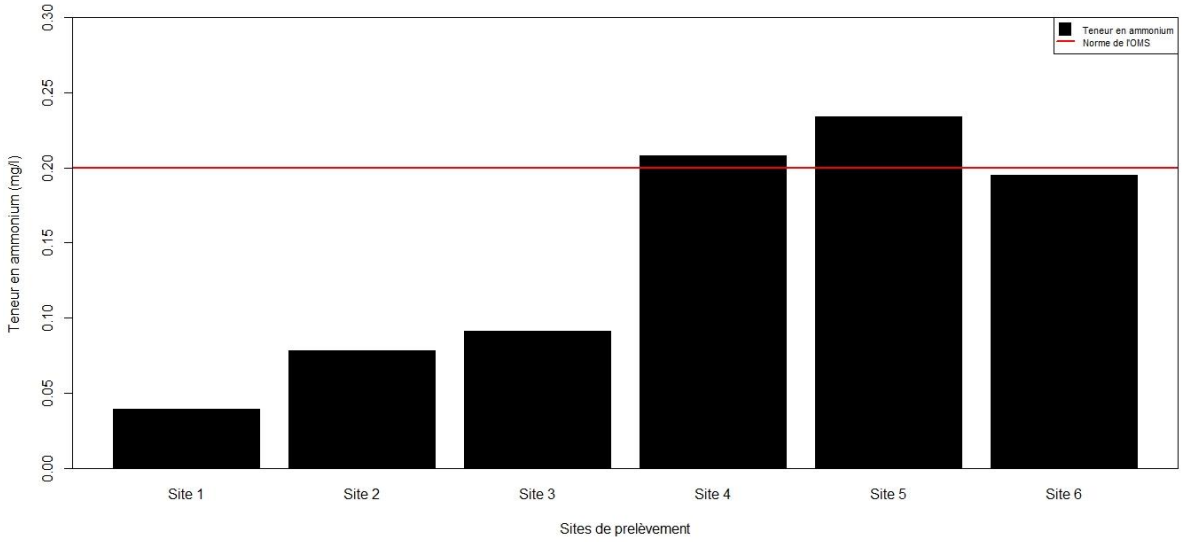


Figure 20 : Variation de la teneur en ammonium et la norme

3.1.1. Impact de l'utilisation des engrais

Nos analyses au laboratoire nous ont permis de constater que la teneur en nitrite, élément chimique provenant de l'azote, est élevée. Or, l'azote transformé en nitrite provient de l'utilisation de l'engrais NPK utilisé par les agriculteurs de ces arrondissements. Cette teneur élevée impact négativement la qualité de l'eau des rivières ainsi que de la faune aquatique en créant une hypoxie et des zones mortes dont la résolution peut prendre des siècles.

3.2. DISCUSSION

Les résultats analytiques présentés dans cette étude représentent les déterminations physiques et chimiques analysées en référence à différentes normes en vigueur. Les prélèvements effectués dans le cadre des campagnes de mesure sont de type instantané; ils ne sont ainsi que le reflet de la qualité de l'eau à un moment donné et montrent l'influence locale des sources de pollution (activités domestiques et activités agricoles). La population agricole dans le village Sahè- Abigo est constituée de **63.66%** de la population totale, celle du village Akodebakou est constituée de **53.82%** de la population totale soit **60.73%** de la population totale dans les villages de Sahè Abigo et Akodebakou selon la RGPH- 4, 2013. L'engrais utilisé dans ces arrondissements est l'engrais minéral et par ricochet l'engrais chimique NPK en combinaison avec l'Urée ce qui stimule la croissance en favorisant le développement des racines, la floraison et la fructification de la plante. La lente décomposition de l'Urée dans le sol permet la libération progressive de l'azote tandis que le NPK offre un apport instantané. L'utilisation combinée de ces deux engrais assure l'accroissement des rendements aussi bien de façon instantanée que dans le temps. Notons par conséquent que cette utilisation n'est pas sans conséquence aussi bien sur le sol et la qualité de l'eau que sur la santé de ceux qui en utilise. Les engrais organiques ou minéraux, lorsqu'ils sont appliqués en trop grande quantité par rapport aux besoins des plantes et à la capacité de rétention des sols, sont des causes majeures de la pollution de l'eau potable, liée à la toxicité des nitrates ou de l'eutrophisation des eaux douces et marines à travers le lessivage des éléments solubles, soit vers la nappe phréatique, soit vers les cours d'eau par ruissellement (Keddal et N'dri,2008). Sur les trois sites de Akodebakou, le pH est en dessous de la norme ce qui prouve que l'eau de la rivière est acide, cette acidité est peut-être causée par l'utilisation des engrais chimiques utilisés dans le village et la dégradation des matières organiques ; or une eau acide affecte aussi bien l'écosystème aquatique que la santé de ceux qui en consomme. Cette eau peut donc perturber la biodiversité aquatique et favoriser l'eutrophisation. La consommation de ce genre d'eau regorgeant donc de métaux lourds comme le plomb affecte gravement la sante en créant une perturbation sur l'équilibre des microorganismes intestinaux (problème digestif), provoque aussi des irritations respiratoires. C'est en analysant cela qu'Eugène C. H. Lee dit : « l'acidité de l'eau a des effets néfastes sur la santé humaine en favorisant la dissolution des métaux toxiques ». Dans le village de sahè Abigo, les valeurs du pH de la rivière Sahèto sont dans les normes 6 et 9 favorable de la vie aquatique des eaux de surface selon Rodier (2008). Les résultats de la température des eaux des rivières Sahèto et Akodebakou sont en concordance avec les travaux de Koné et al.,(2019) dans le lac Kossou avec une température moyenne de 28.05±0.66°C pendant la saison pluvieuse et les

travaux de DOVONOU et al., (2023) dans la rivière Agbado avec une température moyenne de 28.7±0.18°C pendant la même saison. Cependant, toute les valeurs de la température sont au-dessus de celle fixée par l'OMS et se situent dans la classe IV (28°C) de la grille d'évaluation des eaux de surface selon (SEQ Littoral 2003) indiquant une eau de mauvaise qualité. La Turbidité sur tous les sites a une valeur moyenne qui est de 13.10 NTU or la concentration Maximale Admise (CMA) par l'OMS est de 5 NTU ce qui implique donc une forte présence des matières non dissoutes, des colloïdes et des composés organiques et par conséquent une faible transparence de l'eau. Elle est l'une des paramètres associés à la couleur de l'eau. Toutes les valeurs obtenues sur les sites de prélèvement de Sahè et de Siwé-kpota ont une conductivité électrique comprise entre 46.1 µS/cm et 76.2 µS/cm ; si pour Rodier et al. , (2009) une conductivité comprise entre 100 et 200 µS/cm est synonyme de faible minéralisation alors on dira que l'eau échantillonnée a une très faible minéralisation puisqu'elle n'est pas dans les normes selon Rodier et al. , Toutefois, la moyenne de la teneur en conductivité électrique qui est de 53.53 µS/cm est en dessous de la concentration maximale admise pour les eaux douces. Les teneurs en calcium, magnésium et chlorure sur les sites des rivières Sahèto et Akodebakou sont en dessous de la valeur permise par l'OMS soit respectivement 100mg/l, 50mg/l et 250mg/l avec une moyenne en calcium qui est de 4.34 mg/l, en magnésium qui est de 2.052mg/l et en chlorure qui est de 30.497mg/l. Par ailleurs, les teneurs en calcium et magnésium sur les deux rivières ne sont pas approximative à celles trouvées par DOVONOU et al. (2023) sur la rivière Agbado, mais les valeurs en ions chlorure sont quant à elles approximative (26.98±6.37mg/l) en moyenne pour la rivière Agbado à Savalou. Ces faibles concentrations peuvent être dues à la dilution des rivières par l'eau et une absorption par certaines plantes. La dureté de l'eau est fonction de la teneur en calcium et magnésium or il est constaté sur les rivières Sahèto et Akodebakou que la dureté est au-dessus de la norme prévue pour la dureté par l'OMS qui est de 15°F avec une moyenne de 19.28°F. Cet excès peut donc s'expliquer par le fait qu'il y a d'autres éléments chimiques comme le fer et le manganèse présent dans l'eau. La valeur de la teneur en dureté sur chaque site étant supérieure à 15°F montre que l'eau des rivières est dans la plage d'une eau très dure ce qui est contraire aux résultats de la dureté sur la rivière Agbado par DOVONOU et al. Cette différence peut s'expliquer par la nature des écosystèmes étudiés. La teneur moyenne en fer sur les deux rivières est de 0.41mg/l or la Concentration Maximale Admise est de 0.3mg/l selon l'OMS et une concentration en fer supérieure à la CMA conduit à la coloration du linge et de la robinetterie (OMS 2017). Cette forte concentration est due à la lixiviation de terrains traversés ou des pollutions industrielles (Rodier, 1996). La présence de nitrate dans une eau est source de plusieurs maux. Les rivières

Sahèto et Akodebakou ont en moyenne 11mg/l ce qui est au-dessus de la valeur limite de l'OMS qui est de 10mg/l. Toutefois, ces valeurs sont inférieures à la CMA (50mg/l) ce qui montre que les eaux de ces rivières Sahèto et Akodebakou présentent une qualité passable (classe III) (SEQ Littoral, 2003). Cette quantité élevée de nitrate est dur à l'utilisation des engrais dans cette zone. La valeur en nitrites dans les eaux est grandement supérieure à la valeur fixée par la norme OMS qui est de 3.2mg/l or les nitrites sont toxiques pour l'organisme humain, leurs présences en quantité importante dégrade la qualité (Sèmegan, 1997). En temps normal, le nitrate est obtenu à partir de l'oxydation du nitrite, donc la teneur en nitrite ne doit pas être supérieur à la teneur en nitrates à moins qu'il n'y ait une pollution récente de déchets organiques et les niveaux d'oxygène sont très bas (AAVL, 2000) ou lorsque la nitrification est incomplète ou également dans des situations où le nitrite est produit plus rapidement qu'il ne s'est oxydé en nitrate ce qui est peut-être le cas au niveau de nos deux rivières. Une teneur élevée en nitrite dans les eaux souterraines et de surface sont souvent liés à une utilisation excessive d'engrais azotés, à un épandage de fumier trop importante, à des écoulements provenant des aires d'attente du bétail. Selon l'OMS, 2017, plus de la moitié des engrais azotés s'infiltre dans l'eau et dans l'air. Dans l'eau, il peu t entraîner une hypoxie et des zones mortes, des problèmes d'un manque d'oxygène dissout dans l'eau et dont la résolution peut prendre des siècles c'est pour cela qu'il urge de limité l'utilisation à défaut de ne plus du tout utiliser ces types d'engrais afin de protéger l'environnement et aussi notre propre santé. La concentration en ion ammonium sur les sites de la rivière Sahèto est inférieure à 0.1mg/l. Cette faible teneur stipule donc que cet élément ne constitue aucun risque pour cette rivière. Cette même concentration sur les deux premiers sites de la rivière Akodebakou excède la norme qui est de 0.2mg/l ce qui peut être dû à l'utilisation des engrais ou à la décomposition organique.

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Cette étude nous a permis d'évaluer l'impact de l'utilisation des engrais sur la qualité physico-chimique de l'eau des rivières Sahèto et Akodebakou dans la commune de Agbanhizoun. L'exploitation de l'eau des rivières en eau potable soulage la population des villages sahè Abigo et Akodebakou. Des résultats issus de nos enquêtes ont révélés que les habitants des arrondissements de Sahè et Siwé-Kpota principalement dans les villages de Sahè-Abigo et d'Akodebakou utilisent l'eau des rivières pour plusieurs usages à l'instar de l'eau de boisson, lessive, usage domestique et autres… Les agriculteurs de ces arrondissements utilisent l'engrais chimique NPK en plus de l'urée pour accroitre les rendements de leurs productions mais ils ne savent pas que l'utilisation de ces engrais impact négativement aussi bien leur santé que l'environnement dans lequel ils sont. Nos travaux de recherches sur ces sites montrent que les paramètres physico-chimiques varient d'un site à un autre. Des résultats issus des analyses, on retient que l'eau des rivières est trouble, regorgeant donc de matières non dissoutes et également très faiblement minéralisée. La majorité des paramètres physico-chimiques respecte les normes toutefois, les paramètres à l'instar de la turbidité, la température, la dureté, la teneur en nitrite excèdent gravement la Concentration Maximale Admise ce qui prouve que l'exploitation de cette eau comme eau de boisson est avec un très grand risque. L'utilisation des engrais azotés sont à l'origine d'un excès de nitrite dans l'eau surtout dans la rivière Akodebakou. Et, la présence de cet élément azoté dans l'eau impact aussi bien la santé humaine que la vie aquatique. Ainsi, il urge donc que les autorités de la municipalité portent un regard attentionné à l'endroit de ces populations des villages de Sahè Abigo et akodebakou afin qu'elle ait une eau potable pour boire et aussi une méthode propice pour le developpement des cultures agricoles car l'utilisation de ces engrais azotés pollue à la fois l'eau, le sol et l'air, en gros tous les compartiments de la Terre. Pour donc remédier à cette situation, nous formulons les suggestions suivantes :

- Sensibiliser la population, les agriculteurs surtout sur les risques associés et les meilleurs pratiques pour gérer l'eau contaminée,
- Sensibiliser la population au complet sur les objectifs de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau,
- Utilisez des plantes tolérants aux engrais ou adaptées à une utilisation limitée de l'eau contaminé,
- Apprendre à la population à respecter les lois et recommandations sur l'utilisation d'eaux contaminées pour éviter des impacts environnementaux et sanitaires

- Traiter l'eau avant toute utilisation en utilisant les méthodes comme la filtration ou le traitement biologique, pour réduire les contaminants,
- Faire des tests réguliers pour déterminer les niveaux de contaminants (nitrates, nitrites phosphates….) dans l'eau ainsi que dans le sol,
- Explorer des sources d'eau alternatives comme la SONEB, Omilayé ou des méthodes d'irrigation moins dépendantes de l'eau contaminée,
- Alterner les cultures pour réduire l'accumulation de contaminants dans le sol,
- Adopter des pratiques agricoles durables qui diminuent la dépendance aux engrais chimiques
- Utilisation du compost pour améliorer la qualité du sol et réduire les impacts des engrais chimiques.

Toutes ses suggestions vont permettre de prioriser la santé humaine et environnementale tout en optimisant l'utilisation de l'eau. La prudence et une gestion prudente sont essentielles.

PERSPECTIVES

L'eau constitue un enjeu majeur pour le développement durable. Elle est étroitement liée à la santé, l'agriculture, l'énergie et la biodiversité. Comme des auteurs l'ont si bien souligné, sans une gestion efficace et efficiente des ressources en eau qui prenne en compte non seulement leur rareté mais également leur qualité, les sociétés deviennent minées par des conditions d'hygiène difficiles et des maladies hydriques, entravant par voie de conséquence leur développement socioéconomique (Phillips et al. 2006 ; Julien, 2006). Le Sommet Mondial du Développement Durable tenu à Johannesburg en 2002 appelle à développer la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) dans les pays en développement. Cette approche flexible qui permet de s'attaquer aux défis de l'eau et d'optimiser la contribution de l'eau dans le développement durable, encourage le développement et la gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources connexes, en vue de maximiser de manière équitable, le bien-être économique et social sans compromettre la pérennité d'écosystèmes vitaux (Tec, 2005). Il existe plusieurs méthodes et techniques pour atténuer les pressions agricoles ou leurs effets sur l'environnement. L'élaboration de plans de fertilisation en tenant compte de plusieurs paramètres (sol, culture, engrais de ferme et minéraux, période et technique d'épandage, équipement, etc.), les techniques culturales et de protection des berges et des cours d'eau, la

rationalisation de l'usage des pesticides par la lutte intégrée aux organismes nuisibles sont autant de moyens qui peuvent réduire la pollution d'origine agricole et protéger les milieux aquatiques (LAWANI R.A..N. et al, 2017).

A l'issu de nos travaux des résultats appréciables ont étés obtenus, Cependant, certaines incertitudes subsistent Il convient alors de poursuivre et d'approfondir les connaissances sur l'impact de l'utilisation des engrais sur la qualité physico-chimique de l'eau des rivières afin d'apporter davantage de clarté aux résultats.

Il convient dans la suite des travaux de :

- Faire l'échantillonnage sur les deux saisons afin de mieux comprendre la variation de ces paramètres en fonction de la saison,
- Faire une étude approfondie sur les sédiments et espèces aquatiques des rivières notamment les poissons (puisqu'ils disent que les poissons n'acceptent pas la cuisson) afin d'avoir une idée globale sur la qualité de cet écosystème important aquatique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Avocevou J. F., 2022. Comparaison de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux du lac Toho et des eaux souterraines à Kpinnou dans la commune d'Athiémé. Mémoire de Licence p64.
2. AWWA (1999): Water quality and treatment. American Water Works Association, 4e edition.
3. BANQUE MONDIALE. (2020) "Indicateurs du développement dans le monde"
4. BARTHE, C., J. PERRON et J.M.R. PERRON (1998) : Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de travail (version préliminaire), ministère de l'Environnement du Québec, 155 p. + annexes.
5. CEAEQ (2000) : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux, méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec
6. CEAEQ (2000) : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux, méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec
7. Charriere G., Mossel D.A.A., Beaudeau P., Leclere H., 1994. Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of Enterobacteriaceae and of a selection of Enterococcus spp. For the official monitoring of drinking water supplies. Jounal of Applied Bacteriology, 76: 336-334.
8. Chouti W., 2011. Etude de la pollution chimique d'une lagune tropicale (eaux, sédiments, poissons) : Cas de la lagune de Porto-Novo (sud Bénin). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi, p100.
9. Clausen E.M., Green B.L., Litsky W., 1977. Fecal streptococci indicators of pollution dans :Hoadley,AW et BJ Dutka,édit,Bacterial Indicators /Health hazards associated with water.Americen Society for Testing and Materiels , ASTM STP 635,p247-264.
10. DANNON Ella. (2022) : Impacts de la gestion des déchets ménagers sur la qualité des eaux de puits dans le cinquième arrondissement de Cotonou. Mémoire de licence 56p.

11. Dayéri DIANOU, Boubacar SAVADOGO, Dramane ZONGO, Tidiane ZOUGOURI, Jean Noel PODA, Hortense BADO, Francis ROSILLON. 2011. Qualité des eaux de surfaces dans la vallée du Sourou : cas des rivières Mouhoun, Sourou, Debe et Gana au Burkina Faso. 19p
12. Décret N°2001-094 du 20 Février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin. 21p
13. Décret nº 2001-094 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République de Bénin.
14. Edberg S.C., Rice E.W., Karlin R.J., Allen M.J. 2000. Escherichia coli, the biological drinking water indicator for public health protection. Jounal of Applied Microbiology, 88 : 106S-116S.
15. Elmund G.K., Allen M.J., Rice E.W., 1999. Comparaison of Escherichia coli, tota Edberg S.C., Leclere H. Robertson J. 1997. Natural protection of spring and well drinking water against surface microbial contamination.II indicators and monitoring parameters for parasites. Critical Reviews in Microbiology, 23 : 179-206.
16. Flavien DOVONOU, Firmin S. ENINHOU, Clément k. BALOGOUN, Wilfrid N. ATCHICHOE, Daouda MAMA, Jean-Pierre VANDERVAERE. Vol : 184,2023. Suivi des paramètres physico-chimique de la rivière Agbado, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable de la ville de Savalou au centre du Bénin. 24p
17. GNONLONSA L.E. 2023. Evaluation de la qualité de l'eau du lac Azili et risques sanitaires associés à sa consommation dans le quatrième arrondissement de la commune de Zagnanado (Sud Bénin). Mémoire de licence 91p
18. INSAE : Institut National de la Statistique et se l'Analyse Economique, Cahier des villages et quartiers de villes du département du Zou (RGOH-4.2013), 2016, 39p
19. Julien F. 2006. Maîtrise de l'eau et développement durable en Afrique de l'ouest : de la nécessité d'une coopération régionale autour des systèmes hydrologiques transfrontaliers. Vertigo, 7(2).
20. Koné N., N'da A., Kien N., Boguhé G., et Berté S., 2022. Caractérisation physico-chimique des eaux du lac du barrage hydroélectrique de Kossou, fleuve

Bandama en Côte d'Ivoire (Rev. Ivoir. Sci. Technol., 39 (2022) 55 - 69 55 ISSN 1813-3290, http://www.revist.ci).

21. KOTO SOUMANOU S. 2023. Diagnostic de la qualité de l'eau des Postes d'Eau Autonomes Privés (PEA) dans l'arrondissement de Djougou II. Mémoire de licence 89p
22. LAWANI R.A.N., KELOME N.C., AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO M., HOUNKPE J.B., ADJAGODO A., 2017. Effets des pratiquent agricoles sur la pollution des eaux en République du Bénin. 18p
23. Loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin. 64p
24. OMS (2000) **:** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2 critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 1050 p. Accessible à : www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/
25. OMS, 2000. Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2-critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la santé, 2ème édition ; p1050.
26. OMS, 2017. Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. intégrant le premier additif.
27. Phillips DJH, Daoudy M, McCaffrey SC, Öjendal ARJ. 2006. Trans-boundary Water Co-operation as a Tool for Conflict Prevention and Broader Benefit Sharing, Stockholm, Ministère suédois des Affaires Etrangères, p. 249.
28. Robertson W., 1995. Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable. Dans Air intérieur et Eau potable, Pierre Lajoie et Patrick Levallois (dir), Presses de l'université Laval p179-193.
29. ROBERTSON, W (1995) : Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable. Dans : Air intérieur et Eau potable, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, Presses de l'Université Laval, p. 179-193.
30. Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. Denod, Paris, 1383.
31. Rodier J., 2009. L'analyse de l'eau. Ed. Dunod Paris. ISBN : 978- 2-10054179-9.

32. Sèmegan B., M. 1995. Interactions physico chimiques des eaux de la nappe côtière du Trarza (Mauritanie) à Idini et le long du littoral sud. Thèse de Doctorat de l'Université de Nice, 1995.
33. SEQ-EAU (Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau), 2003. Grille d'évaluation SEQEAU (version 2), MEDD et Agences de l'eau.
34. Tec. 2005. Catalyser le changement : manuel de développement de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et des stratégies d'efficience de l'eau. Global Water Partnership. Stockholm, Suède, p. 48.
35. WHO, 2011. Guidelines for drinking-water quality Third edition incorporating the first and second addenda,volume 1,
36. WHO, 1993. WHO guidelines for drinking water quality.Vol. 1-recommendations, p 8-
37. https://www.ancb.bj consulté en aout 2024
38. https://planificateur.a-contresens.net consulté en aout 2024
39. https://koiconnect.com consulté en aout 2024
40. https://www.memoireonline.com consulté en aout 2024
41. https://www.cieau.com consulté en aout 2024
42. https://blog.wika.fr consulté en aout 2024
43. https://www.franceenvironnement.com consulté en aout 2024
44. https://fr.oceancampus.eu/cours/7Mc/la-pollution-de-leau consulté en septembre 2024
45. https://www.canada.ca/fr/environnementchangementhttps://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/qualite-environnement-economie/ecosysteme/effet-sol-eau.htmlclimatique/services/pollution-atmospherique/qualite-environnement-economie/ecosysteme/effethttps://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/pollution-atmospherique/qualite-environnement-economie/ecosysteme/effet-sol-eau.htmlsol-eau.html consulté en septembre 2024
46. https://www.larousse.fr, consulté en septembre 2024
47. https://www.eea.europa.eu consulté en septembre 2024
48. https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau consulté en septembre 2024
49. https://www.toupie.org consulté en aout 2024

50. https://culturesciences.chimie.ens.fr consulté en juillet 2024
51. https://www.aquaportail.com consulté en juillet et en aout 2024
52. https://www.intercereales.com) consulté en aout 2024
53. https://www.assistancescolaire.com consulté en juillet 2024

Impact de l'utilisation des engrais chimiques sur la qualité physico-chimique de l'eau des rivières Sahèto et Akodebakou (AGBANHIZOUN, Sud-Bénin)

ANNEXES

Fiche d'enquête à l'endroit des ménages Bonjour Monsieur/Madame Dans le cadre de nos études relatives à ……, nous vous saurons gré de votre temps que vous allez consacré à répondre aux questions ci-dessous.

Fiche N°: …… Date :…/……/…

I- Zone d'enquête et Identification des enquêtés

1- Commune :……..
2- Arrondissement :…….
3- Quartier/village :……..
4- Nom :…….Prénom(s)……Age :……
5- Sexe : F M
6- Ethnie :…… …….
7- Profession :

Agriculteur
Commerçant
Autres (à préciser) :……

II- Aux ménages

8- Êtes-vous au courant de l'utilisation des engrais dans la région
9- Pensez-vous que l'utilisation des engrais a un impact sur l'eau des rivières ?
10- Quels types d'impact pensez-vous que cela a

- Pollution de l'eau
- Changement de couleur de l'eau
- Odeur désagréable
- Mortalité de poisson
- Autres

11- Avez-vous observé des changements dans la qualité de l'eau au cours de ses dernières années ?
12- Si oui, quels changements avez-vous observé ?

- Eau trouble
- Augmentation des algues
- Diminution de la faune aquatique

- Autres

13- À quel type d'usage utilisez-vous l'eau du lac ?

- Cuisine
- Lessive
- Boisson
- Autres (à préciser)

14- Si oui pour la boisson, quel goût l'eau a ?

15- Quelles sont les maladies auxquelles vous êtes permanemment confrontés ?

- Lésion de la peau
- Cancer de la thyroïde
- L'hypothyroïdie
- Autres

16- Pour vous, est-ce que la quantité de poissons croît ou décroît si on se réfère aux années précédentes ?

- Croît
- Décroît

III- Aux agriculteurs

17- Quels sont les composés utilisez-vous pour enrichir votre sol afin d'accroître votre rendement ?

a. Engrais organiques
b. Engrais chimiques
c. Compos

18- Quels types d'engrais chimique utilisez-vous ?

a. NPK
b. Urée
c. Autres (à préciser)

19- Quels types de compos utilisez-vous ?

a. Déjection animale/ humaines Lisiers
b. Autres (à préciser)

20- Quel est l'impact de votre activité sur l'environnement ?

a. Pollution de l'eau
b. Pollution de l'air

Impact de l'utilisation des engrais chimiques sur la qualité physico-chimique de l'eau des rivières Sahèto et Akodebakou (AGBANHIZOUN, Sud-Bénin)

Table des matières

DEDICACE iii

REMERCIEMENTS iv

RESUME v

ABSTRACT vi

LISTE DES ACRONYMES vii

LISTES DES TABLEAUX viii

LISTE DES FIGURES viii

LISTE DES PHOTOS ET PLANCHES viii

INTRODUCTION 1

CHAPITRE1 : CLARIFICATION CONCEPTUELLE 4

1.1. Définitions de quelques concepts 4

1.1.1. Environnement 4

1.1.2. Sol 4

1.1.3. Eau potable 4

1.1.4. Qualité de l'eau 4

1.1.5. Norme de la qualité de l'eau potable 5

1.1.6. Rivière 5

1.1.7. Accès à l'eau potable 5

1.1.8. Agriculture 5

1.1.9. Engrais 5

1.1.10. Impact 5

1.2. Généralités sur l'eau 6

1.2.1. L'eau de pluie 6

1.2.2. L'eau de mer ou d'océan 7

1.2.3. L'eau de surface 7

1.2.4. L'eau souterraine 7

1.3. Généralité sur la pollution de l'eau 8

1.3.1. Définition 8

1.3.2. Origine de pollution 8

1.3.2.1. La pollution d'origine naturelle 8

1.3.2.2. La pollution d'origine industrielle 8

1.3.2.3. La pollution d'origine atmosphérique 9

1.3.2.4. La pollution d'origine domestique 9

1.3.2.5. La pollution accidentelle 9
1.3.2.6. La pollution d'origine agricole 10
1.3.3. Les différents types de pollution 10
1.3.3.1. La pollution mécanique 10
1.3.3.2. La pollution plastique 10
1.3.3.3. La pollution chimique 11
1.3.3.4. La pollution thermique 12
1.4. Généralité sur les engrais 12
1.4.1. Les différents types d'engrais 12
1.4.1.1. Les engrais organiques 12
1.4.1.2. Les engrais minéraux 13
1.4.1.3. Les engrais organo-minéraux 14
1.4.2. Les différentes catégories d'engrais minéraux 14
1.4.2.1. Les engrais à base de nitrate 14
1.4.2.2. Les engrais phosphorés 14
1.4.2.3. Les engrais potassiques 15
1.4.3. Le marché des engrais azotés d'hier à aujourd'hui 15
1.5. Paramètres déterminant la qualité de l'eau 16
1.5.1. Paramètres organoleptiques 16
1.5.1.1. Couleur 17
1.5.1.2. Goût 17
1.5.1.3. Odeur 17
1.5.2. Paramètres physico-chimiques 18
1.5.2.1. Paramètres physiques 18
1.5.2.1.1. Température 18
1.5.2.1.2. Potentiel hydrogène (pH) 18
1.5.2.1.3. La turbidité 19
1.5.2.1.4. Oxygène dissous 19
1.5.2.1.5. Matières en suspension (MES) 20
1.5.2.2. Paramètres chimiques 21
1.5.2.2.1. Fer 21
1.5.2.2.2. Calcium 21
1.5.2.2.3. Magnésium 21
1.5.2.2.4. La dureté carbonée 21

1.5.2.2.5. La dureté générale 22
1.5.2.2.6. Les composés azotés 22
1.5.2.2.7. Le phosphore 22
1.5.2.2.8. Le chlore Cl_2 23
1.5.2.2.9. La conductivité 23
CHAPITRE 2 : CADRE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES 29
2.1. Présentation du cadre d'étude 29
2.1.1. Situation géographique 29
2.1.2. Le climat 30
2.2. MATERIEL 31
Matériel d'étude 31
Matériel de terrain 31
Matériel de laboratoire 32
2.3. APPROCHE METHODOLOGIQUE 33
2.3.1. Recherche documentaire 33
2.3.2. Travaux de terrain 33
❖ **Les enquètes de terrain** 34
❖ **Observation sur le terrain** 34
❖ **Echantillonage de l'eau** 34
2.3.3. Les analyses chimiques 36
2.3.3.1. Dosage du nitrate NO_3^- 36
2.3.3.2. Dosage du nitrite NO_2^- 37
2.3.3.3. Dosage de l'ammonium NH_4^+ 37
2.3.3.4. Dosage du potassium 37
2.3.3.5. Dosage de l'azote total 38
2.3.3.6. Dosage du phosphore total 38
2.3.3.7. Dosage du calcium Ca^{2+} et du magnésium Mg^{2+} 38
2.3.3.8. Dosage de la dureté 38
2.3.4. Traitement des données 39
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION 41
3.1. Résultats 41
3.1.1. Résultats des travaux de terrain 41
3.1.1.1. Types et composition des engrais utilisés 41
3.1.1.2. Eau consommée 41

3.1.1.3. Activictés menées 42

3.1.1.4. Usage de l'eau des rivières 42

3.1.2. Qualité physici-chimique de l'eau des rivières Sahèto et Akodebakou 44

3.1.2.1. Résultats des analyses physique 44

3.1.2.1.1. Le pH 44

3.1.2.1.2. La Turbidité 44

3.1.2.1.3. La conductivité électrique 45

3.1.2.1.4. La Température 45

3.1.2.2. Résultats des analyses chimiques 46

3.1.2.2.1. La teneur en calcium 46

3.1.2.2.2. La teneur en Magnésium 47

3.1.2.2.3. La dureté 47

3.1.2.2.4. La teneur en ions chlorure 48

3.1.2.2.5. La teneur en fer 48

3.1.2.2.6. La teneur en nitrate 49

3.1.2.2.7. La teneur en nitrite 49

3.1.2.2.8. La teneur en fluor 50

3.1.2.2.9. La teneur en ammonium 51

3.1.1. Impact de l'utilisation des engrais 51

3.2. DISCUSSION 52

CONCLUSION ET RECOMMANDATION 55

PERSPECTIVES 56

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 58

ANNEXES 63