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

AMOUSSOU Aristosel Penouel Mènonvè

Pour l'obtention du diplôme de

Licence Professionnelle en Hydrologie

OPTION : Ecohydrologie

==========

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES MATRICES EAUX, SÉDIMENTS, POISSONS DU LAC AZILI (ZANGNANADO)

==========

Maître de Mémoire

Dr Flavien DOVONOU

Enseignant chercheur à l'INE

Maître de Stage

Dr Firmin ADANDEDJI

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

PROMOTION : 2022-2023

REPUBLIQUE DU BENIN

=======

DEPARTEMENT D'HYDROLOGIE ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

=======

Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme de la licence professionnel en hydrologie

Option : ECOHYDROLOGIE

CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES MATRICES EAUX, SÉDIMENTS, POISSONS DU LAC AZILI (ZANGNANADO)

Présenté par :

Aristosel Penouel Mènonvè AMOUSSOU

Mention : Bien

Jury :

Président : Dr. Flavien DOVONOU

Membres : Dr. Arouna YESSOUFOU

Dr. Firmin ADANDEDJI

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

PROMOTION : 2022-2023

Dédicace

À mes parents qui ont fait tant d'effort et de sacrifice afin que je puisse avoir une bonne éducation et à Dieu pour tous ses bienfaits

Remerciements

La réalisation de ce travail a été possible grâce au soutien de nombreuses personnes. Que chacune trouve dans les premières phrases de ce mémoire l'expression de ma profonde reconnaissance. Je remercie d'abord infiniment Dieu pour son grand amour et son aide dans la réalisation de ce document. Je remercie particulièrement aussi:

- Le Professeur Daouda MAMA, Professeur Titulaire des universités du CAMES et actuel Directeur de l'Institut National de l'Eau.
- Le Professeur Flavien DOVONOU, pour avoir accepté diriger ce travail, malgré ses multiples occupations.
- Le Docteur Firmin ADANDEDJI qui, malgré sa charge de travail, a su trouver du temps pour m'aider et orienter mes travaux.
- Le Docteur Ousmane BOUKARI qui a contribué aux travaux et m'a prodigué des conseils pendant mon stage.
- Le technicien du laboratoire d'hydrologie appliquée, Mr BOURE MOHAMED, pour m'avoir suivi pendant mon stage d'encadrement.
- Tout le personnel de l'Institut National de l'Eau et particulièrement celui du Département d'hydrologie et Gestion des Ressources en Eau.
- Enfin, mes amis et aussi tous mes camarades pour leur soutien.

Résumé

Notre étude a été portée sur l'eau, les sédiments, et les poissons du lac Azili dans la Commune de zagnanado. L'objectif général de notre étude est de caractériser physiquement et chimiquement l'eau, les sédiments et les poissons dudit lac. Pour ce faire, nous avons échantillonné ces matrices sur différents sites et identifié les activités à risque de pollution sur l'île d'Agonvê (Arrondissement de Kpédékpo, Commune de Zagnanado). A l'issue de ces travaux, nous avons noté que l'agriculture, l'élevage et la pêche sont les activités qui y sont les plus pratiquées. Ces activités produisent des nutriments, des déchets organiques, des éléments trace métallique dus aux engrais chimiques et aux pesticides qu'ils utilisent ; ce qui pollue le lac et pourrait nuire aux poissons qui y vivent ainsi que ceux qui les consomme. En effet les analyses ont montré que la concentration du plomb dans les poissons varie entre 0,44 mg/Kg et 0,49mg/Kg, valeur dépassant la norme béninoise qui est de 0,2mg/Kg. Et grâce au facteur de bioaccumulation de l'eau au poisson qui est d'environ 8, nous avons déduis que la contamination de l'eau du lac fait partie sans doute des raisons de cette grande quantité de plomb et cela pourrait s'avérer très dangereux pour les consommateurs sur le long terme.

Mot clés : lac Azili, poisson, métaux lourd, pollution, activités anthropiques

Abstract

Our study focused on the water, sediments, and fish of Lake Azili in the Municipality of Zagnanado. The general objective of our study is to characterize the water, sediments, and fish of the said lake physically and chemically. To do this, we sampled these matrices on different sites and identified the activities at risk of pollution on the island of Agonvê (District of Kpédékpo, Municipality of Zagnanado). At the end of this work, we noted that agriculture, livestock breeding and fishing are the activities that are most practiced there. These activities produce nutrients, organic waste, trace metal elements due to the chemical fertilizers and pesticides they use; which pollutes the lake and could harm the fish that live there as well as those who consume them. Indeed, analyzes have shown that the concentration of lead in fish varies between 0.44 mg/Kg and 0.49 mg/Kg, a value exceeding the Beninese standard which is 0.2 mg/Kg. And thanks to the bioaccumulation factor of water to fish which is around 8, we deduced that the contamination of the lake water is undoubtedly part of the reasons for this large quantity of lead and this could prove very dangerous for consumers in the long term.

Keywords: Lake Azili, fish, heavy metals, pollution, anthropogenic activities

SOMMAIRE

Dédicace iii

Remerciements iv

Résumé v

Abstract vi

SOMMAIRE vii

SIGLES ET ACRONYMES : ix

Liste des tableaux x

Liste des figures x

Liste des planches xi

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE 1 : CONTEXTE ET JUSTIFICATION ET DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE 3

1.1- Quelques concepts 4

1.2- Définition 5

1.3- Norme de qualité de l'eau 6

1.4- Les paramètres physico-chimiques de l'eau 7

1.5 Situation géographique et présentation du cadre d'étude 11

1.6 Climat 12

1.7 Les sols 12

1.8 Hydrographie 13

1.9 Caractéristiques démographiques et socio-économiques 13

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES 14

2.1- Matériel 15

2.2- Méthodes 16

CHAPITREN 3 : RESULTATS ET DISCUSSION 24

3.1- Résultats 25

3.2- Discussion 38

CONCLUSION ET SUGGESTION 40

BIBLIOGRAPHIE 41

WEBOGRAPHIE..... 42

ANNEXE 43

SIGLES ET ACRONYMES :

Cd	:	Cadmium
ETM	:	Elément Trace Métallique
GPS	:	Global Position System
ICP/MS	:	Inductively Coupled Plasma /Mass Spectrometry
INStaD	:	Institut National de la Statistique et de la Démographie
MES	:	Matière En Suspension
NF	:	Norme Française
NQE	:	Norme de Qualité Environnemental
NTU	:	Nephelometric Turbidity Unit
OMM	:	Organisation Météorologique Mondiale
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
Pb	:	Plomb
pH	:	Potentiel Hydrogène
RGPH	:	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
TDS	:	Total Solide Dissous

Liste des tableaux

Tableau 1: Tableau montrant les informations des points d'échantillonnage 17

Tableau 2: Tableau montrant les normes utilisées..... 22

Tableau 3: Tableau montrant le nom et les espèces de poissons analysés..... 23

Tableau 4: Facteur de bioaccumulation du plomb de l'eau vers les poissons..... 35

Tableau 5: Facteur de bioaccumulation du cadmium de l'eau vers les poissons 36

Tableau 6: Facteur de bioaccumulation du plomb des sédiments vers les poissons..... 36

Tableau 7: Facteur de bioaccumulations du cadmium des sédiments vers les poissons..... 36

Tableau 8 : Résultats des analyses des poissons..... 43

Liste des figures

Figure 1: Carte de la situation géographique du lac Azili..... 11

Figure 2: Carte d'échantillonnage..... 17

Figure 3: Variation du pH de l'eau au niveau des sites de prélèvement..... 25

Figure 4:Variation de la température de l'eau au niveau des sites..... 26

Figure 5: Variation de la conductivité de l'eau du lac 26

Figure 6: Variation de la turbidité de l'eau au niveau des sites de prélèvement..... 27

Figure 7: Variation de la concentration en nitrate dans le lac 27

Figure 8: Variation de la concentration en nitrite dans l'eau du lac 28

Figure 9: Variation de la concentration d'ammonium dans le lac 28

Figure 10: Variation de la concentration de phosphate dans l'eau au niveau des différents sites29

Figure 11: Variation de la concentration du fer dans l'eau du lac 29

Figure 12: Variation de la concentration du plomb dans le lac..... 30

Figure 13: Variation de la concentration de cadmium au niveau des sites..... 30

Figure 14: Variation de la concentration des nitrites dans les sédiments au niveau des sites 31

Figure 15: Variation de la concentration des nitrates dans les sédiments au niveau des sites 31

Figure 16: Variation de la concentration de l'ammonium dans les sédiments au niveau des sites 32

Figure 17: Variation de la concentration des phosphates dans les sédiments au niveau des sites 32

Figure 18: Variation de la concentration du fer dans les sédiments au niveau des sites 33

Figure 19: Variation de la concentration du plomb dans les sédiments au niveau des sites..... 33

Figure 20: Variation de la concentration du cadmium dans les sédiments au niveau des sites ... 34

Figure 21: Variation de la concentration du plomb dans les poissons du lac 34

Figure 22: Variation de la concentration du cadmium dans les poissons du lac..... 35

Figure 23: Matrice de corrélation des paramètres analysés..... 37

Liste des planches

Planche 1: Appareils utilisés pour les paramètres, cliché AMOUSSOU P. (2023)..... 16

Planche 2: Photo montrant l'échantillonnage sur le terrain, cliché AMOUSSOU P. (2023) 18

Planche 3: Sédiments avant séchage..... 18

Planche 4: Sédiments après séchage 19

Planche 5: Sédiments après tamisage..... 19

Planche 6: Poissons avant séchage..... 19

Planche 7: Poissons après séchage..... 20

Planche 8: Poissons après broyage..... 20

Planche 9 : Photos des champs de maïs recouvert par le lac, cliché AMOUSSOU P. (2023) 43

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socioéconomique réel et durable d'un pays. D'après l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), 71 % de la surface de la Terre est recouverte par les mers et les océans, ce qui lui vaut son surnom de « planète bleue ». L'eau salée représente 97,4 % de l'eau présente sur notre planète et est en perpétuel mouvement. Sur les 2,6 % d'eau douce restante dans l'hydrosphère, 2,0 % sont gelés de façon quasi-permanente dans les calottes polaires (CNRS Éditions, 2015). Finalement, seule 0,6 % de l'eau présente sur la Terre est de l'eau douce disponible, qui contient donc moins de 2 grammes par litre de sels minéraux dissous. Cette eau douce est répartie de façon extrêmement inégale à la surface des continents et sa disponibilité à chaque endroit du globe est liée au bilan entre les précipitations et l'évaporation, c'est-à-dire l'écoulement ("/L'eau à découvert -4. La répartition spatiale actuelle de l'eau sur Terre – CNRS Editions " https://books.openedition.org/editionscnrs 9848?lang=fr).

L'expansion démographique et l'essor économique que connaissent les pays du monde sans occulter ceux de l'Afrique, en particulier le Bénin, entraînent des conséquences sur l'environnement et sur les plans d'eau. Les ressources en eau sont soumises à une forte pression exercée par l'activité anthropique (agriculture, industrie, élevage, pêche domestique, hôpitaux, etc.). Les activités anthropiques à caractère socio-économique couplées à celles des processus naturels (érosion des sols, précipitation, évaporation, ruissellement des eaux fluviales) accélèrent la dégradation des ressources en eau de surface (Hawa et al., 2011). Elles provoquent des perturbations de l'équilibre naturel et accroissent la charge organique de l'eau et des sédiments, puis l'encombrement des ressources en eau, avec des problèmes d'eutrophisation, l'asphyxie de l'environnement aquatique ainsi que les problèmes sanitaires des populations (Babadjide, 2011). Depuis plus d'une dizaine d'année, les eaux de surface (fleuve, lac, étang, mer, rivière, lagune) sont exploitées pour l'arrosage des produits maraîchers et agricoles. Ainsi, l'eau, source de vie, peut devenir un danger pour l'environnement et pour les utilisateurs si elle n'est pas de qualité acceptable. Cependant les eaux de surfaces doivent être gérées et protégées en raison de leur vulnérabilité à la surexploitation et à la pollution (Dovonou et al., 2019). Le Lac Azili n'est pas du reste face à ces problèmes environnementaux. Il urge donc d'évaluer les facteurs environnementaux affectant sa qualité. Situé dans la commune de Zagnanado et étant sous la menace des activités anthropiques, il est important d'étudier sa qualité. Cette étude vise donc à évaluer la

qualité physico-chimique de l'eau, des sédiments et des poissons du lac Azili dans la commune de Zagnanado.

- **Questions de recherche**

Quelles sont les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, des sédiments et des poissons du Lac Azili ?

Quelles sont les conséquences des activités anthropiques sur la qualité du Lac Azili ?

Quelle est l'accumulation des éléments trace métallique (ETM) dans les poissons du lac ?

- **Objectif de l'étude**

L'objectif général de cette étude est de caractériser physico-chimiquement les matrices eau, sédiments et poissons du Lac Azili (Commune de Zagnanado) en vue d'une gestion durable.

Objectifs spécifiques

- Identifier les activités anthropiques qui sont susceptibles d'influencer la qualité du Lac Azili ;
- Analyser les paramètres physico-chimiques de l'eau, des sédiments et des poissons du Lac Azili ;
- Evaluer la bioaccumulation des éléments trace métallique dans les poissons du lac.

- **Hypothèses**

Pour atteindre ces objectifs les hypothèses suivantes ont été émises :

- ✓ Les activités anthropiques effectuées à Agonvè dégradent la qualité du Lac Azili.
- ✓ L'eau, les sédiments et les poissons du Lac Azili ne respectent pas les normes physico-chimiques.
- ✓ Les éléments trace métallique s'accumulent grandement dans les poissons du lac.

CHAPITRE 1 : CONTEXTE ET JUSTIFICATION ET DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1- Quelques concepts

1.1.1- L'eau

L'eau est un corps incolore, inodore et insipide qui constitue un élément fondamental dans la vie de tous les êtres vivants (Larousse 2002). C'est le seul composé pouvant se retrouver dans les trois états de la matière, (solide, liquide, ou gazeux), aux températures ordinaires. A l'état solide, ou glace, elle constitue glaciers et calottes glaciaires. Elle se trouve également sous forme de neige et de grêle. Dans certains nuages elle se présente à l'état liquide formé de gouttelettes d'eau. Sur les végétaux elle se présente sous forme de rosée. Elle se trouve à l'état de gaz ou vapeur d'eau dans le bouillard et les nuages. L'eau s'accumule sous la surface de la terre dans les interstices des roches, formant ainsi un vaste réservoir d'eaux souterraines qu'alimentent les pluies, les sources. L'eau provenant des précipitations (Pluie, neige, grêle), peut s'infiltrer dans le sol ou ruisseler à sa surface. Elle peut circuler d'un réservoir à un autre en changeant d'état : c'est le cycle de l'eau (BOUGHARI, 2016).

1.1.2- Eaux superficielles

Les eaux superficielles qualifient toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les réservoirs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les mers, les estuaires, etc. Le terme s'applique également aux sources, aux puits et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux superficielles. En aquarium, l'interface eau/air, couramment appelée eau de surface, correspond à une eau superficielle.

1.1.3- Lac

Un lac est une grande étendue d'eau douce terrestre et continentale, presque stagnante ou en mouvement lent. Les lacs sont plus grands et surtout plus profonds que les étangs. Ils sont alimentés ou vidangés par des rivières et autres cours d'eau. Ils peuvent se différencier d'un fleuve, d'une rivière ou d'un ruisseau de par le mouvement, le flux de l'eau : si les cours d'eau sont des systèmes lotiques, le lac, tout comme l'étang, est un système lentique (https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/2630/lac).

1.1.4- Eau polluée

C'est une eau ayant subi une dégradation de son état qui la rend impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée à cause des activités humaines directes ou indirectes ou d'un processus soit biologique soit géologique (Zannou, 2022).

1.1.5- Sédiment

Un sédiment est un ensemble de particules en suspension dans l'eau, l'atmosphère ou la glace et qui a fini par se déposer sous l'effet de la pesanteur, souvent en couches ou strates successives. Un sédiment est caractérisé par sa nature (composition physicochimique), son origine, sa granulométrie, les espèces qu'il contient et son éventuelle toxicité (Sédiment — Wikipédia (wikipedia.org))

1.1.6- Poisson

Les poissons sont des animaux vertébrés aquatiques à branchies, pourvus de nageoires dont le corps est généralement couvert d'écailles. On les trouve abondamment aussi bien dans les eaux douces, saumâtres et de mers : on trouve des espèces depuis les sources de montagnes (omble de fontaine, goujon) jusqu'au plus profond des mers et océans (grandgousier, poisson-ogre). Leur répartition est toutefois très inégale : 50 % des poissons vivraient dans 17 % de la surface des océans (qui sont souvent aussi les plus surexploités) (Poisson — Wikipédia (wikipedia.org)).

1.1.7- Bioaccumulation

La bioaccumulation désigne la capacité de certains organismes (végétaux, animaux, fongiques, microbiens) à absorber et concentrer dans tout ou une partie de leur organisme (partie vivante ou inerte telle que l'écorce ou le bois de l'arbre, la coquille de la moule, la corne, etc.) certaines substances chimiques, éventuellement rares dans l'environnement (oligo-éléments utiles ou indispensables, ou toxiques indésirables) (Bioaccumulation — Wikipédia (wikipedia.org)).

1.2- Définition

1.2.1- La pollution de l'eau

La pollution de l'eau est due à sa contamination par des corps étrangers tels que des microorganismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres. Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités. La pollution des eaux peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulée de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries diverses, du lessivage des terrains traversés (Zannou, 2022). La pollution de l'eau peut se présenter sous différentes formes, notamment chimique, mais aussi bactériologique ou thermique ; les eaux ou masses d'eau concernées

peuvent être douces, saumâtres ou salées, souterraines ou de surface. Il peut même s'agir de la pluie ou des rosées, de neige ou de glaces polaires (Pollution de l'eau — Wikipédia (wikipedia.org)).

1.2.2- La pollution physique

- La pollution thermique

Cette pollution est due à une augmentation de la température de l'eau. Cette augmentation diminue le taux d'oxygène de l'eau provoquant l'asphyxie des espèces aquatique.

- Pollution radioactive

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

1.2.3- La pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est une forme de pollution qui se produit lorsque des produits chimiques nocifs sont déversés dans les cours d'eau, les plans d'eau ou les nappes phréatiques. Ces produits chimiques peuvent provenir de diverses sources, notamment les pesticides agricoles, les médicaments humains et animaux, les produits ménagers, la peinture, les métaux lourds et les acides et hydrocarbures utilisés dans l'industrie (Causes de la pollution de l'eau - Ooreka).

1.3- Norme de qualité de l'eau

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixe notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Globalement, les qualités de l'eau de boisson doivent obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales (OMS, 1994). Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à- dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (Maiga, 2005).

1.4- Les paramètres physico-chimiques de l'eau

1.4.1- Les paramètres physiques

1.4.1.1- Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H contenu dans l'eau. Il résume la Stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acidité carbonique, et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates.

1.4.1.2- La température

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous (dioxygène) indispensable à la vie aquatique, à la respiration des poissons. En effet plus la température de l'eau d'un cours d'eau s'élève, plus sa quantité maximum d'oxygène dissous diminue**.**

Une température trop élevée des eaux d'une rivière peut donc aboutir à des situations dramatiques de manque d'oxygène dissous pouvant entraîner : la disparition de certaines espèces, la réduction de l'auto-épuration, l'accumulation de dépôts nauséabonds (odeurs), la croissance accélérée des végétaux (dont les algues). Les poissons ne peuvent survivre à des températures trop élevées (CPEPESC FC : Paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires* - Cpepesc).

1.4.1.3 – La turbidité

C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, micro-organismes, …) ou des acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi des pollutions qui troublent l'eau. Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur.
En France on mesure la turbidité par la méthode normalisée NTU (Nephelometric Turbidity Unit) par spectrométrie, c'est à dire mesure de l'absorption de la lumière par l'eau.

–NTU < 5 => eau claire

– NTU < 30 =>eau légèrement trouble

– NTU > 50 => Eau trouble.

Une importante turbidité de l'eau entraine une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse) (CPEPESC FC : Paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires* - Cpepesc).

1.4.1.4- Les solides totaux dissous (TDS)

Les Solide Totaux Dissous encore appelés les TDS signifie le total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Il est composé de sels inorganiques tels que (calcium, magnésium, potassium et sodium) et des carbonates (nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates) ainsi que quelques matières organiques. Des sources d'eau minérales contiennent de l'eau avec un taux élevé de solides dissous parce qu'elles ont coulés à travers des régions où les roches contiennent beaucoup de sels (Bouchebbah & Ayache, 2011).

1.4.1.5- La matière en suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) dans l'eau, généralement visibles à l'œil nu (dimension supérieure à 10 µm), déterminent la turbidité. Ce sont des particules solides très fines qui se classent en matières décantables et matières colloïdales. La teneur et la composition des matières en suspension sont très variables selon l'origine de l'eau ; elles sont fonction de la teneur des terrains, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets ; la concentration peut varier de plusieurs grammes par litre (rivière en crue, par exemple) (DEGREMONT., 1989).

1.4.1.6- La conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^{+}), le potassium (K^{+}), le bicarbonate (HCO_3^{-}), le sulfate ($SO4^{2-}$), et le chlorure (Cl^{-}), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Laurentides, 2009)

1.4.1.7- La salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Le sel ainsi dissous modifie les propriétés de l'eau mais surtout la capacité de l'eau à dissoudre et sa densité. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés. (RAMADE., 2011).

1.4.1.8- L'Oxygène dissous

La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies aquatiques. En dessous d'un certain seuil de concentration en oxygène, c'est l'asphyxie des poissons (7 mg/l pour les salmonidés ; 3 mg/l pour les carpes). L'oxygène de l'eau permet également le processus d'oxydation des matières organiques (autoépuration), mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène. La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, dans le processus de dégradation de la matière organique (CPEPESC FC : Paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires* - Cpepesc).

1.4.2- Les paramètres chimiques

1.4.2.1- L'ammonium

Cette forme d'azote est assez souvent rencontrée dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Certaines eaux profondes peuvent être riches en azote ammoniacal sans être pour cela nécessairement des eaux polluées. Dans ce cas, l'ammonium (NH_4^+) peut provenir d'une dénitrification biochimique due au micro-organisme rédacteurs. Cependant, si l'ammonium est trouvé dans une eau de surface (rivière ou lac) ou dans une eau d'origine souterraine peu profonde, son origine doit être recherchée dans les déjections animales. En général l'ammoniaque se transforme assez rapidement en nitrate par oxydation. La présence des teneurs importantes d'azote ammoniacal dans l'eau, implique généralement une contamination récente par les matières organiques en décomposition. À ce stade une contamination est à craindre (DEGREMONT., 1989).

1.4.2.2- Les nitrates

Ils sont rarement présents dans l'eau de consommation, on les retrouve généralement dans les eaux de surface. Ils y sont présents par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou, des engrais de synthèse ou naturels. On les retrouve également dans les eaux naturelles puisqu'ils sont le résultat normal de l'oxydation de l'azote organique (M. TARDAT-HENRY ,1984).

1.4.2.3- Les nitrites

Ils sont largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les nitrates. Ils proviennent :

- Soit de l'oxydation partielle de l'azote ammoniacal sous l'action des bactéries nitreuses de types nitrosomonas ;
- Soit des réductions des nitrates par les bactéries des nitrifiantes.

Normalement, en milieu aérobie, leur teneur doit être faible, bien inférieur à 1 mg/L (DESIARDINS RAYMOND, 1990).

Compte tenu de leur très grande solubilité dans l'eau, les sels de nitrites peuvent migrer facilement dans le sol et se retrouver dans les eaux souterraines servant de sources d'approvisionnement en eau potable. Les fertilisants agricoles, le fumier, les rejets domestiques d'eaux usées et la décomposition d'organismes végétaux et animaux figurent parmi les sources les plus importantes de nitrites. (https://www.enviro-option.com/fr/nitrates-nitrites-dans-leau-potable)

1.4.2.4- Fer

D'origine naturelle (sous-sol), le fer est fréquent dans les eaux souterraines, industrielles, le lessivage des dépôts d'ordures. Le fer dissous dans les eaux souterraines est sous la forme réduite du fer II. Cette forme est soluble et, normalement ne pose aucun problème par elle-même. Le fer ferreux (Fe^{2+}) dissous s'oxyde en fer ferrique (Fe^{3+}) formant des hydroxydes généralement insolubles. Ils sont de couleur rouge rouille. Les eaux souterraines infestées de fer ont souvent une coloration orange. Ces eaux entrainent des problèmes de décolorations et ont un goût désagréable qui se ressent dans l'eau ou dans la préparation de la nourriture. (https://www.lenntech.fr/eaux-souterraines/fer.htm)

1.4.2.5- Le plomb

Le plomb, est un élément métallique de numéro atomique 82 et de masse atomique 207.2 g/mol. Sa valence est de (+2) et (+4). Le plomb est l'un des métaux les plus étudiés au monde du fait de sa toxicité et de sa présence durant des décennies dans les essences plombées. C'est un métal bleuâtre, blanchissant lentement en s'oxydant, malléable et très ductile. Il est présent sous diverses formes dans tous les compartiments environnementaux (hydrosphère, stratosphère, biosphère, atmosphère) mais surtout dans la croute terrestre et le sol où il représente 0.002%). C'est le seul élément présentant 4 isotopes dont 1 stable (204Pb) et 3 radioactifs (206Pb, 207Pb et 208Pb) (Gulson, 1986).

1.4.2.6- Cadmium

Le cadmium est un élément trace qui peut devenir toxique pour la vie aquatique, quand sa concentration dépasse un certain seuil. Il est naturellement présent à de très faibles concentrations dans les écosystèmes aquatiques. Les principaux minerais cadmifères sont les sulfures de zinc, la sphalérite et la wartzite, dans lesquels le cadmium constitue une impureté (Nriagu, 1980).

1.5 Situation géographique et présentation du cadre d'étude

La Commune de Zagnanado est située sur le plateau de Zagnanado, au Nord de la dépression de la LAMA entre 7° et 7°30' latitude Nord et 2°15' et 2°30' longitude Est. Elle occupe une superficie totale de 750 Km^2 et est limitée au Nord par la Commune de Dassa-Zoumè, au Sud par les Communes de Ouinhi et de Zogbodomey, à l'Est par les Communes de Kétou, Adja-Ouèrè et à l'Ouest par les Communes de Covè, Za-Kpota et Djidja. La Commune de Zagnanado compte 43 villages et quartiers de ville répartis dans six (6) arrondissements que sont : Zagnanado, Agonlin-Houégbo, Kpédékpo, Dovi, Don-Tan et Banamè (RGPH 4, 2013).

Le **lac Azili** est situé dans le village Agonvê dans l'arrondissement de Kpédékpo et couvre une superficie de plus de 200 hectares.

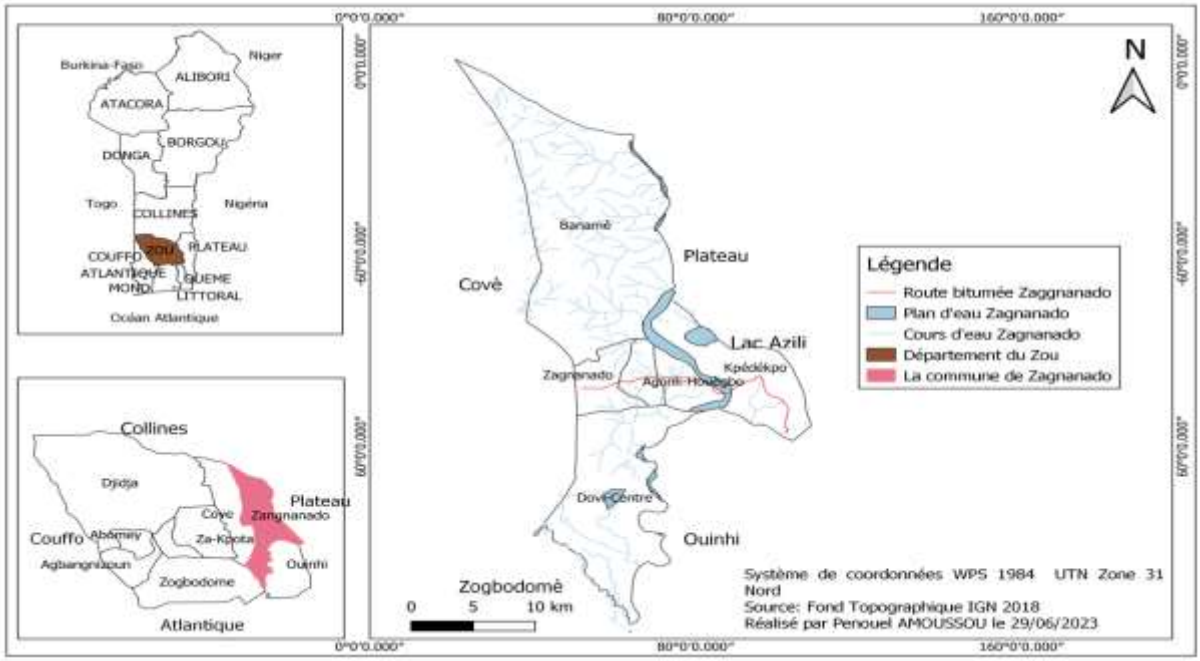


Figure 1: Carte de la situation géographique du lac Azili, réalisée par AMOUSSOU P. (2023)

1.6 Climat

Les températures moyennes mensuelles varient entre 29,5 °C au mois de mars et 26,9 °C au mois d'août (Atchade, 2014). Durant la période de 1955-2018, le nombre de jours de pluie a constamment baissé dans l'ordre de 11 à 25% alors que la température a augmenté de 1 °C. A l'échelle mensuelle, les températures varient de 22,57 °C (Décembre) à 23,54 °C (Avril) pour les minima, de 29,45°C (Juillet) à 35,84 °C (Février) pour les maximas et 25,59 °C (Août) à 30,3°C (Février) pour les moyennes. En général, le mois de Févier est le plus chaud de l'année et constitue dans le milieu subéquatorial, celui de pré saison avec des valeurs élevées d'évapotranspiration (Etene, 2021). Ainsi le climat dans la commune de Zagnanado est de type intermédiaire entre le climat subéquatorial maritime et le climat soudano-guinéen. Il est caractérisé par deux saisons sèche et deux saisons pluvieuses qui s'alternent :

- une grande saison des pluies de mi- mars à mi –juillet ;
- une petite saison sèche de mi- juillet à mi- septembre ;
- une petite saison des pluies de mi-septembre à mi- novembre ;
- une grande saison sèche de mi- novembre à mi- mars (Mondegnon, 2012).

1.7 Les sols

La Commune de Zagnanado est caractérisée par trois grandes catégories de sols (Fahala, 2006) :

- Les sols ferrugineux tropicaux lessivés, formés sur les terrains cristallins. Ce sont des sols concrétionnés ou gravionnaires, faisant apparaître des cuirasses par endroit. Ces sols sont largement répandus dans l'arrondissement de Banamè et dans la partie Nord de l'arrondissement de Don-Tan.
- Les sols ferralitiques sur grès et matériau colluvial ou sédiments argilo-sableux du continental terminal qui sont des sols profonds plus ou moins rubéfiés. Ce type de sol est observé dans les arrondissements de Zagnanado, d'Agonlin-Houégbo et une partie des arrondissements de Don-Tan et de Dovi.
- Les sols hydromorphes à pseudo-gley sur sable, puis à pseudo-gley sur matériau alluvial argileux des vallées et des plaines argileuses caractérisées par l'engorgement en saison pluvieuse. Ils se trouvent le long des cours d'eau, principalement dans les arrondissements de Dovi et de Kpédékpo (Mondegnon, 2012).

1.8 Hydrographie

Le réseau hydrographique est très dense. Zagnanado se retrouve sur deux bassins versants avec plus du trois quarts de la commune (433 km2) drainé vers le fleuve Ouémé et (166 km2) vers le fleuve Zou.

Le lac couvre une superficie de 200 ha avec un marais permanent de 100 ha, son alimentation en eau est de type pluvio-fluvial. En période des hautes eaux, il reçoit par l'intermédiaire du chenal Houan, les eaux du fleuve ouémé dont le niveau monte à 6 m environ. En saison sèche le lac joue le rôle de réservoir et le sens de circulation de l'eau est plutôt du lac vers le fleuve (le niveau d'eau du lac est d'environ 4 m au-dessus du chenal. La transparence du lac varie entre 20 et 25 cm dans les marais adjacents, elle est de 75 cm sur le lac. Les caractéristiques physico-chimiques font du lac un ecotope favorable à la vie et à la reproduction des espèces.

1.9 Caractéristiques démographiques et socio-économiques

La commune de Zagnanado abrite une population estimée à 55061 habitants. Cette population est constituée de 28244 femmes et de 26817 hommes et on compte au total 10419 ménages. Notons qu'à Agonvè, on a une population d'environ 2000 habitants ; soient 958 femmes, 987 hommes et 356 ménages. Les collectivités riveraines sont constituées de Fon, Aizo, Adja et Houéda. On note une pression démographique élevée : 93 % des ménages du village sont pêcheurs ce qui conduit à une surface de pêche de 0, 29 ha à 0,86 ha par ménage de 7 personnes en moyenne. Le village d'Agonvé vit de cette activité qui emploie plus de 1000 hommes (INStaD, 2016). Cependant, le lac bénéficie d'une attention particulière et d'une gestion rationnelle. D'abord, il est rigoureusement interdit sur le lac l'utilisation des acadja, des pesticides et d'autres produits chimiques. De même, on ne pêche pas à n'importe période de l'année. Chaque année, en effet, le lac est fermé pendant au moins six mois : un mode de vie inédit pour éviter l'extinction des espèces halieutiques. Pendant que le lac est fermé, les pêcheurs ne sombrent pas dans l'oisiveté. Ils s'adonnent à : l'agriculture, au maraichage (sur des terres hors du lacs) et la vente de bambous (www.beninintelligent.com/gestion-intégrée-des-ressources-en-eau-agonvè-azili-cas-decole-a-imité)

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1- Matériel

Pour nos travaux nous avons eu à utiliser le matériel suivant :

2.1.1- Matériel de terrain

Sur le terrain nous avons utilisé :

- un cahier et un stylo ;
- des gants ;
- une barque motorisée ;
- un gilet de sauvetage ;
- une benne à sédiment ;
- un GPS Garmin pour enregistrer les coordonnées géographiques des points d'échantillonnage ;
- des flacons plastiques de 1,5 litre pour recueillir les échantillons d'eaux ;
- des boîtes pour recueillir les échantillons de sédiments ;
- une glacière pour conserver l'échantillon jusqu'au laboratoire;
- un multi-paramètre de marque HANNA pour la mesure des paramètres in-situ comme le pH, la température, la turbidité, le TDS;
- un appareil photo pour la prise d'images montrant nos activités sur le terrain.

2.1.2- Matériel de laboratoire

Au laboratoire, nous avons utilisé :

- un spectrophotomètre HACH LANGE DR2800 pour la mesure de l'absorbance des différents paramètres chimiques;
- une étuve;
- une burette;
- des erlenmeyers ;
- de l'eau distillée ;
- un agitateur magnétique;
- des barreaux aimantés ;
- un mortier pour le broyage des poisson.

Quelques photos des appareils utilisés

Colorimètre Spectrophotomètre Multiparamètre



Planche 1: Appareils utilisés pour les mesures des paramètres physico-chimiques au laboratoire, cliché AMOUSSOU P. (2023)

2.2- Méthodes

2.2.1- Recherches documentaires

Dans le cadre de la réalisation de notre travail, la recherche documentaire consiste en une collecte des informations dans les mémoires et autres documents scientifiques. Elle permettra de faire la synthèse des connaissances et recherches antérieures déjà effectuées, pour mieux aborder le sujet d'étude. Elle se déroulera tout au long de la rédaction, dans le but d'enrichir au fur et à mesure le travail et d'actualiser les informations ayant rapport au thème d'étude. Elle permettra aussi de pouvoir orienter la collecte et le traitement des données.

2.2.2- Travaux de terrain

Les travaux se sont déroulés en deux phases : la phase d'enquête et la phase d'échantillonnage.

2.2.2.1- Enquête de terrain

Pour les travaux d'enquête un questionnaire d'enquête a été administré aux habitants pour faciliter la collecte d'informations. L'enquête a eu pour but de se renseigner auprès des habitants sur leurs différentes activités et de l'impact de celles-ci sur le lac.

2.2.2.2- Echantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage est d'avoir des échantillons représentatifs. A cet effet, cinq sites ont été définis sur le lac (St-1, St-2, St-3, St-4, St-5). Les échantillons d'eau ont été prélevés à cinquante centimètres de profondeur sous la surface de l'eau. Des bouteilles en plastique de

1.5 litre ont été remplies après rinçage avec l'eau à échantillonner de manière à ne pas laisser de bulle d'air. Quant aux sédiments, ils sont prélevés à l'aide d'une benne à sédiment. Les sites de prélèvement sont les endroits où les champs sont recouverts par le lac lors de la montée des eaux et les endroits qui permettent d'apprécier les rejets dans le lac.

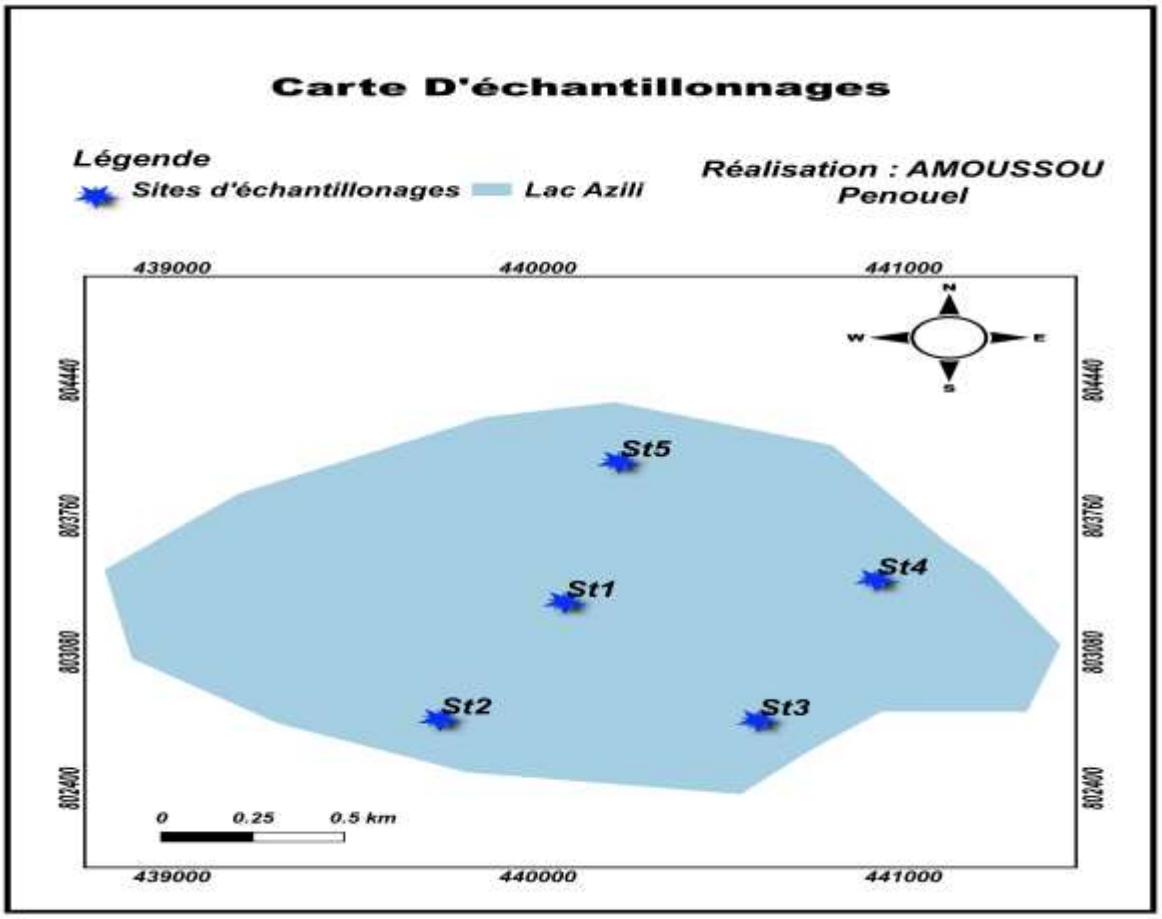


Figure 2: Carte d'échantillonnage

Tableau 1: Tableau montrant les informations des points d'échantillonnage

Sites	Noms	Coordonnées	
		Longitude	Latitude
1	Dawessa	440074	803334
2	Bognon Lomassouhoue	439732	802748
3	Awlanhoue	440603	802742
4	Akava	440925	803446

Sites	Noms	Coordonnées	
		Longitude	Latitude
5	Akava Bossa	440222	804036



Planche 2: Photo montrant l'échantillonnage sur le terrain, cliché AMOUSSOU P. (2023)

2.2.3- Analyse au laboratoire

2.2.3.1- Les Sédiments

Pour pouvoir procéder aux analyses, les sédiments ont été portée à l'étuve où ils ont séché. Ensuite ils ont été broyés et tamisé. Le résultat obtenu a ensuite été mis en suspension pour être analysé.

- Sédiments avant séchage

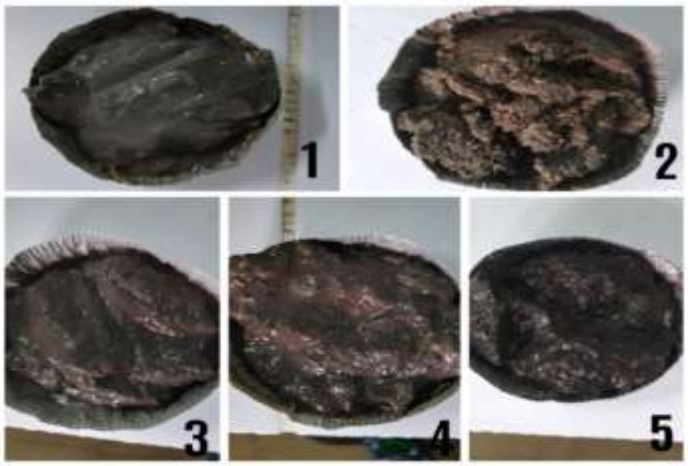


Planche 3: Sédiments avant séchage

- Sédiments après séchage

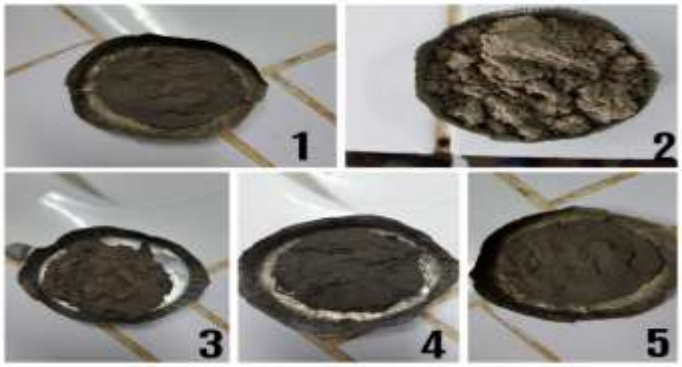


Planche 4: Sédiments après séchage

- Sédiments après tamisage

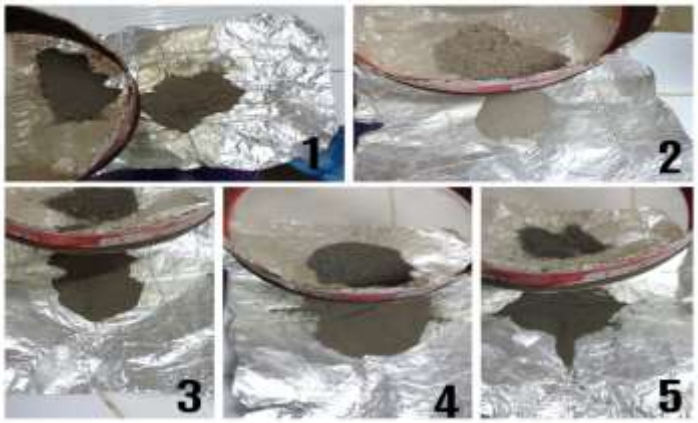


Planche 5: Sédiments après tamisage

2.2.3.2- Les poissons

De même que pour les sédiments, les poissons aussi ont été séchés et certains organes des poissons, plus précisément le foie et les intestins, ont été broyés. Ensuite ils ont été mis en suspension.

- Poissons avant séchage



Planche 6: Poissons avant séchage

- Poissons après séchage



Planche 7: Poissons après séchage

- Poissons après broyage



Planche 8: Poissons après broyage

2.2.3.3- Les dosages

a. Dosage des nitrates

La détermination des teneurs en nitrate est faite par la méthode au salicylate de sodium indiquée par Rodier et al, 2009. En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent le paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Les lectures à la spectrophotométrie se font à la longueur d'onde de 425 nm.

b. Dosage des nitrites

Les ions nitrites ont été dosés grâce à la méthode du réactif de Zambelli (Rodier et al. 2009) dont le principe est résumé comme suit : l'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique et en présence d'ions ammonium et de phénol, forme avec les ions nitrites (NO_2), un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en ions nitrites. Les lectures spectrophotométriques s'effectuent à la longueur d'onde de 425 nm.

c. Dosage de l'orthophosphate

Les orthophosphates ont été déterminés au spectrophotomètre avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine tel que proposé par Rodier et al (2009). Il se forme en milieu acide un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium avec réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu. L'absorbance du complexe bleu formé est mesurée à la longueur d'onde la plus sensible 700 nm.

d. Dosage de l'ammonium

La méthode utilisée pour déterminer les teneurs en ammonium est celle de Nessler (Rodier et al, 2009). Le réactif de Nessler en présence d'ions ammonium, donne de l'iodure de dimercuriammonium qui permet le dosage colorimétrique des ions ammonium (NH4+). La lecture se fait au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 425 nm.

e. Dosage du fer

Nous avons utilisé pour ce dosage la méthode spectrophotométrique à la phénanthroline-1.10. II se produit la formation d'un complexe rouge orangé en milieu tamponné entre le fer converti à l'état de fer (II) et la phénanthroline-1,10. L'absorbance du complexe est mesurée au spectrophotomètre d'absorption moléculaire à 510 nm (Zogo, 2016).

f. Dosage du cadmium

La méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire permet des dosages sans disposer de matériel très spécialisé mais nécessite de nombreuses manipulations ; sa limite de détection est de 20 µg/L. La méthode par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique est la méthode de choix en raison de sa relative facilité de mise en œuvre et de sa sensibilité (0,05 µg/L). La limite de détection de la méthode par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme est de 2 µg/L, celle de la méthode par spectrométrie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma est de 0,3 µg/L ou 0,05 µg/L en ICP/MS (Rodier et al, 2009).

g. Dosage du plomb

La méthode qui a été utilisé est la spectrométrie d'absorption atomique. Après minéralisation de l'échantillon en milieu acide, le plomb est dosé par spectrométrie sans flamme (COEI-2-PLOMB : 2003)

2.2.4- La Bioaccumulation

Pour déterminer la bioaccumulation nous avons calculé le facteur de bioaccumulation. Ce facteur se calcule en divisant la concentration d'une substance retrouvée dans un organisme par la concentration de cette même substance dans l'environnement. Nous avons :

$$\textit{Facteur de bioaccumulation} = \frac{\textit{Concentration dans l'organisme}}{\textit{Concentration dans l'environnement}}$$

2.2.5- Traitement des données

Le traitement des données qui sont recueillies sur le terrain et celles qui sont issues des analyses de laboratoire est réalisé grâce au logiciel RStudio. Le logiciel Qgis 2.18 a servi à la réalisation des cartes.

Les données utilisées dans le cadre de cette étude, comprennent les données relatives aux analyses physicochimiques de l'eau, des sédiments et des poissons du lac Azili. L'évaluation et la visualisation des résultats sont effectuées à l'aide des logiciel Excel et RStudio.

Tableau 2: Tableau montrant les normes utilisées

Paramètres	Unités	Norme NF EN IS0 103041 (sédiment)	Normes NQE (Eau)	Normes OMS	Normes Béninoise (poisson)
Température	°C	--	25	25	25
pH	--	--	6,5--8,5	6,5--8,5	6,5--8,5
Conductivité électrique	µS/cm	--	750--1300	2000	2000
TDS	mg/L	--	--	--	
Turbidité	NTU	--	5-20	5	5
Ammonium	mg/L	--	0,1--0,5	0,3	0,5
Nitrites	mg/L	20	--	3	3,2
Nitrates	mg/L	20	--	50	50
Orthophosphates	mg/L	20	0,2--0,5	0,2	0,2
Fer	mg/L	5	--	--	--
Plomb	mg/Kg	5	--	0,05	0,2
Cadmium	mg/kg	1	--	0,02	0,05

Tableau 3: Tableau montrant le nom et les espèces de poissons analysés

Poissons	Genre	Espèce
1	Clarias	Clarias galiepnius
2	Synodontis	Synodontis schall
3	Mormyrus	Mormyrus rume
4	Schilbe	Schilbe mystus
5	Malapterurus	Malapterurus benininsis

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1- Résultats

Notre objectif est la caractérisation physico-chimique des matrices eau, sédiment et poisson du lac Azili. A cet effet les résultats sont les suivants :

3.1.1- Résultats relatifs aux activités effectuées sur l'île d'Agonvê

Les activités principalement menées dans la Commune de Zagnanado sur l'île d'Agonvê et qui impactent la qualité du lac sont l'agriculture, l'élevage et la pêche. La pêche est l'activité la plus effectuée. Elle est faite de façon traditionnelle avec des pirogues et des filets. L'agriculture et l'élevage sont moins dominants mais n'en restent pas moins des activités les plus pratiquées après la pêche.

3.1.2- Résultats des différentes analyses effectuées sur les matrices eau, sédiments et poissons du lac

3.1.2.1 Résultats des analyses effectuées sur l'eau

- Le pH

La figure 3 présente la variation du pH de l'eau au niveau des sites de prélèvement. D'après cette figure, les résultats de l'analyse du pH de l'eau montrent une variation du pH de 6,3 à 6,7 ; valeurs appartenant respectivement aux sites 2 et 5 avec une moyenne de 6,5. Ces valeurs sont comprises dans les normes NQE.

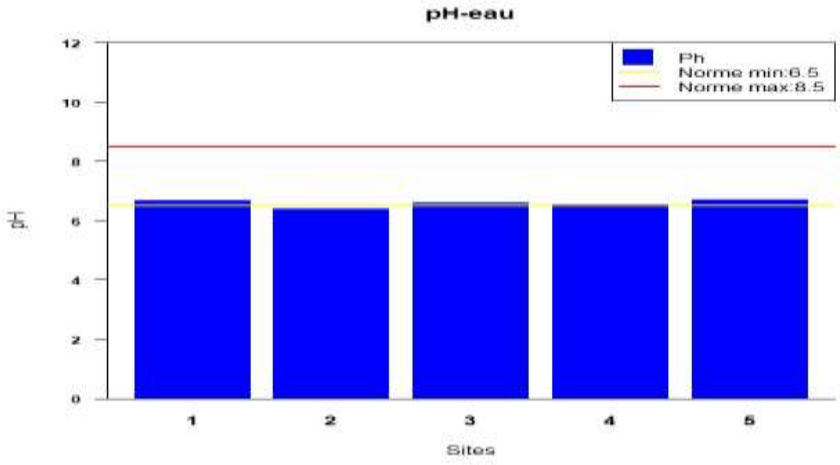


Figure 3: Variation du pH de l'eau au niveau des sites de prélèvement

- **La température**

La figure 4 présente la variation de la température de l'eau au niveau des sites. D'après la figure, dans la zone d'étude la température varie entre 26,61 et 26,81. La valeur minimale correspond au site 4 et la valeur maximale correspond au site 2 avec une moyenne de 26,74

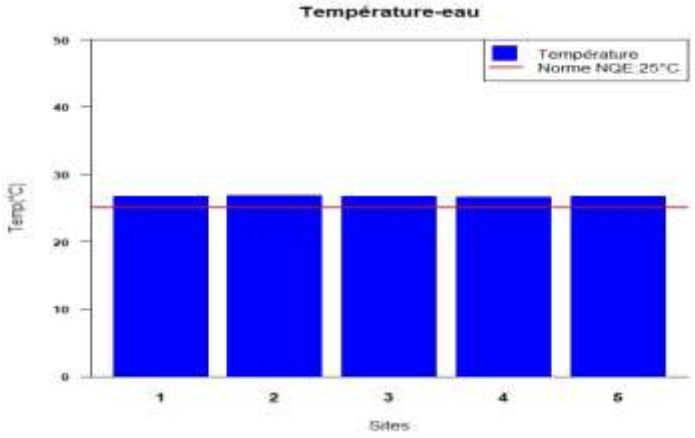


Figure 4:Variation de la température de l'eau au niveau des sites

- La conductivité

La figure 5 présente la variation de la conductivité de l'eau du lac. D'après elle, la conductivité de l'eau au niveau des sites varie entre 48 et 58 µS/cm avec une moyenne de 52,2 µS/cm.

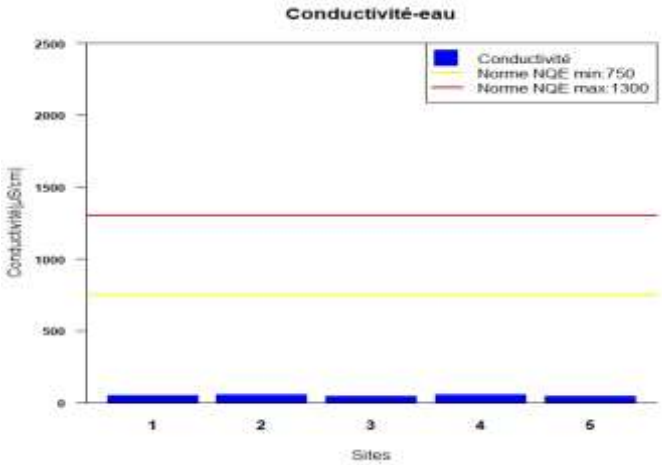


Figure 5: Variation de la conductivité de l'eau du lac

- La turbidité

La figure 6 présente la variation de la turbidité de l'eau au niveau des sites de prélèvement. D'après elle, les eaux du lac sont très troubles avec des valeurs comprises entre 16 et 29 valeurs respectif des sites 1 et 2 avec une moyenne de 24. Ces valeurs sont très largement au-dessus des normes NQE.

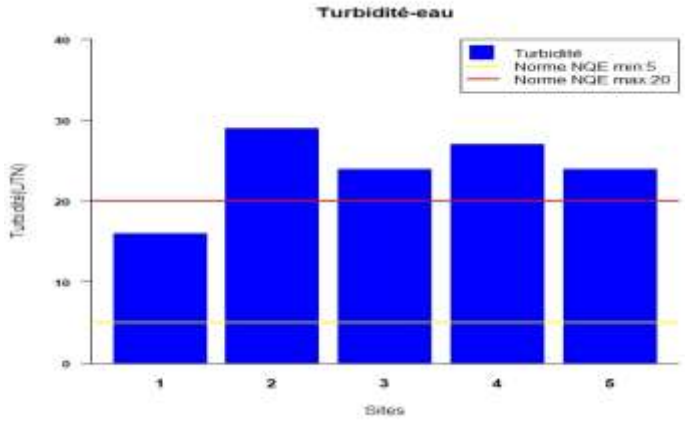


Figure 6: Variation de la turbidité de l'eau au niveau des sites de prélèvement

- Nitrate

La figure 7 présente la variation de la concentration en nitrate dans le lac. La figure montre que les valeurs des nitrates varient de 0,06 à 0,4 mg/L. La valeur minimale s'est révélée au site 2 et la valeur maximale s'est révélée au site 4 avec une moyenne de 0,2. Ces valeurs sont très en dessous de la norme de l'OMS qui est de 50 mg/L

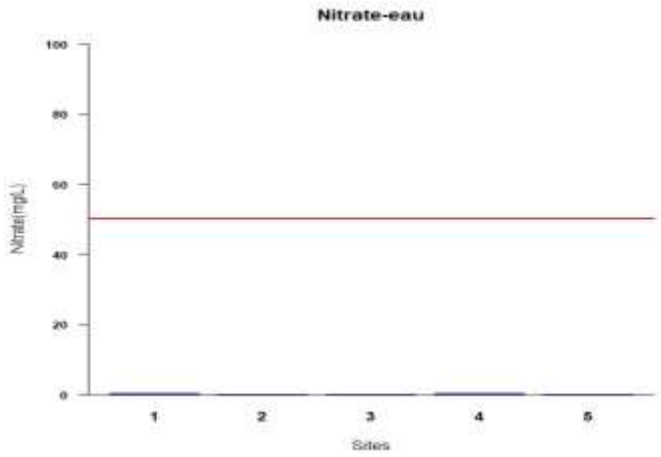


Figure 7: Variation de la concentration en nitrate dans le lac

- Nitrite

La figure 8 présente la variation de la concentration en nitrite dans l'eau du lac. D'après elle les concentrations des nitrites obtenus au niveau des différents sites varient entre 0,34 et 0,43 mg/L avec une moyenne de 0,39 mg/L. La valeur maximale a été observée au niveau du site 3 et la valeur minimale au niveau du site 1.

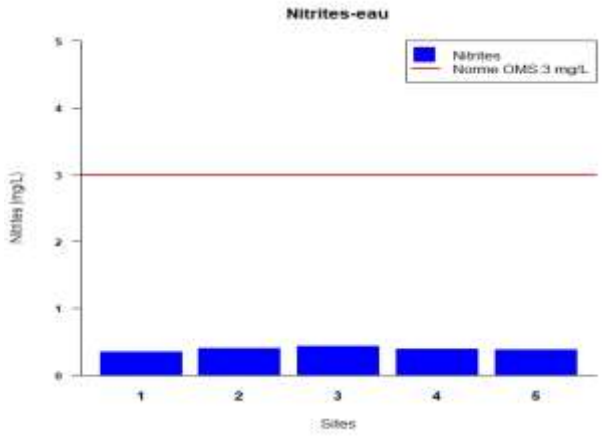


Figure 8: Variation de la concentration en nitrite dans l'eau du lac

- Ammonium

La figure 9 présente la variation de la concentration d'ammonium dans le lac. D'après la figure, les eaux du lac présentent des valeurs en ammonium qui varient de 0,24 à 0,68 mg/L. Le maximum est observé au niveau du site 4 et le minimum est observé au niveau du site 1.

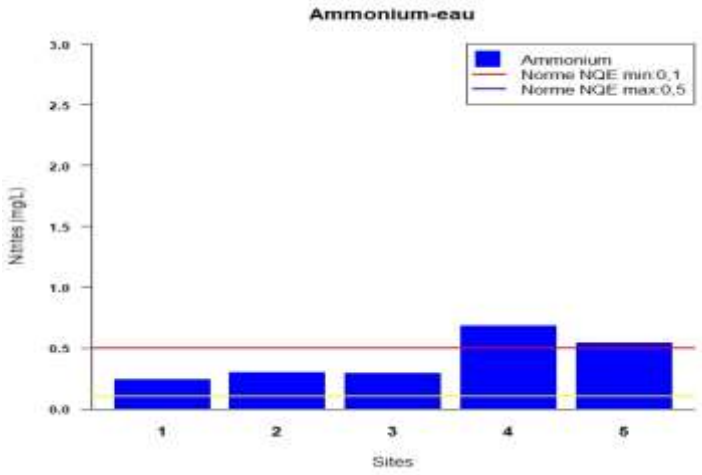


Figure 9: Variation de la concentration d'ammonium dans le lac

- Orthophosphate

La figure 10 présente la variation de la concentration de phosphate dans l'eau au niveau des différents sites. D'après cette figure, les valeurs du phosphate varient entre 0,07 et 0,18 mg/L avec une moyenne de 0,11 mg/L. On remarque le minimum au niveau du site 5 et le maximum au niveau du site 4.

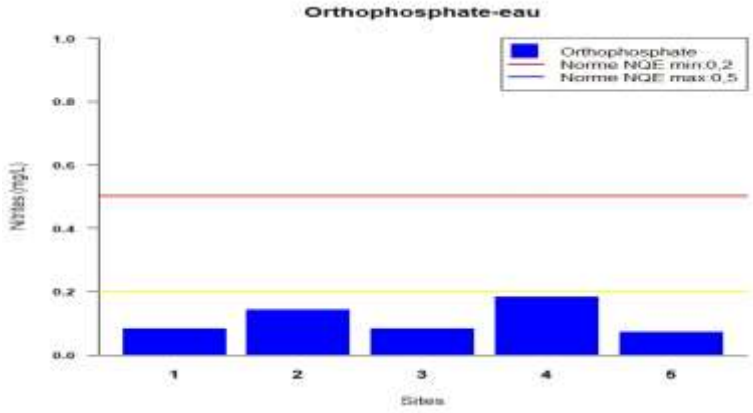


Figure 10: Variation de la concentration de phosphate dans l'eau au niveau des différents sites

- Fer

La figure 11 présente la variation de la concentration du fer dans l'eau du lac. D'après les résultats obtenus, la concentration du fer varient entre 1,89 et 2,5 mg/L avec une moyenne de 2,15. La valeur minimale est constatée au niveau du site 5 et la valeur maximale au niveau du site 4.

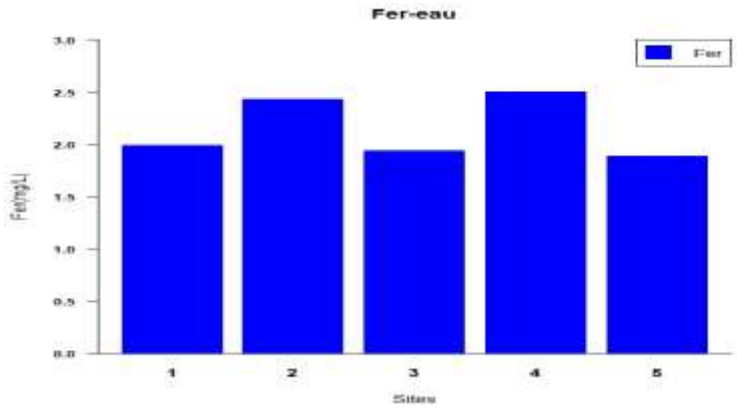


Figure 11: Variation de la concentration du fer dans l'eau du lac

- Le plomb

Les résultats de l'analyse du plomb sont montrés par la figure 12 qui présente la variation de la concentration du plomb dans le lac. D'après elle, la concentration du plomb varie entre 0,03 et 0,13 mg/L avec une moyenne de 0,06 mg/L. La valeur minimale appartient au site 1 et la valeur maximale au site 2. Seul le site 2 à une concentration en plomb qui dépasse beaucoup la norme de l'OMS qui est de 0,05 mg/L.

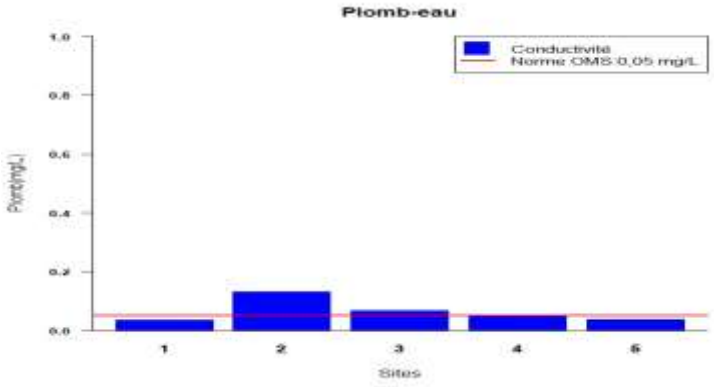


Figure 12: Variation de la concentration du plomb dans le lac

- Le cadmium

La figure 13 présente la variation de la concentration de cadmium au niveau des sites. D'après cette figure, les eaux du lac ont des valeurs en cadmium qui varient de 0,008 à 0,023 mg/L avec une moyenne de 0,017 mg/L. La concentration maximale est observée au niveau du site 5 et la concentration minimale au niveau du site 3. Ces valeurs sont dans les normes de l'OMS qui est de 0,02.

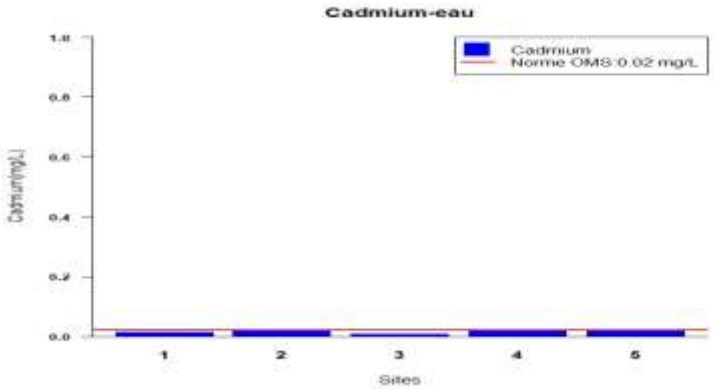


Figure 13: Variation de la concentration de cadmium au niveau des sites

3.1.2.2 Résultats des analyses effectués sur les sédiments

- Les nitrites

D'après la figure 14 qui présente la variation de la concentration des nitrites dans les sédiments au niveau des sites, la concentration des nitrites dans les sédiments varient entre 0,46 et 3,03 mg/Kg avec une moyenne de 1,49. La plus petite valeur observée est du site 2 et la plus grande est du site 4.

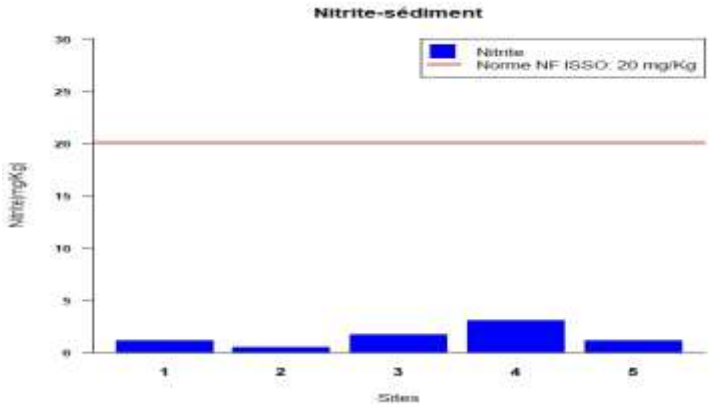


Figure 14: Variation de la concentration des nitrites dans les sédiments au niveau des sites

- Les nitrates

D'après la figure 15 qui présente la variation de la concentration des nitrates dans les sédiments au niveau des sites, les résultats de l'analyse des nitrates dans les sédiments montrent que leur concentration varie entre 0 mg/Kg pour les sites 2 et 5 et 0,44 mg/Kg pour le site 4 avec une moyenne de 0,16 mg/Kg.

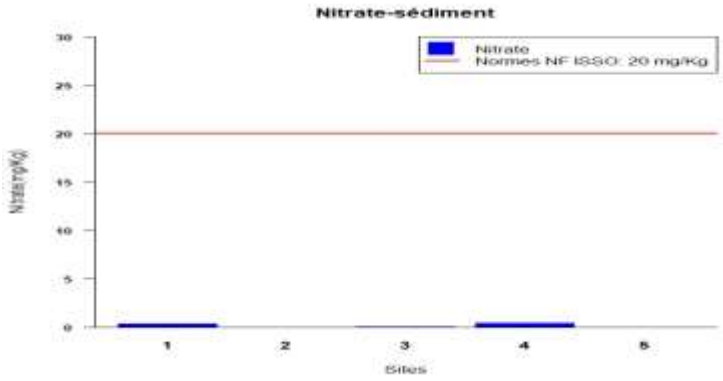


Figure 15: Variation de la concentration des nitrates dans les sédiments au niveau des sites

- **L'ammonium**

La figure 16 présente la variation de la concentration d'ammonium au niveau des sites. D'après cette figure, la concentration d'ammonium dans les sédiments du lac va de 1,32 au site 2 à 7,29 mg/Kg au site 1 avec une moyenne de 4,68 mg/Kg.

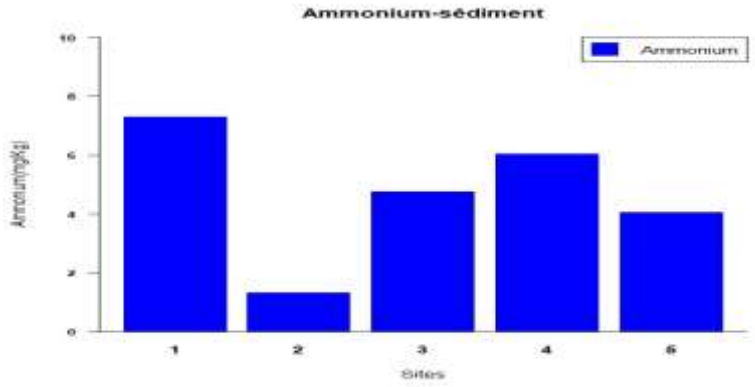


Figure 16: Variation de la concentration de l'ammonium dans les sédiments au niveau des sites

- **Le Phosphate**

La figure 17 présente la variation de la concentration d'orthophosphate au niveau des sites. D'après cette figure, les concentrations des phosphates obtenus au niveau des différents sites varient entre 0,71 et 3,4 mg/Kg avec une moyenne de 1,64 mg/Kg. La valeur maximale a été observée au niveau du site 1 et la valeur minimale au niveau du site 2.

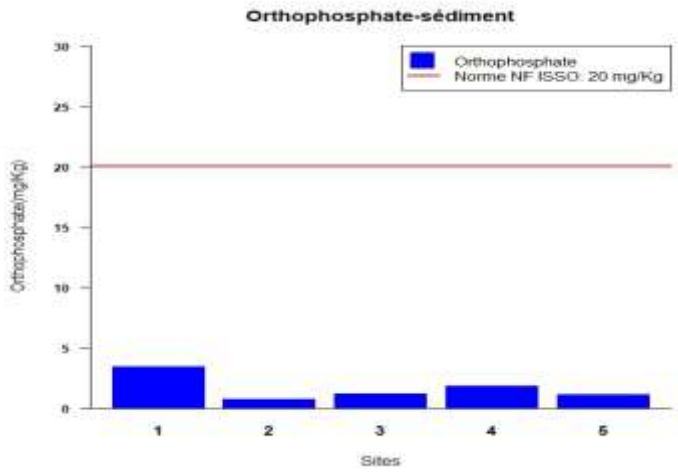


Figure 17: Variation de la concentration des phosphates dans les sédiments au niveau des sites

- **Le fer**

La figure 18 présente la variation de la concentration de fer au niveau des sites. D'après cette figure, la concentration du fer varie entre 0,72 et 2,73mg/Kg avec une moyenne de 1,84 mg/Kg. La valeur minimale est constatée au niveau du site 2 et la valeur maximale au niveau du site 4.

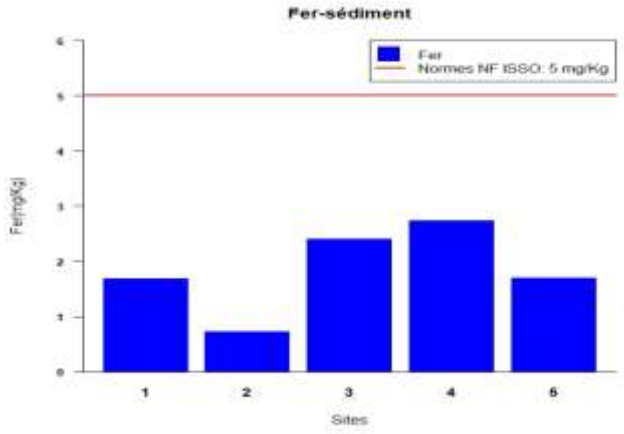


Figure 18: Variation de la concentration du fer dans les sédiments au niveau des sites

- **Le plomb dans les sédiments**

Les résultats de l'analyse du plomb sont montrés par la figure 19 qui présente la variation de la concentration du plomb dans les sédiments au niveau des sites. D'après elle, la concentration varie entre 1,15 et 3,32 mg/Kg avec une moyenne de 2,43 mg/Kg. La valeur minimale appartient au site 2 et la valeur maximale au site 3.

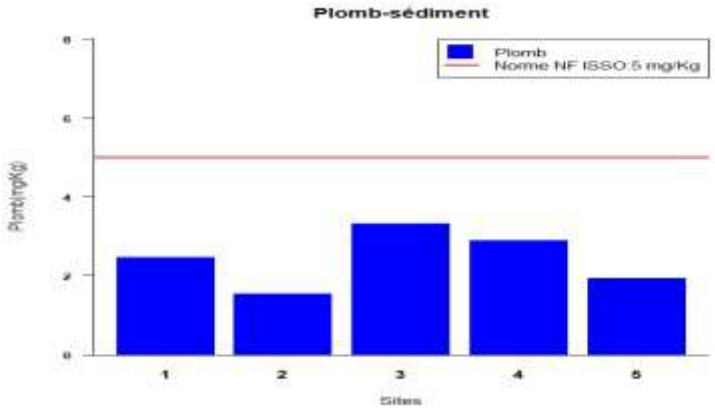


Figure 19: Variation de la concentration du plomb dans les sédiments au niveau des sites

- **Le cadmium**

D'après la figure 20 qui présente la variation de la concentration des nitrates dans les sédiments au niveau des sites, les sédiments du lac ont des valeurs en cadmium qui varient de 0,95 à 2 mg/Kg avec une moyenne de 1,6 mg/Kg. La concentration maximale est observée au niveau du site 3 et la concentration minimale au niveau site 2.

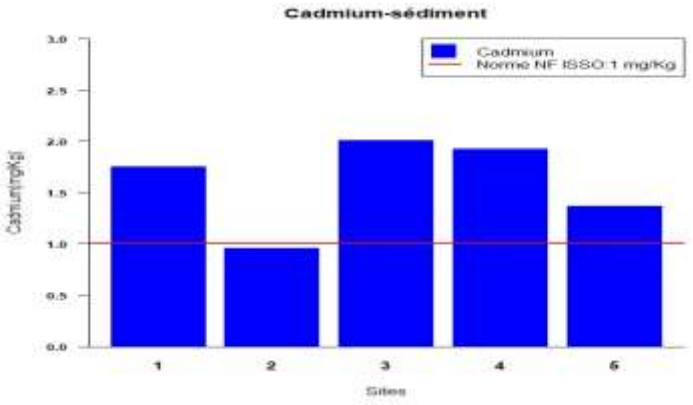


Figure 20: Variation de la concentration du cadmium dans les sédiments au niveau des sites

3.1.2.3 Résultats de l'analyse des poissons

- **Le plomb**

Les résultats de l'analyse du plomb sont montrés par la figure 21 qui présente la variation de la concentration du plomb dans les poissons. D'après elle, la concentration en plomb varie entre 0,44 mg/Kg dans le poisson 5 et 0,49 mg/Kg dans le poisson 3 avec une moyenne de 0,47 mg/Kg. Ces valeurs dépassent les normes béninoises qui sont de 0,2 mg/Kg.

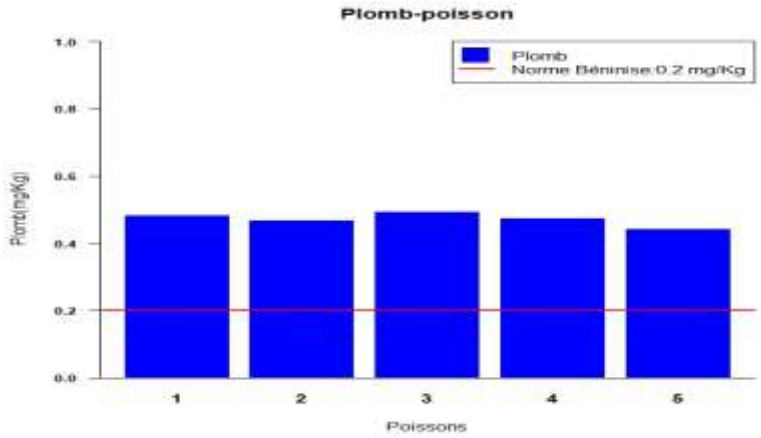


Figure 21: Variation de la concentration du plomb dans les poissons du lac

- **Le cadmium**

Les résultats de l'analyse du cadmium sont montrés par la figure 22 qui présente la variation de la concentration du cadmium dans les poissons. D'après elle, la concentration en cadmium dans les poissons varie entre 0,047 et 0,051 mg/Kg avec une moyenne de 0,049 mg/Kg. Ces valeurs sont dans les normes béninoises qui sont de 0,05 mg/Kg.

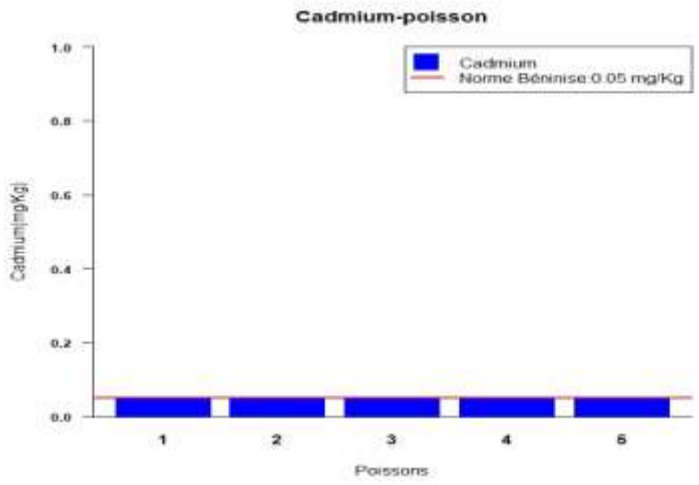


Figure 22: Variation de la concentration du cadmium dans les poissons du lac

3.1.3- Résultats de L'évaluation de la bioaccumulation des matrices

Le calcul du facteur de bioaccumulation a donné les résultats suivants :

- **Bioaccumulation de l'eau vers les poissons**
    - Cas du plomb

Tableau 4: Facteur de bioaccumulation du plomb de l'eau vers les poissons

	Concentration du plomb		**Facteur de *bioaccumulation***
	Dans les poissons (mg/Kg)	**Dans l'eau (mg/L)**	
1	0,48	0,06	8
2	0,46	0,06	7,66
3	0,49	0,06	8,16
4	0,47	0,06	7,83
5	0,44	0,06	7,33

- Cas du cadmium

Tableau 5: Facteur de bioaccumulation du cadmium de l'eau vers les poissons

	Concentration du cadmium		**Facteur d*e* *bioaccumulation***
	Dans les poissons (mg/Kg)	**Dans l'eau (mg/L)**	
1	0,05	0,01	5
2	0,04	0,01	4
3	0,04	0,01	4
4	0,04	0,01	4
5	0,04	0,01	4

- **Bioaccumulation des sédiments vers les poissons**

  - Cas du plomb

Tableau 6: Facteur de bioaccumulation du plomb des sédiments vers les poissons

	Concentration du plomb		**Facteur d*e* *bioaccumulation***
	Dans les poissons (mg/Kg)	**Dans les sédiments (mg/Kg)**	
1	0,48	2,43	0,19
2	0,46	2,43	0,18
3	0,49	2,43	0,20
4	0,47	2,43	0,19
5	0,44	2,43	0,18

  - Cas du cadmium

Tableau 7: Facteur de bioaccumulations du cadmium des sédiments vers les poissons

	Conccentration du cadmium		**Facteur d*e* *bioaccumulation***
	Dans les poissons (mg/Kg)	**Dans les sédiments (mg/Kg)**	
1	0,05	1,60	0,03
2	0,04	1,60	0,02
3	0,04	1,60	0,02
4	0,04	1,60	0,02
5	0,04	1,60	0,02

D'après le tableau 4 le facteur de bioaccumulation du plomb de l'eau vers les poissons donne une valeur approximative de 7. Ainsi donc la concentration de plomb dans les poissons est 7 fois supérieure à celle dans l'eau. Pour le cadmium aussi, sa concentration dans les poissons est 2 fois supérieure à celle de l'eau (Tableau 5).

- Matrice de corrélation

La figure 23 présente la matrice de corrélation des paramètres analysés. D'après cette figure, la corrélation en le plomb de l'eau et le plomb des poissons est de 0,06, celle entre le plomb des sédiments et le plomb des poissons est de 0,71. La corrélation entre le cadmium de l'eau et le cadmium des poissons est de -0,41 et celle entre le cadmium des sédiments et le cadmium des poissons est de 0,16.

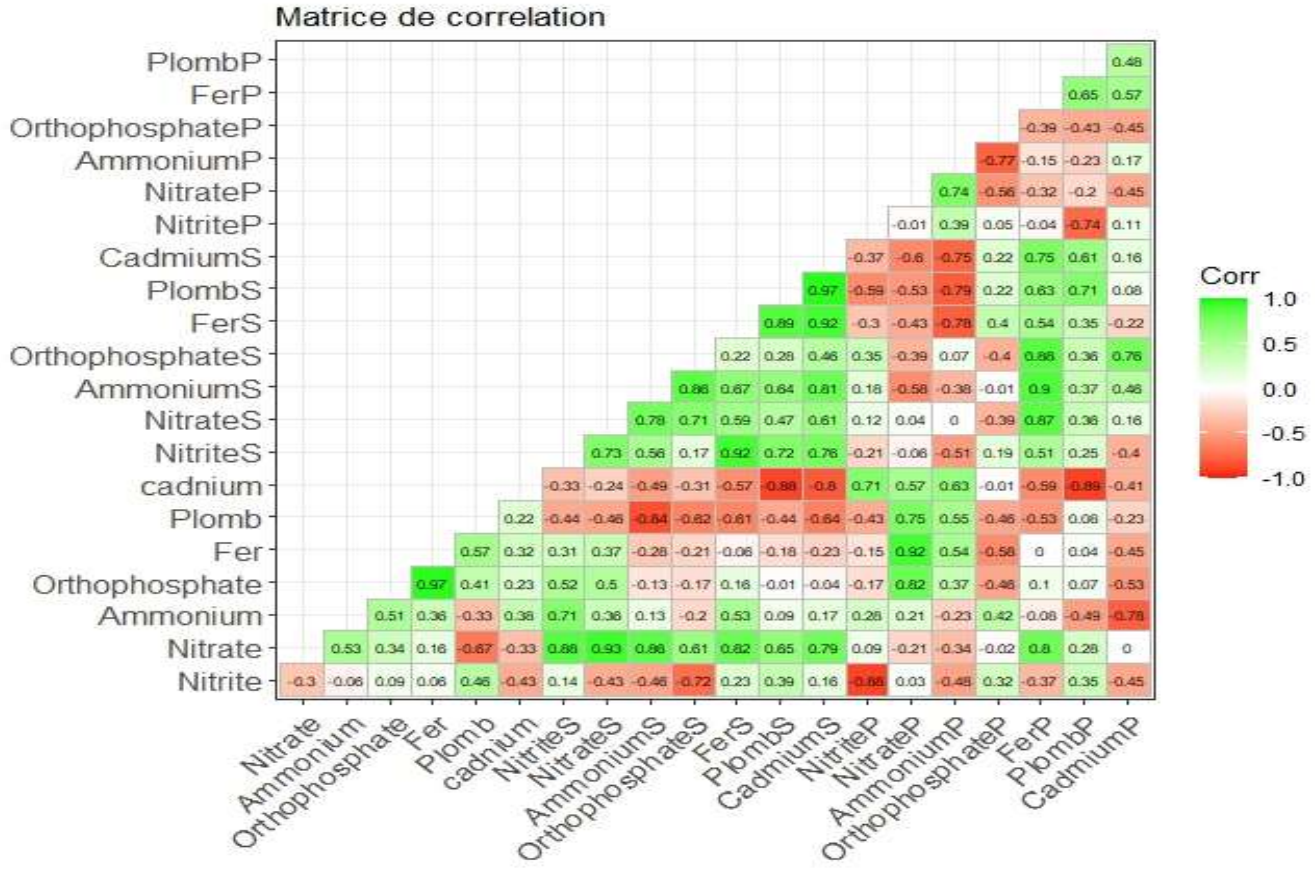


Figure 23: Matrice de corrélation des paramètres analysés

3.2- Discussion

Notre discussion tournera autour de trois points. Le premier point abordera les activités menées à Agonvê et qui impactent le lac, le deuxième point abordera les caractéristiques physico chimiques de l'eau, des sédiments et des poissons du lac et le troisième point traitera de la bioaccumulation des éléments trace métalliques dans les poissons du lac.

Plusieurs activités sont réalisées sur l'ile d'Agonvê dont notamment la pêche, l'agriculture et l'élevage. L'élevage est l'activité la plus effectuée chez les riverains. A Agonvê, ce sont les pirogues et les filets de pêche qui sont utilisés. L'élevage n'est pas aussi pratiqué que la pêche néanmoins il produit des déchets organiques et de la matière fécale qui vont aller dans le lac par ruissellement lors des pluies. L'agriculture aussi n'est pas autant pratiquée que la pêche. Il n'en est pas moins qu'elle génère des nitrates, des ammoniums, des phosphates grâce aux engrais et différents produits utilisés. Ces nutriments générés vont se retrouver dans le lac par ruissellement ou lors de la montée des eaux du lac. Cela aura donc pour conséquence de nuire à la qualité du lac et aux espèces aquatiques du lac.

Les paramètres physico chimiques obtenus lors de nos travaux montrent que la température des eaux du lac varie entre 26,61°C et 26, 81°C. Ces valeurs dépassent les normes de l'OMS. Ceci pourrait être expliqué par des facteurs tels que l'heure de l'échantillonnage. Ces valeurs se rapprochent de celles de Zannou (2021) et bien qu'elles soient au-dessus des normes ne sont pas encore nocives aux espèces aquatiques.

La turbidité des eaux du lac va de 16 à 29 UTN avec une moyenne de 24 UTN. Ces valeurs dépassent de loin les normes. Ces grandes valeurs peuvent être expliquées par les activités effectuées sur le lac et le ruissellement lors des pluies.

Les paramètres chimiques analysés sur l'eau du lac révèlent que les nitrites et les nitrates sont en faibles quantité dans le lac. En effet ces paramètres sont en dessous des normes de l'OMS. Cela pourrait être expliqué par le fait que l'échantillonnage a été réalisé dans une période qui ne favorise pas la nitrification et où l'eau de pluie dilue l'eau du lac. Cependant la concentration des nitrites dans le lac est supérieure à celle des nitrates. Cela pourrait avoir un effet très nocif sur les espèces du lac. La concentration en phosphore du lac également n'est pas élevée et est en dessous des normes. Par contre pour le fer, les concentrations du fer aux différents sites du lac varie entre 1,89 et 2,5 mg/L ce qui pourrait être nocif pour ceux qui consomment ces eaux et les espèces aquatiques qui y vivent.

En ce qui concerne les concentrations de plomb et de cadmium dans le lac, les concentrations en cadmium relevées aux différents sites sont inférieures aux normes de l'OMS quant au plomb, les valeurs relevées aux sites 4 et 5 dépassent les normes de l'OMS. Cette teneur est due à l'utilisation de pesticide par les agriculteurs pour lutter contre les invasions fongique (Cédric, 2018). Une telle concentration d'éléments trace métalliques dans le lac pourrait nuire aux espèces qui y vivent ainsi qu'aux prédateurs et aux consommateurs de ces espèces.

D'après les résultats des analyses des paramètres physico chimiques sur les sédiments, les concentrations des nitrites, des nitrates, de l'ammonium, des phosphates, du fer et du plomb dans les sédiments sont tous inférieures à leurs normes respectives. Cependant le cadmium se démarque des autres paramètres par sa grande concentration dans les sédiments (0,95 à 2 mg/L) ; concentration qui dépasse les normes. C'est un élément trace métallique très toxique par effet cumulatif, il agit même à de faibles concentrations et pourrait nuire aux organismes présents dans le lac et à l'Homme (Cédric, 2018). Cette grande concentration de cadmium dans les sédiments peut être due à l'utilisation des engrais phosphorés qui seront drainés par ruissellement ou passés dans le lac lors de la montée des eaux. Notons que le plomb même si ses concentrations sont inférieures aux normes, elles n'en sont pas moins élevées et le plomb étant un élément trace métallique, il ne s'élimine pas facilement de l'organisme ; ce qui peut être dangereux sur le long terme.

L'analyse des résultats des paramètres physico chimiques des poissons montre que la concentration de cadmium dans les poissons respecte les normes béninoises alors que ceux du plomb dépasse les normes (0,2mg/Kg). Cette grande quantité de plomb dans les poissons peut être due à l'environnement dans lequel ils vivent car l'eau et les sédiments du lac possèdent des concentrations en plomb élevées. Pour apprécier la quantité de plomb dans les poissons, le facteur de bioaccumulation a été calculé. Ce facteur nous a montré que la concentration de plomb dans les poissons est 8 fois supérieure à celle de l'eau du lac. La matrice de corrélation établie (figure 23) nous a permis de comprendre qui de l'eau ou des sédiments effectuent un transfert de plomb avec les poissons. Ainsi grâce à la forte corrélation entre le plomb des sédiments et le plomb des poissons (0,71) nous avons pu dire que la grande quantité de plomb dans les poissons proviendrait des sédiments. Pour comprendre aussi la faible quantité de cadmium dans les poissons nous nous somme référés à la matrice de corrélation qui nous a montré que la corrélation entre le cadmium des poissons et le cadmium des autres matrices est faible. Il n'y a donc pas de transfert de cadmium entre ces matrices, ce qui explique la faible concentration de cadmium dans les poissons.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Notre étude s'est portée sur le lac Azili dans la commune de Zagnanado. L'objectif général de notre étude est de caractériser physico chimiquement les matrices eaux, sédiments, et poissons du lac Azili. L'echantillonnage a été fait sur 5 sites. Aux termes de nos recherches nous avons obtenu les résultats suivants :

- L'agriculture et l'élevage réalisés par les habitants de l'île d'Agonvê produisent des déchets organiques et des nutriments qui sont déversés dans le lac ;
- les échantillons d'eau sont peu minéralisés avec des concentrations en nitrite, nitrate et phosphate qui sont inférieures aux normes, contrairement à la concentration du fer qui est extrêmement élevée ;
- les échantillons de sédiment analysés présentent également des concentrations faibles en nitrite, en nitrate, en phosphate et contrairement aux eaux le fer dans les sédiments respecte les normes ;
- le dosage des ETM de l'eau, des sédiments et des poissons révèle leurs présences et ils constituent un danger pour les poissons et ceux qui consomment les eaux du lac ;
- les fortes concentrations en plomb dans les poissons sont expliquées par le facteur de bioaccumulation qui montre que ces concentrations sont 7 fois supérieure à celles dans l'eau ;
- de plus, une matrice de corrélation établie a appuyé ce fait en montrant qu'il y a une relation entre le plomb de l'eau, des sédiments et des poissons ;

Nous pouvons donc dire que, pour aider la population d'Agonvê, le Ministère du Cadre de Vie conjointement avec le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche pourrait :

- sensibiliser les producteurs sur les dangers de l'utilisation des engrais chimiques et des différents intrants agricoles surtout ceux non homologués ;
- Sensibiliser les populations d'Agonvê sur les normes en matière d'utilisation des pesticides pour les activités agricoles ;
- sensibiliser la population d'agonvê sur les conséquences à long termes des éléments trace métalliques

BIBLIOGRAPHIE

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

Babadjidé CH. 2011. Pollution, ses conséquences, ses causes et ses incidences sur la santé humaine dans le bassin du fleuve Mono au Bénin. Thèse de doctorat, EDP/GENV/FLASH/UAC, 208 p.

Bouchebbah & Ayache, 2011.Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux de L'oued Agrioun de La Région de Bejaia. Mémoire en vue d'obtention du diplôme d'ingénieure d'etat en écologie et environnement. Université Abderrahmane Mira de Beijaia, p53

BOUGHARI, 2016.Caractérisation et de traitement des eaux résiduaire d'une industrie textile (SOFACT- Tissemsilt)

Désiardin R, 1990. Le traitement des eaux. 2ième édition de l'école polytechnique Montreal

DOVONOU F, ALLADASSIVO E , KOUKPO J, SINTONDJI L et YALO N 2022. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du lac Azili dans la commune de Zangnanado au centre du Bénin, 868 pages

Etene, C. G. (2021): Changement climatique et dégradation des terres agricoles autour des petits lacs du plateau de Zagnando an Benin.

Gulson, B.L., (1986). Lead isotopes in mineral exploration. Elsevier Amsterdam, pp. 245

Hawa S. 2011. Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001.Thèse de Doctorat d'état en Pharmacie, Faculté de Médécine de Bamako, 77 p.

INSAT, (2016): Chuen des villages et quarse de ville du département a zou (RGIPHY-4, 2013), p 30

Kourchi. (2010) : Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa el mizan

Maiga A, 2005. Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distibuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako evaluation saisonnière, Thèse de Doctorat. Bamako (Mali), p77

Mandegnon, (2012): Effet du système SAWAH sur la production do zat la productivité de l'eau dans le bas-fond de Bamé au Bénin, p 14 et 16.

M.TARDAT-HENRY ,1984. Chimie des eaux (340p)

Nriagu J. O., (1980). Global cadmium in ecological cycle.In 'Cadmium in the environment'. Part I. Ecological cycling.Nriagu J. O. (ed). John willey and Sons. New York, 1-12.

OMS, 1994. Directives de qualité pour l'eau de boisson, volume 1 recommendations, Organisation mondiale de la santé, 2ième édition, p202

Rodier J et al, 2009. L'analyse de l'eau 9ème édition, Ed. Dunod, p1579

Zannou R,2022. Evaluation de la qualité des eaux utilisé pour la consommation humaine sur l'ile d'Agonvê (zagnanado)

L'eau à découvert -4. La répartition spatiale actuelle de l'eau sur Terre – CNRS Editions " https://books.openedition.org/editionscnrs 9848?lang=fr

WEBOGRAPHIE

https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/2630/lac

Sédiment — Wikipédia (wikipedia.org)

Poisson — Wikipédia (wikipedia.org)

Bioaccumulation — Wikipédia (wikipedia.org)

Pollution de l'eau — Wikipédia (wikipedia.org)

Causes de la pollution de l'eau - Ooreka

CPEPESC FC : Paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires* - Cpepesc

https://www.enviro-option.com/fr/nitrates-nitrites-dans-leau-potable

https://www.lenntech.fr/eaux-souterraines/fer.htm

ANNEXE

Annexe 1 :

Tableau 8 : Résultats des analyses des poissons

Poissons	NitriteP	NitrateP	AmmoniumP	OrthophosphateP	FerP
1	4,24	1,89	4,65	8,97	0,2
2	3,70	3,16	6,15	8,94	0,01
3	2,96	1,71	1,72	9,45	0,1
4	3,79	2,70	3,63	9,20	0,15
5	4,48	1,94	3,25	9,69	0,01

Annexe 2 :



Planche 9 : Photos des champs de maïs recouvert par le lac, cliché AMOUSSOU P. (2023)

Table des matières

Dédicace iii

Remerciements iv

Résumé v

Abstract vi

SOMMAIRE vii

SIGLES ET ACRONYMES : ix

Liste des tableaux x

Liste des figures x

Liste des planches xi

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE 1 : CONTEXTE ET JUSTIFICATION ET DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE 3

1.1- Quelques concepts 4

1.1.1- L'eau 4

1.1.2- Eaux superficielles 4

1.1.3- Lac 4

1.1.4- Eau polluée 4

1.1.5- Sédiment 5

1.1.6- Poisson 5

1.1.7- Bioaccumulation 5

1.2- Définition 5

1.2.1- La pollution de l'eau 5

1.2.2- La pollution physique 6

1.2.3- La pollution chimique 6

1.3- Norme de qualité de l'eau 6

1.4- Les paramètres physico-chimiques de l'eau 7

1.4.1- Les paramètres physiques 7
1.4.1.1- Le potentiel hydrogène (pH) 7
1.4.1.2- La température 7
1.4.1.3 – La turbidité 7
1.4.1.4- Les solides totaux dissous (TDS) 8
1.4.1.5- La matière en suspension (MES) 8
1.4.1.6- La conductivité électrique 8
1.4.1.7- La salinité 8
1.4.1.8- L'Oxygène dissous 9
1.4.2- Les paramètres chimiques 9
1.4.2.1- L'ammonium 9
1.4.2.2- Les nitrates 9
1.4.2.3- Les nitrites 9
1.4.2.4- Fer 10
1.4.2.5- Le plomb 10
1.4.2.6- Cadmium 11
1.5 Situation géographique et présentation du cadre d'étude 11
1.6 Climat 12
1.7 Les sols 12
1.8 Hydrographie 13
1.9 Caractéristiques démographiques et socio-économiques 13
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES 14
2.1- Matériel 15
2.1.1- Matériel de terrain 15
2.1.2- Matériel de laboratoire 15
2.2- Méthodes 16
2.2.1- Recherches documentaires 16
2.2.2- Travaux de terrain 16
2.2.2.1- Enquête de terrain 16

2.2.2.2- Echantillonnage 16
2.2.3- Analyse au laboratoire 18
2.2.3.1- Les Sédiments 18
2.2.3.2- Les poissons 19
2.2.3.3- Les dosages 20
2.2.4- La Bioaccumulation 22
2.2.5- Traitement des données 22
CHAPITREN 3 : RESULTATS ET DISCUSSION 24
3.1- Résultats 25
3.1.1- Résultats relatifs aux activités effectuées sur l'île d'Agonvê 25
3.1.2- Résultats des différentes analyses effectuées sur les matrices eau, sédiments et poissons du lac 25
3.1.2.1 Résultats des analyses effectuées sur l'eau 25
3.1.2.2 Résultats des analyses effectués sur les sédiments 31
3.1.2.3 Résultats de l'analyse des poissons 34
3.1.3- Résultats de L'évaluation de la bioaccumulation des matrices 35
3.2- Discussion 38
CONCLUSION ET SUGGESTIONS 40
BIBLIOGRAPHIE 41
WEBOGRAPHIE 42