REPUBLIQUE DU BENIN

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

HOUNDEGLA M. Rodrigue

Pour l'obtention du diplôme de

LICENCE PROFESSIONNELLE EN HYDROLOGIE

OPTION : ECOHYDROLOGIE

==========

EVALUATION DES IMPACTS DES ACTIVITES ANTHROPIQUES SUR LA QUALITE DE L'EAU DU LAC NOKOUE A GANVIE

==========

Maître de Mémoire

Dr ZANDAGBA Josué

Modélisateur en écohydrologie et enseignant à l'INE

Maître de Stage

Dr ADANDEDJI Firmin
Chercheur en Qualité des eaux et Modélisation

Laboratoire d'Hydrologie Appliquée

PROMOTION : 2022-2023

DEDICACE

- A mon père *HOUNDEGLA Nicolas*
- A ma mère *KOUMAPLE Aimée*
- A mes frères *Serge, Maurice, Jonathan et Renaud*, merci pour votre soutien et vos encouragements.

REMERCIEMENTS

Nous ne saurions commencer ce travail sans au préalable exprimer nos profondes gratitudes à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation. Avant tout, nous remercions Dieu, le Seigneur Tout-Puissant, lui qui a tant fait pour nous, lui qui a veillé sur nous toute notre vie durant et particulièrement ces cinq dernières années.

Nos remerciements vont également à l'endroit de :

- Professeur Daouda MAMA, Directeur de l'Institut National de l'Eau (INE), pour nous avoir permis l'insertion dans son établissement ;
- Professeur Flavien DOVONOU, Chef de Département d'Hydrologie et Gestion des Ressources en Eau, pour sa détermination à nous offrir une formation de qualité,
- Professeur Abdoukarim ALASSANE, Directeur Adjoint du LHA pour les précieux conseils
- Docteur ZANDAGBA Josué, en sa qualité de maître de mémoire pour ses efforts consentis, ses différents conseils et la confiance qu'il nous a accordée,
- Docteur Firmin M. ADANDEDJI, notre maitre de stage, pour tout l'effort consenti pour l'avancement de ce travail, sa disponibilité inconditionnelle, ses multiples conseils et la confiance qu'il nous a accordée,
- Docteur Ousmane BOUKARI pour sa précieuse contribution à la réalisation de ce travail, leur sympathie et leur solidarité à mon égard et pour tous les sacrifices consentis dans l'élaboration de ce mémoire ;
- Tous les responsables de la Formation Professionnelle en Hydrologie à l'Institut National de l'Eau (INE) ;
- Professeurs Abel AFOUDA, Moussa BOUKARI, Emmanuel LAWIN et les autres enseignants de l'INE qui n'ont ménagé aucun effort pour faire de la formation en hydrologie une formation de référence dans le domaine de l'eau au Bénin et en Afrique de l'Ouest ;
- 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 de l'évaluation en vue d'améliorer ce document ;
- Mes aînés de la formation Professionnelle en Hydrologie pour leurs disponibilités et précieuses orientations
- Mes camarades de la promotion 2022-2023, pour les moments de fraternité et d'apprentissage que nous avons eu à passer ensemble.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE i
REMERCIEMENTS iii
TABLE DES MATIERES iv
RESUME vii
LISTE DES FIGURES ix
LISTE DES PHOTOS ix
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES ix
Introduction générale 1
Problématique 2
Objectifs de l'étude 4
1. Objectif Général 4
2. Objectifs spécifiques 4
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 6
1. Généralités sur l'eau 6
1 .1 Définition 6
1.1.1. Eaux de surface 6
1.1.2. Eaux souterraines 7
1.2 Généralités sur la pollution des ressources en eau 7
1.2.1 Définition 7
1.2.2 Les sources de pollution 8
1.2.2.1 La pollution industrielle 8
1.2.2.2 La pollution agricole 8
1.2.2.3 La pollution urbaine 9
1.2.3 Conséquence de la pollution sur les écosystèmes aquatiques 9
1.3 Quelques paramètres physico-chimiques des eaux 10
1.3.1 Paramètres physiques 10
1.3.1.1 La température 10
1.3.1.2 Le potentiel d'Hydrogène (pH) 10
1.3.1.3 La Conductivité électrique 10
1.3.1.4 La salinité 11
1.3.1.5 Solide Totaux Dissous 11
1.3.2 Paramètres chimiques 11

1.3.2.1 L'ammonium 11
1.3.2.2 Les nitrates 11
1.3.2.3 Les nitrites 12
1.3.2.4 L'orthophosphate 12
1.3.2.5 Le phosphore total 12
1.4 Généralités sur le phytoplancton 13
1.4.1 Le phytoplancton 13
1.4.1.1 La classification du phytoplancton 13
1.4.1.1.1 Les cyanobactéries 14
1.4.1.1.2 Les Chlorophycées 14
1.4.1.1.3 Les cryptophycées 15
1.4.1.1.4 Les euglenophycées 16
1.4.1.1.5 Les diatomées 16
1.4.1.1.6 Les dinoflagellés 17
1.4.1.1.7 Les xanthophycées 17
1.4.1.1.8 Les chrysophycées 18
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 20
2.1 Situation géographique de Ganvié 20
2.2 Hydrographie 21
2.3 Climat 21
2.4 Caractéristiques socio-économiques et démographiques de la cite lacustre de Ganvié 22
2.4.1 Caractéristiques démographiques de Ganvié 22
2.4.2 Activités économiques de Ganvié 22
CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODOLOGIE Matériel 23
3.1.1 Matériel de terrain 24
3.1.2 Matériels utilisés au laboratoire 24
3.2 Méthodologie 25
3.2.1. Recherche documentaire 26
3.2.2.1 Visite exploratoire 26
3.2.2.2 Collecte des données 26
3.2.2.3 Enquête de terrain 26
3.2.2.4 Prélèvement d'échantillons d'eau 27
3.2.3 Les techniques d'échantillonnage 28
3.2.4 Réalisation des mesures 29

3.2.5 Traitement des données 30
CHAPITRE 4 : Résultats et discussion 31
4.1.2 Gestion des ordures ménagères 32
4.1.3 Gestion des eaux usées 33
4.1.4 Evacuation des excrétas 34
4.2. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau du lac Nokoué à Ganvié 34
4.2.1. La température 34
4.2.2. Le potentiel d'hydrogène 35
4.2.3. La conductivité électrique 36
4.2.4. Les matières en suspension 37
4.2.5. La transparence 38
4.2.6. L'oxygène dissous 39
4.2.7. TDS 39
4.2.8. La salinité 40
4.2.9. La profondeur 41
4.2.10. Les nitrites 41
4.2.11. Les nitrates 42
4.2.12. L'ammonium 43
4.2.13. L'orthophosphate 44
4.2.14. Phosphore total 44
4.1.15. La DCO 45
4.1.2 Paramètres biologiques 46
4.1.2.1 Taxonomie des espèces 46
4.1.2.2 Abondance des espèces 48
4.2.1.3. Détermination des facteurs environnementaux responsables de la dégradation de la qualité biologique des eaux du lac Nokoué à Ganvié 49
4.3 Discussion 50
CONCLUSION ET SUGGESTIONS 53
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE 54
Annexe 57

RESUME

Les écosystèmes aquatiques sont des biens écologiques qui sont sous l'influence de plusieurs formes de pollution qui résultent pour la plupart des activités anthropiques. Dans le but de comprendre l'influence des activités anthropiques sur la qualité de l'eau du lac Nokoué à Ganvié, une étude a été réalisée à cet effet. Ainsi, l'objectif de ce travail est d'étudier l'impact des pressions anthropiques sur la qualité de l'eau du lac Nokoué à Ganvié. Au total dix (10) sites ont été échantillonnés en saison pluvieuse. La démarche méthodologique adoptée a consisté à la recherche documentaire, à la collecte de données de terrain et aux analyses au laboratoire. Afin d'évaluer la qualité de l'eau, différents paramètres physico-chimiques et biologiques ont été mesurés. Les résultats de ces analyses physico-chimiques révèlent que les valeurs moyennes de l'oxygène dissous, en ammonium sur le lac Nokoué, sont respectivement de 0,72 mg/L et 1,459 mg/L. Ces valeurs indiquent que le lac Nokoué présente un caractère anoxique et eutrophique. La demande Chimique en Oxygène varie entre 6 mg/L et 36 mg/L avec une moyenne de 18,4 mg/L et témoignent d'une forte présence de matière organique dans le lac à Ganvié. Quant aux paramètres biologiques, ils révèlent une grande diversité des espèces avec 46 espèces appartenant à 6 classes dont : les cyanophycées, les diatomées, les zygophycées, chlorophycées, les euglenophycées et les xanthophycées avec une dominance des espèces de la classe des euglenophycées. La corrélation entre l'abondance des espèces et les paramètres physico-chimiques montre à travers la matrice de Pearson que les diatomées sont corrélées par le nitrite, l'ammonium et le phosphore total. Quant à l'euglenophycées, il est uniquement corrélé par l'oxygène dissous. Pour assurer une gestion durable et un bon fonctionnement écologique de ce cours d'eau, il va falloir sensibiliser les populations en ce qui concerne l'évacuation des eaux usées.

Mots clés : Lac Nokoué, Paramètres physico-chimiques, Pollution, Phytoplancton, Ganvié.

ABSTRACT

Aquatic ecosystems are ecological assets under the influence of many forms of pollution, most of which result from human activities. In order to understand the influence of anthropogenic activities on the quality of Lake Nokoué at Ganvié, a study was carried out. The aim of this work is to study the impact of anthropogenic pressures on the quality of Lake Nokoué at Ganvié. A total of ten (10) sites were sampled during the rainy season. The methodological approach adopted consisted of documentary research, field data collection and laboratory analysis. Various physic-chemical and biological parameters were measured to assess water quality. The results of these physico-chemical analyses reveal that the average values for dissolved oxygen and ammonium in Lake Nokoué are 0.72 mg/L and 1.459 mg/C respectively. These values indicate that Lake Nokoué is anoxic and eutrophic. Chemical oxygen demand varies between 6 mg/L and 36 mg/L, with an average of 18,46 mg/L,indicating a high level of organic matter in the at Ganvié. Biological parameters reveal a high diversity of species, with 46 species belonging to 6 classes: cyanophyceae, diatoms, zygophyceae, chlorophyceae, euglenophyceae and xanthophyceae, with euglenophyceae dominating. The correlation between species abundance and physico-chemical parameters shows through the Pearson matrix that diatoms are correlated by nitrite, ammonium and total phosphorus, while euglenophyceae are only correlated by dissolved oxygen. To ensure sustainable management and proper ecological functioning of this watercourse, it will be necessary to raise public awareness of wastewater disposal.

Key words: Lake Nokoué, Physico-chemical parameters, Pollution, Phytoplankton, Ganvié.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition de l'eau douce dans le monde 6
Figure 2*:* Images montrant la diversité des cyanobactéries (Groga, 2012). 14
Figure 3: Images montrant la diversité des chlorophycées et un Scenedesmus (Groga, 2012) 15
Figure 4: Images montrant la morphologie des cryptophycées et un Cryptomonas (taxondiversity.fieldofscience.com). 15
Figure 5*:* Images montrant la diversité des Euglenophycées (Abdennadher, 2014). 16
Figure 6 : Images montrant la diversité des diatomophycées (Benfiala et al. 2013). 17
Figure 7 : Images montrant la diversité des Xantophycées (Abdennadher, 2014). 17
Figure 8: Image montrant la diversité des chrysophycées (Abdennadher, 2014) 18
Figure 9 : Carte de localisation de Ganvié. 21
Figure 10: Les points de prélèvement et mesure 28
Figure 11 : Les types d'activités menés à Ganvié 32
Figure 12: Mode de gestion des ordures ménagères 33
Figure 13 : Modes de gestion des eaux usées 33
Figure 14: Modes d'évacuation des excrétas 34
Figure 15 : Variation de la température sur différents sites 35
Figure 16 : Variation du pH au niveau des différents points 36
Figure 17 : Variation de la conductivité électrique 37
Figure 18 : Evolution de la teneur en MES sur les différents sites de prélèvement 37
Figure 19 : Variation de la transparence 38
Figure 20: Variation de l'oxygène dissous au niveau du lac 39
Figure 21 : Variation du TDS sur le lac Nokoué à Ganvié. 40
Figure 22 : Variation de la salinité dans le lac Nokoué à Ganvié. 40
Figure 23: Variation de la profondeur sur le lac Nokoué à Ganvié 41
Figure 24: Variation de la teneur en nitrites 42
Figure 25 : Variation de la teneur en nitrates 42
Figure 26 : Variation de la teneur en ammonium 43
Figure 27 : Variation de la concentration en orthophosphate sur le lac Nokoué à Ganvié. 44
Figure 28 : Variation de la concentration en phosphore total sur le lac Nokoué à Ganvié. 44
Figure 29 : Variation de la concentration en DCO sur le lac Nokoué à Ganvié. 45
Figure 30 : Répartition des classes phytoplanctoniques dans le lac 48
Figure 31: Variation de l'abondance des différentes classes du phytoplancton 48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Raison de choix des sites de prélèvements 27

Tableau 2 : Classification des espèces 46

Tableau 3: Matrice de corrélation entre les classes phytoplanctoniques et les paramètres physico-chimique 49

Tableau 4: Les paramètres physico-chimiques analysés..... 57

LISTE DES PHOTOS

Photo 1: spectrophotomètre DR 2800(Cliché Rodrigue HOUNDEGLA M. 2023)..... 25

Photo 2: Microscope VWR (Cliché Rodrigue HOUNDEGLA M. 2023)..... 25

Photo 2: Microscope VWR (Cliché Rodrigue HOUNDEGLA M. 2023)..... 25

Photo 3 : GPS de marque GARMIN(Cliché Rodrigue HOUNDEGLA M. 2023)..... 25

Photo 4 : Multi paramètre HANNA HI 9829 (Cliché Rodrigue HOUNDEGLA M. 2023).... 25

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

CE	Conductivité Electrique
GPS	Global Positionning System
INE	Institut National de l'Eau
LHA	Laboratoire d'Hydrologie Appliquée
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
NQE	Norme de Qualité des Eaux de France (eaux de surface)
OMM	Organisation Météorologique Mondiale
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
pH	potentiel d'Hydrogène
TDS	Total Dissolved Solid

Introduction générale

L'eau est l'une des ressources naturelles les plus vitales pour toute vie sur Terre. Selon Dovonou et al (2011), elle est nécessaire à la santé, l'agriculture, l'industrie, le tourisme, les loisirs, la navigation, etc. Les estuaires et les zones côtières constituent des zones à forts enjeux stratégiques pour les économies et pour l'environnement (Amara, 2011). En zone côtière, les lagunes peuvent avoir des usages multiples (activités récréatives, pisciculture, conchyliculture, thermalisme) (Mama et *al*, 2011). En plus du rôle central dans le maintien de la biodiversité, les sociétés humaines bénéficient des biens et des services que fournissent les milieux lagunaires (Capo-chichi et *al*, 2022). Le littoral de l'Afrique de l'Ouest est constitué d'un système de lagunes d'eau saumâtre, formant des zones tampons entre les réseaux hydrologiques continentaux et l'océan Atlantique, et abritant d'importantes réserves naturelles et une biodiversité unique dont dépend la vie de millions de personnes (Chaigneau et *al*, 2020). Par ailleurs, ces ressources en eau sont des milieux particulièrement sensibles à la pression humaine principalement parce que c'est par elles que vont s'effectuer la collecte et le transfert de substances ou composés polluants dans l'environnement (Zandagba et *al* 2016).

En Afrique en général et au Bénin en particulier, de multiples activités anthropiques sont exercées sur les plans d'eau sans que l'on puisse clairement responsabiliser les différents acteurs par une politique d'aménagement claire (Mama, 2010). En effet, bon nombre de lacs, de fleuves, du fait de leur proximité avec les populations reçoivent presque tous les déchets issus des activités anthropiques qu'elles soient d'ordre industriel, domestique ou agricole (*Capo*-chichi et al ,2022). Ces déchets chargés de matières organiques et d'éléments nutritifs s'infiltrent directement ou indirectement dans les eaux de surface et perturbent leurs équilibres naturels visiblement manifestes par l'eutrophisation (Pinay et al., 2018). Le lac Nokoué n'est pas épargné des fortes pressions anthropiques que subissent les milieux lagunaires et estuariens (Capo-chichi et al., 2022). L'augmentation de la population lacustre et l'urbanisation des villes riveraines du lac ajouté à la densité de la population, ont entre autres pour conséquence la production des déchets divers (Houemenou, 2011). En raison de l'absence d'un système efficient de collecte des eaux usées dans ces villes, elles sont rejetées, soit dans les caniveaux d'eau pluviale ayant leur exutoire dans le lac, soit directement dans le milieu aquatique (Sèdogbo, 2004). Le lac Nokoué étant le premier plan d'eau du Bénin, ces déchets constituent une menace potentielle parce qu'ils contaminent les poissons du lac qui sont consommés par les populations (Lawani, 2009). Il est devenu ainsi un bassin récepteur de déchets solides, liquides et d'autres produits sans aucun traitement préalable (Houemenou, 2011).

Problématique

La qualité des eaux de surface, tant côtières qu'intérieures, s'est fortement détériorée au cours des dernières décennies en raison des activités humaines telles que l'agriculture, les changements d'utilisation des terres, l'imperméabilisation des surfaces qui est à l'origine du ruissellement plus important et plus encore (Zandagba et *al*, 2016). La poussée démographique des grandes villes côtières de l'Afrique de l'Ouest constitue un risque majeur de pollution des milieux aquatiques du littoral, tels que les lacs, les lagunes avec des conséquences graves sur les différents maillons de la chaine alimentaire (Elégbédé et *al*, 2020). Au Bénin, spécifiquement en zones côtières, les déchets solides ménagers tout comme les eaux usées domestiques et les eaux vannes sont déversés dans la nature ou les plans d'eaux sans aucun traitement préalable (Bocodaho et *al*, 2020). Le lac Nokoué, le plus grand lac du Bénin n'est pas à l'abri des menaces que représentent les activités anthropiques. Ce lac subit une forte pression démographique liée à leur situation en zones humides (Mama et al, 2011). La présence sur le Nokoué, des villages atypiques des pêcheurs sur pilotis appelé « villages lacustres » comme Ganvié et le flux touristique augmentent le niveau des pressions anthropiques (Mama et al, 2011). Aujourd'hui, avec l'augmentation de cette population lacustre du Nokoué, qui rejette quotidiennement des déchets solides et liquides dans le lac, il se pose des problèmes environnementaux dont la pollution est l'un des plus importants (Agonkpahoun, 2006). Les apports massifs de nutriments liés aux multiples activités humaines, ont provoqué très souvent l'eutrophisation, caractérisée par la prolifération de la jacinthe d'eau (Ogutu-Ohwayo et al., 1997). Selon Gnohossou (2006), Odountan et Abou (2015), l'érosion des bassins-versants, la destruction des berges, l'eutrophisation des eaux, le rejet des eaux usées, la disparition des frayères naturelles, la construction d'ouvrages sont des pressions anthropiques qui altèrent l'intégrité du lac Nokoué. Par ailleurs, l'urbanisation, le tourisme, l'agriculture, la pêche, l'expansion industrielle et les exploitations minières sont les principales activités qui menacent l'écologique du milieu (Bloundi, 2005 ; Ayah, et *al*., 2012 ; 2015). Le trafic frauduleux des hydrocarbures (pétrole, essence, gasoil, huile à moteur) sur le lac constitue également une des sources de pollution du lac (Dovonou et *al*, 2011). Ces activités sont à l'origine des rejets de polluants organiques et inorganiques qui contribuent à la dégradation de ces hydrosystèmes (Capo-chichi et al, 2022). La pollution et l'eutrophisation croissantes, la baisse des rendements de pêche, la diminution de la taille des espèces pêchées et perte de la biodiversité, l'envasement, la prolifération de plantes invasives comme la jacinthe d'eau, etc. sont quelques-unes des conséquences qui justifient l'ampleur de la pression humaine sur l'écosystème du Nokoué (Chaigneau et al, 2020). Or les lagunes jouent

un rôle capital pour le fonctionnement de la biodiversité et constituent une puissance économique de par leur forte potentialité de production en espèces halieutiques (Ruiz et al., 2006). L'eau du lac Nokoué a des rôles alimentaires et socioéconomiques très importants : elle sert de lieu d'habitation pour les populations lacustres Dovonou et al (2011). Le complexe lagunaire lac Nokoué - lagune de Porto-Novo, classé site RAMSAR (1018), est le plus important plan d'eau continental du Bénin. Avec une flore riche et diversifiée allant du phytoplancton aux macrophytes, Nokoué est l'un des principaux, sinon l'écosystème lagunaire le plus important dont dispose le Bénin. Cette richesse de la flore assure la croissance de la faune de ce milieu caractérisée par une large variété d'espèces. Ce potentiel écosystémique du lac est ce qui assure la survie de la population lacustre et de celles environnantes. Selon Elégbédé et al. (2020), la production halieutique du lac représente entre 65 et 70 % de la production des eaux continentales du Bénin. C'est ainsi que, dans la perspective de contribuer à la promotion touristique de ce site singulier tout en améliorant les conditions de vie des populations qui y résident, le gouvernement béninois, à travers l'Agence Nationale de la Promotion Touristique (ANPT), a initié en 2019 le projet "Réinventer la cité lacustre de Ganvié". Ce projet vise principalement à améliorer les conditions de vie des populations des quartiers précaires de la « Venise de l'Afrique» et d'encourager la valorisation et la diversification des ressources issues du lac Nokoué à l'échelle de Ganvié.

Face à la situation de pollution sur le lac Nokoué et en tenant compte des enjeux socioéconomiques et environnemental, plusieurs travaux sont menés pour apprécier le niveau de pollution du lac, les types et sources de pollution ainsi que les contraintes liées à sa gestion en vue de la proposition des scénarios de réhabilitation ou de dépollution du lac (Capo-chichi et al., 2022, Chaigneau et al, 2020, Zandagba et al., 2016 ; Dovonou et al, ; Mama, 2011 ; etc). Cependant, ces travaux n'ont pas abordé de façon spécifique le phénomène de pollution dans les différentes localités de Ganvié. C'est ainsi que, dans le but d'approfondir les précédentes études menées et d'actualiser la base de données existantes sur la situation de pollution sur le Nokoué et en particulier sur sa portion à Ganvié, la présente étude a été initiée et est intitulée : « évaluation des impacts des activités anthropiques sur la qualité du lac Nokoué à Ganvié ».

Le présent mémoire est subdivisé en quatre grands chapitres : le premier chapitre présente la Synthèse bibliographique ; le deuxième chapitre présente la zone d'étude ; le troisième chapitre quant à lui exposera le matériel et la méthodologie alors que le chapitre 4 présentera les résultats essentiels et la discussion.

Objectifs de l'étude

1. Objectif Général

L'objectif général de cette étude est d'évaluer l'impact des activités anthropiques sur la qualité de l'eau du lac Nokoué à Ganvié.

2. Objectifs spécifiques

De façon spécifique, l'étude vise à faire :

- Identifier les différentes activités menées autours et sur le lac à Ganvié
- Analyser la qualité physico-chimique de l'eau du lac à Ganvié ;
- Inventorier les phytoplanctons rencontrés.

Hypothèses

- Différentes activités menées autours et sur le lac à Ganvié sont susceptibles de produire des déchets
- Les paramètres physico-chimiques du lac à Ganvié ne respectent pas les normes pour une eau de surface
- Diverses espèces phytoplanctoniques sont observées et témoigne d'une pollution anthropique.

CHAPITRE **1 :** Synthèse bibliographique

CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur l'eau

1 .1 Définition

L'eau est une substance vitale pour l'Homme et pour l'environnement. Elle est un patrimoine commun qu'il faut absolument défendre et protéger pour l'intérêt de tous. L'eau est également présente sur notre planète. Ainsi vue de l'espace la terre apparait bleue à cause des océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre. La totalité de l'eau sur terre représente un volume d'environ 1,4 milliard de km3, disponible sous forme liquide, solide ou gazeuse (Assad, 2014). Cependant, la majeure partie de l'eau (97,5 %) est contenue dans les océans, et est salée, ce qui la rend inutilisable par l'Homme. L'eau douce ne représente que 2,5% de l'eau sur terre (OMM, 2019). Sur ces 2,5 % d'eau douce, seul 0.5% est repartie dans les cours d'eau, les nappes souterraines et les plans d'eau. La Figure 1 présente la répartition de l'eau sur le globe terrestre**.**

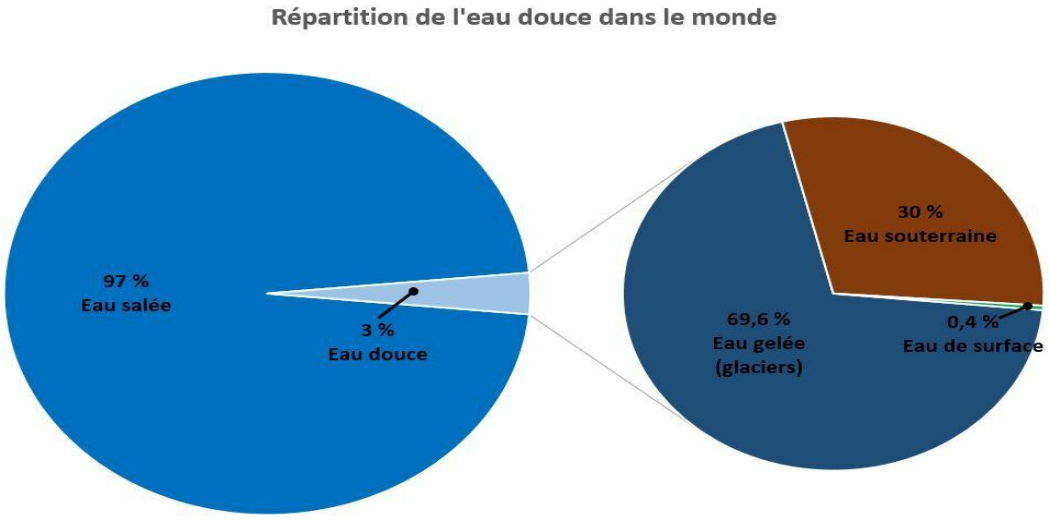


Figure 1 : Répartition de l'eau douce dans le monde

Source : https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/l-hydrosphere-s1340

On distingue en générale deux catégories d'eau : les eaux souterraines et les eaux de surfaces.

1.1.1. Eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont emmagasinées à la surface des continents. C'est l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact directe avec l'atmosphère. Elles constituent une ressource non négligeable voire indispensable à de nombreux usages comme l'irrigation, la production d'eau destinée à la consommation humaine, l'utilisation dans les procédés industriels ou les loisirs (baignade) (Bensiahmed et Ghalmi, 2013). Au Bénin, nous bénéficions d'un réseau de cours d'eau assez important présentant un régime d'écoulement saisonnier avec des débits de crue

pendant la saison pluvieuse de juillet à octobre, contre des débits d'étiage vers la fin du mois d'avril quasi nuls dans la plupart des cas. Ils prennent naissance, pour la plupart, dans le massif de l'Atacora et alimentent trois bassins : celui du Niger vers le Nord-est, celui de la Volta vers le Nord-ouest et le bassin côtier du Bénin vers le Sud. Actuellement, le pays est subdivisé en quatre (04) grands ensembles hydrographiques qui se présentent comme suit :

L'ensemble hydrographique du Niger qui comprend le fleuve Niger (120 km), la rivière Sota (250 km), la rivière Alibori (338 km) ;

L'ensemble hydrographique de la Volta, constitué par la rivière Mékrou (410 km) et la rivière Pendjari (380 km) ;

L'ensemble hydrographique de l'Ouémé-Yéwa, constitué par le fleuve Ouémé (510 km), le fleuve Okpara (200 km), le fleuve Zou (150 km), la lagune de Porto-Novo (35 km2) et le lac Nokoué (150 km2) ;

L'ensemble hydrographique du Mono-Couffo qui comprend le fleuve Mono (100 km), le fleuve Couffo (190 km), le lac Ahémé (78 km2), la lagune de Ouidah (40 km2), le lac Toho (15 km2) et la lagune de Grand-Popo (15 km2) (PNE, 2009).

1.1.2. Eaux souterraines

L'eau souterraine est l'eau contenue dans les roches perméables, telles que le calcaire, et les sédiments non consolidés, tels que le sable et les graviers (Manuels 11, 2010), elle est contenue dans un aquifère. Un aquifère est une formation géologique, constituée d'un matériau perméable capable de stocker l'eau en quantité importante. L'eau souterraine est évaluée en fonction de sa capacité de recharge à environ 1,9 milliards de mètres cubes par an en moyenne au Bénin. Elles sont essentiellement utilisées pour l'alimentation en eau potable des villes et des campagnes. Les prélèvements annuels sont de l'ordre de 0,03 milliard de mètres cubes. Ce qui représente à peine 2% de la recharge annuelle des aquifères. Néanmoins, soulignons que cette abondance des eaux souterraines dans le pays n'est que relative. Dans les sous régions de socle (80% du territoire national au Centre et au Nord), le potentiel en eau souterraine ne suffira pas à couvrir les besoins à long terme (PNE, 2009**).**

1.2 Généralités sur la pollution des ressources en eau

1.2.1 Définition

La pollution résulte de l'introduction directe ou indirecte de substance indésirable dans un milieu conduisant à son altération. 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. Pour (Belaud,1987), un cours d'eau est considéré comme pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux est directement ou indirectement modifié du fait de l'activité de l'homme dans une mesure telle que ces eaux se prêtent moins facilement à toutes les utilisations auxquelles elles pourraient servir à leur état naturel ou à certaines d'entre elles. La pollution de l'eau est due majoritairement aux activités anthropiques et à quelques phénomènes naturels. Ses effets sont multiples et touchent aussi bien la santé publique que les espèces aquatiques et les organismes terrestres (Chaouki, 2016).

1.2.2 Les sources de pollution

Les sources de pollution sont en effet multiples : on distingue généralement la pollution industrielle, agricole et la pollution urbaine (Assaad, 2014).

1.2.2.1 La pollution industrielle

Elle provient généralement des industries et est d'origine diverse. Elle est caractérisée, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel. En fonction de l'activité industrielle nous aurons les pollutions tel que :

- Des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires…) ;
- Des hydrocarbures (industries pétrolières, les raffineries) ;
- Des métaux (traitement de surface, métallurgie) ;
- Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries…) ;
- Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets médicaux radioactifs).

1.2.2.2 La pollution agricole

L'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources en eau. Elle est largement impliquée dans les apports d'azote et, surtout, de ses dérivés, nitrates et nitrites. Pollution agricole est due à l'utilisation excessive des engrais chimiques due aux pratiques culturales des produits phytosanitaires.

1.2.2.3 La pollution urbaine

Les eaux résiduaires urbaines sont principalement d'origine domestique. Elles sont riches en déchets organiques, en graisses (eau de cuisine), matières minérales (eau de salle de bain), azote, phosphore, et contiennent également des sels minéraux et des métaux. La pollution domestique est la conséquence d'une utilisation quotidienne de l'eau dans la maison (tâches ménagères, cuisine, entretien d'un jardin, toilette, etc. Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines- urines et fèces (eaux vannes) et d'eau de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

1.2.3 Conséquence de la pollution sur les écosystèmes aquatiques

La pollution des écosystèmes aquatiques provoque une multitude de conséquences tant au niveau des diverses biocénoses qu'au niveau de leurs habitats. La pollution de l'eau, quel que soit sa nature (organique, chimique ou microbiologique) peut avoir des conséquences désastreuses, en se traduisant par des effets très spécifiques dus aux particularités écologiques propres aux milieux aquatiques (Ramade, 2002). Au sein d'un écosystème, l'action d'un polluant est conditionnée par son interaction avec les facteurs abiotiques et biotiques. Toutefois, l'évaluation de ces conséquences potentielles sur l'ensemble de l'écosystème reste délicate et nécessite de considérer différentes échelles spatiotemporelles afin de mieux cerner l'action de ce toxique sur chaque niveau trophique. Il apparaît néanmoins que les désordres initiaux ne touchent qu'un petit nombre d'espèces sensibles aux pollutions pour lesquelles la croissance, le développement voire la reproduction sont principalement affectés. Au niveau des populations, ces impacts peuvent se traduire par une diminution de la densité (abondance) et de la richesse spécifique au sein de l'écosystème. Suite à une pollution, une recolonisation du milieu par des espèces opportunistes tolérantes aux pollutions peut également survenir. Enfin, au niveau de l'écosystème, une possible disparition d'espèces, une biodiversité réduite et des modifications de dominance entre les populations sont les principaux impacts qui peuvent survenir et modifier le fonctionnement global de l'écosystème. Ainsi la diminution de l'abondance des consommateurs par rapport à celle des producteurs affecte les relations de dominance dans ces peuplements et peut à terme déséquilibrer l'écosystème (Chouteau, 2004).

1.3 Quelques paramètres physico-chimiques des eaux

1.3.1 Paramètres physiques

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.

1.3.1.1 La température

Elle est une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. Elle se mesure au moyen d'un thermomètre ou d'un multiparamètre. C'est un paramètre physique qui influence considérablement la multiplication microbienne ainsi que le métabolisme. Selon la température optimale de développement, les micro-organismes sont classés en trois catégories (Leclerc et coll, 1989).

- Les germes mésophiles qui supportent une température moyenne comprise entre 20 et 40°C ;
- Les germes psychrophiles dont la température optimale de croissance est située entre 0 et 15°C ;
- Les germes thermophiles qui se multiplient préférentiellement entre 45 et 85°C. Il faut noter que la majorité des bactéries pathogènes sont des mésophiles.

1.3.1.2 Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est une échelle logarithmique qui varie de 0 (très acide) à 14 (très basique ou alcalin). La valeur 7 correspond une solution neutre. Il traduit l'acidité, alcalinité ou la neutralité d'une eau et mesure l'activité des ions H+ contenus dans cette eau. Le pH 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). Les micro-organismes se multiplient dans une gamme étendue de pH. Cependant chaque espèce à un pH optimum de croissance. Les bactéries se multiplient en milieu neutre ou légèrement alcalin ($7 < pH < 7,5$). Pour survivre, elles doivent s'adapter aux modifications de pH de l'environnement (Faber et coll, 1961).

1.3.1.3 La Conductivité électrique

La conductivité est une expression numérique de l'aptitude d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs, par contre les composés organiques ne le sont pas (IBGE, 2006). La conductivité électrique

standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (mS/m) à 20°C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm.

1.3.1.4 La salinité

La salinité désigne la quantité de sel dissous dans un liquide. Le sel ainsi dissous modifie les propriétés de l'eau mais surtout la capacité de l'eau à dissoudre et sa densité. La quantité de sels dissous dans un liquide agit également sur la pression osmique de celle-ci (Chouti, 2011).

1.3.1.5 Solide Totaux Dissous

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). 1.3.1.6 Turbidité La turbidité, généralement exprimée en Unités de Turbidité Néphélométriques (UTN), décrit le trouble de l'eau provoqué par des particules en suspension (par exemple, l'argile et les limons), des précipités chimiques (par exemple, le manganèse et le fer), des particules organiques (par exemple, des débris de plantes) et des organismes. La turbidité peut être due à la mauvaise qualité de l'eau de source, à un mauvais traitement et, dans les réseaux de distribution, au remaniement de sédiments et de biofilms ou à l'intrusion d'eau souillée par des fissures dans le réseau et autres déficiences (OMS, 2017).

1.3.2 Paramètres chimiques

1.3.2.1 L'ammonium

L'ammonium est fréquent dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne (Bremond et al, 1973). L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, qui est un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique (De Villers et al, 2005).

1.3.2.2 Les nitrates

Les nitrates présents naturellement dans les eaux, proviennent en grande partie de ruissellement des eaux sur le sol constituant le bassin versant (Bremond et al, 1973). Les eaux naturelles non polluées contiennent généralement peu de nitrates. Les nitrates présents dans

l'eau peuvent provenir de sources indirectes ou directes (De Villers et al, 2005). Dans les effluents riches en azote organique (protéines, acides aminés, urée…), Les molécules sont tout d'abord transformées en ammonium qui est ensuite oxydé en nitrites puis en nitrates sous l'action de bactéries nitrifiantes. Ces processus d'oxydation, également appelés «nitrification», sont très sensibles à la présence de substances toxiques (métaux, pesticides) et aux faibles températures. Les nitrates sont l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs, stimule le développement de la flore aquatique. Les nitrates en eux-mêmes ne présentent pas de danger particulier pour la santé, c'est leur transformation en nitrites dans l'estomac qui peut être toxique (CPEPESC, 2017).

1.3.2.3 Les nitrites

Les nitrites comme les nitrates sont présents à l'état naturel dans les sols, les eaux et les plantes, mais généralement en faible quantité. Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (par voie chimique et bactérienne). Des concentrations élevées en nitrites, témoignent souvent de la présence de matières toxiques (De Villers et al, 2005). Une forte concentration de nitrites dans l'organisme peut provoquer des maladies graves Dans l'eau les nitrites sont toxiques pour les espèces aquatiques (CPEPESC, 2017).

1.3.2.4 L'orthophosphate

Les phosphates proviennent des phosphates calciques, de la contamination fécale, des engrais ou de l'industrie chimique. Ils peuvent avoir un effet bénéfique comme le sel nutritif, ils ne sont pas toxiques vis-à-vis des poissons. Par contre, si les phosphates qui sont difficilement dégradables, sont normalement présents et utiles à faible dose dans l'eau et les sols, leur excès est (avec les nitrates) une des causes de l'eutrophisation. Ils contribuent notamment aux problèmes de turbidité liés au verdissement des eaux (Chouti, 2011).

1.3.2.5 Le phosphore total

Le phosphore total est présent dans les eaux naturelles sous deux formes : phosphate et phosphore organique. Une partie importante du phosphore contenu dans les eaux provient des rejets urbains. Assimilé par les algues, les phosphates se transforment en phosphore organique sous l'influence de la photosynthèse. Au-delà de 20 µg/L en P dans les eaux naturelles, cet élément est considéré comme un facteur déterminant de l'eutrophisation des plans d'eau (Rodier et al, 2009).

1.4 Généralités sur le phytoplancton

1.4.1 Le phytoplancton

Le plancton du grec « planktos » signifiant « errant » a été pour la première fois utilisé par le Zoologiste allemand Victor Hensen en 1887. Il désigne l'ensemble des organismes aquatique vivant librement dans la colonne d'eau, et dont les mouvements propres ne leurs permettent pas de lutter contre ceux des masses d'eau les portants (Trombetta, 2019). Les organismes planctoniques peuvent être regroupés selon leur taille, leur nature, les caractéristiques biologiques de leur cycle de développement, leur répartition verticale dans la colonne d'eau ou le type d'environnement qu'ils peuplent (Hamaidi Chergui, 2012). Le plancton peut être autotrophe, hétérotrophe ou mixotrophe, viral, procaryote ou eucaryote, animal ou végétal, unicellulaire ou pluricellulaire (Trombetta, 2019). On distingue les plus généralement deux grands groupes : le phytoplancton et le zooplancton (Berrabah et Tebrour, 2016). Le phytoplancton (du grec « phyton » ou plante et « planktos » ou errant), ou plancton végétal, désigne l'ensemble des organismes unicellulaires, principalement autotrophes, vivant dans l'eau et soumis au mouvement des masses d'eau. Il est constitué de cellules de diverses morphologies et de petites tailles (de moins d'1µm à plus de 100 µm), d'où leur appellation parfois de microalgues. Les cellules phytoplanctoniques peuvent vivre seules, dispersées, en colonies ou en étroite association (Arzul et Quiniou, 2014). A l'instar des végétaux terrestres, le phytoplancton est photo autotrophe et contient de la chlorophylle (Boulefa, 2020), dont la présence et l'abondance sont variables selon les espèces algales (différent formes de chlorophylle, caroténoïdes et biliprotéines) (Druart et Balvay, 2009), ce qui lui permet d'effectuer la photosynthèse (Boulefa, 2020).

1.4.1.1 La classification du phytoplancton

La classification des microalgues évolue au fil du temps. Elle se faisait traditionnellement, selon la pigmentation et les caractéristiques morphologiques (forme, taille, organisation des chloroplastes, présence, disposition et structure des flagelles) ou biochimiques selon les types de chlorophylle, de la présence ou l´absence des pigments surnuméraires. Actuellement celle-ci est largement bouleversée par l'utilisation d'autres techniques de plus en plus avancées, à la fois en microscopie et en biologie moléculaire (Mann et al., 2010).

Le phytoplancton est un groupe hétérogène d'organismes, divisés en :

les Diatomées (Bacillariophycées), les Dinoflagellés (Dinophycées), les Cryptophycées, les Chrysophycées, les Chlorophycées, les Xantophycées, les Euglenophycées, les Cyanophycées (Cyanobactéries) (Abdennadher, 2014).

1.4.1.1.1 Les cyanobactéries

Dénommées également Algues bleues (Ozenda, 2000), elles se répartissent en 150 genres regroupant quelques 2000 espèces. Le diamètre de ces procaryotes varie d'environ 1 à 10µm (Duy et al., 2000). La plupart des cyanobactéries sphériques appartiennent à la famille des Chroococcacées et les filamenteuses aux familles des Nostocacées et Oscillatoriacées (Bourrelly, 1985).

Les Cyanobactéries ne possèdent pas de noyau à membrane définie, ce sont des bactéries à Gram négatif « procaryotes » (Hoek et al., 1995), les pigments présents dans la cellule sont nombreux : chlorophylle a et c, phycocyanine, phycoérythrine, et les pigments d'accompagnements β-carotène et des xanthophylles. Certaines espèces ne possèdent que de la chlorophylle, ces pigments ne sont pas portés par des plastes mais sont diffusés dans le cytoplasme et donnent aux cellules une coloration homogène généralement bleu-vert (Bourrelly, 1966).

Les Cyanobactéries sont dépourvues de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux. Les réserves sont constituées par le glycogène, la cyanophycine et des gouttelettes lipidiques. Il existe aussi des granules de polyphosphates. La multiplication s'effectue principalement par division cellulaire et par fragmentation chez les filamenteux (De Reviers, 2003).



Figure 2: Images montrant la diversité des cyanobactéries (Groga, 2012).

1.4.1.1.2 Les Chlorophycées

Elles forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié et sont réparties en 4 classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygophycées et les Charophycées. Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces (John, 1994). Les chlorophycées sont des micros algues vertes vivant isolées ou organisées en colonies dans les eaux marines et douces des zones tempérées et chaudes. Unicellulaires ou pluricellulaires, de forme ovoïde, elles mesurent de 1 à 10 microns et peuvent, comme les chrysophycées, posséder deux flagelles qui leur permettent de se maintenir en surface.





a) Scenedesmus **b) diversité des chlorophycées**

Figure 3: Images montrant la diversité des chlorophycées et un Scenedesmus (Groga, 2012)

1.4.1.1.3 Les cryptophycées

Elles sont unicellulaires, mobiles de par la présence de deux flagelles (de taille égale) et dépourvues de paroi cellulaire (Groga, 2012). En effet, l'enveloppe qui les entoure est appelée périplaste et est composé de deux couches distinctes, le périplaste interne (succession de plaques protéiques) et le périplaste externe (membrane protéique unique) qui entourent la membrane plasmique (Kugrens et Clay, 2003). Les cellules sont aplaties dorso-ventralement et sont pourvues d'une invagination antérieure qui porte les deux flagelles.

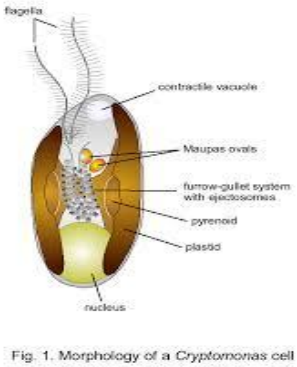
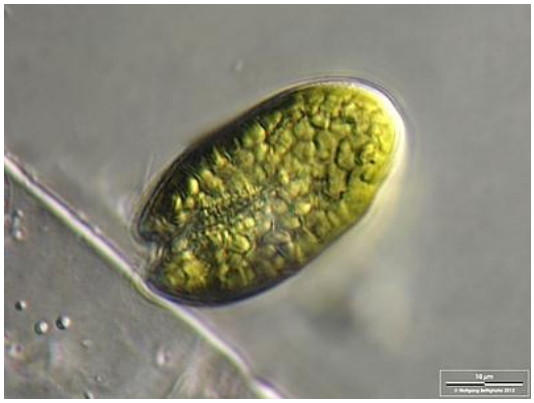


Fig. 1. Morphology of a *Cryptomonas* cell



a) morphologie des cryptophycées b) Cryptomonas

Figure 4: Images montrant la morphologie des cryptophycées et un Cryptomonas (taxondiversity.fieldofscience.com).

1.4.1.1.4 Les euglenophycées

Il s'agit d'algues unicellulaires, le plus souvent mobiles et flagellées, avec des plastes verts contenant de la chlorophylle a et b associée à du β carotène. On dénombre environ 40 à 50 genres et 650 à 1 050 espèces (De Reviers, 2003). Les réserves glucidiques sont constituées par le paramylon, en grains extraplastidiaux de formes diverses, formant une calotte autour des pyrénoïdes. Des gouttelettes lipidiques constituent des réserves supplémentaires. Le noyau est souvent volumineux, bien visible et pourvu d'un nucléole bien différencié (Compère, 1989). Ce sont des micro-organismes dulçaquicoles retrouvés en particulier dans des milieux riches en matière organique selon (Iltis, 1980), eaux douces ou saumâtres**.**

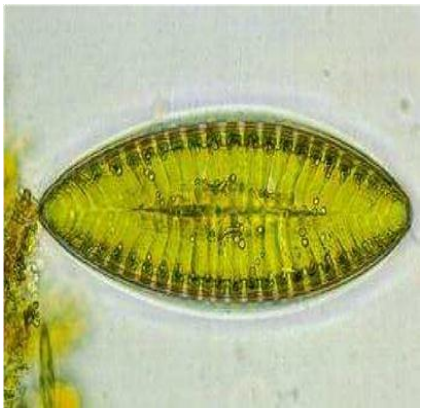


Figure 5*:* Images montrant la diversité des Euglenophycées (Abdennadher, 2014).

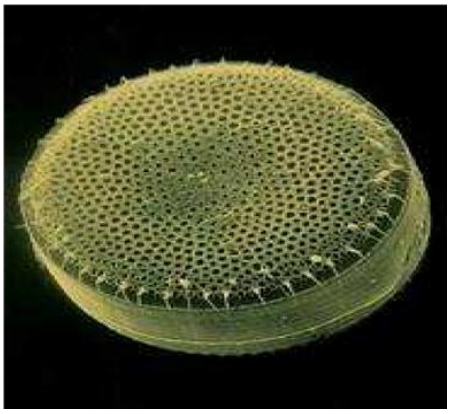
1.4.1.1.5 Les diatomées

Les diatomées (encore appelées bacillariophycées ou diatomophycées) sont des algues unicellulaire ou coloniales, quelques fois filamenteuse, à plastes brunes ou jaunes contenant de la chlorophylle a carotène et plusieurs xanthophylles (Andere, 1975). Elles engloberaient plus de 100 000 espèces et on estime que seulement près de 15 000 ont été identifiées à ce jour (Groga, 2012), et se caractérisent par la présence d'une paroi cellulaire siliceuse appelée frustule (Germain, 1981). On distingue deux grandes catégories de diatomées selon la géométrie selon la géométrie frustule :

- Les diatomées pénales, à symétrie bilatérale : le frustule allongée présente des stries disposées autour d'un plan de symétrie.
- Les diatomées centrales, à symétrie radiale : le frustule circulaire porte des stries rayonnant, depuis un point ou une aréole (qui n'est pas forcément situé au centre de la valve), ou une réticulation.



a) diatomées pennées



b) diatomées centrique.

Figure 6 : Images montrant la diversité des diatomophycées (Benfiala et al. 2013).

1.4.1.1.6 Les dinoflagellés

Aussi connus sous le nom de dinophycées, elles regroupent environ 300 espèces et sont des algues flagellées unicellulaires dont la plupart sont mobiles. Une ceinture transversale, le cingulum, encercle la cellule et la divise en une épithèque et une hypothèque alors qu'une invagination longitudinale, le sulcus, définit la face ventrale de la cellule. Ils possèdent des plaques de cellulose sur la partie externe de la membrane et la taxonomie de ces microorganismes est basée sur le nombre et l'arrangement de ces plaques (Kofoid, 1909). On distingue les dinoflagellés « nus » et les dinoflagellés « cuirassés » possédant une thèque de cellulose (enveloppe servant de protection).

1.4.1.1.7 Les xanthophycées

Elles regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes (β-carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte (Ettl, 1978). Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de tailles différentes. La paroi cellulaire est souvent absente et quand elle est présente, elle contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse chez plusieurs espèces.

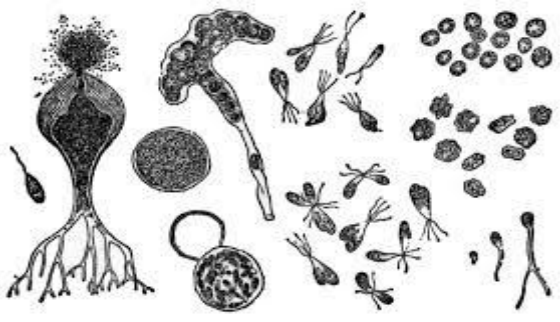




Figure 7 : Images montrant la diversité des Xantophycées (Abdennadher, 2014).

1.4.1.1.8 Les chrysophycées

Ce sont des algues unicellulaires ou coloniales (rarement filamenteuses), dont certaines vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique. Leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en xanthophylles (lutéine, fucoxanthine, diadinoxanthine) et caroténoïdes (β-carotène) masquant la couleur due aux chlorophylles à (Wetzel et al, 2001). Dotée de deux flagelles, elle peut se déplacer, sans toutefois contrer les courants, et occuper tout le volume des eaux de surface, à la différence des diatomées qui tombent rapidement au fond de la mer où elles nourrissent le zooplancton benthique et les filtreurs (huîtres, moules…). C'est un phytoplancton très intéressant pour les réseaux trophiques car il est présent partout (Mollo et Noury, 2013).

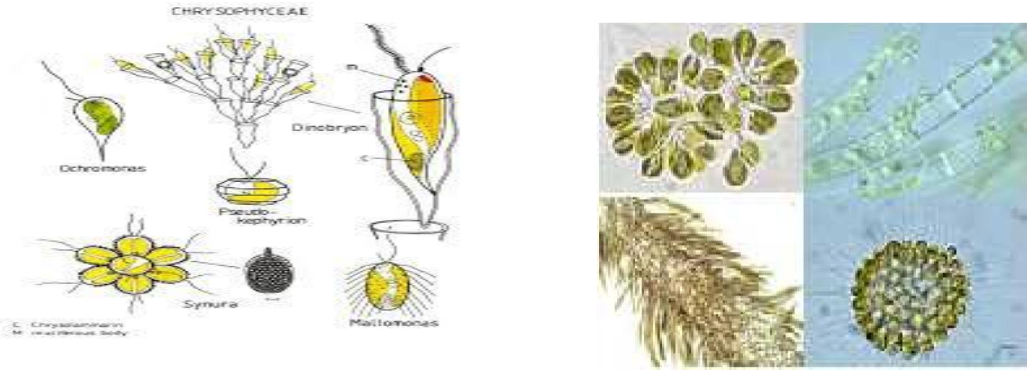


Figure 8: Image montrant la diversité des chrysophycées (Abdennadher, 2014)

CHAPITRE 2 : Présentation de la zone d'étude

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le Bénin, pays de l'Afrique de l'Ouest compte 10741458 habitants (INSAE, 2019), et couvre une superficie de 114764 km^2. Il s'étend sur 700 km, du fleuve Niger (au Nord) à la côte Atlantique (au Sud). A l'Ouest nous avons le Togo, le Nigéria à l'Est puis le Niger et le Burkina Faso au Nord. 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° 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 Situation géographique de Ganvié

L'arrondissement de Ganvié est situé dans le département de l'Atlantique et plus précisément dans la commune de Sô-Ava. Il a une superficie de 209 km^2 et est localisé entre 6˚27024 et 6˚30 de la latitude Est et entre 2˚23020 et 2˚300 de la longitude Nord. Il est composé de onze (11) quartiers répartis en deux sous arrondissements : Sokomey, Kpassikomey, Agoundankomey, Agonmèkomey et Tohokomey qui constituent le sous arrondissement de Ganvié I tandis que Dakomey, Guèdèvié, Ahouanmongao, Dossougao, Gounsoégbamey et Agbingamey qui forment le sous arrondissement de Ganvié II. La cité lacustre de Ganvié est limitée :

- Au Nord par l'arrondissement de So-Ava,
- Au Sud par le lac Nokoué,
- A l'Est par l'arrondissement de Vekky et
- A l'Ouest par la commune d'Abomey-Calavi.

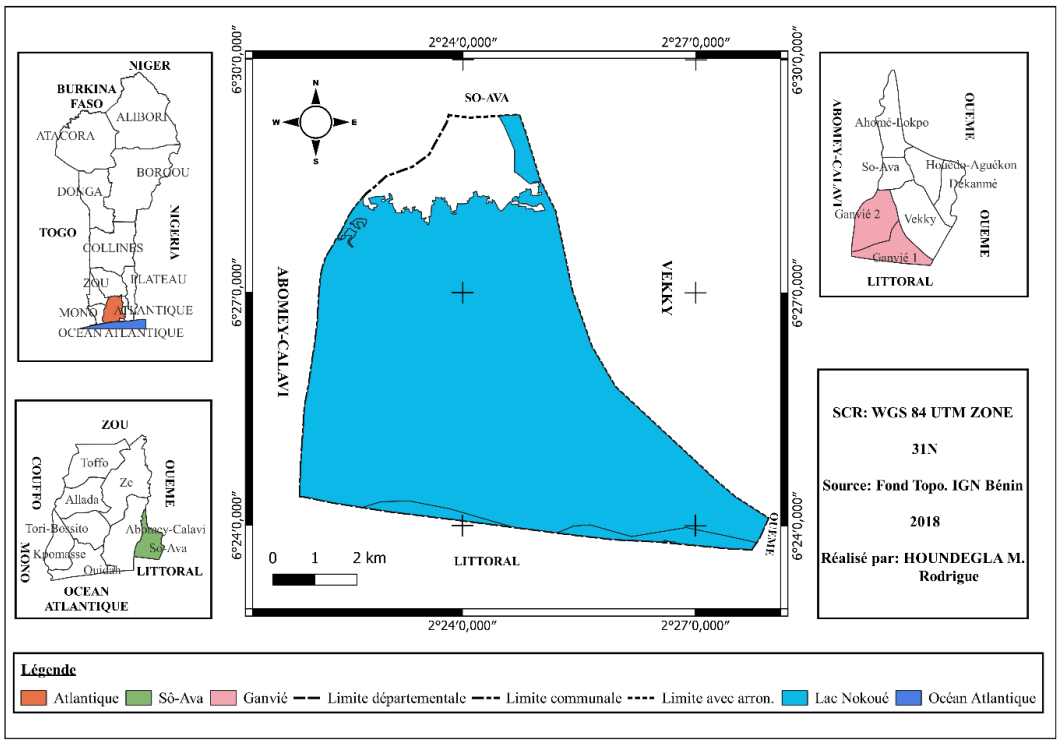


Figure 9 : Carte de localisation de Ganvié.

2.2 Hydrographie

Sur le plan hydrologique, la cité lacustre de Ganvié est arrosée par la rivière Sô et le lac Nokoué. Compris entre les parallèles 6˚200 et 6˚300 Nord, les méridiens 2˚200 et 2˚350 Est, long de 20 km d'est à ouest (Kétonou-Abomey-Calavi) et large de 11 km dans sa direction Nord-Sud (Ouédo-gbadji-Cotonou), le lac Nokoué a une superficie d'environ 150 km^2 en étiage et peut prendre jusqu'à 3 fois cette valeur en période de crue. D'une longueur de 84,4 km, la rivière Sô prend sa source dans le lac Hlan et est reliée à l'Ouémé par des marigots. Ses plus forts débits sont observés pendant les crues. Ganvié se caractérise par sa richesse en eau d'où son appellation de cité lacustre de Ganvié.

2.3 Climat

La cité lacustre de Ganvié jouit d'un climat subéquatorial caractérisé par l'alternance de deux saisons de pluies et de deux saisons sèches. La grande saison de pluie s'étend de mars à juillet et la petite, de septembre à novembre. La moyenne pluviométrique annuelle est de 1200 mm. Les températures varient entre un minimum de 22˚C et un maximum de 35˚C. L'humidité relative s'établit à 69% en saison sèche (Novembre à mars) et à 90% en saison humide.

2.4 Caractéristiques socio-économiques et démographiques de la cite lacustre de Ganvié

2.4.1 Caractéristiques démographiques de Ganvié

Sur le plan démographique, Ganvié est caractérisé par une population en forte croissance naturelle. C'est un milieu où prédomine la jeunesse. Les tendances démographiques observées donnent une population additionnelle de 34000 habitants de 2013 à 2025, soit une population totale de 71 000 habitants, l'équivalent d'une ville moyenne.

2.4.2 Activités économiques de Ganvié

Les populations de Ganvié s'adonnent à plusieurs activités telles que la pêche, le commerce, le tourisme et l'artisanat. La pêche est exercée exclusivement par les hommes. Les plans d'eau exploitables constituent la principale ressource naturelle de la localité et les populations disposent pour leur exploitation, des techniques et des équipements variés. Des groupes professionnels de pêcheurs fonctionnels existent dans la localité où les crues périodiques améliorent les rendements des trous à poissons et des acadja. Les espèces dominantes dans les plans d'eau de Sô Ava sont : Tilapia, Parachana, Ethmalose Chrysichtys, Mugyl, Crevettes, Elops, crabes, etc. Le commerce est dominé par les femmes et les jeunes filles déscolarisées qui mènent des activités génératrices de revenus très diversifiées. Les sources de financement sont les tontines traditionnelles, les institutions de micro finances et les ONG. La facilité de communication avec le Nigéria par voie fluviale contribue au dynamisme du commerce à Ganvié où s'animent des marchés flottants (l'achat et la vente se font en pirogue sur l'eau). Dans cette localité, les infrastructures marchandes se font toujours avec les pirogues. La cité lacustre, Ganvié dispose d'importantes potentialités touristiques. Ganvié est reconnu par l'UNESCO comme patrimoine mondial (1992). Le mauvais état des habitations le long du circuit touristique ajouté à la mauvaise presse qui est faite au site lié à l'insalubrité de l'environnement et à l'insuffisance d'infrastructures d'accueil sont autant de facteurs qui limitent le développement du secteur à l'heure actuelle.

CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES

Dans ce chapitre, plusieurs matériel et méthodes ont été utilisés dans le but d'atteindre les objectifs fixés dans le cadre de la présente étude.

3.1 MATERIEL

Le matériel utilisé dans le cadre de cette étude est composée de :

3.1.1 Matériel de terrain

- ✓ D'une barque motorisée conduite par un pêcheur pour nous faire déplacer sur le lac ;
- ✓ D'un crayon et une gomme ;
- ✓ D'un carnet de notes ;
- ✓ Un GPS de marque GARMIN pour la prise des coordonnées géographiques des divers points d'échantillonnage ;
- ✓ D'un multi- paramètre pour la mesure des paramètres in-situ.
- ✓ Des bouteilles de 1,5L pour le prélèvement des échantillons d'eau destiné aux analyses des paramètres chimiques ;
- ✓ D'un appareil numérique pour prendre les photos.
- ✓ De glacières contenant la glace pour le conditionnement des échantillons
- ✓ Un disque de Secchi pour mesurer la transparence ;
- ✓ Un marqueur et une bande adhésive pour étiqueter les échantillons ;
- ✓ Une fiche de terrain pour relever les valeurs in-situ ;
- ✓ Un filet à plancton pour l'échantillonnage du phytoplancton ;
- ✓ Des flacons en verre pour conserver les planctons récoltés de 250 mL ;
- ✓ Du formol 4% pour fixer le phytoplancton.

3.1.2 Matériels utilisés au laboratoire

Les matériels utilisés au laboratoire sont les suivant :

- ✓ Colorimètre HACH DR 980 pour la lecture des valeurs des paramètres qui seront dosés ;
- ✓ Pissette à eau distillée pour rincer la verrerie et des électrodes
- ✓ L'étuve pour le séchage des échantillons.
- ✓ Des erlenmeyers de 250 ml pour contenir les solutions à préparées
- ✓ Des solutions pour pouvoir doser les paramètres recherchés ;
- ✓ d'un spectrophotomètre DR 2800 pour analyser les nitrates

- ✓ Pipette automatique pour le prélèvement d'un volume précis de l'échantillon à analyser, ainsi que de l'eau distillée
- ✓ Un microscope optique pour l'observation des phytoplanctons
- ✓ Lame étalon pour l'étalonnage du micromètre oculaire

Les planches 1 présente quelques photos des appareils utilisés



Photo 1: spectrophotomètre DR 5000 de marque LANGE (Cliché Rodrigue HOUNDEGLA M. 2023)



Photo 2: Microscope VWR 384 BL384 P (Cliché Rodrigue



Photo 3 : GPSMAP 64 de marque GARMIN (Cliché Rodrigue HOUNDEGLA M. 2023)



Photo 4 : Multi paramètre HANNA HI 9829 (Cliché Rodrigue HOUNDEGLA M. 2023)

HOUNDEGLA M. 2023*)*

3.2 Méthodologie

La démarche méthodologique regroupe l'ensemble des différents techniques allant de la documentation jusqu'à l'acquisition des données suivie de leur traitement. Les différentes démarches sont fonctions de l'objectif en occurrence les objectifs spécifiques.

3.2.1. Recherche documentaire

A cette étape, nous avons jugé utile de prendre connaissance des travaux déjà effectués sur le lac Nokoué à Ganvié, en ce qui concerne l'évaluation des impacts activités anthropiques sur sa qualité, ainsi que tous travaux ayant rapport avec le sujet de la présente étude. Plusieurs sites internet et plusieurs documents ont été consultés à cet effet. Ces différentes investigations nous ont permis d'avoir une meilleure compréhension du sujet et de mieux s'orienter dans la collecte, le traitement et l'analyse des données.

3.2.2.1 Visite exploratoire

Préalablement aux sorties de collecte de données, une première sortie de prospection a permis de découvrir le milieu et de préparer la méthodologie d'enquête.

3.2.2.2 Collecte des données

Cette étape consiste à rassembler les différentes variables qui sont nécessaires pour la réussite du travail. Pour acquérir les données nous avions fait une enquête qui est axée sur les différentes activités menées sur le lac à Ganvié et l'exploitation du lac, en suite une campagne d'échantillonnage qui nous a permis de prélever l'eau afin de les amener au laboratoire pour les analyser.

3.2.2.3 Enquête de terrain

Cette phase de notre méthodologie nous a permis de recueillir les informations nécessaires concernant les activités socioéconomiques menées sur le lac Nokoué. Les enquêtes ont été menées dans l'arrondissement de Ganvié qui est la portion du lac concernée par la présente étude.

Ne pouvant pas interviewer toute la population alors nous avons utilisé la formule suivante pour déterminer la taille de notre échantillon :

$$\boldsymbol{n = (tp^2 \mathrm{P}(1 - \mathrm{P}) \times N)/(tP^2 \times P((1 - \mathrm{P}) + (N - 1) \times y^2)}$$

Avec :

- n : taille de l'échantillon.
- N : taille de la population.
- P : proportion attendue d'une réponse de la population ou proportion réelle. Nous envisageons prendre 0,5 en raison du manque d'information concernant une possible enquête du type sur Ganvié.
- tp : intervalle de confiance d'échantillonnage. Dans notre cas nous considérons un intervalle de confiance égal à 95% donc tp=1,96 et

- y : qui est la marge d'erreur d'échantillonnage correspondra alors 5% (Rea L.M et al, 1997)

En conclusion, nous avons interviewé 50 ménages. Pour avoir une idée claire sur tout le ménage nous avions pris en compte trois personnes par ménage cela permet de savoir les différentes activités qui font dans chaque ménage ce qui fait cent cinquante (150) personnes interviewées.

3.2.2.4 Prélèvement d'échantillons d'eau

Le choix des points de prélèvement a été faite sur la base des entrées, sorties du lac, et des lieux d'activités anthropiques, des déversements domestiques. Dix points (10) de prélèvement ont été identifiés. La figure 10 présente la localisation de ces points de prélèvement.

Tableau 1 : Raison de choix des sites de prélèvements

Sites	Localités des sites de prélèvements	Raisons de choix
St1	Hôtel Raphael	Présence de l'hôtel avec ses différentes formes de rejet des eaux usées et déchets solides, liquides
St2	Fin Ganvié 1	La densité de la population environnante avec le rejet des eaux usées et absence de fosse septique
St3	AEV Sokomey	Présence d'un poste de transformation des huitres en engrais
St4	Dossougao	Présence d'acadja
St5	Dakomey	Elevage de porcs
St6	Gbaméchèwa	La densité de la population environnante avec le rejet des eaux usées et absence de fosse septique
St7	Kpassikomey	La densité de la population environnante avec le rejet des eaux usées et absence de fosse septique
St8	Ekinkon	Forte pratique de pêche, Présence d'acadja
St9	Gbailamey	La densité de la population environnante avec le rejet des eaux usées et absence de fosse septique
St10	Agbingamey	La densité de la population environnante avec le rejet des eaux usées et absence de fosse septique

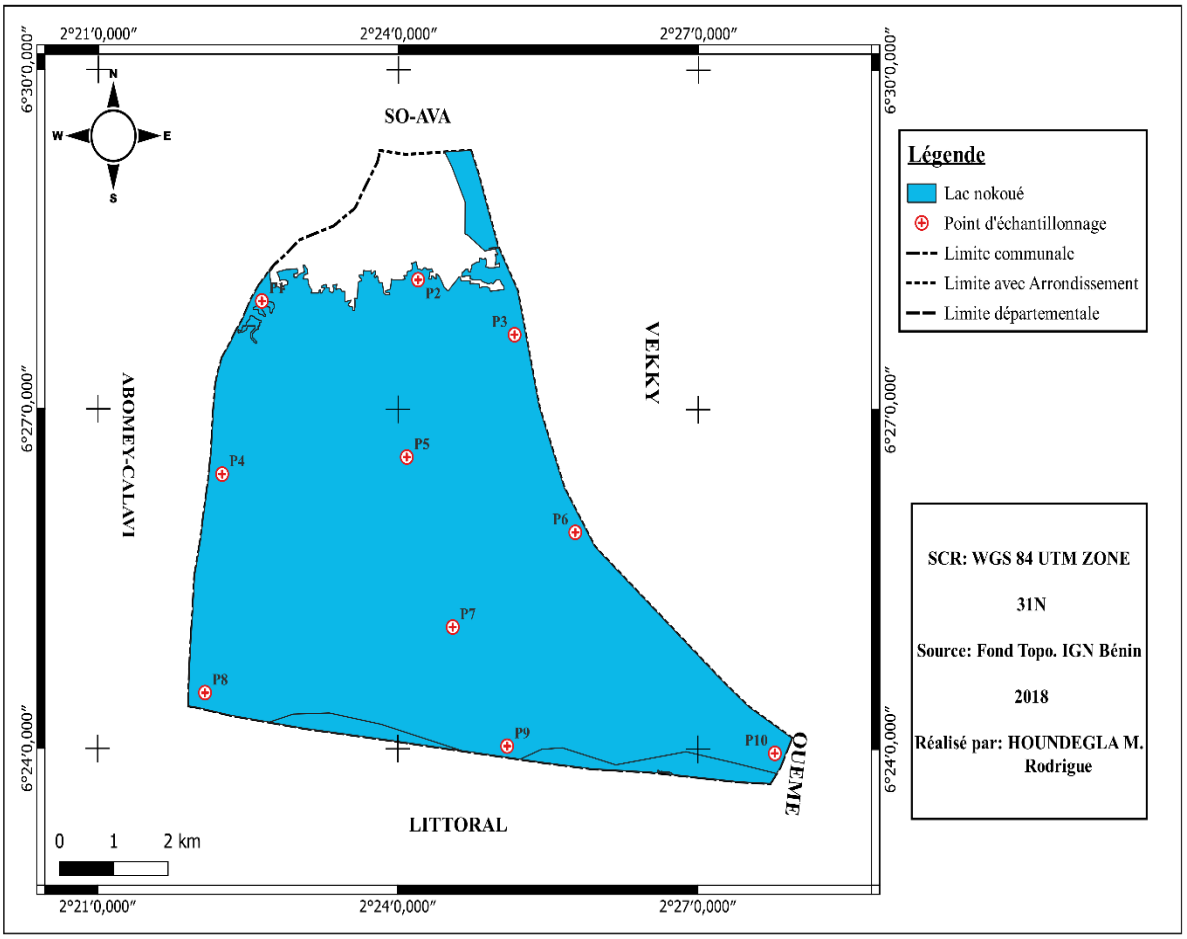


Figure 10: Les points de prélèvement et mesure

3.2.3 Les techniques d'échantillonnage

- **Echantillonnage d'eau pour les analyses physico-chimiques**

Au niveau de chaque point de prélèvement, un échantillon d'eau brute a été prélevé dans une bouteille plastique de 1500 mL préalablement rincée avec l'eau de la station. Ces échantillons d'eau sont destinés au dosage des sels dissouts que sont : les nitrites, les nitrates, les phosphates, l'ammonium et le phosphore totale. Ils ont été ensuite mis dans une glacière contenant de la glace pour leur acheminement au laboratoire. Parallèlement, un bécher en verre de 250 ml a été utilisé pour prélever l'eau pour les mesures in situ. Le bécher a été rincé 3 fois avec l'eau à analyser avant d'opérer les mesures et rincé avec de l'eau distillée avant tout autre prélèvement.

- **Echantillonnage de phytoplancton**

L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'un filet à plancton de maille 20 µm. C'est généralement un filet conique qui est soutenu par un entonnoir, un embout qui se trouve à

l'extrémité du filet et permet de concentrer la quantité d'eau filtrée. Le filet sera drainé sur une distance de 5 à 10 m environ, à contre-courant de façon horizontale. L'échantillon prélevé est ensuite versé dans un flacon en verre de 250 mL et fixé l'échantillon au formol.

3.2.4 Réalisation des mesures

Sur le terrain comme au laboratoire, la mesure de plusieurs paramètres a été effectuée

❖ Sur le terrain

Ce sont les paramètres in-situ (pH, conductivité, température, Salinité, oxygène dissous, les solides totaux dissoute), qui sont mesurés à l'aide d'un multiparamètre LAQUA avec des sondes. Avant chaque mesure, la localisation des sites de prélèvement sera réalisée à l'aide d'un GPS de marque GARMIN. La mesure de la transparence se fera grâce au disque de Secchi.

❖ Analyse au laboratoire

- **Analyse physico-chimique**

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées par la méthode de Rodier et *al*, 2009. Ces analyses concernent les nutriments tels que les nitrates, nitrites, ammonium, orthophosphate et phosphores total (voir annexe)

Dénombrement et identification du phytoplancton

Afin d'atteindre notre troisième objectif spécifique qui est de dénombrer le phytoplancton du milieu d'étude, les échantillons prélevés au niveau de chaque point d'échantillonnage dans des flacons de 250 mL seront conservés pendant 24 h et on diminuera le surnageant à la moitié du volume prélevé qui est environ 250 mL. Le dénombrement du phytoplancton sera fait à l'aide du microscope photonique de marque VWR selon le protocole suivant :

- ✓ Prélever une goutte d'eau au fond à l'aide d'une pipette après homogénéisation ;
- ✓ Déposer cette goutte entre lame et lamelle puis observée au microscope photonique à l'objectif 40 ;
- ✓ Prélever ensuite 1 mL de l'échantillon avec une micropipette et on étale sur la cellule de bulker ;
- ✓ A travers le microscope on observe les espèces qu'on dessine et au fur et à mesure on compte les espèces retrouvées plusieurs fois ;
- ✓ Les espèces observées sont identifiées à l'aide des différentes clés d'identification recueillies sur internet.

3.2.5 Traitement des données

Les données statistiques recueillies sur le terrain et celles issues des analyses de laboratoire, ainsi que le calcul de l'indice, la réalisation des graphes et tableaux ont été réalisés sur Excel 2016. Le logiciel QGIS 3.16.15 a servi à la réalisation des cartes. Le logiciel Microsoft Word 2016 a été utilisé pour la rédaction du document. Le logiciel R-Studio 4.3.0 a servi également pour la réalisation de la matrice de corrélation de Pearson afin d'identifie les potentiels facteurs physico-chimiques influençant l'abondance de différentes classes phytoplanctoniques.

L'abondance des organismes A (en nombre d'individu par litre) ont été calculées par la méthode APHA, 1992 selon la formule,

$$A = \left(\frac{n}{v_1}\right) \times \left(\frac{v_2}{v_3}\right)$$

n : nombre d'individus comptés
v_1: volume de l'échantillon observé au microscope (1 mL)
v_2 : volume du filtrat concentré (250 mL)
v_3: volume d'eau filtré (50 L)

CHAPITRE 4 : Résultats et discussion

Chapitre 4 : Résultats et discussions

4.1 Résultats

Les résultats de nos différents travaux se présentent en trois parties : les différentes activités pratiquées autour du lac à Ganvié, le résultat des analyses physico-chimiques et le résultat de l'analyse biologique.

4.1.1 Les différentes activités pratiquées par la population de Ganvié

Les enquêtes menées sur la cité lacustre de Ganvié, nous a permis d'identifier trois activités pratiquées par les habitants de ce milieu à savoir : la pêche, l'élevage et le commerce. Sur les 150 personnes interviewées 112 pratiquent la pêche soit 76% de l'effectif, 22 personnes pratiquent l'élevage soit 14% de l'effectif et 16 pratiquent le commerce soit 10% de l'effectif. Il est alors contacté de ses données statiques que la pêche est la principale activité menée à Ganvié.

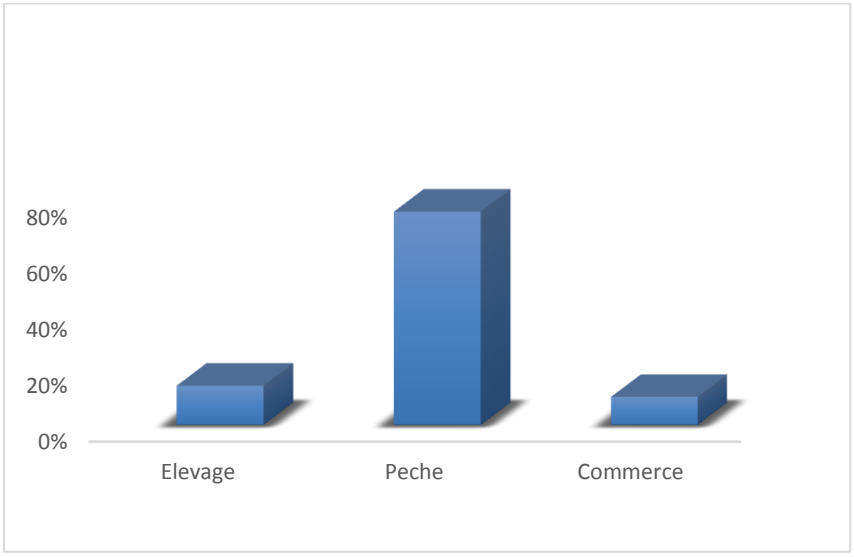


Figure 11 : Les types d'activités menés à Ganvié

4.1.2 Gestion des ordures ménagères

La population dispose de trois (03) mécanismes de gestion des ordures ménagères à savoir : le brûlage, le rejet des ordures au bord du lac, dans le lac.

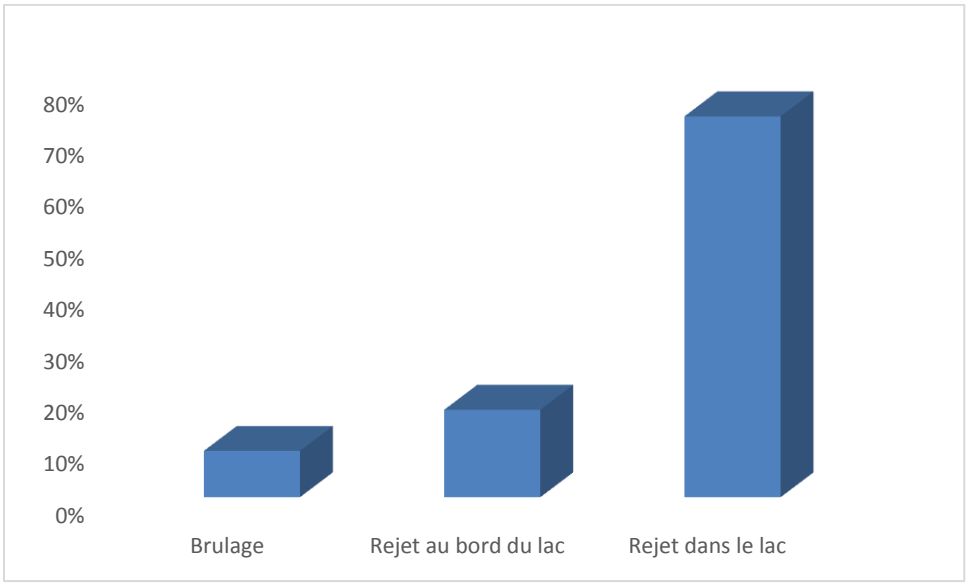


Figure 12: Mode de gestion des ordures ménagères

Les modes de gestion les plus répandus à Ganvié sont le rejet dans le lac (74%), au bord du lac (17%). Le mécanisme de brûlage est rare soit 9%.

4.1.3 Gestion des eaux usées

Les données issues des enquêtes nous révèlent à travers la figure ci- dessous que 100% de la population de Ganvié rejette directement les eaux usées dans le lac.

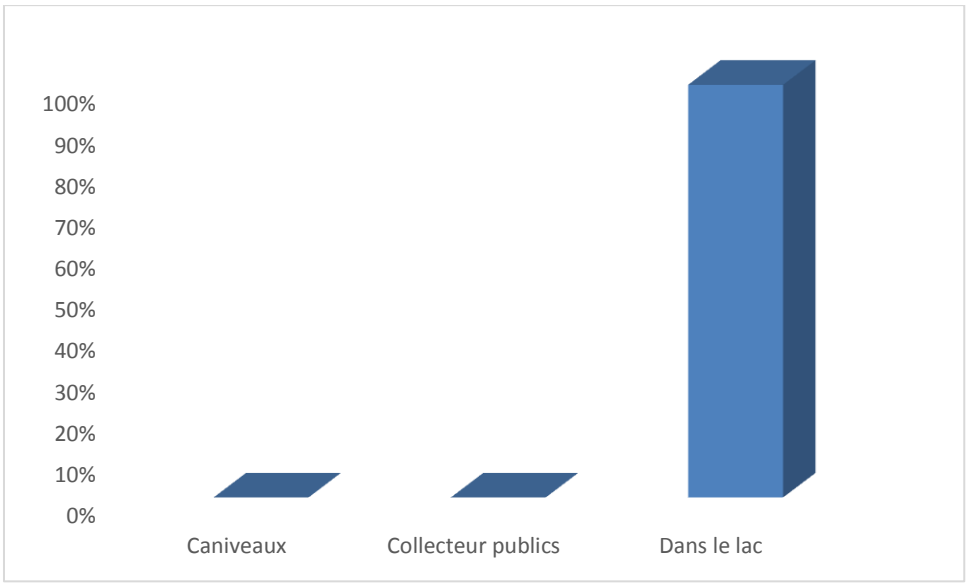


Figure 13 : Modes de gestion des eaux usées

De ce fait nous pouvons dire que la population de Ganvié ne dispose pas d'un système de gestion des eaux usées.

4.1.4 Evacuation des excrétas

La figure montre nous les modes d'évacuation des excrétas. De cette figure l'évacuation des excrétas se fait de deux manières soit dans les fosses septiques (6%) soit directement dans le lac, ce qui est le plus fréquemment adoptée par la population soit 94%

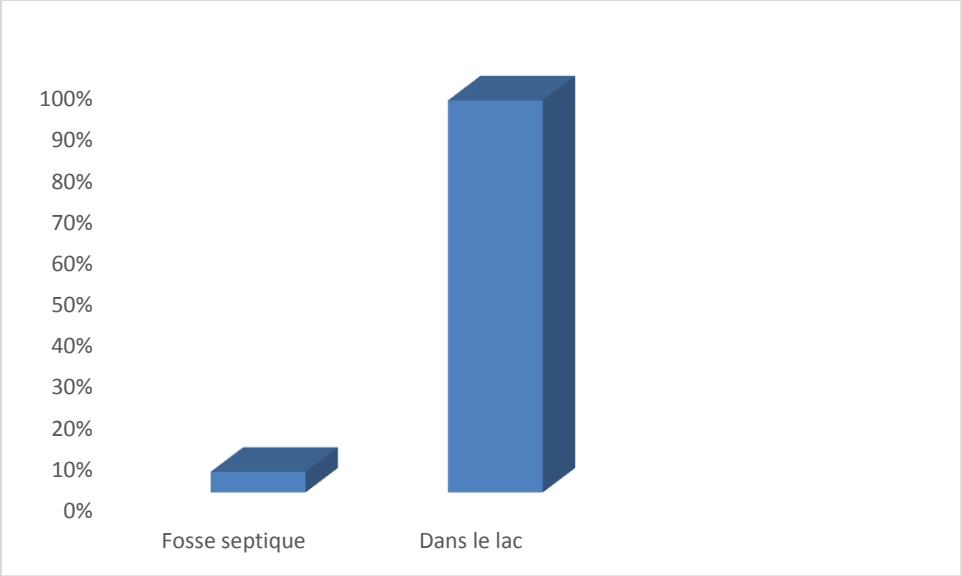


Figure 14: Modes d'évacuation des excrétas

4.2. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau du lac Nokoué à Ganvié

Les données issues de nos travaux de recherche sur le terrain comme au laboratoire concernant la qualité physico-chimique et biologique de l'eau du lac Nokoué à Ganvié ont été collectées. Dans ce chapitre nous présentons les résultats les plus pertinents**.**

4.2.1. La température

La Figure 15 montre la variation de la température de l'eau du lac Nokoué à Ganvié.

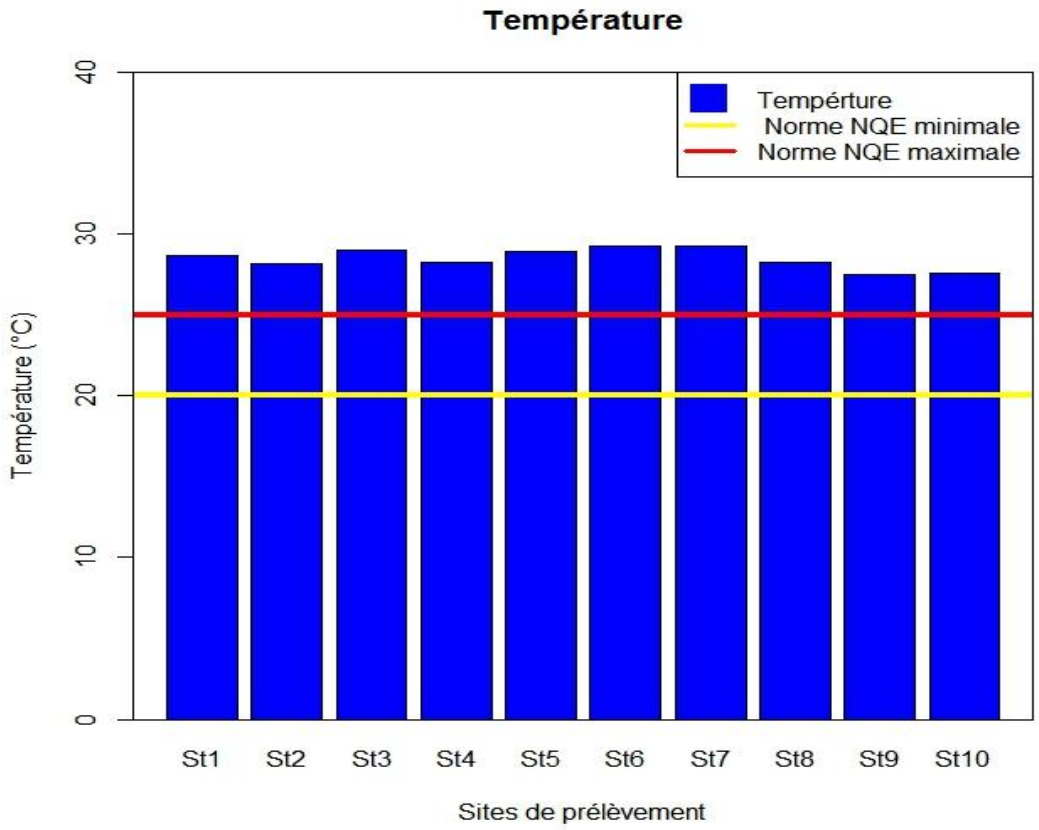


Figure 15 : Variation de la température sur différents sites

Dans le milieu d'étude les valeurs de température des eaux varient entre 27,5°C et 29,30 °C avec une moyenne de 28,51°C. La valeur minimale est observée au niveau du site St 9 et la valeur maximale au niveau du site St 6 et 7. Nous remarquons que les valeurs de la température de ces eaux ne se trouvent pas dans la plage [20-25] qui représente la valeur normalisée pour ce paramètre (NQE, 2015).

4.2.2. Le potentiel d'hydrogène

La Figure 16 nous montre la variation du pH au niveau des différents sites.

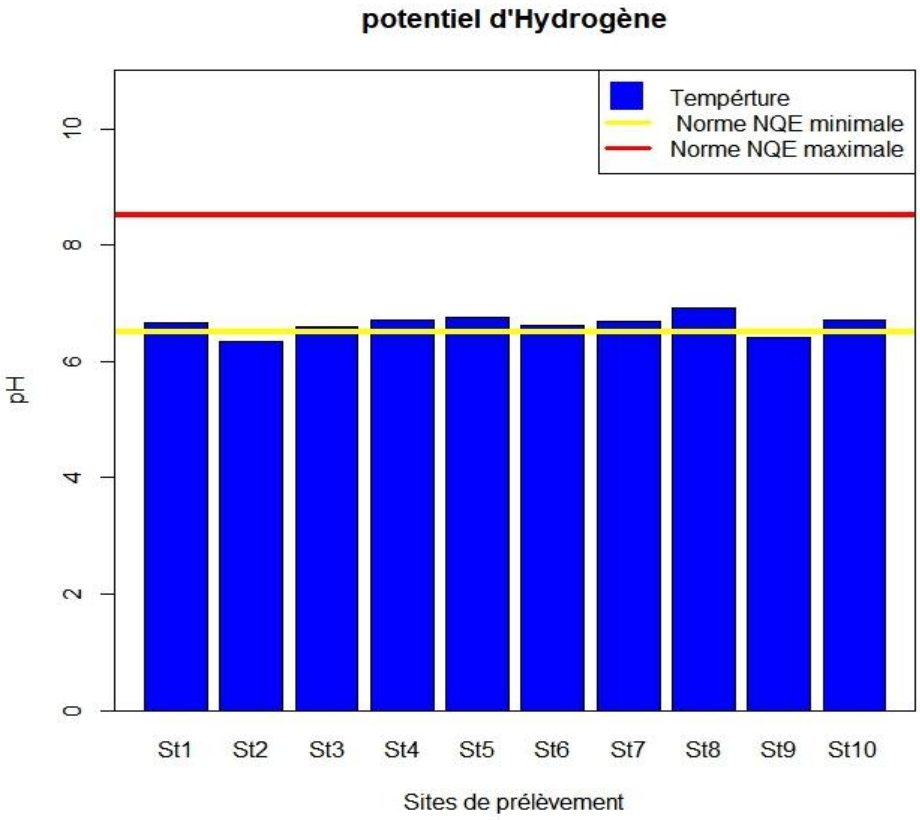


Figure 16 : Variation du pH au niveau des différents points

Pour l'ensemble des eaux échantillonnées dans le lac Nokoué à Ganvié les valeurs du pH varient entre 6,35 (site 2) et 6,91(site 8) avec une moyenne de 6,64. Nous remarquons que ces valeurs sont entre 6,5 et 8,5 représentants la NQE à l'exception des sites 1 et 2. Ces valeurs traduisent le caractère acide de ces eaux.

4.2.3. La conductivité électrique

La Figure 17 nous présente la variation de la conductivité électrique des différents sites

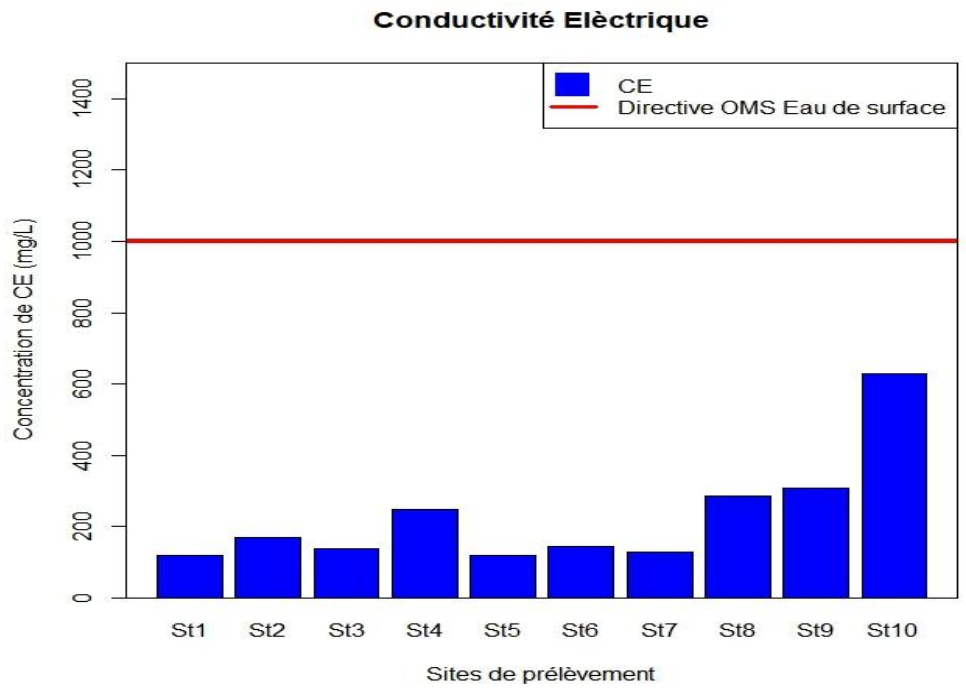


Figure 17 : Variation de la conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité au niveau des différents sites varient entre 117 µs/cm (site 5) et 627µs/cm (site10) avec une moyenne de 227,9 µs/cm. Ces valeurs sont dans la limite de la norme recommandée par les directives de l'OMS qui est de 1000 µs/cm.

4.2.4. Les matières en suspension

La Figure 18 présente l'évolution de la concentration de matière en suspension au niveau des sites de prélèvement.

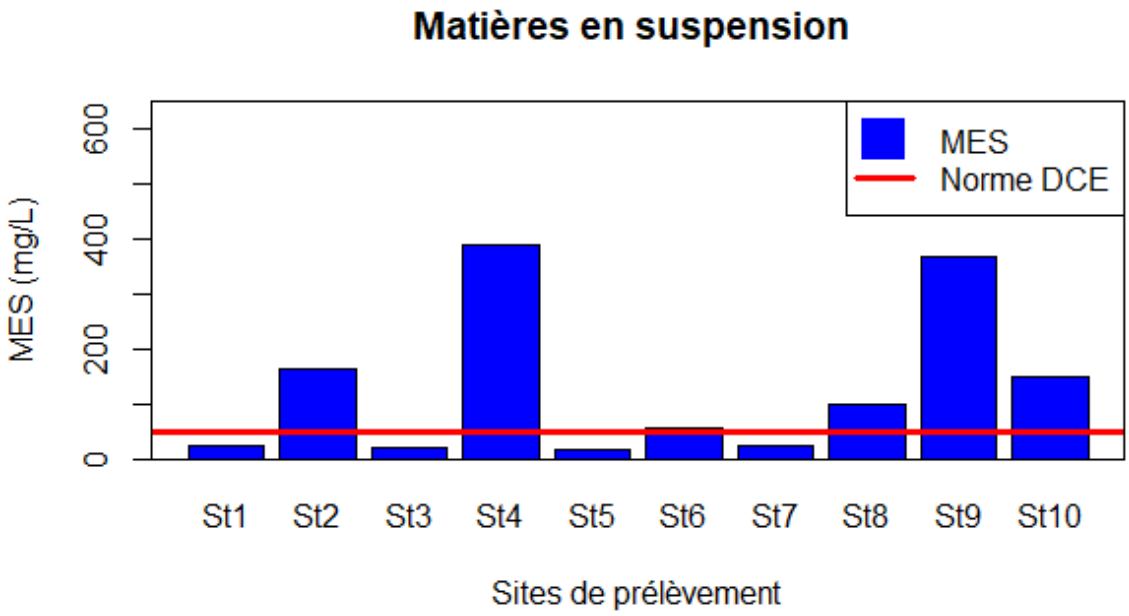


Figure 18 : Evolution de la teneur en MES sur les différents sites de prélèvement

On constate que les valeurs de la teneur en MES varient entre 19 mg/L et 389 mg/L. La plus faible valeur est obtenue au niveau du site 3 et la plus forte au niveau du site 4 avec une moyenne de 130,8 mg/L. Seulement les valeurs obtenues au niveau sites 1, 3, 5, et 7 qui sont en dessous la limite de la norme DCE (< 50 mg/L).

4.2.5. La transparence

La Figure 19 présente les variations de la transparence de l'eau aux sites de prélèvement.

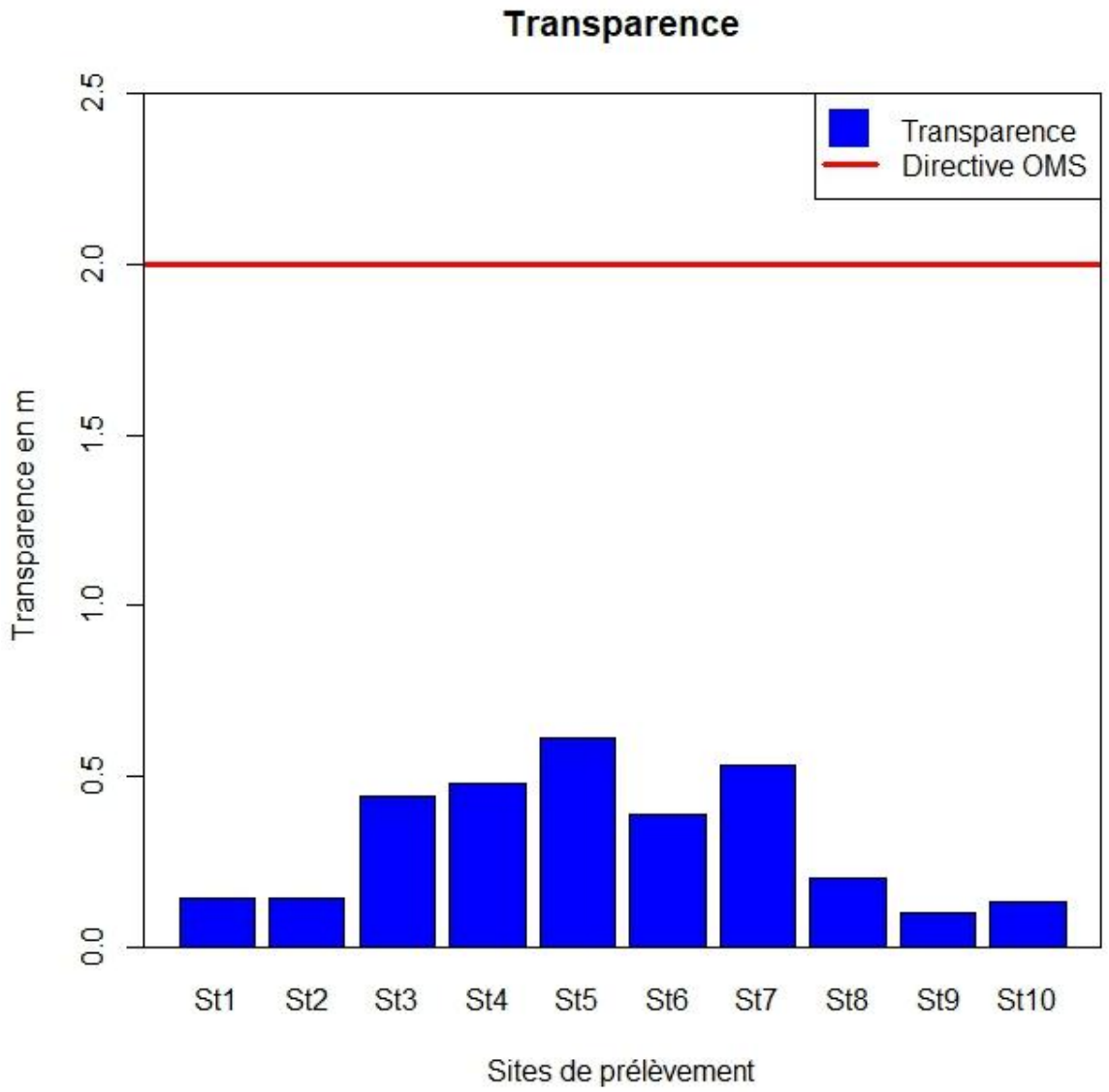


Figure 19 : Variation de la transparence

Les valeurs de la transparence mesurée varient entre 0,1 m et 0,61 m. La plus faible valeur est obtenue au niveau du site 9 (0,1 m) et les plus fortes valeurs au niveau du site 5 (0,61 m) avec une moyenne de 0,31 m. Ces valeurs sont toutes inférieures à la limite de tolérable qui est de 2 m.

4.2.6. L'oxygène dissous

La Figure 20 présente la variation de l'oxygène dissous de l'eau du lac Nokoué à Ganvié.

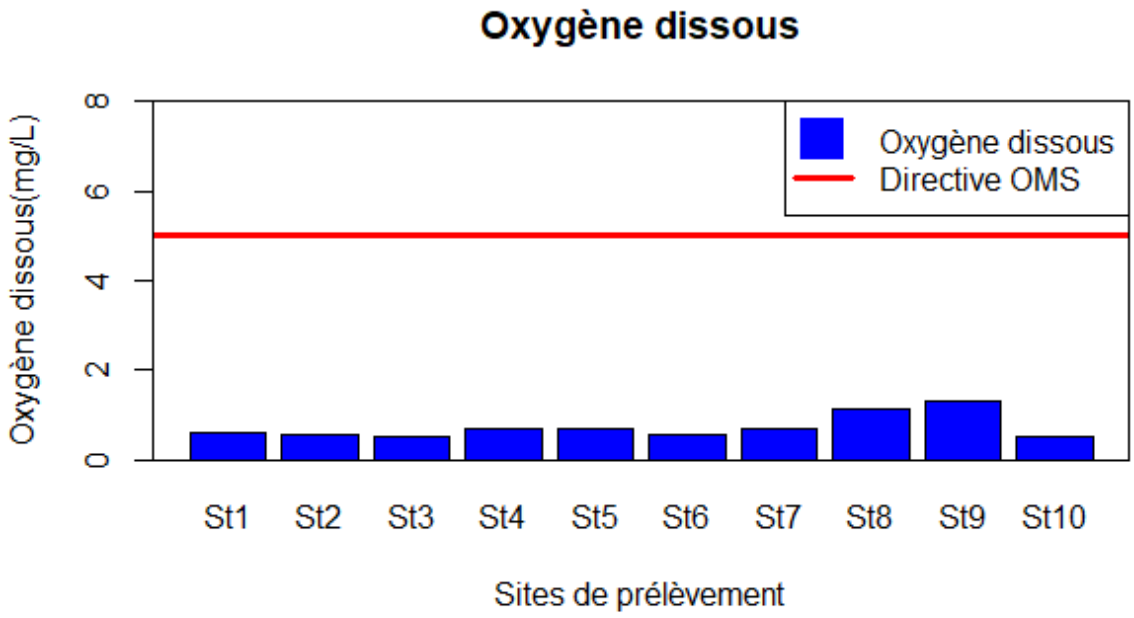


Figure 20: Variation de l'oxygène dissous au niveau du lac

Les valeurs de l'oxygène dissous varient entre 0,49 mg/L et 1,29 mg/L avec une moyenne de 0,72 mg/L. La plus faible valeur est obtenue au niveau du site 10 et la plus forte valeur au niveau du site 9. On constate que les valeurs de l'oxygène dissous sont toutes inférieures aux valeurs recommandées par l'OMS (> 5mg/L). Le milieu présente alors un caractère anoxique.

4.2.7. TDS

La Figure 21 présente la variation des Solides Totaux Dissous dans le lac Nokoué à Ganvié.

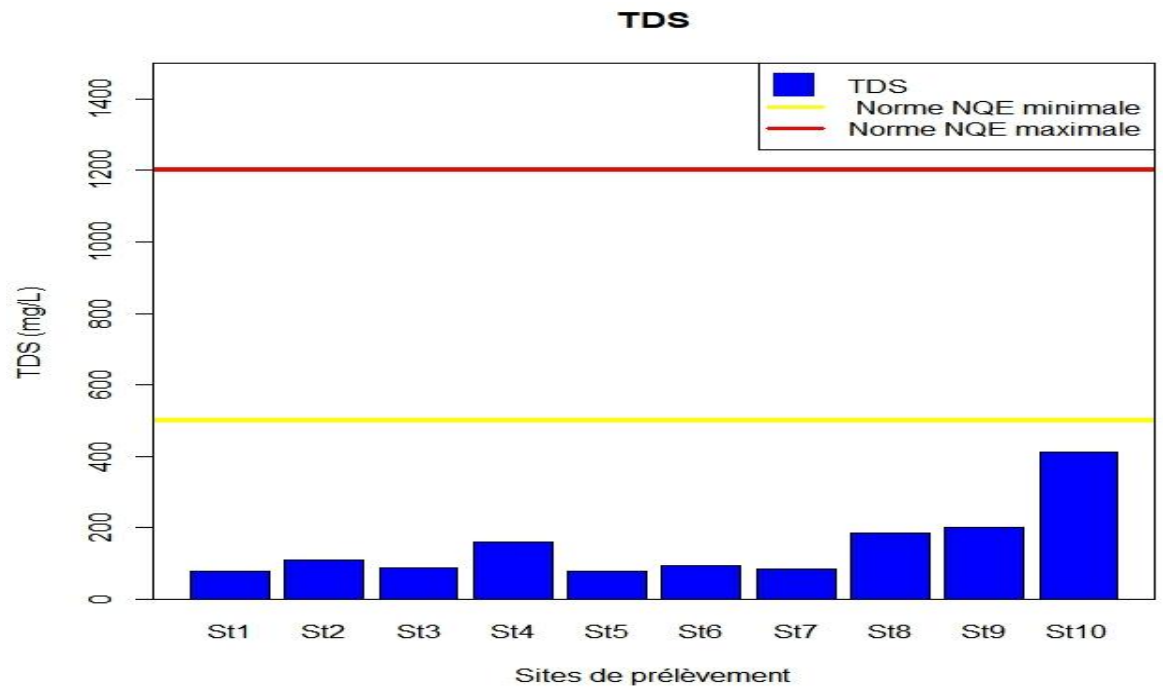


Figure 21 : Variation du TDS sur le lac Nokoué à Ganvié.

Sur la Figure 21, nous constatons que les valeurs varient entre 76 mg/L à 412 mg/L. La plus faible valeur est obtenue au niveau du site 5 et la plus forte valeur est obtenue au niveau du site 10, avec une moyenne de 148,3 mg/L. Nous constatons que ces valeurs sont toutes inférieurs aux directives de l'OMS pour les eaux de surfaces.

4.2.8. La salinité

La figure 22 présente la variation de la salinité dans le lac Nokoué à Ganvié.

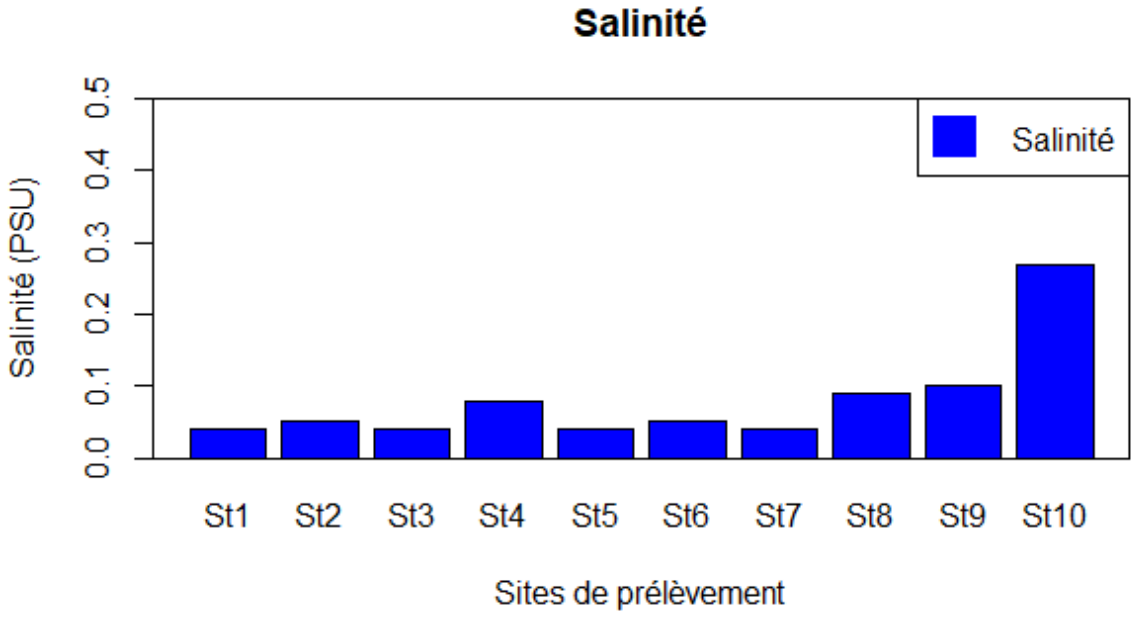


Figure 22 : Variation de la salinité dans le lac Nokoué à Ganvié.

Les valeurs de la salinité du lac à Ganvié varient de 0,04 PSU à 0,27 PSU avec une moyenne de 0,08 PSU. La plus grande valeur est obtenue au niveau du site 10 et la plus faible profondeur est obtenue au niveau des sites 1, 3,5 et 7.

4.2.9. La profondeur

La figure 23 présente la variation de la profondeur dans le lac

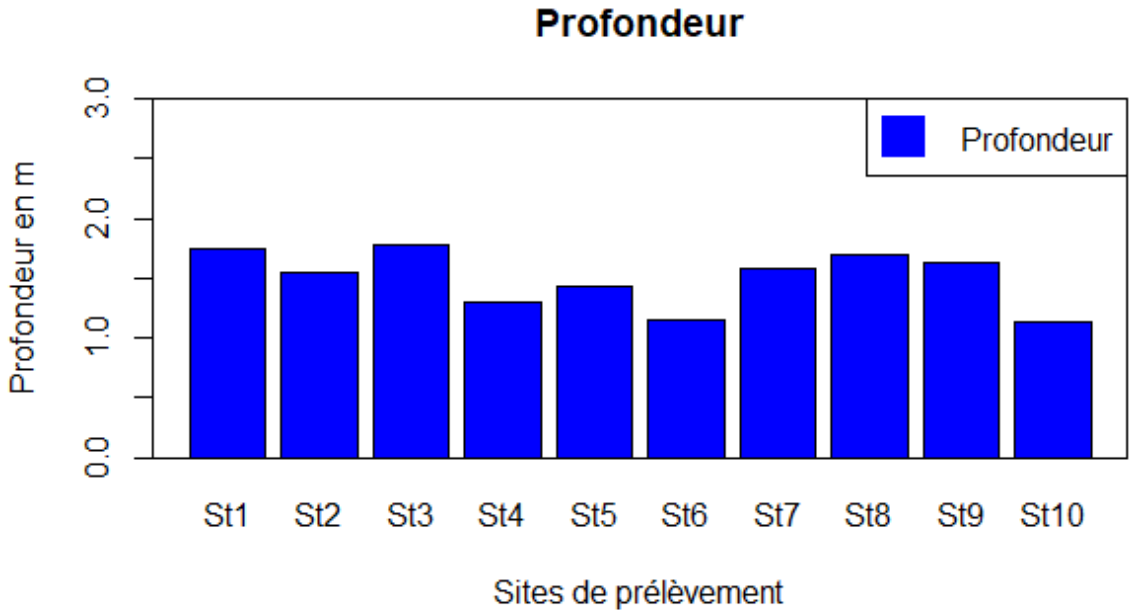


Figure 23: Variation de la profondeur sur le lac Nokoué à Ganvié

La profondeur du lac varie de 1,14 m à 1,78 m. La plus grande profondeur est obtenue au niveau du site 3 et la plus faible profondeur est obtenue au niveau du site 10.

4.2.10. Les nitrites

La Figure 24 montre la variation des teneurs en nitrites du lac Nokoué à Ganvié.

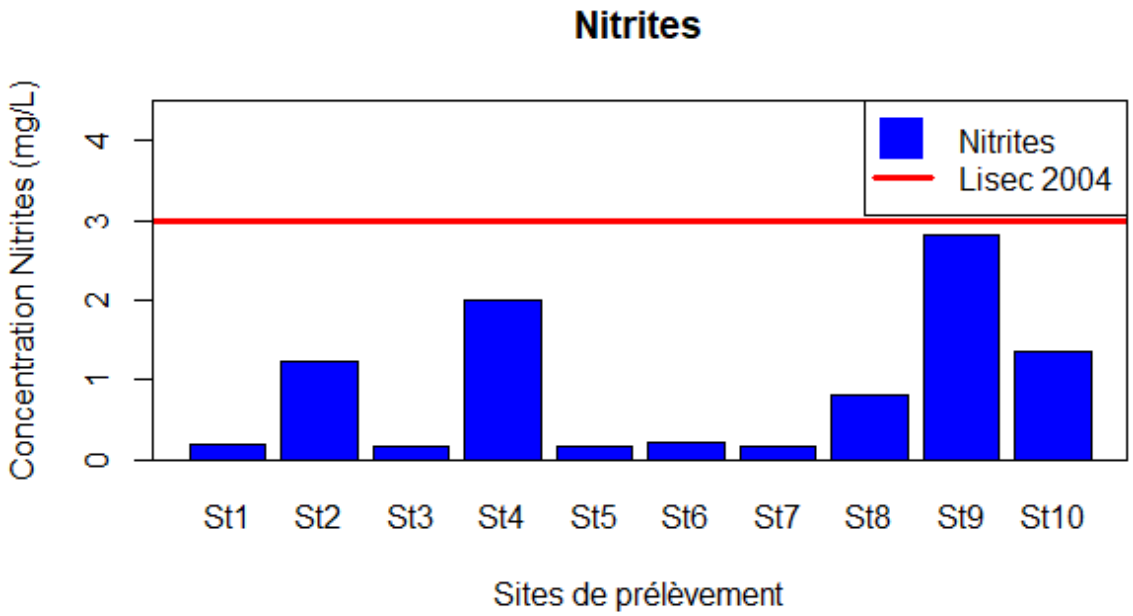


Figure 24: Variation de la teneur en nitrites

Sur la Figure 24 nous remarquons que la teneur en nitrite varie entre 0,162 mg/L et 2,80 mg/L. la plus forte valeur est obtenue sur le site 9 et la plus faible sur le site 7 avec une moyenne de 0,91 mg/L. Nous remarquons que ces valeurs se retrouvent en dessous de la valeur maximale admise qui est 3mg/L (Lisec, 2004).

4.2.11. Les nitrates

La Figure 25 montre la variation des teneurs en nitrates du lac

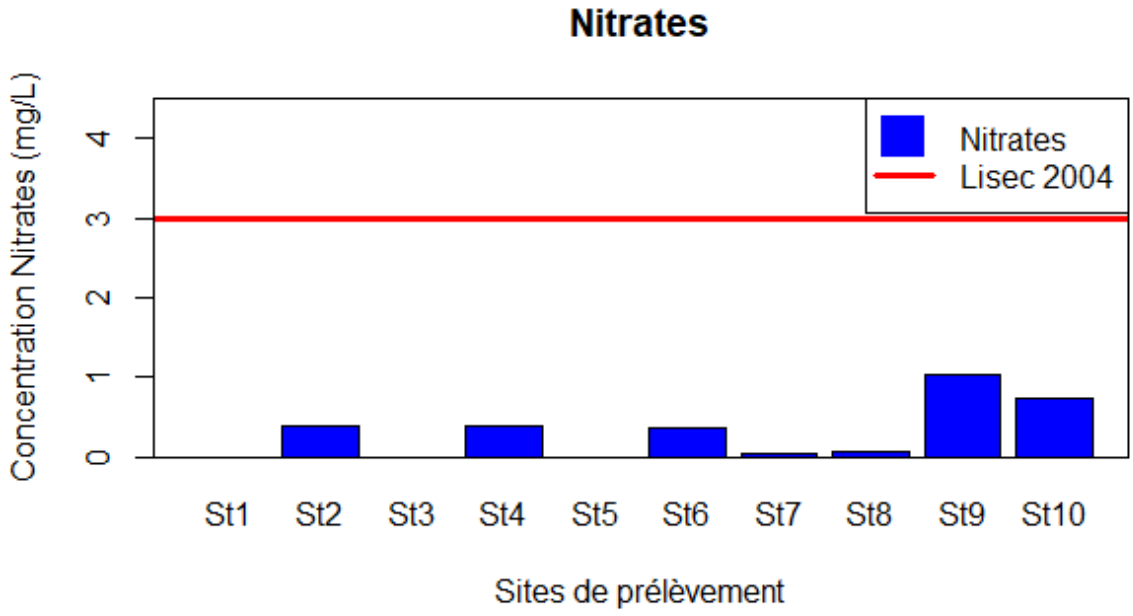


Figure 25 : Variation de la teneur en nitrates

Les valeurs de la teneur en nitrates des eaux du lac varient entre 0 mg/L (site St3 et 5) et 1,02 mg/L (site St 9) avec une moyenne de 0,29 mg/L. Nous remarquons que ces valeurs se retrouvent en dessous de la valeur maximale admise qui est 3mg/L (Lisec, 2004).

4.2.12. L'ammonium

La Figure 26 présente la variation de la concentration en ammonium au niveau des différents sites de prélèvement.

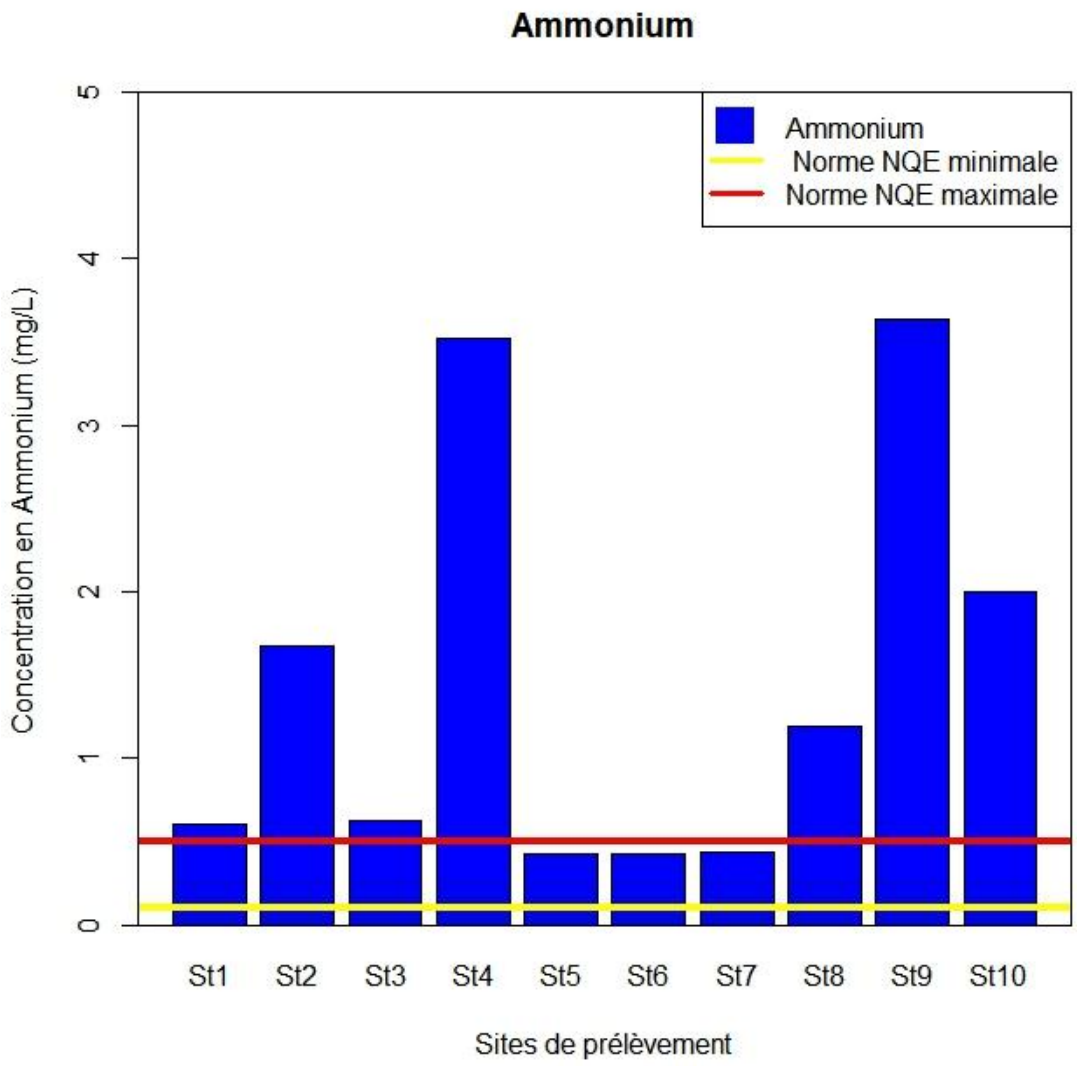


Figure 26 : Variation de la teneur en ammonium

Les valeurs en ammonium obtenues sur le lac varient faiblement elles tournent autour de 0,430 mg/L et 3,644 mg/L avec une moyenne de 1,459 mg/L. Nous remarquons qu'à l'exception des sites 5, 6 et 7 toutes les autres valeurs ne se retrouvent pas dans la plage [0,1 - 0,5] qui représente la valeur normalisée pour ce paramètre (NQE, 2015).

4.2.13. L'orthophosphate

La Figure 27 présente l'évolution de la concentration en orthophosphate sur le lac

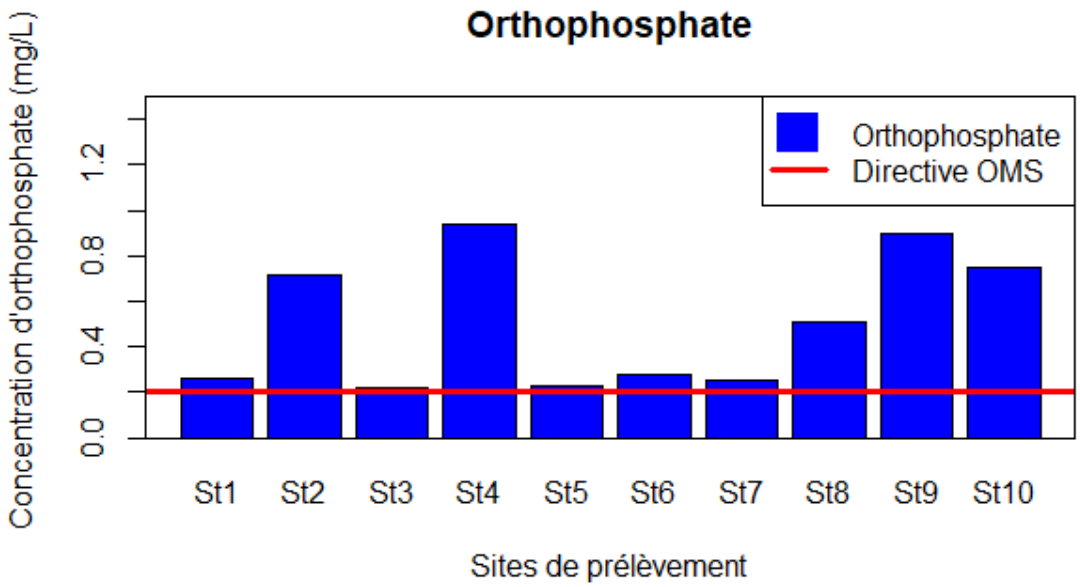


Figure 27 : Variation de la concentration en orthophosphate sur le lac Nokoué à Ganvié.

Sur le graphe de la figure 23, les valeurs de la concentration en orthophosphate varient entre 0,223 mg/L et 0,939 mg/L avec une moyenne de 0,506 mg/L. Ces valeurs obtenues sont supérieures à la norme fixée par les directives de l'OMS pour les eaux de surfaces.

4.2.14. Phosphore total

La Figure 28 présente l'évolution de la concentration en phosphore total sur le lac à Ganvié

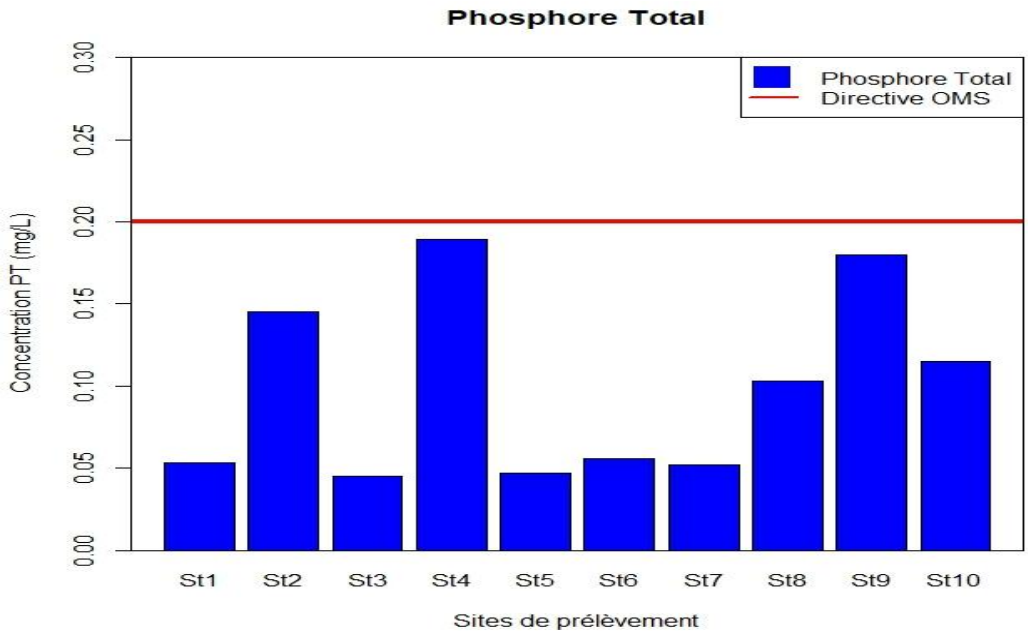


Figure 28 : Variation de la concentration en phosphore total sur le lac Nokoué à Ganvié.

Les concentrations en phosphore total obtenue sur le lac à Ganvié varient entre 0,045 mg/L et 0,189 mg/L avec une moyenne de 0,098 mg/L. La plus faible valeur (0,045 mg/L) est obtenue au niveau du site 3 et la plus forte valeur (0,189 mg/L) est obtenue au niveau du site 4.

4.1.15. La DCO

La Figure 29 présente l'évolution de la concentration en DCO sur le lac à Ganvié

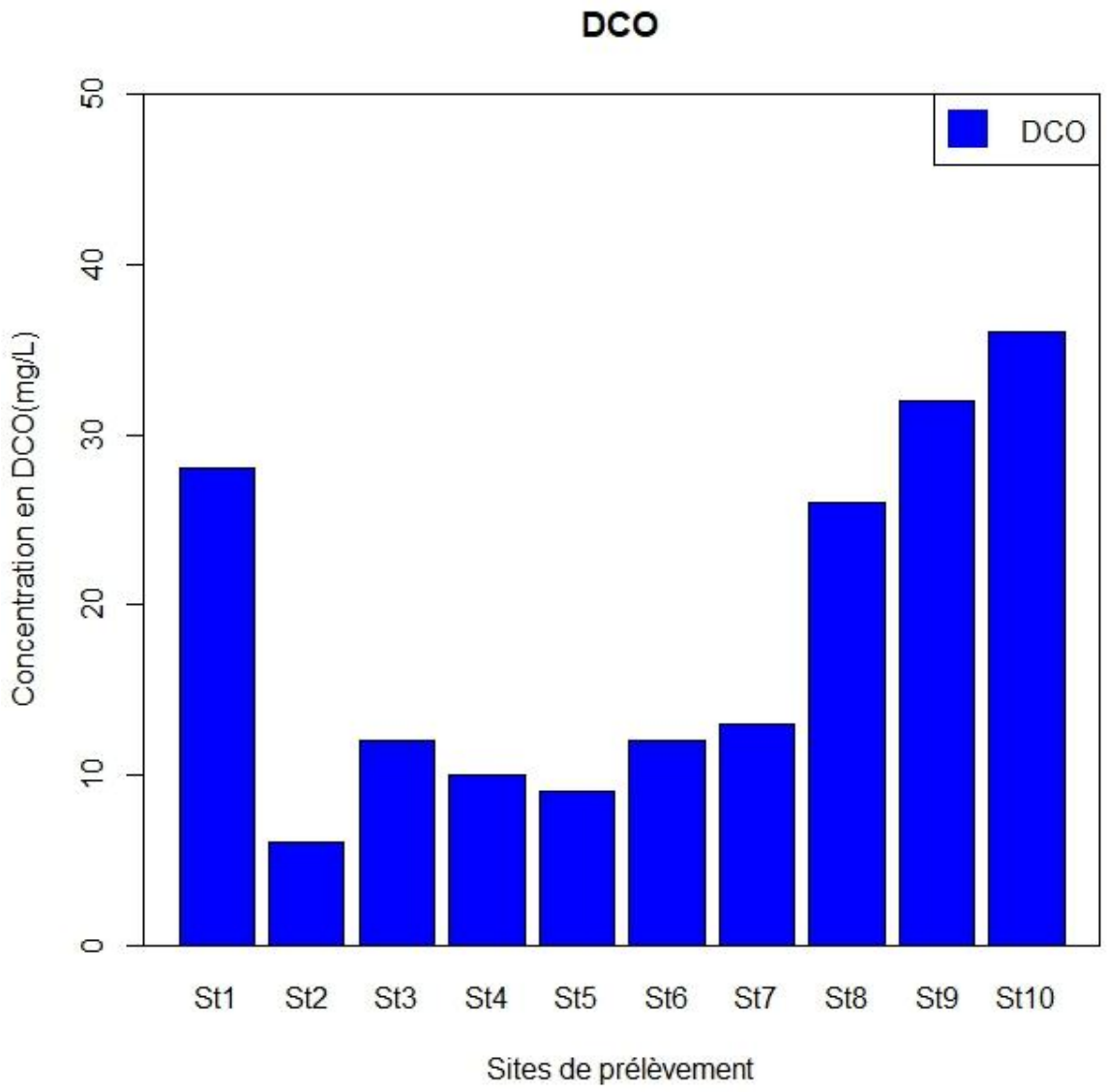


Figure 29 : Variation de la concentration en DCO sur le lac Nokoué à Ganvié.

La DCO du lac varie de 6 mg/L à 36 mg/L avec une moyenne de 18,4 mg/L. La plus grande valeur est obtenue au niveau du site 10 et la plus faible est obtenue au niveau du site 2.

4.1.2 Paramètres biologiques

4.1.2.1 Taxonomie des espèces

L'analyse de la composition des échantillons nous a permis de répertorier dans les eaux du lac à 46 espèces phytoplanctoniques répartissent en 6 classes dont les diatomées, les euglenophycées, les xanthophycées, les zygophycées, les cyanophycées, les chlorophycées. La classe des euglenophycées est la plus représentée avec un pourcentage de 47,82 % avec 11 espèces au niveau du site 1 et 10 espèces au niveau du site 5. Celle des xanthophycées est la classe la moins représentée avec un pourcentage de 2,17% avec 1 espèce au niveau du site1. Le genre Cyclotella meneghimiana est la plus représentatif des diatomées et se présentent au niveau de tous les sites.

Le tableau 2 présente les différentes espèces identifiées sur le lac à Ganvié

Tableau 2 : Classification des espèces

Classes	Espèces	Nombres	"Pourcentage (%)"
Cyanophycées	*Lyngbya sp., Aphnocapsa sp., Nostuchopsis lobatus, Anabaena sp., Oscillatoria sp. , Microscytis elachusta.*	6	13,04
Euglenophycées	*Lepocinclis ovum, Lepocinclis salina, Strombomonas cuneata, Phacus caudata, Euglena acus, Trachelomonas globularis , Phacus sp., Strombomonas fluvitilis defl, Trachelomonas hispidata, Stombomonas sp.,Trachelomonas armata, Phacus hélicoide,Euglena caudata, Euglena ehrenergii, Trachelomonas sp.,Trachelomonas*	22	47,82

	bernadinencus, Pinnularia sp, Trachelomonas molesta, Trachelomonas pyramidata,Phacus platalea,Phacus orbicularis,Phacus longicauda .		
Diatomées	*Cyclotella meneghimiana, Flagilaria sp., Navicula sp., Navicula sp., Melosira sp., Cyclotella sp, Gyrosigma attenuatum, Navicula cuspidata, Synedra ulna, Flagilaria ulna, Coscinodicus lacustris, Nitzshia Closterium, Surirella.*	12	26,08
Zygophycées	*Spirogyra sp, Pavulum sp, Closterium sp*	3	6,52
Chlorophycées	*Chlorella sp., Pandorina morum*	2	4,34
Xanthophycées	*Ophyocytium sp.*	1	2,17
Autres	*Espèces non identifiées*	29	
Total		46	

La Figure 30 montre la répartition des différentes classes de phytoplancton. Sur cette figure on remarque que c'est la classe des euglenophycées qui a le plus grand pourcentage comptant 22 espèces suivi des diatomées.

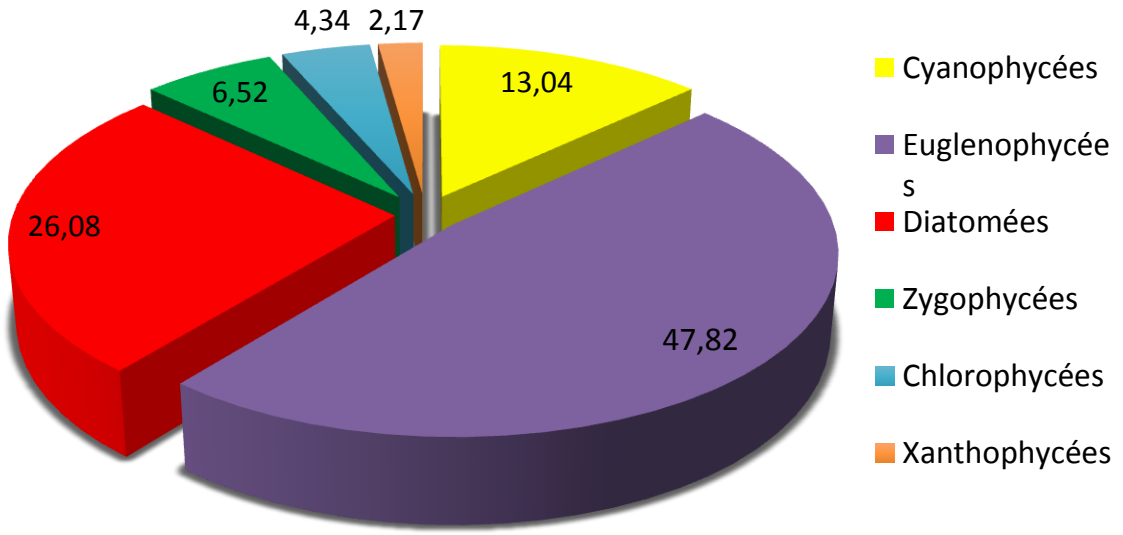


Figure 30 : Répartition des classes phytoplanctoniques dans le lac

4.1.2.2 Abondance des espèces

La Figure 31 présente la distribution de l'abondance des classes phytoplanctoniques sur chaque site.



Figure 31: Variation de l'abondance des différentes classes du phytoplancton

L'analyse de cette figure, indique que la classe des diatomées est dominante sur tous sites avec une valeur de 505 ind/L d'abondance plus élevée au niveau des sites 5 et 7. La classe des xanthophycées est la classe la moins abondante et qui n'apparait qu'au niveau des sites 1 avec une abondance de 5 ind/L. La classe des chlorophycées apparaisse uniquement au niveau des sites 1 et 2. La plus forte abondance des euglenophycées a été enregistrée sur les sites 1 et 6

avec une valeur de 140 ind/L et pour celle des cyanobactéries au niveau site 1 avec une valeur de 110 ind/L.

4.2.1.3. Détermination des facteurs environnementaux responsables de la dégradation de la qualité biologique des eaux du lac Nokoué à Ganvié

Le tableau 3 montre la matrice de corrélation de Pearson entre les paramètres physicochimiques et l'abondance des classes phytoplanctoniques.

Tableau 3: Matrice de corrélation entre les classes phytoplanctoniques et les paramètres physico-chimique

	Cyano	Eugleno	Diato	Zygo	Chloro	Xanto
pH	-0,032	-0,271	0,341	-0,388	-0,304	0,044
Temp	0,450	0,467	0,385	0,281	-0,022	0,076
OD	-0,136	-0,750	-0,544	-0,360	-0,269	-0,157
Transp	-0,053	0,048	0,261	-0,150	-0,462	-0,320
TDS	-0,558	-0,415	-0,093	-0,505	-0,287	-0,239
Cond	-0,469	-0,309	-0,033	-0,415	-0,226	-0,198
MES	-0,455	-0,415	-0,609	-0,263	-0,201	-0,271
Nitrate	-0,337	-0,318	-0,334	-0,444	-0,168	-0,259
Nitrite	-0,484	-0,507	-0,623	-0,297	-0,179	-0,272
Ammonium	-0,492	-0,466	-0,605	-0,252	-0,183	-0,241
Orthop	-0,589	-0,420	-0,470	-0,346	-0,127	-0,127
PT	-0,531	-0,412	-0,536	-0,288	-0,099	-0,282
DCO	0,034	-0,375	-0,146	-0,133	0,063	0,310

Cyano = cyanophycées ; chloro= chlorophycées ; crypto= cryptophycées ; chryso = chrysophycées ; dino= dinoflagellés ; xantho= xanthophycées ; zygo= zygophycées ; diato=diatomées

Les corrélations significatives sont ceux supérieurs à **0,5** et inférieur à **-0,5.**

De cette matrice de corrélation, nous constatons que des paramètres physico-chimiques influencent la qualité biologique. Nous avons la classe des diatomées dont la croissance est influencée par l'ammonium, Les nitrite et le phosphore total. La classe des cyanophycées est influencée aussi par le TDS, l'orthophosphate et le phosphore total. Quant à la croissance des euglenophycées, elle est influencée par l'oxygène dissous.

4.3 Discussion

La qualité de l'eau d'un plan d'eau dépend de plusieurs facteurs. Elle est fonction de la nature des sols traversés, des différentes activités qui pratiquées par les populations riveraines et les usages direct de l'eau. L'eau du lac Nokoué intervient dans plusieurs activités, nous pouvons citer entre autre la pèche, l'élevage, le commerce. La pêche est aujourd'hui l'activité principale des riverains. Cela justifie donc nos résultats d'enquête avec 76% de la population pratiquant la pêche. Quant à l'élevage et au commerce, avec respectivement 14% et 10% de la population les pratiquant génèrent des matières fécales, des déchets organiques et des eaux usées qui sont directement déversé dans le lac, ce qui constitue une source de pollution. IL est à noter que 100% de la population rejette les eaux usées dans le lac. De ce fait, nous pouvons dire que la population de Ganvié ne dispose pas des systèmes de collecte des eaux usées.Pour ce qui est du mode de gestion, il est à noter que les principaux modes de gestion des ordures ménagères à Ganvié se résument au rejet au bord du lac (17%) et dans le lac (74%). Ce dernier s'élève jusqu'à 83,79% toujours dans le même milieu d'étude selon les travaux de AKOUETE en 2010.Tout ceci est une menace pour la qualité de l'eau.

Le fonctionnement d'un écosystème aquatique est en lien avec les usages qu'on en fait et avec les facteurs environnementaux. La température est un facteur clé des milieux aquatiques. Au niveau de ces écosystèmes, tout est régit par la température et nécessite un équilibre au sein du milieu. Les valeurs de température obtenues pour notre étude sur le lac Nokoué à Ganvié varient entre 27,5°C et 29,30 °C avec une moyenne de 28,51°C. Ces températures élevées s'expliquent par l'influence de la température ambiante sur ces eaux de surface prélevées et de plus par les heures d'échantillonnage. En se référant aux normes fixées par Beaux (1998), aux résultats des travaux de Bankolé et Olou (2000) et de Lawani (2007), la valeur moyenne de températures (28,51°C) obtenue comprise entre 25°C et 30°C est favorable à la vie des espèces du lac Nokoué.

Le pH est un facteur qui influence le comportement et la répartition des éléments chimiques dans les hydrosphères (Chapman et Kimstach, 1996). Les valeurs du pH obtenues varient entre 6,35 et 6,91 avec une moyenne de 6,64. Ces valeurs témoignent que les eaux du lac sont acides. Ces résultats obtenus sont similaires à ceux de F. E. Dovonou et al (2022), selon lesquels cette acidité des eaux dépend en grande partie de la nature des terrains traversés et les rejets transportés. Cette acidité peut être également expliquée par la décomposition plus prononcée de la matière organique (Beaune *et al*, 2018).

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution. Les valeurs de la conductivité varient entre 117 µs/cm et 627µs/cm avec une moyenne de 227,9 µs/cm. Les résultats obtenus répondant à l'intervalle de la norme soit [50 ; 1500] µS/cm, montrent que les eaux du lac sont moyennement chargées en sels, ce qui peut influencer la prolifération végétale. Selon la CREL (2010), une conductivité supérieure à 125 µS/cm peut être liée à l'influence des activités humaines via notamment l'apport de sels.

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par suite l'activité photosynthétique. Les valeurs de la teneur en MES varient entre 19 mg/L et 389 mg/L. La plus forte valeur obtenue au niveau des sites 4 peut s'expliquer par l'activité de pêche pratiquée avec un apport organique, apport des eaux de ruissellement, la commercialisation des produits halieutiques au niveau de l'embarcadère de Calavi et au niveau du marché de Ganvié. Cela pourrait donc justifier la faible valeur de la transparence obtenue au niveau de ce site.

La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies aquatiques (CPEPESC, 2004). Sur le lac Nokoué, les valeurs de l'oxygène dissous varient entre 0,49 mg/L (site 10) et 1,29 mg/L (site 9) avec une moyenne de 0,72 mg/L. La plus faible concentration obtenue au niveau site 10 serait due à un fort taux de rejet des matières organique par la population environnante. Ces résultats sont conformes aux travaux de Mompoint (2004) selon lesquels les faibles concentrations en oxygène dissous seraient dues aux réactions de dégradation biologique des matières organiques contenues dans les rejets. Ces valeurs sont inférieures à la norme fixée par l'OMS. Ces faibles concentrations en oxygène dissous s'expliquerait aussi par une consommation excessive d'oxygène dissous par les plantes aquatiques en décomposition (Le Loeuff, 1999).

En ce qui concerne les solides totaux dissous et la salinité, les variations observées au niveau des différents sites, nous permet de dire qu'il existe une forte corrélation entre les TDS et la salinité. La même tendance de variation obtenue entre la salinité et les solides totaux dissous a été rapportée par Edia et al. (2013) et Odountan (2017). Ces auteurs ont montré qu'il existe une forte dépendance entre la température, les paramètres liés à la minéralisation (pH, conductivité et TDS), la charge organique, la salinité et la transparence.

La concentration en nutriments est très importante dans l'évaluation de la qualité d'une eau et constituent un facteur principal qui influence la composition et la structure phytoplanctonique.

La teneur en nitrates et en nitrites des eaux du lac à Ganvié, varie respectivement de 0 mg/L (site1 et 5) - 1,02 mg/L (site 9) et de 0,162 mg/L (site 7) - 2,80 mg/L (site9). Ces valeurs de nitrates et nitrites sont en dessous de la valeur admise par Lisec (2004). Ces faibles valeurs de nitrate et de nitrite obtenues respectivement au niveau des sites (1 et 5) et 7 pourrait s'expliquer par le fait que la campagne d'échantillonnage des eaux a été effectuée en une petite saison pluvieuse. La nitrification étant un phénomène qui consiste à transformer l'ammonium (NH4 +) en des nitrites (NO2 -), on pourrait donc dire quelle n'a pas été produit vu les fortes valeurs d'ammonium (0,430 mg/L - 3,644) obtenues au niveau de ces même point de prélèvement. Ces fortes teneurs d'ammonium, pourraient donc s'expliquées par d'importante décomposition de la matière organique qui s'accompagnant d'une importante consommation d'oxygène dissous et favorisant sa production par ammonification (Groga, 2012).

Les orthophosphate résultent de la dégradation par des bactéries de phosphates organiques provenant notamment du rejet d'eaux usées (métabolisme, poudres à lessiver, industries agro-alimentaires et chimiques…) et de l'utilisation d'engrais. Les concentrations les plus élevées sont observées au niveau des sites 4 et 9. Les valeurs élevées en ses points pourraient s'expliquer par un taux de rejet élevé des eaux usées et l'influence des apports de l'embarcadère de Calavi.

Le phosphore total est un paramètre important de la fertilisation des plans d'eau, il joue un grand rôle dans la croissance planctonique (Mama, 2011). Ce nutriment est un indicateur pertinent de l'évaluation du niveau trophique des eaux (Dimon et al, 2014). Les concentrations en phosphores total observées sur le lac à Ganvié varient entre 0,0452 mg/L (site 3) et 0,189 2 mg/L (site 4) avec une moyenne de 0,0982 mg/L et sont en dessous de la limite de tolérance fixée par l'OMS (0,2 mg/L). La plus faible valeur (0,045 mg/L) obtenue au niveau du site 3 pourrait s'expliquer par le fait que les travaux ont été effectués en pleine saison pluvieuse, il y a donc effet de dilution avancée sur le lac. Ces faibles valeurs obtenues permettent de dire aussi que les plantes utilisent ces éléments pour leurs activités en période de crue (Zandagba et al, 2017).

La DCO, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique des composés organiques présents dans l'eau. Les valeurs de la DCO obtenues au niveau des sites 1, 8, 9 et 10 sont supérieures à la norme admissible pour la DCO (20 mg/L). Ces valeurs élevées témoignent d'une forte quantité de matières organiques sur le lac Nokoué. Ces résultats sont similaires à celui de F. E. Dovonou et al (2022) qui ont enregistré une valeur de 52,59 mg/L au niveau du site 1 sur le lac Azili.

L'inventaire des communautés phytoplanctoniques dans le lac Nokoué à Ganvié a révélé au total 46 espèces de phytoplancton appartenant à 06 à savoir : les euglenophycées, les diatomées, les chlorophycées, les xanthophycées, les zygophycées et les cyanophycées. La classe des euglenophycées avec 22 espèces est le plus riche en espèces phytoplanctoniques. L'analyse de l'abondance relative de ces classes phytoplanctoniques révèle que les diatomées sont les plus abondants. Cette dominance pourrait être due à la présence de nutriments dans le milieu d'étude. Selon Rousseaux et Gregg (2013) et Ben Mustapha et al. (2014), les Diatomées sont répandues principalement dans les eaux côtières, les zones d'upwelling et de hautes latitudes, correspondant à des milieux turbulents caractérisés par des concentrations élevées en nutriments. Quant aux faibles proportions des xanthophycées et de zygophycées, leur présence sur tous les sites sont dues à la richesse du milieu en ammonium et à une conductivité élevée (Assougnon et *al*, 2017). L'absence des autres classes phytoplanctoniques pourrait être justifiée par le caractère eutrophie des différents sites de prélèvement.

Pour ce qui concerne la corrélation entre l'abondance des classes phytoplanctoniques et des paramètres physico-chimiques des eaux du lac Nokoué à Ganvié dans la commune de So ava, la matrice de corrélation révèle que les diatomées sont corrélés négativement par le nitrite, l'ammonium et le phosphore total. Cette corrélation entre les nitrites et les Dinophycées est contraire avec les résultats des travaux d'Atanle et al. (2013) selon qui les Dinophycées sont très corrélées positivement avec les nitrites avec des coefficients de corrélation dépassant 0,7. Les cyanophycées sont négativement corrélées par le TDS, l'orthophosphore et le phosphore total. Quant à l'euglenophycées, il est négativement corrélé par l'oxygène dissous. Cependant, aucune corrélation n'a été établi entre les autres classes phytoplanctoniques et les paramètres physico-chimiques, ce qui serait due à une faible base de donnée dans notre étude.

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Au terme de cette étude, porté sur l'évaluation des impacts des activités anthropiques sur la qualité des eaux du lac Nokoué à Ganvié, nous a permis de nous rendre compte que les eaux du lac à Ganvié ont un caractère acide, des températures élevées avec une faible oxygénation milieu caractérise ce milieu. Aussi nous avons remarqué une pollution en ammonium, et des valeurs élevées en orthophosphate dues aux activités anthropiques pratiqués sur le lac. Le lac est fortement diversifié en espèces phytoplanctoniques, 46 espèces ont été recensées appartenant à 06 classes (euglenophycées, chlorophycées, diatomées, cryptophycées, xanthophycées, zygophycées et cyanobactéries).

Le calcul de l'abondance des espèces dans les différents sites est en rapport avec les paramètres physico-chimiques. En effet les euglenophycées sont les plus représentés et sont présentes dans les eaux ayant de forts taux en nutriment. Cette forte diversité en espèces indique une plus grande variabilité du milieu lors du fonctionnement de l'écosystème face aux perturbations environnementales. Grace à la matrice de corrélation de Pearson on constate que, les principaux facteurs environnementaux influençant la distribution de la flore phytoplanctoniques sont représentés par les nutriments azotés et phosphorés. En regard à tous ces résultats nous suggérons ce qui suit :

- ✓ poursuivre l'étude sur une longue durée pour s'assurer de l'évolution réelle des paramètres physico-chimique et du peuplement planctonique ;
- ✓ Poursuivre de manière périodique l'impact des actions anthropiques sur la qualité de l'eau et la répartition des poissons dans cet écosystème,
- ✓ Élaborer un plan de suivi de cet écosystème,
- ✓ Sensibiliser la population sur l'importance de la protection et la préservation des écosystèmes aquatiques

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Akogbeto H.K., Zanklan S., Adjahouinou C., Fiogbe E. 2016. Degré d'eutrophisation et diversité phytoplanctonique de la lagune de Porto-Novo en République du Bénin. ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.
- Benabdellouahad S. (2006). Structure, dynamique et typologies physico-chimiques et phytoplanctoniques de l'estuaire du Bou Regreg (Côte atlantique marocaine). Thèse de Doctorat, Université Mohammed V-Agdal de Rabat (Maroc). p. 252.
- Blais S. 2001. La problématique des cyanobactéries (algues bleu-vert) à la baie Missisquoi en 2001. Agrosol. 2002, 13 (2), p.103-110.
- Bourrelly P. 1970. Les algues d'eau douce Tome III: algues bleus et rouges : Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadine ; Ed Boubée 11, Place Saint-Michel, Paris 1985.
- Cédric Harold Oloulabi Mahutin Amadji, 2021, *Planification des besoins en énergie élèctrique de l'arrondissement de Ganvié à l'horizon 2040*, Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de conception en Génie Électrique, EPAC/UAC, Pp 3-4 et 6.
- Chabi M. 2017. Inventaire des macroinvertébrés de la Lagune de Porto-Novo en période de grande saison sèche. Mémoire de licence Hydrobiologie Appliquée Faculté des Sciences et Technique Université d'Abomey-calavi
- 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 à l'Université d'Abomey-Calavi, 100p + Annexes.
- Compère P. (1974-1975-1976). Algue de la région du lac Tchad : Cyanophyceae ; Rhodophyceae ; Euglenophyceae ; Cryptophyceae ; Dinophyceae ; Chrysophyceae ; Xanthophyceae ; Diatomophyceae ; Chlorophyceae. Cath. O.R.S.T.O.M., série. Hydrobiologie, P.77-11.
- Couté A., Bernard C. (2001). Les cyanobactéries toxiques. In: Toxines d'algues dans l'alimentation. Frémy, J. M. & Lassus, P. (Ed), Ifremer, Brest, 21-37.
- Daouda Mama, Waris Chouti, Abdoukarim Alassane, Odilon Changotade, François Alapini et Moussa Boukari, 2011, *Etude dynamique des apports en éléments majeurs et nutritifs des eaux de la lagune de Porto-Novo Sud Bénin)*, International Journal of Biological and chemical sciences, 5(3) : 1278-1293 http://ajol.info/index.php/ijbcs
- Firmin Sèdomonhan ENINHOU, *Diversité de la communauté phytoplanctoniques de la Lagune de Porto-Novo au Sud-Bénin*, Mémoire de licence en Hydrobiologie appliquée à l'Université d'Abomey-Calavi,

- Flavien DOVONOU, Martin AINA, Moussa BOUKARI et Abdoukarim ALASSANE. *Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques : cas du lac Nokoue au Sud Benin,* Int. J. Biol. Chem. Sci. 5(4): 1590-1602, August 2011.
- Flavien Edia DOVONOU, Etienne Mivodjo ALLADASSIVO, John Martial KOUKPO, Luc SINTONDJI et Nicaise YALO. *Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du lac Azili dans la commune de Zangnanado au centre du Bénin.* Int. J. Biol. Chem. Sci. 16(2): 867-877, April 2022.
- Germain H., (1981). Flore des diatomées : eaux douces et saumâtres. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris.
- Giovanni M. A.K BANKOLE, 2020, *Evaluation de la qualité écologique de l'eau du lac Djètoè dans la commune de Lokossa*, Mémoire de licence professionnelle en Hydrologie à l'Université d'Abomey-Calavi, Pp : 8-9 ; 24-25.
- Gnohossou M.P. 2006. La faune benthique d'une Lagune Ouest Africaine (le Lac Nokoué au Bénin), diversité, abondance, variations temporelles et spatiales, place dans la chaîne trophique. Thèse de doctorat. 169 p.
- Hamaidi MS, Hamaidi F, Zoubiri A, Benouaklil F, Dhan Y. (2009). Etude de la dynamique des populations phytoplanctoniques et résultats préliminaires sur les blooms toxiques les cyanobactéries dans le barrage de Ghrib (Ain Defla-Algérie). European Journal of Scientific Research, 32(3): 369,380.
- Honoré R. HOUEMENOU, 2011, *Evaluation des déchets d'origine anthropique et leurs impacts potentiels sur les eaux du lac Nokoué*, Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en Génie de l'Environnement, EPAC /UAC, Pp : 11-25.
- Houéyi Bénédicta Priscilia Capo-chichi, Delphine Adandedjan, Thierry Matinkpon Agblonon houelome, Philippe Laléyé, 2022, *Physico-chimie et pollution organique du lac Nokoué au Sud du Bénin*, Journal of Applied Biosciences 170 : 17752– 17774 ISSN 1997-5902, https://doi.org/10.35759/JABs.170.7.
- Magali Duval, Faïçal Badat, Harold Cambert, Edouard Collin, Pascale Cuet, *Paramètres Physico-Chimiques & Phytoplancton : Fascicule technique pour la mise en œuvre du suivi "Paramètres Physico-Chimiques & Phytoplancton" du réseau de contrôle de surveillance DCE à La Réunion*, Réseau Hydrologique du Littoral Réunionnais. 2015. hal-01369429.
- Mama Daouda, 2010, *Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoué (Bénin)*, Thèse de doctorat de l'université de Limoges (France), 157p.

- Ousmane Touré BOUKARI, Flavien Edia DOVONOU, Waris Kéwouyèmi CHOUTI, Daniel Koto DAGNON , Edmisol ADJADJIHOUE , Youssouf ABOU , Daouda MAMA et Limam Moktar BAWA4, 2022, *Biomasse planctonique et qualité de l'eau du lac Ahémé au Sud-Ouest du Bénin*, Int. J. Biol. Chem. Sci. 16(3): 1350-1364.
- Pricette Dovonou-Vinagbè, Omer Chouinard, 2009, *Gestion communautaire des ressources naturelles au Bénin (Afrique de l'Ouest) : le cas de la vallée du Sitatunga*, URL : https://doi.org/10.4000/etudescaribeennes/3630,DOI :https://doi.org/10.4000 /etudescaribeennes.3630, Article scientifique.
- RACHID A. 2010. Impact de l'anthropisation sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes marins. Exemple de la Manche-mer du nord. VertigO - la Revue Électronique en sciences de l'environnement. http://vertigo.revues. org/10129.
- Raoufou RADJI., Akossiwa BANDJE., Liassou ISSIFOU., Thérèse EDORH., Kouami KOKOU. (2013). Diversité et dynamique des assemblages phytoplanctoniques dans les écosystèmes aquatiques au Sud du Togo. Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale. Université de Lomé, BP 1515 Lomé, Togo.
- Sèdami Pivot Amour SACHI, Innocent BOKOSSA YAOU, Comlan Célestin K. TCHEKESSI, Sèmèvo Bleck Jultesse BANON, Roseline BLEOUSSI, Aurelle Anayce DJOGBE et Guy Apollinaire MENSAH, August 2016, *Evaluation de la connaissance et de la mise en œuvre des bonnes pratiques d'hygiène par les populations riveraines du lac Nokoué (Sud-Bénin).* Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(4): 1823-1831.
- ZANDAGBA J., ADANDEDJI F.M., MAMA D., CHABI A. AFOUDA A. 2016. Assessment of the Physico Chemical Pollution of a Water Body in a Perspective of Integrated Water Resource Management: Case Study of Nokoué Lake. Journal of Environmental Protection, 7, 656-669. http://dx.doi.org/10.4236/jep.2016.75059.
- Zandagba J., Adandedji F., Lokonon B., Chabi A., Dan O., Mama D., (2017). Application Use of Water Quality Index (WQI) and Multivariate Analysis for Nokoué Lake Water Quality Assessment, Journal 117-127p.

Annexe

Annexe 1 : Les valeurs des paramètres physico-chimiques des différents sites

Tableau 4: Les paramètres physico-chimiques analysés

Sites	Paramètres Physico-chimiques							
	Ph	**Température**	**OD**	**TDS**	**Salinité**	**Transparences**	**Profondeur**	**Turbidité**
St1	6,66	28,65	0,6	78	0,04	0,14	1,74	30
St2	6,35	28,2	0,54	110	0,05	0,14	1,54	250
St3	6,6	29,05	0,53	87	0,04	0,44	1,78	28
St4	6,7	28,3	0,67	159	0,08	0,48	1,3	571
St5	6,76	28,95	0,7	76	0,04	0,61	1,44	28
St6	6,61	29,3	0,56	94	0,05	0,39	1,15	106
St7	6,68	29,3	0,7	84	0,04	0,53	1,58	32
St8	6,91	28,25	1,12	184	0,09	0,2	1,69	136
St9	6,42	27,5	1,29	199	0,1	0,1	1,63	542
St10	6,71	27,6	0,49	412	0,27	0,13	1,14	208

Sites	Paramètres Physico-chimiques							
	NO3	**NO2**	**NH4**	**PO4**	**MES**	**DCO**	**CE**	**PT**
St1	< 0,001	0,194	0,605	0,261	22	28	119	0,053
St2	0,384	1,236	1,685	0,721	163	6	169	0,145
St3	< 0,001	0,169	0,636	0,224	19	12	136	0,045
St4	0,384	1,989	3,523	0,940	389	10	147	0,189
St5	< 0,001	0,165	0,433	0,231	18	9	117	0,047
St6	0,355	0,224	0,430	0,276	57	12	145	0,056
St7	0,036	0,163	0,442	0,257	24	13	128	0,052
St8	0,065	0,815	1,194	0,513	98	26	184	0,103
St9	1,022	2,806	3,644	0,895	368	32	307	0,18
St10	0,732	1,348	2,006	0,753	150	36	627	0,115

Annexe 2 : Fiche d'enquête

Fiches d'enquêtes

Fiche 1 : 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 Pêcheur Commerçant Autres (à préciser) : …….

II- Gestion des déchets solides et liquides domestiques

8- Quels sont les modes d'évacuation des ordures ménagères ?

- Bruler ☐
- Jeter dans l'eau de surface ☐
- Autres (à préciser) : …….

9- Où jetez-vous vos eaux usées domestiques ?

- Dans les caniveaux ☐
- Dans les collecteurs publics ☐
- Dans les eaux de surface ☐
- Autres (à préciser) : ……

III- Mode d'évacuation des excrétas

10- Avez-vous une fosse septique dans votre ménage ?

- Oui ☐
- Non ☐

11- Si non, quel est votre lieu d'aisance habituel ?

- Brousse ☐
- Eau de surface ☐
- Tas d'ordures ☐
- Autres (à préciser) : ……

IV- Approvisionnement en eau et usage

12- Quelles sont vos sources d'approvisionnement en eau potable ?

- Eau de surface ☐
- Eau de forage ☐
- Autres (à préciser) : ……

13. Utilisez-vous l'eau de surface ?

Oui ☐

Non ☐

14. Si oui, quels sont les usages que vous en faites ?

- Bain ☐
- Lessive ☐
- Vaisselle ☐
- Cuisine ☐
- Boisson ☐
- Autres (à préciser) : ……

15. Des hommes viennent-ils faire la lessive/vaisselle ou se doucher aux bords de l'eau ?

- Oui ☐
- Non. ☐

Fiche 3 : fiche d'enquête à l'endroit des pêcheurs Données concernant les pratiques de pêches

1-Quelles techniques utilisées dans la pêche ?

- Filet ☐
- Nasse ☐
- Acadja (Branchages) ☐

2- Quels appâts utilisez-vous pour pêcher ?

- Engrais ☐
- Provendes ☐
- Pesticides ☐

- Autres (à préciser) : …… ……

3-Quels sont les problèmes enregistrés en rapport avec votre activité de pêche ?

……..

4-Y va-t-il des indices de pollution du milieu ?

- Oui ☐
- Non ☐

5-Si oui, lesquels ?

Fiche 4 : fiche d'enquête à l'endroit des éleveurs

1-Quelles sont les sources d'abreuvement de votre troupeau ?

- Eau de rivière ☐
- Eau du fleuve ☐
- Autres (à préciser) : …….....

2-Comment gérez-vous les déjections produites par vos troupeaux ? Utiliser en agriculture Laisser dans les rues/concessions

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

- Pollution de l'air ☐
- Pollution de l'eau de surface ☐

<u>Annexe 3</u> : Dosages des paramètres chimiques

Dosage des nitrates

Le dosage des nitrates consiste en premier lieu à prélever 10 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on verse dans des erlenmeyers où dans des fioles jaugées auquel on ajoute 1 mL de solution de Salicylate de sodium à 0,5% prélèvée avec de propipette et qu'on porte à l'étuve à 105°C. Ensuite, on laisse refroidir après séchage et on ajoute 2 mL d'acide sulfurique pur qu'on prélève avec de propipette et on attend 10min. Après on ajoute 15 mL d'eau distillée, on attend 15min, on ajoute 15 mL de sel de Seignette pour nitrate et on complète de l'eau distillée jusqu'à 100 mL. La lecture se fait au spectrophotomètre de marque HACH LANGE DR2800 à une longueur d'onde λ=425nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière.

Dosage des nitrites

Le dosage des nitrites consiste en premier lieu à prélever 50 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on verse dans des erlenmeyers ou fioles jaugées auquel on ajoute 2 mL de réactif de Zambelli avec de propipette. Ensuite, on attend 10min et on y ajoute 2 mL d'ammoniac concentré avec de propipette. La lecture est faite au spectrophotomètre de marque HACH LANGE DR2800 à une longueur d'onde λ=425nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière**.**

Dosage des ions ammoniums

Le dosage des ions ammoniums consiste en premier lieu à prélever 50 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on verse dans des erlenmeyers ou fioles jaugées. Ensuite, on ajoute 1 mL de sel de Seignette pour ammonium prélevé avec de propipette et enfin, on y ajoute 2 mL de réactif de Nessler dont après 5min. La lecture est faite au spectrophotomètre de marque HACH LANGE DR2800 à une longueur d'onde λ=425nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière.

Dosage des orthophosphates

Le dosage des orthophosphates consiste à prélever 20 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on renverse dans des erlenmeyers ou des fioles jaugées auquel on ajoute 1 mL d'acide ascorbique prélevé avec des propipette puis on agite énergiquement. Ensuite, on y ajoute 4 mL de réactif combiné qu'on agite puis on attend 30min le développement de la coloration bleue. La lecture est faite au spectrophotomètre de marque HACH LANGE DR2800 à une longueur d'onde λ=700nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière.

Dosage du phosphore total

Le dosage du phosphore total consiste en premier lieu à prélever 25 mL de l'échantillon avec des éprouvettes qu'on verse dans des erlenmeyers ou fioles jaugées, auquel on ajoute 1 mL de la solution de $K_2S_2O_8$ avec des propipettes et on marque le niveau de la solution dans les bouteilles. Ensuite, on met les bouteilles à l'autoclave pendant 90 min à 120°C et 1,2 atm, après on laisse refroidir et on y ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de marquage et qu'on homogénéise. Enfin, on ajoute à l'ensemble 1 mL d'acide ascorbique avec des propipettes qu'on agite énergétiquement puis on y ajoute 4 mL de réactif combiné qu'on agite et on attend 30min le développement de la couleur bleue. La lecture est faite au spectrophotomètre de marque HACH LANGE DR2800 à une longueur d'onde λ=700nm par rapport à l'eau distillée traitée de la même manière.

Annexe 4 : Quelques espèces identifiées

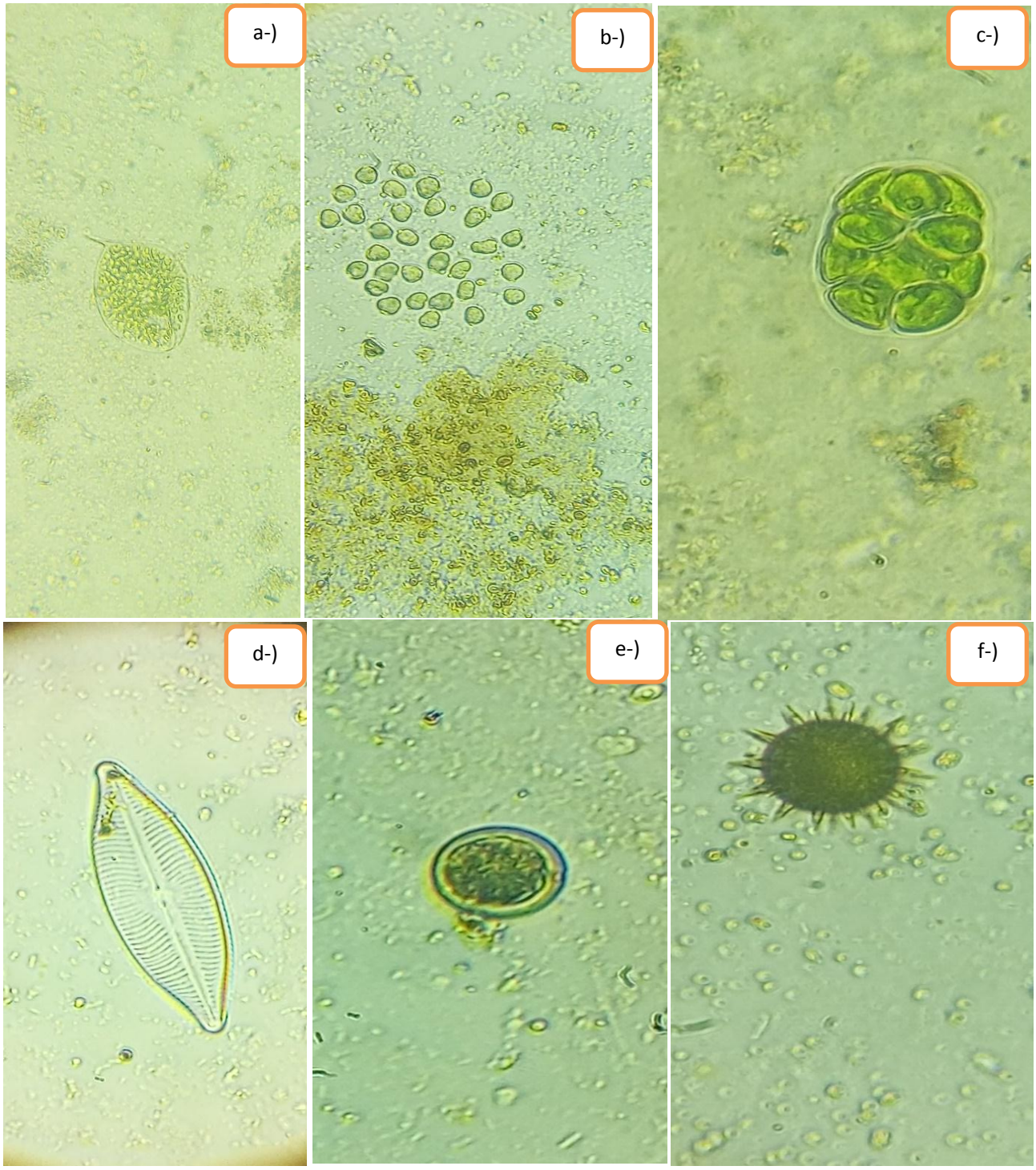


Planche 1 : a-) Phacus orbicularis *; b-)* Microcystis elachusta *; c-)* Pandorina morum *; d-) Navicula cuspidata; e-) Cyclotella Meneghiana; f-) Trachelomonas sp.*