

UNIVERSITTE DE YAOUNDE I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES

FACULTY OF YAOUNDE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES
DEPARTMENT ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY
LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT
LABORATORY OF HYDROBIOLOGY AND ENVIRONMENT

Biodiversité du phytoplancton dans le complexe lacustre Ossa

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie des
Organismes Animaux

Option : Hydrobiologie et Environnement

Par :

ALLAHMBATNA MORNDA

Matricule : 21T2228

Licencié-ès-Sciences



Sous la direction de :

ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert

Professeur

Année 2025

UNIVERSITTE DE YAOUNDE I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES

FACULTY OF YAOUNDE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

DEPARTMENT ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

LABORATORY OF HYDROBIOLOGY AND ENVIRONMENT

Biodiversité du phytoplancton dans le complexe lacustre Ossa

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie des
Organismes Animaux

Option : Hydrobiologie et Environnement

Par :

ALLAHMBATNA MORNDA

Matricule : 21T2228

Licencié-ès-Sciences

Sous la direction de :

ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert

Professeur

Année 2025

SOMMAIRE

DEDICACE	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES.....	viii
RESUME	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITERATURE	3
I.1. Notion de Biodiversité	3
I.2. Généralité sur les milieux lacustres	3
I.2.1. Définition du lac	3
I.2.2 Structure d'un lac.....	3
I.2.3. Stratification thermique	3
I.2.4. Dynamique hydrologique d'un lac	4
I.2.5. Pollution des milieux lacustres	4
I.3. Évaluation de la qualité des lacs	6
I.3.1. Paramètres physiques	6
I.3.2. Paramètres chimiques	6
I.3.3 Paramètres biologiques	8
I.4. Facteurs limitants de la croissance du phytoplancton	9
I.5. Principales classes du phytoplancton	10
I.5.1 Cyanophycées.....	10
1.5.2. Dinoflagellés	10
1.5.3. Diatomées	11
1.5.4. Chlorophycées.....	12
1.5.5. Chrysophycées	13
1.5.6. Cryptophycées.....	13
1.5.7. Euglénophycées	13
1.5.8. Xanthophycées.....	13

I.6. Place du phytoplancton dans les hydrosystèmes.....	14
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	15
II.1 Site d'étude.....	16
II.1.1 Cadre géographique.....	16
II.2. Matériel	17
II.2.1 Stations d'échantillonnage	17
II.3 Méthodes	18
II.3.1 Période d'étude.....	18
II.3.2. Échantillonnage.....	19
II.3.3. Mesure des variables physicochimiques	19
II.3.4. Indice de Pollution Organique	22
II.3.5. Analyses biologiques.....	22
II.4. Analyse des données et tests statistiques.....	23
II.4.1. Test de Kruskal Wallis	23
II.4.2. Coefficient de corrélation de Spearman	23
II.4.3. Indice de diversité (H') de Shannon et Weaver	24
II.4.4. Indice d'équitabilité J de Pielou	24
II.4.5. Analyse en Composantes Principales	24
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	25
III.1. Résultats.....	25
III.1.1. Variables physicochimiques	25
III.1.2. Variables biologiques.....	30
III.1.3. Analyse des Composantes Principales pour la physicochimie et la biologie	34
III.1.4. Indice de diversité spécifique.....	35
III.2. Discussion.....	35
III.2.1. Caractéristiques physicochimiques du Complexe lacustre Ossa	35
III.2.2. Structure du peuplement phytoplanctonique	37
CONCLUSION, RECOMMANDATION ET PERSPECTIVES	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42
ANNEXES	a

DEDICACE

A

Mes parents :

LALGONE Marthe et NADJIMBAYE MORNDA Salomon.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Tout abord, je remercie le Seigneur pour sa grâce, son amour, sa protection et la force qu'il m'a accordée tout au long de ce parcours académique.

Je tiens à remercier vivement mon encadrant le Professeur **ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert** pour avoir accepté de m'encadrer dans le domaine de la recherche, pour sa rigueur dans le travail et son soutien.

J'exprime mes remerciements à l'endroit des enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales, en particulier aux Professeurs :

AJEAGAH Gideon AGHAINDUM (Chef de Division des Activités académique de la Recherche et de la Scolarité), **KEKEUNOU Sévilor** (Chef de Département de), **NOLA Moïse** (Chef du Laboratoire d'Hydrobiologie) **DJIETO Lordon Champlain**, **FOMENA Abraham**, et les Maîtres de Conférences **FOTO MENBOHAN Samuel**, **MBENOUN MASSE Paul Serge**, **MOUNGANG Luciane Marlyse**, **NOAH EWOTI Olive Vivien**, **TAMSA ARFAO Antoine** et **MAHOB Raymond Joseph** pour les enseignements et les conseils.

Je remercie le Professeur **PISCART Christophe** de l'Université de Rennes en France pour ses orientations et son soutien sur le terrain lors de la collecte des données.

Je dis merci aux Personnels d'African Marine Mammal Conservation Organization (**AMMCO**) pour l'hospitalité pendant les phases du terrain dans le complexe lacustre Ossa.

J'adresse mes remerciements aux Docteurs **DIONKAS Jairus**, **NGAMEM Alfred** et **SAFIA Mahamat Tahir** respectivement des Universités de Moundou et N'Djamena au Tchad pour leurs orientations et les encouragements.

Je tiens à remercier les aînés du Laboratoire d'Hydrobiologie et Environnement plus notamment les Docteurs **KENGNE TENKEU Janvier**, **KOUEDEUM KUEPPO Éric**, **TSOMENE Pierre**, **POUNTOUGNIGNI Fariko** et **ASI QUIGLE**, Messieurs, **OWONA François Désire**, **ZAMBO Bertrand**, **NGANGOUE Arthur**, **TCHOUTA Ghislain**, **NDOURWE Bolivar**, et **NSANGOUE Hénock** et Mesdames **KENGNE FOSSO Lorraine**, **NDONGO Grâce**, **ZEMGUE Lisa**, **BETSI Wilfried**, **Amélie KENNE Carole**, **YONGUI Synthia**, et **DONGMO Josiane** pour leurs disponibilités, et les conseils.

J'exprime ma reconnaissance à mon Tuteur **DINGAMNAYAL RIARIA** et ma grande Sœur **NADJIMBAYE Béatrice** pour l'éducation et les sacrifices consentis durant mes études.

Je remercie vivement les grandes familles **NGARGOS, BETELEM, BENANE** et plus particulièrement à mon grand frère **MOSNDA NGARGOS**, mon neveu **NGARGOS NADJITONON Justin** et ma nièce **NGARGOS KOUTOU Marie-Rose** pour leurs soutiens inconditionnels. À mes grandes sœurs **NARNODJI Solange, KOIMBAYE Flore**, Madame **NARMADJI Chancellevie** et aux Messieurs **BEUNANG Carter, BOUGEME Franck, KWEBITEU Dimitri, MFOUAPON Gaëtan, Severin David EPOH, MBAILASSEM Donald, NNONO Christian** pour le soutien et les encouragements.

À l'Aumônerie Protestantes Universitaires au Cameroun - Yaoundé (**APUC-Y**) pour les séminaires, les encouragements, les prières, l'assistance et l'Amour manifesté à mon égard.

J'adresse mes sincères remerciements à tous mes camarades de la promotion **Biodiversité** et **Pharmacologie** pour leur assistance pendant l'année académique.

Enfin que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail trouve ici l'expression de ma sincère gratitude.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma simplifié du fonctionnement hydrologique d'un système lacustre	4
Figure 2 : Différentes phases de l'eutrophisation d'un lac	5
Figure 3 : Caractéristiques principales des cyanophycées sur des aspects cytologiques et morphologiques.....	10
Figure 4 : Organisation générale des dinoflagellés	11
Figure 5 : Variétés des frustules de diatomées	11
Figure 6 : Photos de quelques espèces des Chlorophytes	12
Figure 7 : Localisation de la zone d'étude	17
Figure 8 : Photographies des stations d'échantillonnages.....	18
Figure 9 : Collecte des échantillons biologiques.....	19
Figure 10 : Variation spatiotemporelle de la température.....	25
Figure 11 : Variation spatiotemporelle de quelques paramètres physiques.....	26
Figure 12 : Variation spatiotemporelle Potentiel d'Hydrogène et Alcalinité	26
Figure 13 : Variation spatiotemporelle de l'Oxygène dissous, du CO ₂ de la Conductivité, et de l'Oxydabilité	27
Figure 14 : Variation spatiotemporelle de l'Azote ammoniacal, Nitrite, Nitrate et l'Orthophosphate.....	28
Figure 15 : Variation spatiotemporelle de la dureté calciques et dureté magnésienne	29
Figure 16 : Variation de l'IPO dans le complexe lacustre pendant la période d'étude.....	29
Figure 17 : Variation spatiotemporel de la Chlorophylle a, b et c	30
Figure 18 : Composition (en %) du peuplement phytoplanctonique dans le complexe lacustre Ossa.....	30
Figure 19 : Variation de la richesse spécifique dans le Complexe lacustre Ossa	31
Figure 20 : Densité et Abondance phytoplanctonique dans le complexe lacustre.....	31
Figure 21 : Analyse des Composantes Principales de la physicochimie et la biologie.....	34
Figure 22 : Variation de l'indice de Shannon et Weaver et indice d'équitabilité	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Classes de l'Indice de Pollution Organique en fonction des valeurs limites de chaque paramètre .	8
Tableau II : Répartition des différentes classes phytoplanctoniques.....	31
Tableau III : Liste spécifique des espèces phytoplanctoniques identifiée pendant la période d'étude d'études	32

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ACP : Analyse en Composantes Principales

AMMCO : *African Marine Mammal Conservation Organization*

APHA : *American Public Health Association*

APUC-Y : Aumônerie Protestante Universitaire au Cameroun -Yaoundé

DCE : Directive Cadre sur l'Eau.

MES : Matières En Suspension

NTU : *Nephelometric Turbidity Unit*

Pt-Co: Platinium- Cobalt

SAFACAM: Société Africaine Forestière et Agricole du Cameroun

SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences*

TAC : Titre Alcalimétrie Complet

UC : Unité Conventionnelle

UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'Éducation la Science et la Culture

RESUME

Le présent travail avait pour objectif de déterminer la qualité physicochimique et la biodiversité phytoplancton des eaux du complexe lacustre Ossa. Les données ont été collectées au cours de deux campagnes : avril et en juin 2024, dans 21 stations d'échantillonnage (6 à Mwembé, 12 sur Ossa et 3 à Mévia). Les analyses de la physicochimie des eaux ont été effectuées sur le terrain et au laboratoire suivant les méthodes classiques, tandis que le phytoplancton a été identifié en utilisant les clés d'identification appropriées. Les résultats des analyses de la physicochimie montrent que les eaux ont une température moyenne de $31,89 \pm 0,77^{\circ}\text{C}$, une bonne oxygénation avec une concentration en oxygène dissous de $93,41 \pm 11,39\%$. Les teneurs moyennes en nitrate et en phosphate ont été de $0,95 \pm 0,37\text{ mg/L}$ et $0,77 \pm 0,32\text{ mg/L}$ respectivement. Un pH acide et des eaux riches en matière organique oxydable ($16,41 \pm 6,37\text{ mg/L d'O}$). Ces résultats indiquent que les eaux du complexe ont une pollution organique modérée, traduisant la phase mésotrophe de l'eutrophisation. L'inventaire du phytoplancton a permis de dénombrer 162 286 ind/L, dont 145 espèces identifiées appartenant à 51 Familles, 40 Ordres et 7 Classes. La Classe de Diatomées a été majoritaire avec 57 espèces (soit 39%) suivie des Chlorophycées avec 44 espèces (soit 30%), 30 Cyanophycées (soit 21%), 6 Euglénophycées (soit 4%), et 4 Dinoflagellés (soit 3%). Les Chrysophycées et les Rhodophycées ont été les moins représentées. Une dominance d'*Aulacoseira distans*, *Melosira granulata*, *Aulacoseira* sp. a été observée sur le plan spatiotemporel pendant la période d'étude. Le lac Mwembé a été le plus riche en abondance (104112 ind), le lac Ossa le plus diversifié (110 espèces) et le lac Mévia le moins abondant pendant la période d'étude. Les corrélations de Spearman montrent que la température a une influence positive et significative sur *Aulacoseira* et que la concentration en oxygène dissous a été corrélée négativement avec *Alexandrium*. Des faibles valeurs de l'indice de Shannon et Weaver et de l'Equitabilité (J) de Pielou observées dans ces lacs traduisent la dominance de *Aulacoseira distans*, *Melosira granulata*, *Spirulina* sp. et *Pyrophacus horologium*.

Mots clés : Phytoplancton, Biodiversité, complexe lacustre Ossa, physicochimie de l'eau

ABSTRACT

This study aimed to determine the physicochemical quality and phytoplankton biodiversity of the Ossa lake complex waters. Data were collected during two campaigns: April and June 2024, at 21 sampling stations (6 at Mwembé, 12 at Ossa, and 3 at Mévia). Physicochemical analyses of the water were performed on-site and, in the laboratory, following classical methods, while phytoplankton was identified using appropriate identification keys. The results of the physicochemical analyses show that the water have a mean temperature of $31.89 \pm 0.77^{\circ}\text{C}$, good oxygenation with a dissolved oxygen concentration of $93.41 \pm 11.39\%$, mean nitrate and phosphate concentrations of $0.95 \pm 0.37 \text{ mg/L}$ and $0.77 \pm 0.32 \text{ mg/L}$, respectively, acidic pH, and waters rich in oxidizable organic matter ($16.41 \pm 6.37 \text{ mg/L O}_2$). These results indicate that the waters of the complex have moderate organic pollution, corresponding to the mesotrophic phase of eutrophication. The phytoplankton inventory revealed a total of 162,286 individuals/L, comprising 145 identified species belonging to 51 families, 40 orders, and 7 classes. The class of Diatoms was dominant with 57 species (39%), followed by Chlorophyceae with 44 species (30%), 30 Cyanophyceae (21%), 6 Euglenophyceae (4%), and 4 Dinoflagellates (3%). Chrysophyceae and Rhodophyceae were the least represented. A dominance of *Aulacoseira distans*, *Melosira granulata*, and *Aulacoseira* sp. was observed in space and time during the study period. Lake Mwembé was the richest in abundance (104,112 individuals), Lake Ossa was the most diverse (110 species), and Lake Mévia was the least abundant during the study period. Spearman correlations showed that temperature had a positive and significant influence on *Aulacoseira*, and dissolved oxygen concentration was negatively correlated with *Alexandrium*. Low values of the Shannon-Weaver index and Pielou's evenness (J) observed in these lakes reflect the dominance of *Aulacoseira distans*, *Melosira granulata*, *Spirulina* sp., and *Pyrophacus horologium*.

Keywords: Phytoplankton, Biodiversity, Ossa lake complex, water physicochemistry.

INTRODUCTION

La Terre est la seule planète connue qui possède autant d'eau sur sa superficie et dans son atmosphère. En effet, le volume global d'eau sur Terre est estimé à 1 386 000 000 km³ d'eau (333 millions de miles cubes) (UNESCO, 2022). Cette eau est répartie entre les eaux marines qui représentent environ 97,5% de ces réserves et les eaux continentales, composées de rivières, lacs et étangs, qui représentent environ 2,5% (Dowing *et al.*, 2006). Parmi ces eaux continentales, les lacs jouent un rôle important en tant qu'écosystèmes naturels ou artificiels d'eau douce ayant un fonctionnement autonome et caractérisés par une zone littorale peu profonde et une zone pélagique généralement plus profonde, où l'on peut mettre en évidence une stratification thermique (Anonyme, 2006). De plus, les lacs couvrent 3% de la superficie terrestre et stockent 87% de l'eau douce liquide disponible sur la planète (Yao *et al.*, 2023). Ces milieux fournissent des services écosystémiques essentiels, tels que l'eau douce, (Gleick, 1993), l'hydroélectricité, la régulation des crues et des sécheresses (Janssen *et al.*, 2020). Ils jouent également un rôle crucial dans la régulation du climat et servent d'habitat à une grande diversité d'organismes aquatiques (McIntyre *et al.*, 2016), (Janssen *et al.*, 2020). En outre, ils interviennent dans les processus biogéochimiques (Yao *et al.*, 2023). Ce sont également des lieux de spiritualité, de tourisme et de récréation (Baulaz, 2020).

Malgré tous ces services qu'ils offrent, les lacs sont menacés dans le monde par les activités anthropiques qui affectent leur qualité (Dorioz *et al.*, 2023), en particulier dans les pays en voie de développement qui le plus souvent manquent de cadre juridique efficace et possèdent des ressources limitées pour leur gestion. La protection de la biodiversité lacustre répond à une préoccupation croissante, vis-à-vis des impacts des activités anthropiques sur la baisse éventuelle de la diversité biologique à l'échelle planétaire. Cette protection de la biodiversité va bien au-delà d'une simple protection des espèces menacées, mais également de préserver l'ensemble des écosystèmes naturels pour garantir la biodiversité à long terme. Cela, nécessite une étude approfondie des écosystèmes et l'élaboration de stratégies de conservation globales pour les usages futurs (Ajeagah *et al.*, 2013). Au Cameroun, les écosystèmes lacustres sont en proie aux activités humaines telles que les déversements des déchets et effluents domestiques et industriels, l'utilisation de pesticides et engrais chimiques en agriculture et la surpêche (Kemka, 2000 ; Zébazé Togouet, 2000 ; Kemka, 2004 ; Madjiki *et al.*, 2013 ; Mbusnum Gweth, 2020), lesquelles ont un impact négatif sur leur état de santé et leurs usages. Dans la région du Littoral, le complexe lacustre Ossa, réserve faunique vitale pour la pêche, et réputée pour abriter des espèces protégées telles que le lamantin ouest africain et la tortue d'eau

douce, n'échappe pas à la donne. Cet écosystème fait face à des défis croissants dus à l'installation des plantations agroindustrielles sur son bassin versant, une pression démographique et le déversement des déchets des activités susceptibles de perturber son fonctionnement. Il y'a donc urgence d'une évaluation permanente de la qualité de ses eaux.

Les évaluations de la qualité des eaux lacustres passent par des analyses physicochimiques combinées à celles de la biodiversité des organismes indicateurs, particulièrement le phytoplancton. Ce dernier, en raison de sa position à la base de la chaîne alimentaire lacustre, est la première communauté biologique à répondre aux pressions d'anthropisation et constitue l'indicateur de qualité le plus direct des concentrations en éléments nutritifs dans la colonne d'eau (Solimini *et al.*, 2006). De plus, la prolifération de certaines espèces phytoplanctoniques peut conduire à la formation de blooms algaux toxiques pour la santé humaine et les autres organismes aquatiques. Quelques travaux ont été réalisés sur l'évaluation de la qualité des eaux du complexe lacustre Ossa, ces derniers portaient sur l'utilisation des organismes indicateurs tels que les diatomées, (Nguetsop *et al.*, 1996) zooplancton (Nziéleu Tchapgnoou *et al.*, 2012) et les macrophytes (Njoya, 2015). Cependant, aucune étude à notre connaissance n'a été faite sur le phytoplancton de manière générale en tant que bioindicateur de l'état de santé de ces eaux. C'est pour pallier à cette insuffisance que cette étude est menée, avec pour objectif général d'évaluer l'état de santé du complexe Ossa à travers la communauté phytoplanctonique en relation avec quelques paramètres physicochimiques. De manière spécifique, cette étude vise à :

- Déterminer les caractéristiques physicochimiques des eaux du complexe lacustre Oss ;
- inventorier les espèces phytoplanctoniques présentes ;
- évaluer l'influence des paramètres physicochimiques sur la répartition des espèces phytoplanctoniques.

Le présent travail s'articule en trois chapitres, le premier chapitre consiste en une revue de la littérature, le deuxième chapitre décrit la zone d'étude, le matériel et méthodes utilisés. Le troisième chapitre présente les résultats obtenus et la discussion qui en découle. Ce travail s'achève par une conclusion, des recommandations et des perspectives.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITERATURE

I.1. Notion de Biodiversité

L'expression « diversité biologique », utilisée dès le début des années 1960, a été remise au goût du jour et popularisée par Lovejoy (1980). La paternité de sa contraction « biodiversité » est attribuée à Walter G. Rosen, qui l'emploie à l'occasion de la tenue du National Forum on BioDiversity en 1986 à Washington. Le terme est ensuite repris par Edward O. Wilson en 1988 comme titre de l'ouvrage publié à l'issue de ce colloque, puis popularisé lors du Sommet de la terre de Rio en 1992, au cours duquel est adoptée la convention sur la diversité biologique (Godet, 2017). La biodiversité est définie dans l'article 2 de la *Convention sur la diversité biologique* comme étant « la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques ainsi que les complexes écologiques dont ils font partie. Selon Auberti et Boisvert (2006), il s'agit de la variété des êtres vivants à 3 niveaux : diversité génétique (diversité intraspécifique), diversité des espèces (diversité spécifique) et diversité des écosystèmes (diversité écosystémique). Hubbell (2001) a proposé une définition plus précise de la biodiversité : la « richesse spécifique est l'abondance relative des espèces dans le temps et l'espace ». Elle se mesure par la relation entre le nombre d'espèces et la taille des organismes (Stork *et al.*, 1997).

I.2. Généralité sur les milieux lacustres

I.2.1. Définition du lac

Les lacs étant des écosystèmes naturels ou artificiels d'eau douce ayant un fonctionnement autonome et caractérisés par une zone littorale peu profonde et une zone pélagique généralement plus profonde, où l'on peut mettre en évidence une stratification thermique (Anonyme, 2006).

I.2.2 Structure d'un lac

Les lacs sont généralement divisés en trois zones en fonction de la pénétration de la lumière (Kalff, 2002)

- **Zone littorale** : proche des rives, bien éclairée, riche en végétation et en biodiversité.
- **Zone pélagique** : partie ouverte du lac où la lumière atteint encore une certaine profondeur.
- **Zone profonde (ou benthique)** : partie sombre, où les organismes dépendent des débris organiques tombés des couches supérieures.

I.2.3. Stratification thermique

La stratification thermique dépend de la zone géographique dans laquelle se trouve le lac. Les lacs tropicaux ne présentent pas de stratification thermique à cause de la faible variation saisonnière des températures. Dans les lacs tempérés par contre, on observe une stratification de l'eau marquée

en été et qui disparaît lors du brassage des eaux en automne et au printemps (Kling, 1988 ; Rondel *et al.*, 2012).

1.2.4. Dynamique hydrologique d'un lac

La dynamique hydrologique d'un lac est un processus qui dépend des interactions entre les entrées et les sorties d'eau.

Les entrées d'eaux dans les lacs se font soit directement lors des précipitations, soit par ruissellement de l'eau provenant du bassin versant ou par infiltrations d'eau souterraine à travers les nappes phréatiques (Poulin *et al.*, 2019)

Les sorties d'eau des lacs se font quant à elles par évaporation, où l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux, soit par un écoulement de surface qui évacue l'excédent d'eau du lac, ou alors par infiltrations sortantes pendant lesquelles l'eau s'infiltré dans le sol et alimente les nappes phréatiques (Poulin *et al.*, 2019).

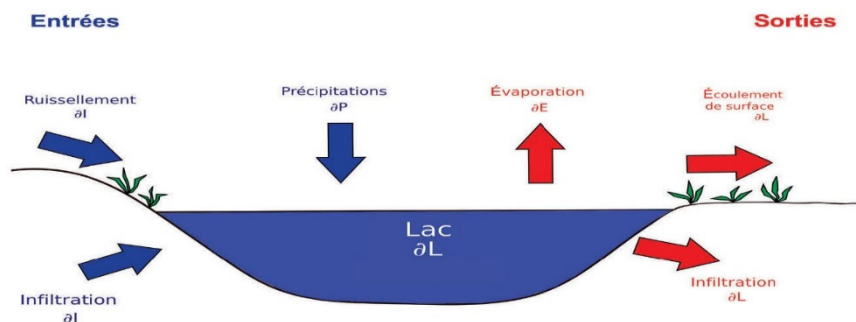


Figure 1 : Schéma simplifié du fonctionnement hydrologique d'un système lacustre (Poulin *et al.*, 2019).

Le bilan hydrique d'un lac est la différence entre les entrées et les sorties d'eau (Lemoalle et Sedick, 2015). Un bilan positif entraîne une augmentation du niveau d'eau, tandis qu'un bilan négatif provoque une diminution. Le bilan hydrique régule les habitats aquatiques, influençant les populations de poissons, de zooplancton et de phytoplancton

1.2.5. Pollution des milieux lacustres

La pollution de l'eau désigne toute modification dans les propriétés physiques, chimiques ou biologiques de l'eau qui rend l'eau moins adaptée à ses usages naturels ou à la vie aquatique, causant des effets néfastes sur les organismes vivants (Ramade, 2005).

Pollution physique des lacs est causée par la sédimentation due aux apports de sable, limon et autres matériaux solides, modifiant ainsi l'habitat naturel des espèces aquatiques (Houéyi *et al.*, 2022). Elle peut entraîner une Augmentation de la turbidité, une réduction de la pénétration de la lumière et un étouffement des fonds lacustres.

La pollution chimique des lacs provient des apports des métaux lourds et des substances chimiques provenant des activités industrielles et agricoles environnantes. Les pesticides, les engrais,

et les déchets industriels se retrouvent dans l'eau, affectant la qualité de l'eau et les organismes aquatiques (Laoukissam, 2015). Cette pollution peut conduire à l'eutrophisation lors d'un enrichissement prononcé en éléments nutritifs (azote et phosphore) du milieu, entraînant un développement massif d'algues et de végétaux aquatiques supérieurs dont la conséquence est un appauvrissement prononcé du milieu en oxygène dissous (Pourriot, 1982). Ce phénomène peut s'accélérer par un apport massif des nutriments dus à l'action de l'homme et conduisant à la disparition du milieu et entrainer une hyper eutrophisation ou une dystrophisation (Zébazé Togouet, 2008). L'évolution d'un lac se fait en quatre étapes :

- phase oligotrophe (I) caractérisé par : lacs pauvres en éléments nutritifs et de production primaire faible ;
- phase mésotrophe (II) caractérisé par : lacs qui sous l'effet d'apports extérieurs s'enrichissent progressivement permettant une production primaire plus importante ;
- phase eutrophe (III) caractérisé par : lacs qui sont à un niveau très avancé de leur production primaire. Le fond du lac, très peu oxygéné, est le siège de fermentations ;
- phase hyper-eutrophe ou dystrophe (IV) : Ces lacs sont très riches en éléments nutritifs. L'oxygène dissous se raréfie, entraine la mort des organismes supérieurs et la disparition du lac par envasement. Par ailleurs, la pollution des eaux de plus en plus croissante perturbe considérablement la physiologie des êtres vivants (Zébazé Togouet, 2000).

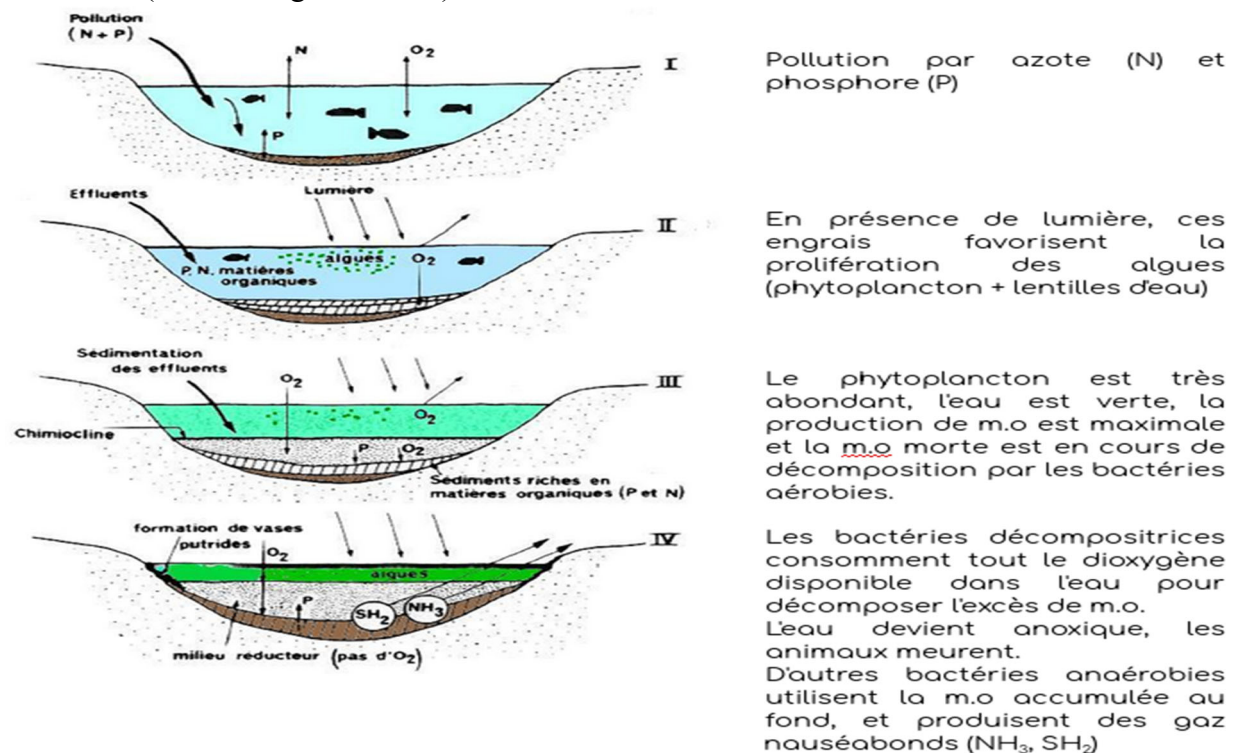


Figure 2 : Différentes phases de l'eutrophisation d'un lac (Touchart, 2000)

En effet, face différentes pollutions que les écosystèmes aquatiques subissent, il est important d'évaluer la qualité physico -chimique des lacs.

I.3. Évaluation de la qualité des lacs

I.3.1. Paramètres physiques

Les variables physiques qui fournissent des indications pertinentes sur l'état de trophie des plans d'eau sont : la température, les matières en suspension, la couleur, la turbidité, la transparence de l'eau et les solides totaux dissous (Rodier, 2009).

I.3.1.1. Température

Elle est une variable essentielle, car elle joue un rôle physiologique primordial sur le développement des organismes aquatiques (Pourriot, 1982). En effet, chaque espèce a sa température préférentielle de développement en dessous et au-dessus de laquelle son activité métabolique se trouve modifiée (Galkovskaja, 1987 ; Mikschi, 1989). De même, la température influence la vitesse des réactions chimiques et biochimiques et intervient dans la solubilité des gaz et des sels (Rodier, 2009).

I.3.1.2. Matières En Suspensions (MES), Turbidité et Couleur

Les MES, représentent les matières non solubles en suspension dans l'eau. Elles sont constituées de toutes les particules minérales et organiques arrachées par l'érosion due aux eaux pluviales et de ruissèlement (Auby *et al.*, 1994). Les teneurs élevées en MES dans l'eau perturbent la photosynthèse par diminution de la transparence, induisant la baisse de la teneur en oxygène dissous et une perturbation de la vie aquatique (Zébazé Togouet, 2000). Les MES augmentent la Turbidité et la couleur de l'eau. La turbidité quant 'a elle indique l'état trouble d'une eau elle est due à la remise en suspension des particules organiques ou inorganiques provenant des sédiments ou des berges (Sevrin-Reyssac, 1992).

La couleur est due à la minéralisation, à la présence de certains composés chimiques comme les pigments et les colorants.

I.3.2. Paramètres chimiques

Les paramètres chimiques les plus utilisés dans la caractérisation des plans d'eau sont entre autres : le potentiel d'Hydrogène, la Conductivité électrique, les formes d'Azote, les Orthophosphates, l'Oxygène dissous, le taux du CO₂ dissous, l'Alcalinité, les duretés et l'oxydabilité (Rodier, 2009).

I.3.2.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité ou de la basicité d'une solution exprimée en fonction de la concentration en ions hydrogène (H⁺). Il dépend de la nature des sols de terrains traversés et des activités anthropiques du bassin versant (Dejoux 1988 ; Nola *et al.*, 1999). La majorité des espèces aquatiques tolèrent les eaux à pH compris entre 5 et 9 (Angelier, 2000).

I.3.2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique donne une idée globale sur le degré de minéralisation du milieu. Elle dépend la nature géochimique des roches rencontrées dans les bassins versants des plans d'eau et des activités humaines (Liechti *et al.*, 2004).

I.3.2.4. Composés azotés et Orthophosphates

Les Composés azotés proviennent de l'oxydation de la matière organique du bassin versant, de la synthèse à partir de l'azote atmosphérique et des engrais (Angelier, 2000). La forme d'azote généralement utilisée par les producteurs primaires pour la photosynthèse est le nitrate. Les nitrates dominent dans les eaux naturelles bien oxygénées alors que l'azote ammoniacal qui est le produit de dégradation de la matière organique, est abondant dans les milieux peu oxygénés. Quant aux nitrites, ils sont des produits intermédiaires entre l'azote ammoniacal en nitrates.

La teneur en orthophosphate est relativement faible dans les eaux naturelles. Cependant, l'utilisation excessive d'engrais phosphatés et de détergents polyphosphatés contribuent à leur enrichissement dans le plan d'eau (Barroin, 1980). Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes, mais seule la forme minérale (PO_4^{3-}) est utilisée par les végétaux pour la photosynthèse.

I.3.2.5. Oxygène dissous (O_2)

La présence de l'oxygène dissous dans l'eau est due d'une part à la dissolution à partir de l'atmosphère, mais également au processus de photosynthèse par la végétation aquatique (Zébazé Togouet, 2000). L'oxygène est utilisé dans l'eau pour la respiration des organismes animaux et végétaux mais aussi pour la dégradation de la matière organique.

I.3.2.6. Oxydabilité

L'Oxydabilité renseigne sur le taux de matières organiques présentes dans le milieu et par conséquent, permet d'apprécier le degré de pollution des eaux. Dajoz, (2000) souligne que la variation de la teneur en oxygène du milieu est inversement proportionnelle à celle des matières organiques.

I.3.2.7. Gaz carbonique dissous (CO_2 dissous)

Le gaz carbonique dissous dans l'eau provient pour plupart du métabolisme des organismes vivant dans l'eau et du CO_2 atmosphérique. Il peut constituer à la longue un facteur limitant pour le développement et l'épanouissement des organismes aquatiques.

I.3.2.8. Alcalinité et Duretés

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) traduit la capacité d'une eau à absorber les protons. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte généralement à la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes (Rodier, 2009). Le TAC varie dans le même sens que la dureté de l'eau et

augmente avec le degré de minéralisation (Verneaux, 1973). Les eaux provenant des terrains calcaires et surtout des terrains gypseux présentent des duretés très élevées, tandis que celles qui s'écoulent sur les terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux affichent des duretés très faibles (Rodier, 2009).

I.3.3. Indice de Pollution Organique (IPO)

L'Indice de Pollution Organique (Leclercq, 2001) a été calculé pour rendre compte de manière synthétique du degré de pollution organique des eaux des lacs. Le calcul de cet indice s'est basé sur trois variables chimiques : Azote ammoniacal (NH_4^+), Nitrites (NO_2^-) et les Orthophosphates (PO_4^{3-}). Pour chacun des paramètres, cinq classes de teneurs ayant une signification écologique sont ainsi définies dans le Tableau 1 (Leclercq, 2001). L'IPO correspond à la moyenne des numéros de classe de chaque paramètre et les valeurs obtenues sont réparties en 5 niveaux de pollution (Tableau I).

Tableau I : Classes de l'Indice de Pollution Organique (IPO) en fonction des valeurs limites de chaque paramètre (Leclercq, 2001 modifié).

Classes	Moyennes des classes	Paramètres		
		NH_4^+ (mg/L)	NO_2^- ($\mu\text{g/L}$)	PO_4^{3-} ($\mu\text{g/L}$)
Nulle (5)	4,6 - 5	< 0,1	≤ 5	≤ 15
Faible (4)	4 - 4,5	0,1 - 0,9	6-10	16 - 75
	3 - 3,9	1 - 2,4	11-50	76 - 250
Forte (2)	2 - 2,9	2,5 - 6	51 - 150	251 - 900
Très forte (1)	1 - 1,9	> 6	> 150	> 900

L'analyse physicochimique doit nécessairement être complétée par l'analyse des composantes biologiques afin de rendre compte de façon durable de « l'état de santé » des hydrosystèmes.

I.3.3 Paramètres biologiques

I.3.3.1 Chlorophylle a (Chl a)

C'est le pigment responsable de la photosynthèse. Elle constitue une mesure sensible de la quantité d'organismes photosynthétiques. La chlorophylle « a » n'est pas le seul pigment chez les phytoplanctons. En plus de la chlorophylle « a » les phytoplanctons ont des pigments accessoires (phycocyanines, carotènes, la chlorophylle b, c, d ...) caractérisant un certain groupe des phytoplanctons

I.3.3.2 Biodiversité du phytoplancton

Selon Auberti et Boisvert (2006), la biodiversité est la variété des êtres vivants à 3 niveaux : diversité génétique (diversité intraspécifique), diversité des espèces (diversité spécifique) et diversité des écosystèmes (diversité écosystémique).

Le phytoplancton (du grec « phyton » ou plante et « planktos » ou errant), ou plancton végétal, désigne l'ensemble des microorganismes végétaux, 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'1 µm 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). Leur principale source d'acquisition de l'énergie s'effectue par phototrophie à partir de la lumière : c'est la photosynthèse. Les formes phytoplanctoniques sont extrêmement variées et la diversité morphologique est souvent liée à une adaptation à la mobilité (flottaison et mouvements verticaux) (Zeitzschel, 1978). Le phytoplancton se situe le plus souvent dans la couche supérieure éclairée des masses d'eau, dite zone euphotique dont la limite inférieure correspond à la profondeur recevant 1 % de la lumière incidente. Les organismes phytoplanctoniques ne représentent que 1 % de la biomasse des organismes photosynthétiques sur Terre mais assurent 45 % de la production primaire (Behrenfeld *et al.*, 2001). La tailles de phytoplancton varie de quelques micromètres à plusieurs millimètres on distingue (Alvain, 2005). :

- Picophytoplancton 0,2-2 µm,
- Nanophytoplancton de 2 à 20 µm,
- Microphytoplancton de 20 à 200 µm,
- Macrophytoplancton de 200 à 2000 µm

I.4. Facteurs limitants de la croissance du phytoplancton

I.4.1 Azote

Dans les eaux naturelles, on retrouve l'azote sous trois principales formes : le nitrite, le nitrate et l'ammoniac. Le phytoplancton utilise outre l'azote gazeux (algues bleue-vertes), ces trois sources azotées selon leur disponibilité et la facilité de leur assimilation.

L'ammoniac est absorbé préférentiellement par le phytoplancton (Harrison *et al.*, 1983 ; Carpenter et Dunham, 1985). L'urée quant à elle est une source azotée de remplacement qu'utilise le phytoplancton dans les eaux profondes, sombres où l'activité de la nitrate réductase est réduite. Le nitrite est présent dans l'eau en faible quantité (Thomas, 1966). Le nitrate est la source azotée la plus utilisée par le phytoplancton. En outre, c'est la source azotée la plus représentative (78% de l'azote annuellement disponible d'après (Carpenter et Dunham, 1985).

I.4.2. Phosphore

À certaines concentrations, le phosphore limite la croissance du phytoplancton : la diatomée *Asterionella japonica* est limitée à 0,25 mg/l de phosphore (Wetzel, 2001) le dinoflagellé par exemple *Gymnodium simplex* ne croît plus à 0,05 mg/l de phosphore (Taylor *et al.*, 2006). Ainsi, on observe que la concentration limite de la production du phytoplancton varie selon l'espèce en présence, chaque population ayant ses besoins propres.

I.5. Principales classes du phytoplancton

Les principaux groupes sont déterminés par des critères morphologiques, cytologiques, génétiques, biochimiques et reproductifs (Broutin *et al.*, 2010) et aussi selon la nature de leurs pigments (Druart et Balvay, 2009).

I.5.1 Cyanophycées

Les cyanobactéries sont connues sous le nom de cyanophycées, cyanophytes ou algues bleues. Ce sont des indicateurs de la mauvaise qualité de l'eau pouvant se satisfaire d'éclairements faibles et se plaisant dans les milieux riches en phosphates (Gomez *et al.*, 2017). Les algues peuvent être unicellulaires, filamenteuses, sphériques, ovoïdes, cylindriques, isolées ou associées en colonies simples par l'intermédiaire d'une matrice produite au cours de la croissance. Ils regroupent plus de 110 genres et environ 1000 espèces dulçaquicoles. La plupart des Cyanobactéries de forme sphérique appartiennent à la famille des Chroococcacées, tandis que les formes filamenteuses appartiennent aux familles des Nostocacées et Oscillatoriacées (Bourrelly, 1985). Les cellules appartenant à cette classe se caractérisent par l'absence de noyau, de plaste et de reproduction sexuée. Ces algues bleues se distinguent des procaryotes hétérotrophes par la présence de chlorophylle 'a' et de pigments accessoires (phycocyanine, phycoérythrine, caroténoïdes...) (Colyer *et al.*, 2005). (Figure 3).

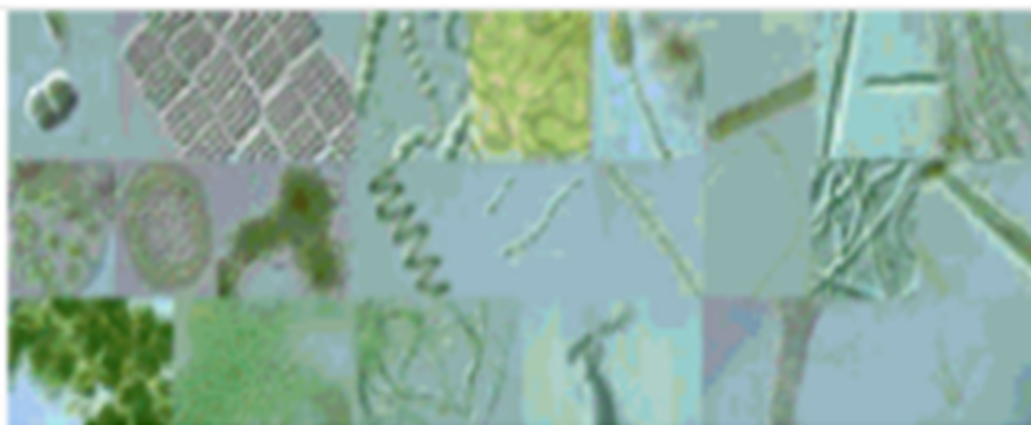


Figure 3 : Caractéristiques principales des cyanophycées sur des aspects cytologiques et morphologiques. (Saez *et al.*, 2008).

1.5.2. Dinoflagellés (Dinophycées)

Les dinoflagellés ou (Dinophyceae) sont des organismes aux formes et aux tailles très diverses possédant deux flagelles caractéristiques, l'un transversal et l'autre longitudinal, plusieurs sont autotrophes, mais beaucoup sont hétérotrophes certains ont des parois fragiles et sont appelés dinoflagellés sans thèque, ou nus, alors que d'autres sont recouverts d'une thèque plus ou moins épaisse, constituée de plaques cellulodiques. La cellule est divisée en deux parties soit l'épithèque et l'hypothèque, séparées par un sillon équatorial appelé cingulum ou ceinture et le sillon longitudinal s'appelle le sulcus (Fig. 4). L'extrémité antérieure de la cellule forme l'apex alors que l'extrémité postérieure et l'antapex (Therriault *et al.*, 1999). Les chlorophylles « a et c » sont deux pigments

majeurs au niveau des cellules de dinoflagellés. Les caroténoïdes sont responsables de la couleur dorée bien que les cellules puissent apparaître jaunâtre voire marron. La reproduction sexuée est temporaire, la reproduction asexuée par la formation d'aplanospores (spores non flagellés) prédomine (Groga, 2012).

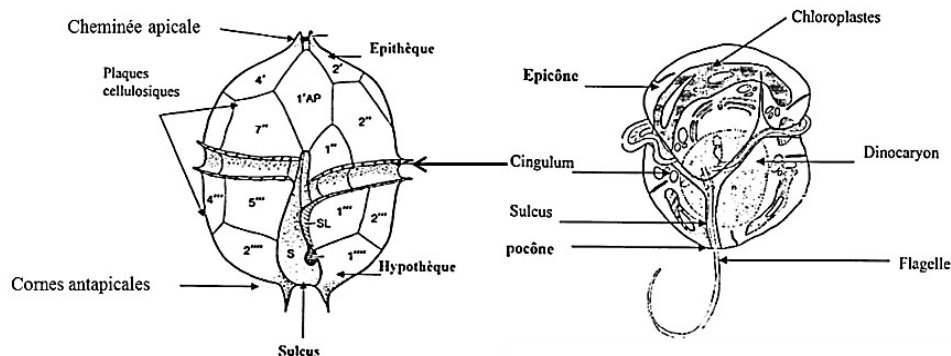


Figure 4 : Organisation générale des dinoflagellés (Dolge, 1985) et (Sournia, 1986). (AP : plaque apicale, S : sulcus, SL : suture sulcal)

1.5.3. Diatomées

Les Diatomées encore appelées Bacillariophycées ou Diatomophycées sont des organismes microscopiques vivant dans l'eau, soit en suspension, soit sur le fond, libres ou fixés à des supports divers (Ebang Menye *et al.*, 2012). Ils sont des cellules algales non flagellées enfermées dans une coque siliceuse (le frustule) dont l'ornementation est caractéristique des différentes espèces. Ils sont des cellules isolées (*Cyclotella*, *Navicula*, etc.) ou associées en structures pseudo-coloniales (*Asterionella*, *Fragilaria*, *Tabellaria*, ... etc.) (Druart et Balvay, 2009). Ils se caractérisent par la présence des plusieurs plastes délimités par une enveloppe composée de 4 membranes. La couleur des plastes peut varier du jaune très pâle au brun en raison de la composition en pigments caroténoïdiens (β -carotènes, diatoxanthin, diadinoxanthine et fucoxanthine) qui masquent la couleur des pigments chlorophylliens a et c (c2, et c1 ou c3) (Kermarrec, 2012). Selon leur morphologie, les diatomées sont divisées en deux Ordres (Fig.5) : les Pennatophycideae (ou Pennées) et les Centrophycideae (ou Centriques) (Dhib, 2015).

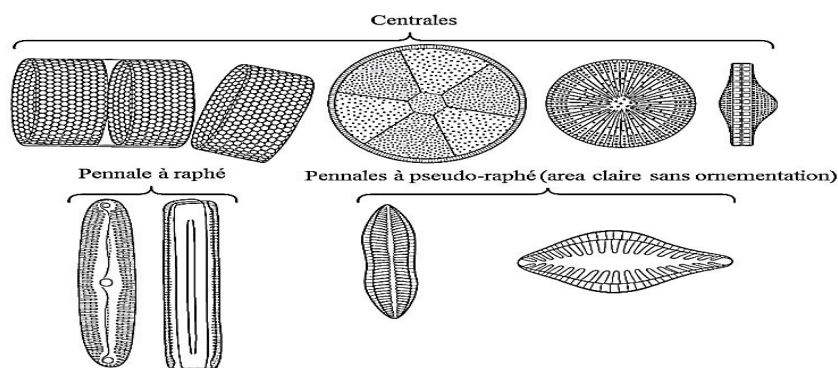


Figure 5 : Variétés des frustules de diatomées (Mathieu *et al.*, 2011).

1.5.4. Chlorophycées

Les chlorophycées forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricées et les Charophycées. Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces John, (1994). Toutefois, la plupart des algues vertes lacustres appartiennent à l'ordre des Volvocales et à celui des Chlorococcales qui font partie de la classe des Euchlorophycées (Bourrelly, 1972). Les cellules des Volvocales possèdent une paroi cellulaire glycoprotéique pourvue de 2, 4 ou 8 flagelles de même taille, un noyau et deux vacuoles contractiles localisées à la base des flagelles. Les chloroplastes de la plupart des volvocales sont en forme de U et les chlorophylles a et b sont les pigments majeurs (Ettl, 1983). Les Chlorococcales sont unicellulaires ou coloniales avec une membrane bien définie, parfois de formes filamenteuses (Ettl et Gärtner, 1988). L'état végétatif est sous forme immobile et les flagelles sont absents au stade adulte (Fig. 6). Globalement les Chlorophycées sont des microorganismes typiquement thermophiles, photophiles et ont une préférence pour les milieux riches en nutriments azotés (Sane, 2006). Elles sont des microalgues vertes vivant isolées ou organisées en colonies dans les eaux marine et douce des zones tempérée et chaude. 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 (Mollo et Noury, 2013). Les chlorophycées possèdent des plastides d'un vert franc, contenant de la chlorophylle a et b associée à l' α et β -carotène et des xanthophylles. Les cellules mobiles sont isokontées et les réserves sont constituées d'amidon intraplastidial (Amri, 2008).

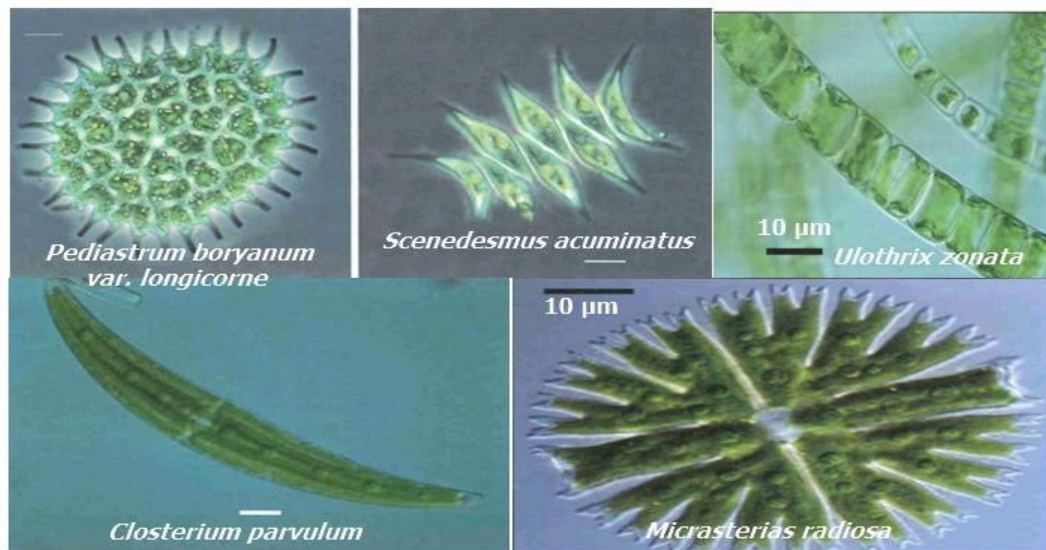


Figure 6 : Photos de quelques espèces des Chlorophytes (Druart et Balvay, 2007)

1.5.5. Chrysophycées

Les Chrysophycées sont des organismes unicellulaires ou coloniaux, rarement filamenteux, des chrysophycées à plastides jaunes ou bruns renfermant des chlorophylles a et c, du carotène et diverses xanthophylles. Elles forment souvent des logettes ou kystes siliceux plus ou moins sphériques, percés d'un pore fermé par un bouchon (Bourrelly, 1957). La chrysophycée est une micro- algue pélagique. 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).

1.5.6. Cryptophycées

Les Cryptophycées sont organismes unicellulaires, mobiles de par la présence de deux flagelles (de taille égale) et dépourvues de paroi cellulaire. 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. Les cellules sont aplaties dorso-ventralement et sont pourvues d'une invagination antérieure qui porte les deux flagelles (Grogan, 2012). Les Cryptophycées renferment en plus de la chlorophylle a d'autres pigments comme caroténoïdes et des biliprotéines cette composante du nanoplancton constitue une nourriture pour les zooplanctons (Balvay, 2009).

1.5.7. Euglénophycées

Les Euglénophycées ou euglènes sont des petites algues flagellées incolores ou possédant des chloroplastes (Reviere, 2002). Ces organismes peuvent être considérés comme étant à la limite entre le règne végétal et le règne animal (Balvay, 2009). Sont présentes dans les milieux riches en substances organique. Ils se caractérisent par :

- l'absence de membrane cellulosique, remplacée par une paroi souple, leur permettant de changer de forme et de se mouvoir à la façon des amibes ;
- ils ont une vacuole, qui règle la pression osmotique, ce qui est rarement observé chez les algues, mais plutôt chez les protozoaires (Saheb, 2014).

1.5.8. Xanthophycées

Les Xanthophycées sont organismes qui vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et elles sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes (β -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte (Ettl, 1983). Elles regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente. 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. Les xanthophycées se divisent

essentiellement par fission binaire mais peuvent également former des zoospores. La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (Groga, 2012).

1.5.9. Rhodophycées

Les Rhodophycées sont des algues eucaryotes, sont le plus souvent marines et leur présence dans les eaux douces se limite à une trentaine de genres peu fréquents. Leurs pigments sont constitués par des chlorophylles a et d, des α et β carotènes, des xanthophylles et des biliprotéines (Phycoérythrine et Phycocyanine). Les réserves sont constituées de rhodamylon ou (amidon floridéen) O, amidon particulier toujours extraplastidial prenant une teinte rougeâtre au contact de l'iode. En eau douce, la couleur des Rhodophycées est bleue-verte, rouge-violacé, très souvent vert sale ou vert noirâtre (Bourrelly, 1957).

I.6. Place du phytoplancton dans les hydrosystèmes

Les espèces phytoplanctoniques sont d'une importance capitale dans la biosphère, car elles interviennent dans beaucoup de niveau de la vie.

Elles interviennent dans les milieux aquatiques comme des indicateurs biologiques du fait que, les espèces phytoplanctoniques, sont donc fortement influencées par les changements environnementaux (Anneville *et al.*, 2000). Elles sont considérées comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation, spécialement dans les milieux lenti-ques (Solheim *et al.*, 2005). Ainsi, ce compartiment biologique a été proposé puis imposé comme bioindicateur puisque répondant aux changements trophiques des eaux (DCE, 2005).

Les organismes phytoplanctoniques sont à la base des chaînes trophiques aquatiques et sont donc responsables d'une part essentielle de la production primaire. Le phytoplancton est consommé par les organismes microscopiques (zooplancton) et les animaux de petite taille qui constituent eux-mêmes la nourriture de consommateurs plus gros qui, à leur tour, sont mangés par d'autres prédateurs. Les microalgues ne sont pas appréciées exclusivement par le zooplancton, elles sont un aliment de choix pour des espèces filtreuses.

Le premier producteur d'oxygène sur Terre n'est pas la forêt contrairement à une idée reçue, mais le plancton végétal qui apporte à l'atmosphère plus d'O₂ que l'ensemble des forêts du monde réuni. Le processus de photosynthèse permet au phytoplancton de produire une grande quantité d'O₂ nécessaire à la vie dans l'eau, mais aussi, grâce aux échanges gazeux, il fournit environ les 1 à 2/3 (30 à 60%) de l'oxygène de l'air de notre planète pourtant il ne représente que 1 % de la biomasse d'organismes photosynthétiques, le dernier tiers provenant des végétaux des continents (Mollo et Noury, 2013).

Le phytoplancton joue un rôle fondamental au niveau de la régulation des cycles biogéochimiques et de la fixation du CO₂ atmosphérique, participant directement au contrôle du climat global. La fixation de CO₂ par le phytoplancton et sa transformation en carbone organique vivant (biomasse phytoplanctonique) représentent une des étapes fondamentales de la pompe

biologique de carbone (Guilloux, 2016). La sénescence, l'agrégation et la plongée du phytoplancton ainsi que les produits résultant des prédateurs directs ou indirects du phytoplancton (ex. : pelotes fécales, mues de crustacés planctoniques, capsules mucilagineuses d'appendiculaires ou salpes) sont d'autres mécanismes qui encouragent le transfert (exportation) vertical du carbone et son stockage (séquestration), temporaire ou permanent, dans les océans profonds. Ce phénomène est appelé pompe biologique de carbone. Il limite la quantité de CO₂ présent dans l'atmosphère et participe à la régulation du climat. Les océans absorbent près de 30 à 60 % des émissions de dioxyde de carbone anthropique et contribuent ainsi à atténuer le changement climatique en diminuant l'effet de serre (Mollo et Noury, 2013). !

Le phytoplancton est une source prometteuse de biomasse pour des applications aussi variées que l'alimentation animale et humaine, la production énergétique, ou la décontamination environnementale (Przybyla et *al.*, 2017). La spiruline (*Arthrospira platensis*) et les espèces de type *Chlorella* sont les principales espèces cultivées dans ce but lucratif (Cadoret et Bernard, 2008).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1 Site d'étude

II.1.1 Cadre géographique

Le Complexe lacustre Ossa est situé au Cameroun dans la Région du littoral, département de la Sanaga Maritime et Commune de Dizangué. Il se trouve à 40 km à l'Est de la côte atlantique du Golfe de Guinée à une altitude de 8 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les coordonnées géographiques de la région sont de : 3°45'42 et 3°53' de latitude Nord et, de 9°9' et 10°4'12 de longitude Est (Wirrmann et Élouga, 1998). Ce lac est un lieu populaire pour la baignade et la pêche. Le complexe lacustre est constitué de trois lacs (Mwembé, Ossa et Mevia) avec une superficie environ 245 km² et renferme 22 îles. La profondeur maximale est de 10 mètres, pour une moyenne de 3 mètres en 2024. Ce lac de subsistance regorge certaines espèces végétales envahissantes à l'instar de la fougère aquatique (*Salvinia molesta*) et de bien d'autres (*Echinochloa pyramidalis*) et certaines espèces animales aquatiques telles que le Lamantin d'Afrique (*Trichechus*) et la tortue d'eau douce. Ces végétaux aquatiques jouent un rôle essentiel dans l'équilibre des milieux aquatiques. En effet, leur présence contribue à l'oxygénation de l'eau, à la régulation saline, à la purification des biotopes où ils se développent, à la sédimentation des particules organiques et inorganiques et à l'alimentation de la plupart des espèces animales aquatiques.

La localité de Dizangué est soumise à un régime climatique équatorial de type guinéen (Suchel, 1987). Elle est caractérisée par une saison sèche de trois mois (décembre à février) et par une longue saison pluvieuse de mars à novembre. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 3000 mm (Farrera *et al.*, 1996). Les températures moyennes mensuelles sont peu élevées. La température moyenne annuelle est de 25°C pour un écart diurne moyen de 8,4°C. La moyenne des mois chauds (février, mars, avril) est de 32,7°C (Wirrmann, 1992 ; Ngafack, 2014).

Le relief est dominé par des sommets plats atteignant parfois 80 m d'altitude. Mais, les pentes menant vers les cours d'eau et les dépressions lacustres sont assez fortes (Wirrmann, 1992). Le lac Ossa submerge le fond d'une ancienne vallée encaissée qui a été barrée par les alluvions de la rivière Sanaga, probablement à la fin de la dernière époque glaciaire (Wirrmann, 1992). La localité de Dizangué est arrosée par les fleuves Sanaga et la Petite Dibamba. Ce réseau hydrographique se complète principalement par les lacs Ossa et Simbe.. Un canal assure la liaison du Complexe Ossa avec la Sanaga au sud-est du lac (Wirrmann, 1992). Cette zone de jonction assure le flux et le reflux d'eau entre la Sanaga et le Complexe Lacustre.

Dans cette localité, les sols sont ferralitiques jaunes, dérivés des roches sédimentaires (Vallerie, 1968 ; Segalen, 1978).

La flore est représentée par un sous-type de la forêt sempervirente biaffréenne de basse altitude ou forêt atlantique. Composée de deux strates dont une arborescente et l'autre arborée, la strate arborescente est essentiellement caractérisée par l'abondance de *Lophira alata*, *Sacoglottis*

gabonensis et *Cynornetra hankei*. Par contre, la strate arborée renferme une grande proportion de *Coula edulis*. *Lophira alata* est surtout développée sur les interfluves et ne se régénère pas malgré ses nombreuses fructifications (Letouzey, 1968).

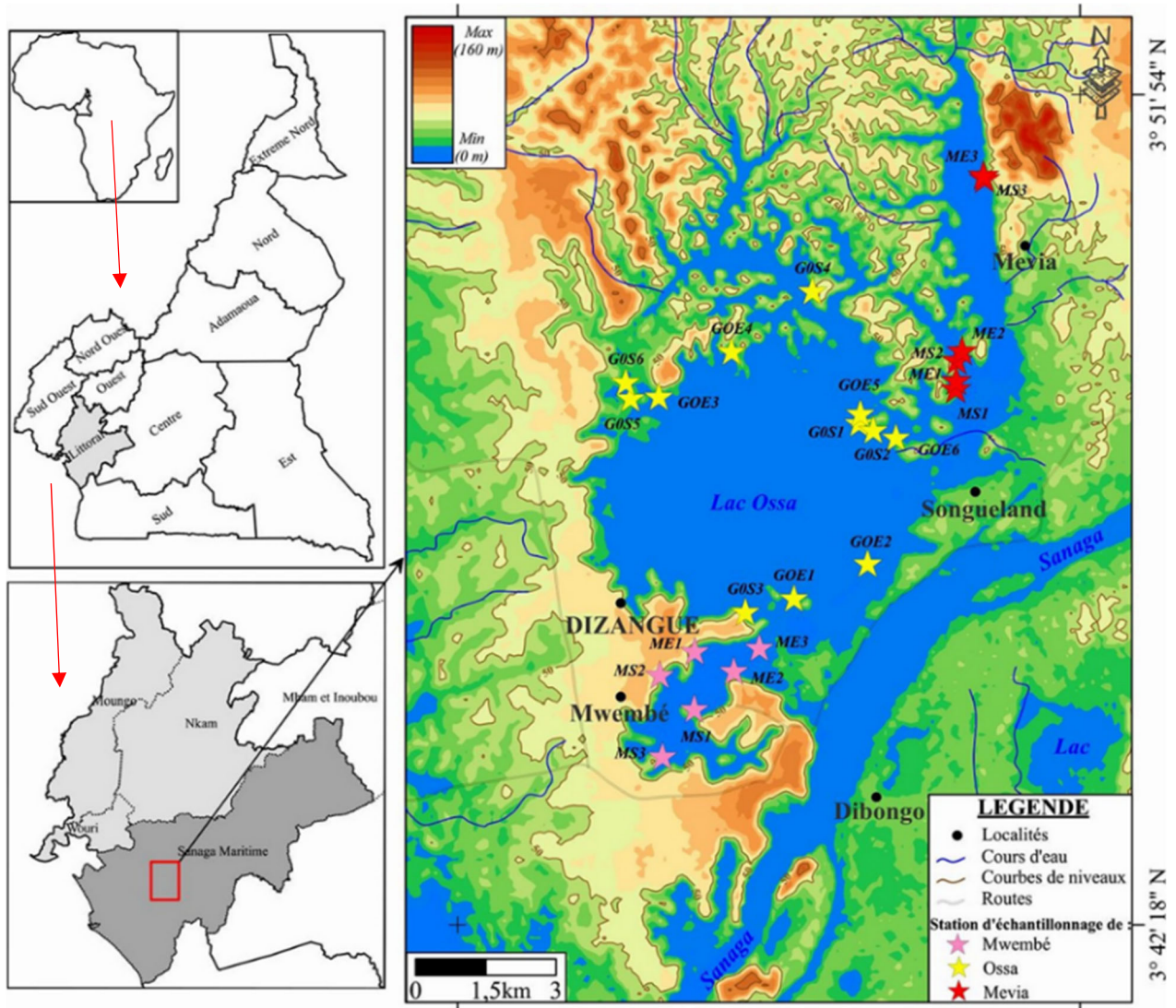


Figure 7 : Localisation de la zone d'étude

II.2. Matériel

II.2.1 Stations d'échantillonnage

Dans le cadre de cette étude 21 stations d'échantillonnage ont été retenues en tenant compte des activités anthropiques, la présence de la *Salvinia molesta*, et l'*Echinochloa pyramidalis* dans les trois lacs. Ces stations ont été réparties de manière suivante :

- six (6) stations dans le lac Mwembé (trois stations à proximité de la *Salvinia molesta* de même pour l'*Echinochloa pyramidalis*) à côté de ces points d'échantillonnages quelques activités sont exercées ;
- douze (12) stations dans le lac Ossa (six stations à proximité de la *Salvinia molesta* et six stations à proximité d'*Echinochloa pyramidalis*) ,autour de ces points de prélèvement on note

la présence des plantations de la SAFACAM et la présence de l'Usine de production d'huile ainsi que d'autres activités anthropiques ;

- trois (3) stations dans le lac Mévia uniquement à proximité de la *Salvinia molesta* et des plantations .

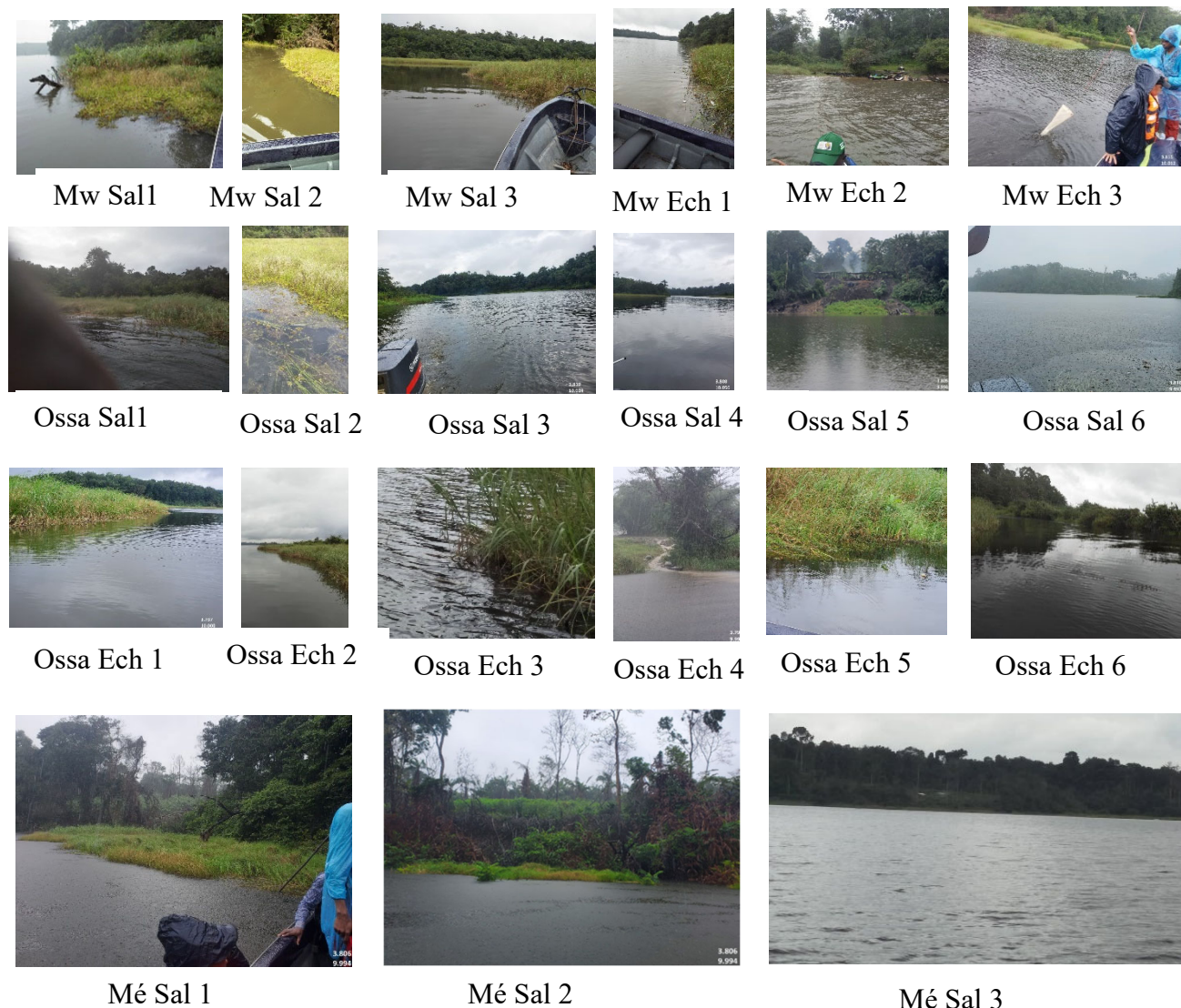


Figure 8 : Photographies des stations d'échantillonnages

II.3 Méthodes

II.3.1 Période d'étude

L'étude a été menée en deux phases pendant 6 mois (janvier à juin 2024). La première phase qui s'est déroulée de janvier à avril 2024 (4 mois) a consisté en la méthodologie de recherche, en la prospection du site et au choix des stations d'échantillonnage suivant les critères tels que la représentativité du complexe lacustre, la présence ou l'absence de la *salvinia molesta* et d'*Echinochloa pyramidalis* ainsi que les activités anthropiques au sein de ce complexe lacustre. La

seconde phase consacrée à l'échantillonnage proprement dit, s'est déroulée en 2 mois (avril et juin 2024) et a consisté à prélever les échantillons pour les analyses physicochimiques et biologiques.

II.3.2. Échantillonnage

Au cours de cette étude, les déplacements dans le complexe Ossa ont été effectués au moyen d'une pirogue à moteur. Les échantillons destinés aux analyses physicochimiques ont été prélevés en surface au niveau des stations de retenues de chaque lac directement à l'aide des flacons en polyéthylène à double bouchage de 800 mL et 1000 mL sans faire de bulles. Les flacons remplis à ras le bord et fermés par double bouchage ont été transportés au laboratoire en enceinte réfrigérée pour des analyses dans un délai de 24h et suivant les recommandations de APHA (1998) et Rodier *et al.* (2009).

Le phytoplancton a été récolté à l'aide d'un filet à plancton de maille de 34 μm et d'un diamètre de 20 cm (Figure 9). Les prélèvements ont été fait à la surface de l'eau par la trainée sur une distance de 20 m le filet. Après échantillonnage le retentât a été versé dans les flacons de 330 mL puis fixer au lugol (8 gouttes pour 110 mL) et transporter au laboratoire pour l'identification et le dénombrement.



Figure 9 : Collecte des échantillons biologiques

II.3.3. Mesure des variables physicochimiques

Les analyses physicochimiques se sont déroulées à la fois sur le terrain et au laboratoire suivant les recommandations de Rodier *et al.* (2009).

II.3.3.1 Variables physiques

II.3.3.1.1 Température et Transparence

La température de l'eau a été mesurée à in situ grâce au multi paramètre de marque HACH de série. Les résultats sont exprimés en $^{\circ}\text{C}$. La transparence (Z_s) de l'eau a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi blanc de 30 cm de diamètre, lesté et attaché à une corde graduée. Les valeurs ont été exprimées en cm.

II.3.3.1.2. Matières en Suspension, turbidité et couleur

Les Matières en Suspension, la turbidité et la couleur de l'eau ont été mesurées au laboratoire par colorimétrie au spectrophotomètre DR/2010, respectivement aux longueurs d'onde 630, 450, et 455 nm. Les valeurs ont été exprimées respectivement en mg/L, en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) et en Pt-Co (Unité Platini-um-Cobalt).

II.3.3.2. Variables chimiques

II.3.3.2.1 Potentiel d'Hydrogène (pH) Conductivité électrique et l'Oxygène dissous

Le pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous ont été mesurés sur le terrain grâce au multi paramètre de marque HQ séries Multi HACH. Les résultats du pH, de la conductivité électrique et de l'oxygène dissous ont exprimé respectivement en Unité Conventionnelle (U.C), $\mu\text{S}/\text{cm}$.et en mg d' O_2/L ou en % de saturation.

II.3.3.2.2. Alcalinité totale

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) ou alcalinité a été déterminé au laboratoire par volumétrie. Pour cela, 50 mL d'échantillon d'eau ont été introduits dans un bécher, puis 2 à 3 gouttes de rouge vert de méthyl bromocrésol ont été ajoutées. La solution obtenue de coloration bleue orangé a été ensuite titrée à l'acide sulfurique (H_2SO_4) N/50 jusqu'à apparition de la coloration grise. Les résultats exprimés en mg/L de HCO_3^- ont été obtenus par la formule :

Alcalinité (en mg/L de HCO_3^-) = descente de burette x 20

II.3.3.2.3. Oxydabilité

L'oxydabilité a été mesurée par volumétrie. Dans un erlenmeyer, 2 mL de carbonate monosodique ont été ajoutés à 200 mL d'eau d'échantillon puis porté à ébullition sur une plaque chauffante. Dès le début de l'ébullition, 20 mL de permanganate de potassium (KMnO_4) N/80 ont été ajoutés. Après 10 minutes d'ébullition, l'ensemble a été refroidi à bain marée. Puis, 5 mL d'acide sulfurique 25 % et 20 mL de sel de Mohr ont été ajoutés simultanément à la préparation. La solution incolore ainsi obtenue a été titrée au permanganate de potassium (KMnO_4) N/80 jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persistante. Le témoin est obtenu suivant le même principe en utilisant de l'eau distillée à la place de l'échantillon. Les résultats exprimés en mg/L de O_2 ont été calculés par la formule :

Oxydabilité (mg/L d' O_2) = [(descente de burette échantillon – descente de burette témoin) / 2] x 3,95.

II.3.3.2.4. Gaz carbonique dissous (CO₂ dissous)

La mesure de la teneur de l'eau en CO₂ s'est faite sur le terrain, il a été fixé en introduisant dans une fiole jaugée de 200 mL, 20 mL de NaOH N/20, 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine (indicateur coloré) et l'échantillon d'eau jusqu'au trait de jauge. Le mélange obtenu de coloration rose est transvasé dans un flacon en polyéthylène de 330 ml et est transporté au laboratoire.

Ensuite, 50 mL de l'échantillon fixé a été prélevé, introduit dans un bécher de 100 mL et titré avec une solution d'acide chlorhydrique, HCl N/10 jusqu'à décoloration complète du violet. La teneur de l'eau en CO₂ dissous a été obtenue par la formule ci-après :

$$\text{CO}_2 \text{ (mg/l)} = (\text{descente burette témoin} - \text{descente burette de l'échantillon}) \times 17,6$$

Le témoin a été réalisé dans les mêmes conditions mais en remplaçant de l'eau de l'échantillon par l'eau distillée.

II.3.3.2.5. Duretés calciques et magnésienne

La dureté calcique a été mesurée par volumétrie à partir de 50 ml d'eau d'échantillon contenu dans un bécher, ensuite ont été ajoutés respectivement 1mL de Cyanure de potassium 1 %, 2 mL de NaOH/2N et une pincée de l'indicateur coloré H-H-S-N-N [acide 2-Hydroxy-1-(2-Hydroxy-4-Sulfo-1Naphtyl-azo) -3-Naphtéique]. Le mélange a été titré à l'Idranal III 1% jusqu'à l'apparition d'une couleur bleue franc. Les résultats exprimés en mg/L de CaCO₃ ont été calculés par la formule :

$$\text{Dureté calcique (mg/L de CaCO}_3\text{)} = (\text{descente de burette}) / 20$$

Dureté magnésienne a été déterminée par volumétrie. 50 mL d'échantillon a été mesuré dans un bécher, puis ont été introduits respectivement 2 mL de cyanure de potassium (KCN 1%) ; 10mL de tampon ammoniacal et une pincée de noir Eriochrome T. Une solution de coloration violette obtenue a été dosée à l'Idranal III ensuite a viré au bleue v. Les résultats exprimés en mg/L de Mg²⁺ ont été calculés par la formule :

$$\text{Dureté magnésienne (mg/L de Mg}^{2+}\text{)} = (\text{descente de burette}) / 12$$

II.3.3.2.6. Différentes formes d'azote

Sur le terrain 50 mL d'eau d'échantillon ont été prélevés et filtrés à l'aide d'une membrane filtrante pour retenir un certain nombre de microorganisme présent dans le milieu afin de ne pas utiliser les matières organiques disponible. De retour au laboratoire, les différentes formes d'azote ont été dosées au laboratoire grâce spectrophotomètre HACH DR/2010. L'azote ammoniacal (NH₄⁺) a été mesuré par la méthode de Nessler sur 10 mL d'échantillon et la lecture a été faite à la longueur d'onde $\lambda = 425$ nm. Les nitrites (NO₂⁻) ont été dosés sur 10 mL d'échantillon à l'aide du Nitriver III et la lecture a été faite à la longueur d'onde $\lambda = 507$ nm. Quant aux nitrates (NO₃⁻), ils ont été dosés sur 10 mL d'échantillon au moyen du Nitriver V et la lecture a été faite à la longueur d'onde $\lambda = 500$

nm. Les résultats ont été exprimés en mg. L⁻¹ de NH₄⁺, mg. L⁻¹ de NO₂⁻ et mg. L⁻¹ de NO₃⁻ respectivement.

II.3.3.2.7. Teneur en Orthophosphates (PO₄³⁻)

Les teneurs en orthophosphates ont été dosées sur 10 mL d'échantillon par colorimétrie au spectrophotomètre HACH/DR 2010, avec utilisation du Phosver III, après la filtration sur membrane au terrain. La lecture a été faite à la longueur d'onde $\lambda = 488$ nm et les résultats ont été exprimés en mg. L⁻¹ de PO₄³⁻

II.3.4. Indice de Pollution Organique (IPO)

Les valeurs de l'IPO ont été déterminées au niveau de chaque station comme suit : à partir de nos valeurs, on a ressorti la classe de chaque valeur en utilisant le tableau de Leclercq (2001) dont on a préalablement calculé la moyenne. Après avoir déterminé les classes, on a calculé les moyennes et les valeurs correspondantes ont été reportées dans le tableau d'interprétation pour déterminer ensuite le niveau de pollution.

II.3.5. Analyses biologiques

II.3.5.1. Chlorophylle a, b et c

Au laboratoire, 200 mL de chaque échantillon ont été filtrés à l'aide d'un dispositif de filtration sous vide à travers des membranes en fibre de verre de type Whatmann GF/C de 0,45 μ m de porosité. L'extraction des pigments a été faite au réfrigérateur, dans un tube à essai contenant 10 mL d'une solution d'acétone à 90 % à l'obscurité pendant au moins 24 h. Chaque tube à essai débarrassé de la membrane filtrante a été soumis à 15 mn de centrifugation à 400 tr/mn. La densité optique du surnageant a été lue au spectrophotomètre HACH DR/2010 aux longueurs d'ondes 630 nm, 645 nm et 663 nm respectivement pour le calcul des teneurs en chlorophylles 'a', 'b' et 'c'. (Lemasson *et al.*, 1981).

$$\text{Chl 'a' } (\mu\text{g.L}^{-1}) = \frac{[(11,64 \times DO\ 663) - (2,16 \times DO\ 645) - (0,10 \times DO\ 630)] \times v}{V \times l}$$

$$\text{Chl 'b' } (\mu\text{g.L}^{-1}) = \frac{[(20,97 \times DO\ 645) - (3,94 \times DO\ 663) - (3,66 \times DO\ 630)] \times v}{V \times l}$$

$$\text{Chl 'c' } (\mu\text{g.L}^{-1}) = \frac{[(54,22 \times DO\ 630) - (14,81 \times DO\ 645) - (5,53 \times DO\ 663)] \times v}{V \times l}$$

Avec, DO = Densité Optique ;

Chl 'a' = chlorophylle 'a';

Chl 'b' = chlorophylle 'b';

Chl 'c' = chlorophylle 'c' ;

v = volume de l'extrait acétonique (mL) ;

l = longueur du trajet optique en cm ;

V = volume de l'échantillon filtré en L.

II.3.5.2. Communauté phytoplancton

Au laboratoire, les échantillons ont été laissés pendant 48h pour une décantation par la suite l'on s'est débarrassé du surnageant et les culots ont été conservés dans des en verre tube de 10 mL. Les culots ont été homogénéisés, 1 ml est pipeté et introduit dans une cellule de comptage de type Sedgewick-Rafter, puis observé au microscope optique au grossissement 100X et 200X.

II.3.5.3. Identification du phytoplancton

Les taxons ont été identifiés grâce aux clés d'identification et ouvrages spécialisés parmi lesquelles (Phytoplancton Identification Catalogue, Plancton de MOLLO Pierre et Maurice LOIR, les algues d'eau douce : Initiation à la systématique de (Bourrelly, 1951 et 1970).

II.3.5.4. Dénombrement du phytoplancton

Le comptage des organismes a été réalisé sur des échantillons fixés au lugol, par la méthode Utermohl (1958) dans une cellule de comptage du type Sedwig-Rafter. Le comptage a été réalisé au microscope optique de marque Optic ivymen system aux grossissements 100X et 200X. Le minimum d'individu compté par échantillon a été de (1000 ind/L), pour une exactitude de +/- 10% (APHA, 1985). Afin de minimiser les risques d'erreur, le comptage a été effectué en duplicata. La détermination de la densité a été estimée par la formule suivante : $D=ni*v_1/v_2*V$

D=densité de l'espèces (ind /L)

ni=Nombre individu observé

V₁=Volume d'eau du sous échantillon obtenu après récolté après échantillonnage la filtration (mL)

V₂=volume du sous échantillon observé au microscope (mL)

V=Volume filtré (litre)

II.4. Analyse des données et tests statistiques

Les données collectées pendant la période d'étude ont été analysées grâce au logiciel SPSS 20.0 ; PAST, R et Microsoft Excel version 16.0. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de courbes, diagrammes et camemberts.

II.4.1. Test de Kruskal Wallis

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a permis de comparer les abondances des espèces et les richesses spécifiques phytoplanctoniques. Il a été calculé à l'aide du logiciel SPSS version 20.0. A chaque fois que le test Kruskal-Wallis a montré une différence significative entre variable et le test Kruskal-Wallis et Mam Whitney.

II.4.2. Coefficient de corrélation de Spearman

Les corrélations de rang de Spearman entre variables physicochimiques et variables biologiques permettent de caractériser l'état d'un milieu ; dans le sens où ces corrélations

permettent d'évaluer le niveau de dépendance entre les différentes variables d'un écosystème. Cette corrélation est notée r et deux variables sont plus ou moins fortement liées selon que r est plus ou moins proche de 1.

Ces résultats ont été analysés à l'aide des logiciels MS Excel (pour les calculs et les représentations graphiques) R et SPSS 20.0 pour les corrélations

II.4.3. Indice de diversité (H') de Shannon et Weaver

L'indice de diversité Shannon et Weaver a permis d'évaluer la diversité taxonomique des peuplements et le taux d'organismes (Dajoz, 2000). Il prend en compte la richesse et abondance des espèces (Ramade 2005). L'indice varie entre 0 et $\log S$ ($H'_{\max}$). La diversité est d'autant plus grande lorsque H' tend vers $\log S$ et peu diversifié lorsqu'il tend vers 0 (Lévêque et Balian, 2005). L'indice s'exprime par la formule :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

Avec n_i = abondance relative du taxon i dans l'échantillon,

N = abondance totale des individus dans l'échantillon,

H' = indice de Shannon et Weaver (bits/ind).

II.4.4. Indice d'équitabilité J de Pielou

L'indice d'équitabilité de Pielou (J) (1966) a été utilisé pour évaluer la régularité de la distribution des espèces. Il varie entre 0 et 1 et traduit le degré d'organisation d'un peuplement (Dajoz, 2000). Sa formule est :

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} \quad \text{Avec, } H' = \left\{ \begin{array}{l} \text{indice de Shannon et Weaver;} \\ - J = \text{indice de Pielou.} \end{array} \right.$$

Lorsque J tend vers 0, le peuplement est dominé par une ou quelques espèces. Lorsque J tend vers 1, il y a équitabilité au sein du peuplement.

II.4.5. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Dans cette étude, une ACP a été réalisée à partir du logiciel R pour caractériser les stations d'échantillonnage sur la base de l'ensemble des paramètres physicochimiques mesurés ainsi que les affinités biologiques à différentes stations tout au long de l'étude. Cette méthode de statistique factorielle descriptive a pour objectif de présenter sous forme graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau de données de taille importante (Philippeau, 1992). Dans le cadre de cette étude, c'est la matrice de corrélation qui a été utilisée. La phase finale de l'ACP consiste en une représentation graphique qui permet alors d'avoir un aperçu des résultats.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Résultats

III.1.1. Variables physicochimiques

Les valeurs des paramètres physicochimiques mesurées au niveau de la *Salvinia* et *Echinochloa* cours de cette étude exceptée celle des Orthophosphates dans l'ensemble, n'ont montré aucune différence significative ($p > 0,05$).

III.1.1.1. Variables physiques

Au cours de cette étude les variables physiques analysées ont été : la Température, la Turbidité, la Transparence, les Matières En Suspensions et la Couleur.

III.1.1.1.1. Température

Les valeurs de la température ont oscillé entre 29,9°C (Ossa Echino 6) et 35°C (Ossa salvinia 4) en avril, avec une moyenne générale de $31,87 \pm 0,77^\circ\text{C}$ (Figure 10). Sur le plan spatial, le test de Kruskal-Wallis montre qu'il y a une différence significative entre les différentes stations ($p = 0,138$), et aucune différence sur le plan temporel ($p = 0,004$).

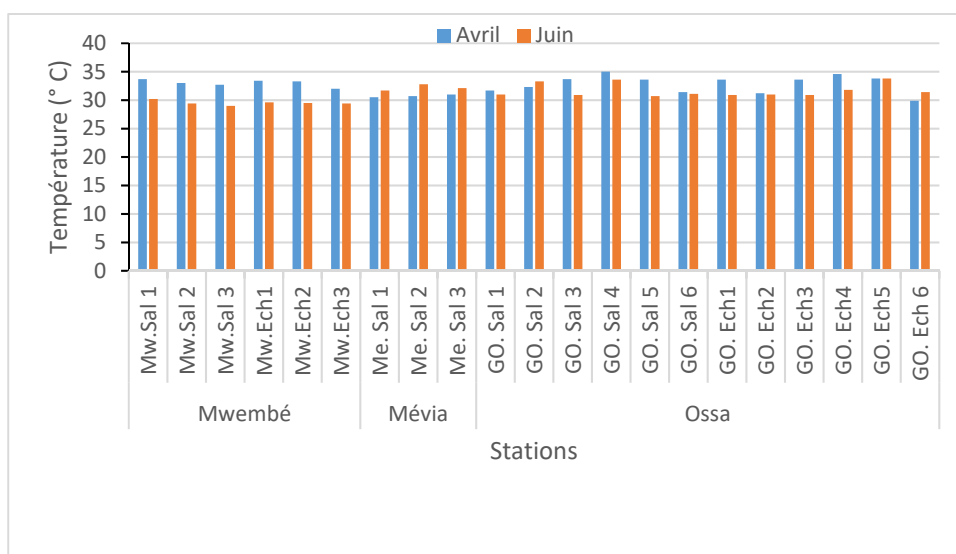


Figure 10 : Variation spatiotemporelle de la température

III.1.1.1.2. MES, Turbidité Couleur et la Transparence

Le profil de variation des Matières En Suspension (MES) a fluctué de 0 à 36 mg/L pendant le mois de d'avril, et de 4 à 28 mg/L pendant le mois de juin avec une moyenne $13,14 \pm 3,74$ mg /L durant les deux sorties (figure 11 A).

Dans l'ensemble, la turbidité a été élevée avec des valeurs variant entre 58 NTU (avril, Mw sal 1) et 40 NTU (juin, MW sal 3) avec une moyenne $27,6 \pm 7,7$ NTU (figure 11 B).

S'agissant de la couleur, les valeurs ont oscillé entre 71 et 237 Pt-Co en avril (GO sal 6 à GO sal 2) et 45 à 160 Pt-Co en juin (GO sal 6 à Mw sal 1), avec une moyenne de $107,6 \pm 20,9$ Pt-Co dans le complexe (Figure 11 C).

La transparence de l'eau a varié entre 60 à 137 cm (avril, Mw sal1 et GO sal 3) et 53 à 159 cm en juin, (GO Ech 1 à GO sal 4) avec une moyenne de $84,7 \pm 15,7$ cm au cours de l'étude (fig 11D).

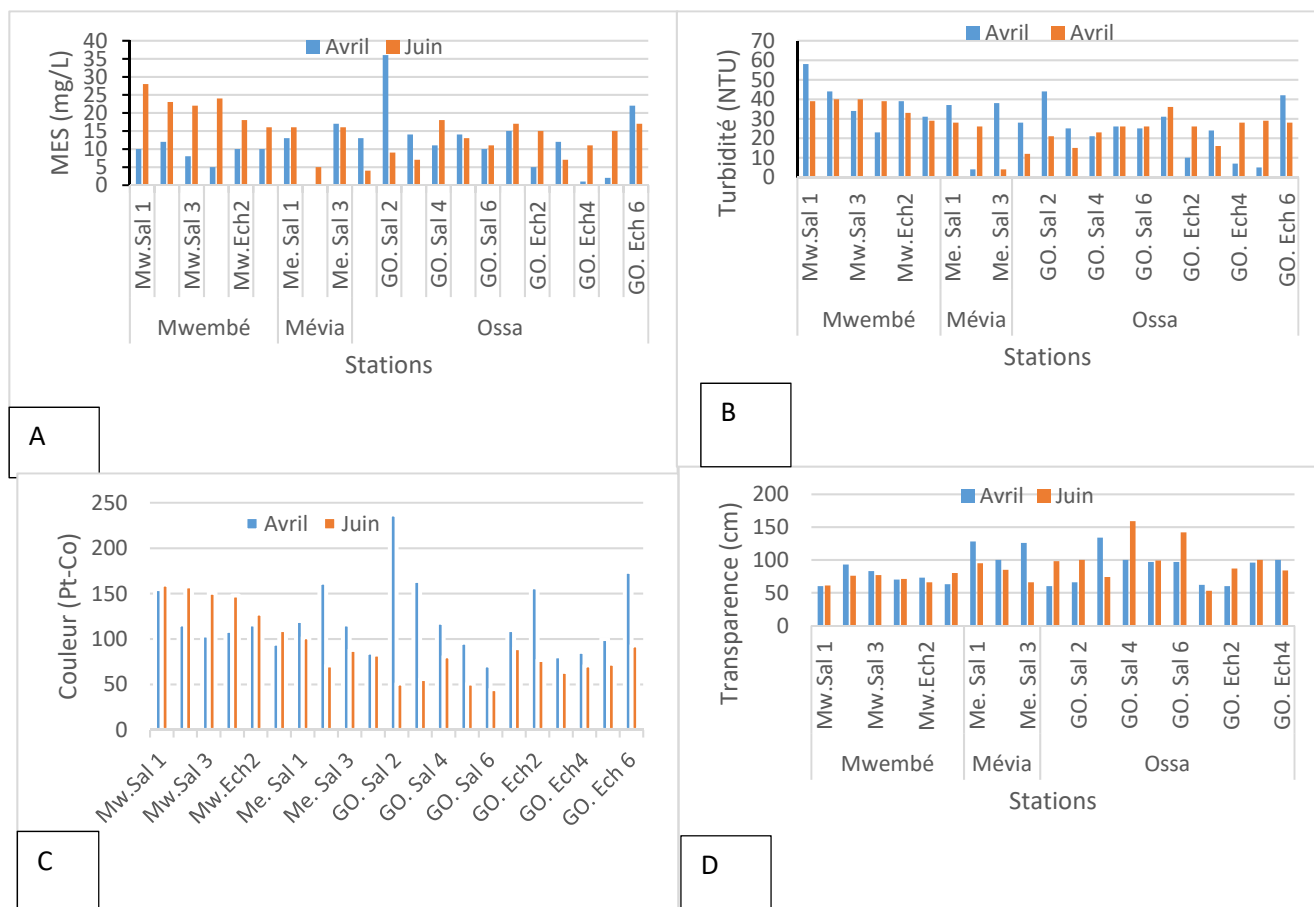


Figure 11 : Variation spatiotemporelle de quelques paramètres physiques

III.1.1.2. Variables chimiques

III.1.1.2.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) et Alcalinité

Le pH a varié entre 3,5 à 7,39 UC (avril, GO sal 3 à GO echino 6) et 2,85 à 6,6 UC (juin, Mw echino 3 à GO echino 5) avec une moyenne de $5,82 \pm 0,63$ UC dans le complexe lacustre Ossa 1 (Figure 12 A).

Quant à l'alcalinité, les teneurs ont varié entre 8 et 42 mg/L (avril, GO sal1 à Mw sal 3) et 10,56 mg/L (juin, GO echino 5 et Mévia sal 2) avec une moyenne de $26,64 \pm 10,40$ mg/L dans le lac (Figure 12 B).

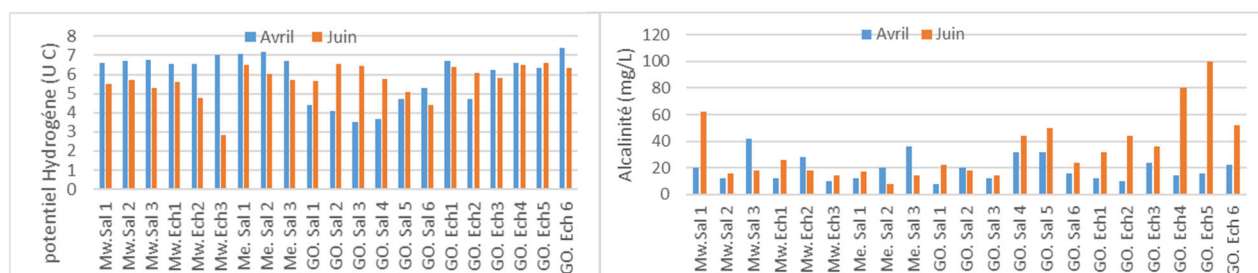


Figure 12 : Variation spatiotemporelle Potentiel d'Hydrogène et Alcalinité

III.1.1.2.2. Oxygène dissous, CO₂ dissous, Oxydabilité et Conductivité électrique

L'oxygène dissous a varié de 29,9 à 128,5%, respectivement (GO Sal 3 et Mw Sal 2 en avril) pour une valeur moyenne de $93,41 \pm 11,39$ % (Figure 13 A). Les tests de Kruskal-Wallis ont montré aucune différence significative aussi bien sur le plan spatial que temporel ($p > 0,05$).

Les teneurs en gaz carbonique dissous (Figure 13 B) ont varié de 7,04 à 109 mg/L (avril, Mw Echi 1 à Mw sal 3) et de 1,76 à 42,24 mg/L (juin, respectivement à Mw echino 3 et GO sal 1) autour d'une moyenne de $21,95 \pm 8,24$ mg/L. Aucune différence significative a été relevée sur le plan spatial ($p = 0,934$). Cependant, on note une différence significative sur le plan temporel ($p = 0,003$).

Quant aux valeurs de l'oxydabilité, elles ont oscillé entre 1,77 à 74,26 mg/L (avril, Mwembé Echi 1 à Mwembé Echi 3) et 3,75 à 22,91 mg/L (juin, Mwembé Echi 3 à Mévia sal 2) avec une moyenne générale de $16,41 \pm 6,37$ mg/L de de KMnO₄ dans le lac (Figure 13 C).

La conductivité électrique a varié de 7,88 à 34,6 μ S/Cm pendant le mois d'avril et de 15,42 à 38,3 μ S/cm au mois de juin et une valeur moyenne globale de 21,94 μ S/cm (Figure 13 D). Le test de Kruskal Wallis a montré la différence significative entre les stations et les mois ($p = 0,002$ et $p = 0,021$).

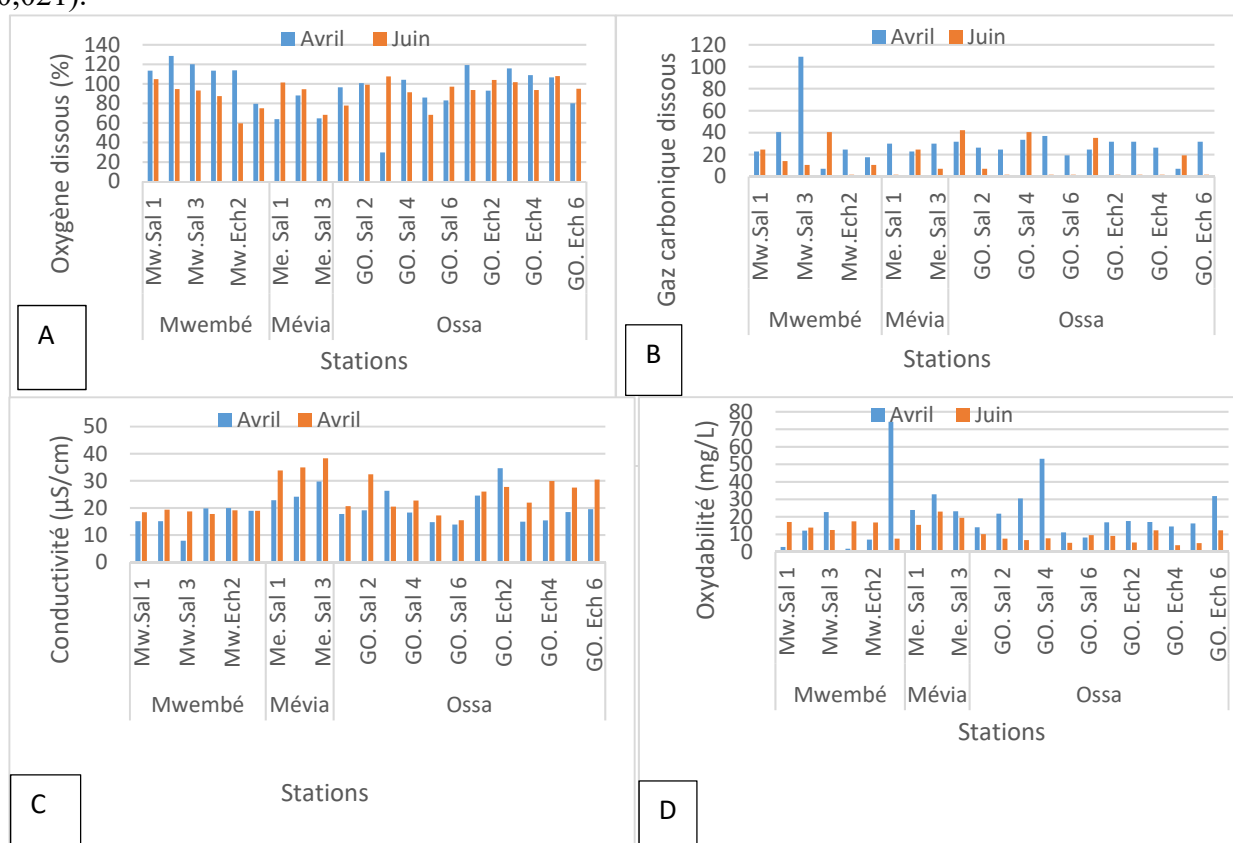


Figure 13 : Variation spatiotemporelle de l'Oxygène dissous, du CO₂ de la Conductivité, et de l'Oxydabilité

III.1.1.2.2.1. Azote ammoniacal (NH_4^+), nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-) et orthophosphates (PO_4^{3-})

Les teneurs en azote ammoniacal (Figure 14 A), ont oscillé entre 0 et 0,3 mg/L NH_4^+ (avril,) et 0 à 0,06 mg/L NH_4^+ (juin) avec une moyenne générale de $0,15 \pm 0,06$ mg/L. Le test de Kruskal Wallis a montré aucune différence significative entre les stations plutôt une différence significative entre les mois ($p=0,136$; $p=0,000$).

Concernant les teneurs dans l'eau en nitrites (Figure 14 B), elles ont varié de 0 à 0,043 à mg/L de NO_2^- en avril et de 0,008 à 0,06 mg/L de NO_2^- en mai avec une moyenne totale $0,012 \pm 0,0049$ mg/L de NO_2^- . Le test de Kruskal Wallis révèle une aucune différence significative sur le plan spatial ($p=0,283$).

S'agissant des teneurs en Nitrates (Figure 15 C), les valeurs enregistrées varient entre 0,4 à 5,7 mg/L (avril aux stations Mévia sal 2 et Ossa sal 1) et de 0,1 à 1,4 mg/L juin aux stations Mwembé Echino 1 et Ossa sal 4) avec une valeur moyenne générale de $0,95 \pm 0,03$ mg/l (Figure 14 C). Sur le plan spatial, le test de Kruskal-Wallis montre aucune différence significative entre les différentes stations ($p > 0,05$).

Les teneurs en orthophosphates ont présenté des valeurs comprises entre 0,31 à 1,72 mg/L (avril, GO sal 1 à MW echino 2) et de 0,072 à 4,25 mg/L (juin, GO echino 1 et GO echino 4 respectivement) avec une moyenne totale de $0,77 \pm 0,32$ mg/L PO_4^{3-} . Aucune différence significative sur le plan spatiotemporel ($p = 0,537$; $p = 0,141$)

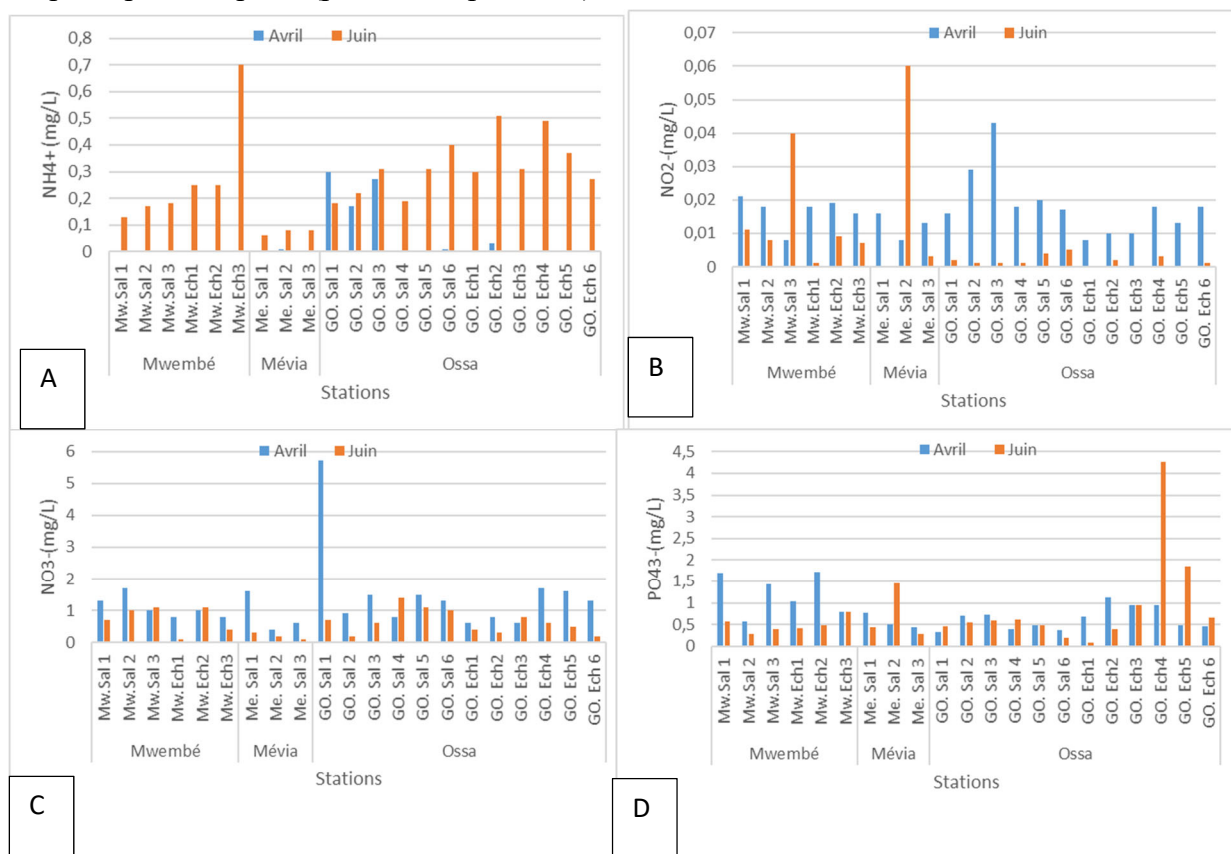


Figure 14 : Variation spatiotemporelle de l'Azote ammoniacal (A), Nitrite (B), Nitrate(C) et

III.1.1.2.3. Dureté Calcique et Dureté magnésienne

Pour ce qui est de la dureté calcique (Figure 15 A), les valeurs vont de 0 à 1,83 6 mg/L (avril) et de 0,29 à 13,32 (juin) avec une moyenne totale de $1,6 \pm 0,97$ mg/L. Sur le plan spatial aucune différence significative avec $p=0,985$

S'agissant de la dureté magnésienne les valeurs sont comprises entre 0.55 et 1,14 mg/L pendant le mois d'avril respectivement dans les stations (Mw Echi 1 et Mé sal 3) et de 0,33 à 13,2 mg /L (juin) avec une moyenne globale de $1,99 \pm 0,92$ mg /L (Figure 15 B). Le test de Kruskal-Wallis montre aucune différence significative entre les différentes stations $p=0,253$.

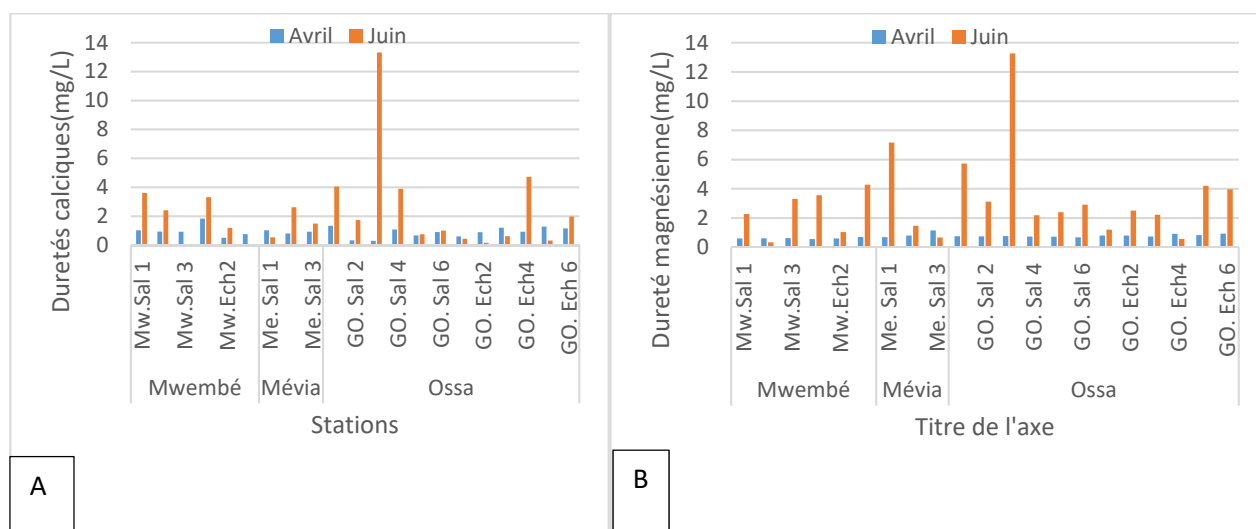


Figure 15 : Variation spatiotemporelle de la dureté calciques et dureté magnésienne

III.1.2. Indice de Pollution Organique (IPO)

Les valeurs de l'IPO montrent une pollution modérée sur le plan spatiotemporel avec une variation de 3,33 à 3,6.

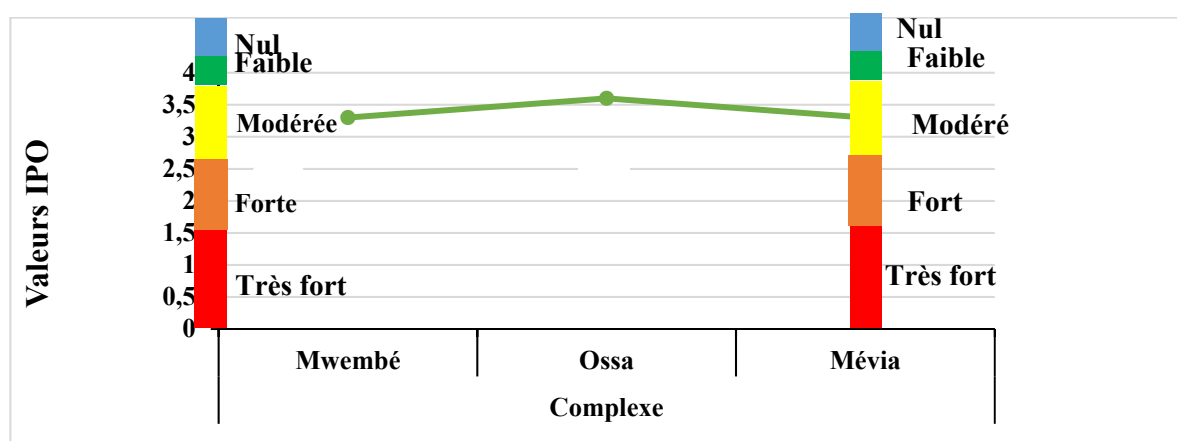


Figure 16 : Variation de l'IPO dans le complexe lacustre pendant la période d'étude

III.1.2. Variables biologiques

III.1.2.1. Chlorophylles « a, b et c »

Au cours de cette étude la teneur en Chlorophylle « a » a varié de 0,01 à 46 µg/L en avril (GO Echi 1 à Mé Sal 1) avec une moyenne de $11,86 \pm 4,36$ µg/L (Figure 17 A).

Les teneurs en Chlorophylle « b » (Figure 17 B) ont oscillé entre 0,46 à 53,5 µg/L (avril) et 4,76 à 44,35 µg/L en (juin) avec une moyenne de totale de $10,95 \pm 7,13$ µg/L.

S'agissant de la chlorophylle « c » (Figure 17 C), elle a tourné autour de 1,35 et 196 µg/L (avril, Mévia sal 3 et GO sal 3) et 1,92 à 89,73 µg/L (juin, GO echino 6 et Mé sal 1) avec une moyenne de $30,5 \pm 18,58$ µg/L dans le complexe lacustre.

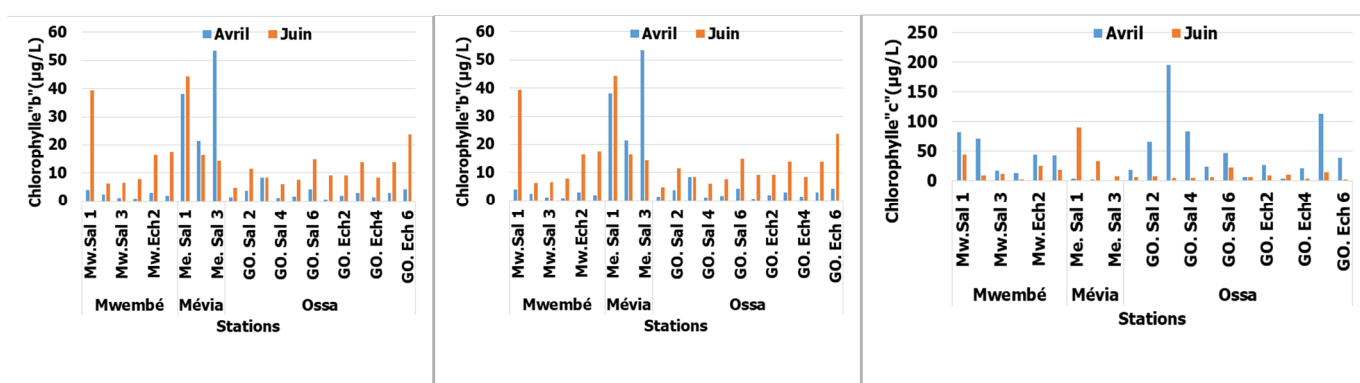


Figure 17 : Variation spatiotemporel de la Chlorophylle a, b et c

III.1.2.2 Communauté phytoplanctonique

III.1.2.2.1 Composition taxinomique du peuplement algal

Durant la période d'étude, 145 espèces ont été dénombrées et réparties en 51 Familles, 40 Ordres et 7 Classes. La classe des Bacillariophycées a été la plus abondante avec 57 espèces soit 39%, elle est suivie de la classe des Chlorophycées avec 44 espèces soit 30%, la classe des Cyanophycées avec 30 espèces soit 21%, les Euglénophycées sont représentés par 6 espèces soit 4%, les Dinophycées avec 4 espèces soit 3%. La classes des Chrysophycées et celle des Rhophycées ont été les moins riches avec deux espèces chacune. Le Lac Ossa a été le plus riche avec une richesse spécifique de 110, elle est suivie du Lac Mwembé (89) et enfin le Lac Mévia le moins riche (74).

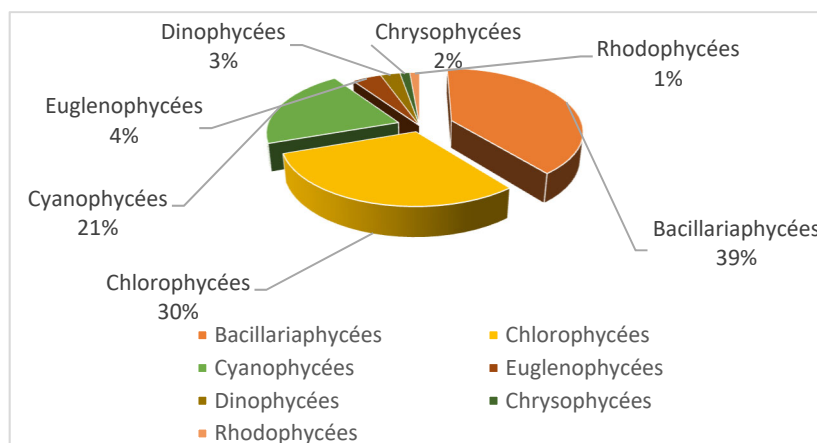


Figure 18 : Composition (en %) du peuplement phytoplanctonique dans le complexe lacustre Ossa

Tableau II : Répartition des différentes classes phytoplanctoniques

Classe	Ordres	Familles	Espèces
Bacillariophycées	21	24	57
Chlorophycées	9	11	44
Cyanophycées	4	8	30
Euglénophycées	1	2	6
Dinophycées	3	4	4
Chrysophycées	1	1	2
Rhodophycées	1	1	2
Total	40	51	145

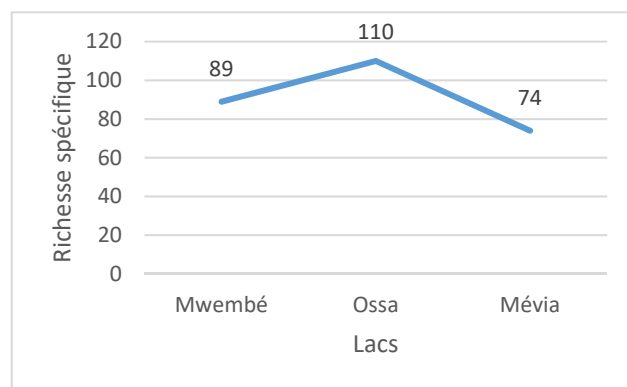


Figure 19 : Variation de la richesse spécifique dans le Complexe lacustre Ossa

III.1.2.2.2. Densité Phytoplanctonique

La densité phytoplanctonique a varié d'un lac à l'autre. Le mois d'avril a enregistré la densité la plus grande densité par rapport au mois de juin. Les lacs ont présenté des densités phytoplanctoniques différentes : le lac Mwembré a enregistré une densité phytoplanctonique la plus élevée (530,57 ind /L) suivi, du lac Ossa (219 ind /L) et enfin du lac Mévia (61,4 ind /L).

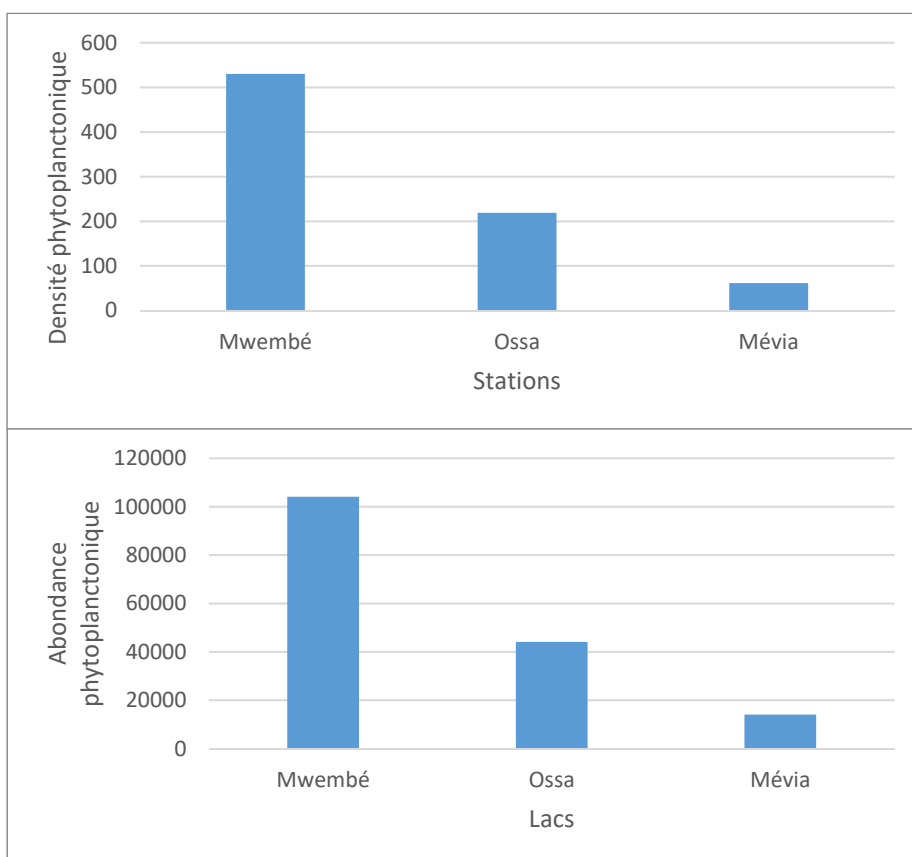


Figure 20 : Densité et Abondance phytoplanctonique dans le complexe lacustre

Tableau III : Liste spécifique des espèces phytoplanctoniques identifiée pendant la période d’étude

CLASSES	ORDRES	FAMILLES	ESPECES	Mwembé	Ossa	Mévia
Bacillariophycées	Achnanthales	Achnanthaceae	<i>Geissleria decussis</i>	4	0	0
			<i>Achnanthes exigua</i>	0	1	0
			<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	2	1
	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira distans</i>	82788	21979	5887
			<i>Aulacoseira</i> sp.	8788	7649	3471
	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	7	51
			<i>Bacillaria paxillifera</i>	2	17	56
			<i>Bacillaria</i> sp.	43	0	0
	Cymbellales	Cyclotellaceae	<i>Cymbella silesiaca</i>	0	0	1
	Cyclotellales		<i>Cyclotella stylum</i>	0	1	0
	Centrales	Rhizosoleniaceae	<i>Rhizosolenia robusta</i>	1	8	0
			<i>Rhizosolenia</i> sp.	1	0	0
	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia</i> sp.	1	3	0
	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i> sp.	301	2404	6
			<i>Fragilaria ulna</i>	9	73	20
			<i>Fragilaria oceanica</i>	2	0	2
			<i>Isthmia enervis</i>	3	1	1
			<i>Cerataulina bergonii</i>	14	0	0
			<i>Stenopterobia sigmatella</i>	3	0	0
			<i>Synedra</i> sp.	12	30	2
			<i>Synedra ulna</i>	9	0	1
			<i>Asterionella</i> sp.	130	101	630
	Gomphonematales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema augustatum</i>	7	0	0
			<i>Gomphonema olivaceum</i>	1	1	0
			<i>Gyrosigma acuminatum</i>	4	0	1
	Leptocylindrales	Leptocylindraceae	<i>Leptocylindrus danicus</i>	1	0	1
	Licmophorales	Limophoraceae	<i>Limophora</i> sp.	2	2	0
	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira granulata</i>	329	14	321
			<i>Melosira</i> sp.	9137	6786	2120
	Naviculales	Naviculales	<i>Caloneis</i> sp.	5	13	2
			<i>Navicula arvensis</i>	12	24	17
			<i>Navicula delicatula</i>	4	0	0
			<i>Navicula viridula</i>	0	2	1
			<i>Navicula</i> sp.	0	12	0
			<i>Navicula</i> sp.1	2	45	0
			<i>Navicula</i> sp.2	25	256	91
			<i>Neidium clausii</i>	5	2	1
			<i>Stauroneis anceps</i>	0	2	0
		Diadesmidaceae	<i>Geissleria</i> sp.	4	2	1
		Pinnulariaceae	<i>Pinnularia gibba</i>	2	2	0
			<i>Pinnularia viridis</i>	7	1	0
		Sellaphoraceae	<i>Sellaphora</i> sp.	7	0	0
	Neidiales	Neidiaceae	<i>Neidium clausii</i>	5	2	1
	Pennaes	Nitzschiaceae	<i>Nitzschia lorenziana</i>	0	5	0
			<i>Nitzschia longissima</i>	0	2	0
			<i>Nitzschia sigma</i>	3	45	16
			<i>Nitzschia sigmoidea</i>	2	0	1
		Pinnulariaceae	<i>Pinnularia borealis</i>	0	2	0
			<i>Pinnularia</i> sp.	32	204	16
			<i>Pinnularia subcapitata</i>	0	7	3
		Naviculaceae	<i>Navicula radiosa</i>	6	0	2
		Pleurosigmataceae	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	4	0	1
	Stauroneidales	Stauroneidacea	<i>Stauroneis anceps</i>	0	2	0
	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella linearis</i>	0	2	0
			<i>Surirella capromi</i>	7	1	0
	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira guillardii</i>	0	4	2
	Thalassiothricales	Thalassiothricaceae	<i>Thalassiothrix longissima</i>	11	0	0
Total	21	24	57	101735	39716	12727
Chrysophycées	Dinobryales	Dinobryonaceae	<i>Dinobryon sertularia</i>	4	1	1
			<i>Dinobryon</i> sp.	0	3	0
Euglenophycées	Euglenales	Lepocinclaceae	<i>Lepocinclis acus</i>	0	2	0
			<i>lepocinclis</i> sp.	18	11	0
			<i>Lepocinclis fusca</i>	24	0	0
		Phacaceae	<i>Phacus suecicus</i>	1	0	1
			<i>Phacus longicauda</i>	0	6	0
			<i>Phacus</i> sp.	1	0	0
Dinophycées	Gonyaulacales	Ceratiaceae	<i>Ceratium tricoceros</i>	4	0	0
		Gonyaulacaceae	<i>Alexandrium cantenella</i>	0	1	1
	Peridiniale	Peridiniaceae	<i>Pyrophacus horologium</i>	240	1236	293
	Procentrales	Procentraceae	<i>Prorocentrum balticum</i>	1	1	0
Rhodophycées	Gigartinales	Dumontiaceae	<i>Audouinella bermannii</i>	0	1	0
			<i>Audouinella violacea</i>	0	1	0
Total	6	8	14	293	1263	296

CLASSES	ORDRES	FAMILLES	ESPECES	Mwembé	Ossa	Mévia
Cyanophycées	Pleurocapsales	Pleurocapsaceae	<i>Aphanocapsa elachista</i>	0	20	0
			<i>Aphanocapsa holsatica</i>	0	12	0
	Chroococcales	Microcystaceae	<i>Microcystis aeruginosa</i>	371	225	60
			<i>Microcystis incerta</i>	171	129	58
			<i>Microcystis</i> sp.1	1	3	2
			<i>Microcystis</i> sp.2	7	10	11
			<i>Microcystis wesenbergi</i>	2	0	1
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria platensis</i>	1	7	0
			<i>Oscillatoria princeps</i>	0	2	0
			<i>Oscillatoria pseudolabyrinthi</i>	8	1	0
			<i>Oscillatoria</i> sp.	16	34	12
			<i>Oscillatoria</i> spl.	8	8	0
			<i>Planktolynbya limnetica</i>	233	621	17
			<i>Planktolynbya contorta</i>	63	193	18
			<i>Planktolynbya</i> sp.	120	30	153
			<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>			
				1	1	0
			<i>Lyngbya aetuarii</i>	0	8	2
			<i>Lyngbya cebensis</i>	12	2	12
			<i>Microcoleus lacustris</i>	68	0	6
			<i>Lyngbya</i> sp.	23	7	18
			<i>Merismopedia glauca</i>	0	3	0
		Spirulinaceae	<i>Spirulina major</i>	63	119	65
			<i>Spirulina</i> sp.	580	1145	513
			<i>Spirulina gigantea</i>	0	39	39
		Phormidiaceae	<i>Phormidium tenue</i>	0	28	0
		Trichodesmium	<i>Trichodesmium crypthecium</i>	1	31	3
	Synechococcales	synechocystaceae	<i>Synechocystis aquatilis</i>	0	72	0
			<i>Synechocystis pevakii</i>	0	52	0
		Merismopédiaceae	<i>Merismopedia tenuissima</i>	6	4	0
	Treubariales	Treubariaceae	<i>Treubaria triappendiculata</i>	3	10	1
Total	4	8	30	1758	2816	991
Chlorophycées	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Hyalotheaca</i> sp.	89	1	3
	Tetraedrales	Tetraedraceae				
			<i>Tetraedron arthrodesmiforme</i>	0	0	5
	Volvocales	Chlamydomonadaceae	<i>Coelomorpha pusillum</i>	0	5	0
			<i>Micractinium pusillum</i>	0	0	1
	Chrococcales	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus acutiformis</i>	0	2	0
			<i>Staurodesmus</i> sp.	16	12	0
			<i>Scenedesmus bernardii</i>	0	1	7
			<i>Scenedesmus calptratus</i>	0	2	0
			<i>Scenedesmus dinophacus</i>	0	1	1
			<i>Scenedesmus incars satulus</i>	6	2	0
			<i>Scenedesmus naegelii</i>	0	1	0
			<i>Scenedesmus quadricauda</i>	38	48	18
			<i>Scenedesmus</i> sp.	15	6	7
		Desmidaceae	<i>Staurastrum brachiatum</i>	0	7	0
			<i>Staurastrum glodiosum</i>	2	2	0
			<i>Staurastrum leptocladum</i>	0	2	0
			<i>Staurastrum paradoum</i>	4	16	0
			<i>Staurastrum</i> sp.	16	12	0
			<i>Staurastrum tetrascerum</i>	0	9	4
			<i>Staurastrum tohopekaligense</i>	0	4	0
			<i>Staurodesmus subulatus</i>	6	7	0
			<i>Staurodesmus triangularis</i>	2	3	0
			<i>Staurastrum volans</i>	4	0	0
	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	<i>Tetrastrum kolarekii</i>	0	89	0
			<i>Coelastrum microparum</i>	0	1	0
			<i>Desmodesmus intermedius</i>	12	0	12
	Selenastraceae	Selenastraceae	<i>Monoraphidium griffithii</i>	5	0	1
	Chlorococcales	Chlorococcaceae	<i>Keratococcus lunulatus</i>	0	1	1
			<i>Tetraedron arthrodesmiforme</i>	0	0	5
			<i>Tetrallantos lagerheimii</i>	0	0	1
			<i>Ankistrodesmus spiralis</i>	0	2	0
	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Micrasterias crux</i>	1	1	6
			<i>Micrasterias</i> sp.	12	0	7
			<i>Pleurotaenium ovatumvar</i>	3	0	1
			<i>Cosmarium contractum</i>	0	1	0
		Closteriaceae	<i>Closterium menegh</i>	0	3	0
			<i>Closterium acutum</i>	0	28	0
			<i>Closterium kuetzingii</i>	0	2	0
			<i>Closterium</i> sp.	4	0	1
			<i>Closterium gracile</i>	89	0	2
	Hydrodictyales	Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i>	2	5	1
			<i>Pediastrum simplex</i>	0	1	0
			<i>Pediastrum</i> sp.	0	2	1
			<i>Pediastrum tetrasi</i>	0	1	0
Total	9	11	44	326	280	85

III.1.3. Analyse des Composantes Principales pour la physicochimie et la biologie

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) qui prend en compte les paramètres physicochimiques et biologiques a été réalisée dans le but de distinguer les stations d'une part, et d'autre part ressortir les affinités entre les facteurs environnementaux et certains groupes d'organismes. Elle montre une répartition en 4 groupes en fonction des liaisons qui existent entre les paramètres et les stations (Figure 21)

Le noyau (N I) qui englobe les stations Ossa sal 3, sal 5 ; Mwembé sal 1et sal 3 montre une prédominance des genres *Spirogyra*, *Asterionella* et *Melosira* développant des affinités pour la chlorophylle a, b, et de la dureté calcique et magnésienne (Figure 21)

Le noyau (N II) comprend les stations Ossa sal 4, Mwembé Echi 1 ,2 .3 et Sal2, caractérisées par la présence : *Aulacoseira*, *Fragilaria Microcystis* et *Spirulina*, avec des corrélations avec la Chlorophylle c, du CO₂, du Nitrite la Turbidité, MES, la Couleur, Transparence (Figure 21).

Le noyau (N III) qui englobe les stations Ossa sal 2 et Echi 5 se caractérisent par les genres tels que *Pyrophacus*, *Trichodesmium*, *Navicula* qui développent des affinités avec la Température et le Nitrate. (Figure 22).

En ce qui concerne le noyau (N 4), il englobe les stations Ossa Echi 1,2 ,4,6, montrant une prédominance des genres (*Aphanocapsa*, *Ankistrodesmus*, *Staurastrum*, *Scenedesmus*, *Planktolynbya*, *Stenopterobia* et *Oscillatoria*) qui développent des affinités avec l' oxygène dissous, le pH, la conductivité, les orthophosphates, l'alcanité et l'azote ammoniacal.

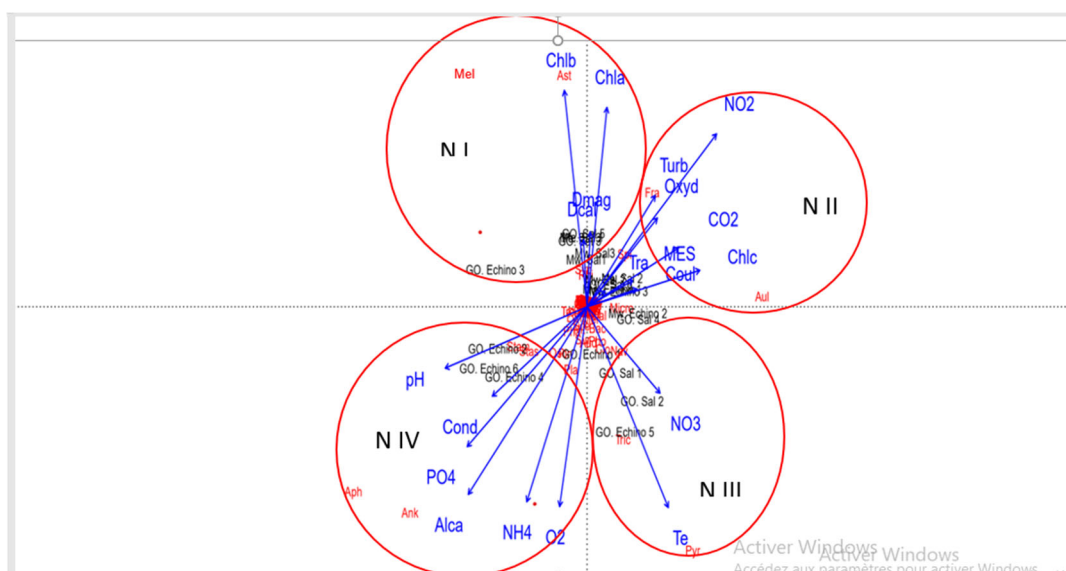


Figure 21 : Analyse des Composantes Principales de la physicochimie et la biologie

III.1.4. Indice de diversité spécifique

Au cours de cette étude l'indice de Shannon et Weaver (H') a varié de 0,816 à 1,778 bits/ind respectivement (Mwembé et Mévia). Pour ce qui est de l'indice de l'équitabilité de Pielou il a oscillé entre 0,181 et 0,415 bits/ind (Mwembé et Mévia), (Figure 22).

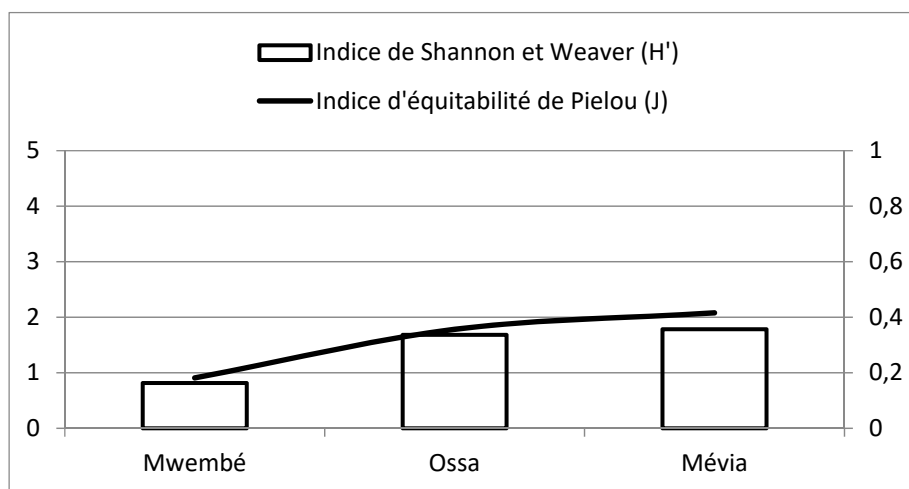


Figure 22 : Variation de l'indice de Shannon et Weaver et indice d'équitabilité

III.2. Discussion

III.2.1. Caractéristiques physicochimiques du Complexe lacustre Ossa

Au cours de cette étude, les températures ont été relativement élevées dans le complexe Ossa. Cette élévation de la température serait due aux conditions d'ensoleillement. À ce propos, Atanlé et al., (2012) qui affirment à ce propos que la température des eaux de surface dépend étroitement de l'ensoleillement et des échanges avec l'atmosphère. Les résultats obtenus dans le complexe ($31,87 \pm 0,77^\circ\text{C}$), pourraient également s'expliquer par une faible circulation de l'eau entraînant une stagnation et une augmentation de la température. Ce résultat diffère de celui de Nzieleu ($27,9^\circ\text{C}$) sur le même complexe en 2012, ce qui pourrait être dû à une forte démographie de cette localité au cours de cette décennie. Cette température est similaire ($31,9^\circ\text{C}$) aux résultats obtenus par Nguyen *et al* (2017), qui affirment que la température de l'eau est influencée par la profondeur, avec une température élevée en surface. Les valeurs des Matières en suspension sont faibles au cours de cette étude, avec une moyenne de $13,14 \pm 3,74$ mg/L, comparés à celles de 25 mg/L préconisées par Rodier *et al.*, (2009) dans les eaux lacustres. Cette faible concentration serait due à la lenteur de l'écoulement des eaux alimentent le lac, ce qui permet la décantation des particules. Cela est confirmé par Njoya (2015), qui note que l'effet lentique et la faible érosion du sol lors des précipitations contribuent à la faible présence des MES.

Les valeurs de couleur et la transparence obtenues sont respectivement de $107,69$ Pt-Co $\pm 20,94$ et $87,92 \pm 15,74$ cm durant la période d'étude. Ces résultats pourraient s'expliquer par la croissance excessive d'algues dans le complexe. À cet effet, Auby *et al.* (1994) relèvent que la couleur

est due non seulement à la minéralisation et à la présence des substances humiques, mais aussi à l'eutrophisation qui engendre un accroissement des algues.

Durant l'étude, la valeur moyenne du pH a été de $5,82 \pm 0,063$ indiquant une légère acidité des eaux du complexe Ossa. Cette légère acidité s'expliquerait par la nature ferrallitique des sols de ce milieu et par l'apport des engrais chimiques dans les pratiques culturales. Ce résultat diffère de celui de Kemka (2006) obtenu en 2006 dans le lac municipal de Yaoundé, cette différence serait due à la nature des sols de ces deux écosystèmes. La conductivité électrique dans le complexe a été faible, avec une valeur de $21,94 \pm 4,6 \mu\text{S/cm}$, comparer à la valeur recommandée par Nisbet et Verneaux (1970) ($< 750 \mu\text{S/cm}$) pour les eaux de surface. Ceci pourrait s'expliquer par les faibles apports en éléments organiques et minéraux d'origine exogène. À ce propos, Freeze et Cherry (1979) soulignent que dans les écosystèmes lenticques, les faibles apports en éléments organiques limitent l'activité minéralisatrice des bactéries libérant de faibles quantités d'ions et contribuant à une faible conductivité électrique.

En ce qui concerne les concentrations en phosphates et nitrates les teneurs moyennes dans le complexe ont été élevées, en se référant aux normes de Rodier (2009). Ces résultats pourraient se justifier par la présence des plantations autour du complexe lacustre, la présence des sociétés telle que SAFACAM et l'utilisation ainsi que le déversement des déchets industriels. À cet effet, Rodier affirme que la teneur en orthophosphate dans un plan d'eau dépend des apports exogènes. Des valeurs plus faibles ont été obtenues par Nziéleu *et al.*, (2012) cette différence pourra s'expliquer par la modernisation de l'agriculture. La valeur d'azote ammoniacal a été légèrement élevée par rapport aux normes de qualité pour les lacs ($0,01-0,05 \text{ mg/L}$) DCE 2000 ceci pourra indiquer la présence de matière organique en décomposition qui pourrait être toxique pour les organismes aquatiques. Par conséquent la valeur de nitrite a été faible ($0,012 \pm 0,004 \text{ mg/L}$) par rapport aux normes de qualité pour les lacs ($0,01-0,1 \text{ mg/L}$), cela pourrait s'expliquer par la conversion rapide des nitrites en nitrate par les bactéries nitrifiantes associée à la température élevée au cours de cette étude.

La teneur moyenne en oxygène dissous, a été très élevée ($93,41 \pm 11,39\%$) dans le complexe lacustre, cette concentration serait liée à l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques notamment *Salvinia molesta*, *Echinocloa pyramidalis* mais aussi à la dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique, ceci est en accord avec les propos (Ramade, 2005) que le pourcentage oxygène dissous élevé est caractéristique d'une forte activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques qui relarguent de l'oxygène dans le milieu. Elle se justifierait également par les mouvements de l'eau causés par la pirogue à moteur. Ces résultats se rapproche de travaux de Apeloig *et al* (2020) menés dans les lacs de la région de Ontario.

Pour ce qui est de la moyenne de l'oxydabilité obtenue ($16,41 \pm 6,37 \text{ mg/L}$) elle a été élevée et supérieure à $10 \text{ mg O}_2/\text{L}$ préconisée par Rodier *et al.*, 2009. Ce serait dû à la pollution par les

déchets organiques provenant des activités anthropiques réalisées autour du lac. Ce qui indiquerait une importante pollution organique et des eaux de mauvaises qualités écologiques. La teneur moyenne en CO_2 ($21,95 \pm 8,24 \text{ mg/L CO}_2$) est supérieure à 10 mg/L préconisés par APHA (1980), ce qui témoigne que ce plan d'eau a une activité biologique importante. L'alcalinité est une mesure de la capacité d'un écosystème aquatique à résister aux changements de pH. Selon la norme de Rodier 2009, elle doit être comprise entre 20 et 200 mg/L . Cette valeur ($26,61 \pm 10 \text{ mg/L}$) est faible cela pourrait être dû la composition géologique de ce bassin versant. Au cours de cette étude les duretés calciques et magnésiennes respectivement ($1,60 \pm 0,97^\circ\text{F}$; $1,99 \pm 0,92^\circ\text{F}$) ont varié sur le plan spatiotemporel. Ces variations pourraient se traduire par le pH de l'eau et les rejets d'eaux usées ou des substances chimiques dans le lacustre qui pouvaient influencer la solubilité des minéraux calcique et magnésium.

Les valeurs des chlorophylles « a et b » ont été moyennement représentées, ($11,86 \pm 4,36$ et $10,95 \pm 7,13 \text{ }\mu\text{g/L}$) confirmant la production primaire dans le complexe. La valeur de la chlorophylle « c » a été particulièrement élevée ($30,08 \pm \text{ }\mu\text{g/L}$) ce qui pourrait expliquer le taux important des diatomées dans le complexe. À cet effet, Jeffrey, (1997) affirme que la chlorophylle « c » est un pigment caractéristique des algues brunes et les diatomées dans le lac. Les résultats de la chlorophylle diffèrent considérablement de ceux obtenu par Nsangou, (2019) dans le lac Monoun. Ces résultats s'expliquent par les conditions climatiques et environnementales des deux écosystèmes.

III.2.2. Structure du peuplement phytoplanctonique

Ce travail dans le complexe lacustre, a permis d'inventorier 145 espèces. Cette richesse spécifique se rapproche (141 espèces) des travaux réalisés par Agblonon Houelome *et al.*, (2022) dans le lac Nokhou au Sud Bénin en 2022 et diffère (73 espèces) de Nguetsop (1996) dans le même complexe lacustre. Cette différence pourrait se traduire par les changements climatiques ces dernières décennies. La richesse spécifique observée pendant la période d'étude n'a pas varié significativement. La richesse spécifique a varié d'un lac à autre, le lac Ossa présentant la plus grande richesse spécifique suivi de Mwembé et puis le lac Mévia. La plus grande richesse observée pourrait se justifier par la taille d'échantillon et aussi les fortes valeurs de nutriments retrouvées dans certaines stations. Sur le plan temporel c'est le mois d'avril qui a enregistré plus de richesses spécifiques cela aurait être due aux facteurs biologiques ou encore des facteurs anthropiques.

Les faibles valeurs de l'indice de Shannon et Weaver et de l'équitabilité (J) de Pielou du phytoplancton observé dans le lac Mwembé traduisent une faible diversité des microalgues due à une forte abondance des *Aulacoseira* qui regroupent près de 87,95 % d'abondance relative dans ce lac. Par ailleurs, comme cet indice est proche de 0 alors, la diversité est faible correspondant à des conditions non optimales ne permettant pas l'installation des phytoplanctons régulièrement repartis dans de nombreuses espèces.

Les faibles valeurs de l'indice de Shannon et Weaver et de l'équitabilité (J) de Pielou du phytoplancton observé dans le lac Ossa traduisent une faible diversité du phytoplancton due à une forte abondance des *Aulacoseira*, *Melosira* et de *fragilaria* qui regroupent près de 88,22% d'abondance relative dans cette station. Par ailleurs, comme cet indice est proche de 0 alors, la diversité est faible correspondant à des conditions non optimales ne permettant pas l'installation d'individus régulièrement repartis dans de nombreuses espèces

La diversité du phytoplancton dans le lac Mévia est faible en raison de la dominance de quelques espèces comme *Aulacoseira*, *Melosira* et de *Pyrophacus horologium*. À ce propos, Fisher *et al.*, (1982) et Levêque et Balian (2005) signalent que l'indice de diversité de Shannon et Weaver diminue lorsqu'un taxon a une abondance relative très élevée.

Au cours de cette étude, la classe des Diatomées a été prépondérante, principalement représentée par les espèces telles que : *Aulacoseira distans*, *Aulacoseira* sp., *Melosira granulata*, *Melosira* sp., *Navicula* sp., *Fragilaria* sp. *Synedra formosa*, *Surirella linearis*, *Pinnulari Nitzschia sigma* *Caloneis* sp. et *leptocylindrus danicus*, qui représentent 39% du peuplement des Bacillariophycées dans les trois lacs. En effet, ce taux élevé pourrait se justifier par la présence de la silice biogène présente dans le complexe et leur grande capacité d'adaptation aux différentes conditions du milieu pourraient favoriser la croissance des diatomées. Dans le même sens (Nguetsop *et al.*, 1996), soulignent que les forts pourcentages de diatomées planctoniques sont liés aux niveaux lacustres élevés et la présence de la silice biogène.

Elle a été suivie de la classe des Chlorophycées avec 44 espèces soit 30% représenté principalement par les *Pediastrum duplex*, *Pediastrum simplex*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus* sp. *Staurostrum paradoxum*, *Staurostrum tohopekaligense*, *Phacus suecicus*, et *Closterium gracile*. Ce pourcentage pourrait être lié la température, la lumière ou soit à la présence des lamantins (*Trichechus senegalensis*). À cet effet, (Same, 2006) souligne que les chlorophycées sont des microorganismes typiquement thermophile, photophiles et ont une préférence pour les milieux riches en nutriments azotés. La classe des cyanophycées a été représentée par 30 espèces soit 21% dans les trois lacs. Elle se traduit par la présence de : *Oscillatoria limnetica*, *Oscillatoria plantensis*, *Spiruline* sp., *lyngbya* sp., *Microcystis incerta*, *Microcystis aeruginosa*, *Planktolynbya limnetica*, *Planklynbya contorta* et *Synechocystis aqualtilis*. Parmi ces espèces certaines (*Oscillatoria limnetica*, *Microcystis aeruginosa* et *lyngbya* sp.) peuvent produire des toxines qui peuvent être nocives pour la santé humaine et animale (Bloor *et al.*, 2010). En effet, la prolifération des Cyanobactéries sont favorisées par une interaction complexe entre plusieurs facteurs, en occurrence l'élévation de la température, la disponibilité du carbone, la baisse du pH et de l'éclairement, la concentration élevée en azote et en phosphore (Collectif, 1997). La classe des Euglénophycées a été moins inventorier cela aurait être due à la compétions entre les microalgues ou

encore la présence des consommateurs dans le complexe. À cet effet, (Hansson,2019) souligne les Euglénophycées peuvent être consommées par les zooplanctons et les poissons.

Les classes de Dinophycées ont été représentées par 4 espèces soit 3% cette faible richesse spécifique pourrait être dû au faible nutriment dans certaines stations. Ce propos corrobore avec (Paerl, 2017) les dinoflagellés sont des organismes phytoplanctoniques à majorité marin qui nécessitent des niveaux élevés de nutriments tel que l'Azote et le phosphore pour leur croissance et leur survie. Les Chrysophycées et les Euglénophycées sont très peu représentées dans le complexe pendant période l'étude cela serait dû aux conditions environnementales du complexe et aussi par la prédation des zooplanctons. À cet effet (Sommer 2016) affirme que les Copépodes et les Cladocères sont prédateurs importants des chrysophycées dans les lacs et jouent un rôle clés dans la régulation de la croissance et de l'abondance des algues.

CONCLUSION, RECOMMANDATION ET PERSPECTIVES

Parvenu au terme de notre étude, où il était question d'évaluer l'état de santé du complexe lacustre Ossa à travers les communautés phytoplanctoniques, et la qualité physicochimique des eaux du complexe Ossa. Il ressort que les eaux du complexe sont acides, avec une température élevée, une bonne oxygénation, des teneurs en azotes ammoniacales, nitrates et les phosphores élevées. Une faible teneur en nitrites, et les valeurs des matières en suspensions faibles, une transparence réduite et un milieu oxydable. Les chlorophylles a, b, et les duretés sont moyennes, la valeur en chlorophylle c est élevée. Une pollution modérée a été indiquée dans le complexe lacustre Ossa par les indices de pollution organique. Les valeurs de cette physicochimie relèvent que les eaux du complexe lacustre sont mésotrophes.

Au cours de cette étude, 162.286 individus ont été dénombrés, dont 145 espèces identifiées appartenant à 51 Familles, 40 Ordres et 7 Classes de phytoplanctons. La classe des Diatomées a été prépondérante, avec 57 espèces (soit 39 %), suivie des Chlorophycées (44 espèces) des Cyanophycées (30 espèces), des Euglénophycées (6 espèces), des Dinophycées (4 espèces) et enfin des Chrysophycées et des Rhodophycées (2 espèces). En effet, la présence de quelques espèces phytoplanctoniques, telles que *Aulacoseira distans*, *Aulacoseira* sp. et de *Melosira* sp. a été constatée dans presque toutes stations d'échantillonnages pendant toute la période d'étude, avec une abondance considérable. Les faibles valeurs de l'indice de Shannon et Weaver et de l'équitabilité (J) de Pielou du phytoplancton ont été observées dans le Lac Mwembé, Mévia et Ossa traduisant une faible diversité des microalgues due à une forte abondance de certaines espèces.

Les corrélations de Spearman ont montré des corrélations positives significatives, ainsi que négatives, entre les paramètres physicochimiques et biologiques au cours de cette étude. La température, la concentration de nutriments et l'intensité de la lumière sont des facteurs clés qui influencent la croissance et la diversité phytoplanctonique. Dans l'ensemble les espèces recensées ont été presque les mêmes sur le plan temporel car les mois n'ont pas une très grande influence sur la succession écologique durant toutes les périodes d'étude.

RECOMMANDATIONS

À la lumière des résultats obtenus durant ce travail et surtout dans le but de préserver la qualité du complexe lacustre, et la diversité biologique des phytoplanctons nous recommandons :

- À la population de la localité de Dizangué de limiter les activités qui perturbent le bon fonctionnement écologique de ce complexe lacustre ;

- Aux Hydrobiologistes de poursuivre des travaux associant plusieurs bioindicateurs pour l'amélioration des connaissances biologiques et écologiques des espèces locales ;
- Aux sociétés SAFACAM, et autres de contrôler la gestion de leurs déchets et aussi l'utilisation des engrais chimiques dans les plantations proches des lacs ;
- Aux Organismes de la conservation du complexe lacustre Ossa de veiller à la lettre aux textes de la conservation et aussi de faciliter les conditions d'accès aux chercheurs dans le complexe afin de faire l'état écologique ;
- Aux pouvoirs publics de mener des campagnes de sensibilisations afin d'expliquer l'importance de la biodiversité de cet écosystème.

PERSPECTIVES

Ce travail débouche sur de nombreuses perspectives, dont trois principales à savoir :

- Étendre la période d'étude en affectant les deux saisons de la localité de Dizangué et mener des études dans d'autres villes ;
- Mener une étude approfondie en combinant la biologie moléculaire et l'application du phytoplancton dans le domaine de l'économie, en vue d'explorer les possibilités de développement durable et de valorisation économique de ces micro-organismes ;
- Effectuer les tests de toxicité sur certains phytoplanctons afin de déterminer leurs degrés de sensibilité à la pollution.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agblonon T. (2022).** Peuplement du phytoplancton dans le lac Nokoué au Sud du Bénin : mise à jour et dynamique spatio-temporelle. *Journal of Applied Biosciences*. 175 :18192-18209
- Ajeegah G., Bikitbe J. F. & Longo F., (2013).** Qualité bioécologique d'un milieu lacustre hyper-eutrophisé en zone équatoriale (Afrique Centrale) : peuplement de protozoaires ciliés et macro invertébrés benthos-aquatiques. *Afrique Science* 50-66 pp.
- Alvain, S. (2005).** Etude de la distribution des principaux groupes de phytoplancton par télédétection satellitaire : développement de la méthode PHYSAT à partir des données GeP & CO et application à l'archive SEAWIFS entre 1998 et 2004. Thèse de doctorat, Université Paris7 Denis Diderot. France. 23 p.
- Amri, S. (2008).** Dynamique mensuelle du phytoplancton dans le lac Oubeira et le Lac Noir « Parc National El-Kala ». Mémoire de Magister, Université Badji-Mokhtar. Annaba. Algérie.
- Angelier E., (2000).** Ecologie des eaux courantes. Tec et Doc. (Ed.) Paris, 199 p.
- Anneville O., Ginot V. & Angel N. (2000).** Evolution de l'état de santé du Léman par l'analyse des séries chronologiques du phytoplancton. *Rapport de la Commission Internationale de Protection des Eaux du Lac Léman contre la pollution*, Campagne : 161-189 pp.
- Anonyme, (1980).** Standard methods for examination of water and wastewater. *A.P.H.A. - AWWA-WPCF (éds.), Pennsylvania, Washington DC.*, 15, 1150 p.
- Anonyme, (2006).** Description des données relatives aux mesures macroinvertébrés, phyto et zooplancton. *Paris, Dunod*, 43 p.
- Anonyme, (1985).** Standard methods for the examination of water and waste-water.
- Apeloig E. N. (2020).** Évaluation de la qualité de l'eau les lacs de l'Ontario *journal of eat Lakes Research*, 46 (3) :537-548.
- Arzul, G. & Quiniou, F. (2014).** *Plancton marin et pesticides : quels liens ?* Ed Quæ. France : Nelly Courtay. 11-12 pp.
- Atanlé K., Bawa M. L., Kokou K. & Djanéyé-Boundjou G. (2012).** Caractérisation physicochimique et diversité phytoplanctonique des eaux du Lac de Zowla (Lac Boko), Togo. *International Journal of Biological Chemistry and Science*, 6 (1) : 543-558.
- Auberti C. & Boisvert V. (2006).** Biodiversité Accès et partage des avantages en discussion. Paris, IRD : 35 p.
- Auby I., Manaud F., Maurer D. & Trut G. (1994).** Etude de la prolifération des algues vertes dans le bassin de l'Arcachon. IFREMER- CEMAGREF- SSA_SABARC, 192 p.

- Barroin G., (1980).** Eutrophisation, pollution nutritionnelle et restauration des lacs. In : la pollution des eaux continentales. Incidence sur la biocénose aquatique, GauthierVillars (ed.), Paris, Pp: 75-96.
- Baulaz, Y. (2020).** Évolution des socio-écosystèmes des grands lacs alpins et leurs services écosystémiques à l'épreuve des pollutions. Thèse en Géographie, Université Savoie Mont-Blanc, 495 p.
- Behrenfeld M. J., Randerson J. T., McClain C. R., Feldman G. C., Los, S., Tucker C. J., Falkowski P.G., Field C. B., Frouin R., Esaias W. E., Kolber D. D. & Pollack N. H. (2001).** Biospheric primary production during an ENSO. *Transition Science*. 291: 2594-2597
- Bloor, S. I & England,C.S.(2010).**Lynbyatoxin:a toxic peptide from the cyanobacterium *lymba majuscula* .*Journal of Phycology*, 22 (2):151-158.
- Bourrelly P. (1970).** *Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique*. Tome III : Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines, (N. Boubée & Cie ed.), Boubée, Paris, France, 512 p
- Bourrelly P. (1985).** Les algues d'eau douce : Initiation à la systématique. Tome 3, les algues bleues et rouges. Société Nouvelle des Editions Boubée, Paris, 593 p.
- Bourrelly, P. (1957).** Algues d'eau douce du Soudan Français, région du Macina (AOF). *Taureau. IFAN*, 19 (4) :1047-1102.
- Bourrelly, P. (1972).** Les Algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I : Les Algues vertes. Edition N. Boubée & Cie, 512 p.
- Broutin, M., Caffier, G., Madi, F & Artigas, L.F. (2010).** Synthèse bibliographique sur les techniques de suivi de l'abondance, biomasse et diversité du phytoplancton en eaux marines. Convention CNRS-IFREMER. *LOG : Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences*.2 p.
- Cadore, J. P. & Bernard O. (2008).** La production de biocarburants lipidiques avec des microalgues : promesses et défis. *Journal de la société de biologie*. 202(3). 201-211.
- Carpenter, E.J. & Dunham S. (1985).** Nitrogenous nutrient uptake, primary production and species composition of phytoplankton in the Carmans River estuary. Long Island. New York. *Limnology. Oceanography* . 30 (3) : 513-526.
- Collectif . M (1997).** Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. In Les études de l'agence de l'eau. 68, 199 p
- Colyer C. L., Kinkade C. S., Viskari P. J. & Landers J. P. (2005).** Analysis of Cyanobacterial pigments and proteins by electrophoretic and chromatographic methods. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 382: 559-569.
- Dajoz R., (2000).** Fundamentals of ecology. Dunod, Paris, 615 p.

- DCE (Directive Cadre des Eaux) (2005).** Circulaire DCE no 2005-11 du 29 avril 2005 relative à la typologie nationale des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, eau de transition et eaux côtières) en application de la directive 2000/60/DCE du 23 octobre 2000 du Parlement et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Ministère de l'écologie et du développement durable. Bulletin officiel, 18 p.
- Dejoux C., (1988).** *La pollution des eaux continentales africaines : Expérience acquise, situation actuelle et perspectives.* ORSTOM, Paris, 513p.
- Dhib, A. (2015).** *Contribution à l'étude de successions écologique du phytoplancton dans la lagune de « Ghar El Melh ».* Thèse de doctorat. Université El Manar. Faculté des sciences du Tunis. France 17 p.
- Directive (2000/60/CE)** du Parlement Européen et du conseil 23 Octobre 2000
- Dolge. H (1985).** Répartition verticale du phytoplancton dans les lacs journal ; *Archiv fur Hydrobiologie* 104 :441-456 pp.
- Dorioz, J.-M., Anneville, O., Domaizon, I., Goulon, C., Guillard, J., Jacquet, S., Montuelle, B., Rasconi, S., Tran-Khac, V., & Jenny, J.-P. (2023).** *Les grands lacs à l'épreuve de l'anthropocène.* Versailles: Quae, Collection Enjeux sciences, 144 p.
- Dowing J., Prairie Y.T., Cole .J.J & Melack .(2006).** The global abundance and size distribution of lakes, pond impoundment. *Limnology and Oceanography*, 51 (5) :2388-2397 pp.
- Druart I.C & Balvay G. (2007).** Le Léman et sa vie microscopique. Ed. Quae , Versailles. 179p.
- Druart, J.C. & Balvay, G. (2009).** Le lac d'Annecy et son plancton. Ed Quae. France. 40 p.
- Ebang Menye D., Zébazé Togouet S. H., Kemka N., Foto Menbohan S., Nola M., Boutin C., Nguetsop V. F., Djaouda M. & Njiné T. (2012).** Bio-écologie des diatomées épilithiques de la rivière Mfoundi (Yaoundé-Cameroun) : diversité, distribution spatiale et influence des pollutions organiques. *Revue des Sciences de L'Eau*. 25 : 203-218 pp.
- Ettl H. (1983).** Chlorophyta I (Phytomonadina). Ettl, R., Gerloff, J. Reynig, R. et Mollenhauer, D. (eds). SüBwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 9 p.
- Ettl H., & Gärtner G. (1988).** Eine einfache Methode zur Darstellung der Struktur der Stärkehüllen von Pyrenoiden bei Grünalgen (Chlorophyta). *Archiv für Protistenkunde*, 135 (1-4), 179-181.
- Farrera I., Maley J., & Wirrmann D. (1996).** Végétation et climat dans les forêts du Sud- Ouest du Cameroun depuis 4 770 ans : analyse pollinique des sédiments du lac Ossa, C.R.A cad. Sci. Paris, 322, sérieIIa, 749-755.
- Fisher S. G. Gray L. J. Grimm N. B. & Busch D. E. (1982).** Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding, *Ecological Monograph*, 52: 93-110 pp.
- Freeze. M & Cherry L. (1979).** Groundwater ant stream ecology. HBN Hynes, *Hydrobiologia* 62: 132-141 pp.

- Galkovskaja G. A., (1987).** Planktonic rotifers and temperature: *Hydrobiol.*, 147: 307-317.
- Gleick, P. H. (1993).** Water in crisis : A guide to the worlds fresh water resources. [Google Scholar](#).
- Godet L. (2017).** « Notion en : biodiversité » *Géoconfluences*
- Gomez B. E., Johansen J. R. & Kaštovský J. (2017).** Systematic reassessment of Rivulariaceae (Nostocales, Cyanophyceae). *Phycologia*, 56 (4) : 17-18.
- Groga N. (2012).** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le Lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, France, 224 p.
- Guilloux B. (2016).** Which International Law for Ocean and Climate? *Ocean and Climate Scientific Notes*, 2 (2): 79-88.
- Hansoson,L-A. (2019).**Zooplankton ecology: A review. *Journal of Plankton Research*, 41 (3) :257-272.
- Harrison W.G., Douglas D., Falkowski P., Rowe G. & Vidal J. (1983).** Summer nutrient dynamics of the Middle Atlantic Bight: nitrogen uptake and regeneration. *J. Plankton Research*. 5 (4): 539-556.
- Houéyi, B. P. C., Adandedjan, D., Agblonon, T. M., & Laleyé, P. (2022.).** Physico-chimie et pollution organique du lac Nokoué au Sud du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 170, 17752-17775.
- Hubbell (2001).** *La théorie neutre unifiée de la biodiversité et la biogéographie*. Princeton University Press, Princeton, Etats-Unis, NJ 375 :12-15 pp.
- Janssen, A. B. G., Hilt, S., Kosten, S., de Klein, J. J. M., Paerl, H. W., & Van de Waal, D. B. (2020).** Shifting states, shifting services: Linking regime shifts to changes in ecosystem services of shallow lakes. *Freshwater Biology*, 66, 1-12
- Jeffrey S.W (1997).** Phytoplankton Pigments in Oceanography to Moder Methods.UNESCO Publishing ISBN 92, 3-9 pp.
- John D. M. (1994).** Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Biology Review*, 69: 275-291 pp.
- Kalff, J. (2002).** Limnology: Inland Water Ecosystems. Prentice Hall, Saddle River 1,123-125 pp.
- Kemka N. (2000).** Évaluation du degré de trophie du Lac Municipal de Yaoundé : Etude du milieu, Dynamique et structure du peuplement phytoplanctonique. Thèse Doct. 3ème cycle, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, 178 p.
- Kemka N., Njine T., Zebaze Togouet S. H., Foto Menbohan S., Nola M., Monkiedje A., Niyitegeka D. & Compere P. (2006).** Eutrophication of lakes in urbanized areas: The case of Yaounde Municipal Lake in Cameroon, Central Africa. *Lakes and Reservoirs Research and Management*, 11: 47-55 pp.

- Kemka N., Njiné T., Zébazé Togouet S. H., Niyitegeka D., Nola M., Monkiedje A., Demanou J. & Foto Menbohan S. (2004).** Phytoplankton of the Yaounde municipal lake (Cameroon): ecological succession and population structure. *Revue des Sciences de l'Eau*, 17 (3) : 301-316 pp.
- Kermarrec, L. (2012).** Apport des outils de la biologie moléculaire pour l'utilisation des diatomées comme bioindicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques lotiques et pour l'étude de leur taxonomie. Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale SISEO. France.
- Kling, G. W (1988).** Comparative transparency depth of mixing and stability of stratification in lake of Cameroon, West Africa. *Limnology and Oceanography*, 33 (1) : 27-40 pp.
- Koda S. (2015).** Biomasse phytoplanctonique et qualité de quelques plans d'eau d'un complexe piscicole de la ville de Mbalmayo. Mémoire de Master. Université de Yaoundé 1. 56 p.
- Laoukissam, L. (2015).** Risques environnementaux liés aux activités agricoles et industrielles 58 p.
- Leclercq L. (2001).** Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau. Station Scientifique des Hautes-Fagnes, Belgique, *Document de travail*, 44 p.
- Lemasson L., Pages J., Dufour P. & Corfour J., (1981).** Matière organique particulaire et biomasse dans une lagune tropicale. *Hydrobiologie Tropicale* 14 (3) : 191-212
- Lemoalle, J., & Sedick, A. (2015).** Bilan hydrique du lac Tchad : le lac comme amplificateur des variations de la pluie sur le bassin. In Atlas du lac Tchad (pp. 33-35). Passages, numéro spécial 183.
- Letouzey R., 1968.** Étude phytogéographique du Cameroun. Lechevalier, Paris, 508 p.
- Leveque C. & E. Balian V. (2005).** Conservation of freshwater Biodiversity: does the real world meet scientific dream? *Hydrobiologia*, 542, 25-26 pp.
- Liechti P., Frutiger A. & Zobrist J., (2004).** Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Module Chimie Analyses physico-chimiques Niveaux R & C. OFEFP. Berne, 32p.
- Lovejoy Thomas E. (1980).** Conservation Biology: An evolutionary-ecological perspective. *Sinauer Associates*. 5-9 pp.
- Madjiki, A. G., Pial, A.-C., Ndam, J.-R. N., & Amougou, A. (2013).** Caractérisation hydrologique, morpho-métrique et physicochimique d'un hydrosystème urbain : le lac municipal d'Ebolowa (Sud-Cameroun). *Afrique Science*, 9 (3), 122-134 pp.
- Mathieu M., Amil, Z (2011).** Diversité des frustules de diatomées. *Journal ; Révue de Micropaléontologie* .54 :133-144 pp.
- Mbusnum, K. (2023).** Évaluation des contaminants organiques hydrophobes dans deux environnements aquatiques en Afrique centrale, Cameroun : Lac Barombi et mangrove de

l'estuaire du Wouri. Thèse de Doctorat, Aix Marseille Université, École Doctorale des Sciences de l'Environnement, 356 p.

- McIntyre, P. B., Reidy Liermann, C. A., & Revenga, C. (2016).** Linking freshwater fishery management to global food security and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113 (45) : 12880–12885.
- Mikschi E. (1989).** Rotifer distribution in relation to temperature and oxygen content. *Hydrobiol.*, 186 (187): 209-214
- Mollo P. & Noury A. (2013).** Le manuel du plancton. Edition Charles Leopold Mayer. Paris, France, 201 p.
- Ngafack P. (2014).** Prédiction saisonnière de présence du lamantin d'Afrique (*Trichechus senegalensis*, Link, 1795) en fonction des caractéristiques physico-chimiques de l'eau : cas du lac Ossa, Cameroun. Mémoire de Master écologie appliquée et gestion de la faune sauvage, Université de Dschang, Département de Biologie Animale, 98 p.
- Nguetsop V. F. (1996).** Évolution des environnements de l'Ouest Cameroun depuis 6 000 ans, d'après l'étude des diatomées actuelles et fossiles dans le lac Ossa. Implications paléoclimatiques. Thèse de doctorat
- Nguetsop, V., Servais, P., & Albouy-Bouyer, S. (1996).** Les Diatomées planctoniques des Lacs de l'Adamaoua (Cameroun) : relation avec les niveaux lacustres. *Revue d'hydrobiologie tropicale*, 29 (2) : 147-158 pp.
- Nguyen Thi, (2017).** Étude de la qualité des eaux de surface dans les lacs tropicaux. *Revue des Sciences de l'eau*, 30 (2) : 153-164 pp.
- Nisbet M. & Verneaux J. (1970).** Composantes chimiques des eaux courantes. *Annales de Limnologie*, 6 (2) : 161 -190 pp.
- Njoya K. (2015).** Qualité de l'eau et structure des macrophytes du complexe lacustre Ossa (Dizangué Cameroun). Mémoire de cycle d'ingénieur en Gestion des pêches et écosystème aquatique de l'institut des sciences halieutique de Douala. 29 p.
- Nola M., Njine, T., Monkiedje A. & Taillez R., (1999).** Approche colimétrique des eaux de la nappe phréatique superficielle de la ville de Yaoundé (Cameroun), *Microb. Hyg. Ali.*, (31) : 9 – 13
- Nsangou M. (2019).** Biodiversité zooplanctonique du lac Monoun dans la région de l'Ouest-Cameroun. Mémoire de Master en Hydrobiologie et Environnement à l'Université de Yaoundé I. 28p
- Nziéleu Tchagnouo J. G., Njiné T., Zébazé Togouet S. H., Djutso S. S. F., Mahamat T. T. S., Tchakonté S. & Pinel-Alloul B., (2012).** Diversité spécifique et abondance des communautés de copépodes, cladocères et rotifères des lacs du complexe Ossa (Dizangué, Cameroun), 6 (2012) : 71-93 pp.

- Paerl, H.W. (2017).**Controlling harmful cyanobacterial bloom in a more eutrophic and Warming world. *Science of the total Environment*, 579:1275-1284 pp.
- Philippeau, M (1992).** Statistique factorielle descriptive.Dans M .Philippeau Ed,Statistique appliquée à la recherche en Sciences humaines et sociales .*Editions Dunod* 147-162 pp.
- Piélou E. C. (1969).** The measurement of diversity in different type of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144 pp.
- Prybyla A., Zmijewska, A & Swieca,M (2017).**Phytoplankton as a promising biomass source for various application .*Journal of Applied physicology*:29, (5) 2575-2588 pp.
- Poulin, C., Hamelin, B., Vallet-Coulomb, C., Amngar, G., Loukman, B., Crétaux, J.-F., Doumnang, J.-C., Nour, A. M., Menot, G., Sylvestre, F., & Deschamps, P. (2019).** Étude de la dynamique hydrologique des lacs Iro et Fitri par une approche isotopique. In *Le Tchad des lacs* (édité par C. Raimond, F. Sylvestre, D. Zakinet, & A. Moussa). IRD Éditions.
- Pourriot R. (1982).** Food and feeding habits of the rotifera, *Arch. Hydrobiol. Beich.*, responses to acidification. *Ecology*, 73: 903-909 pp.
- Pourriot R., Capblanq J., Champ P. & Meyerj. A., (1982).** *Ecologie plancton des eaux continentales*, Masson, Paris.197 p
- Ramade F. (2005).** *Eléments d'écologie : Ecologie appliquée*. 4e édition, Dunod, Paris, France, 864 p.
- Reviers, B. (2002).** Les Euglénophycées : une diversité de formes et de fonction. *Journal :Cryptogamie,Algologie* , 23 :133-144 pp.
- Rodier J., (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. Chimie, physico-chimie, interprétation des résultats. 8e édition, Dunod, Paris, 1384 p.
- Rodier J., Legube B., Marlet N. & Brunet R. (2009).** L'analyse de l'eau. 9e édition, Dunod, Paris, France, 1579 p.
- Rondel C. (2012).** **Typologie** thermo-mictique :Aplication à une classification des lacs Français .ONEMA .*Changements globaux et climatiques et hydrosystème -Action 9* :11 p.
- Saez A. G., Zaldivar-Riveron A. & Medlin L. K. (2008).** Molecular systematics of the Pleurochrysidaceae, a family of coastal Coccolithophores (Haptophyta). *Journal of Plankton Research*. 30 : 559-566 pp.
- Sane S. (2006).** Contrôle de la production primaire du Lac de Guiers au Nord du Sénégal. Thèse de Doctorat de l'Université Cheikh Anta Diop-Dakar, 187 p.
- Ségalen P., (1978).** Les sols et la géomorphologie au Cameroun. Cahiers ORSTOM, série Pédologie,2 :137-188 pp.

- Sevrin-Reyssac J. (1992).** Formes d'eutrophisation dans les étangs de cypriniculture. Actes du Colloque d'Aquaculture Bordeaux, France, 12 (14) :123-135.
- Shannon C. E. & Weaver W. W. (1963).** The mathematical theory of communications. University of Illinois Press, Urbana, 117 p.
- Solheim A., Bryn P., Sejrup H. P., Mienert J. & Berg K. (2005).** Ormen Lange - An integrated study for the safe development of a deep-water gas field within the Storegga Slide Complex, NE Atlantic continental margin; executive summary. *Marine and Petroleum Geology*, 22: 1-9.
- Solimini A. G., Cardoso A. C. & Heiskanen A. (2006).** Indicators and method for ecological status assessment under water framework development. *European Commission: Joint Research Center*, EUR22314EN, Luxemburg, Belgium, 262 p.
- Sommer, U. (2016).** Phytoplankton ecology :A review..*Journal of Plankton Research*,38 (3) 537-555 pp.
- Sournia, A. (1986).** Le phytoplancton et la production primaire dans les Océans. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique. Paris .213 p
- Stork N. E., Boyle T. J. B., Dale V., Eeley H., Finegan B., Lawes M., Manokaran N., Prabhu R. & Soberon J. (1997).** Criteria and Indicators for Assessing the Sustainability of Forest Management: *Conservation of Biodiversity*. Working Paper 17. CIFOR, Bogor. 29 p
- Suchel B., (1987).** La répartition des pluies et des régions pluviométriques au Cameroun. Thèse de Doctorat d'État, Université de Bordeaux III, Travaux et Documents de Géographie Tropicale, vol. 5, 288 p.
- Taylor.J.R., & Fukuyo.J.Larsen .(2006).**Dinoflagettes.*Elsevier* :978-0-444-52194-8
- Therriault, L.B., Poulin, M. & Bossée, L. (1999).** Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire et du Golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires. CARC-ARC. 141p.
- Thomas W.H. (1966).** Surface nitrogenous nutrients and phytoplankton in the northeastern tropical Pacific Ocean *Limnol Oceanogr.* 11 (3) : 393-400 p.
- Touchart L. (2000).** Qu'est-ce qu'un lac ? *Bulletin de l'Association de Geographes Francais*, 77 (4) : 313-322 pp.
- Tuffery G. (1980).** Incidences écologiques de la pollution des eaux courantes. Révélateurs biologiques de la pollution. In : *Pollution des eaux continentales*, Paris, France, 243-280 pp.
- UNESCO (2006).** The 2nd UN World Water Development Report: « Water a shared responsibility ». Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO); New York: Berghahn Books. Chap. 4: The State of Resource.

- UNESCO (2022).** Rapport mondial des Nations Unis sur la mise en valeur des ressources en eau 2022 : eau et les changements climatiques.
- Utermöhl H. (1958).** Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton method. int. Ver. Theoretische und Angewandte Limnologie, 9 : 1-39 pp.
- Vallerie M., (1968).** Carte pédologique du Cameroun Occidental à 1/1000000. Édit. ORSTOM, n° 45, avec notice explicative, 48 p
- Verneaux J., (1973).** Cours d'eau de Franche- Comté (massif de Jura): Recherche écologique sur le réseau hydrographique du Doubs. Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Docteur ès Sciences Naturelles, 257 p.
- Walsby A. E. & Reynolds C. S. (1980).** Sinking and floating [Phytoplankton ecology]. Studies in ecology (USA). 7: 371-412 pp.
- Wetzel, R.G. (2001).** Limnology: Lake and River Ecosystems. *Academic Press*. 3e édition 978-0-12-74476000-5.
- Willame, R., & Hoffman, L. (2005).** Les cyanobactéries (algues bleues) responsable d'efflorescences dans les eaux stagnantes aspects systématique- écologique toxicologiques. *Centre de Recherche Public*. Gabriel Lippmann.
- Wirrmann D. & Élouga M., (1998).** Discovery of an Iron Age site in Lake Ossa, Cameroonian littoral Province. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Sciences de la Terre et des Planètes, 326 (5) : 383-389.
- Wirrmann D., (1992).** Le lac Ossa : une monographie préliminaire Revue de Géographie du Cameroun, Vol. XZ, n° 1.
- Yéo, K., Komoé, K., Konan, E & Gomé, D. (2023).** Distribution spatio temporelle du phytoplancton en relation avec les paramètres physicochimiques dans le système langunaire Adjim-Potou (Cote d'ivoire). *Journal of Water Resource and Protection*, 15 :509-525 p.
- Zébazé Togouet S. H. (2000).** Biodiversité et dynamique des populations de zooplancton (ciliés, rotifères, cladocères et copépodes) du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun). Thèse de Doctorat 3ème cycle, Université de Yaoundé I, Cameroun, 175 p
- Zébazé Togouet S. H. (2008).** *Eutrophisation et structure de la communauté zooplanctonique du Lac Municipal de Yaoundé*. Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun, 200 p.
- Zeitzschel B. (1978).** Oceanographic Factors Influencing the Distribution of Plankton in Space and Time. *Micropaleontology*, 24 (2): 139 – 159 pp.

ANNEXES

Annexe I : Résultats des paramètres physico chimiques dans le complexe Lacustre pendant l’étude

StationA	Temp (°C)	O2 (%)	Cond (µS)	pH(UC)	Transp (cm/s)	CO2 (mg/l)	coul (Pt)	MES (mg/l)	Turb (FTU)	Alcal (°dH)	Nitrate (mg/l)	Nitrite (mg/l)	NH4 (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Dureté (°dH)	Dureté (°dH)	oxydabilité (mg/l)	DBO5 (mg/l)	Chl a (µg/l)	Ckl b (µg/l)	Chl c (µg/l)
Mw. Sal1	33,7	113,4	15,08	6,58	60	22,88	155	10	58	20	1,3	0,021	0	1,689	1,02	0,6	2,77	40	0,33	3,84	81,6
Mw.Sal 2	33	128,5	15,09	6,73	93	40,48	116	12	44	12	1,7	0,018	0	0,567	0,93	0,61	12,05	50	1,44	2,24	71,94
Mw. Sal3	32,7	120	7,88	6,74	83	109,12	104	8	34	42	1	0,008	0	1,425	0,92	0,62	22,71	30	0,03	1,11	16,56
Mw. Echinox	33,4	113,5	19,8	6,55	70	7,04	109	5	23	12	0,8	0,018	0	1,038	1,83	0,55	1,77	30	0,025	0,91	13,55
Mw. Echinox	33,3	113,8	19,9	6,57	73	24,64	116	10	39	28	1	0,019	0	1,722	0,5	0,6	6,91	50	0,08	2,94	43,67
Mw. Echinox	32	79,5	18,9	7,03	63	17,6	95	10	31	10	0,8	0,016	0	0,781	0,76	0,7	74,26	40	0,21	1,78	42,85
Me. Sal 1	30,5	63,8	22,8	7,1	128	29,92	120	13	37	12	1,6	0,016	0	0,767	1,02	0,68	23,9	50	46	38,07	4,01
Me. Sal 2	30,7	88,1	24,1	7,16	100	22,88	162	0	4	20	0,4	0,008	0,01	0,504	0,8	0,8	32,79	40	2,37	21,49	2,02
Me. Sal 3	31	64,7	29,7	6,73	126	29,92	116	17	38	36	0,6	0,013	0	0,429	0,92	1,14	23,11	0	19,23	53,47	1,35
GO. Sal 1	31,7	96,4	17,7	4,39	60	31,68	85	13	28	8	5,7	0,016	0,3	0,319	1,33	0,75	14,02	10	0,03	1,22	18,07
GO. Sal 2	32,3	100,6	19,1	4,11	66	26,4	237	36	44	20	0,9	0,029	0,17	0,708	0,32	0,74	21,73	10	14,65	3,55	66,27
GO. Sal 3	33,7	29,8	26,3	3,5	134	24,64	164	14	25	12	1,5	0,043	0,27	0,73	0,29	0,76	30,42	90	45,01	8,31	196,08
GO. Sal 4	35	104,1	18,24	3,68	100	33,44	118	11	21	32	0,8	0,018	0	0,386	1,08	0,73	53,13	90	5,01	0,93	83,98
GO. Sal 5	33,6	85,9	14,7	4,74	97	36,96	96	14	26	32	1,5	0,02	0	0,486	0,67	0,72	11,06	0	0,04	1,62	24,09
GO. Sal 6	31,4	83	13,85	5,28	97	19,36	71	10	25	16	1,3	0,017	0,01	0,377	0,9	0,67	8,1	30	0,03	4,26	46,51
GO. Echinox	33,6	119,2	24,5	6,73	62	24,64	110	15	31	12	0,6	0,008	0	0,688	0,6	0,79	16,79	90	0,01	0,46	6,02
GO. Echinox	31,2	92,9	34,6	4,7	60	31,68	157	5	10	10	0,8	0,01	0,03	1,126	0,89	0,8	17,58	80	0,05	1,83	27,11
GO. Echinox	33,6	115,7	14,91	6,23	96	31,68	81	12	24	24	0,6	0,01	0	0,938	1,2	0,73	17	80	7,15	2,89	3,14
GO. Echinox	34,6	108,9	15,34	6,62	100	26,4	86	1	7	14	1,7	0,018	0	0,955	0,92	0,92	14,41	30	0,03	1,42	21,08
GO. Echinox	33,8	106,5	18,42	6,37	100	7,04	100	2	5	16	1,6	0,013	0	0,482	1,28	0,83	16,2	0	11,35	2,9	113,74
GO. Echinox	29,9	80	19,52	7,39	95	31,68	174	22	42	22	1,3	0,018	0	0,449	1,15	0,93	31,8	30	4,12	4,16	38,74
MOYENNE	32,605	95,63	19,5443	5,94905	88,714	30,0038	122,48	11,4286	28,38	19,52	1,3095	0,017	0,0376	0,7889	0,9205	0,74619	21,5481	41,429	7,48548	7,5905	43,923
MIN	29,9	29,8	7,88	3,5	60	7,04	71	0	4	8	0,4	0,008	0	0,319	0,29	0,55	1,77	0	0,01	0,46	1,35
MAX	35	128,5	34,6	7,39	134	109,12	237	36	58	42	5,7	0,043	0,3	1,722	1,83	1,14	74,26	90	46	53,47	196,08
Ecart	1,214	18,38	4,3186	1,0708	19,18	10,161	29,92	5,1156	10,9	7,69	0,584	0,004952	0,06	0,321	0,243	0,0956	11,421	23,67	9,4107	8,665	33,59

STATION B	Temp (°C)	O2 (%)	Cond (µS)	pH(UC)	Transp (cm/s)	CO2 (mg/l)	coul (Pt)	MES (n)	Turb (FTU)	Alcal (°dH)	Nitrate (mg/l)	Nitrite (mg/l)	NH4 (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Dureté (°dH)	Dureté (°dH)	oxydabilité (mg/l)	Chl a (µg/l)	Ckl b (µg/l)	Chl c (µg/l)
Mw. Sal1	30,2	104,8	18,38	5,53	61	24,64	160	28	39	62	0,7	0,011	0,13	0,578	3,6	2,27	16,98	21,92	39,41	44,57
Mw.Sal 2	29,4	94,6	19,32	5,74	76	14,08	158	23	40	16	1	0,008	0,17	0,285	2,41	0,33	13,82	19,98	6,36	9,09
Mw. Sal3	29	93,1	18,68	5,28	77	10,56	151	22	40	18	1,1	0,04	0,18	0,388	0	3,3	12,44	21,19	6,6	11,8
Mw. Echinox	29,6	87,4	17,7	5,6	71	40,48	148	24	39	26	0,1	0,001	0,25	0,41	3,31	3,55	17,38	20,2	7,82	2,09
Mw. Echinox	29,5	59,5	19,06	4,78	66	1,76	128	18	33	18	1,1	0,009	0,25	0,491	1,19	1,04	16,78	19,65	16,53	25,61
Mw. Echinox	29,4	75	18,93	2,85	80	10,56	110	16	29	14	0,4	0,007	0,7	0,801	0	4,28	7,51	16,81	17,54	18,32
Me. Sal 1	31,7	101,4	33,8	6,49	95	1,76	102	16	28	17	0,3	0	0,06	0,446	0,53	7,16	15,4	29,03	44,35	89,73
Me. Sal 2	32,8	94,5	34,9	6,01	85	24,64	71	5	26	8	0,2	0,06	0,08	1,451	2,61	1,46	22,91	14	16,45	34,03
Me. Sal 3	32,1	68,2	38,3	5,7	66	7,04	88	16	4	14	0,1	0,003	0,08	0,278	1,49	0,66	19,35	11,36	14,44	7,58
GO. Sal 1	31	77,7	20,64	5,67	98	42,24	83	4	12	22	0,7	0,002	0,18	0,451	4,04	5,72	10,07	15,65	4,76	6,47
GO. Sal 2	33,3	99,1	32,4	6,53	100	7,04	51	9	21	18	0,2	0,001	0,22	0,541	1,73	3,12	7,5	9,2	11,54	7,13
GO. Sal 3	30,9	107,5	20,43	6,43	74	1,76	56	7	15	14	0,6	0,001	0,31	0,591	13,32	13,26	6,71	9,9	8,24	4,93
GO. Sal 4	33,6	91,3	22,7	5,79	159	40,48	81	18	23	44	1,4	0,001	0,19	0,62	3,89	2,19	7,7	14,8	5,91	4,63
GO. Sal 5	30,7	68,3	17,21	5,07	99	1,76	51	13	26	50	1,1	0,004	0,31	0,481	0,74	2,39	5,13	11,51	7,59	5,7
GO. Sal 6	31,1	97	15,42	4,4	142	1,76	45	11	26	24	1	0,005	0,4	0,194	1	2,91	9,48	22,94	14,96	23,04
GO. Echinox 1	30,9	93,7	26	6,42	53	35,2	90	17	36	32	0,4	0	0,3	0,072	0,43	1,2	9,08	14,11	9,21	6,83
GO. Echinox 2	31	104	27,7	6,06	87	1,76	77	15	26	44	0,3	0,002	0,51	0,384	0,16	2,5	5,33	13,03	9,12	9,41
GO. Echinox 3	30,9	101,7	21,92	5,84	100	1,76	64	7	16	36	0,8	0	0,31	0,937	0,61	2,22	12,24	13,56	13,95	10,65
GO. Echinox 4	31,8	93,7	29,9	6,51	84	1,76	71	11	28	80	0,6	0,003	0,49	4,254	4,72	0,56	3,75	8,62	8,29	3,5
GO. Echinox 5	33,8	107,9	27,5	6,6	80	19,36	73	15	29	100	0,5	0	0,37	1,85	0,31	4,2	4,93	14,46	13,9	14,32
GO. Echinox 6	31,4	94,9	30,4	6,33	77	1,76	93	17	28	52	0,2	0,001	0,27	0,657	1,97	3,96	12,24	19,08	23,68	1,92
MOYENNE	31,15	91,204762	24,3471	5,69667	87,14	13,91238	92,905	14,86	26,8571	33,762	0,61	0,008	0,27429	0,769524	2,28857	3,25143	11,2729	16,2381	14,3167	16,255
MIN	29	59,5	15,42	2,85	53	1,76	45	4	4	8	0,1	0	0,06	0,072	0	0,33	3,75	8,62	4,76	1,92
MAX	33,8	107,9	38,3	6,6	159	42,24	160	28	40	100	1,4	0,06	0,7	4,254	13,32	13,26	22,91	29,03	44,35	89,73
Ecart	1,08	10,5837	5,8834	0,6089	17,43	12,3639	29,22	4,94	7,0068	18,85	0,33	0,009	0,1173	0,51861	1,8659	1,8494	4,4582	4,25306	6,9359	13,12

Annexe II : Moyenne des paramètres physicochimiques

Statation	Temp (°C)	O2 (%)	Cond (µs/cm	pH(UC)	Transp (cm)	CO2 (mg/L)	coul (Pt-Co)	MES (mg/L)	Turb (FTU)	Alcal (mg/L	Nitrate (mg/	Nitrite (mg/l	NH4 (mg/L)	Orthophospl	Duretés calc	Duretés mag	oxydabilité	Chl a	Ckl b	Chl c
Mw. Sal1	31,95	109,1	16,73	6,055	60,5	23,76	157,5	19	48,5	41	1	0,016	0,065	1,1335	2,31	1,435	9,875	11,125	21,625	63,085
Mw. Sal 2	31,2	111,55	17,205	6,235	84,5	27,28	137	17,5	42	14	1,35	0,013	0,085	0,426	1,67	0,47	12,935	10,71	4,3	40,515
Mw. Sal3	30,85	106,55	13,28	6,01	80	59,84	127,5	15	37	30	1,05	0,024	0,09	0,9065	0,46	1,96	17,575	10,61	3,855	14,18
Mw. Echino	31,5	100,45	18,75	6,075	70,5	23,76	128,5	14,5	31	19	0,45	0,0095	0,125	0,724	2,57	2,05	9,575	10,1125	4,365	7,82
Mw. Echino	31,4	86,65	19,48	5,675	69,5	13,2	122	14	36	23	1,05	0,014	0,125	1,1065	0,845	0,82	11,845	9,865	9,735	34,64
Mw. Echino	30,7	77,25	18,915	4,94	71,5	14,08	102,5	13	30	12	0,6	0,0115	0,35	0,791	0,38	2,49	40,885	8,51	9,66	30,585
Me. Sal 1	31,1	82,6	28,3	6,795	111,5	15,84	111	14,5	32,5	14,5	0,95	0,008	0,03	0,6065	0,775	3,92	19,65	37,515	41,21	46,87
Me. Sal 2	31,75	91,3	29,5	6,585	92,5	23,76	116,5	2,5	15	14	0,3	0,034	0,045	0,9775	1,705	1,13	27,85	8,185	18,97	18,025
Me. Sal 3	31,55	66,45	34	6,215	96	18,48	102	16,5	21	25	0,35	0,008	0,04	0,3535	1,205	0,9	21,23	15,295	33,955	4,465
GO. Sal 1	31,35	87,05	19,17	5,03	79	36,96	84	8,5	20	15	3,2	0,009	0,24	0,385	2,685	3,235	12,045	7,84	2,99	12,27
GO. Sal 2	32,8	99,85	25,75	5,32	83	16,72	144	22,5	32,5	19	0,55	0,015	0,195	0,6245	1,025	1,93	14,615	11,925	7,545	36,7
GO. Sal 3	32,3	68,65	23,365	4,965	37,67	13,2	110	10,5	20	13	1,05	0,022	0,29	0,6605	6,805	7,01	18,565	27,455	8,275	100,505
GO. Sal 4	34,3	97,7	20,47	4,735	129,5	36,96	99,5	14,5	22	38	1,1	0,0095	0,095	0,503	2,485	1,46	30,415	9,905	3,42	44,305
GO. Sal 5	32,15	77,1	15,955	4,905	98	19,36	73,5	13,5	26	41	1,3	0,012	0,155	0,4835	0,705	1,555	8,095	5,775	4,605	14,895
GO. Sal 6	31,25	90	14,635	4,84	119,5	10,56	58	10,5	25,5	20	1,15	0,011	0,205	0,2855	0,95	1,79	8,79	11,485	9,61	34,775
GO. Echino 1	32,25	106,45	25,25	6,575	57,5	29,92	100	16	33,5	22	0,5	0,004	0,15	0,38	0,515	0,995	12,935	7,06	4,835	6,425
GO. Echino 2	31,1	98,45	31,15	5,38	73,5	16,72	117	10	18	27	0,55	0,006	0,27	0,755	0,525	1,65	11,455	6,54	5,475	18,26
GO. Echino 3	32,25	108,7	18,415	6,035	98	16,72	72,5	9,5	20	30	0,7	0,005	0,155	0,9375	0,905	1,475	14,62	10,355	8,42	6,895
GO. Echino 4	33,2	101,3	22,62	6,565	92	14,08	78,5	6	17,5	47	1,15	0,0105	0,245	2,6045	2,82	0,74	9,08	4,325	4,855	12,29
GO. Echino 5	33,8	107,2	22,96	6,485	90	13,2	86,5	8,5	17	58	1,05	0,0065	0,185	1,166	0,795	2,515	10,565	12,905	8,4	64,03
GO. Echino 6	30,65	87,45	24,96	6,86	86	16,72	133,5	19,5	35	37	0,75	0,0095	0,135	0,553	1,56	2,445	22,02	11,6	13,92	20,33
Moyenne	31,8761905	93,4190476	21,9457143	5,82285714	84,77	21,9580952	107,690476	13,1428571	27,6190476	26,6428571	0,95952381	0,01228571	0,15595238	0,77919048	1,60452381	1,99880952	16,4104762	11,8617857	10,9535714	100,505
Max	34,3	111,55	34	6,86	129,5	59,84	157,5	22,5	48,5	58	3,2	0,034	0,35	2,6045	6,805	7,01	40,885	37,515	41,21	4,465
Min	30,65	66,45	13,28	4,735	37,67	10,56	58	2,5	15	12	0,3	0,004	0,03	0,2855	0,38	0,47	8,095	4,325	2,99	30,0888095
Ecart type	0,77278912	11,399093	4,60931973	0,63006803	15,7428571	8,24526077	20,9433107	3,7414966	7,79138322	10,4013605	0,37097506	0,00495238	0,06975057	0,32280726	0,97274376	0,92126984	6,37201814	4,36057823	7,1344898	18,5830385

Annexe III : Valeurs des classes de l’IPO obtenues dans le complexe lacustre.

Mois	Classe des paramètres			Moyenne des classes	²Niveau de pollution
	NH4 ⁺	NO2 ⁻	PO4 ³⁻		
Avril	5	3	2	3, 33	Modérée
Juin	4	4	2	3 , 33	Modérée

Annexe IV : Répartition spatiotemporelle des phytoplanctons

Station	<i>Achnanthe</i>	<i>Alexandrium</i>	<i>Ankistrodesm</i>	<i>Aphanocaps</i>	<i>Asterionella</i>	<i>Audouinella</i>	<i>Aulacoseira</i>	<i>Bacillaria</i>	<i>Bulbochaete</i>	<i>Caloneis</i>	<i>Centratratus</i>	<i>Cerataulina</i>	<i>Ceratium</i>	<i>Climacodium</i>	<i>Closcinodiscu</i>	<i>Closterium</i>
Mw. Sal1	0	0	0	0	0,27	0	8,25	0	0	0	0,012	0,0111	0	0	0,016	0
Mw. Sal 2	0,008	0	0	0	0,08	0	49,63	0,016	0	0,016	0	0	0	0	0	0,71
Mw. Sal3	0	0	0	0	0,93	0	64,13	0,34	0,008	0,01	0	0	0	0	0	0
Mw. Echino 1	0	0	0	0	0	0	71,5	0	0	0	0	0	0,023	0	0	0,023
Mw. Echino 2	0	0	0	0	0,81	0	168,5	0	0	0	0	0	0	0,016	0	0
Mw. Echino 3	0	0	0	0	0,083	0	86,27	0,002	0	0,013	0	0	0,008	0	0	0
Me. Sal 1	0	0	0	0	3,7	0	7,07	0	0	0,013	0	0	0	0	0,016	0
Me. Sal 2	0	0	0	0	0,27	0	16,96	0	0	0,013	0	0	0	0	0	0
Me. Sal 3	0	0	0,011	0	0,81	0	10,94	0	0	0,023	0	0	0,023	0	0	0
GO. Sal 1	0	0	0,012	0	0	0,607	5,31	0,13	0,015	0,046	0	0	0	0	0	0,22
GO. Sal 2	0,008	0	0,012	0	0	0	5,06	0	0	0,023	0	0	0	0	0	0,02
GO. Sal 3	0	0	0	0	0,155	0	13,9	0	0	0	0,008	0	0	0	0	0
GO. Sal 4	0	0	0	0	0,04	0,008	5,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Sal 5	0	0,016	0	0	2,79	0	6,14	0,008	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Sal 6	0	0	0	0	0,77	0	5,53	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 1	0	0	0,14	1,5	0,14	0	19,16	0,55	0	0,01	0	0	0	0	0	0,22
GO. Echino 2	0	0	0,14	8,33	0,14	0	8,35	0	0	0,0121	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 3	0	0	0	3,77	0,28	0,15	7,935	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 4	0	0	5,047	0,88	0,04	0	9,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 5	0	0	0,04	0,625	0,0105	0	11,41	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 6	0	0	5,117	0,95	0,117	0,008	6,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0,012
Moyenne	0,0007619	0,0007619	0,50090476	0,76452381	0,54454762	0,03680952	28,0064286	0,04981	0,00109524	0,01043	0,00095238	0,00052857	0,00257	0,0007619	0,00152381	0,057381
Max	0,008	0,016	5,117	8,33	3,7	0,607	168,5	0,55	0,015	0,046	0,012	0,0111	0,023	0,016	0,016	0,71
Min	0	0	0	0	0	0	5,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ecart type	0,0013787	0,00145125	0,87258957	1,10546485	0,62311565	0,0650839	28,5712245	0,082912	0,00198186	0,01002	0,00172336	0,0010068	0,00441	0,00145125	0,00275737	0,0931293

Station	<i>Coccolithus</i>	<i>Coelastrum</i>	<i>Coelomorn</i>	<i>Coscinodiscu</i>	<i>Cosmarium</i>	<i>Cyclotella</i>	<i>Cylindrospere</i>	<i>Cymbella</i>	<i>Desmodesm</i>	<i>Dinobryon</i>	<i>Fragilara</i>	<i>Fragilariopsis</i>	<i>Geisseleria</i>	<i>Gomphonema</i>	<i>Gyrosigma</i>	<i>Hyalotheca</i>
Mw. Sal1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,005	0,023	0	0	0,031	0
Mw. Sal 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0,05	0	0,7
Mw. Sal3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,13	0	0	0	0	0
Mw. Echino 1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,43	0	0	0	0	0	0	0
Mw. Echino 2	0,023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,43	0	0	0	0	0
Mw. Echino 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0	0	0	0	0	0
Me. Sal 1	0	0	0	0,016	0	0	0	0,012	0	0,012	0,082	0	0	0,012	0	0
Me. Sal 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,25	0	0	0	0	0
Me. Sal 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,035	0	0	0	0	0
GO. Sal 1	0	0	0	0,008	0	0	0,016	0	0	0	0,07	0	0	0	0	0,007
GO. Sal 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Sal 3	0	0	0,008	0	0	0	0	0	0	0	1,175	0	0	0	0	0
GO. Sal 4	0	0,012	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	0
GO. Sal 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,46	0	0	0	0	0
GO. Sal 6	0	0	0	0	0,012	0	0	0	0	0	0,32	0	0,01	0	0	0
GO. Echino 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 7	0	0	0	0	0	0,012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moyenne	0,0010952	0,00057143	0,000381	0,00114286	0,00057143	0,000571	0,0007619	0,0005714	0,06809524	0,0016667	0,365571	0,00109524	0,000476	0,00295238	0,0014762	0,0336667
Max	0,023	0,012	0,008	0,016	0,012	0,012	0,016	0,012	1,43	0,023	2,13	0,023	0,01	0,05	0,031	0,7
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ecart type	0,0020862	0,00108844	0,0007256	0,00206803	0,00108844	0,001088	0,00145125	0,0010884	0,12970522	0,0030159	0,471578	0,00208617	0,000907	0,0053424	0,0028118	0,0634603

Station	<i>Isthmia</i>	<i>Keratococu</i>	<i>Lepocinclis</i>	<i>licmophora</i>	<i>Sorastrum</i>	<i>Lyngbya</i>	<i>Melosira</i>	<i>Merismoped</i>	<i>Micractinium</i>	<i>Microcoleus</i>	<i>Microcystis</i>	<i>Monoraphid</i>	<i>Navicula</i>	<i>Neidium</i>	<i>Neostrastrea</i>
Mw. Sal1	0	0	0	0,023	0	0	3,36	0	0	0,003	0,49	0	0,04	0	0
Mw. Sal 2	0	0	0,33	0	0	0	9,67	0	0	0,51	0,64	0,023	0	0	0
Mw. Sal3	0	0	0	0	0	0	21,18	0	0,012	0	0,29	0,016	0	0,058	0
Mw. Echino 1	0	0	0	0	0	0	9,57	0	0	0,003	0,37	0	0	0	0
Mw. Echino 2	0	0	0	0	0	0	4,24	0	0	0	1,73	0,023	0	0	0
Mw. Echino 3	0,023	0	0	0	0	0	8,45	0	0	0	0,63	0	0,47	0	0
Me. Sal 1	0	0	0	0	0	0	3,075	0	0	0	0,67	0	0	0	0
Me. Sal 2	0	0	0	0	0	0	1,92	0	0	0	0,48	0	0,04	0	0,023
Me. Sal 3	0	0	0	0	0	0,06	4,5	0	0	0	0,17	0	0,0107	0,012	0
GO. Sal 1	0	0	0	0	0	0,09	1,075	0	0	0	0,42	0	0	0,012	0
GO. Sal 2	0	0	0	0	0	0	0,091	0,008	0	0	0,19	0	0,008	0,012	0
GO. Sal 3	0	0	0	0	0	0,055	9,85	0	0	0	0,081	0	0,083	0	0
GO. Sal 4	0,012	0	0	0	0	0	0,26	0	0	0,845	0,4	0	0,63	0	0
GO. Sal 5	0	0	0	0	0	0	2,79	0	0,008	0	0	0	0,032	0	0
GO. Sal 6	0	0	0	0	0,012	0,008	0,77	0	0	0	0,055	0	0,145	0	0
GO. Echino 1	0	0	0	0,011	0	0	1,64	0,04	0	0	0	0	0,011	0	0
GO. Echino 2	0	0	0	0	0	0,011	3,41	0	0	0	0,75	0	0,27	0	0
GO. Echino 3	0	0,011	0	0	0	0	15,41	0	0	0	0,22	0	0	0	0
GO. Echino 4	0	0	0	0	0	0,035	3,27	0	0	0	0,27	0	0,011	0	0
GO. Echino 5	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0,5	0	0
GO. Echino 6	0	0	0,012	0	0	0,04	2,6	0	0	0	0,135	0	0	0	0
Moyenne	0,00167	0,0005238	0,0162857	0,00161905	0,00057143	0,0142381	5,10528571	0,00228571	0,00095238	0,06480952	0,38052381	0,00295238	0,10717619	0,00447619	0,00109524
Max	0,023	0,011	0,33	0,023	0,012	0,09	21,18	0,04	0,012	0,845	1,73	0,023	0,63	0,058	0,023
Min	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0
Ecart type	0,00302	0,0009977	0,0298776	0,00292971	0,00108844	0,01988662	4,14269388	0,00413605	0,00172336	0,11670295	0,26526531	0,00506122	0,14086848	0,00724717	0,00208617

Station	<i>Oscillatoria</i>	<i>Pediastrum</i>	<i>Phacus</i>	<i>Pinnularia</i>	<i>Plantoklynb</i>	<i>Pleurotaeniü</i>	<i>Pyrrhacus</i>	<i>Scenedesmu</i>	<i>Spirogyra</i>	<i>Spiruline</i>	<i>Staurastrum</i>	<i>Staurodesm</i>	<i>Stauroneis</i>	<i>Surirella</i>	<i>Synechocyst</i>	<i>Synedra</i>	<i>Terpsine</i>
Mw. Sal1	0	0	0	0,012	0,7225	0,035	0,04	0,0107	0	1,45	0,023	0,016	0	0	0	0	0
Mw. Sal 2	0,09	0	0	0	0	0	0,0125	0,8	0	0,04	0	0	0	0,083	0	0,031	0
Mw. Sal3	0	0	0	0	1,54	0	0,159	0	0	0,075	0	0	0	0	0	0	0
Mw. Echino 1	0,059	0	0	0	0,27	0	0,016	0,07	0	0,5	0	0	0	0	0,071	0	0
Mw. Echino 2	0,18	0	0	0	1,05	0	0,62	0,1	0	0,42	0	0	0	0	0	0	0
Mw. Echino 3	0,08	0	0	0	0,167	0	0	0	0	1,375	0	0	0	0	0	0	0
Me. Sal 1	0,026	0,012	0	0	0,798	0	0,39	0,023	0	0,86	0,0275	0	0	0	0	0	0
Me. Sal 2	0,023	0,023	0	0	0,58	0	0,09	0,031	0,016	5,18	0	0	0	0	0	0	0
Me. Sal 3	0,035	0	0	0	0,372	0	0	0,05	0	0,51	0	0	0	0	0	0	0
GO. Sal 1	0,035	0	0	0,0465	0,303	0,03	2,18	0,083	0	0,31	0	0	0	0,023	0	0	0
GO. Sal 2	0,035	0	0,008	0,0203	0,74	0	1,19	0,045	0	0,31	0	0	0	0,023	0	0	0
GO. Sal 3	0,035	0,008	0	0,016	0,61	0	0,23</										

Station	<i>Tetraedron</i>	<i>Tetrallontos</i>	<i>Tetrastrum</i>	<i>Thalasiothrix</i>	<i>Tralassiosira</i>	<i>Treubaria</i>	<i>Trichodesmiu</i>	<i>Phomera</i>	<i>Rhizosolenia</i>
Mw. Sal1	0	0	0	0	0	0	0,0355	0	0,51
Mw.Sal 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mw. Sal3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mw. Echino 1	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0
Mw. Echino 2	0	0	0	0,087	0	0	0	0	0
Mw. Echino 3	0,05	0,012	0,012	0	0	0,012	0	0	0
Me. Sal 1	0	0	0	0	0,023	0	0	0	0
Me. Sal 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Me. Sal 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,06
GO. Sal 1	0	0	0	0	0	0	0,21	0,22	0
GO. Sal 2	0	0	0	0	0	0	0,23	0	0
GO. Sal 3	0	0	0	0	0	0,03	0,012	0	0
GO. Sal 4	0	0	0	0	0	0	0,094	0	0
GO. Sal 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Sal 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 1	0	0	0	0	0	0	0,015	0,22	0
GO. Echino 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GO. Echino 3	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0
GO. Echino 4	0	0	0	0	0	0,059	0,254	0	0
GO. Echino 5	0	0	0	0	0	0	0,55	0	0
GO. Echino 6	0	0	0	0	0	0,023	0	0	0
Moyenne	0,00238095	0,00057143	0,00057143	0,00414286	0,00109524	0,0087619	0,06669048	0,02095238	0,02714286
Max	0,05	0,012	0,012	0,087	0,023	0,059	0,55	0,22	0,51
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ecart type	0,00453515	0,00108844	0,00108844	0,00789116	0,00208617	0,01251701	0,0956712	0,03791383	0,04911565

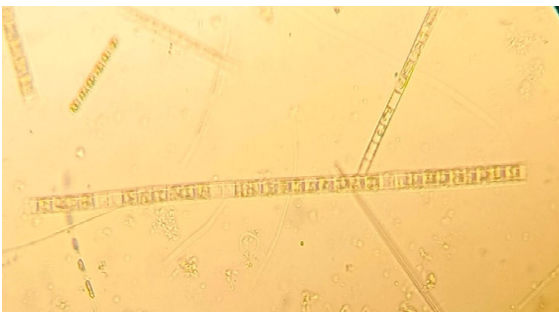
Annexe V : Quelques espèces identifiés dans le complexe lacustre Ossa pendant la période d’étude



Surirella capronii



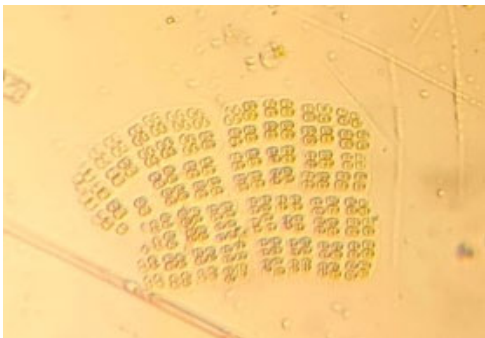
Treubaria triappendiculata



Aulacoseira distans



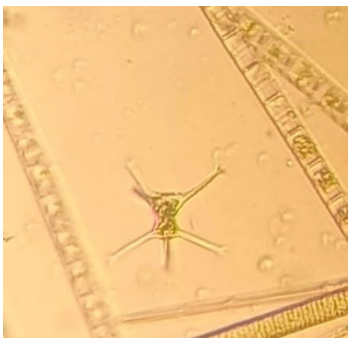
Oscillatoria sp



Merismopédia tenuissima



Pyrophacus horologium



Staurastrum teracerum



Staurastrum sp



Phacus longicauda



Ceratium tricoceros



Staurastum sp.

