

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Microbiologie Appliquée

Département : Écologie et Génie de l'Environnement

Thème

**Etude de la dynamique et l'identification des populations
phytoplanctonique des eaux continentales de lac Tonga (PNEK).**

Présenté par :

- BOULKHIOU Khaoula
- CHEMMAKH Riham
- MEGHADECHA Sofia

Devant le jury composé de :

Président :	Mme. ROUAIGUIA Meriem	MCB	Université de Guelma
Examineur :	Mr. GUETTAF Mohamed	MCA	Université de Guelma
Encadreur :	Mme. DJAMAA Fatma	MCB	Université de Guelma

Juin 2023

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, On remercie **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous exprimons nos profonds remerciements à **Dr. ROUAIGUIA Meriem**
D'avoir bien accepté présider ce jury.

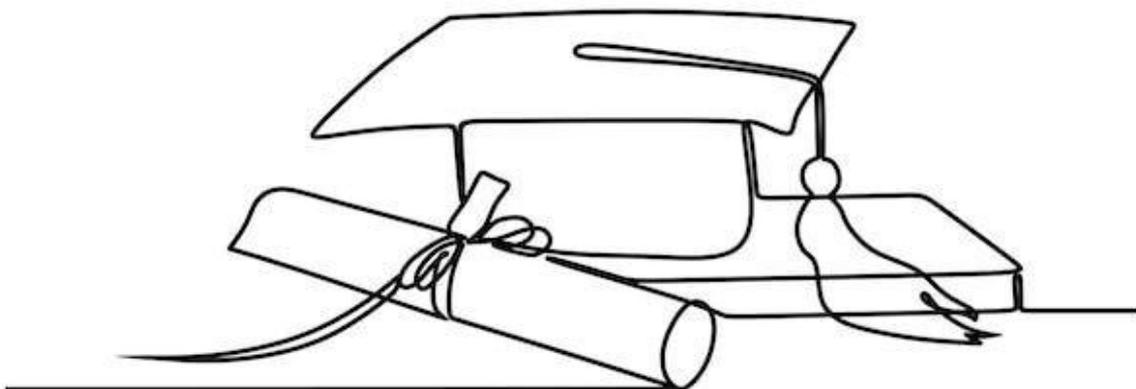
Nous tenons à remercier **Dr. GUETTAF Mohamed** pour avoir exprimé son entière disponibilité à participer à ce jury et examiner ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent à notre encadrante **Dr. DJAMAA Fatma** pour avoir dirigé notre projet de fin d'étude. La confiance et le soutien, qu'elle nous a accordé, nous ont permis de mener à bien ce travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements à **Dr. TOUATI Hassen,**
et à **Dr. ROUABHIA Kamel,** pour leur aide à nous dans notre travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude au responsable de laboratoire, **Mme. Hassiba** pour nous avoir aidés et répondu à nos besoins en outils et solutions et pour leur confiance en nous.

En fin, Nous exprimons nos sincères remerciements ainsi que notre grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude et leur exprimer notre gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils nous ont généreusement accordé.



Dédicace

Avec ma gratitude et tout mon amour, je dédie ce travail :

*A Mon très cher Père **AMMAR** : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

*Ma très chère mère **FATIHA**, qui a consacré sa vie pour bâtir la mienne, qui a toujours été là pour mes joies ainsi que pour mes peines. Je lui exprime toute mon affection, mon admiration et mon profond respect. Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*A mes chers frères : **ALI** et **ABDE EL RAHIM** et (leurs enfants : **MED JADE**, **MED JASSIM**, **JOZEL**, **DJOMAN**).*

*A mes chères sœurs : **ASSIA**, **LILIA**, **SAIDA** et (leurs enfants : **ILYES**, **KOUSSAY**, **NAZIM**, **IYED**, **MAYSOUN**, **RZANE**, **DJAMIL**, **MYADA**).*

*A **AMIRA** et **HANANE** elles sont parmi mes sœurs aussi.*

*A Ma meilleure amie **KHAOULA** Tu as toujours cru en moi et rendu notre amitié joyeuse.*

*A Ma meilleure amie **RIHAM** Tu m'inspires à devenir une meilleure personne,
Merci.*

*A mes chères **MAYSSA**, **AFNANE**, **SARRA** et **MANAR**.*

SOFIA

Dédicace

*Je commence ma dédicace au nom du ALLAH et le salut sur **MOHAMMED** Le
Messager du Dieu.*

Je dédie ce modeste travail :

*A celui qui a toujours garni mes chemins avec force et lumière... mon cher père
AÏSSA*

*A ma source de tendresse, l'être la plus chère dans le monde, ma chère mère
MALIKA*

*Pour leurs sacrifices et leurs patiences. Que dieu leur procure bonne santé et
longue vie*

*A mes chers frères, **HAMDI, HICHAM, RABEH** et leurs femmes **CHADIA,**
IBTISSAM et **HADJER** et leurs enfants **KHALIL, HAIDER, KAOUTHER,**
ABD-ELBASSIT et **OUWAIS** et particulièrement mon frère **HOUSSEM** pour
leur appui et leur encouragement, et leur soutien moral*

*A mon cher mari **ISSAM BENCHEIKH**, pour la patience et le soutien dont il a
fait preuve tout au long de ce travail, à qui je tiens à exprimer mon grand amour.
Merci beaucoup mon homme.*

*A ma chère amie et ma sœur **SOFIA** qui n'a pas donné naissance à ma mère, que
je retrouve toujours à mes côtés, elle a un grand merci et tout l'amour.*

*A mes chères binômes **SOFIA** et **RIHAM***

*A tous ceux qui sont chères, proches de mon cœur, et à tous ceux qui m'aiment et
qui aurait voulu partager ma joie, particulièrement **NEDJWA, CHAHIRA,**
DALILA, ZINEB, RADIA, SOUMIA et **ALIMA.***

*A ma future deuxième famille **PAPA RACHID, MAMA ZINA** et **WAFÀ.***

*Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen du secondaire
ou de l'enseignement supérieur.*

KHAOULA

Dédicace

Je souhaite exprimer ma gratitude tout d'abord aux mes parents.

*A celle qui a veillé à mon chevet et à mon bien être et m'a entouré de tout son amour et son affection ma mère « **ROUBILA** ».*

*A mon père, mon idole « **Med Cherif** » je tien à lui rendre hommage pour la pertinence de ses conseils prodigués, qui ont permis que j'en sois là aujourd'hui ...*

Je les remercie pour leur confiance, leur tendresse, leur amour qui me porte et me guide tous les jours.

*A ma sœur « **RAHIL** », mon frère « **HATEM** », merci pour votre soutien et vos encouragements, sans lesquels je n'aurai pas eu sans doute la force de terminer ma thèse.*

Je dédie ce travail aussi :

*À mon partenaire « **SOFIA** » et « **KHAOULA** » et à la relation qui nous a réunis tout au long de cette période et à l'effort conjoint qui a finalement conduit à la fin de ce travail.*

Ainsi je remercie tous ceux qui m'ont soutenu par un mot, et tous qui m'ont donné la force de continu

RIHAM

Table des matières

Liste des figures	I
Liste des tableaux	II
Liste des abréviations	III
Introduction	01

Chapitre I : Etude bibliographique de phytoplancton

1. Définition	03
2. Ecologie de phytoplancton.....	04
3. Structure du phytoplancton.....	05
4. Organisation de phytoplancton	06
5. Classification des organismes phytoplanctonique	10
6. Impacts des facteurs naturels sur la dynamique planctonique	11
6.1. Les facteurs physico-chimiques	11
6.1.1. Température	11
6.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	12
6.1.3. La salinité	13
6.1.4. La conductivité électrique	13
6.1.5. L`oxygène dessous	14
6.2. Concentration des nutriments	15
6.2.1. Les macronutriments (macroéléments)	15
6.2.2. Les micronutriments	16
7. Le rôle et l'importance de phytoplancton	17

Chapitre II : Description de site d`étude

1. Parc national d'El-kala (PNEK)	18
2. Lac Tonga	18
3. Caractéristiques du lac Tonga	20

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Présentation des stations des prélèvements	26
1.1. Le choix des stations de prélèvement	26
2. Méthodes du travail	27
2.1. Prélèvement des échantillons	27
2.2. La fixation	27
2.3. L'enregistrement et l'étiquetage des échantillons	28
3. Les analyses physicochimiques phytoplanctoniques	28
3.1. Les méthodes d'analyse et les instruments utilisés	28
3.2. Les matériels utilisés pour l'étude	28
3.3. Les analyses physicochimiques in situ	29
4. Les analyses phytoplanctonique	30
4.1. La méthode expérimentale	30
4.2. L'analyse qualitative	31

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Les résultats des analyses physicochimiques et leurs interprétations	32
1.1. La température	32
1.2. Le potentiel hydrogène (pH)	32
1.3. La salinité	33
1.4. Conductivité électrique (CE)	34

1.5. L'oxygène dissous	35
2. Les résultats des analyses phytoplanctoniques	36
2.1. L'identification des taxons	36
2.2. Comparaison et l'interprétation entre la communauté phytoplanctonique de S1 et S2.....	43

Conclusion

Résumé

Abstract

المخلص

Références Bibliographiques

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Mosaïque des traits morphologiques du phytoplancton .	04
02	Arbre phylogénétique de population phytoplanctonique.	07
03	Localisation du site de Park nationale d'El-kala.	18
04	Localisation du site de Lac du Tonga.	19
05	Localisation des stations de prélèvements.	26
06	Représentation de la méthode de la fixation avec Lugol.	27
07	Représentation du le matériel utilisé pour l'analyse des échantillons au laboratoire.	29
08	L'utilisation de multi paramètre sur terrain (WTW Multi 350i).	30
09	Les étapes de la méthode expérimentale dans laboratoire.	31
10	Les variations de la température des eaux du Lac.	32
11	Les variations du pH de l'eau du lac Tonga.	33
12	Les variations de la salinité des eaux du Lac.	34
13	Les variations de la Conductivité électrique de l'eau du lac Tonga.	34
14	Les variations de l'oxygène dissous de l'eau du lac Tonga.	35
15	Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S1.	39
16	Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S2.	43

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Classification simplifiée des organismes phytoplanctoniques.	10
02	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température.	12
03	Les variations du pH de l'eau.	12
04	La classification des eaux selon la salinité.	13
05	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.	14
06	Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température.	15
07	Types de plantes aquatiques et de fleurs qui caractérisent le Lac Tonga.	22
08	Les différents animaux présents dans l'aire géographique du Lac.	23
09	Présentation des sites et période des prélèvements.	24
10	Le matériel utilisé pour les analyses sur terrain et au laboratoire.	28
11	Aspect microscopique du phytoplanctoniques du lac Tonga au mois de Décembre 2023 (observation x100).	36
12	Aspect microscopique du phytoplanctoniques du lac Tonga au mois de Février 2023, (S2) (observation x100).	39

Liste des abréviations

µs : micro- semence.

Ms : milli- semence.

ADN : L'acide désoxyribonucléique.

ANPK : agence nationale des parcs d'El Kala.

ATP : Adénosine-Triphosphate.

CE : Conductivité Electrique.

CO₂ : dioxyde de carbone.

FAO : L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

H₂O : L'eau.

HCO⁻³ : Les ions bicarbonates.

Kg : kilo gramme.

M.AB : Man and the Biosphere.

NaHCO₃ : bicarbonate de soude.

NH₃ : L'ammoniac.

NH⁴⁺ : L'ion ammonium.

O₂ : dioxygène.

OMS : L'Organisation mondiale de la santé.

PH : potentiel hydrogène.

PNEK : Parc National d'El-Kala.

PNUE : Le Programme des Nations unies pour l'environnement.

S1/S2 : Station1/ Station2.

UNESCO : L'Organisation des Nations unies pour l'éducation

Introduction

L'eau ou oxyde dihydrogène est définie comme étant un liquide incolore. Dans sa phase gazeuse l'eau se compose des molécules libres H₂O dont l'angle H-O-H est de 105° (Martin et Hine, 2008).

Les eaux continentales comprennent toutes les Eaux situées en deçà de la limite du continent qu'il s'agisse de fleuves, rivières, ruisseaux, zones d'inondation, lacs, mares, lagunes, réserves d'eau naturelles ou artificielles et que ces eaux soient douces, saumâtres ou salses. (FAO, 1963). Les eaux continentales sont à la fois le support de milieux naturels variés, porteurs d'une riche biodiversité, une ressource indispensable au fonctionnement des sociétés humaines et un enjeu politique et géopolitique, tant pour la mobilisation, le traitement et la distribution de l'eau entre les différents utilisateurs. (Blanchon, 2018).

L'Algérie est occupée des superficies plus ou moins importantes concentrées surtout à l'Est du pays. Ce complexe humide est surtout composé de lacs, de marais, de chotts, de sebkhas et de Gueltas, qui ils font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle (Boukli, 2012).

Le complexe des zones humides d'El Kala est situé à l'extrême Est algérien. Il constitue l'une des régions les plus humides de l'Algérie où il est aussi l'un des principaux réservoirs de la biodiversité du bassin méditerranéen qui fût classé réserve de la Biosphère en Novembre 1990 par le programme M. A. B (Man and the Biosphere) de l'UNESCO. C'est d'ailleurs, quelques-uns des lacs et marécages d'El Kala qui ont permis à l'Algérie d'adhérer à la Convention de Ramsar, en 1982, en inscrivant les deux premiers sites Lacs Tonga et Oubeira, sur la liste des zones humides d'importance internationale (Kerfaf et al., 2020).

L'un des composants de la qualité de l'eau est le phytoplancton, qui est un excellent indicateur de la qualité biologique utilisée pour évaluer la situation environnementale des différents écosystèmes aquatiques, principalement les eaux côtières, par la quantification des communautés de phytoplancton, qui sont généralement à la base des réseaux trophiques

Fondamentalement, le phytoplancton représente le premier maillon de la chaîne alimentaire aquatique, mais, il est également considéré comme le « poumon » de notre planète, car sont capable de synthétiser de la matière organique (sucres) réutilisable par d'autres organismes [1].

Alors, Les études au niveau du Lac Tonga sont réalisées beaucoup plus sur les Phytoplanctons. Cette étude résume les données phytoplanctoniques recueillies sur deux sites dans la zone humide du lac Tonga au niveau du Parc National d'El Kala.

Pour ce faire, trois grandes parties sont développées et structurées de la manière suivante :

- Dans le premier chapitre ‘‘ Etude bibliographique de phytoplancton’’, nous parlerons du phytoplancton (écologie, structure, organisation, leur rôle ...etc.) ainsi que, des différents paramètres qui peuvent avoir une influence sur ce dernier.

- Le deuxième chapitre ‘‘Matériel et Méthodes’’, nous exprimons la description générale du site d'étude (zone d'étude, décrit les caractéristiques hydrologique) et les méthodes et les protocoles d'analyses respectées pour réaliser ce travail (échantillonnage, l'analyse des échantillons.....).et les indices phytoplanctoniques.

- Le troisième chapitre ‘‘Résultats et Discussion’’ (étude qualitative).

- Enfin une’’ conclusion générale’’ clôture ce travail.

Chapitre I :
Etude bibliographique de
phytoplancton

1. Définition

Le phytoplancton (du grec phyton ou plante et planktos ou errant) est constitué par l'ensemble du plancton végétal (**Rolland, 2009**).

Le phytoplancton, ou phytoplancton, sont toutes des algues microscopiques unicellulaires (microalgues). Bien qu'elles soient unicellulaires, les microalgues ont une grande variété de tailles, de couleurs et de formes qui peuvent être assez complexes. Le phytoplancton comprend des milliers d'espèces réparties en plusieurs groupes : algues bleues ou cyanobactéries, diatomées, coques, chrysanthèmes et chlorophycées, dinoflagellés.

Les microalgues sont des organismes qui produisent leur matière à partir de dioxyde de carbone (CO₂) et de composés minéraux (azote, phosphate, potassium, fer, silice, etc.) dissous dans l'eau. Grâce au processus de photosynthèse, le phytoplancton produit une grande quantité d'oxygène nécessaire à la vie dans l'eau. Pour cela, ils utilisent l'énergie de la lumière, qu'ils captent grâce à la chlorophylle contenue dans leurs cellules (**Mollo et Noury, 2013**).

La diversité morphologique des phytoplanctons qu'il s'agit de cellules solitaires ou regroupés en colonies ou en filaments représente une forme d'adaptation à la mobilité, en effet ces organismes se déplacent soit par le mouvement des courants aquatiques (flottaison) ou bien par des structures motiles tel que les flagellés ou les ciliés (mouvement verticales restreint). Certaines espèces peuvent aussi se déplacer dans la colonne d'eau grâce à des glissements, à des mouvements hélicoïdaux ou à la présence de vésicules à gaz. Ces éléments leur permettent d'aller se positionner au niveau de leur optimum lumineux dans la zone euphotique ou de descendre dans les couches inférieures cherchées les nutriments de par leurs capacités de stockage importantes.

Le phytoplancton est le bio-indicateur de la dégradation de la qualité des eaux continentales par diverses pollutions d'origine anthropiques. En outre, la prolifération de phytoplancton à un impact direct sur la dynamique et la structure des populations et des communautés au niveau des écosystèmes aquatiques. Certaines espèces de cyanobactéries sont susceptibles de synthétiser des exotoxines à l'origine d'intoxications importantes (**Cadier, 2016**).

La phototrophe est la principale source d'énergie de ces organismes. De plus, certains phytoplanctons sont dits mixtes, combinant des schémas alimentaires autotrophes et

hétérotrophes, par exemple, les Chrysophytia ont la capacité de dériver leur énergie par phagocytose des bactéries (**Figure 01**) (**Kafi, 2017**).

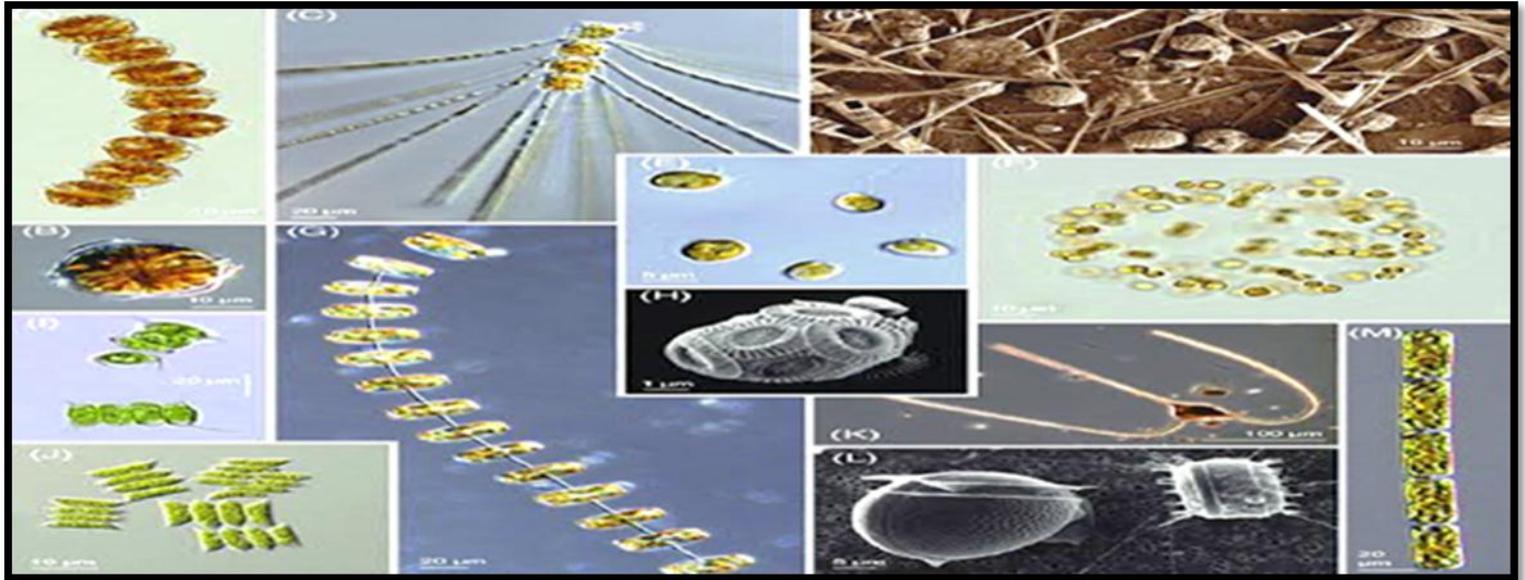


Figure 01 : Mosaïque des traits morphologiques du phytoplancton [2].

(A) Chaîne unidimensionnelle du dinoflagellé *Alexandrium catenella*. (B) Cellule solitaire du dinoflagellé *Alexandrium catenella*. (C) Chaîne unidimensionnelle de la diatomée *Chaetoceros convolute* avec des épines creuses contenant des chloroplastes. (D) Image au microscope électronique à balayage (SEM) d'un assemblage naturel de phytoplancton de la mer du Nord (Bergen, Norvège), y compris *Skeletonema sp.* *Pseudo-nitzschia sp.* Et divers *coccolithophoridés*. (E) Cellules solitaires mobiles du prymnésiophyte *Phaeocystis globosa*. (F) Structure coloniale tridimensionnelle non mobile du prymnésiophyte *Phaeocystis globosa*. (G) Chaîne unidimensionnelle de la diatomée *Thalassiosira rotula*. (H) Image SEM de la coccolithophore cosmopolite *Emiliana huxleyi*, dont les plaques de paroi cellulaire (liths) sont faites de carbonate de calcium. (I) Cellules solitaires épineuses (en haut) et une chaîne unidimensionnelle (en bas) de l'algue verte *Scenedesmus quadricauda*. (J) Chaînes unidimensionnelles (quatre cellules) et plaque bidimensionnelle (huit cellules) de l'algue verte *Scenedesmus obliquus*. (K) Une grande cellule du dinoflagellé *Ceratium trichoceros*. (L) Image SEM du dinoflagellé *Phalacroma sp.* (M) chaîne unidimensionnelle de la diatomée *Dactyliosolen*.

2. Ecologie de phytoplancton

Avec leur diversité et leurs exigences environnementales très diverses, les algues sont susceptibles d'habiter les milieux les plus divers de la biosphère, tant marins que continentaux. Compte tenu de la diversité des biotopes et des modes de vie des algues, il faut considérer respectivement l'écologie des algues marines et celle des algues continentales (algues d'eau douce, algues aériennes, etc.)

Les organismes les plus importants sont les petites plantes ou animaux flottants unicellulaires qui composent le plancton. D'autres végétaux microscopiques ou de petite taille vivent attachés à des organismes plus gros, notamment des algues : on les appelle périphyton.

Il existe des algues benthiques et des algues planctoniques dans l'eau douce. Ce qui a été dit sur les facteurs environnementaux du milieu marin s'applique aux milieux d'eau douce. Contrairement à l'eau de mer, où la proportion relative des différents sels dissous est très constante et où seule leur concentration totale varie, l'eau douce, très faiblement minéralisée, présente de grandes différences dans la nature des sels dissous.

On y trouve de nombreuses algues unicellulaires ou colonies : les diatomées (*Asterionella*). Chrysophyceae (*Synura*, *Dinobryon*), Volvocales (*Chlamydomonas*, *Eudorina*, *Volvox*), Chlorococcales et Desmidiées.

Le phytoplancton des lacs est habité, en surface, par des espèces curythermes qui supportent une élévation de température marquée en été et s'arrêtent en profondeur par la zone dite de la thermocline ou thermocline où la température de l'eau baisse très rapidement, parfois d'une dizaine de degrés, puis reste constant à Quelque peu jusqu'au fond du lac.

La diversité des espèces et l'abondance des individus de phytoplancton dans les lacs varient selon les saisons, en fonction de la température, de la lumière et de la teneur en eau de phosphate, de nitrate et de silice (**Ozenda, 2000**).

3. Structure du phytoplancton

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytologique essentiellement par la présence – eucaryotes – ou non – procaryotes - d'un noyau cellulaire (ADN confiné dans une enveloppe nucléaire) (**Rolland, 2009**). Le phytoplancton est constitué par des algues microscopiques, cellules isolées ou réunies en chaînes mesurant de quelques microns à quelques centaines de microns. Le grand rapport surface/volume des cellules augmente la surface d'absorption des substances minérales nutritives dissoutes dans l'eau pour compléter la photosynthèse. Parmi les algues unicellulaires du phytoplancton citons en première place les diatomées qui sont les plus abondantes, suivies des péridiniens (dinophycées), plus diversifiées mais moins denses, dont le rôle est également important. D'autres groupes d'algues flagellées, coccolithophoridées, silicoflagellées et cyanophycées (**Lakkis, 2018**).

Le plancton ne se limite généralement pas aux organismes micro-planctoniques mais désigne également des organismes de grande taille (de plusieurs centimètres à plusieurs mètres (genre *Chrysaora*; famille des *Salpidea*). Il est donc possible de définir plusieurs sous-ensembles du plancton selon un spectre de taille discrétisé comme suit : femtoplancton (inférieur à 0,2 μm), picoplancton (entre 0,2 et 2 μm), nanoplancton (entre 2 et 20 μm), microplancton (entre 20 et 200 μm), mésoplancton (entre 0,2 mm et 2 cm), macroplancton (de 2 à 20 cm) et mégaplancton (au-delà de 20 cm).

Les diatomées font partie du micro-phytoplancton. Elles sont généralement parmi les organismes dont la taille (diamètre $>10 \mu\text{m}$) est la plus importante des assemblages phytoplanctoniques et sont reconnues comme ayant un taux de croissance rapide et une faible affinité pour les nutriments (phosphore, fer etc.) (Cadier, 2016).

4. Organisation de phytoplancton

Le phytoplancton est un groupe diversifié de micro-organismes en termes de taille (allant du micromètre à des dizaines de millimètres), d'organisation (solitaire, coloniale et filamenteuse) et de forme (Boulefa, 2020). Il relie deux types d'organismes différents au niveau cellulaire principalement par la présence (eucaryotes) ou l'absence (procaryotes) du noyau cellulaire (l'ADN est limité à l'enveloppe nucléaire). Actuellement, le développement de la phylogénétique grâce aux avancées technologiques de la biologie moléculaire a permis de définir huit grandes classes différenciées sur la base de critères morphologiques, cytologiques, biochimiques et reproducteurs (Figure 02) (Groga, 2012).

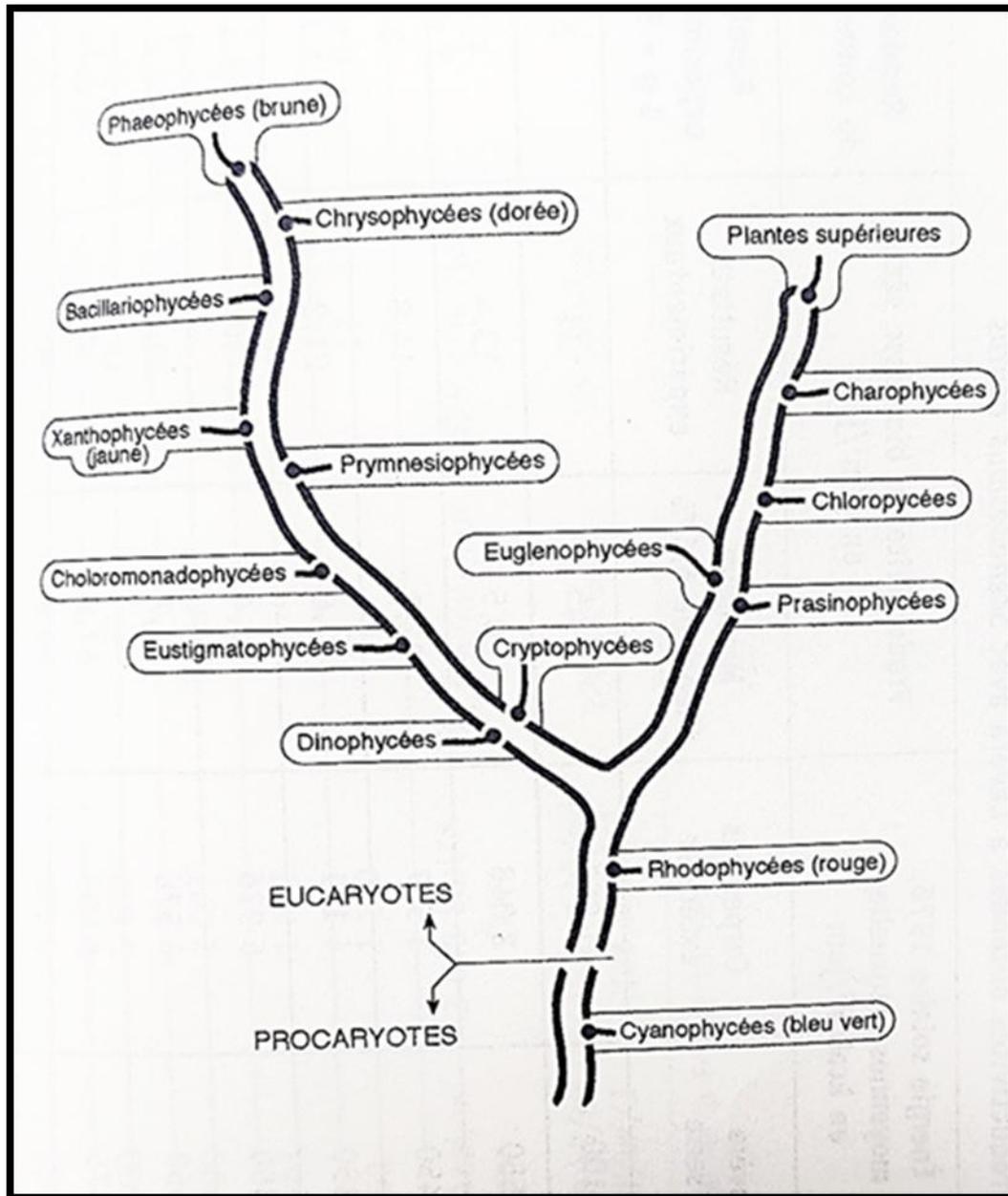


Figure 02 : Arbre phylogénétique de population phytoplanctonique (Gudin, 2013).

❖ Les cyanobactéries

Les cyanobactéries (Cyanophycées) se présentent généralement sous forme de filaments fins. Ils contiennent un pigment qui leur donne leur couleur bleue (du grec cyano, « cyan »), et ils peuvent changer la couleur des eaux où ils se reproduisent. Ces phytoplanctons sont des algues primitives nées il y a 3,5 milliards d'années lors d'une période de volcanisme excessif qui a touché toute la planète. Ensuite, la terre est recouverte d'une eau boueuse, chargée d'éléments minéraux et de métaux lourds. Dans cette soupe

primordiale, sans oxygène, de minuscules algues bleues microscopiques émergent et se développent, consommant des composés minéraux et minéraux et du dioxyde de carbone pour fabriquer leur matière végétale. Cette production aboutit à un déchet : l'oxygène. Premier organisme à réaliser la photosynthèse grâce à la chlorophylle qu'elle contient, les cyanobactéries apportaient de l'oxygène à la planète. Base de la vie dans les océans, les algues bleues sont à l'origine de la grande diversité du phytoplancton (diatomées, dinoflagellés, etc.). Seul groupe de phytoplancton résistant aux hautes températures, les cyanobactéries prouvent que la vie est partout. Ils vivent, en secret, enfouis dans la boue et réapparaissent lorsque la qualité de l'eau leur est favorable, c'est-à-dire lorsque l'environnement se dégrade (**Mollo et Noury, 2013**).

❖ Les chrysophycées

Les Chrysophycées à plastes jaunes ou bruns renfermant des chlorophylles a et c, du carotène et diverses xanthophylles, sont des organismes unicellulaires ou coloniaux, rarement filamenteux. Elles forment souvent des logettes ou kystes siliceux plus ou moins sphériques, percés d'un pore fermé par un bouchon [3]. Beaucoup des espèces appartenant à cette classe n'ont pas de paroi cellulaire mais sont juste entourées d'une membrane cytoplasmique. D'autres possèdent une surface cellulaire couverte de plaques ou d'écailles siliceuses ou calcaires (**Bouroubi et Bouzegane, 2016**).

❖ Les chlorophycées

Les Chlorophycées sont toutes des algues eucaryotes à plastes verts renfermant de la chlorophylle a et de la chlorophylle b, associées à du β -carotène et à des xanthophylles identiques à celles des plantes supérieures. Toutefois, les Chlorophycées des ordres des Codiales, Derbésciales et Caulerpales, ainsi que quelques autres espèces, renferment en outre dans leurs plastes des xanthophylles spéciales (siphonéine et siphonoxanthine). La morphologie de l'appareil plastidial est très variable selon les groupes et révèle une évolution très nette depuis les formes archéoplastidiées jusqu'aux formes néoplastidiées. Chez presque toutes les Chlorophycées, la substance de réserve fondamentale est de l'amidon vrai contenu sous forme de grains dans les plastes.

Les cellules mobiles, végétatives ou reproductrices, sont caractérisées par un appareil flagellaire formé de deux ou quatre flagelles égaux et dépourvus de mastigonèmes (disposition isocontée) [4].

❖ **Les diatomées**

(Bacillariophyceae) comprendrait plus de 100 000 espèces et on estime qu'environ 15 000 seulement ont été identifiées à ce jour. C'est l'un des groupes phytoplanctoniques les plus importants même si de nombreuses espèces sont sessiles ou attachées aux substrats côtiers. Sa principale caractéristique est la présence d'une paroi cellulaire siliceuse appelée frustule. Les diatomophycées sont des algues unicellulaires ou coloniales, parfois filamenteuses, aux plastes bruns ou jaunes contenant de la chlorophylle a et c, des carotènes et de nombreuses xanthophylles, et leur caractéristique principale est une paroi cellulaire siliceuse appelée frustule. Ils sont dépourvus de flagelles et les mouvements sont effectués par la sécrétion de mucilage (**Groga, 2012**).

❖ **Les xanthophycées**

Les Xanthophycées sont apparentées aux algues brunes, leur couleur est vert-jaune. On les trouve généralement en eau douce, où elles se déplacent grâce à deux flagelles inégaux ou en émettant des pseudopodes [5]. Il existe environ 100 genres différents de xanthophycées et environ 600 espèces d'eau douce différentes. On les trouve à l'état unicellulaire, colonie ou filamenteux, et se caractérisent par une proportion plus élevée de pigments caroténoïdes (-carotène) que les chlorophylles, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-vert. Les télephones portables ont deux drapeaux de tailles différentes. La paroi cellulaire est souvent absente et lorsqu'elle est présente contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse dans plusieurs types (**Rolland, 2009**).

❖ **Les cryptophycées**

Les cryptocytes sont une évolution unique et écologiquement importante des eucaryotes vivant dans des environnements marins, saumâtres et d'eau douce. Les cryptophytes sont principalement photosynthétiques, avec des plastides contenant de la chlorophylle a et c et les pigments phycobiline comme pigments supplémentaires (**Kim et al., 2017**). Unicellulaire, mobile en présence de deux flagelles (de même taille) et dépourvu de paroi cellulaire. En fait, l'enveloppe qui les entoure s'appelle le périplaste et se compose de deux couches distinctes, la couche externe interne (succession de plaques protéiques) et la couche externe (membrane protéique individuelle) qui entoure la membrane plasmique. Les cellules dorso-ventrales sont aplaties et ont une version antérieure qui porte deux flagelles. Les cellules contiennent une variété de pigments, dont la phycoérythrine, qui leur donne leur couleur rougeâtre distinctive. Ils se reproduisent par fission binaire (**Groga, 2012**).

❖ **Les dinoflagellés**

Les dinoflagellés sont des microalgues unicellulaires de couleur rouge orangé et de taille moyenne ou petite, allant de 3 à 50 microns. Les deux flagelles leur permettent d'effectuer des mouvements de rotation relatifs (du grec dinosaure, « toupie ») et des migrations verticales. On distingue les dinoflagellés « nus » et les dinoflagellés « blindés » avec de l'aca de cellulose (une enveloppe servant de protection). Aussi appelées dinophycées, elles appartiennent à la famille des phytoflagellés et sont apparues il y a plus de 400 millions d'années (Mollo et Noury, 2013).

❖ **Les euglénophycées**

Ces microalgues sont unicellulaires, coriaces et rarement coloniales, car les microalgues perdent leurs flagelles et se trouvent généralement dans les eaux saumâtres, douces et marines (Cantin, 2010). Le plaste contient les chlorophylles a et b, qui sont associées au β , β -carotène et à la xanthophylle. Ils ont une structure cellulaire distincte appelée granules (Barsanti et al., 2006).

Il est classé en 13 genres et plus de 2 000 espèces (Faki-Sahnoun, 2013). Beaucoup d'euglénophycées vivent dans des eaux très riches en matières organiques, donc polluée (Grenaille, 1991).

5. Classification des organismes phytoplanctonique

Les communautés phytoplanctoniques comprennent des organismes eucaryotes, c'est-à-dire dont l'ADN est contenu dans un véritable noyau, et des organismes procaryotes dont l'ADN est libre dans le cytoplasme. Le phytoplancton eucaryote représente la quasi-totalité du nano- et du microphytoplancton tandis que les procaryotes représentent l'essentiel des organismes du picoplancton. (Bernard, 2013) (Tableau 01).

Tableau 01 : Classification simplifiée des organismes phytoplanctoniques

Super-règne	Règne (Sous-règne)	Division	Classe (nom usuel)
PROKARYA (procaryotes)	Bactéries (Eubactéries)	Cyanobactéries	cyanobactéries (cyanophycées)

EUKARYA (eucaryotes)	Protoctistes (Protistes)	Dinophyta	Dinophyceae (dinoflagellés)
		Heterokontophyta	Chrysophyceae (chrysophycées)
			Bacillariophyceae = Diatomophyceae (diatomées)
			Dictyochophyceae (silicoflagellés)
		Prymnesiophyta = Haptophyta	Raphidophyceae (chloromonadines) Prymnesiophyceae=Haptophyceae (prymnésiofycées ou haptophycées)
		Cryptophyta	Cryptophyceae (cryptophycées)
Chlorophyta	Chlorophyceae (chlorophycées) Prasinophyceae (prasinophycées)		

6. Impacts des facteurs naturels sur la dynamique planctonique

6.1. Les facteurs physico-chimiques

L'efficacité de la culture de microalgues dépend de plusieurs paramètres environnementaux, physiques ou biologiques, liés aux caractéristiques intrinsèques de l'espèce et de la géométrie du système de production. Ces paramètres affectent non seulement l'activité photosynthétique et la productivité en biomasse, mais également le comportement physiologique et métabolique des phytoplanctons.

Les paramètres les plus importants sont la température, le pH, la salinité, etc. (**Tebbani et al., 2014**).

6.1.1 Température

Chaque espèce a sa température optimale de développement qui en moyenne se situe pour la plupart des espèces cultivées à ce jour entre 15 et 20°C. Ce qui implique la culture sous serre dans les régions qui ne disposent pas de cette fourchette de température (**Tableau 02**).

L'un des gros avantages de la culture tubulaire avec des faibles épaisseurs est d'utiliser la lumière du jour pour chauffer le milieu. Son inconvénient est l'excès de chaleur en été qui

implique un refroidissement par immersion dans réfrigérant ou par aspersion d'eau froide sur les tubes (**Gudin, 2013**). En plus, La température joue un rôle primordial, car elle exerce une action directe sur l'évaporation de l'eau et par conséquent sur la salinité (**Belkheir et al., 1981**).

Tableau 02 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température. (In Razkallah, 2013)

Température	Qualité	Classe
<20	Normal	1A
20°C – 22°C	Bonne	1B
22°C – 25 °C	Moyenne	2
25°C – 30 °C	Médiocre	3
>30°C	Mauvaise	4

6.1.2 Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre important dans l'étude des milieux aquatiques (**Khatabi, 2002**). Il est par définition, une mesure de l'activité des ions H⁺ contenus dans une solution aqueuse : $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$.

Il est aussi nécessaire dans les cultures plus ou moins optimisées de réguler constamment le pH qui varie en fonction de la croissance. Il est préférable de maintenir une légère acidité (voisine de pH6) pour éviter les développements bactériens intempestifs quand cela est compatible avec l'optimum de croissance. L'acide phosphorique (source complémentaire de P) est cas utilisable. La question de la régulation du pH varie aussi avec la source d'azote selon qu'on utilise des nitrates, des sels ammoniacaux ou de l'urée pour les espèces capables de l'utiliser.

Pour maintenir le pH à 7, on utilise aussi le bicarbonate de soude (NaHCO₃) qui est un bon régulateur et libère du CO₂ (**Tableau 03**) (**Gudin, 2013**).

Tableau 03 : Les variations du pH de l'eau (**Allal et al., 2021**).

pH ≤ 5	Acidité fort=présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH =7	pH neutre

$7 \leq \text{pH} \leq 8$	Neutralité approchée la majorité des eaux de surface
$5.5 \leq \text{pH} \leq 8$	Majorité des eaux souterraines
$\text{pH} > 8$	Alcalinité fort évaporation intense

6.1.3 La salinité

Elle est définie conventionnellement comme la masse en grammes de composées solides secs à poids constant à 480°C, obtenue à partir de 1Kg d'eau mer (Boudjenah ,2012). Le changement de salinité du milieu induit un stress osmotique et ionique que peut entraîner la formation de précipites, une augmentation de la teneur lipidique des algues, une concentration en caroténoïdes plus importante chez certaines espèces de *Dunaliella* De plus une augmentation de la salinité peut entraîner une inhibition de l'activité photosynthétique (Tebbani et al., 2014).

Tableau 04 : la classification des eaux selon la salinité (Allal et al., 2021).

La qualité de l'eau	la salinité
Eaux douces	Moins de 0, 5 g/l
Eaux oligohalines (légèrement saumâtres)	0, 5 à 5 g/l
Eaux mésohalines (saumâtres)	0, 5 à 18 g/l
Eaux polyhalines (très saumâtres)	18 à 30 g/l
Eaux salées	30 à 45 g/l
Eaux hyperhalines	30 à 45 g/l

6.1.4 La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (CE) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (mS/m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Villers, 2005).

La conductivité est mesurée in situ avec un multi paramètre, L'électrode à conductivité est rincée avec l'eau distillée et plongée dans l'environnement à étudier, après stabilisation de l'appareil les valeurs sont notées en fonction de la température. (Amira, 2008).

Dans un étang stagnant, il y a toujours des invisibles (flux). L'eau transporte la chaleur, l'électricité et le son, ce dernier se propageant beaucoup plus rapidement que dans l'air. Et selon le (Tableau 05), on détermine leur qualité. (Allal et al., 2021).

Tableau 05 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Allal et al., 2021).

Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Qualité des eaux	Classe
$\text{CE} < 400$	Bonne	1A
$400 < \text{CE} < 750$	Bonne	1B
$750 < \text{CE} < 1500$	Passable	2
$1500 < \text{CE} < 3000$	Médiocre	3

L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées. (Villers, 2005).

6.1.5 L'oxygène dissous

La plupart des organismes vivants, que ce soit sur terre ou dans l'eau ont besoin d'oxygène nécessaire à la survie.

L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau (Tableau 06).

La concentration en oxygène dissous peut être exprimée en mg d'O₂ par litre ou en % de saturation en oxygène. Comme l'illustre le tableau ci-dessous, la relation entre ces 2 valeurs est fonction de la température. (Villers, 2005).

Tableau 06 : Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température (Villers, 2005)

Température (C°)	Solubilité (mg O ₂ /l)
0	14,16
5	12,37
10	10,92
15	9,76
20	8,84
25	8,11

6.2. Concentration des nutriments

Les communautés phytoplanctoniques sont directement influencées par la quantité de nutriments disponibles dans le milieu (Thingstad et al., 1998). Ces nutriments divisent en deux groupes les macronutriments et les micronutriments.

6.2.1. Les macronutriments (macroéléments)

Les macronutriments comme le phosphore (P), l'azote (N), le carbone (C), le soufre(S), le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg), sont assimilés en quantités importantes par les microalgues. Nous détaillerons dans cette partie les éléments carbonés, nitrogène et phosphore et leurs formes d'assimilation par les microalgues.

❖ Le carbone

Les microalgues peuvent assimiler le carbone inorganique par la photosynthèse. (Carmouze et al., 1994). L'énergie solaire est utilisée pour assimiler le CO₂ et le transformer en sucre selon la réaction suivante :



Durant la photosynthèse, la consommation du CO₂ entraîne une augmentation progressive du pH, alors qu'en présence de concentration importante de CO₂ dissous, le pH chute entraînant une consommation moindre de CO₂ par suite de la réduction de l'activité de

l'enzyme Rubisco responsable de la fixation de CO₂. L'espèce algue peut avoir une préférence vis-à-vis de l'une des formes du carbone (CO₂ ou HCO₃⁻) selon le mécanisme biologique de concentration du CO₂ (**Tebbani, 2014**).

❖ L'azote

L'azote constitue un élément nutritif essentiel pour la croissance algale. La teneur en azote des microalgues se situe aux alentours de 7% de la matière sèche algale. La source d'azote pour culture peut être organique (urée) ou inorganique (se retrouve sous deux formes l'ion ammonium (NH₄⁺) et la forme non dissociée communément appelée ammoniac (NH₃). L'azote est impliqué dans les principales voies métaboliques des microalgues. Ainsi, une augmentation de la concentration d'azote, jusqu'à une certaine valeur limite, entraîne une productivité cellulaire et protéique plus importante et une synthèse plus significative de chlorophylle. La carence de cet élément induit une accumulation importante de réserve lipidique (acide gras polyinsaturés) et une limitation de l'activité photosynthétique et cellulaire (**Tebbani, 2014**). Dans les eaux naturelles la détection d'ammoniac en grandes quantités est un critère de pollution (**Boudjenah, 2012**).

❖ Le phosphore

Le phosphore est un élément constitutif nécessaire à la matière vivante. Il rentre en particulier dans la composition de l'ATP, des acides nucléiques et des lipides phosphorés, donc le phytoplancton devra trouver une source de phosphate dans son milieu, de ce fait, sa croissance est proportionnelle à la quantité de phosphate. Le phytoplancton utilise le phosphate sous la forme d'ortho-phosphates ; quelques-uns peuvent assimiler le phosphore organique. Le phosphore est l'élément clé qui régule la biomasse algale, de faibles attentions sont données à l'azote, car il est souvent facilement contrôlé (**Kerfaf et al., 2020**).

6.2.2. Les micronutriments

Plusieurs microéléments organique et inorganique sont nécessaires à la croissance des microalgues, tels le soufre, le fer, le magnésium, le potassium, le sodium ; il en va de même d'oligoéléments tels le cuivre, le manganèse, le zinc, le cobalt, le molybdène, etc.

Une carence en l'un de ces microéléments peut induire une diminution de la croissance algale. En effet, une carence en soufre induit une inhibition de la synthèse protéique et de l'activité photosynthétique des microalgues. Une carence en fer entraîne des changements métaboliques cellulaires à travers une diminution de la densité et de la taille cellulaire et une

inhibition de la synthèse protéique et lipidique. Cet élément intervient également comme catalyseur lors de la synthèse de la chlorophylle. **(Tebbani, 2014).**

7. Le rôle et l'importance de phytoplancton

Parmi les êtres vivants sur notre planète, un grand nombre passe totalement inaperçu : c'est le cas des micro algues, encore appelées phytoplancton. Elles sont intégrées au monde végétal aquatique du fait de leur parenté avec les grandes algues, leur originalité étant due à une constitution unicellulaire. En effet, chaque individu est formé d'une seule cellule dans laquelle sont réunies toutes les fonctions : respiration et photosynthèse, assimilation, reproduction. Environ 6000 espèces de micro algues sont identifiées dans le milieu marin, et plus de 14 000 en eau douce.

Si la taille réduite des micro algues ne permet leur observation qu'au microscope, leur présence en grand nombre est parfois détectable par la couleur de l'eau : verte, brune, rouge. En effet, chaque cellule contient des pigments dont la fonction est d'assurer la photosynthèse, laquelle fournit de 60 à 80% de l'oxygène atmosphérique. Le phytoplancton est également une source de produits intéressants pour notre santé : protéines, vitamines minérales qui s'y trouvent concentrés.

A l'instar des végétaux terrestres, les micro algues sont sensibles à leur environnement et évoluent selon un rythme saisonnier, avec un maximum de divisions cellulaires au printemps et en fin d'été. La qualité chimique de l'eau est l'un des facteurs déterminants pour le développement des populations phytoplanctoniques. Le phytoplancton constitue la base de l'alimentation chez les herbivores aquatiques, et c'est pourquoi la biodiversité des populations phytoplanctoniques est un facteur important. Le rythme de développement des populations micro algales conditionne ainsi le rythme de vie de leurs consommateurs (consommateurs primaires) et ceux-ci régulent à leur tour celui des carnivores qui les consomment (consommateurs secondaires).

Le phytoplancton, représente un compartiment remarquable par le rôle qu'il joue non seulement dans le milieu aquatique, mais aussi dans tous les domaines de notre vie : qualité d'environnement (oxygène), alimentation (poissons et fruits de mer), bien-être (santé, beauté), ressource industrielle **(Mollo et Noury, 2013).**

Chapitre II :

Description de site d'étude

1. Parc national d'El-kala (PNEK)

Dans la partie extrême du nord est d'Algérie, le Parc National d'El Kala (P.N.E.K.) s'étend sur une superficie de 80 000 Ha soit 26% de la surface de la wilaya d'El-Tarf. Ses écosystèmes très variés le classent parmi les sites protégés mondialement, avec des espèces endémiques dont quelques-unes sont en voie de disparition. Hautement boisé (69% de sa superficie), il s'étend sur une bande côtière de 50 km, longe la frontière tunisienne sur 98 km. Les limites du parc englobent 8 communes dont 6 sont entièrement situées à l'intérieur de cet espace naturel. 113 000 habitants représentent une pression humaine sur les espaces faunistiques et floristiques avec urbanisation de plus en plus élevée (Figure 03) (Hamouda et al., 2012).

Figure 03 : Localisation du site de Park nationale d'El-kala (Google Earth, 2023).



Le Parc National d'El-Kala présente un ensemble lacustre unique en Algérie et en Afrique du Nord. Ces lacs sont représentés par : le Lac Tonga et Lac Obéira (classés comme zones d'importance internationale [7]).

2. Lac Tonga

Les lacs, ces êtres sybarites prêts à plonger dans la moindre dépression, se targuent, sous leur couverture ornée, de ne rien révéler de leurs profondeurs. Scientifiquement, le lac répond à une définition exacte. C'est une masse d'eau continentale (séparée de la mer, dominée par son propre bassin d'alimentation et développant son propre caractère), dont la profondeur, la superficie ou le volume est suffisant pour provoquer un nivellement, une subdivision ou une

régionalisation). Dans ces conditions la forme du récipient rempli d'eau, qui dépend de sa provenance, est primordiale (Touchart, 2000).

Le lac Tonga est situé à 36° 49' N-8° 32' E à l'extrême nord-est du Parc National d'El Kala (wilaya d'El Tarf) et de l'Algérie. Il est à l'Est de la ville d'El Kala, à 70 Km à l'est de la ville d'Annaba et à 3 km à vol d'oiseau de la mer. Au nord, le Tonga est bordé par des dunes littorales le séparant de la mer. Et au sud C'est un lac de type palustre d'eau douce en communication avec la mer Méditerranée par un canal artificiel, le Canal Messida. (Figure 04). Il se caractérise par une importante couverture végétale en mosaïque composée d'hélophytes (scirpes, phragmites et typhas). Site d'hivernage pour plus de 25.000 anatidés et foulques, c'est également un site de nidification important pour plusieurs espèces, dont certaines sont très rares ou en recul dans leurs habitats, comme l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) la poule Sultane (*Porphyrio*), la guifette moustac (*Chlidonias hybridus*), etc. Ses 2 bassins occupent une superficie de 15 km² chacun. Mais le bassin versant nord ne semble plus alimenter le site depuis les tentatives d'assèchement entrepris durant la période coloniale [8].



Figure 04 : Localisation du site de Lac du Tonga (Google Earth, 2023).

3. Caractéristiques du lac Tonga

❖ Géologie

L'origine du lac date quaternaire, les mouvements tectoniques ont permis le creusement de la cuvette du Tonga. Au fond du lac ont découvertes argiles de Numidie qui assurent l'imperméabilité de cette dépression laguno-marine qui s'est transformée en lac d'eau douce par l'envasement du fond à la suite de dépôts importants de limons arraches aux collines. Le bassin versant du Tonga est constitué de d diverses formations géologiques.

- ✓ Sols de marécages : formes de limons de bas-fonds.
- ✓ Alluvions limoneuses : formes de sable et limons récents.
- ✓ Formations du pontien : formes de marnes argilo-schisteuses.
- ✓ Des argiles, grès et calcaires noirs de l'Eocène moyen qui constituent les contreforts entourant le lac [9].

❖ Pédologie

- Sols des marais : partie centrale du lac.
- Sols tourbeux : aulnaie de la rive nord du Tonga.
- Dépôts alluvionnaires Oued El Hout et El Eulg et autour du lac.
- Sols des prairies marécageuses qui s'assèchent en été [9].

❖ Hydrologie

Lac Tonga est L'alimente d'une part par les affluents (petits ravins ; Secs en été tout au long de la rive Ouest et Sud d'autre part à l'Est par des Oueds, et de 02 sous bassins versants celui d'Oued El Hout au Sud, et d'Oued El-Eurg au Nord ; l'exutoire du Tonga est l'Oued Messida [9].

❖ Valeurs hydrologiques

Lac Tonga joue un rôle important dans :

- La maitrise des crues en période hivernale.
- Captage des sédiments et des matières arrachées par les crues en amont et charries et charries vers le lac.
- Stabilisation des dunes littorales [9].

a. Caractéristiques climatiques

Les principales caractéristiques du climat de la zone d'étude sont similaires à celles de la mer Méditerranée. Chaleur estivale, ensoleillement bien réparti tout au long de l'année, précipitations et vents très variables. La pluie tombe irrégulièrement entre les saisons et les années. Avec un climat méditerranéen et une température moyenne annuelle de 18,9 °C, la région connaît une longue saison sèche qui dure quatre mois de fin Avril à début Septembre. Janvier est le mois le plus froid avec une température minimale moyenne de 9 °C et Août est le plus chaud avec une température maximale moyenne de 28,8 °C. Les précipitations annuelles moyennes sont de 706 mm, avec les précipitations les plus élevées en automne et en hiver et les plus faibles en été. Les précipitations maximales ont été de 120,4 mm en décembre et les minimales de 1,75 mm en juillet. La station de Citadelle est dans un étage bioclimatique semi-humide avec des hivers doux et un étage humide. ((Kerfaf et al., 2020).

➤ **Température**

Selon Seltzer (1946) l'année est divisée en un semestre froid et en un semestre chaud. Concernant la région d'El Kala, Les mois les plus froids sont Janvier et février alors que Juillet et Août constituent les mois les plus chauds (Athamnia, 2015).

➤ **L'humidité**

L'abondance locale dans les océans, de nombreuses masses d'eau et les écosystèmes forestiers (montagnes) contribue à des mesures d'humidité élevées tout au long de l'année, favorisant un maintien de la végétation mis à l'épreuve par des carences critiques. Selon la station météorologique EL-Kala, la quantité d'eau pendant la saison sèche était la plus élevée au début de l'hiver (Décembre) et au début de l'été (Mai). (Chettibi, 2014).

➤ **Les vents**

Les vents sont caractérisés par des régimes Nord-Ouest pendant la saison froide. Pendant la saison chaude la vitesse des vents s'affaiblit, le sirocco souffle principalement en été, assèche l'atmosphère et favorise avec les températures élevées les incendies de forêt. La vitesse maximale des vents est enregistrée durant les mois d'hiver : Décembre, Janvier et Février (station météorologique d'EL-Kala) (Chettibi, 2014).

b. Caractéristiques écologiques

Pour l'avifaune aquatique le lac Tonga est :

- Une zone d'hivernage pour une dizaine de milliers d'oiseaux

- Une zone de nidification de plusieurs espèces (Ardéidés, Anatidés, Rallidés et même des rapaces).
- Une zone de mue pour certaines espèces nicheuses.

Ces trois fonctions sont assurées par la grande diversité du lac Tonga.

- Grandes surfaces d'eau libres.
- Grandes plages de nénuphars.
- hots de scirpes de phragmites et typha.
- Forets flottantes de saule [9].

➤ **Flore remarquable**

Le Tonga présente une végétation diversifiée ou dominant les formations émergentes.

Il y existe 14 groupements dont 10 associations, 81 espèces dont 32 très rares [9], Se compose principalement par des ilots *Thyphaangustifolia*, *Irispseudoacorus*, *Scripuslacustris*, *Scripusmaritimus*, *Phragmites australis*, *Salix* pédicellé, *Sparganium electricum*. Au printemps on verra Émergence et floraison de plantes aquatiques très envahissantes dans les espaces aquatiques libre *nymphaca alba* (Tableau 07) (Gacem, 2015).

Tableau 07 : Types de plantes aquatiques et de fleurs qui caractérisent le Lac Tonga.
(Kerfaf et al., 2020).

		
<i>Scirpus lacustris</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Typha angustifolia</i>

		
<i>Iris pseudoacorus</i>	<i>Sparganium erectum</i>	<i>Nymphaea alba</i>
		
<i>Scripus maritimus</i>	<i>Salix pedicellata</i>	

➤ **Faune remarquable**

• **Les mammifères**

Loutre (rare menacée), mangouste, chat sauvage et cerf de Barbarie (rares menaces) fréquentent le lac (Tableau 08) [9].

Tableau 08 : Les différents animaux présents dans l'aire géographique du Lac (Kerfaf et al., 2020).

		
<i>L'hyène rayée</i>	<i>Le chacal doré</i>	<i>La mangouste</i>

	
<p><i>Le renard roux</i></p>	<p><i>Atlantoxerus getulus</i></p>
	
<p>La loutre</p>	<p>Le cerf de barbarie</p>

- **Les oiseaux d'eau**

En hiver le Tonga abrite habituellement une dizaine de milliers de canards et foulques.

- Site de nidification de l'Erismature à tête blanche, fuligule Nyroca, poule sultane, grèbe huppé, grèbe castagneur, foulques, une colonie de guifette moustac etc. . . .
- On y rencontre souvent des ibis falcinelle des flamants roses, la grande aigrette, le bihoreau, le butor étoile les spatules blanches et plusieurs espèces de limicoles
- Site d'estivation pour la sercelle marbrée (**Tableau 09**) [9].

Tableau 09 : Espèces d'oiseaux migrateurs et en voie de disparition nichant en milieu aqueux.
(Kerfaf et al., 2020).

			
<p><i>Aigrette garzette</i></p>	<p>Le Busard des roseaux</p>	<p>la Poule d'eau</p>	<p>le Râle d'eau</p>

			
Le Grèbe huppé	les Grèbes castagneux	l'Erismature à tête blanche <i>Oxyura</i> <i>leucocephala</i>	Le Fuligule nyroca <i>Aythya nyroca</i>
			
la Talève sultane <i>Porphyrio</i> <i>Porphyrio</i>	Butor étoilé <i>Botaurus stellaris</i>	la Guifette moustac <i>Chlidonias</i> <i>Hybridus</i>	l'Ibis falcinelle <i>Plegadis falcinellus</i>
			
la Sarcelle marbrée <i>Marmaronetta</i> <i>Angustirostris</i>	la Sarcelle d'été <i>Anas querquedula</i>	le Fuligule Milouin <i>Aythya ferrina</i>	<i>Héron crabier</i>

c. Valeurs sociales et culturelles

- Exploitation de l'anguille.
- Présence de site_ archéologique.
- Préhistoriques (dolmens).
- Vestige d'un port datant de l'époque Phénicienne [9].

Chapitre III :

Matériel et méthodes

1. Présentation des stations des prélèvements

1.1. Le choix des stations des prélèvements

Le choix d'une période d'échantillonnage est la première étape de l'analyse Communautés phytoplanctoniques. Choisir une station d'échantillonnage est un choix Basé sur l'accès à la station

Dans le but d'évaluer la qualité de l'eau et de contribuer à l'évaluation de la qualité du phytoplancton dans le lac Tonga, nous avons choisi 02 sites de prélèvement. Les prélèvements ont été réalisés sur une période de deux mois (Décembre 2022, Février 2023). Le taux d'échantillonnage est d'un échantillon par saison (**Tableau 09**) (**Figure 05**).

Tableau 09 : Présentation des sites et période des prélèvement.

Points de prélèvement	Date de prélèvement	Heure de prélèvement
Station 1	Décembre 2022	11 h
Station 2	Février 2023	14 h



Figure 05 : Localisation des stations des prélèvements (Google maps, 2023).

2. Méthodes de travail

2.1. Prélèvement des échantillons

Nous avons effectué des prélèvements sur place mensuellement pendant deux mois de décembre 2022 à février 2023. Les techniques d'échantillonnage varient selon l'objectif et la nature de l'eau analysée.

À chaque excursion, nous avons placé de l'eau dans une bouteille en plastique de 1,5 L et avons utilisé les échantillons pour évaluer la diversité du phytoplancton en prenant soin de ne pas remplir la bouteille à ras bord pour permettre une bonne homogénéisation de l'échantillon avant le sous-échantillonnage pour le comptage en laboratoire.

2.2. La fixation

Nous avons fixé les échantillons de phytoplancton à l'aide d'une solution commerciale ou alcaline Lugol préparée pour obtenir une concentration finale de 1% dans l'échantillon (**Figure 06**). Cette concentration finale peut être appréciée par la couleur marron clair que doit avoir l'échantillon. Une décoloration peut se produire avec le temps et/ou les changements de lumière. Puis nous avons conservé ces échantillons au frais et à l'obscurité entre 1 et 4°C.



Figure 06 : Représentation de la méthode de la fixation avec Lugol (Bouleghiout *et al.*, 2023).

2.3. L'enregistrement et l'étiquetage des échantillons

- **Le transport et la conservation des échantillons**

Nous avons conservé cet échantillon dans une glacière sombre et fraîche pendant le transport. Pour l'observation sur microscope au laboratoire 09 de microbiologie du département d'écologie université 08 mai 1945 Guelma.

3. Les analyses physicochimiques phytoplanctonique

3.1. Les méthodes d'analyse et les instruments utilisés

Avant de prélever l'échantillon, nous avons apposé des étiquettes de bonne qualité et non détachables doivent être apposés sur la bouteille en plastique, et le nom du Lac, le numéro et le nom de la station, ainsi la raison de l'analyse et la date, et nous avons ajouté toutes les notes importantes qui aident à analyser les résultats, telles que la présence d'excréments ou d'activités humaines à Proximité du site. Notre recherche s'est basée sur:

- La mesure des paramètres physico- chimiques (Température, pH, O₂, la salinité et la conductivité électrique) au niveau des deux sites de prélèvement.
- L'identification des différentes espèces algales au niveau des deux sites.
- La détermination de la dynamique des espèces phytoplanctoniques.

Sachant qu'un seul type d'analyse est réalisée au laboratoire : une analyse qualitative (identifications des phytoplanctons).

3.2. Les matériels utilisés pour l'étude

Matériel biologique : Il s'agissait d'échantillons d'eau contenant des souches d'algues qui sont prélevés au niveau des deux stations d'échantillonnage dans lac Tonga. Le matériel utilisé pour les analyses sur terrain et au laboratoire (**Tableau 10**) (**Figure 07**).

Tableau 10 : Le matériel utilisé pour les analyses sur terrain et au laboratoire.

Pour les analyses de terrain	Pour les analyses de laboratoire
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Multiparamètres (Multiparamètre water quality monitoring system-WTW. Multi 350i). ✓ L'eau distillée. ✓ Deux bouteilles en plastiques de 1,5L. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Microscope optique. ✓ Des tubes secs. ✓ Les lames en verre. ✓ Lamelles en verre. ✓ Micropipette. ✓ Lugol.

✓ Des étiquettes et un stylo indélébile.	✓ Eprouvette graduée. ✓ Portoire. ✓ Vernie transparent. ✓ Huile de cèdre. ✓ Un (flacon) compte-goutte.
--	--



Figure 07 : Représentation du le matériel utilisé pour l'analyse des échantillons au laboratoire.

3.3. Les analyses physicochimiques in situ

Les mesures in situ sont des analyses réalisées sur terrain en plongeant directement les sondes de multi paramètre (WTW. Multi 350i) utilisé dans l'eau qui sont : (T°, pH, taux d'oxygène dissous, salinité et la conductivité électrique (CE) (**Figure 08**).



Figure 08 : L'utilisation de multi paramètre sur terrain (WTW Multi 350i)
(Chemmakh et *al.*, 2023).

4. Les analyses phytoplanctonique

4.1. La méthode expérimentale

Au laboratoire de microbiologie du département de l'écologie université 08 mai 1945 Guelma. On a préparé le laboratoire et on assure que le lieu de travail est nettoyé, puis ont préparé les échantillons sur lesquels on travaillera plus tard (**Figure 09**).

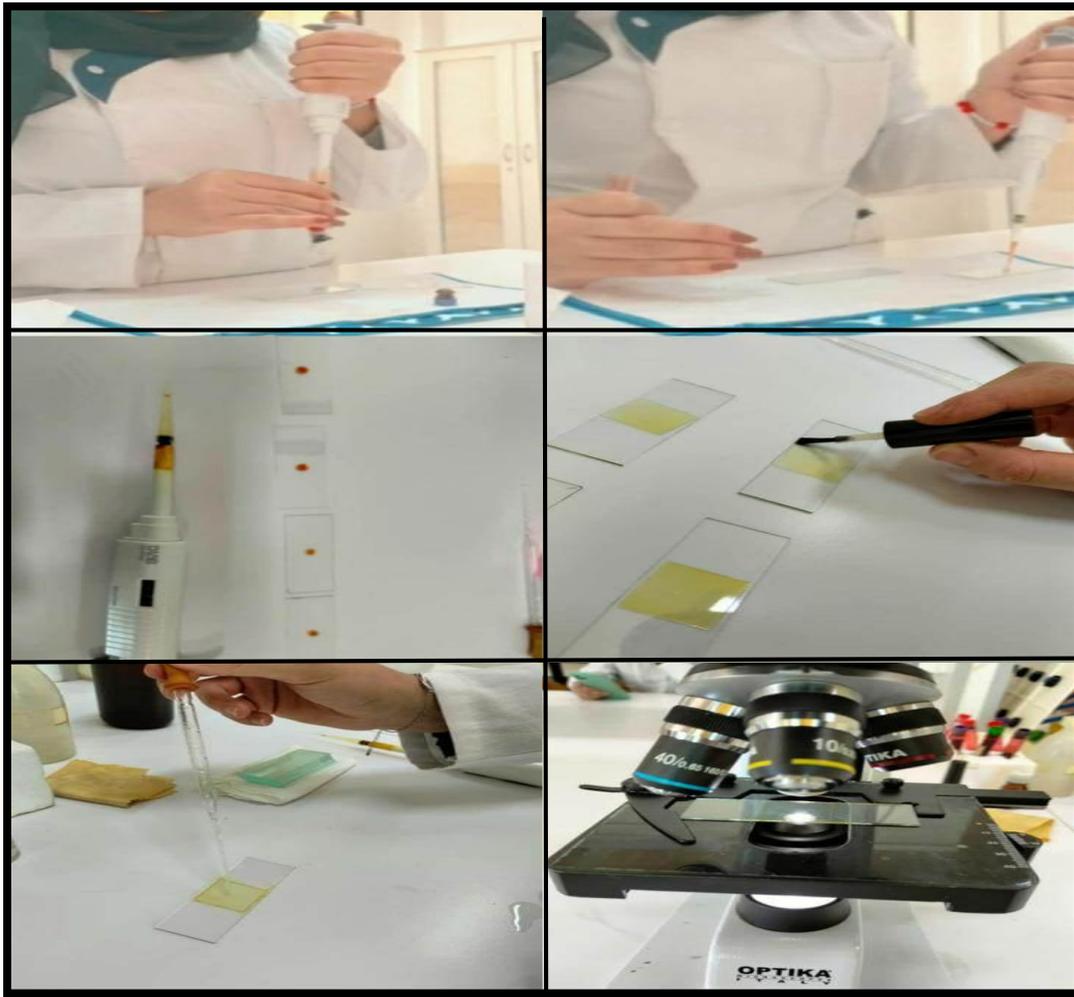


Figure 09 : les étapes de la méthode expérimentale dans laboratoire (Meghadecha et *al.*, 2023).

4.2. L'analyse qualitative

Au Laboratoire les espèces de phytoplancton ont été observées au microscope photonique de marque optika Leur identification a été faite à partir des dessins et photographies réalisés aux objectifs $\times 100$ (à immersion) et sur la base de faire une collection des espèces phytoplanctoniques à partir d'un comptage par individu (compter toutes les espèces différentes pour chaque classe on a trouvé) dans un volume total de (1,5 l) de chaque prélèvement.

Les différents groupes, espèces et les classes qui ont été trouvés aux deux stations ont été identifiés à l'aide d'un site web [10].

Chapitre III :

Résultats et discussion

1. Les résultats des analyses physicochimiques et leurs interprétations

1.1. La température

Les paramètres de la température de l'eau changent avec le temps et la météo, donc elle est obligatoire de mesurée in situ.

Grace aux résultats présentes ci-dessus (**Figure 10**), nous remarquons que la température des deux stations est différente, nous avons enregistré le degré le plus élevé dans la station 01 (17°C) et le degré le plus bas dans la station 02 (16,6°C). En général, ces degrés sont considérés comme normaux pour l'eau du Lac pendant la saison hivernale spécifiquement en Février. Si on se réfère au (**Tableau 02**), nous pouvons affirmer que l'eau du Lac Tonga est normale au niveau des deux stations (S1/S2) D'une manière générale, ces températures sont saisonnières et favorables à l'apparition et au développement du phytoplancton selon les observations faites par (**Reynolds, 1998 et Zongo, 2007**).

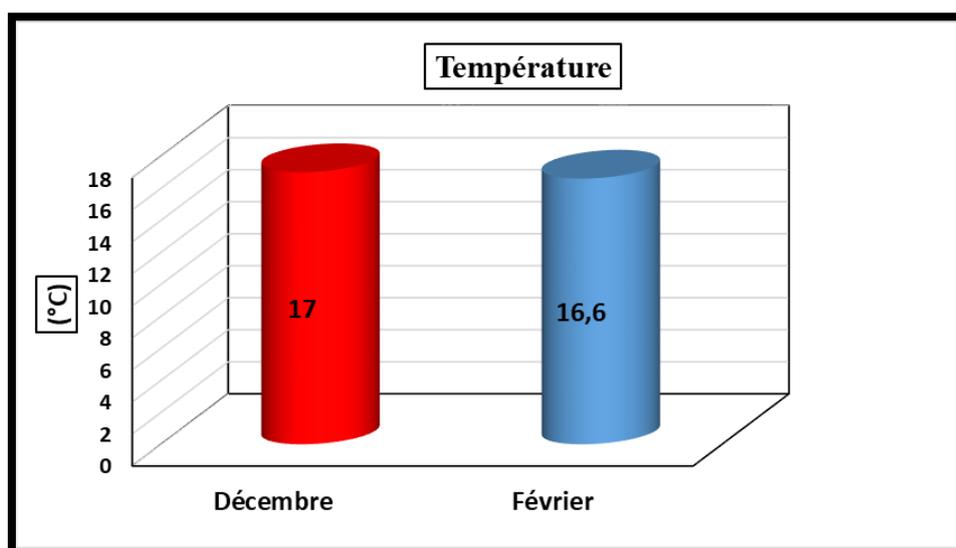


Figure 10 : Les variations de la température des eaux du Lac.

1.2. Le potentiel hydrogène pH

Le pH de l'eau a un impact important sur la dynamique du phytoplancton dans les Lacs. Le pH des lacs est également affecté par diverses activités aquatiques. D'une part, le dioxyde de carbone (CO_2), qui est produit lorsque les organismes respirent, a un impact. Acidifiant d'eau de mer. Cependant, ce phénomène Organismes qui consomment du CO_2 lors de la photosynthèse et renforcent son effet Le pH de l'eau (qui rend l'eau moins acide). Par conséquent, le pH du lac change avec le temps Parce que c'est une journée pour maintenir l'équilibre entre la photosynthèse et la respiration des organismes aquatiques. Elle varie avec

la température et l'intensité lumineuse. La figure ci-dessous (**Figure 11**), Montre les valeurs d'acidité que nous avons enregistrées au niveau de l'eau du lac (Tonga).

Le pH de l'eau du lac Tonga présente par des valeurs enregistrées dans les deux stations prélevées pendant les mois d'étude le pH varie entre (5,49) dans la station 01 au mois de Décembre l'eau devient avec un ph acide dans cette station signifie à l'acidification des lacs qui a des plusieurs causes ou des origines,

L'origine de l'acidité est à la fois naturelle et anthropique, c'est-à-dire provoquée par des activités humaines (**Dupont, 2004**).

Cependant à partir du mois de Février le pH présente une augmentation ou la valeur la plus élevée est de (9,89) enregistrée dans la station 02, Selon l'OMS cette gamme de pH favorise la multiplication et la croissance des microorganismes.

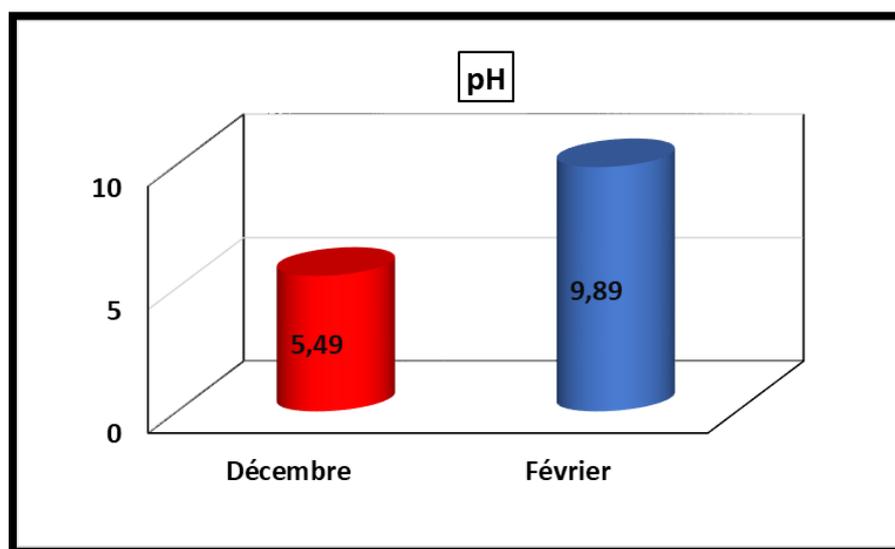


Figure 11 : Les variations du pH de l'eau du lac Tonga.

1.3. La salinité

On note que la salinité du lac Tonga est présentée une différenciation entre les deux stations, puis une valeur (0,1 g/l) a été enregistrée dans la station 01 et (1,3 g/l) et dans la station 02. Nous concluons que l'eau du lac est doux dans le mois de décembre au site 01 et saumâtre dans le mois de Février (**Figure 12**).

La salinité très faible en Février, due probablement à l'effet de dilution des eaux engendré par les apports en eau douce ayant pour origine les précipitations (le période pluvial) et la faible évaporation de l'eau.

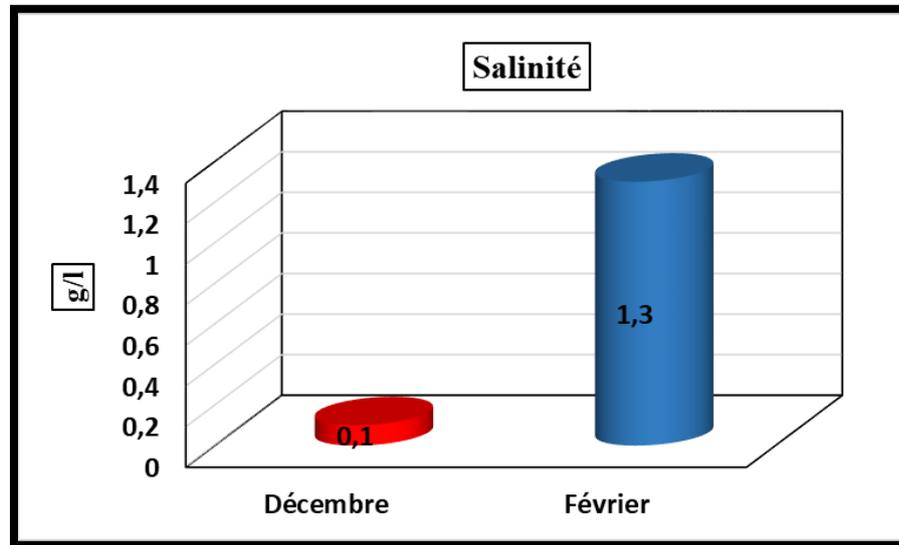


Figure 12 : Les variations de la salinité des eaux du Lac.

1.4. La conductivité électrique (EC)

La conductivité est mesurée in situ, selon l'histogramme on montre que la valeur le plus élevé enregistré dans la deuxième station (7,60 ms/m) par rapport à première station (2,53 ms/m).

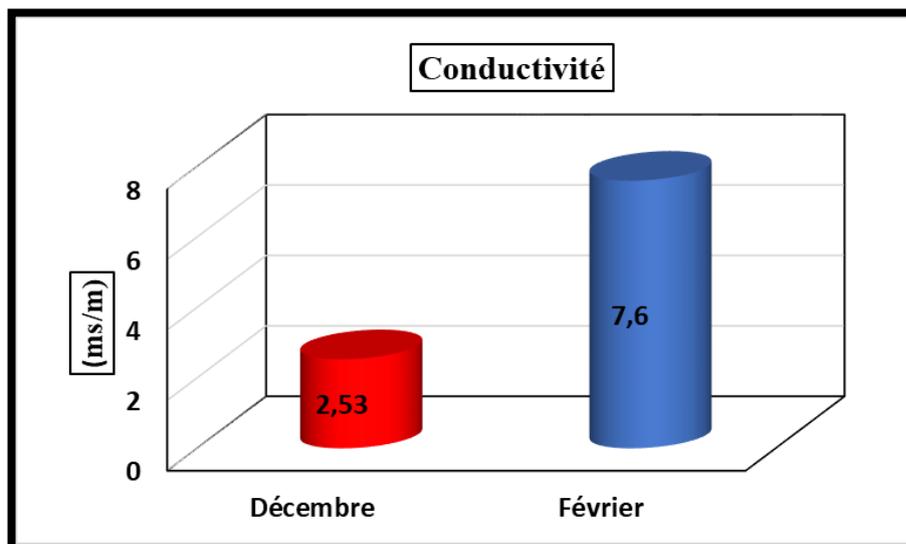


Figure 13 : Les variations de la Conductivité électrique de l'eau du lac Tonga.

A la base de (**Tableau 05**) qui représente la qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique, nous pouvons déterminer la qualité de l'eau de lac Tonga à travers les valeurs de conductivité des deux prélèvements, donc nous avons conclu que la qualité des eaux est bonne.

1.5. L'oxygène dissous

Nous avons déterminé la teneur en oxygène dissous in situ parce que c'est un paramètre qui change avec le processus de respiration et de photosynthèse du micro algues à la surface du lac. Les résultats de la mesure sont affichés ci-dessus.

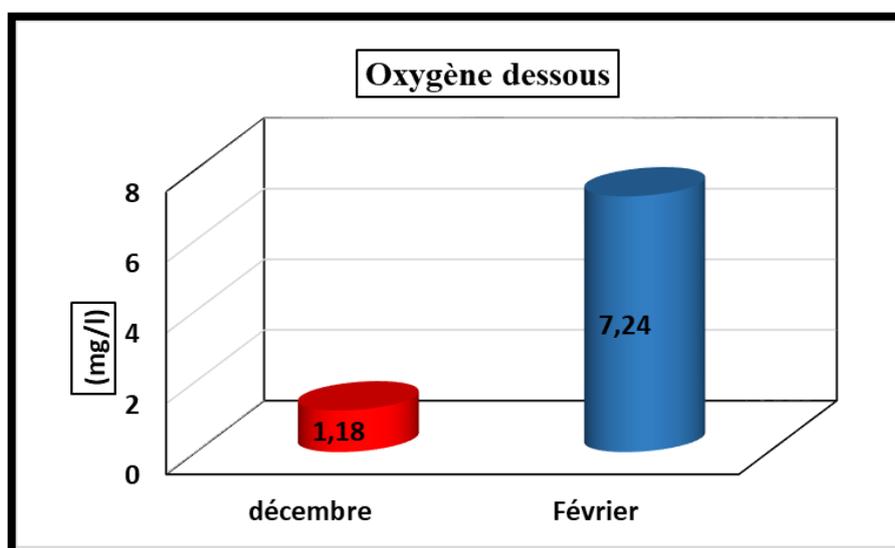


Figure 14 : Les variations de l'oxygène dissous de l'eau du lac Tonga.

Grâce aux résultats obtenus (**Figure 14**) la valeur a été enregistrée (1,18mg/l) en décembre et (7,24mg/l) en février. On remarque une augmentation de l'oxygène dissous en février par rapport à décembre, en raison de la différence de la température, on constate que lorsque la température diminue la concentration d'oxygène dissous augmente, la température affecte particulièrement les processus biologiques qui se produisent dans l'eau tels que la respiration et la photosynthèse. Cependant, nous remarquons d'après (**Tableau 06**) que la qualité de l'eau est normale.

D'après ces résultats Le dynamique des populations phytoplanctonique est contrôlée par l'interaction des paramètres hydrodynamiques, physico-chimiques et biologiques.

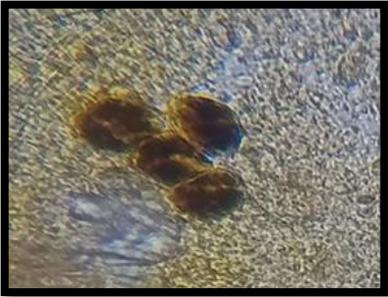
L'instabilité des paramètres environnementaux (salinité, concentrations en nutriments, turbidité, apports d'eau douces et d'eau salées, température etc....) entraine une grande variabilité de la composition taxonomique et de la dynamique phytoplanctonique.

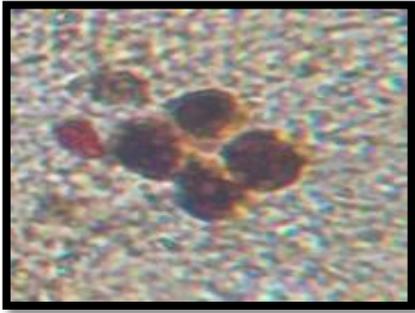
2. Les résultats des analyses phytoplanctoniques

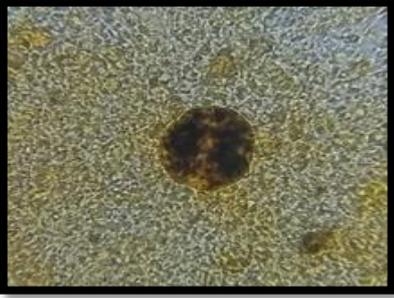
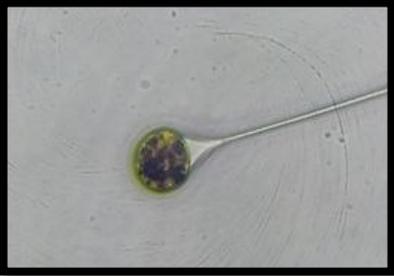
2.1. L'identification des taxons

- ❖ **La première station (S1)** : pendant le mois de Décembre 2023, un échantillon a été prélevé sur S1 du Lac Tonga afin d'étudier les algues d'eau douce. L'étude a abouti à l'enregistrement de 07 classes : 10 genres et 11 espèces distribués dans des proportions différentes pour les 07 classes.

Tableau 11 : Aspect microscopique du phytoplanctoniques du lac Tonga au mois de Décembre 2022, (S1) (observation x100).

Classe : Cyanophycées		
Genres	Espèces	Aspect microscopique
<i>Gloeocapsa</i>	<i>Gloeocapsa violacea</i>	
<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis sp</i>	
Classe : Chlorophycées		

<i>Coenococcus</i>	<i>Coenococcus planctonicus</i>	
<i>Oocystis</i>	<i>Oocystis borgei</i>	
<i>Chlamydomonas</i>	<i>C. Sp</i>	
	<i>C. reinhardtii</i>	
Classe : Chrysophycées		
<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia sigma</i>	
Classe : Cryptophycées		

<i>Cryptomonas</i>	<i>Cryptomonas ovata</i>	
Classe : Pyrrhophycées (Dinophycées)		
<i>Symbiodinium</i>	<i>Symbiodinium psymmophilum</i>	
Classe : des Diatomées (Bacillacées)		
<i>Rhopalodia</i>	<i>Rhopalodia vermicularis</i>	
Classe : Euglenophycées		
<i>Phacus</i>	<i>Phacus pyrum</i>	

Nous avons traduit les calculs en Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S1 (**Figure 16**).

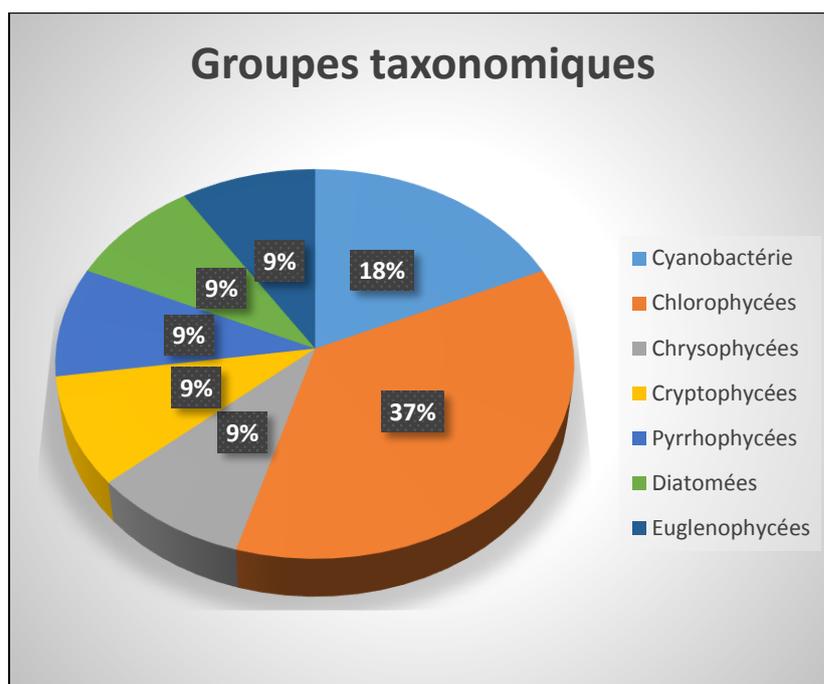
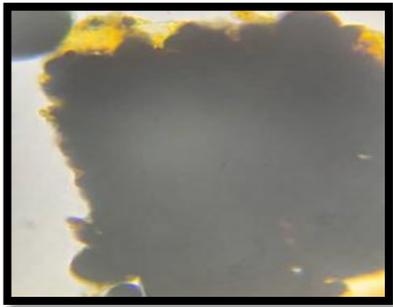
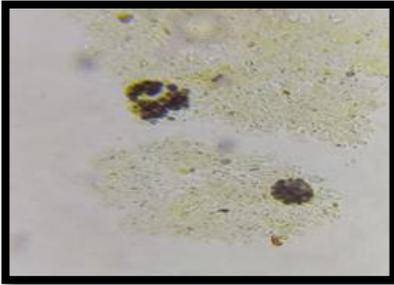
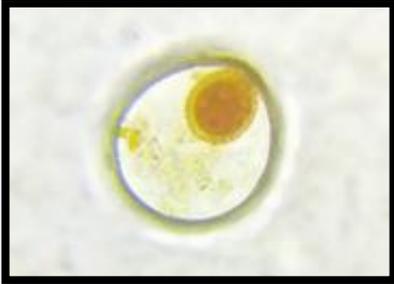
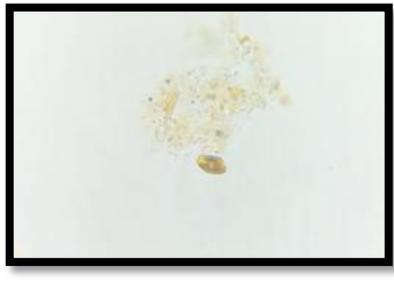


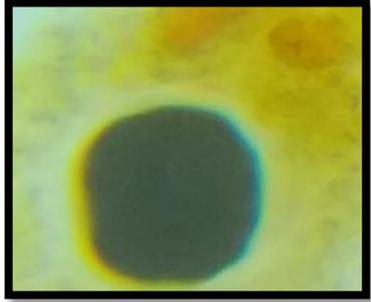
Figure 15 : Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S1.

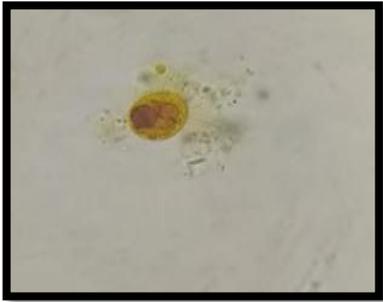
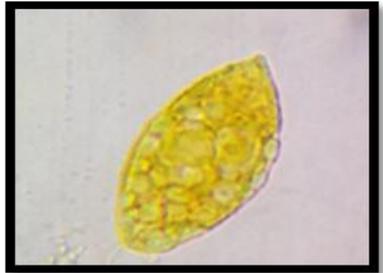
- ❖ **La deuxième station (S2) :** pendant le mois de Février 2023, un échantillon a été prélevé sur S2 du Lac Tonga afin d'étudier les algues d'eau douce. L'étude a abouti à l'enregistrement de 07 classes : 14 genres et 14 espèces distribués dans des proportions différentes pour les sept classes (**Tableau 13**).

Tableau 12 : Aspect microscopique du phytoplanctoniques du lac Tonga au mois de Février 2023, (S2) (observation x100).

Classe : Cyanophycées		
Genres	Espèces	Aspect microscopique
	<i>Microcystis ichthyoblabe</i>	

<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis wesenbergii</i>	
Classe : Chlorophycées		
<i>Botryococcus</i>	<i>Botryococcus braunii</i>	
Classe : Chrysophycées		
<i>Trachelomonas</i>	<i>Intermedia</i>	
Classe : Cryptophycées		
<i>Cryptomonas</i>	<i>Cryptomonas marssonii</i>	
	<i>Cryptomonas platyuris</i>	
Classe : Pyrrophyccées (Dinophycées)		

<i>Gymnodinum</i>	<i>Gymnodinum phylum</i>	
Classe : des Diatomées (Bacillacées)		
<i>Navicula</i>	<i>Navicula sp</i>	
	<i>Navicula tripunctata</i>	
	<i>Navicula radiosa</i>	
<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia lecointei</i>	

Classe : <i>Euglenophycées</i>		
<i>Trachelomonas</i>	<i>Trachelomonas armata</i>	
<i>Phacus</i>	<i>Phacus curvicauda sp</i>	

Nous avons fait les mêmes étapes précédentes pour étudier la communauté phytoplanctonique à la station 2. Nous avons traduit les résultats en Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S2 (**Figure 17**).

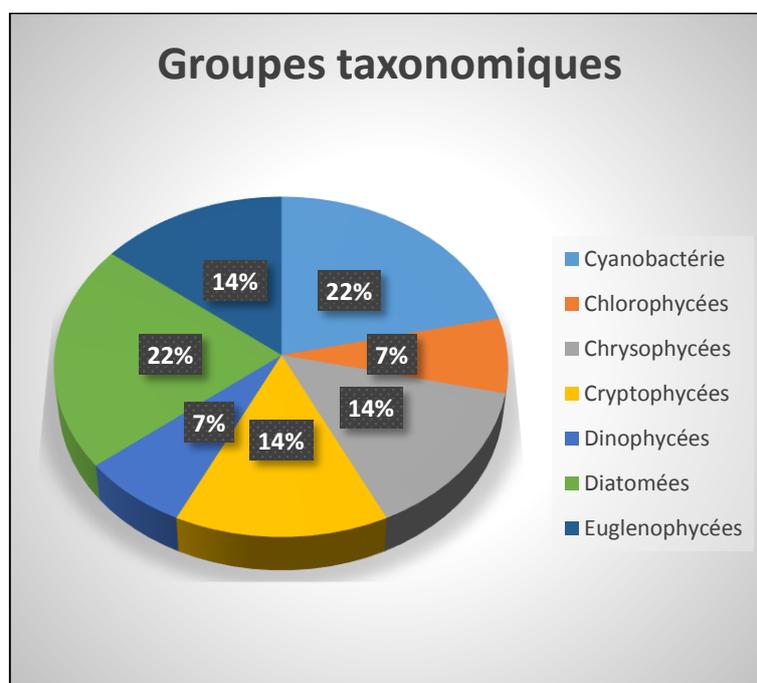


Figure 16 : Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S2.

2.2. Comparaison et l'interprétation entre la communauté phytoplanctonique de S1 et S2

Le pourcentage des **Cyanobactéries** est élevé dans la station 02 (22%), par contre il est faible et ne dépasse pas (18%) dans la station 01, sont présentes dans tous les milieux aquatiques sales ou non, et dans toutes les conditions sont bien adaptées, à cause de la présence de lumière solaire que supporte la photosynthèse. Grâce à leur grande tolérance vit avis les conditions de vie et les caractéristiques de ces milieux. et pour la deuxième station ce pourcentage dus au pH basique donc un pH supérieur à 7 (9,89), support la vie et la croissance des cyanobactéries, (**Kerfaf, et al., 2020**). Il existe un genre toxique qui a été identifié sont capable de produire deux grands types de toxines neurotoxines et hépato toxines L'espèce toxique de ce genre est *Microcystis sp.*

La multiplication excessive des cyanobactéries dans la station 02 (La prolifération d'algues) est généralement causée par de fortes concentrations d'éléments nutritifs dans l'eau provenant de sources naturelles ou anthropiques (ex : rejets agricole et urbain). Associé à ce facteur et à des conditions météorologiques favorables, l'ensoleillement abondant par exemple, les algues se multiplient rapidement et peuvent même se regrouper en amas visibles à l'œil nu, phénomène appelé fleur d'eau et leur décomposition nécessite la consommation d'une quantité importante d'oxygène par les organismes décomposeurs. Il peut s'ensuivre la mort d'organismes aquatiques si la concentration en oxygène dissous devient trop faible (0,07 mg/L)

Les Chlorophycées ont enregistré aussi un pourcentage relativement élevé avec successivement (37%) dans la S 01 par contre dans la S 02 est faible avec (7%) la prolifération de ces microalgue nécessite quelles conditions du milieu est favorable et les capacités de l'organisme à s'y adapter. La richesse élevée de ce groupe est liée au brassage de l'eau.

L'apparition de la classe **Chlorophycées** avec un pourcentage faible pourrait être due à la forte présence de la classe des **Cyanobactéries** au niveau de S 02, la présence de **Cyanobactéries** perturbe la croissance des autres groupes d'algues, principalement les **Chlorophycées**, par compétition vis-à-vis de deux éléments vitaux, la lumière et les sels minéraux, principalement le phosphore et l'azote.

Les Diatomées ont enregistré aussi par un pourcentage élevé (22%) en S 02 et un faible pourcentage (09%) en S 01 ont également été enregistrés en S 01 par rapport aux conditions favorables où les communautés de diatomées ont été sévèrement altérées par les activités humaines. Leur dominance explique la qualité de l'eau, car ce sont de bons indicateurs

biologiques. A généralement un cycle de vie rapide. Les cellules peuvent vivre librement dans l'eau ou former des colonies rubanées, étoilées ou filamenteuses. En tant que producteurs primaires, les algues sont les plus directement affectées par les facteurs physiques et chimiques dans l'eau. Comme :

- pH
- Nutriments (en particulier l'azote et le phosphore)
- Présence de matière organique.
- Faible oxygénation de l'eau.

Pour le pourcentage du premier site, il est inférieur au pourcentage du deuxième site, ce qui explique la baisse de qualité du lac à ce site

Le pourcentage des **Euglénophycées** est (09%) et pour la deuxième station ont enregistré par un pourcentage de (14%), Sont présentent des densités moyennement faibles. **Les Euglénophycées** préfèrent les eaux riches en matières organiques (**Aouaïssia et al., 2017**). Certains genres fréquents dans les eaux polluées comme *Phacus (pyrum /curvicauda)*. Donc l'eau de Lac Tonga est polluée au niveau les deux stations.

Pour les espèces brunes de **Pyrrhophytes** ou de Dinoflagellés, le pourcentage à la station 01 était de (09%), tandis que pour l'autre station (07%), leurs parois étaient formées par une plaque de cellulose sous la membrane plasmique. Ils font partie du phytoplancton responsable du phénomène des eaux rouges. Certains **dinoflagellés** n'ont pas de pigments photosynthétiques. *Gymnodinium*, connu pour produire des toxines, observé à la station 02 en floraison (**kerfaf et al., 2020**), est un genre responsable des "marées rouges" où l'eau peut contenir jusqu'à 46 millions de cellules d'algues par litre d'eau. Lors de la mort des cellules, la libération de substances toxiques provoque une grave pollution des coquillages et de la faune aquatique.

Pour la classe de **les cryptophycées** sont présenté avec un faible pourcentage dans les deux stations il ne dépasse pas (10%) dans les deux, on trouver seulement un genre qui est *Cryptomonas* avec des 03 espèces différentes nous avons enregistré deux à la station 02 (*Cryptomonas platyuris*, *Cryptomonas marssonii*) et une espèce a la station numéro 01 qui est (*Cryptomonas ovata*).

En fin, la classe des **Chrysophycées** leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns, Cette couleur est due à l'abondance des xanthophylles (lutéine, fucoxanthine, diadinoxanthine) et à des caroténoïdes (β -carotène) masquant les chlorophylles.

Ont obtenue des espèces différentes avec un pourcentage de (09%) dans la première station et (14%) pour la deuxième station.

Conclusion

Les lacs sont des écosystèmes essentiels, et s'ils sont conservés en bon état, ils peuvent maintenir un équilibre sain pour la vie aquatique.

Notre travail a porté sur l'étude de la dynamique et l'identification des populations phytoplanctoniques des eaux continentales de lac Tonga (parc national d'El-Kala).

L'étude de la qualité physico-chimiques et phytoplanctonique de l'eau du Lac Tonga (PRNK), Pendant les mois décembre 2022 et février 2023, a aboutie à des résultats de l'analyse des différents paramètres. Ces résultats présentent des températures saisonnières principalement liée au climat de la région, varie entre (16 et 16,6 °C), un pH plus au moins alcalin varie entre (5,49 et 9,89) ce qui est le cas de la majorité des eaux de surface. Avec une conductivité varie entre (2,53 et 7,60 ms/m), ce qui signifie que l'eau est de bonne qualité, une salinité varie entre (1,3 et 0,1 g/l), nous concluons que l'eau du lac est saumâtre dans le mois de décembre et douce dans le mois de février, et une bonne oxygénation de (1,18 à 7,24 mg/l)ect.

L'observation des différentes taxons phytoplanctoniques récoltés dans le lac nous permis d'identifier 24 espèces et 18 genres repartis en sept classes, 02 genres pour les chrysophycées, 03 pour les Chlorophycées, 04 genres pour les cyanophycées qui sont connus par leur toxicité 05 genres, pour les Pyrrophytées, 02 genres, pour la classe des Euglénophycées et 03 genres, pour la classe des diatomées 04 genres, tous ces résultats on a obtenue dans les deux prélèvements.

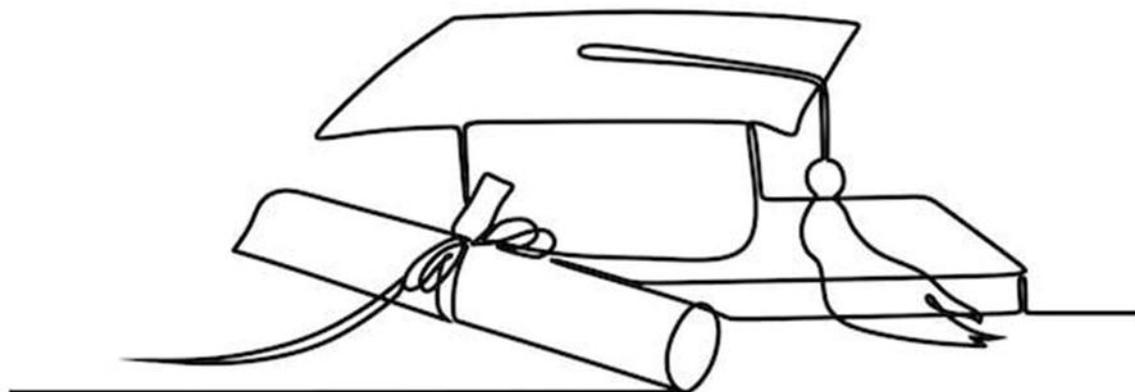
D'une part, la présence d'espèces toxiques signifie que les lacs ne sont pas entièrement protégés d'une éventuelle eutrophisation, qui peut perturber les écosystèmes, en particulier au niveau de la chaîne trophique.

La qualité biologique de l'eau qui caractérise le milieu peut être indiqué par la présence de diatomées par rapport aux autres plans d'eau en février.

Cette étude nous permettons aussi de distinguer que, Ces variations phytoplanctoniques. On peut expliquer cette diversité par les variations des paramètres physicochimiques qui peut influencée la distribution des différentes espèces. D'une manière générale, les variations des paramètres sont favorables à l'apparition et au développement du phytoplancton, ou sont défavorables, et peut entraîner la disparition de certaines espèces.

Dans le futur, il serait intéressant de compléter ces résultats par des études spécifiques sur le phytoplancton et d'autres éléments de la biocénose qui présentent un grand intérêt, notamment d'un point de vue écologique.

Ces recherches devraient être menées sur une base plus longue et plus régulière pour assurer un suivi rapproché et compenser les perturbations bioécologiques de l'eau du lac.



Résumé

La connaissance de la composition taxonomique des communautés de phytoplancton est nécessaire pour surveiller la productivité de l'environnement, L'objectif principal de cette étude est de faire des évaluations qualitatives pour étudier la diversité des communautés de phytoplancton dans le lac Tonga et connaître leurs dynamiques. Par conséquent, nous avons effectué une évaluation des facteurs environnementaux qui influencent la dynamique des communautés de phytoplancton sur le site d'étude. Notre travail a été effectué dans les plaines tonganes. Dans les mois de Décembre 2022 / Février 2023, des échantillons ont été prélevés dans deux stations s'étant pour évaluer la dynamique des différents types de phytoplancton sur le site d'étude en fonction des paramètres physico-chimiques environnementaux chaque mois. Nous avons enregistré la température (17 °C/16,6°C), la salinité moyenne (1,3/ 0,1) g/l, l'oxygène dissous (1,18/ 7,24) mg/l, le pH (5,49/ 9,89), et la conductivité (2,53/ 7,60) ms/m. D'après les résultats de l'analyse qualitative et leur phytoplanctonique, elle est caractérisée par un nombre de richesse avec (24) espèces, rassemblant plusieurs genres (18) et réparties sur (07) classes différentes, ont été identifiées. Les Chlorophyceae sont les plus représentées (44%) avec (04) genres, les Cyanophyceae (40%) avec (05) genres, les diatomées représentées (31%) avec (04) genres, les Chrysophyceae (23%) Avec (03) genres, les Cryptophyceae (23%) avec (03) genres, les Euglenophyceae (23%) avec (03) genres, les Dinophyceae (16%) avec (02) genres.

Mots clés : Tonga, population phytoplanctonique, analyse qualitative

Abstract

Knowledge of the taxonomic composition of phytoplankton communities is necessary to monitor environmental. The main objective of this study is to make qualitative assessments to study the diversity of phytoplankton communities in Lake Tonga and to know their dynamics. This allows us to determine the overall state of the lake's phytoplankton ecosystem. Therefore, we performed an assessment of the environmental factors that influence the dynamics of phytoplankton communities at the study site. Our work was carried out in the Tongan plains., in the months of December 2022 / February 2023, samples were taken from two stations to assess the dynamics of the different types of phytoplankton at the study site depending on the parameters environmental physicochemicals each month. We recorded the temperature (17 °C / 16.6 °C), the average salinity (1.3 / 0.1) g/l, oxygen below (1.18 / 7.24) mg/l, ph (5.49 / 9.89), and the conductivity (2.53/ 7.60) ms/m. According to the results of the qualitative analysis and their phytoplankton, a number of richness with (24) species characterizes it, bringing together several genera (18) and spread over (07) different classes, have been identified. Chlorophyceae are the most represented (44%) with four genera, Cyanophyceae (40%) with (05) genera, diatoms represented (31%) with four genera, Chrysophyceae (23%) with (03) genera, Cryptophyceae (23%) with (03) genera, Euglenophyceae (23%) with (03) genera, Dinophyceae (16%) with (02) genera.

Keywords : Tonga, phytoplankton population, qualitative analysis.

ملخص

تعد معرفة التركيب التصنيفي لمجتمعات العوالق النباتية ضرورية لمراقبة البيئة. الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو إجراء تقييمات نوعية لدراسة تنوع مجتمعات العوالق النباتية في بحيرة طونغا ومعرفة ديناميتها. هذا يسمح لنا بتحديد الحالة العامة للنظام البيئي للعوالق النباتية للبحيرة. لذلك، أجرينا تقييمًا للعوامل البيئية التي تؤثر على ديناميكيات مجتمعات نباتات نباتية في موقع الدراسة. تم تنفيذ عملنا في سهول تونجا، في شهري ديسمبر 2022 / فبراير 2023، تم أخذ عينات من محطتين لتقييم ديناميكيات الأنواع المختلفة من العوالق النباتية في موقع الدراسة اعتمادًا على معايير الكيمياء الفيزيائية البيئية كل شهر. سجلنا درجة الحرارة (17 درجة مئوية / 16.6 درجة مئوية)، ومتوسط الملوحة (1.3/0,1) غرام / لتر، والأكسجين أقل من (7.24 / 1.18) ملغم / لتر، ودرجة الحموضة (9.89 / 5.49)، والتوصيلية (7.60 / 2.53 ميلي سيمنس / متر) وفقًا لنتائج التحليل النوعي والعوالق النباتية الخاصة بهم، تم تحديد عدد من الثراء بـ (24) نوعًا، يجمع بين عدة أجناس (18) وتنتشر على (07) فئات مختلفة. الكلوروفيسيا هي الأكثر تمثيلًا (44٪) بأربعة أجناس، Cyanophyceae (40%)، مع (06) أجناس، Bacillariophyceae بأربعة أجناس (31%)، Chrysophyceae مع (03) أجناس (23%)، Cryptophyceae Dinophyceae ذات (03) أجناس (23%)، Euglenophyceae مع (03) أجناس (23%)، Dinophyceae مع (02) أجناس (16%).

الكلمات المفتاحية: طونغا، العوالق النباتية، التحليل النوعي

Références bibliographiques

-A-

- **Athamnia, M., 2016.** Ecologie de la reproduction du grèbe castagneux *Tachybaptus ruficollis* en Algérie (Thèse doctorat).
- **Amira, w., 2007.** Degré de contamination des eaux de la mare REDJLA (TAHER, JIJEL) par les nitrates : détermination de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau (Thèse de doctorat).
- **Anctil, F., 2008.** L'eau et ses enjeux. La presse de l'université de Lav P 8.
- **Aouaïssia, K., Grabssia, L., Tarbaghe, A., 2017.** Approche qualitative du phytoplancton du lac Tonga (extrême nord-est Algérien) (Thèse de master).

-B-

- **Barsanti L, Gualtieri P., 2006.** Algae Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. editoner LLC . Taylor & Francis. 320p.
- **Belkheir, A., Hadj A., 1981.** Contribution à l'étude des mécanismes d'eutrophisation dans le lac de Tunisie : évolution des paramètres physicochimiques et biologiques. Bull. Inst. Scient. Teck. Océanogr. pêche Salombo. Tunis. P : 81, 98(Thèse de master).
- **Bernard.Q, 2013.** Structure et Fonctionnement des Ecosystèmes Pélagiques Marins.Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université.
- **Blanchon D., 2018.** Les eaux continentales university Paris Nanterre.
- **Boukli. H 2012.** Bioécologie des Coléoptères (Arthropdes-Insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafina (Tlemcen) (Thèse de doctorat).
- **Boulefa W., 2020.** Dynamique et structure du phytoplancton des milieux lenticques et lotiques (Doctoral dissertation, Université de Jijel).
- **Bouroubi.S et Bouzegane. N, 2016.** Etude de la qualité physicochimique, bactériologique et évaluation de la flore planctonique des eaux du barrage de Taksebt. (Thèse de master).

-C-

- **Cadier M., 2016.** Diversité des communautés phytoplanctoniques en relation avec les facteurs environnementaux en mer d'Iroise : approche par la modélisation 3D. (Thèse de doctorat).
- **Cantin I., 2010.** La production biodiesel à partir des Microalgues ayant un métabolisme hétérotrophe. Mémoire de maître en environnement. Université de Sherbrooke. 87p.
- **Carmouze J. P., Élia Sampaio C. D., Domingos P., 1994.** Évolution des stocks de matière organique et de nutriments dans une lagune tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poisons. Rev. Hydrobiol. Trop. 27 (3) : 217-234.
- **Chettibi F., 2014.** Intitulé Ecologie de l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* dans les zones humides de la Numidie algérienne (du Littoral Est de l'Algérie) (thèse de doctorat).
- **Chrétiennot-Dinet M. J., 1990.** Atlas du phytoplancton marin. Editions du CNRS, Paris : 261pp.

-D-

- **Dussart B., 1966.** Limnologie : l'étude des continentales. Ed Gauthier Villars, Paris, 667p.
- **Dupont J., 2004.** La problématique des lacs acides au Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement. envirodoq no ENV/2004/0151, collection no QE/145, p 04.

-F-

- **Fao, 1963.** Loi N° 63 -40 Dr 10 Jrjllif reelefantant la fiche dans les eaux continentales Fao, Faolex).
- **Feki-sahnoun, W., 2013.** THÈSE DE DOCTORAT Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations phytoplanctoniques observées dans le réseau national de surveillance du phytoplancton dans le golfe de Gabés (Thèse de doctorat).

-G-

- **Gacem H., 2015.** Etude bioécologique et systématique des Hydrachnidiae dans deux sites : Annaba et Lac Tonga. Lutte biologique anticulicidienne et du parasitisme larvaire des Hydracariens. (Thèse de Doctorat). Université Badji Mokhtar Annaba. P : 31,33.

- **Gorenflot, R., Guern, M., 1989.** Organisation et Biologie des Thallophytes. Doin édit. Paris. P : 196, 201.
- **Grenaille, V., 1991.** Les effets toxiques de quelques derives du Benzamido-2 Nitro-5 Thiazole sur *Euglena gracilis* Klebs. (Thèse de docteur en pharmacie). Université de Limoges. P :15.
- **Groga N., 2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Université de Toulouse (Thèse de Doctorat).
- **Gudin et al., 2013.** Histoire naturelle des microalgues, Edition : Odile Jacob. Paris. 129 p. Coll : sciences et histoire.

-H-

- **Hamouda, S., Tahar, A., 2012.** Apport de l'analyse spatiale dans le suivi du couvert végétal du parc national d'El-Kala, (Algérie).
- **Henry M-T., Beaudry J., 1992.** Chimie des eaux, Ed le Griffon dargibe in Canada. 537p

-K-

- **Kafi S., 2017.** Etude de la diversité et la structure du peuplement de phytoplanctons au niveau du barrage de Tilesdit (wilaya de Bouira) (Doctoral dissertation, Université de Bouira).
- **Kerfaf, M., Saioudi, N., Essom, A., 2019-2020.** Contribution à l'identification du phytoplancton des eaux du lac Tonga (Nord-Est Algérie), (Mémoire de master, université 08 mai 1945 Guelma).
- **Khattabi H., 2002.** Intérêts de l'études des paramètres hydrogéologiques et hydobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats d'ordures ménagères d'Etueffont (Belfort, France). (Thèse de doctorat 3^{ème} cycle) P : 256.
- **Kim J. I., Moore C. E., Archibald J. M., Bhattacharya D. Yi. G., Yoon H. S. et Shin W., 2017.** Evolutionary dynamics of cryptophyte plastid genomes. Genome biology and evolution, 9(7), 1859-1872.

-L-

- **Lakkis S., 2018.** Le phytoplancton des eaux marines libanaises et du bassin levantin biologie, biodiversité, biogéographie. 2 ème édition. Beyrouth, Liban.

-M-

- **Martin E., Hine R., (2008).** A Dictionary of Biology. Oxford University Press. Reference Online.
- **Mollo P. & Noury A., 2013.** Le Manuel du plancton. Edition : ECLM. Paris. (P27,32, 33,35,67,69,75).
- **Mr BOUDJENAH Mustapha.** Etude de la structure et de la dynamique des populations phytoplanctoniques des eaux marines côtières de la région de Mostaganem et d'Alger.

-O-

- **Ozenda P., 2000.** Les végétaux : Organisation et diversité biologique. Dunod éd : 2. P: 62,64,74.

-Q-

- **Quéguiner B., 2013.** Structure et Fonctionnement des Ecosystèmes Pélagiques Marins. Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université ; CNRS ; LOBUMR 6535, Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, OSU/Centre d'Océanologie de Marseille, 93 pp.

-P-

- **Pierre J. F., 2001.** Bulletin de l'académie lorraine des sciences : catalogue des algues (du Nord –Est de la France et des régions attenantes 1959-2001). P: 45-46.

-R-

- **Razkallah Z, Abdi S et Zerari A., (2013).** Etude de la qualité bactériologique des eaux de quelques zones humides du complexe de Guerbes-Sanhadja (Wilaya de Skikda). Mémoire de master université 8 mai 1945, Guelma.49-51 p.
- **Reynolds, C. S., 1998.** What factors influence the species composition of Phytoplankton in lakes of different trophic status. Hydrobiologia. 11 (26) : 369-370.

- **Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi, L., 1996.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} édition. Dunod. Paris. 1383p.
- **Rolland A., 2009.** Dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir Marne (Bassin versant de la Seine) (Doctoral dissertation, Université de Savoie).

-S-

- **Storm, D., 2008.** Dictionary of Weather. Oxford University Press. Reference Online.

-T-

- **Tebbani, S., Lopes, F., Filali, R., Dumur, D., Pareau, D., 2014.** Biofixation de CO₂ par les microalgues.
- **Thingstad, T.F., Zweifel, U.L., Rassoulzadegan, F., 1998.** P limitation of heterotrophic and phytoplankton in the northwest Mediterranean. *Limnol. Oceanogr.* 43: 88- 94.
- **Touchart, L., 2000.** Les lacs origines et morphologies introduction. L'harmattan, p01.

-V-

- **Villers J., Squilbin M. et Yourassowsky C., 2005.** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement.

-Z-

- **Zubkov, M. V., Tarran, G. A., 2008.** High bacterivory by the smallest phytoplankton in the North Atlantic Ocean. *Nature.* 455: 224.
- **Zongo, F., 2007.** Inventaire et systématique des micro-algues du réservoir de Bagré au Burkina Faso. Thèse de doctorat d'Etat ès Science. Université d'Ouagadougou. Burkina Faso. 208 p.).

Webographie :

- [1] <https://www.phenomer.org/Mieux-connaître-les-microalgues/Qu-est-ce-que-le-phytoplancton>. Consulter le 30/04/2023.
- [2] https://www.researchgate.net/figure/Mosaic-of-morphological-traits-in-phytoplankton-A-One-dimensional-chain-of-the_fig1_322643602. Consulter le 25/04/2023.
- [3] https://horizon.documentaire.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/Idt/0055.pdf. Consulter le 10/04/2023.
- [4] <https://www.universalis.fr/encyclopedie/chlorophyces/>. Consulter le 10/04/2023.
- [5] https://ressources.unisciel.fr/DiversiteUnicite/chap2/co/2-Microbiologie_6.html. Consulter le 12/04/2023.
- [7] <https://chaouki-li-qacentina.blog4ever.com/parc-national-d-ei-kala> . Consulter le 18/04/2023.
- [8] https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/DZ281RISformer_151218.pdf
Consulter le 19/04/2023.
- [9] <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/DZ281RISformer1997.pdf>
Consulter le 20/04/2023.
- [10] https://data.oreme.org/plankton/plankton_gallery/index/phyto#photo_taxon_list
Consulter le 13/04/2023.