

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 De Sciences De La Nature Et De La Vie Et Science 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: Microbiologie Appliquée

Département: Écologie et Génie de l'Environnement

THÈME:

Contribution à l'identification du phytoplancton des eaux du lac Tonga (Nord-Est Algérie).

Présenté par:

- KERFAF Menal
- SAILOUDI Nihad
- ESSOM Amal

Devant le jury composé de:

Président:	HOUHAMDI Moussa	Pr.	Université de Guelma
Examineur:	RAMDANI Kamel	MAA	Université de Guelma
Encadreur:	ROUABHIA Kamel	MAA	Université de Guelma

Année universitaire 2019/2020



REMERCIEMENTS

Une thèse est un travail d'équipe et s'enrichit des différents échanges et collaborations. Ce sont ainsi toutes ces personnes avec qui l'on interagit qui nous font évoluer et devenir ce que nous sommes. Et nous rencontrons beaucoup de gens au cours de notre thèse ...

*Au terme de ce travail, nous remercions **Dieu** le Tout-Puissant pour nous donner la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous exprimons aussi nos meilleurs sentiments de gratitude aux honorables **membres de Jury**:*

***Mr. Houhamdi M** d'avoir accepté de présider notre soutenance.*

***Mr. Ramdani K** d'avoir accepté de juger notre travail.*

*Nous remercions particulièrement **notre Encadreur** monsieur **Rouabhia Kamel**, pour son acceptation de la direction de notre thèse, sa grande compétence, ses caractéristiques humaines et ses conseils avisés qui ont été pour nous une source inestimable de réconfort et d'encouragement pour faire ce travail. Sa disponibilité et son soutien nous ont été inestimables pour accompagner et réaliser ce travail.*

*Nos remerciements vont plus particulièrement à **nos familles** qui ont su nous soutenir, nous encourager, nous aider et nous supporter tout au long des années.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements et notre gratitude aux **propriétaires de l'honorable bibliothèque**, le frère **Fateh et Houssam**, pour leur avoir fourni un coup de main pour nous aider à mener à bien ce travail et tous les précieux conseils et efforts qu'ils ont fournis sans frais, nous leur souhaitons donc à tous succès et succès. Dieu a fait cela dans l'équilibre de leurs bonnes actions au Jour du Jugement.*

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

*Enfin, nous tenons à remercier vivement **toutes les personnes** qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent mémoire et notre sincère gratitude à **l'administration du collège et aux professeurs***



Dédicace

J'exprime toute ma gratitude à ma famille, en particulier à mon père et à ma mère, à qui je dois ma réussite. Je les remercie pour leur confiance, leur tendresse, leur amour qui me porte et me guide tous les jours, ainsi qu'à leurs encouragements et l'amour inconditionnel qui m'accompagnent depuis toujours. Je leur dédie ce travail en témoignage de ma profonde affection.

A mes sœurs Radya et Hanen, à mes frères Houssam et Adel, merci pour votre soutien et vos encouragements, sans lesquels je n'aurais pas eu sans doute la force de terminer ma thèse.

A mon fiancé Ramzi pour son soutien inconditionnel et ses encouragements.

A mes collègues Amal et Manel, en souvenir des moments délicats que nous avons passé ensemble et au lien solide qui nous a rassemblés et unis durant la réalisation de ce travail.

A toute la famille Saïoudi et Essom, tous ceux qui me connaissent et qui m'aiment

Nihad

Dédicace

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

*A la mémoire de mon cher père que la clémence
de Dieu soit sur lui et l'accueille dans son vaste
paradis, sa disparition m'a laissé un immense
vide, que rien ne pourrait le remplacer. Mon
cher père même si tu n'es pas là, ton existence
est éternelle dans mon cœur.*

*Ma très chère mère, 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.*

Je dédie ce travail aussi:

A mon très cher frère: Aymen.

A ma très chère sœur: Kamí

*À mon partenaire Nihad et Amal et à la
relation qui nous a réunis tout au long de notre
carrière universitaire et à l'effort conjoint qui a
finalement conduit à la fin de ce travail.*

Manel

Dédicace

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tous simplement que: Je dédie cette thèse de master à:

A Ma tendre Mère: Tu représente 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 Mon très cher Père: 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.

A mes chers frères: raouf et mouhamed.

À la défunte sœur khouloud, que Dieu le bénisse dans son grand paradis.

Mon amour le plus profond pour mon ami Manal, Nihad et notre relation de longue date qui a duré de nombreuses années d'efforts et de fatigue jusqu'à ce que nous atteignions ce beau moment.

A tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer.

Amal

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Les microalgues	6
02	Arbre phylogénétique de classification des microalgues	8
03	La prolifération des phytoplanctons à différentes saisons	15
04	Les structures cellulaires d'une algue eucaryote	15
05	La microalgue est le siège d'un grand nombre de réactions métaboliques qui lui confèrent sa richesse d'exploitation	16
06	La photosynthèse par les microalgues	19
07	Le cycle de vie aquatique	25
08	La localisation géographique du Lac Tonga	32
09	Une carte de délimitation du bassin versant du Lac Tonga	33
10	L'espèce <i>Anguilla Anguilla</i> qui est protégé par l'organisation mondiale	45
11	Localisation des stations de prélèvement	48
12	Représente le matériel utilisé pour l'analyse des échantillons au laboratoire	51
13	Photographies d'un multi-paramètre «WTW. Multi 340i/ SET»	52
14	Représentation schématique des différentes méthodes de comptage	57
15	Les variations de la température des eaux du Lac	58
16	Les variations de l'oxygène dissous des eaux du Lac	60
17	Les variations de pH des eaux du Lac	61
18	Les variations de TDS des eaux du Lac	62
19	Les variations de la salinité des eaux du Lac	63
20	Les variations de la conductivité des eaux du Lac	64
21	La distribution des groupes phytoplanctoniques du Lac Tonga au niveau de S1	86
22	Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S1	86
23	La distribution des groupes phytoplanctoniques du Lac Tonga au niveau de S2	105
24	Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S2	106
25	Une comparaison entre la communauté phytoplanctonique des deux stations (S1 et S2)	110

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Les différents types nutritionnels des microalgues	17
02	Les effets nuisibles causés par le phytoplancton	23
03	Les différents domaines d'applications des microalgues	26
04	Des informations générales sur Lac Tonga	32
05	Quelques paramètres physico-chimiques du Lac Tonga	35
06	Types de plantes aquatiques et de fleurs qui caractérisent le Lac Tonga	38
07	Les arbres forestiers qui entourent le lac Tonga et contribuent à fournir de l'ombre et un habitat aux oiseaux	40
08	Espèces d'oiseaux migrateurs et en voie de disparition nichant en milieu aqueux	42
09	Les types distinctifs d'amphibiens et des reptiles trouvés dans l'environnement du lac	43
10	Les différents animaux présents dans l'aire géographique du Lac, dont certains sont en voie d'extinction	44
11	Les différentes espèces des insectes trouvées au niveau du Lac Tonga	46
12	Le matériel utilisé pour les analyses sur terrain et au laboratoire	51
13	Grille D'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	59
14	Grille de qualité pour le paramètre Oxygène dissous	60
15	Les valeurs de TDS avec leurs évaluations	62
16	La classification des eaux selon la salinité	63
17	Les valeurs de la conductivité selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau	64
18	La qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique	64
19	L'identification des taxons phytoplanctoniques de Lac Tonga au niveau de S1	65
20	L'identification des taxons phytoplanctoniques de Lac Tonga au niveau de S2	87

Liste des abréviations

ASP: Amnesic shellfish poisoning, acide domoïc. (Intoxications amnésiantes par les fruits de mer)

ARA: Acide arachidomique

AR: Abondance relative

ANPK: agence national des parcs d'El Kala

AFSSA: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

AGPI: acide gras polyinsatimé

CMF: la cytométrie en flux

CE: Conductivité électrique

DSP: Diarrheic shellfish poisoning, (Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer)

DHA: Acide Docosahexaénoïque

EPA: Acide eïcosapentanoïque

FACS: Fluorescence Activated Cell Sorting

M. A. B: Man and the Biosphere, un programme de l'UNESCO

NSP: Neurotoxic shellfish poisoning (Intoxications neurologiques par les fruits de mer)

n-3: Oméga 3.

ONU: organisation des Nations Unites

PNEK: Parc National d'El-Kala.

PSP: Paralyzing shellfish poisoning (Intoxications paralysantes par les fruits de mer)

PSN: produits de santé naturels

TBT: Tributylétain

UICN: L'union internationale pour la conservation de la nature

µs: micro- semence

DTX1: Dinophysistoxine-1

PTX2: Pectenotoxine-2

IDFM: Intoxications diarrhéiques par fruits de mer.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie théorique

Chapitre I: Synthèse bibliographique

1. Généralités sur le phytoplancton.....	5
2. La systématique du phytoplancton	6
2. 1. Les clés d'identification du phytoplancton	6
2. 1. 1. Le cas des algues vraies	6
2. 1. 2. Le cas des Cyanobactéries	7
2. 2. La classification du phytoplancton	7
2. 2. 1. Les cyanobactéries	8
2. 2. 2. Les Chlorophytes.....	9
2. 2. 3. Les Euglénophytes.....	10
2. 2. 4. Les Chrysophytes	10
2. 2. 4. 1. Les Chrysophycées.....	10
2. 2. 4. 2. Les Xanthophycées	11
2. 2. 4. 3. Les Diatomophycées (Bacillariophycées).....	11
2. 2. 4. 4. Les Raphidophycées	12
2. 2. 5. Les Pyrrophytes.....	12
2. 2. 5. 1. Les Cryptophycées.....	12
2. 2. 5. 2. Les Dinophycées	12
3. L'habitat et l'écologie du phytoplancton.....	13
4. Le cycle annuel du phytoplancton.....	14
5. La structure et la physiologie	15
6. Les modes de nutrition des microalgues	16
7. L'écophysiologie du phytoplancton	17
8. Les facteurs influençant le développement du phytoplancton	18
8. 1. Les facteurs abiotiques	18
8. 1. 1. La lumière	18
8. 1. 2. Le vent.....	19

8. 1. 3. Les facteurs physico-chimiques	19
8. 1. 3. 1. La température	19
8. 1. 4. La concentration des nutriments (éléments)	19
9. Les sources de nuisance du phytoplancton	23
9. 1. Le problème de nuisance d'eutrophisation	23
9. 2. Des autres nuisances des phytoplanctons	23
10. Les rôles du phytoplancton sur la planète	24
11. Les domaines d'application des microalgues	25

Chapitre II: Présentation du site d'étude

I. Présentation du Lac Tonga	31
1. La situation et localisation géographique du Lac Tonga	31
2. La description et délimitation	32
3. Les caractéristiques écologiques	33
4. Le climat	33
4. 1. La synthèse climatique du Lac Tonga	34
4. 1. 1. L'humidité de l'air	34
4. 1. 2. Les vents	34
5. Les précipitations	35
6. Les températures	35
7. Les données mésologiques du Lac Tonga	35
8. La pédologie	36
8. 1. Les informations sur les sols	36
9. L'hydrologie (sources hydrologique)	36
II. La diversité naturelle	37
1. La flore remarquable	37
1. 1. Les plantes aquatiques	37
1. 2. L'écosystème forestier (les arbres)	39
2. La faune remarquable	41
2. 1. L'avifaune (les oiseaux d'eau)	41
2. 2. Les reptiles et les amphibiens	43
2. 3. Les mammifères	44
4. 2. Les poissons	45
2. 5. Les insectes	46

III. Les microorganismes	46
IV. Les valeurs sociales et culturelles	46

Partie pratique

Chapitre III: Matériel et méthodes

1. Le choix des stations de prélèvement	48
2. L'échantillonnage	49
2. 1. Le prélèvement des échantillons	49
2. 2. La fixation	49
2. 3. L'enregistrement et l'étiquetage des échantillons	49
2. 4. Le transport et la conservation des échantillons	50
3. Les méthodes d'analyse et les instruments utilisés	50
3. 1. Les matériels utilisés pour l'étude de la communauté algale	50
4. Les analyses physicochimiques in situ	51
4. 1. La température	52
4. 2. L'oxygène dissous	53
4. 2. 1. Les échanges avec l'atmosphère (absorption - évaporation)	53
4. 2. 2. La photosynthèse	53
4. 3. Le potentiel hydrogène (pH)	54
4. 4. Le Total des Solides Dissous (TDS)	55
4. 5. La salinité	55
4. 6. La conductivité	55
5. L'analyse phytoplanctonique	56
5. 1. La méthode expérimentale	56
5. 2. L'analyse qualitative (Identification du phytoplancton)	56
5. 3. L'analyse quantitative (dénombrement du phytoplancton)	56

Chapitre IV: Résultats et interprétations

1. Les résultats des analyses physicochimiques et leurs interprétations	58
1. 1. La température	58
1. 2. L'oxygène dissous	59
1. 3. Le potentiel hydrogène (pH)	60
1. 4. Le Total des Solides Dissous (TDS)	61
1. 5. La salinité	62
1. 6. La conductivité	63

2. Les résultats des analyses phytoplanctoniques	65
2. 1. L'identification des taxons.....	65
3. L'interprétation des résultats.....	106
4. La comparaison entre la communauté phytoplanctonique de S1 et S2.....	109
Conclusion.....	111
Références bibliographiques.....	48
Résumé	

Introduction

Introduction

Les zones humides sont des milieux situés entre terre et mer où des variables spatiales et temporelles d'inondation existent. Selon la Convention de Ramsay «les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marines dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres» (**Convention de Ramsar, 2013**).

Les zones humides sont des milieux complexes, fragiles et divers. Sur les plans de diversité biologique et de productivité naturelle, elles font partie des écosystèmes les plus riches de la planète après les forêts tropicales (**Pearce et Crivelli, 1994**).

D'après un recensement effectué en 2006, l'Algérie dispose de 1451 zones humides dont 762 sont naturelles et 689 sont artificielles (**Fekir, 2010**). 50 sites parmi les 1451 sont classés sur la liste de la Convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale, avec une superficie de près de 3 millions d'hectares, soit 50% de la surface totale estimée des zones humides en Algérie. C'est le troisième pays en Afrique, après le Botswana (6, 8 millions d'ha) et la Tanzanie (3, 5 millions d'ha) et sur le plan international, notre pays se classe huitième après le Canada (13 millions d'ha), la Russie (10, 3 millions d'ha), l'Australie (5, 2 millions d'ha), le Brésil (4, 5 millions d'ha) et le Pérou (2, 9 millions d'ha) (**Annani, 2013**).

Les zones humides en Algérie occupent 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.

La réserve intégrale du Lac Tonga est un bon exemple d'une zone humide représentative, rare et unique de type de zone humide naturelle de la région méditerranéenne se situant dans un complexe de zones humides qui viendrait en troisième position après ceux du Delta de l'Ebre en Espagne et la Camargue en France (**Bakaria, F., Boumezbeur, A., 2003**).

Le Lac Tonga faisant l'objet de cette étude est situé au Nord Est algérien. Ce lac, unique en Algérie et en Afrique du Nord, est le site d'hivernage et de nidification le plus important pour l'avifaune aquatique de ces régions. Ainsi, il est classé site Ramsar, comme zone humide d'importance internationale, et constitue une réserve intégrale au sein du Parc national d'El-Kala.

Malgré les énormes services écologiques et économiques qu'elles procurent, les zones humides continuent malheureusement toujours à se dégrader ou à disparaître au niveau du bassin méditerranéen (**Chazée, 2012**). Les principaux facteurs de dégradation et de destruction sont: la pollution, la surexploitation et l'introduction d'espèces envahissantes, la conversion des terres, les extractions d'eau, le développement des infrastructures.

Un élément de la qualité de l'eau est le phytoplancton, qui est un excellent indicateur de la qualité biologique utilisée pour évaluer la situation environnementale dans les programmes et les réseaux de surveillance des différents écosystèmes aquatiques, principalement les eaux côtières, par la quantification des communautés de phytoplancton, qui sont généralement à la base des réseaux trophiques. Le phytoplancton est constitué de microorganismes unicellulaires autotrophes, capables de réaliser la photosynthèse et de produire tous les constituants nécessaires à la cellule en utilisant l'énergie lumineuse et des nutriments inorganiques. Ensuite, la matière organique produite est rapidement transférée aux échelons supérieurs.

Tout changement dans les communautés phytoplanctoniques ont des impacts à plus grande échelle sur la chaîne trophique ou sur la santé humaine. Les nombreuses études déjà réalisées sur l'analyse des changements du phytoplancton, que ce soit du point

de vue de l'abondance globale, des proportions des principaux groupes taxinomiques, de la structure des communautés phytoplanctoniques et des fluctuations de l'abondance d'une espèce, montrent que ces changements sont le plus souvent corrélés à des facteurs environnementaux. : Température, salinité, nutriments Comprendre les réponses aux changements et aux gradients environnementaux nécessite donc l'étude de plusieurs niveaux taxinomiques et fonctionnels à plusieurs échelles spatio-temporelles, ainsi que la confrontation des concepts écologiques aux observations *in situ* afin de développer des outils de gestion nécessaires à la réhabilitation et à la restauration des écosystèmes.

Les études au niveau du Lac Tonga sont réalisées beaucoup plus sur les phytoplanctons. Cette recherche résume les données sur les phytoplanctons recueillies à partir de deux stations dans la zone humide du lac Tonga au niveau du Parc National d'El Kala. Les objectifs visés dans cette étude sont:

- Le but principal de ce travail est d'évaluer qualitativement et quantitativement les peuplements phytoplanctoniques existants dans cette zone, afin d'explorer leur diversité.
- Caractérisation des types d'habitats et la qualité physico-chimique de l'eau du lac Tonga (Nord-Est, Algérie), à l'aide d'une multitude de paramètres mesurés *in situ*.
- Fourniture d'informations sur la richesse et l'abondance des phytoplanctons du lieu d'étude.
- Détermination de l'organisation spatiale et de la structure des phytoplanctons en fonction des caractéristiques environnementales du lieu d'étude.
- De suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques des eaux de lac Tonga.
- D'évaluer le niveau trophique de ces plans d'eau.
- Suivre la dynamique mensuelle du phytoplancton dans le Lac Tonga.
- Répartition spatiale du phytoplancton, ainsi que l'inventaire des genres identifiés dans le Lac.

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

- Dans le premier chapitre: une étude bibliographique qui inclut des généralités sur le phytoplancton, leur systématique, habitat et écologie, ainsi que des différents paramètres

qui peuvent avoir une influence sur ce dernier, leurs effets et leur rôle et leur domaines d'application

- Dans le deuxième chapitre, une présentation, nous parlerons du Lac Tonga site d'étude, déterminerons son emplacement et sa description, les caractéristiques écologiques, la diversité naturelle de la région (la flore, la faune).
- Le troisième chapitre: présente le matériel et les différentes méthodes utilisées pour mener à bien cette étude, choix de la Zone d'études et du matériel biologique, prélèvement et échantillonnage, méthodes et protocoles expérimentaux.
- Le quatrième chapitre: résultats et discussion sous forme de présentations graphiques des résultats et comparaison entre la communauté phytoplanctonique de chaque station.
- Enfin une conclusion clôture ce travail.

Partie théorique

Chapitre I: Synthèse bibliographique

Chapitre I: Synthèse bibliographique

1. Généralités sur le phytoplancton

Le plancton, terme employé à l'origine par Homère dans l'Odyssée pour désigner les animaux errant à la surface des flots, a plus tard, été défini par **Hensen (1887)**.

le phytoplancton du grec phyton: plante et planktos: errant, rassemble les organismes aquatiques flottant librement (**Prescott et al., 1995**). Parmi ces organismes, le phytoplancton, la composante végétale du plancton, est le premier maillon des chaînes trophiques des eaux marines et des eaux douces (**Cellamare, 2009**). On peut le trouver les phytoplanctons soit:

- En suspension dans l'eau: le phytoplancton (du grec «plaktos» =errer)
- Sur le sédiment ou les rochers: les microalgues benthiques (du grec «benthos» = fond)
(Fiche).

Les microalgues sont des organismes qui fabriquent leur substance à partir du gaz carbonique (CO₂) et des composés minéraux (azote, phosphates, potassium, fer, silice...) dissous dans l'eau. Pour cela, elles utilisent l'énergie de la lumière qu'elles captent grâce à la chlorophylle contenue dans leur cellule (**Mollo et Noury, 2013**).

Les organismes qui se procurent l'énergie nécessaire à leur croissance et à leur reproduction en combinant les modes de nutrition autotrophe et phagotrophe sont qualifiés de «mixotrophes» (**Stickney et al., 2000**). Par ailleurs, de nombreuses cellules phytoplanctoniques (les chrysophycées par exemple) sont capables de réaliser la mixotrophie, c'est-à-dire qu'elles possèdent des capacités hétérotrophes et elles utilisent des substances organiques à la base de leur métabolisme ou sont même capables d'ingérer des bactéries (**Domaizon et al., 2003; Zubkov, 2008**).

Les principaux sels minéraux nécessaires au développement du phytoplancton sont:

- Les nitrates, composés d'atomes d'azote et d'atomes d'oxygène.
- Le phosphore, composé d'atomes de phosphates et d'atomes d'oxygène.
- Les silicates, composés de d'atomes de silice et d'atomes d'oxygène, qui constituent 97% de la croûte terrestre.

-Le potassium, composé essentiellement d'atomes métalliques (Mollo et Noury, 2013).

Les microalgues sont responsables de 20% de la fixation du carbone et de 40% de la production primaire en milieu marin (Field et al., 1998).

La taille des microalgues est très variable, allant du micromètre à plusieurs centaines de microns (Borowitzka, 1997). Les cellules sont délimitées par une membrane plasmique le plus souvent associée à une paroi polysaccharidique. Elles contiennent dans leur cytoplasme de nombreux organites nécessaires à leur fonctionnement et à leur métabolisme.

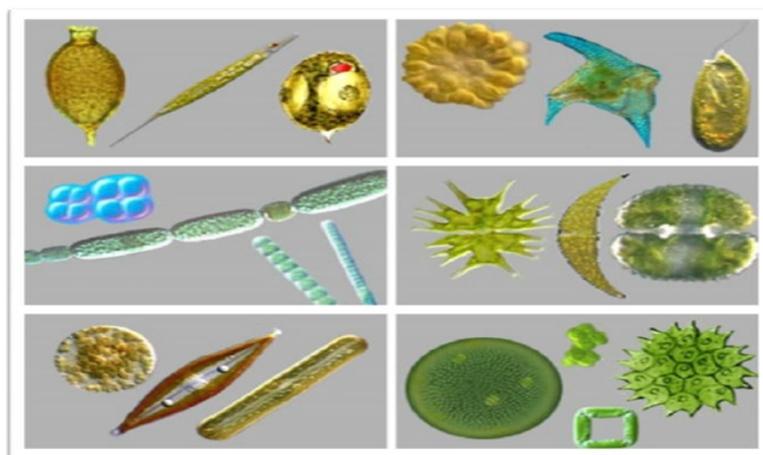


Figure 01: les microalgues (Nabris)

2. La systématique du phytoplancton

Le phytoplancton regroupe deux catégories bien marquées d'organismes en se basant sur un caractère cytologique, à savoir la présence ou l'absence de membrane nucléaire. Les individus qui en sont pourvus sont classés sous le nom d'eucaryotes ou algues vraies, ceux qui en sont dépourvus sous le nom de procaryotes ou Cyanobactéries (Coute et Chauveau, 1994).

2.1. Les clés d'identification du phytoplancton

Selon qu'il s'agit d'algues vraies ou de Cyanobactéries, les clés permettant l'identification du phytoplancton peuvent être résumées comme suit:

2.1.1. Le cas des algues vraies

Dans la systématique des algues vraies, les critères de classification proposée par (Bourelly, 1985) sont:

- La nature chimique des chlorophylles, des autres pigments et des réserves.
- La cytologie du noyau et de l'appareil flagellaire.
- Les caractères cytologiques.
- Le mode de reproduction et la complexité structurale.
- Les caractères morphologiques.

2.1.2. Le cas des Cyanobactéries

Dans la systématique des Cyanobactéries, les caractères morphologiques représentent les clés essentielles d'identification, dont les critères proposés par (Bourrelly, 1985) sont:

- ❖ La structure de la micro-algue «cellulaire ou filamenteuse».
- ❖ La forme de la colonie ou du trichome.
- ❖ La taille des cellules.
- ❖ La gaine gélatineuse «couleur et aspect»
- ❖ La présence ou non, de structures cellulaires caractéristiques «akinètes, hétérocystes et vacuoles gazeuses».

Selon Bourrelly, le sous embranchement des Cyanoschizophytinées appartient à l'embranchement des Schizophytes. Il forme la classe unique des Cyanophycées, qui est partagée en deux sous classes:

- ❖ Sous classe des Coccogonophycidées

Les Coccogonophycidées regroupent les formes solitaires ou coloniales, parfois filamenteuses mais sans hormogonie et se multiplient uniquement par spores unicellulaires, cette sous classe est repartie en trois ordres: Chroococcales, Chamaesiphonales et les Pleurocapsales.

- ❖ Sous classe des Hormogonophycidées

Les Hormogonophycidées regroupent les formes filamenteuses qui possèdent des trichomes, souvent engainés et se multiplient par hormogonies pluricellulaires, cette sous classe est repartie en deux ordres: Stigonématales et Nostocales.

2.2. La classification du phytoplancton

La classification des microalgues évolue au fil du temps. Elle se faisait traditionnellement, selon la pigmentation et les caractéristiques morphologiques (forme,

taille, organisation des chloroplastes, présence, disposition et structure des flagelles) ou biochimiques selon les types de chlorophylle, de la présence ou l'absence des pigments surnuméraires. Actuellement celle-ci est largement bouleversée par l'utilisation d'autres techniques de plus en plus avancées, à la fois en microscopie et en biologie moléculaire (Mann *et al.*, 2010).

À la classification traditionnelle basée sur la couleur, et qui comprenait lignées bleues (Cyanobactéries), brunes (Diatomées), rouges (Rhodophycés) et vertes (Chlorophycés), s'est substituée une classification plus complexe, telle qu'illustrée dans l'arbre phylogénétique de la figure 02. Cet arbre souligne la diversité et la distribution des microalgues. Les différents groupes de microalgues sont encadrés; et les couleurs indiquent la diversité de lapigmentation.

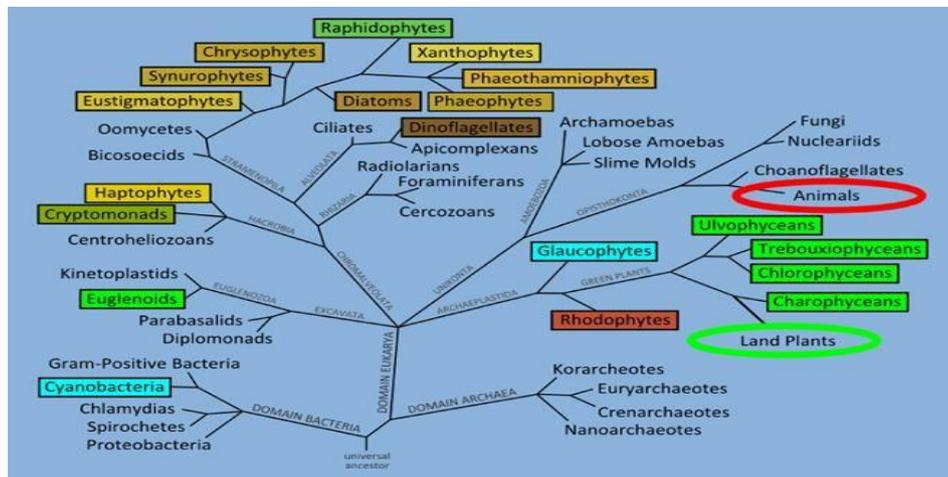


Figure 02: Arbre phylogénétique de classification des microalgues (1).

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

2.2.1. Les cyanobactéries

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

Les Cyanobactéries ne possèdent pas de noyau à membrane définie, ce sont des bactéries à Gram négatif «procaryotes» (Hoek *et al.*, 1995), les pigments présents dans la cellule sont nombreux: chlorophylle *a* et *c*, phycocyanine, phycoérythrine, et les

pigments d'accompagnements β -carotène et des xanthophylles. Certaines espèces ne possèdent que de la chlorophylle, ces pigments ne sont pas portés par des plastes mais sont diffusés dans le cytoplasme et donnent aux cellules une coloration homogène généralement bleu-vert (**Bourrelly, 1966**).

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

2.2.2. Les Chlorophytes

Les *Chlorophytes* ou algues vraies, constituent un groupe relativement homogène, malgré la diversité morphologique (**Pierre, 2001**). Ces algues sont unicellulaires, à thalle massif pluricellulaires ou coenocytiques. Elles possèdent des plastes d'un vert franc, contenant de la chlorophylle *a* et *b* associée à l' α et β -carotène et des xanthophylles (**Gorenflot et Guern, 1989**), les cellules mobiles sont isokontées et les réserves sont constituées d'amidon intraplastidial (**Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997**).

Cet embranchement comporte quatre classes: les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées (**Bourrelly, 1972**). Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces (**John, 1994**). Toutefois, la plupart des algues vertes planctoniques lacustres appartiennent à l'ordre des Volvocales et à celui des Chlorococcales qui font partie de la classe des Euchlorophycées (**Bourrelly, 1985**). Les cellules des Volvocales possèdent une paroi cellulaire glycoprotéique pourvue de 2,4 ou 8 flagelles de même taille, 1 noyau et 2 vacuoles contractiles localisées à la base des flagelles. Les Chlorococcales sont unicellulaires ou coloniales avec une membrane bien définie, parfois de formes filamenteuses (**Ettl et Gärtner, 1988**).

L'état végétatif est sous forme immobile et les flagelles sont absents au stade adulte. On distingue comme précédemment un noyau par cellule et les mêmes pigments majeurs (**Bourrelly, 1985**). Pour assurer leur reproduction, les Volvocales et les Chlorococcales forment des zoospores à l'intérieur de la paroi cellulaire de la cellule mère.

On distingue 3 types de zoospores: celles avec membrane et 2 fouets égaux, celles sans membrane et à fouets égaux et celles sans membrane et à fouets légèrement inégaux mais de même structure (**Bourelly, 1985**), dans les formes coloniales, chaque cellule de la colonie se divise par division végétative en n cellules formant $2 \times n$ cellules filles. On retrouve également 3 types de reproduction sexuée: isogamie (2 gamètes de même taille), anisogamie (gamète male plus petit que gamète femelle) et oogamie (gamète femelle non flagellé et gamète mâle flagellé) (**Nozaki, 2003**).

2.2.3. Les Euglénophytes

Les Euglénophytes sont des algues vraies unicellulaires, contenant des plastes verts renfermant de la chlorophylle *a* et *b*, associée à du β -carotène et des xanthophylles. Les réserves sont constituées de grains de paramylon extra plastidial (**Bourelly, 1968; Gorenflot et Guern, 1989**), et des gouttelettes lipidiques pouvant constituer des réserves supplémentaires (**De Reviers, 2003**). Les cellules mobiles possèdent un ou deux flagelles (**Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997**). Bien que certaines euglènes soient non pigmentées, phagotrophes (capable d'ingérer des particules solides) et par conséquent considérés comme des protistes animaux (ex protozoaires), la plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes (**Bourelly, 1985**).

Les euglènes sont réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces (**Rosowski, 2003**), la classe des Euglénophycées est unique pour cet embranchement. La multiplication s'effectue par division cellulaire (**De Reviers, 2003**).

2.2.4. Les Chrysophytes

Les Chrysophytes sont des algues vraies, caractérisées par des plastes bruns, jaunes ou vert-jaunâtres. Elles ne possèdent jamais d'amidon (**Pierre, 2001**), leurs réserves sont constituées de chrysolaminarine ou de laminarine, selon le cas (**Ba, 2006**), les cellules mobiles sont hétérokontées (**Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997**). Les Chrysophytes peuvent être divisés en:

2.2.4.1. Les Chrysophycées

Les Chrysophycées peuvent être unicellulaires ou coloniaux, rarement filamenteux à plastes jaunes ou bruns, renfermant des chlorophylles *a* et *c*, du β -carotène et diverses xanthophylles, elles forment souvent des logettes ou kystes siliceux plus ou moins sphériques (**Bourelly, 1968; Gorenflot et Guern, 1989**), dotée

de deux flagelles, elle peut se déplacer, sans toutefois contrer les courants, et occuper tout le volume des eaux de surface, à la différence des diatomées qui tombent rapidement au fond de la mer où elles nourrissent le zooplancton benthique et les filtreurs (huîtres, moules...) (Mollo et Noury, 2013), les cellules mobiles sont hétérokontées (Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997). La multiplication se fait par fission binaire ou par zoosporulation. Les phénomènes sexuels, rarement signalés, sont de nature isogamique (Canter-Lund et Lund, 1995).

2.2.4.2. Les Xanthophycées

Regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles (Groga, 2012). Les Xanthophycées sont des algues unicellulaires, pluricellulaires ou coenocytiques. Ils possèdent des plastes vert-jaune ou vert à peine jaunâtre où les chlorophylles *a* et *c*, sont associées à plusieurs xanthophylles et du β -carotène (Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997; Pierre, 2001), les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente, la paroi cellulaire est souvent absente et quand elle est présente, elle contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse chez plusieurs espèces. Les xanthophycées se divisent essentiellement par fission binaire mais peuvent également former des zoospores. La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (Groga, 2012).

2.2.4.3. Les Diatomophycées (Bacillariophycées)

Englobent plus de 100 000 espèces et on estime que seulement près de 15 000 ont été identifiées à ce jour. C'est un des groupes les plus importants du phytoplancton. Elles sont communément divisées en deux groupes: les diatomées centriques qui ont une symétrie radiale et les diatomées pennées qui ont une symétrie bilatérale (Groga, 2012), quatre groupes de diatomées pennées sont différenciés sur la base de ces structures: les Araphidées, les Raphidoidées, les Monoraphidées et les Biraphidées (Canter-Lund et Lund, 1995).

Les Diatomophycées sont des algues unicellulaires ou coloniales quelquefois filamenteuses, à plastes bruns ou jaunes contenant de la chlorophylle *a* et *c*, du β -carotène et plusieurs xanthophylles (Gorenflot et Guern, 1989), leur caractéristique principale est la présence d'une paroi cellulaire siliceuse appelée frustule (Germain, 1981). Elles sont dépourvues de flagelles et les mouvements se font grâce à la sécrétion de mucilage (De Reviere, 2003).

Les diatomées sont des cellules isolées (*Cyclotella*, *Navicula*, etc.) ou associées en structures pseudo-coloniales (*Asterionella*, *Fragilaria*, *Tabellaria*, etc.) (**Balvayt et Druart, 2009**), la reproduction végétative par division cellulaire est le mode le plus commun de multiplication (**Canter-Lund et Lund, 1995**).

2.2.4.4. Les Raphidophycées

Les Raphidophycées sont des algues unicellulaires et solitaires, nageant à l'aide de deux flagelles de taille inégale, leurs pigments sont constitués par de la chlorophylle *a*, du β -carotène et des xanthophylles (**Gorenflot et Guern, 1989**).

2.2.5. Les Pyrrophytes

Les Pyrrophytes sont des algues vraies, le plus souvent unicellulaires (**Larpent et Larpent-Gourgaud, 1997**), avec des plastes bruns, rarement rouges ou bleu-vert. Contenant des chlorophylles *a* et *c*, du β -carotène et parfois des biliprotéines, leurs réserves sont constituées par de l'amidon extraplastidial. Ils regroupent environ 300 espèces (**Kofoïd, 1909**). Les cellules mobiles possèdent deux flagelles (**Gorenflot et Guern, 1989**). On distingue deux classes:

2.2.5.1. Les Cryptophycées

Les Cryptophycées possèdent des formes unicellulaires, à fouets légèrement inégaux dirigés dans le même sens, sortant d'un cytopharynx (**Bourelly, 1968**). Les cryptophycées (200 espèces environ) toutes unicellulaires possèdent deux flagelles à insertion latérale elles se reproduisent par voie sexuée ou asexuée (**Oertli et Frossard, 2013**), ils sont aussi flagellés unicellulaires (*ryptomonas*, *rhodomonas*) renfermant en plus de la chlorophylle d'autres pigments comme caroténoïdes et des biliprotéines, cette composante du manoplancton (plancton dont la taille est égale ou inférieure à 20 μm) constitue une nourriture facilement ingérable pour les rotifères et les crustacés filtreurs (*daphania*, *bosmina*) (**Balvayt et Druart, 2009**), la reproduction se fait par fission binaire (**Starmach, 1974; Bourelly, 1985**).

2.2.5.2. Les Dinophycées

Les Dinophycées appelées aussi dinoflagellés ou péridiniens (**Oertli et Frossard, 2013**) regroupent environ 300 espèces et sont des algues flagellées unicellulaires dont la plupart sont mobiles (**Kofoïd, 1909**).

Les Dinophycées sont majoritairement unicellulaires, cependant ils existent quelques rares formes filamenteuses, pourvues de deux flagelles dirigés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre, l'un longitudinal et l'autre transversal (**De Reviere, 2003**). Les Dinophycées possèdent plusieurs pigments chlorophylliens (a et c notamment) ainsi que des xanthophylles leur conférant souvent un aspect brun. Ils possèdent des plaques de cellulose sur la partie externe de la membrane et la taxonomie de ces microorganismes est basée sur le nombre et l'arrangement de ces plaques (**Kofoed, 1909**). La reproduction est très majoritairement asexuée (**Oertli et Frossard, 2013**).

3. L'habitat et l'écologie du phytoplancton

Les organismes qui constituent le phytoplancton est d'une extrême plasticité écologique. Ces espèces très ubiquistes colonisent les biotopes terrestres et aquatiques (**Fogg et al., 1973**). Les algues bleues ou cyanobactéries sont les premières traces de vie de notre planète terre, il y a environ 4 milliards d'années. Des algues rouges, vertes et brunes sont apparues par la suite (2).

Le phytoplancton peut vivre partout où il y a de l'eau. On le trouve aussi bien dans les eaux douces, marines que saumâtres (mélange d'eau douce et d'eau salée comme les estuaires). Ainsi, la concentration de phytoplancton est jusqu'à dix fois plus forte dans les eaux continentales qu'en haute mer (**Mollo et Noury, 2013**).

Quelques espèces sont recensées dans les eaux thermales tandis que d'autres tolèrent les basses températures des lacs arctiques et antarctiques (**Skulberg, 1996**). Certaines espèces vivent en association avec des animaux comme des protozoaires, des éponges ou des ascidies (endozooques) ou avec des végétaux comme des fougères aquatique ou des angiospermes (endophytiques) (**Couté et Bernard, 2001**). Elles peuvent encore vivre en symbiose avec des champignons et des algues vertes comme dans le cas des lichens. Dans le cas où elles sont strictement aquatiques, elle peuvent être planctoniques, vivant dans la colonne d'eau, ou benthiques fixées ou très proches des divers substrats (roches, algues, animaux) et se développent même à l'intérieur des sédiments (**Mur et al., 1999; Couté et Bernard, 2001**).

Le phytoplancton vit là où les éléments de la photosynthèse sont réunis: la lumière, les sels minéraux, le gaz carbonique.

Les différentes espèces de phytoplancton ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu, en particulier la turbulence. Leurs taux de croissance, ainsi que leur dépendance vis-à-vis des nutriments, sont également variables. En outre, afin de faire face aux variations environnementales, les espèces phytoplanctoniques ont développé des stratégies adaptatives, telles que différents mécanismes favorisant leur mobilité et leur migration vers des zones riches en nutriments et en lumière (**Groga, 2012**).

4. Le cycle annuel du phytoplancton

En théorie, le phytoplancton se développe de préférence au printemps et à l'automne, lorsque les conditions sont optimales.

Aujourd'hui, ce rythme annuel est de moins en moins respecté en raison de l'évolution du milieu (excès d'apports en nutriments, réchauffement climatique) et certaines espèces peuvent proliférer tout au long de l'année (**Mollo et Noury, 2013**).

D'une manière générale, les principales étapes du cycle annuel phytoplanctoniques, correspondent aux rythmes saisonniers. La saison hivernale peut être prise comme point de départ. A ce moment, le phytoplancton est dans une phase pauvre en espèces et en individus sont relativement peu nombreux. D'autre part, le phytoplancton et zooplancton apparaissent en état d'équilibre, la production végétale commence à peine durant cette saison, les eaux s'enrichissent en éléments nutritifs soit par apports fluviaux, soit par minéralisation de détritiques organiques d'origines diverses (**Bougis, 1974**).

Dès le début du printemps on peut assister à une augmentation significative du phytoplancton, d'abord par un accroissement du nombre des espèces comme des individus. Les fortes teneurs en sels nutritifs (azotés, phosphorés, etc.) à cette époque, ainsi que l'accroissement des températures et celui concomitant des salinités, l'ensoleillement progressif, créent une situation favorable pour induire ce développement phytoplanctonique. Il se continue ensuite durant tout le printemps jusqu'à atteindre le maximum annuel mais avec quelques espèces, parfois une ou deux, dotées d'un taux de multiplication élevé.

En été la production phytoplanctonique régresse, soit parce que le milieu est en parce que le développement consécutif du zooplancton herbivore arrive à son point culminant et contrôle la production végétale, soit due à l'état physiologique des espèces dominantes de la phase précédente (**Bougis, 1974**).

On constate donc en automne une nouvelle poussée de la microflore planctonique qui utilise pour son développement le matériel remis en circuit, à un moment où les conditions générales du milieu sont redevenues favorables (**Bougis, 1974**).

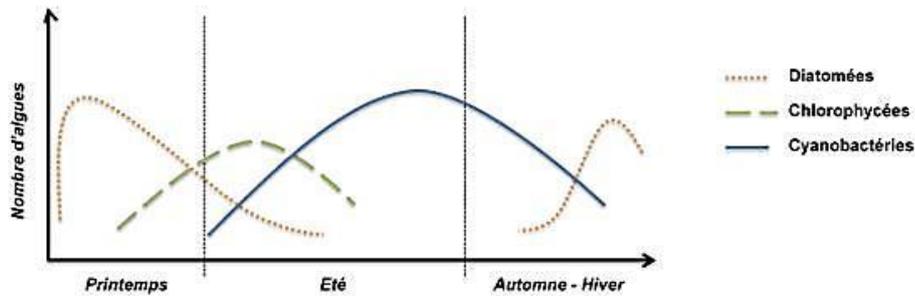


Figure03:la prolifération des phytoplanctons à différentes saisons (3).

5. La structure et la physiologie

Les différents groupes de microalgues possèdent généralement plusieurs pigments photosynthétiques. Toutes contiennent de la chlorophylle a (Chla), qui peut être complétée selon les classes et les espèces par des chlorophylles b, c, ou d et diverses caroténoïdes. Les Chlorophytes ne contiennent que des chlorophylles a et b ainsi que des caroténoïdes. On peut distinguer deux types de pigments, les pigments photosynthétiques et les pigments non-photosynthétiques. C'est dans les chloroplastes, et plus précisément dans les membranes thylacoïdes, que se déroule la réaction d'oxydoréduction qui permet de réduire le dioxyde de carbone à partir de l'hydrogène de l'eau en sucres simples et en oxygène. La figure 4 suivante présente les principales structures des cellules algales eucaryotes.

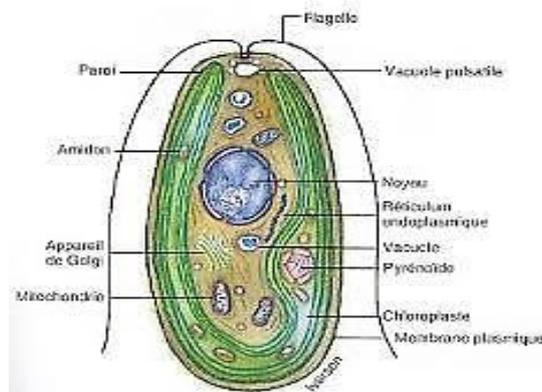


Figure 04: Structures cellulaires d'une algue eucaryote (**Boileau, 2015**).

• La composition interne

Sur une basse sèche, les microalgues sont constituées majoritairement de carbone (Van et al., 2012), la composition interne en métabolites varie selon les espèces, mais peut aussi varier énormément selon les conditions du milieu. Typiquement, les cellules contiennent 17 entre 30 % et 50 % (poids sec) de protéines et le reste du carbone est principalement contenu sous forme de glucides (5-40 %) et de lipides (3-20 %) (Falkowski et Raven, 2007).

Les microalgues ont démontré une certaine capacité à accumuler rapidement les lipides, ce qui leur a permis de se profiler dans le domaine des biocarburants. Des concentrations internes de lipides de plus de 30 % ont été obtenues en laboratoire en utilisant des eaux usées comme milieu de culture (Pittman et al., 2011). Par ailleurs, il a été démontré qu'une limitation en azote dans le milieu stimulerait la production de lipides dans la cellule (Chen et al., 2011).

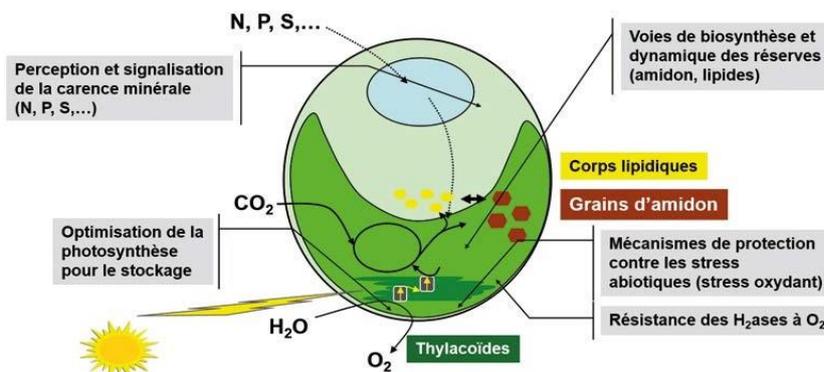


Figure05: Le microalgue est le siège d'un grand nombre de réactions métaboliques qui lui confèrent sa richesse d'exploitation(4).

6. Les modes de nutrition des microalgues

Les microalgues peuvent se nourrir suivant différents modes pour accomplir leurs fonctions biologiques: autotrophe, hétérotrophe et mixotrophe (Isabelle, 2010).

L'autotrophie est un mode de nutrition des microalgues leur permettant d'utiliser les rayons solaires afin de synthétiser leur énergie. Les microalgues de métabolisme autotrophe utilisent également une source de carbone inorganique comme le CO₂ et le HCO³⁻ pour la synthèse du carbone organique. Ce carbone organique est essentiel à la synthèse de toutes les composantes organiques nécessaires à leur survie (Louka, 2013).

Par contre, les microalgues ayant un métabolisme hétérotrophe n'ont pas besoin de l'énergie solaire mais elles utilisent plutôt une source de carbone organique pour la production de l'énergie et des composants organiques (**Gerig, 2001**).

Les microalgues de métabolisme mixotrophe peuvent, soit avoir un métabolisme autotrophe, ou encore hétérotrophe. En effet, en absence d'énergie lumineuse, lorsqu'une source de carbone organique est disponible, le développement des chloroplastes est inhibé et ces microalgues métabolisent leur énergie en mode hétérotrophe (**J. Singh, S. Gu., 2010**).

Tableau 01: Les différents types nutritionnels des microalgues (**El hifnawy, 2016**).

Mode de nutrition	Source d'énergie	Source de carbone
Photoautotrophe	Radiation solaire	CO ₂ seulement
Photohétérotrophe	Radiation solaire	CO ₂ et carbone organique
Chemoautotrophe	Composé inorganique	CO ₂
Chemohétérotrophe	Composé organique	Carbone organique

7. L'écophysiologie du phytoplancton

Les conséquences éco-physiologiques associées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques sont nombreuses, car les différentes espèces ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu. Afin de faire face aux variations environnementales, les espèces phytoplanctoniques ont développé des stratégies adaptatives telles que (**Gailhard, 2003**):

- ✚ Différents mécanismes favorisant la mobilité et la migration vers des zones riches en nutriments et en lumière.
- ✚ La compétition interspécifique et les mécanismes de défense contre la prédation, ainsi que le mode de nutrition mixotrophe.

En supposant la lumière, la température et l'hydrodynamisme favorables à la croissance du phytoplancton, la biodisponibilité des nutriments présents dans l'eau (contrôle ascendant) et l'intensité de la prédation (contrôle descendant) commandent le développement des espèces phytoplanctoniques. La demande exercée par les organismes est fonction de la composition de leurs tissus vivants (**Hutchinson, 1957**).

8. Les facteurs influençant le développement du phytoplancton

La dynamique des populations phytoplanctoniques est influencée par de nombreux facteurs environnementaux, qui agissent sur les populations et par conséquent sur la dynamique des espèces (**Hutchinson, 1957**).

8.1. Les facteurs abiotiques

Les facteurs climatiques influencent le fonctionnement d'un écosystème, il s'avère que l'altération des caractères physico-chimiques de l'eau est doublée par une variabilité des conditions météorologiques (**Chaocachi et al., 2002**).

8.1.1. La lumière

La lumière est un facteur de très grande importance pour le phytoplancton, du fait qu'elle intervient dans la photosynthèse. Le phytoplancton requiert un éclairage minimal pour accomplir la photosynthèse (**Fig. 06**), cette dernière est inhibée à des intensités d'éclairages trop élevées (**Gayral, 1975**).

Seules les radiations solaires ayant une longueur d'onde entre 400 et 700 nm peuvent être absorbées par les microalgues et les plantes pour effectuer la photosynthèse ce qui coïncide avec l'intervalle de la longueur d'onde visible pour l'être humain. Chaque espèce algale a une activité optimale dans un intervalle de luminosité spécifique. En dehors de cette plage, il y aura une photo inhibition qui ralentit l'activité photosynthétique des microalgues (**Powles, 1984**).

L'effet de la luminosité varie en fonction de la température certaines espèces supportent une intensité plus forte en élevant la température (**Richmond, 1986**).

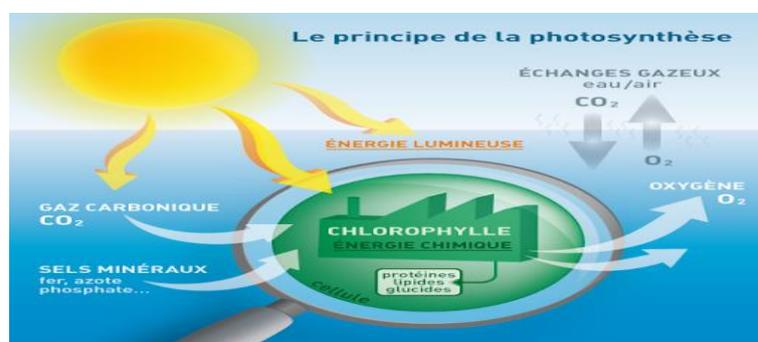


Figure 06: la photosynthèse par les microalgues (5).

8.1.2. Le vent

Les études de fluctuation des vents sont nécessaires afin de comprendre le fonctionnement de l'écosystème. En effet, le vent a une grande influence sur la transparence de l'eau et le déplacement des espèces (**Demers *et al.*, 1987; Millet, 1989; Carrick *et al.*, 1993; Herrera-Silveira et Comin, 1995; De Casabianca et Kepel, 1999**).

8.1.3. Les facteurs physico-chimiques

Parmi les facteurs physico-chimiques les plus importants, on peut citer:

8.1.3.1. La température

La température est un des facteurs importants affectant la croissance des microalgues. Chaque espèce de microalgues possède une température caractéristique optimale pour son développement et pour sa croissance (**Villay, 2013**) a proposé qu'un intervalle entre 10°C et 30°C soit convenable pour la plupart des espèces algales.

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 Hadj Ali, 1981**), en plus, elle représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des espèces (**Ramade, 1984**).

8.1.4. La concentration des nutriments (éléments)

Les microalgues ont besoin pour leur développement, croissance et efflorescence de nutriments. On les divise en deux groupes les macronutriments et les micronutriments.

8.1.4.1. 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 carbone, nitrogène et phosphore et leurs formes d'assimilation par les microalgues.

8.1.4.1.1. Le carbone

Les microalgues peuvent assimiler le carbone inorganique par la photosynthèse. L'énergie solaire est utilisée pour assimiler le CO₂ et le transformer en sucre selon la réaction suivante: $6\text{H}_2\text{O} + 6 \text{CO}_2 + \text{lumière} \Rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

En plus des *Cyanophycées*, les *Chlorophycées* plus particulièrement ne sont pas limitées dans leur développement par de très faibles teneurs de CO₂ dans les eaux. Les espèces adaptées à de telles conditions disposeraient d'un équipement enzymatique qui agirait comme une pompe au niveau de la membrane externe, extrayant le CO₂ de leur environnement immédiat et le concentrant à l'intérieur de la cellule (**Carmouze et al., 1994**).

8.1.4.1.2. L'azote

Outre le carbone, l'azote est un second nutriment essentiel pour la croissance des microalgues comme il constitue 10 % de la biomasse (**Becker, 1981**).

Le phytoplancton devra trouver une source d'azote, sa croissance est proportionnelle à la quantité d'azote dans le milieu (**Bougis, 1974**). L'azote est assimilé sous deux formes essentielles par les microalgues: l'ammoniac NH₃ et le nitrate NO³⁻. Les nitrites sont toxiques à des concentrations élevées pour le phytoplancton (**Sevrin et al., 1995**).

8.1.4.1.3. 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 (**Bougis, 1974**), 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 (**Gayral, 1975**).

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 (**Pick et Lean, 1987**).

8.1.4.2. Les micronutriments

Les micronutriments sont des nutriments nécessaires pour la croissance algale mais en une petite quantité. Nous citons, le manganèse, le molybdène, le cuivre, le fer, le zinc, le chlore et le nickel ainsi que quelques éléments sont essentiels pour certaines espèces de microalgues comme le sodium, le cobalt, l'iode et le sélénium (**Fogg, 1975**).

8.1.5. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous (O_2) est nécessaire à la respiration des algues et des animaux aquatiques, il existe toujours en quantité voisine de la saturation dans les eaux superficielles (**Des Abbayes et al., 1978**).

Le phytoplancton n'est pas gêné par des très faibles concentrations en O_2 , car il peut être au contraire un inhibiteur de la photosynthèse, à de très fortes concentrations (**Sevrin et al., 1995**).

La composition ionique de la solution et la solubilité de l'oxygène affecte la concentration de l'oxygène dissous (**Richmond, 1986**), comme la température a un effet sur la solubilité de l'oxygène donc la concentration de l'oxygène dissous dépend fortement de la température. Plus la température augmente, plus la concentration en oxygène dissous diminue en solution. Lorsqu'il y a un excès d'oxygène dissous, on parle de toxicité de l'oxygène qui est le résultat soit d'une photosynthèse intense (**Wetzel, 1975**).

8.1.6. Le pH

La croissance d'algues peut également être affectée par le pH. Les différentes espèces ont différents niveaux de pH optimaux. Le pH augmente généralement due à l'assimilation du dioxyde de carbone (**Borowitzka, 1998**). Il peut atteindre 11 ou plus, si le bicarbonate est utilisé comme source de carbone (**Fogg, 1975**). L'absorption du phosphate et du nitrate par les algues affectent le pH. L'assimilation d'ions de nitrate augmente le pH et l'assimilation d'ions ammonium diminue le pH aussi bas que 3 (**Fogg, 1975**).

Un pH élevé peut conduire à la précipitation des phosphates sous forme de phosphates de calcium (**Borowitzka, 1998**) et peut aussi entraîner la floculation des algues, réduisant ainsi l'absorption des nutriments et la croissance. Toutefois, dans les milieux très eutrophes, l'augmentation du pH entraîne une diminution de la solubilité des

bicarbonates dans l'eau pouvant créer une limitation de croissance du phytoplancton (Sevrine *et al.*, 1996).

En eau douce, les milieux naturels sont généralement tamponnés à un pH de 7 à 8, le pH influe sur la forme chimique du gaz carbonique (CO_2) qui présente dans l'eau différentes formes en équilibre. A pH neutre, la forme dominante est l'ion bicarbonate (HCO_3^-), le gaz carbonique (CO_2) ne se rencontre qu'à pH acide, cependant la forme carbonate (CO_3^{2-}) est pratiquement absente des eaux naturelles (Gaujous, 1995).

8.1.7. Les produits toxiques

Plusieurs produits sont considérés toxiques pour les microalgues et les cyanobactéries. Les métaux lourds, les pesticides, les substances présentes dans les détergents ont un effet inhibiteur sur la croissance des microalgues lorsqu'ils sont présents en concentration importante (El Hifnawy, 2016).

8.1.8. Les oligoéléments

Les oligoéléments tels que le soufre et le chlore, ne sont jamais ou rarement liés à une limitation de la croissance du phytoplancton (Moss, 1980). Cependant le fer et le zinc pourraient être, à l'origine de la synthèse des toxines chez les Cyanobactéries (Lukc et Aegerter, 1993).

8.2. Les facteurs biotiques

Autre que les facteurs physiques et chimiques, la compétition entre les espèces de microalgues est un des facteurs biotiques limitant la croissance algale. Par exemple, il existe des cyanobactéries qui libèrent des toxines ayant des effets inhibiteurs sur la croissance d'autres espèces de microalgues. De même il existe quelques espèces de microalgues qui peuvent libérer des substances antibactériennes (El Hifnawy, 2016).

8.3. Les facteurs biologiques

Parmi les facteurs biologiques les plus importants qui contrôlent le développement du phytoplancton, on peut citer:

8.3.1. Le contrôle de la position dans la colonne d'eau

La régulation de la position dans la colonne d'eau par l'intermédiaire de vacuoles gazeuses est l'une des caractéristiques des Cyanobactéries (Olivier et Ganf, 2000). Ce

mécanisme leur permet d'exploiter les gradients opposés de lumière et de sels nutritifs qui peuvent apparaître (Reynolds, 1992).

8.3.2. Le broutage par le zooplankton

Le zooplancton est l'ensemble des organismes animaux incapables de lutter contre les courants d'eau (Henning et al., 1991). Le broutage du phytoplancton par le zooplancton est l'un des facteurs de contrôle descendant (Lampert, 1987), car il influe sur la densité phytoplanctoniques et la composition du phytoplancton (Henning et al., 1991). Son impact sur le phytoplancton dépend surtout de sa composition spécifique et non de son abondance numérique (Sevrin, 1997).

9. Les sources de nuisance du phytoplancton

9.1. Le problème de nuisance d'eutrophisation

L'eutrophisation correspond à une production élevée de biomasse phytoplanctonique, liée à un milieu fortement enrichi en sels nutritifs qui peut causer des nuisances pour l'écosystème et pour l'homme (Menesguen et al., 2001).

9.2. Des autres nuisances des phytoplanctons

Tableau02: les effets nuisibles causés par le phytoplancton (Zingone et Enevoldsen, 2000).

Impacts	Organisme responsables	
La santé humaine		
Intoxications paralysantes par les fruits de mer (PSP).	Dinoflagellés	<i>Gymnodinium catenatum</i>
	Cyanobactéries	<i>Anabaena circinalis</i>
Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer (DSP).	Dinoflagellés	<i>Prorocentrum sp</i>
Intoxications neurologiques par les fruits de mer (NSP).	Dinoflagellés	<i>Karenia brevis</i>
Intoxications amnésiantes par les fruits de mer (ASP).	Diatomées	<i>Pseudo-nitzschia sp</i>
Intoxications par les azaspiracides (AZP).	Inconnu	Inconnu

Tableau 02: (Suite)

Intoxications de type ciguatérique (CFP).	Dinoflagellé	<i>Gambierdiscus toxicus</i>
Hépatotoxines.	Cyanobactéries	<i>Microcystis sp</i>
Neurotoxines.	Cyanobactéries	<i>Aphanizomenon sp</i>
Cytotoxines.	Cyanobactéries	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
Dermatotoxines.	Cyanobactéries	<i>Lyngbya majuscula</i>
Les ressources marines naturelles et exploitées		
Lésions mécaniques.	Diatomées	<i>Chaetoceros sp</i>
Les activités touristiques		
Production d'écume, de mucilage, variation de la couleur de l'eau et odeurs nauséabondes.	Dinoflagellés	<i>Prorocentrum sp</i>
	Diatomées	<i>Cylindrotheca clostenum</i>
	Cyanobactéries	<i>Aphanizomenon flosaquae</i>
Le fonctionnement de l'écosystème		
Toxicités pour les organismes marins (poissons, invertébrés, ...).	Dinoflagellés	<i>Alexandriumsp</i>
	Diatomées	<i>Pseudo-nitzschiaaustralis</i>

10. Les rôles du phytoplancton sur la planète

- Ce sont de tels organismes qui sont à l'origine de l'oxygène de l'atmosphère terrestre permettant ainsi le développement d'autres formes de vie, dont la nôtre (7). L'importance du phytoplancton dans les milieux aquatiques est due à leur capacité de synthétiser des hydrates de carbone et de l'oxygène, à partir des éléments minéraux dissous dans l'eau et de l'énergie lumineuse, selon l'équation de Redfield (Stumm et Morgan, 1996).
- Leur propriété d'absorber le CO₂ pour rejeter l'oxygène en présence de lumière les met à la pointe de l'actualité en ce qui concerne leur rôle éventuel sur une diminution de l'effet de serre (7).
- L'importance du phytoplancton était déjà perçue chez les pêcheurs au moyen âge chez lesquels existait l'adage «qui dit poisson dit plancton» (Trégouboff et Rose, 1957), le phytoplancton est situé à la base de la chaîne trophique pélagique, il est responsable d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques (Reynolds,

1998), de ce fait il conditionne la production de poissons, de moules, d'huîtres, de crevettes et d'autres produits (Hansen *et al.*, 2001).

- A partir de cultures de phytoplancton, de nombreuses applications sont possibles, aussi bien en aquaculture, pour la nourriture des espèces cultivées, (larves et/ou adultes de mollusques, crustacés, poissons) qu'en bio-technologie comme la cosmétologie, la recherche de bio-carburant, . . . (7)
- Certaines espèces du phytoplancton, peuvent être utilisées comme des indicateurs de pollution, ainsi *Chamaesiphonpoloniuset Calothrissps* sont caractéristiques des eaux non polluées, par contre *Oxillatoria chlorinaet Spirulinajenneri* peuvent survivre dans les milieux très pollués et pauvres en oxygène. Cependant *Phormidiumsp* est présent dans les eaux moyennement polluées (Champiat et Larpent, 1994), certains genres de phytoplancton comme: *Euglena*, *Volvox* et *Spirogyra* sont des bio accumulateurs d'éléments radioactifs. Ils sont utilisés pour lutter contre ce type particulier de pollution (Champiat et Larpent, 1994).

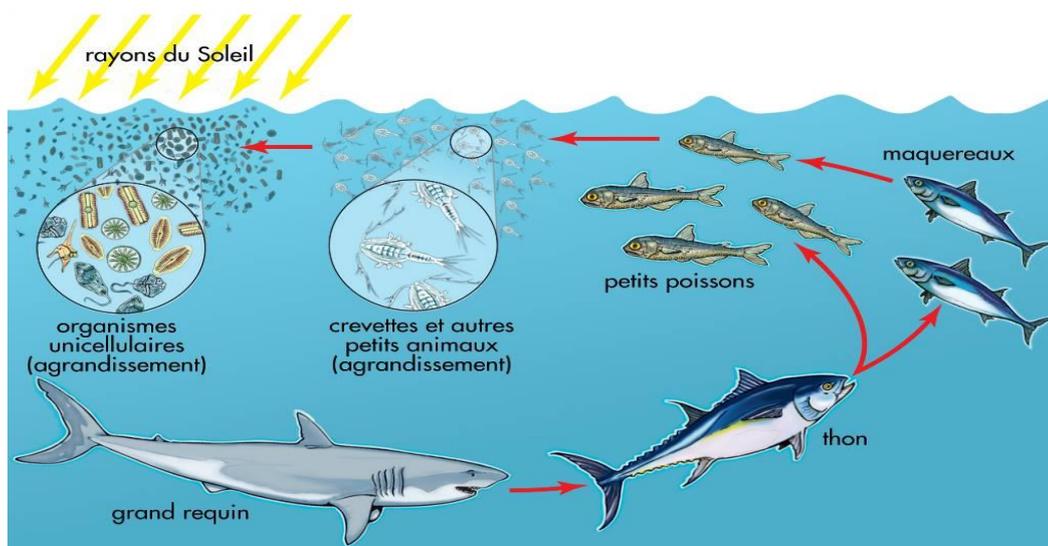


Figure07: le cycle de vie aquatique (6).

11. Les domaines d'application des microalgues

Le tableau 03 ci-dessous résume les domaines d'application connus les plus importants pour les microalgues.

Tableau03: Les différents domaines d'applications des microalgues.

Les applications en bio-énergie
<p>Les micro-algues peuvent être une source d'énergie non négligeable. Comme toute biomasse (Céline, 2013), celles-ci peuvent produire du biogaz par méthanisation sous forme de bio-méthane ou sous forme d'électricité et/ou chaleur par combustion directe, ou sous forme de biocarburant ou d'hydrogène(Chisti, 2008). Certaines micro-algues sont riches en sucre et peuvent produire alors du bioéthanol. D'autres riches en lipides permettront la production de biodiesel. Parmi ces différents scénarios, la production de biogaz et de biodiesel sembleraient être les plus pertinentes (Céline, 2013).</p>
La production de biodiesel
<p>Le biodiesel est une énergie de combustion sous forme d'huile. Les lipides intéressants pour la production de biodiesel sont les triglycérides Ceux-ci par réaction de transestérification avec un alcool conduisent à des esters utilisables dans les moteurs à combustion. Certaines microalgues peuvent atteindre jusqu'à 50 % de leur poids sec en triglycérides dans certaines conditions environnementales. Les teneurs en lipides des microalgues varient en fonction de l'espèce et des conditions de culture. Certains stress induisent la production de lipides chez les microalgues (Mélanie, 2009).</p>
La production de bioéthanol
<p>Généralement, l'éthanol est produit à partir de matière première riche en sucre ou en amidon. Certaines micro-algues disposent d'une paroi cellulaire composée de polysaccharides et d'autres peuvent contenir jusqu'à 50% d'amidon. Elles peuvent donc être utilisées comme matière première dans le processus de production d'éthanol. Des micro- algues comme <i>Chlamydomonas perigranulata</i> ou <i>Chlorella vulgaris</i> peuvent aisément donner lieu à une production d'éthanol ou d'autres alcools grâce à l'auto-fermentation de leur amidon (Céline, 2013).</p>
La production de biogaz
<p>Après fermentation dans un digesteur, les microalgues génèrent un biogaz composé de 70 % de méthane, les autres gaz étant du CO₂ et du N₂ (Céline, 2013), le grand avantage de la méthanisation est que la biomasse n'a pas besoin d'être séchée alors que pour de nombreuses voies de valorisation de la biomasse, une étape de séchage est requise (Mélanie, 2009).</p>
La production d'hydrogène
<p>Le bio-hydrogène est une source efficace d'énergie renouvelable qui suscite actuellement de nombreuses recherches. Il n'est ni toxique, ni polluant, plus énergétique que le pétrole et abondant. En revanche, les techniques de production disponibles à ce jour comme par exemple l'électrolyse de l'eau, la gazéification ou la pyrolyse de la biomasse disposent de coûts de production élevés. Depuis plusieurs années, les micro- algues et les bactéries ont été étudiées à cette fin (Asfour, 2019). C'est</p>

Tableau03: (Suite)

Hans Gaffron qui fut à l'origine en **1939** de cette nouvelle voie de production de l'hydrogène impliquant des microalgues (**Melis et Happe, 2006**). l'hydrogène est sûrement l'un des carburants le plus respectueux de l'environnement au niveau de l'effet de serre (**Mélanie, 2009**).

La production de Le bio-oil

Le bio-oil représente une alternative intéressante aux biocarburants liquides. Il est produit par conversion thermochimique de la biomasse à haute température et en l'absence d'oxygène (**Carlsson et al., 2007**). On distingue deux procédés différents: la pyrolyse et la liquéfaction thermochimique (**Asfour, 2019**). Plusieurs études se sont intéressées à l'implication des microalgues dans la synthèse du bio-oil (**Tsukahara et Sawayama, 2005; Demirbas, 2006**).

Des applications en alimentations

Ces microorganismes sont utilisés dans l'alimentation animale et humaine, et dans l'aquaculture (**Pulz et al., 2004**). La biomasse peut être produite sous forme de poudre, tablettes, capsules, pastilles... Au niveau de l'alimentation humaine, deux espèces de microalgues, *Chlorella* et *Spirulina*, dominent le marché mondial (**Osinga et al., 1999**). les microalgues sont considérées comme une source potentielle source potentielle d'AGPI (**Jiang et al., 1999**), destinée à l'alimentation humaine et animale. Les microalgues ont un potentiel intéressant de production de pigments (**Lorenz et Cysewski, 2000**) le β -carotène est un pigment synthétisé par l'algue *Dunaliella* et est utilisé comme colorant en industrie alimentaire. D'autres caroténoïdes, tel que l'astaxanthine synthétisé par l'algue *Haematococcus*, la lutéine, zéaxanthine et canthaxanthine sont des antioxydants utilisés en alimentation humaine, animale et en aquaculture. Les phycobiliprotéines sont des pigments qui peuvent être utilisées comme colorants naturels en industrie alimentaire comme l'huile de soja (**Gouveia et al., 2007**). Les polysaccharides (polymères hydrosolubles) issues des microalgues sont exploités dans l'industrie agroalimentaire en tant que agents gélifiants ou épaississants (**De la Noüe et al., 1988**). Le glycérol (molécule intervenant dans les systèmes d'osmorégulation des microalgues), est exploité dans l'agroalimentaire comme édulcorant. C'est l'algue *Dunaliella salina* qui en est la plus riche (**Asfour, 2009**). L'ajout de micro algues très riche en Omega-3 (EPA et DHA) dans l'alimentation des animaux de ferme pourrait s'avérer une avenue commerciale très intéressante afin d'obtenir des œufs et du lait enrichis en Omega-3 présentant un effet potentiel réel sur la santé des consommateurs (**Chouinard, 2005**).

Tableau03: (Suite)

Applications en pharmacies
<p>Au vu de leur grande diversité biochimique, les microalgues représentent une source intéressante de molécules bioactives et de toxines utilisables dans le développement de nouveaux médicaments. Plusieurs études ont permis de mettre en évidence l'implication des microalgues dans le domaine pharmaceutique par l'identification de nouvelles molécules naturelles (Hoppe, 1979; Taleb, 2015). Les polysaccharides extraits des microalgues trouvent des applications industrielles et commerciales dans le domaine médical (activités antioxydantes, antivirales, anti-tumorales et anticoagulantes (Mayer et Hamann, 2004). Dans ce sens, la tubercidine, une molécule cytotoxique, a été identifiée chez la microalgue <i>Tolythrixbyssoides</i> ainsi que chez les cyanobactéries (Patterson et al., 1991).</p>
Antivirale
<p>Elle présente une action effective in vitro contre un type de leucémie lymphoïde. D'autres démarches ont été entreprises, entre autres par «l'Institut National du Cancer» avec un programme de dépistage visant des activités antivirales et anticancéreuses, les microalgues peuvent synthétiser des sulfolipides antiviraux (Gustafson et al., 1989), les cyanobactéries suscitent actuellement un réel intérêt pour le développement de nouvelles molécules ayant une activité antibiotique et pharmacologique (Borowitzka, 1999). Ainsi, des extraits sélectionnés de plus de 900 souches de cyanobactéries ont permis de mettre en évidence une action inhibitrice anti-HIV. Des effets antiparasitaires ont été également détectés chez les microalgues <i>Spirogyra</i> et <i>Oedogonium</i> (Pulz et al., 2004). Les caroténoïdes ont des propriétés intéressantes en termes de protection par rapport à certaines pathologies (Tapiero et al., 2004). La fucoxanthine est un caroténoïde utilisé à des fins médicales (Moreau et al., 2006). Les phycobiliprotéines sont des chromoprotéines largement utilisées en immunologie, pour les marquages fluorescents (Fluorescence Activated Cell Sorting»FACS»), les immuno-essais, la microscopie en fluorescence et la cytométrie en flux «CMF» (Bermejo et al., 2002).</p>
Une source de vitamines
<p>Les microalgues produisent une large gamme de vitamines. Les vitamines B₁₂ et E ont un intérêt commercial (Borowitzka, 1988).</p>
Les antioxydants naturels
<p>Ces organismes photosynthétiques sont capables de synthétiser des antioxydants naturels (Zhang et al., 2003). L'intérêt de ces substances antioxydantes repose sur leur rôle dans diverses pathologies chroniques (athérosclérose, arthrose, cataracte, cancer, maladie de Parkinson etc.) ou aiguës (inflammation, choc septique, etc.). L'utilisation d'extraits de microalgues à forte teneur en antioxydants trouve des applications dans l'industrie pharmaceutique pour des thérapies contre certains</p>

Tableau03: (Suite)

types d'inflammation (Pulz et al., 2004).
Les applications en cosmétiques
Plusieurs espèces de microalgues sont exploitées industriellement dans le domaine cosmétique, principalement les deux espèces <i>Arthrospira</i> et <i>Chlorella</i> (Stolz et Obermayer, 2005). Des extraits d'algues, ayant une activité antioxydante, sont exploités sur le marché dans la fabrication des produits de soin capillaire (Pulz et al., 2004), du visage et de la peau ainsi que dans les crèmes solaires. De même, la synthèse de protéines à partir de la souche <i>Arthrospira</i> entraîne une réparation des premiers signes de vieillissement de la peau alors que des extraits de <i>Chlorella vulgaris</i> permettent de stimuler la synthèse du collagène dans la peau induisant la réduction des rides (Spolaore et al., 2006).
Le traitement des eaux usées
Les micro-algues sont capables d'assimiler de nombreux nutriments nécessaires à leur croissance, elles peuvent donc éliminer certains éléments présents dans les eaux usées. Elles permettent ainsi de baisser les taux de phosphates et nitrates. Une étude ayant porté sur l'implication de <i>Chlorella vulgaris</i> dans l'absorption de l'azote et du phosphore des eaux usées (Aslan et Kapdan, 2006). Elles ont une action détoxifiante et dépolluante et peuvent agir selon deux modes: soit directement grâce à leur capacité à fixer les métaux lourds, soit indirectement afin de fournir de l'oxygène dissous aux bactéries permettant la dépollution des eaux contaminées, l'oxygénation du milieu est facilitée par la production in situ de O ₂ par la photosynthèse, permettant ainsi de réduire l'aération extérieure et limitant la fuite dans l'air des composés organiques volatils (Muñoz et Guieysse, 2006). D'autres travaux ont porté sur l'élimination des métaux lourds des eaux usées (Bayramoğlu et al., 2006; Raul et al., 2006), sur la biodégradation de contaminants toxiques tels que le Tributylétain "TBT" par <i>Chlorella vulgaris</i> (Luan et al., 2006).
L'agriculture
La biomasse micro-algale peut également être valorisée comme engrais, fertilisant, stabilisateur de sol dans le domaine de l'agriculture (Meeting, 1996), ou encore protecteur de cultures. Grâce à leur capacité à fixer l'azote, les micro-algues et plus particulièrement les cyanobactéries permettent de maintenir une fertilité des sols et des cultures. Mais également d'accélérateur et protecteur de cultures en limitant la prolifération des épiphytes et des parasites. Les microalgues permettent l'adhésion des particules et le stockage de l'eau dans les sols ainsi que la fixation de l'azote. De même, à partir de la synthèse de molécules bioactives (Borowitzka, 1995), par exemple au Japon, <i>Chlorella vulgaris</i> est utilisée pour stimuler la biosynthèse de la chlorophylle afin d'améliorer la croissance des plantes.
L'aquaculture
La production d'algues unicellulaires constitue un des éléments fondamentaux de toute opération

Tableau03: (Suite)

d'écloserie (crustacés, mollusques, poissons). Elles peuvent servir de nourriture pour les bivalves (huitres, coquilles Saint-Jacques, moules, palourdes) tout au long de leur développement. Pour les crustacées et certaines espèces de poissons, elles sont utilisées au stade de larves ou juvéniles. Elles servent également d'alimentation de base pour la production du zooplancton (**Brown et al., 1997; Muller, 2000**). Les besoins nutritionnels en aquaculture sont différents à chaque stade (reproduction, élevage larvaire, grossissement). Les micro-algues riches en acides gras, acides aminés essentielles et multiples oligoéléments sont privilégiées en aquaculture car elles apportent des composés essentiels que les animaux d'élevage aquacoles ne synthétisent pas (**Robert et al., 2004**).

La séquestration du CO₂

Un des principaux avantages de la culture des micro-algues réside sur la capacité de la photosynthèse à absorber le CO₂, qui est ensuite converti en biomasse, lipides, ou bioproduits précieux. Le CO₂ émis par les centrales thermiques, les industries de la sidérurgie, cimenterie, pétrochimie ou tout autre secteur peut donc être utilisé pour la culture industrielle des micro-algues. Cela permet d'obtenir à la fois la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la production de combustibles au bilan carbone neutre et des bioproduits valorisables (**Céline, 2013**). Les microorganismes ont une vitesse de croissance nettement supérieure à celle des plantes terrestres (**Chisti, 2007**), et une activité photosynthétique 10 à 50 fois plus forte (**Asfour, 2019**). Par ailleurs, ils sont capables de fixer biologiquement le CO₂ à partir de différentes sources: atmosphérique, gaz industriels et hydrogénocarbonates solubles. D'autres travaux ont quantifié la production de biomasse (**Céline, 2013**). D'après **Bilanovic et al., (2009)**, les microalgues sont capables de convertir plus de 9% de l'énergie solaire en 280 tonnes de biomasse sèche par hectare et par an, tout en consommant près de 513 tonnes de CO₂.

Chapitre II: Présentation du site d'étude



Chapitre II: Présentation du site d'étude

L'Algérie est riche en zones humides qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle. Elle compte environ 1500 zones humides, 1000 naturelles et 500 artificielles (barrages et autres retenues), ce nombre a été élevé récemment à 2300 (8).

L'Algérie a adhéré à la Convention Ramsar en 1983 en inscrivant des deux premiers sites: le Lac Oubeïra et le Lac Tonga qui sont également des zones intégrales du Parc national d'El Kala, dans la wilaya d'El Tarf à l'extrême Nord-Est du pays, a procédé depuis au classement de 50 zones humides sur la liste Ramsar des zones humides qui ont une importance internationale, totalisant 50% de la superficie totale (8), elle constitue une réserve intégrale au sein du Parc national d'El-Kala et un site MAB (Man and Biosphere, UNESCO) (kadid et al., 2007).

Il faut cependant souligner que, contrairement à l'idée répandue, l'inscription d'un site sur la liste Ramsar ne lui confère aucun statut de protection (8).

Dans notre travail nous seront parlées sur Lac Tonga, nous savons qu'elle joue un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant une flore importante, des poissons et des oiseaux migrateurs.

I. Présentation du Lac Tonga

1. La situation et localisation géographique du Lac Tonga

Le Lac Tonga est situé dans le Parc National d'El-Kala (PNEK) à l'extrême Nord-Est de l'Algérie (Fig. 08). Ses coordonnées géographiques sont comprises entre 36°53' de latitude N et 08°31' de longitude E (Belhadj et al., 2007) (Tab. 04), situé entre la ville d'El-Kala et la frontière Algéro-Tunisienne dont le bassin versant occupe une superficie de 15.000 ha, dont 2.800 ha pour la seule cuvette du lac (kadid et al., 2007).

Il est à 70 Km à l'est de la ville d'Annaba et Il est distant d'environ 3 km de la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est, à l'Ouest d'environ 80km des complexes industriels d'Annaba et à 3km à vol d'oiseau de la mer (Chettibi, 2013).



Figure 08: La localisation géographique du Lac Tonga (Google maps, 2020).

Tableau 04: des informations générales sur Lac Tonga (DGF, 2003).

Pays	Algérie
Nom de la zone humide	Réserve Intégrale du Lac Tonga, Wilaya d'El Tarf
Région administrative	El Tarf
Date d'inscription	11 avril 1983
Numéro du site	281
Coordonnées	Longitude: 36°53' N Latitude: 08°31' E
Altitude	Altitude moyenne 2, 2 mètres
Superficie	2. 700 hectares

2. La description et délimitation

Est un Lac d'eau douce saisonnier, Forme un milieu aquatique d'une dimension peu commune en Afrique du nord s'étend sur 7, 5 km de long et 4 km de large (9). Le bassin versant du Tonga est limité à l'ouest et au sud par les contreforts des monts de la Kroumirie, au nord-ouest par des collines sableuses qui le séparent du Lac Oubeïra et au Nord par les dunes qui le séparent-elles de la mer. Il est sur le territoire des communes d'El Kala à l'Ouest, de Souarekh (Om Teboul) à l'Est, d'El Aïoun au Sud-Est et de Raml Souk au Sud-Ouest (8) (Fig. 09).

Il est entouré par ailleurs de collines boisées ou couvertes de maquis et de pâturage (Van et Ledant, 1983) et il est peu profond (2, 5 m profondeur moyenne), Le Lac est relié à la Méditerranée par un canal artificiel «canal Messida» (9).

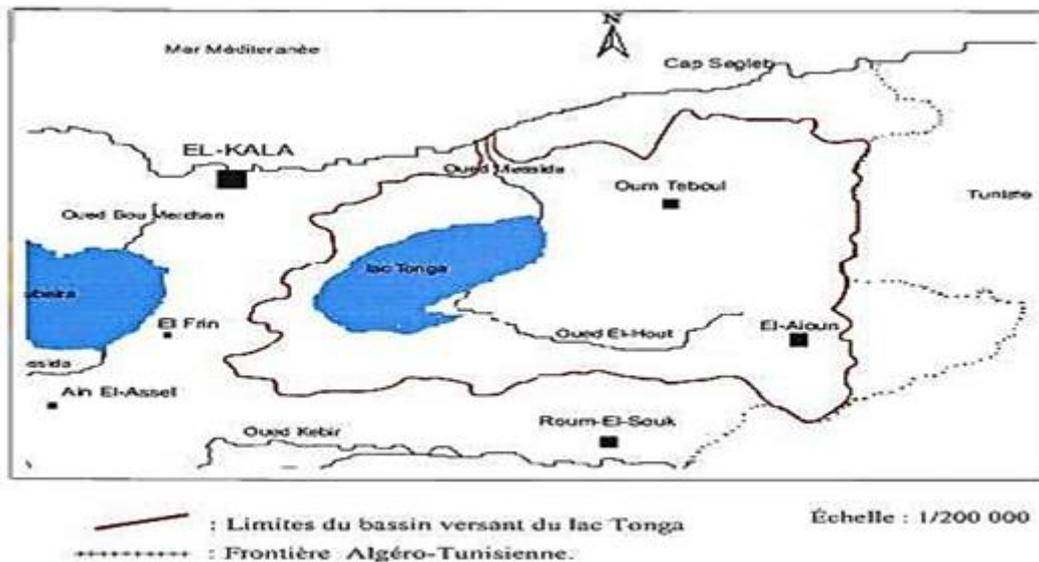


Figure 09: Une carte de délimitation du bassin versant du Lac Tonga.

3. Les caractéristiques écologiques

Elle offre un habitat important aux plantes aquatiques. La surface du Lac est recouverte à 90% d'une végétation émergente avec 14 groupements dont 10 associations et 82 espèces dont 32 sont classées assez rares et rarissime. Il existe 22 espèces d'Odonates appartenant à quatre familles. C'est un site d'hivernage pour des dizaines de milliers d'oiseaux d'eau (canards, oies, rallidés, ardéidés, limicoles et autres), un site de nidification d'un nombre important d'espèces aviaires et une zone de mue et d'escale (Ghdadbia, 2012).

Ces fonctions sont assurées par la grande diversité des milieux au sein même du Lac et la présence de grandes surfaces d'eau libre, d'une végétation en mosaïques et d'îlots de forêts flottantes de Saule pédicellé. Une flore remarquable et une banque de gènes très importante. Le Lac Tonga est un site qui abrite une faune très importante (anguille, reptiles et amphibiens, insectes au moins pendant leur stades larvaires) (8).

4. Le climat

Selon Dajoz (1971), le climat est un facteur important dans la vie et l'évolution d'un écosystème. Il a une influence directe sur la faune et la flore (Samraoui et De Belaire, 1997).

Le climat est un facteur déterminant qui se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes, dont les facteurs climatiques jouent un rôle prépondérant dans la distribution spatiale des espèces animales et végétales (**Ould Aklouche, 2016**).

4.1. La synthèse climatique du Lac Tonga

Les caractéristiques majeures du climat de site d'étude sont à l'image de celles de la région méditerranéenne: Chaleur estivale, ensoleillement bien réparti sur toute l'année et forte variation dans la pluviométrie et le régime des vents. Les pluies sont irrégulières aussi bien à l'échelle inter-saisonnière qu'interannuelle (**Abbaci, 1999**).

La région, au climat de type méditerranéen, avec une température moyenne annuelle de 18,9 °C, présente une saison sèche longue de quatre mois s'étalant de la fin avril à début septembre. Le mois de janvier est le mois le plus froid avec une moyenne des minima de 9 °C et le mois d'août, le plus chaud, avec une moyenne des maxima de 28,8 °C. Avec une pluviométrie moyenne annuelle de 706 mm, la zone connaît un maximum de précipitations en automne et en hiver et un minimum en été. La valeur maximale des pluies est enregistrée au mois de décembre avec 120,4 mm et la valeur minimale au mois de juillet avec 1,75 mm. La station d'El-Kala se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud, à la limite de l'étage humide (**kadid et al., 2007**).

4.1.1. L'humidité de l'air

L'humidité de l'air est un élément atmosphérique important au même titre que les précipitations. En effet, les moyennes mensuelles de l'humidité relative décroissent du littoral vers les zones de l'intérieur, toutefois, elle est plus élevée dans les zones côtières grâce à l'apport de l'humidité de la mer (**8**).

La mer joue un rôle de condensateur des masses d'air tropical, tandis que l'évaporation intense provoquée par l'ensoleillement des zones humides crée une humidité atmosphérique élevée avec un taux annuel moyen de 74,54%. Cette humidité se transforme notamment au début du printemps en brume qui couvre une partie de la plaine permettant, durant la saison sèche, le maintien de la végétation éprouvée par le déficit hydrique (**Labbaci, 2016**).

4.1.2. 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, 2013**).

5. Les précipitations

De la mi-février à la mi-avril, selon les taux de pluie tombant entre 800 et 1200 mm, l'océan boisé du Lac Tonga se transforme en jungle comme le fleuve Amazone, où le niveau de l'eau du lac s'étend sur une superficie de 3200 hectares pour submerger la vallée boisée adjacente dont les arbres locaux sont entrelacés. Les grands «Trolls chauves» et «Oléas» sont d'origine américaine, jeunes plants et mauvaises herbes.

Concernant la pluviosité de la région elle est conditionnée par deux phénomènes météorologiques. Il s'agit des perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-Ouest, dont les dépressions prennent naissance en méditerranée occidentale. En effet, le bilan annuel de la pluviométrie de la région est de 740, 52 mm pour 115 jours de pluies (**Labbaci, 2016**).

6. Les températures

Le bilan annuelle de la température montre que; les mois les plus froids sont Janvier et Février ou la température peut descendre à 8°C, alors que Juillet et Août sont les mois les plus chauds (température pouvant atteindre 35°C) (**Labbaci, 2016**).

7. Les données mésologiques du Lac Tonga

Elles montrent un pH neutre à basique (6 à 9), une conductivité électrique élevée (0, 37 à 1, 84 ms/cm) et une forte eutrophisation du site (**Kadid, 1999**).

Tableau 05: Quelques paramètres physico-chimique du Lac Tonga (**9**).

pH de l'eau	Alcalin (pH>7, 4) Le pH de l'eau du Lac Tonga est compris entre 6, 65 et 9, 81
Salinité de l'eau	Douce (<0, 5 g/l)
Gaz dissous dans l'eau	les faibles teneurs en oxygène dissous relevées en relation avec le calme hydrodynamique et la respiration des organismes aquatiques vivants qui produisent du gaz carbonique
Matières nutritives dissoutes ou en suspension dans l'eau	Les teneurs en MES varient de 5 à 154 mg/l, Les teneurs en sels nutritifs relevées dans le lac Tonga sont assez importantes et confirment ainsi l'état d'eutrophisation du lac.

8. La pédologie

8.1. Les informations sur les sols

L'étude des sols du bassin versant du Lac Tonga faite par **Durand (1952)** a permis de mettre en évidence un certain nombre de sols. **Durand en 1954** a déterminé deux types de sols:

-Sols zonaux; dépendants surtout du climat. Ce groupe a une tendance évolutive est le lessivage quels que soient les caractères du produit final. Il comprend cinq catégories:

- Podzols ferrugineux
- Sols oxyhumiques
- Sols insaturés acides
- Sols insaturés
- Sols décalcifiés

-Sols azonaux; indépendants du climat, ce groupe comprend les sols qui dépendent d'un autre facteur que le climat qui joue cependant un certain rôle constitué principalement de six catégories.

- Sols des marais
- Sols de prairies marécageuses
- Sols tourbeux non inondés
- Solods
- Sols alluviaux
- Sols dunaires

Dans la cuvette du Tonga, plusieurs types de sols peuvent être distingués (**Durand, 1954**), dont la pédogenèse est liée principalement à la présence d'une nappe d'eau permanente. La partie centrale de la cuvette, rarement exondée, est occupée par des sols de marais. Formés d'argiles lacustres, ils sont caractérisés par leur humidité permanente qui ne permet qu'une vie microbienne anaérobie. En surface, ces sols ont des teneurs importantes en matière organique et une forte acidité.

Une étude entreprise par (**S. E. H., 1983**), a affiné en quelque sorte celle de **Durand (1952)**, se focalisant sur les rives du Lac Tonga et les estuaires de ses deux Oueds (Oued El Hout, Oued El Eurg), n'a retenu que trois types de sols: les sols peu évolués régosoliques, les sols vertiques et les sols hydromorphes à Gley.

9. L'hydrologie (sources hydrologique)

Les principaux cours d'eau qui alimentent le lac sont l'oued El-Hout au Sud-Ouest et l'oued El-Eurg au nord-est. Ces oueds ont édifié de véritables deltas dont les apports ont

progressivement réduit la surface du Lac au profit de prés riverains des oueds El-Hout et d'Oum Teboul. Et aussi quelques petits cours d'eau issus des crêtes qui l'entourent. Au Nord, nous remarquons l'Oued Méssida qui permet d'évacuer l'excès d'eau vers la Méditerranée.

II. La diversité naturelle

Le Parc représente un réservoir de la biodiversité méditerranéenne (**Stevenson, 1988**); le Contact avec la méditerranée par un chenal. C'est un écosystème d'une richesse considérable, car il dispose en plus des apports aquatiques marins (poissons, crustacés), des sources de montagne. Le Lac Tonga il est un lac poissonneux, plus ou moins profond et d'une superficie respective d'environ 2600 ha (**Labbaci, 2016**), cette Lac considéré comme le plus important site d'hivernage ornithologique du bassin méditerranéen. On y trouve 1264 espèces végétales, soit 32% de la flore algérienne et 878 espèces animales (**Aberkane, 2013**).

1. La flore remarquable

La végétation du Lac Tonga est très diversifiée (**Kadid 1989, Dd Belair 1990, Abbaci, 1999**). La flore du Lac Tonga représentée par 81 espèces appartenant à 31 familles qui forment 14 groupements végétaux. La végétation aquatique abondante de ce Lac joue un rôle prépondérant dans la répartition des espèces d'oiseaux d'eau, en offrant à la fois l'abri et l'aliment (**Gacem, 2015**).

Les collines gréseuses sont recouvertes de chênes liège. Les dunes à l'Ouest de la Messida sont occupées par le pin maritime et le pin pignon. Cependant une aulnaie de 57 ha décrite par **Maire et Stephenson (1930)** comme étant une association *Alnetum glutinosa* occupe le Nord du lac (**Belkhenchir, 1998; Abbaci, 1999**).

1.1. Les plantes aquatiques

Le climat quasi tropical régnant sur cette aulnaie a favorisé le développement des cyprès chauves, peupliers de Virginie, Aulnes glutineux, Ormes champêtres et les acacias (**Kadid 1989; Abbaci, 1999**).

Le Lac Tonga recèle une végétation diversifiée où dominant des formations émergentes qui rendent l'observation ornithologique très difficile. La physiologie de cette végétation est dominée par le Scirpe lacustre *Scirpus lacustris* dans la majeure partie du Lac, le Scirpe maritime *Scirpus maritimus* au Sud-Ouest, par les phragmitaies au Nord et

localement quelques typhaies. On observe également au milieu de cette végétation de vastes plages d'eau libre occupées en grande partie par le Nénuphar blanc *Nymphaea alba*. Sur les berges du lac on trouve également une aulnaie imposante qui constitue un milieu relativement rare en Afrique du Nord (**Belkhenchir et Boumezbeur, 1990**).

La végétation aquatique est représentée par 62 espèces dont une algue *Chara delicatula*, deux Bryophytes *Riccia fluitans* et *Ricciocarpus natans* et une Ptéridophyte *Marsilea diffusa* (**Kadid, 1999**). Elle se divise en deux groupes principaux, les hélrophytes et les hydrophytes. Les hélrophytes sont dominés par le Scirpe lacustre *Scirpus lacustris*, les Massettes *Typha angustifolia*, le Roseau *Phragmites australis*, l'Iris des marais *Iris pseudacorus* et le Rubanier *Sparganium erectum*. Les hydrophytes sont représentés par le Cornifle d'eau *Ceratophyllum demersum* et les myriophylles *Myriophyllum alterniflorum*, *M. spicatum*, *M. verticillatum*. Les lentilles d'eau *Lemna minor* et *Wolffia arrhiza* et les utriculaire *Utricularia exoleta* et *U. vulgari* représentent les plantes flottantes (**Belhadj et al., 2007**).

Un inventaire permanent de la faune et de la flore a montré la présence de 44 plantes, dont trois protégées en Algérie: *Populus nigra*, *Marsilia diffusa*, *Osmunda regalis* (**Gherib et Lazli, 2016**).

Tableau 06: Types de plantes aquatiques et de fleurs qui caractérisent le Lac Tonga.

Les plantes aquatiques		
		
<i>Scirpus lacustris</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Typha angustifolia</i>
		
<i>Iris pseudoacoru</i>	<i>Sparganium erectum</i>	<i>Lythrum salicaria</i>
		
<i>Lycopus europaeu</i>	<i>Oenanthe fistulosa</i>	<i>Ranunculus baudotii</i>

Tableau 06: (Suite)

		
<i>Scripus maritimus</i>	<i>Salix pedicellata</i>	<i>Nymphaea alba</i>
		
<i>Châtaigne d'eau</i>	<i>Aulnaie</i>	<i>Ceratophyllum Demersum</i>
		
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>		<i>Myriophyllum spicatum</i>
		
<i>Lemna minor</i>	<i>Wolffia arrhiza</i>	<i>Utricularia vulgaris</i>
		
<i>Utricularia exoleta</i>	<i>Osmunda regalis</i>	<i>Marsilia diffusa</i>

1.2. L'écosystème forestier (les arbres)

L'écosystème forestier du PNEK, couvre une superficie de 54000 hectares. Cette forêt est principalement composée de chêne liège (43000 ha), aulnaie (3000 ha), pin maritime (5153 ha). Les maquis sont répandus (10649 ha). Les peuplements artificiels sont représentés par le pin maritime (500 ha), *l'Acacia sp.* (1000 ha) et les eucalyptus (8508 ha) (Bentouili, 2007).

La formation forestière du bassin versant du Lac Tonga est liée à la présence d'un substratum d'origine acide (Benslama, 1993). Ainsi, les collines gréseuses sont pour la plupart recouvertes de chêne liège «*Quercus suber*», et exceptionnellement, en mélange avec le pin maritime «*Pinus pinaster*» au Nord-Est jusqu'au Djebel Segleb et qui, par endroit le supplante totalement (De belair, 1990), les dunes situées à l'Ouest de la Messida, sont occupées en totalité par les pins maritimes et de pins pignons «*Pinus pinea*», le chêne kermès «*Quercus coccifera*» se trouve en peuplements dispersés, jouant le rôle fixateur des amas dunaires (Abbaci, 1999), les prairies marécageuses non occupées par l'agriculture sont couvertes de chiendent «*Paspalum distichum*», graminée présente sur le pourtour du Lac (De belair, 1990). Au Nord du Lac, se trouve une aulnaie à «*Alnus glutinosa*» qui s'étend sur environ 37 ha. Le climat quasi tropical de cette dernière, est particulièrement favorable au développement du Cyprès chauve «*Taxodium distichum*», à l'Acacia cyanophylla (Gehu et al., 1993) (Tab. 07).

Tableau 07: Les arbres forestiers qui entourent le Lac Tonga et contribuent à fournir de l'ombre et un habitat aux oiseaux.

Les arbres		
		
Chêne liège	<i>Ulmus campestris</i>	Peupliers
		
Ormes		Pin maritime
		
Les eucalyptus	<i>Quercus suber</i>	<i>Taxodium distichum</i>

Tableau 07: (Suite)

		
<i>Quercus coccifera</i>	<i>Paspalum distichum</i>	<i>Alnus glutinosa</i>

2. La faune remarquable

L'écosystème du bassin versant du Tonga, constitue une mosaïque d'habitat remarquable et un biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune riche et diversifiée à savoir:

2.1. L'avifaune (les oiseaux d'eau)

Du point de vue avifaunistique, Le Lac Tonga est le plus important site de nidification en Afrique du Nord pour une multitude d'espèces dont une colonie d'Ardéidés représentée par des Hérons (**Ghedadbia, 2012**), plus précisément c'est un site privilégié de nidification pour Héron crabier *Ardea ralloïdes*, Héron bicolore *Nycticorax nycticorax*, Héron pourpre *Ardea purpurea* (**Chalabi, 1990**), et Héron cendré *Ardea cinerea* et des Aigrettes. Le Busard des roseaux *Circusa eruginosus*, la Poule d'eau *Gallinula chloropus*, le Râle d'eau *Rallus aquaticus*, les Grèbes castagneux et huppé, et bien d'autres espèces. On y rencontre également la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* et la Sarcelle d'été *Anas querquedula* (**Ghedadbia, 2012**), et le Fuligule Milouin *Aythya ferrina*, Butor étoilé *Botaurus stellaris* (**Chalabi, 1990**). C'est aussi un endroit populaire pour la vie de nombreuses espèces telles que la Foulque macroule *Fulca atra* (**Chalabi, 1990, Boumezbeur, 1993**).

Cette lac Considéré comme un important site d'hivernage pour de nombreux anatidés, il abrite également la nidification d'un nombre important d'espèces d'oiseaux comme le Râle d'eau *Rallus aquaticus*, le Blongios nain *Ixobrychus minutus* et plusieurs espèces de hérons (**Lazli et al., 2011**).

Il est d'importance internationale pour de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau dont des espèces hivernantes telles que le Canard siffleur *Anas penelope*, le Canard chipeau *Anas strepera*, le Canard pilet *Anas acuta* et l'Oie cendrée *Anser anser*, et des espèces nicheuses telles que l'Eristature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, la Poule sultane *Porphyrio porphyrio*, la Sarcelle marbrée *Anas angustirostris*, l'Ibis falcinelle *Plegadis*,

la Guifette moustac *Chlidonias hybrida*... Il abrite aussi d'importantes populations d'espèces migratrices, dépassant largement les seuils fixés par la Convention de Ramsar (Belhadj et al., 2007).

Les 27 espèces d'oiseaux observées sont réparties dans 13 familles et inclure 12 espèces protégées, en particulier le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, *Hieraaetus pennatus*, *Milvus migrans*, *Serinus serinus* et *Aigretta garzetta*. Au cours des années 1980 et 1990, peu de nids de canards à tête blanche ont été signalés dans cette partie nord-ouest du Lac Tonga (Gherib et Lazli, 2016) (Tab. 08).

Tableau 08: Espèces d'oiseaux migrateurs et en voie de disparition nichant en milieu aqueux

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

Tableau 08: (Suite)

			
Héron bihoreau <i>Nycticorax nycticorax</i>	Héron pourpré <i>Ardea purpurea</i>	<i>Hieraaetus pennatus</i>	Mallard (<i>Anas platyrhynchos</i>) male
			
Canard chipeau <i>Anas strepera</i>	le Canard pilet <i>Anas acuta</i>	l'Oie cendrée <i>Anser anser</i>	<i>Milvus migrans</i>

2.2. Les reptiles et les amphibiens

Plusieurs espèces de Reptiles et d'Amphibiens vivent dans le Lac Tonga: *L'Emyde lépreuse* *Mauremys leprosa*, la Grenouille verte *Ranasaharica*, le Discoglosse peint *Discoglossus pictus*, le Crapaud de Mauritanie *Bufo mauritanicus*, le Triton de poiret *Pleurodeles poireti*, le Psammodrome algiré *Psammodromus algirus*, le Sep ocellé *Chalcides ocellatus*, le Lézard Ocellé *Lacerta pater* et la couleuvre vipérine *Natrixmaura* (Rouag, 1999) (Tab. 09).

Tableau 09: les types distinctifs d'amphibiens et des reptiles trouvés dans l'environnement du Lac.

Les reptiles et les amphibiens		
		
L'Emyde lépreuse <i>Mauremys leprosa</i>	la Grenouille verte <i>Rana Saharica</i>	le Discoglosse peint <i>Discoglossus Pictus</i>
		
le Crapaud de Mauritanie <i>Bufo mauritanicus</i>	le Triton de poiret <i>Pleurodeles poireti</i>	le Psammodrome algire <i>Psammodromus algirus</i>

Tableau 09: (Suite)

		
le Sep ocellé Chalcides <i>Ocellatus reptile</i>	le Lézard ocellé <i>Lacerta pater</i>	la couleuvre vipérine <i>Natrixmaura</i>

2.3. Les mammifères

La faune mammalienne du bassin versant du Tonga, tous écosystèmes confondus sont représentée par 37 espèces (Gacem, 2015), dont les plus emblématiques sont le cerf de barbarie, le lynx caracal, la hyène rayée, le renard roux ou doré et la mangouste (Aberkane, 2013).

Certaines de ces espèces sont rares et localisées. La loutre *Lutra Lutra* espèce rare et menacée d'extinction, confinée au Lac Tonga reste tributaire de l'intégrité de son biotope. Le cerf de barbarie (*Cervus elaphus barbarus*), seul grand mammifère du Maghreb tellien du Maroc à la Tunisie. En Algérie il est confiné au nord de la région frontalière Algéro-Tunisienne et occupe donc toute la subéraie, la pineraie et la cocciferaie de bassin versant du Tonga et sa présence à l'intérieur des frontières algériennes est fortement liée à la présence d'eau dans le bassin versant, et le Lac Tonga en périodes de sécheresse est l'unique point d'eau des deux côtés de la frontière (Gacem, 2015) (Tab. 10).

Tableau 10: Les différents animaux présents dans l'aire géographique du Lac, dont certains sont en voie d'extinction.

La faune mammalienne		
		
<i>L'hyène rayée</i>	<i>le chacal doré</i>	<i>la mangouste</i>
		
<i>le renard roux</i>		<i>Atlantoxerus getulus</i>

Tableau 10: (Suite)

	
la loutre	Le cerf de barbarie

2.4. Les poissons

Il existe certains types de poissons qui vivent dans les lacs salés, et c'est la connexion du Lac Tonga avec la mer Méditerranée qui a conduit à la diversification des poissons et des crustacés dans ce milieu aqueux, mais nous nous concentrerons sur l'espèce *Anguilla Anguilla*.

L'anguille d'Europe «*Anguilla Anguilla*» espèce de poisson migratrice (**Fig. 10**), inscrite à l'annexe II de la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES), depuis 2008, classée en danger critique d'extinction par l'union internationale pour la conservation de la nature (UICN) (**Anonyme, 2018**).

Cette espèce a été peu étudiée en Algérie et que les rares études menées généralement sur la parasitologie de l'anguille dans les années 2000, n'ont livrées que quelques indices épars sur le niveau de la population d'anguilles au niveau des plans d'eau étudiés de PNEK (**Anonyme, 2018**).



Figure 10: L'espèce *Anguilla Anguilla* qui est protégé par l'organisation mondiale.

2.5. Les insectes

22 espèces d'odonates sont inventoriées au niveau du Lac Tonga. Elles appartiennent à quatre familles taxonomiques: *Lestidae*, *Coenagrillonidae*, *Aeshnidae* et *Libellulidae* (Saouèche, 1993) (Tab. 11).

Tableau 11: Les différentes espèces des insectes trouvées au niveau du Lac Tonga

Les insectes	
	
<i>Lestidae</i>	<i>Coenagrillonidae</i>
	
<i>Aeshnidae</i>	<i>Libellulidae</i>

III. Les microorganismes

Comme tous les lacs doux du monde, le Lac Tonga regorge de la présence de nombreuses créatures microscopiques qui contribuent à continuation le cycle de la vie. Nous mentionnons les bactéries aérobies et anaérobies, les protozoaires, les parasites, ainsi que le plancton animal (zooplancton) et végétal (phytoplancton), ce dernier joue un rôle important dans le processus de photosynthèse car ils convertissent l'énergie solaire en énergie organique dont se nourrissent les autres organismes de ce Lac. Nous déjà mentionnées le phytoplancton en détail dans la première chapitre de nos recherches.

IV. Les valeurs sociales et culturelles

L'organisation internationale "Ramsar" a classé le Lac "Tonga", qui est situé dans la ville éloignée d'El-Kala, en Algérie, parmi les meilleurs lacs d'Afrique du Nord. Le Lac Tonga est considéré comme l'une des zones humides, et l'un des points écologiques les plus sensibles et l'un des éléments naturels protégés à l'échelle mondiale, car l'Algérie, par sa disponibilité des plus grandes stations touristiques et des lacs frais et chauds, a attiré

des millions de touristes du monde entier, en particulier ceux qui recherchent des destinations touristiques avec la nature unique et l'eau chaude, tout cela a aidé le ministère du Tourisme à réorganiser ses cartes, en renforçant le secteur du tourisme et en augmentant le niveau d'investissement dans les ingrédients naturels vierges, y compris le charmant Lac "Tonga"**(8)**.

La présence d'un site archéologique préhistorique (dolmens). Site d'intérêt social et culturel de part la production halieutique limitée et traditionnelle pratiquée à l'aide de moyens rudimentaires utilisant des nasses. L'éducation et la recherche scientifique (aspect paysager ouvert et présence de deux postes d'observation ornithologique) avec une brigade de surveillance.

Le Lac Tonga joue un rôle important dans la maîtrise des crues en période hivernale, le captage des sédiments et des matières arrachées par les crues en amont et charriées vers le Lac et la stabilisation des dunes littorales **(8)**. Les communautés locales pratiquent l'élevage et une agriculture saisonnière, les questions de gestion comprennent la réglementation de la pêche et l'utilisation de l'eau du Lac pour l'irrigation ainsi que la restauration des fonctions hydrologiques naturelles du Lac.

Pour profiter de ce charmant environnement naturel, qui se limite aux arrêts des familles et des utilisateurs de la route nationale n°44 sur les pelouses des rives du Lac et de son arbre adjacent, le paysage naturel spectaculaire créé par le Lac Tonga pendant la période d'extension de son excès d'eau pour embrasser les jungles des forêts vertes voisines. Tout le monde souhaite avoir un petit bateau en bois pour découvrir plus de magie dans les jungles d'eau de la jungle profonde et leur permettre de débarquer et d'oiseaux aquatiques, et les secrets des écosystèmes qui composent cet espace naturel enchanteur.

Profiter de cet environnement naturel est un remède naturel contre les maladies mentales et même physiques, où le visiteur découvre, lorsque ses doigts flirtent avec cette eau pêche, émanant du Lac Tonga, le traitement naturel que le Lac fournit aux patients, aux visiteurs et aux personnes souffrant de maladies physiques, telles que les allergies, et même des maladies cœur, essoufflement.

Partie pratique

Chapitre III:

Matériel & méthodes

Chapitre III: Matériel et méthodes

Après avoir terminé la première partie, qui est le côté théorique, nous passons maintenant au côté appliqué, qui représente la partie importante de notre étude, nous mentionnerons tous les outils et méthodes qui ont contribué au succès de ce processus.

1. Le choix des stations de prélèvement

Sélection des stations de prélèvement très soigneusement selon des mesures internationales bien étudiées, afin d'obtenir de bons résultats pour les analyses d'eau de cette région.

On doit éviter de prélever dans des zones proches du bord, dans ces zones on peut rencontrer des concentrations considérables de sable et de sédiment. pour cette raison, les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1,5m (**Light foot, 2002**).

Pour Atteindre l'objectif d'évaluer la qualité d'eau et contribuer à l'évaluation de la qualité phytoplanctoniques de Lac Tonga, nous avons choisi deux stations séparées de prélèvement) (**Fig. 11**). Les prélèvements ont été réalisés sur une période d'un seul mois (Février 2020), le rythme d'échantillonnage était à raison d'un seul prélèvement par mois.



Figure 11: Localisation des stations de prélèvement (**Google maps 2020**).

2. L'échantillonnage

2.1. Le prélèvement des échantillons

Des échantillons sont prélevés sur place mensuellement, sur une période trois mois s'étendant de février à avril 2020, mais en raison des circonstances exceptionnelles que nous avons traversées en raison de la pandémie de Corona, nous avons choisi deux stations du Lac Tonga où des échantillons d'eau ont été collectés dans les stations sélectionnées pour février seulement, pour chaque station (S1 et S2). Ces stations c'est les stations des pompes situées au Nord du Lac Tonga dont l'eau est douce et le sédiment est légèrement envasé.

Ce processus consiste à prélever deux échantillons d'eau de surface (eau superficielle), de chaque emplacement. Les deux bouteilles en plastique de 1.5 L stériles sont plongées à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturel ou artificiel (**Rodier et al. 1996**).

Le remplissage de la bouteille ne doit pas se faire jusqu'en haut pour permettre une bonne homogénéisation de l'échantillon avant la prise des sous-échantillons pour comptage au laboratoire.

2.2. La fixation

La fixation des échantillons a été réalisée immédiatement après leur prélèvement, avec un volume de Lugol concentré est ajoutée, afin de fixer les structures phytoplanktoniques contenues dans l'échantillon. Le volume de ce fixateur doit être contenant une concentration finale d'environ 0,5% d'un agent fixateur (Lugol) dans l'échantillon, soit environ 8 gouttes pour 100 ml (ou 5 ml pour une bouteille de 1 L) pour donner à l'échantillon une légère coloration brune «thé claire» (**Bourelly, 1966; Thronsen, 1978**).

L'échantillon ainsi fixé peut être conservé au maximum 3 semaines à l'obscurité avant l'analyse ou 12 mois s'il est maintenu au froid et à l'obscurité (entre 1 et 4°C) (**Jean-Claude et al., 2008**).

2.3. L'enregistrement et l'étiquetage des échantillons

Avant de prélever l'échantillon, des autocollants 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 que le motif de l'analyse la date et une petite description des conditions météorologiques doivent être notée. On peut aussi ajoutées toutes les notes importantes qui aident à analyser les résultats, telles que la présence d'excréments ou d'activités humaines à proximité du site.

2.4. Le transport et la conservation des échantillons

Après le prélèvement des échantillons d'eaux, ils risquent de subir des modifications dans le flacon. Pour éviter ce risque, sont placées dans une glacière contenant des poches de glace et transporté à l'obscurité, ce qui permet d'assurer une conservation satisfaisante.

Les analyses ont été effectuées le plus rapidement possible au laboratoire de microbiologie du département de biologie université 08 mai 1945 Guelma. Moyennant une conservation au froid à 4 °C (**Raymond, 1977; Mayat, 1994**).

3. Les méthodes d'analyse et les instruments utilisés

Ce travail de recherche s'est basé sur:

- La mesure des paramètres physico- chimiques (Température, pH, TDS, la salinité et la conductivité électrique) au niveau des deux stations de prélèvement.
- La détermination de la biomasse algale ou numération cellulaire.
- L'identification des différentes espèces algales au niveau des deux stations.

Il important de le souligner, que la détermination de la biomasse algale à été effectuée par la technique de numération cellulaire, selon la méthode de (**Guiraud, 1998**).

Sachant que deux types d'analyses sont réalisées au laboratoire: une analyse qualitative (identifications des phytoplanctons) et une analyse quantitative (dénombrement des individus).

3.1. Les matériels utilisés pour l'étude de la communauté algale

Matériel biologique: Il s'agissait d'échantillons d'eau contenant des souches d'algues qui sont prélevés au niveau des deux stations d'échantillonnage.

Tableau 12: Le matériel utilisé pour les analyses sur terrain et au laboratoire

Pour les analyses de terrain	Pour les analyses de laboratoire
-Multiparamètres (Multiparamètre water quality monitoring system-U-22XD). - L'eau distillée. -Deux bouteilles en plastiques de 1, 5L -Des étiquettes et un stylo indélébile	-Microscope optique. - Des tubes secs. -Les lames en verre - Lamelles en verre -Micropipette. - Lugol. - Eprouvette graduée. -Portoire. -Vernie transparent.

**Figure 12:** Représente le matériel utilisé pour l'analyse des échantillons au laboratoire.

4. Les analyses physicochimiques in situ

Les mesures des paramètres physicochimiques (T° , pH et taux d'oxygène dissous, salinité, la conductivité électrique (CE)) ont été réalisées in situ à l'aide d'un multi paramètres «WTW. Multi 340i/ SET» (Fig. 13). En effet, Ces paramètres physicochimiques sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptible de varier dans des proportions important s'ils ne sont pas mesurés sur site de la manière suivante:

- Après prélèvement des échantillons d'eau, nous avons procédé à la mesures des paramètres physico-chimiques;

- Une fois la berge atteinte nous procédons à l'acclimatation d'une bouteille de 1, 5L en le déposant dans l'eau du Lac pendant quelques secondes. Ensuite, la remplir avec cette eau;
- Faire plonger la sonde appropriée dans le Lac; après étalonnage, puis à attendre quelques secondes avant de lire le résultat de la mesure.
- La lecture s'effectue après la stabilisation de l'affichage de ce dernier sur l'écran.
- Le rinçage des sondes avec de l'eau distillée est obligatoire avant et après chaque usage.



Figure 13: Photographies d'un multi-paramètre «WTW. Multi 340i/ SET» (92).

4.1. La température

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels, etc. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques. D'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (superficielles ou profondes) (Rodier, 1984).

La température de l'eau affecte sa densité et sa viscosité, la solubilité des gaz et en particulier de l'oxygène, la vitesse de réactions chimiques et biochimiques. Ces variations peuvent tuer certaines espèces aquicoles, mais également favoriser le développement

d'autres espèces, ce qui entraîne un déséquilibre écologique. Chaque espèce ne peut vivre que dans un certain intervalle de températures hors duquel elle est amenée à disparaître; elle a son préférendum thermique (emprunté au latin *praeferendum*, «ce qui doit être préféré» désigne la valeur d'une variable ou d'un gradient, notamment la température, pour laquelle un organisme vivant, ou plus généralement une espèce, peut atteindre son développement optimum) qui correspond à la zone de température où l'espèce se tient le plus facilement (Arrignon, 1991).

4.2. L'oxygène dissous

Sur la terre comme dans l'eau, l'oxygène est indispensable à la très grande majorité des organismes vivants. Dans l'eau, la solubilité de l'oxygène varie en fonction de la température de l'eau et de la pression atmosphérique. Ainsi, l'eau froide peut contenir une concentration plus élevée d'oxygène dissous que l'eau chaude, tout comme les Lacs (Villeneuve et al., 2006).

L'oxygène dissous peut donner des indications sur la santé des Lacs et permet, entre autres, d'évaluer la qualité des habitats pour des organismes aquatiques.

La concentration d'oxygène dissous dans un Lac varie en fonction de la température de l'eau, de l'altitude, de la profondeur du Lac, de l'heure de la journée, de la concentration de la matière organique et des nutriments dans le Lac ainsi que de la quantité de plantes aquatiques, d'algues et de bactéries présentes dans le Lac. Cependant, il existe deux principaux phénomènes par lesquels l'oxygène dissous se retrouve dans l'eau (93).

4.2.1. Les échanges avec l'atmosphère (absorption - évaporation)

Les molécules d'oxygène peuvent diffuser de l'air vers l'eau ou de l'eau vers l'air, selon le degré de saturation de l'eau en oxygène. Le phénomène de la diffusion de l'oxygène entre le Lac et l'atmosphère est relativement lent (94).

4.2.2. La photosynthèse

Bien que presque tous les organismes vivants utilisent l'oxygène pour leur respiration, durant le jour, les plantes, les algues et certaines bactéries utilisent les rayons solaires et le gaz carbonique (CO₂) afin de fabriquer leur nourriture. Ce processus complexe, qu'on appelle photosynthèse, libère de l'oxygène dans l'eau. Durant la nuit, la photosynthèse s'interrompt et la production d'oxygène s'arrête, mais les organismes

continuent de respirer. Cette différence explique en grande partie les variations journalières en oxygène dissous la nuit, alors que la photosynthèse ne peut pas contrebalancer la perte en oxygène par la respiration, la concentration peut chuter de façon importante s'il y a une forte présence de plantes, d'algues et de bactéries.

En plus des causes naturelles (respiration des organismes aquatiques, température de l'eau, etc...), les activités humaines autour des plans d'eau peuvent avoir une grande influence sur la diminution de la concentration d'oxygène dissous dans l'eau. Par exemple, l'eau de ruissellement provenant de zones où il y a épandage de fertilisants ou encore présence d'installations septiques non conformes enrichit les Lacs de nutriments: l'eutrophisation.

La concentration en oxygène dissous dans l'eau est communément exprimée en milligramme par litre (mg/l) ou en pourcentage de saturation **(94)**.

4.3. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH indique l'équilibre entre les acides et les bases d'un plan d'eau et est une mesure de la concentration des ions hydrogène en solution. Le pH se mesure sur une échelle de 0 à 14. Un pH de 7 indique une eau neutre; les valeurs inférieures à 7 indiquent des conditions acides, et les valeurs supérieures à 7 sont caractéristiques de conditions alcalines. Le pH influence la toxicité de plusieurs éléments en régissant un grand nombre de réactions chimiques. La plage de variation habituelle est de 6,3 à 8,3 unités de pH **(Mddelcc, 2014)**.

Le pH influence fortement la diversité biologique des lacs. En effet, la majorité des organismes aquatiques ont besoin d'un pH voisin de la neutralité (6-9) afin de survivre. Des variations importantes de pH peuvent donc compromettre certaines de leurs fonctions essentielles telles que la respiration et la reproduction. Ainsi, les eaux acidifiées sont caractérisées par un déclin de la diversité biologique **(Hade, 2002)**.

Le pH de l'eau influence la quantité de nutriments (ex. : phosphore, azote) et de métaux lourds (ex. : plomb, mercure, cuivre) dissous dans l'eau et disponibles pour les organismes aquatiques. Dans des conditions acides, certains métaux lourds toxiques se libèrent des sédiments et deviennent disponibles pour l'assimilation par les organismes aquatiques **(Landry et al., 1992)**.

Le pH est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toute opération de traitement (**Rodier et al., 1996**)

4.4. Le Total des Solides Dissous (TDS)

TDS (de l'anglais Total Dissolved Solids) ou «Total des Solides Dissous» est une valeur utilisée pour évaluer la qualité de l'eau. L'unité de mesure pour le TDS est exprimée en microgramme par litre ou encore en ppm (parts per millions). Elle détermine la quantité totale des substances organiques et inorganiques dissoutes dans un liquide. Dans notre cas, le liquide en question est l'eau d'un Lac. Dans ces eaux se trouvent souvent du calcium, du magnésium, du nitrate, du phosphate ou du sodium. Tous ces composés ont tendance à précipiter et former des dépôts (**95**).

Le TDS-mètre mesure une conductivité électrique du liquide en question. Plus une eau est concentrée en particules ionisées, tel que les sels et les minéraux, plus la conductivité est élevée. Par contre, le TDS ne donne pas d'indication sur la qualité générale de l'eau, car beaucoup de polluants et de particules solides n'ont pas de grande influence sur la conductivité de l'eau. Ce qui est testé ici, c'est surtout la quantité des minéraux (**95**).

4.5. La salinité

La salinité mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) au travers de la conductivité électrique de cette eau. Cette salinité est sans unité, mais elle est encore souvent exprimée en gramme de sel par litre d'eau (g/l) ou exprimé en mg de sel par litre d'eau (mg/L).

4.6. La conductivité

La conductivité de l'eau est la capacité d'une eau à conduire l'électricité. La conductivité augmente avec la teneur en solides dissous. Elle donne une bonne indication des changements de la composition des eaux, et spécialement de leur concentration en minéraux (**Mddelcc, 2014**). Lorsque des changements notables de conductivité sont observés dans un Lac, c'est le signe d'une augmentation des apports de substances dissoutes provenant du bassin versant. Cependant, il est difficile de dire si les matières qui provoquent un changement proviennent de minéraux naturels ou de polluants et c'est

pourquoi seule une analyse en laboratoire indique avec précision la nature des minéraux dissous dans le Lac (Mddelcc, 2014).

5. L'analyse phytoplanctonique

5.1. La méthode expérimentale

Au laboratoire de microbiologie du département de l'écologie université 08 mai 1945 Guelma.

Nous préparons le laboratoire et nous assurons que le lieu de travail est nettoyé, puis nous préparons les échantillons sur lesquels nous travaillerons plus tard.

5.2. L'analyse qualitative (Identification du phytoplancton)

L'identification du phytoplancton est réalisée, selon les clés d'identification proposées par **Bourrelly**, basées sur les caractères morphologiques (**Bourrelly, 1966, 1968, 1970 et 1985**), tels que: la forme des cellules (largeur, longueur, filamenteuse, coloniale); leurs enveloppes mucilagineuses; coloration, pigmentation; la présence ou non de structures cellulaires caractéristiques «akinètes, hétérocystes et vacuoles gazeuses» (**Ghedadbia, 2012**).

5.3. L'analyse quantitative (dénombrement du phytoplancton)

Le comptage ou numération cellulaire est la détermination du nombre de cellules contenues dans un volume précis d'un milieu liquide.

Le dénombrement du phytoplancton se fait à l'aide d'un microscope inverse, selon la méthode d'Utermôhl (1958). Par contre dans notre étude, la numération du phytoplancton est effectuée à l'aide d'un microscope optique, selon la méthode proposée par (**Andersen et al., 1983**), dont le principe est le suivant:

Chaque échantillon fixé est soigneusement homogénéisé; un aliquote de ce échantillon (20 à 50ml) avec un volume de 1 ml de Lugol dans un éprouvette graduée est mis à sédimenter (12 à 24h). On garde que 5 ml se trouvent en bas et qui présente le sous échantillon et on se débarrasse du reste, et à partir de cette petite quantité on fait notre analyse qualitative un volume précis de 20 μ l est prélevée à l'aide d'une micropipette, puis mis entre lame et lamelle, et nous installons la lamelle avec un vernis à ongles transparent,

après le séchage nous mettons l'échantillon pour l'observer au microscope optique «Optika» après avoir ajouté une goutte d'huile de cèdre.

Le dénombrement au microscope est réalisé à l'objectif x 100, par un balayage de toute la surface de la lamelle. Afin de minimiser l'erreur, trois lames sont dénombrées pour chaque échantillon et seules les valeurs moyennes sont prises en considération.

Les résultats de dénombrement sont exprimés en nombre d'individus par microlitre, dans un premier temps, relevées la valeur moyennes du nombre d'individu algaux comptés dans les trois lames par volume, et ensuite converti en nombre d'individus par litre.

Le choix de la stratégie de comptage est ensuite décidé et fixé car l'analyse quantitative implique l'enregistrement et le dénombrement des taxons observés dans une surface connue de la chambre de comptage. La stratégie de comptage utilisée est fonction de la concentration des algues. Selon la concentration en algues décroissante, le comptage peut être réalisé de trois manières différentes (**Fig. 14**):

1/ Sur au minimum 30 champs choisis aléatoirement, si les algues sont très abondantes.

2/ Sur un ou plusieurs transects en parcourant le diamètre de la chambre, soit 26 millimètres.

3/ Sur une demi-chambre ou sur l'ensemble de la chambre de sédimentation.

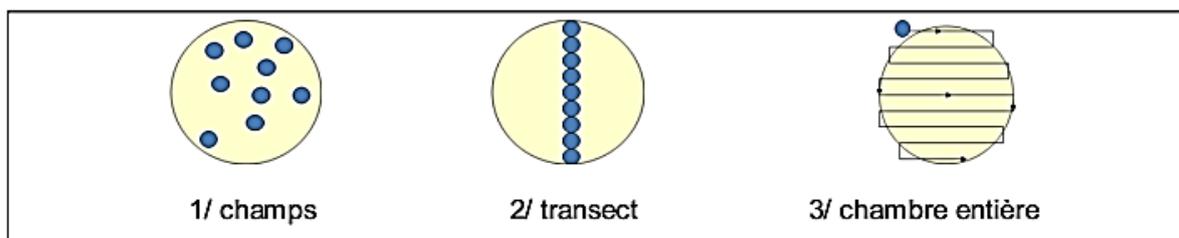


Figure 14: Représentation schématique des différentes méthodes de comptage (Sonia, 2013)

Chapitre IV:

Résultats et interprétations

Chapitre IV: Résultats et interprétations

La quantité et la composition du phytoplancton sont très variables dans le temps car de nombreux paramètres interviennent: migrations verticales journalières en fonction de l'intensité lumineuse, successions saisonnières des différents groupe en fonction de la température, composition spectrale de la lumière, transparence de l'eau, disponibilité en nutriments, activité de prédation par la faune (zooplancton) (Druart et Balvay, 2007).

En raison de ces conditions variées, la distribution, l'abondance et la diversité du plancton varient d'un endroit à l'autre et de temps en temps. Le but de cette partie c'est l'identification des taxons phytoplanctoniques d'après les analyses de chapitre précédent (Chapitre III) et leurs interprétations.

1. Les résultats des analyses physicochimiques et leurs interprétations

1.1. La température

La température de l'eau est mesurée obligatoirement in situ par ce qu'elle est un paramètre changeable avec le temps et le météo.

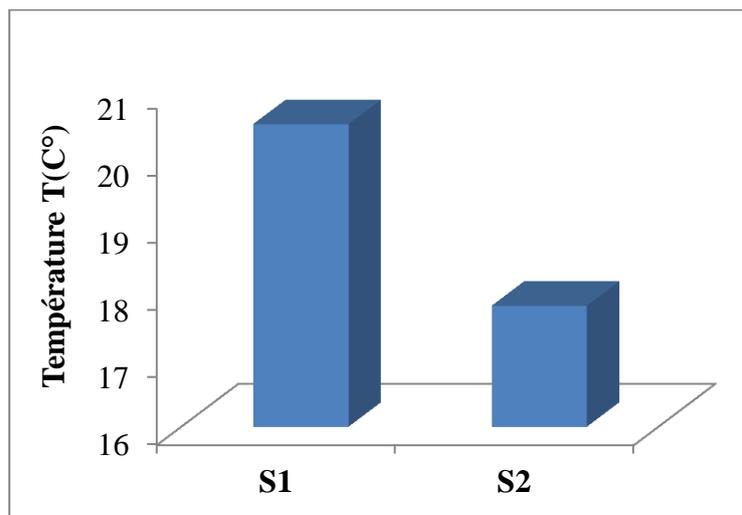


Figure 15: Les variations de la température des eaux du Lac.

Grâce aux résultats présentés ci-dessus (Fig. 15), nous remarquons que la température des deux stations est différente, nous avons enregistré le degré le plus élevé dans la station 1 (20,5°C) et le degré le plus bas dans la station 2 (18,0°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 (Tab. 13), nous pouvons affirmer que l'eau du Lac Tonga est normale au niveau la S1 et bonne au niveau de S2.

Tableau 13:Grille D'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température
(Monod, 1989).

La température	La qualité
< 20°C	Normale (S2)
20°C - 22°C	Bonne (S1)
22°C – 25°C	Moyenne
25°C – 30°C	Médiocre
> 30°C	Mauvaise

En effet, la température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatique (**Ramade, 1993**). Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatique (**Anglier, 2003**).

D'une manière générale, ces températures sont favorables à l'apparition et au développement du phytoplancton selon les observations faites par **Reynolds (1998)** et **Zongo (2007)**.

1.2. L'oxygène dissous

La mesure de l'oxygène dissous se fait nécessairement in situ par ce qu'elle est un paramètre changeable avec le processus de respiration et la photosynthèse des microalgues au niveau de Lac. Et les résultats de cette mesure sont affichés dans la figure 16.

Grâce aux résultats obtenus (**Fig. 16**) on marque la valeur minimale (0,07 mg/L) a été enregistrée dans S2 par contre S1 (0,09 mg/L) dans mois février. Puisque cet échantillon est prélevé en saison hivernale, nous ne sommes pas surpris par ces faibles valeurs d'oxygène dans le lac, en raison du manque de lumière solaire dont dépendent les organismes vivants dans le processus de photosynthèse, de respiration et d'échanges gazeux.

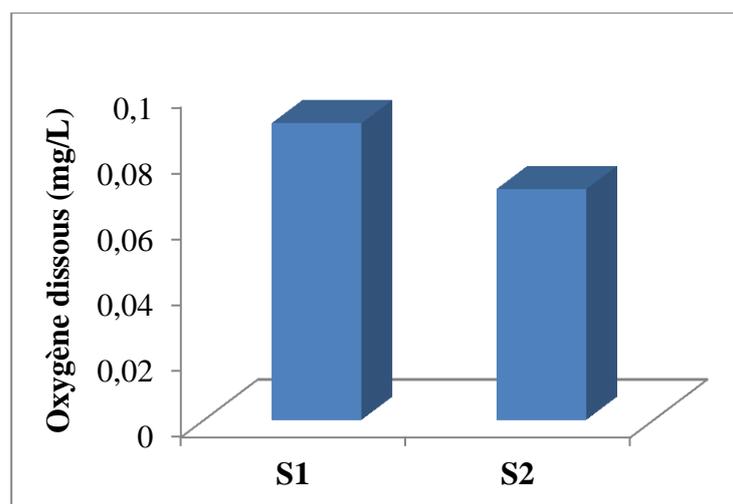


Figure 16: Les variations de l'oxygène dissous des eaux du Lac.

L'oxygène dissous mesure participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. Dans l'eau, la solubilité de l'oxygène varie en fonction de la température de l'eau et de la pression atmosphérique, a un effet très important sur la vie des microorganismes et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. Si on se réfère à cette classification (**Tab. 14**), nous pouvons affirmer que les eaux du Lac Tonga sont des eaux mauvaises.

Tableau 14: Grille de qualité pour le paramètre Oxygène dissous.

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
5 mg/l	3-5	2-3	1-2	Moins de 1

L'oxygène représente environ 35% de gaz dissous dans l'eau. Il a une importance primordiale dans les eaux de surface puisqu'il conditionne les processus d'autoépuration et de préservation de la vie aquatique (**Gaujous, 1995**).

Selon le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, afin d'assurer la protection de la vie aquatique, les concentrations en oxygène dissous devraient être supérieures à 7 mg/l pour une température d'eau se situant entre 5 et 10°C, à 6 mg/l pour une température d'eau se situant entre 10 et 15°C et à 5 mg/l pour une température d'eau se situant entre 20 et 25°C, (ce dernier représente notre cas).

1.3. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH influence la vie des phytoplanctons dans Lac. En effet la majorité des microorganismes aquatiques ont besoin d'un pH neutre varié entre (6-9) pour leurs survivances. La figure 17 montre les résultats de la mesure du pH de notre étude.

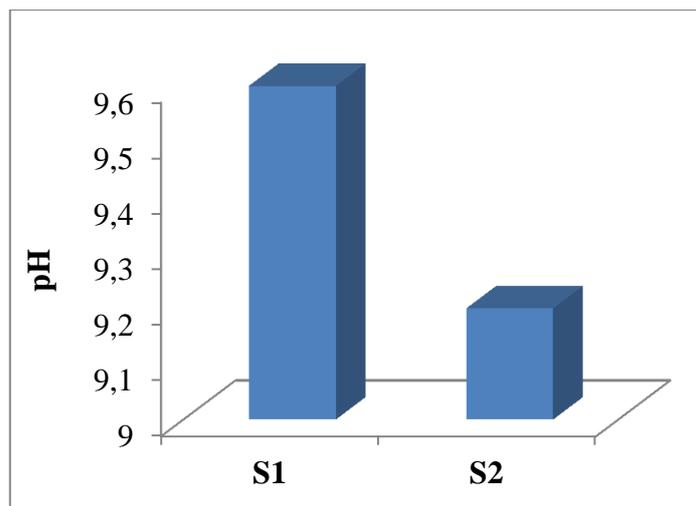


Figure 17: Les variations de pH des eaux du Lac.

Le pH des lacs est aussi influencé par l'activité des divers organismes aquatiques. D'un côté, le dioxyde de carbone (CO_2), issu de la respiration des organismes, a un effet acidifiant sur l'eau des lacs. Toutefois, ce phénomène est en partie compensé par les organismes qui utilisent le CO_2 lors de la photosynthèse, ce qui a pour effet d'augmenter le pH de l'eau (l'eau devient moins acide). Ainsi, le pH d'un Lac change tout au long de la journée, car l'équilibre entre la photosynthèse et la respiration des organismes aquatiques varie avec les changements de température et d'intensité lumineuse.

A partir des résultats présentés ci-dessus (**Fig. 17**), on constate que la valeur de pH de la première station (9,6) et de la deuxième station (9,2) est proche. Les eaux des deux stations peuvent être incluses dans la même classification. Elles ont les valeurs d'un pH basique, on peut donc dire que les eaux du Lac Tonga sont alcalines (l'eau devient noire quand le pH est basique).

À un pH plus élevé, les fertilisants agricoles se transforment plus facilement en ammoniac dans les cours d'eau, une molécule qui est toxique pour plusieurs organismes vivants.

Ce paramètre abiotique n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous (**Hamed et al., 2012**).

1.4. Le Total des Solides Dissous (TDS)

Grâce aux résultats de mesure que nous avons effectués sur le site et présentés ci-dessous (**Fig. 18**), nous pouvons constater que la valeur de TDS dans la deuxième station est bien supérieure à celle de la première.

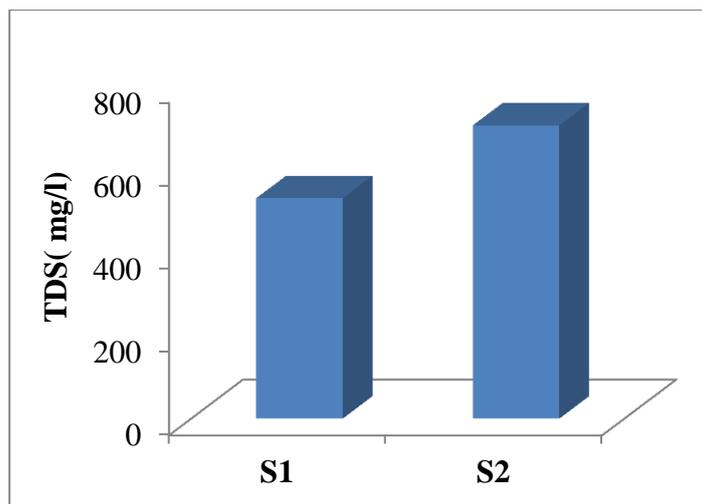


Figure 18: Les variations de TDS des eaux du Lac.

Les résultats montrent qu'il y a une différence entre la valeur de TDS du Lac Tonga où la valeur la plus basse est enregistrée au niveau du S1 (530 μ s/cm) et pour S2 (750 μ s/cm) le max.

En comparant les résultats de notre étude avec le tableau 15 ci-dessous, nous concluons que TDS dans la première station est bon. Par contre, la deuxième elle représente une valeur passable. Les fortes valeurs peuvent s'expliquer par le lessivage des sols des terrains agricoles à côté du Lac qui utilise certainement des produits phytosanitaires et aussi les rejets urbains.

Tableau 15: Les valeurs de TDS avec leurs évaluations.

Niveau de TDS (milligrammes / litres)	Evaluation
Moins de 300	Excellent
300 -600	Bien (S1)
600- 900	Passable (S2)
900 -1200	Faible
Plus 1200	Inacceptable

1.5. La salinité

À travers la figure 19, on note que la salinité du Lac Tonga est présentée une égalité pour les deux stations où la même valeur a été enregistrée (0, 1 g/l), d'après le tableau 16 nous concluons que l'eau du Lac est définitivement douce.

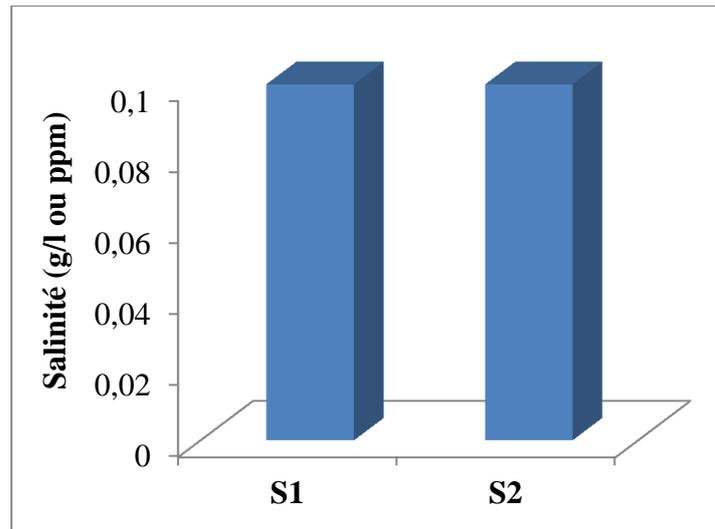


Figure 19: Les variations de la salinité des eaux du Lac.

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 (la période pluviale) et la faible évaporation de l'eau.

Tableau 16: la classification des eaux selon la salinité (Chevallier, 2007).

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	Plus de 45 g/l

1.6. La conductivité

Grâce aux résultats de mesure, nous avons remarqué que la conductivité partage les mêmes valeurs avec le TDS (**Fig. 20**).

La conductivité est mesurée in situ ou bien au laboratoire, selon l'histogramme on montre que la valeur le plus élevé enregistré dans la deuxième station (705 mg/ml) par rapport à première station (530 mg/ml).

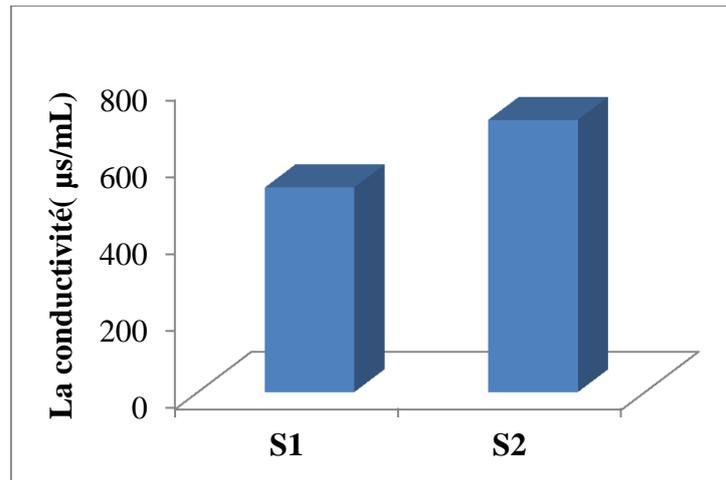


Figure 20: Les variations de la conductivité des eaux du Lac.

En comparant les résultats de notre étude avec le tableau 17 ci-dessous, nous concluons que la conductivité est dans S1 est moyenne accentuée. Par contre, S2 représente une valeur importante. Grâce au tableau 18, nous pouvons déterminer la qualité de l'eau du Lac à travers les valeurs de conductivité des deux stations et nous avons conclu que la qualité des eaux est bonne.

Tableau 17: Les valeurs de la conductivité selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau

<100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée (S1)
Entre 666 et 1000	Importante (S2)
>1000	Elevée

Une conductivité électrique élevée est synonyme de pollution de l'eau. Elle permet d'avoir une idée sur la qualité de l'eau, une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée (Rodier, 2005). La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (Merabet, 2010).

Tableau 18: la qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Monod, 1989).

Conductivité électrique (µs/cm)	Qualité des eaux
CE < 400	Bonne
400 < CE < 750	Bonne
750 < CE < 1500	Passable
1500 < CE < 3000	Médiocre

2. Les résultats des analyses phytoplanctoniques

2.1. L'identification des taxons

▪ **La première station (S1):** Au cours du mois de février 2020 et exactement le 22/02/2020, 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 08 classes:

Les Diatomophycées qui représentent 28. 05% de la population phytoplanctonique au niveau de S1, Chlorophycées(27, 14%), Cyanobactérie(22, 62%), Euglénophycées(8, 59%), Pyrrophyces(8, 59%), Xanthophycées(1, 35%), Raphidophycées (2, 26%) et les Cryptophycées(1, 35%) et **69** genres et **221** espèces distribués dans des proportions différentes pour les huit classes (**Tab. 19**).

Tableau 19: l'identification des taxons phytoplanctoniques de lac Tonga au niveau de S1.

Genre	Aspect microscopiques des espèces		
La classe des Diatomées (Bacillacées)			
Navicula	<p data-bbox="363 976 619 1010"><i>Navicula rostellata</i></p> 	<p data-bbox="724 976 1043 1010"><i>Navicula capitatoradiata</i></p> 	<p data-bbox="1166 976 1433 1010"><i>Navicula lanceolata</i></p> 
	<p data-bbox="373 1444 609 1478"><i>Navicula gregaria</i></p> 	<p data-bbox="759 1444 1008 1478"><i>Navicula phyllepta</i></p> 	<p data-bbox="1182 1444 1414 1478"><i>Navicula trivialis</i></p> 

Tableau 19: (suite)

	<p><i>Navicula secreta</i></p> 		
Sellaphora	<p><i>Sellaphora blackfordensis</i></p> 		
Frustulia	<p><i>Frustulia vulgaris</i></p> 		
Nitzschia	<p><i>Nitzschiapalea</i></p> 	<p><i>Nitzschiaangustata</i></p> 	<p><i>Nitzschiahungarica</i></p> 

Tableau 19: (suite)

	<p><i>Nitzschiabizertensis</i></p> 	<p><i>Nitzschia inconspicua</i></p> 	<p><i>Nitzschia acicularis</i></p> 
	<p><i>Nitzschia amphibia</i></p> 		
<p>Ulnaria</p>	<p><i>Ulnaria ulna</i></p> 		

Tableau 19: (suite)

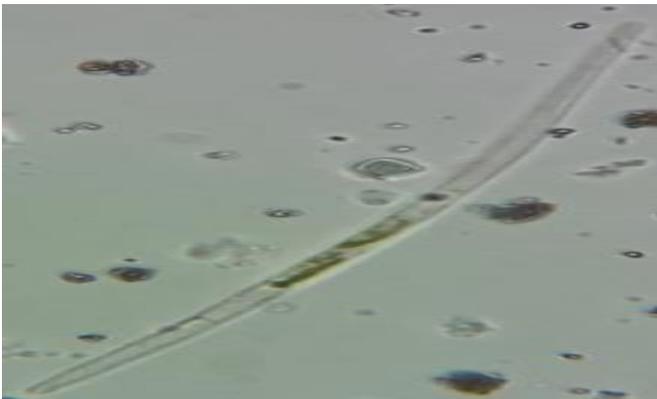
<p>Synedra</p>	<p><i>Synedra ulna</i></p> 	<p><i>Synedrasp</i></p> 	<p><i>Synedratabulata</i></p> 
<p>Gomphonella</p>	<p><i>Gomphonellaolivacea</i></p> 		
<p>Euntonia</p>	<p><i>Eunotiabilunaris</i></p> 		

Tableau 19: (suite)

Gomphonema	<p style="text-align: center;"><i>Gomphonemaparvulum</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Gomphonemapumilum</i></p> 
Cymbella	<p style="text-align: center;"><i>Cymbella Mexicana</i></p> 	
Gyrosigma	<p style="text-align: center;"><i>Gyrosigma attenuatum</i></p> 	
Pseudo-nitzschia	<p style="text-align: center;"><i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i></p> 	

Tableau 19: (la suite)

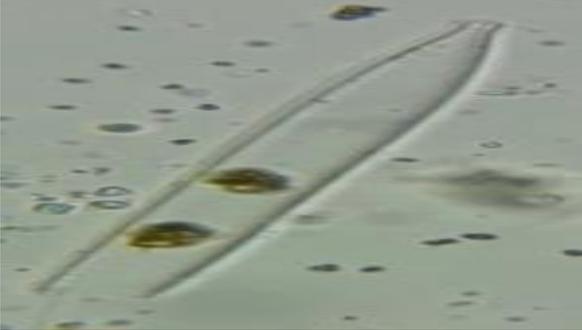
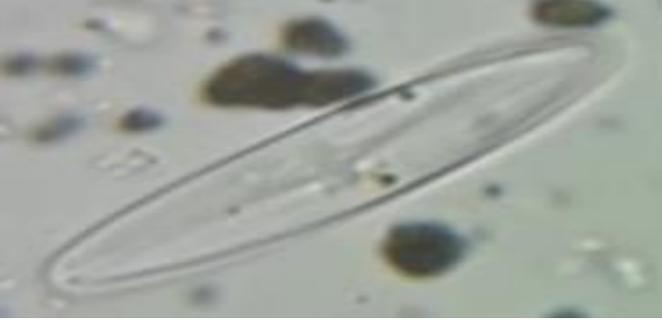
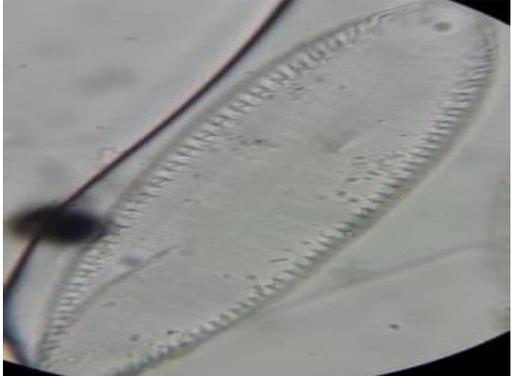
<p>Hantzschia</p>	<p><i>Hantzschia amphioxys</i></p> 	
<p>Rhopalodia</p>	<p><i>Rhopalodia vermicularis</i></p> 	
<p>Neidium</p>	<p><i>Neidium iridis</i></p> 	
<p>Surirella</p>	<p><i>Surirella elegans</i></p> 	<p><i>Surirella robusta</i></p> 

Tableau 19: (suite)

Pinnularia	<i>Pinnularia viridis</i>		
Rhoicosphenia	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	<i>Rhoicosphenia</i> sp.	
Aulacoseira	<i>Aulacoseira italica</i>	<i>Aulacoseira jurgensii</i>	
Melosira	<i>Melosira varians</i>	<i>Melosira ambigua</i>	<i>Melosira granulata</i>

Tableau 19: (suite)

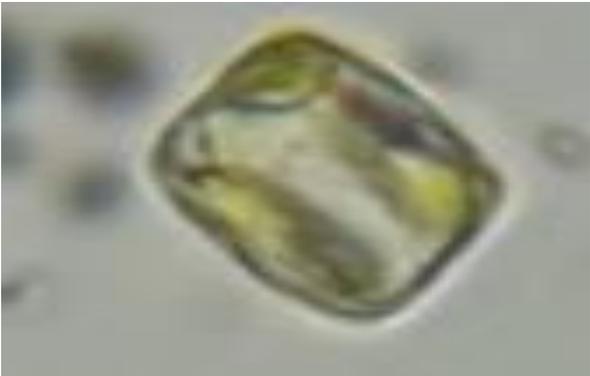
Lauderia	<p data-bbox="804 259 1050 293" style="text-align: center;"><i>Lauderia annulata</i></p> 
Cyclotella	<p data-bbox="762 705 1091 739" style="text-align: center;"><i>Cyclotella meneghiniana</i></p> 
Gonatozygon	<p data-bbox="762 1153 1091 1187" style="text-align: center;"><i>Gonatozygon brebissonii</i></p> 
Diatoma	<p data-bbox="804 1597 1050 1630" style="text-align: center;"><i>Diatoma Vulgaris</i></p> 

Tableau 19: (suite)

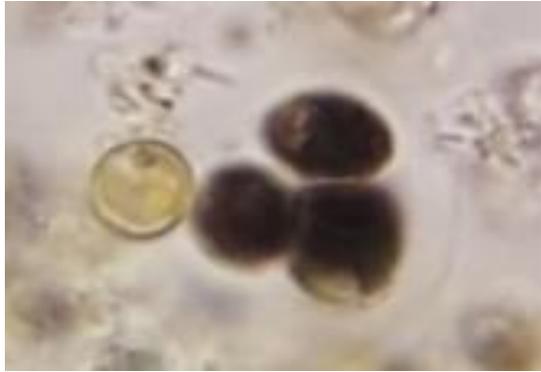
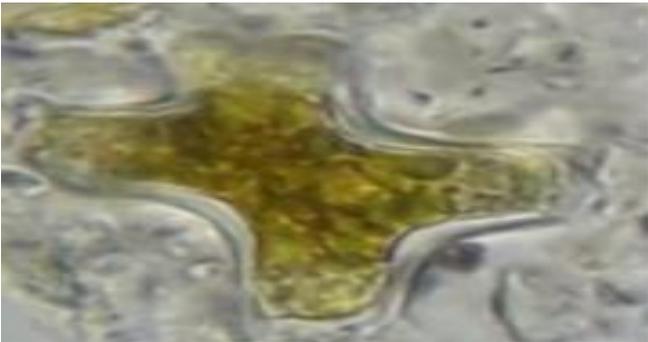
La classe: Chlorophycées		
Oocystis	<i>Oocystis borgei</i> 	<i>Oocystis sp</i> 
Desmodesmus	<i>Desmodesmus armatus</i> 	
Scenedesmus	<i>Scenedesmus abundans</i> 	<i>Scenedesmus disciformis</i> 
Tetraedron	<i>Tetraedron gracile</i> 	

Tableau 19: (Suite)

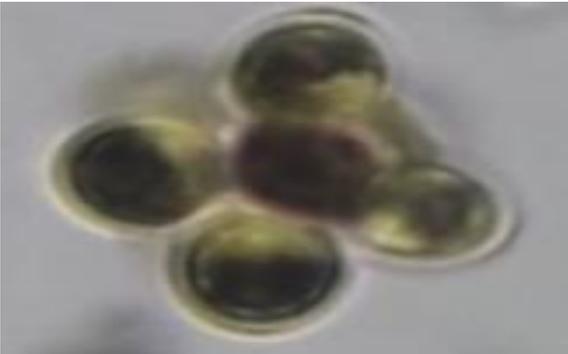
Coenochloris	<p data-bbox="804 255 1050 293"><i>Coenochloris fottii</i></p> 
Chrococcus	<p data-bbox="831 696 1023 734"><i>Chrococcus</i> sp</p> 
Westella	<p data-bbox="799 1158 1054 1196"><i>Westella botryoides</i></p> 
Coenococcus	<p data-bbox="751 1592 1102 1630"><i>Coenococcus planctonicus</i></p> 

Tableau 19: (Suite)

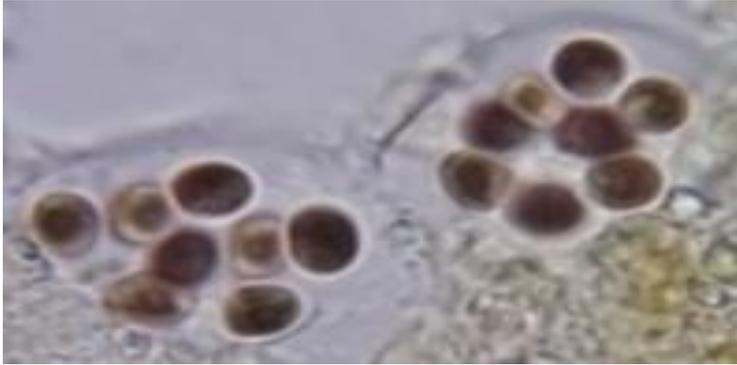
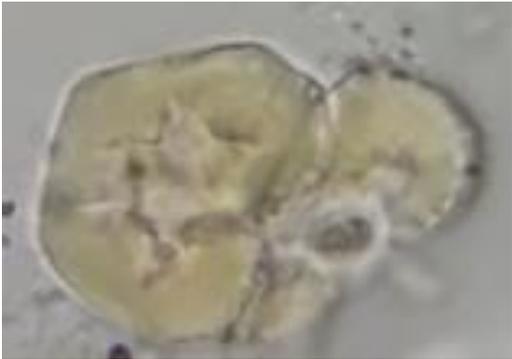
Sphaerocystis	<p style="text-align: center;"><i>Sphaerocystis chlorophyte</i></p> 		
Tetraspora	<p style="text-align: center;"><i>Tetraspora sp</i></p> 		
Cosmarium	<p style="text-align: center;"><i>Cosmarium sp</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Cosmarium desmid</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Cosmarium granatum</i></p> 
botryococcus	<p style="text-align: center;"><i>Pandorinasp</i></p> 		<p style="text-align: center;"><i>Pandorinamorum</i></p> 

Tableau 19: (Suite)

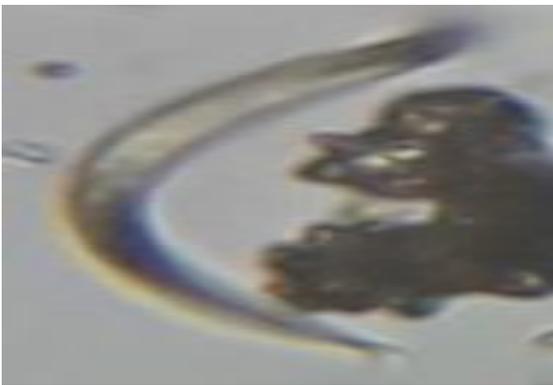
<p>Asterococcus</p>	<p><i>Asterococcus limneticus</i></p> 	
<p>Tetrastrum</p>	<p><i>Tetrastrum glabrum</i></p> 	
<p>Monoraphidium, Ankistrodesmus, Senastrum Sont des genres similaires</p>	<p><i>M. komarkovae</i></p> 	<p><i>M. arcuatum</i></p> 
	<p><i>M. Contortum</i></p> 	<p><i>M. minutum</i></p> 

Tableau 19: (Suite)

Ankistrodesmus	<p><i>A. falcatus var acicularis</i></p> 	<p><i>Ankistrodesmus angustus</i></p> 	<p><i>Ankistrodesmusf alcatus</i></p> 
Kirchneriella	<p><i>Kirchneriella aperta</i></p> 		
Microthamnion	<p><i>Microthamnion sp</i></p> 		
Chlamydomonas	<p><i>C. Sp</i></p> 	<p><i>C. reinhardtii</i></p> 	<p><i>C. globosa</i></p> 

Tableau 19: (Suite)

La classe: Euglenophycées

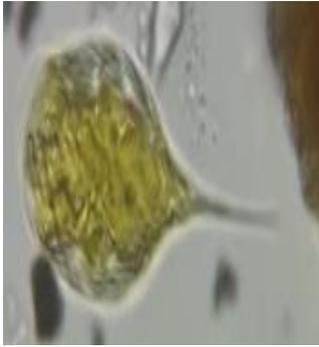
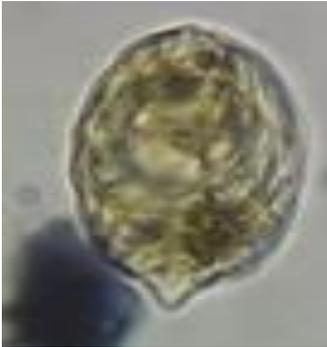
Phacus	<p><i>Phacus pyrum</i></p> 	<p><i>Phacus acuminatus</i></p> 	<p><i>Phacus caudatus</i></p> 
Euglena	<p><i>Euglena sanguinea</i></p> 		
Trachelomonas	<p><i>T. volvocina</i></p> 	<p><i>T. rugulosa</i></p> 	<p><i>T. scabra</i></p> 
	<p><i>Trachelomonas Sp</i></p> 		<p><i>Trachelomonas abrupta</i></p> 

Tableau 19:(Suite)

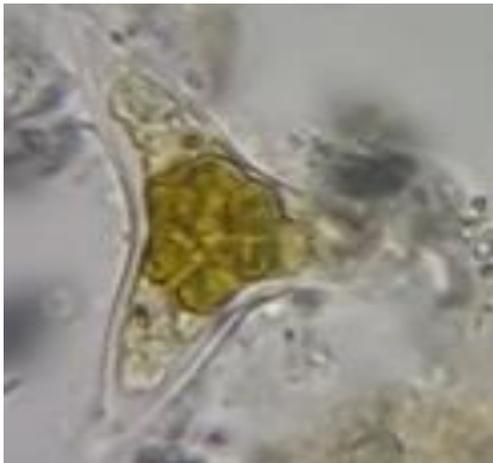
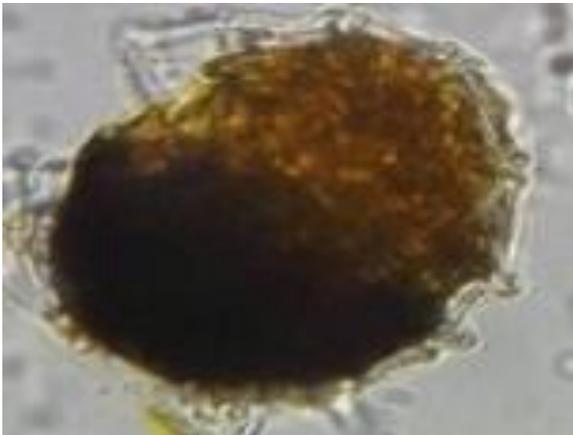
Lepocinclis	<p style="text-align: center;"><i>Lepocinclis oxyuris</i></p> 
La classe: xanthophycées	
Pseudogoniochloris	<p style="text-align: center;"><i>Pseudogoniochloris tripus</i></p> 
La classe:Pyrrhophycées (Dinophycées)	
Dinophysis	<p style="text-align: center;"><i>Dinophysis rotundata</i></p> 

Tableau 19: (Suite)

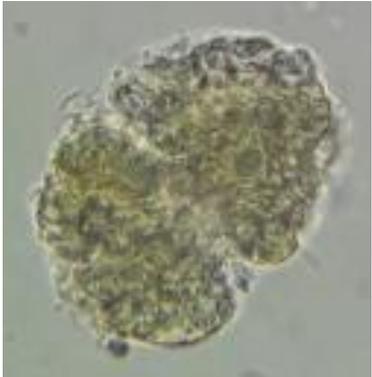
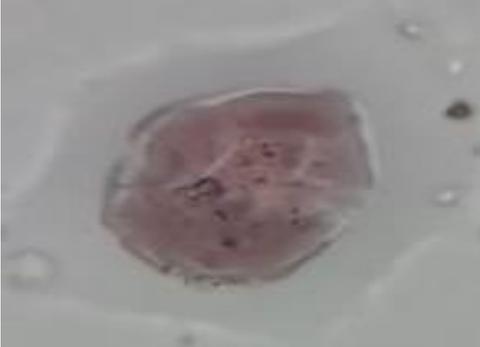
<p>Gonyaulax</p>	<p><i>Gonyaulax spinifera</i></p> 		
<p>Gymnodinium</p>	<p><i>Gymnodinium mirabile</i></p> 	<p><i>Gymnodinium catenatum</i></p> 	<p><i>Gymnodinium Sp</i></p> 
	<p><i>Gymnodinium mikimotoi</i></p> 		
<p>Symbiodinium</p>	<p><i>Symbiodinium psigmophilum</i></p> 		

Tableau 19: (Suite)

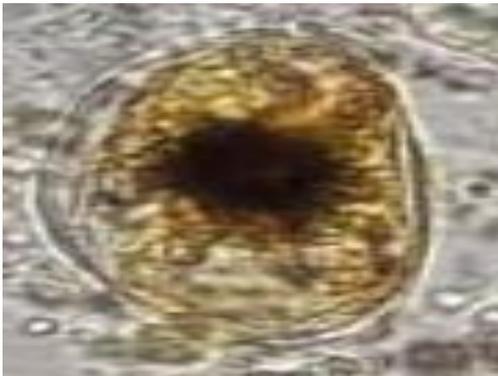
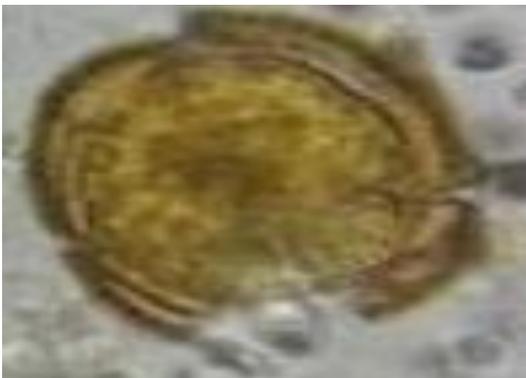
Symbiodinium	<p style="text-align: center;"><i>Symbiodinium psymophilum</i></p> 	
Katodinium	<p style="text-align: center;"><i>Katodinium glaucum</i></p> 	
Amphidinium	<p style="text-align: center;"><i>Amphidinium carterae</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Amphidinium mootonorum</i></p> 
Gambierdiscus	<p style="text-align: center;"><i>Gambierdiscus toxicus</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Gambierdiscus yasumotoi</i></p> 

Tableau 19: (Suite)

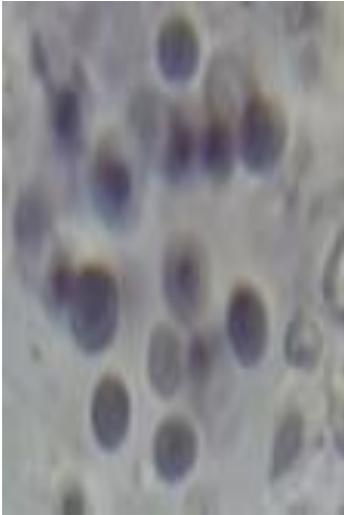
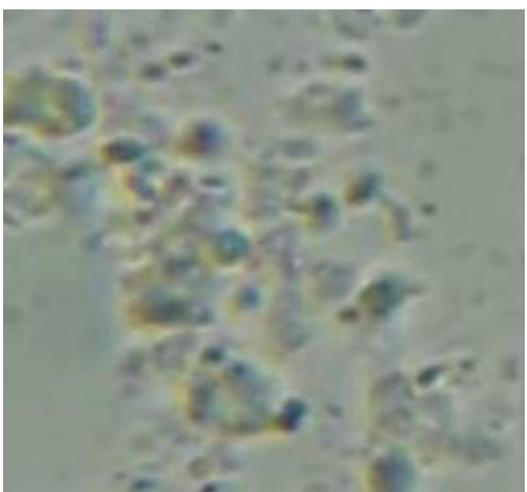
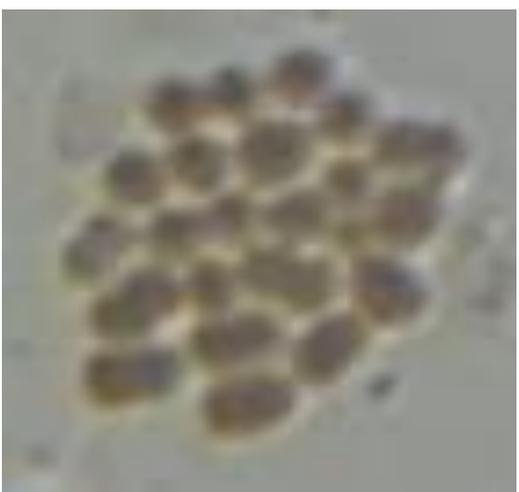
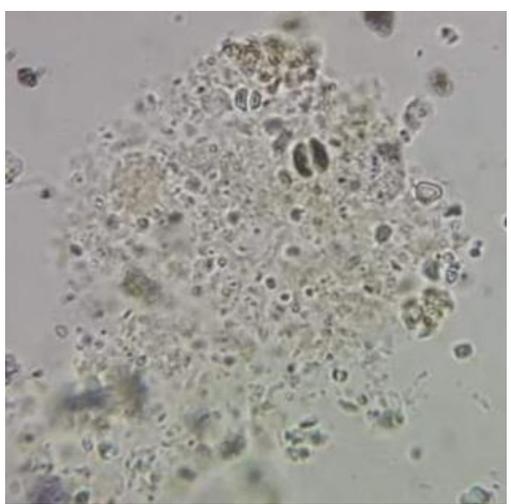
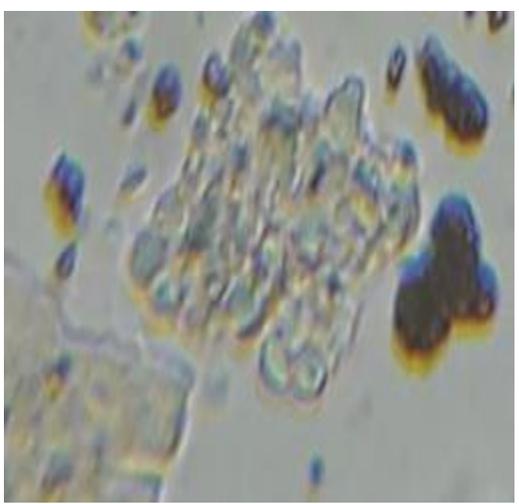
La classe: Cyanobactérie				
Aphanocapsa	<i>A. planctonica</i>	<i>A. koordersii</i>	<i>A. delicatissima</i>	
				
	<i>Aphanocapsapulchra</i>		<i>Aphanocapsagrevillei</i>	
				
Microcystis	<i>Microcystiswesenbergii</i>		<i>Microcystisbotrys</i>	
				

Tableau 19: (Suite)

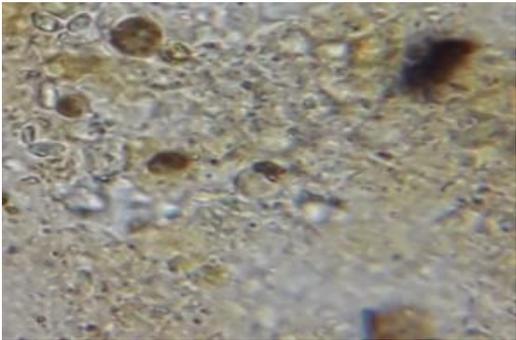
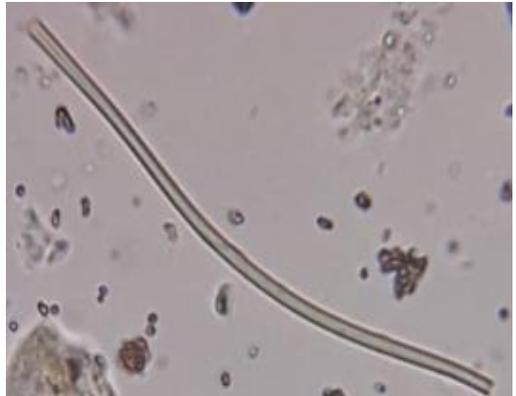
	<p><i>Microcystis aeruginosa</i></p> 	<p><i>Microcystis sp</i></p> 
<p>Pseudanabaena</p>	<p><i>Pseudanabaena galeata</i></p> 	
<p>Oscillatoria</p>	<p><i>Oscillatoria planctonica</i></p> 	<p><i>Oscillatoria subtilissima</i></p> 
<p><i>Merismopedia</i></p>	<p><i>Merismopedia tenuissima</i></p> 	

Tableau 19: (Suite)

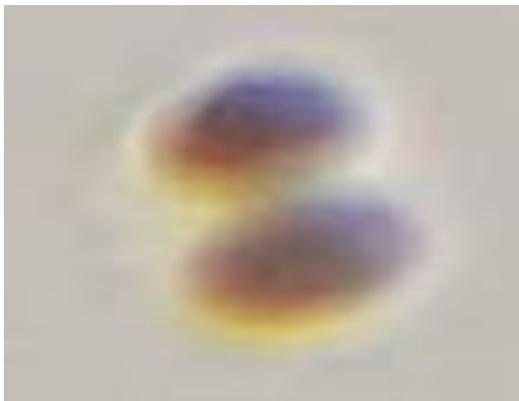
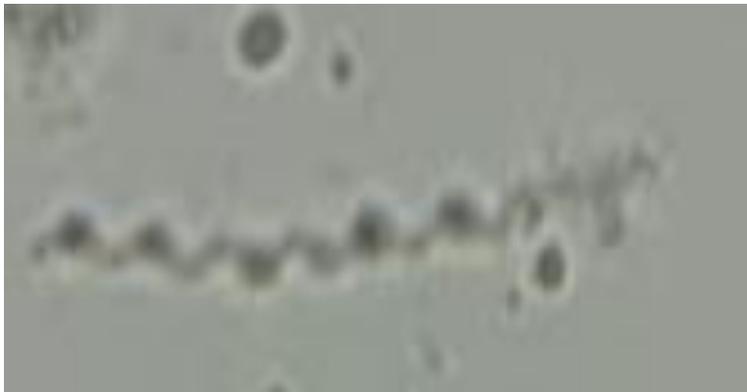
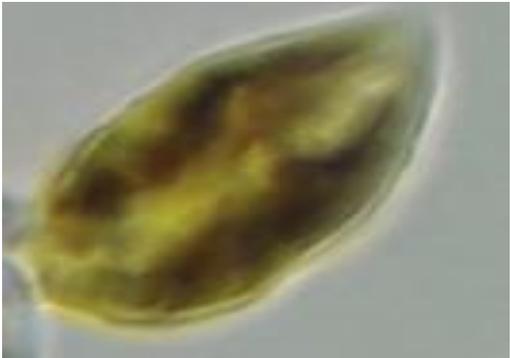
<p>Coelosphaerium</p>	<p><i>Coelosphaerium minutissimum</i></p> 	
<p>Gloecapsa</p>	<p><i>Gloecapsa violacea</i></p> 	<p><i>Gloecapsa sp</i></p> 
<p>Chroococcus</p>	<p><i>Chroococcus limneticus</i></p> 	
<p>Spirulina</p>	<p><i>Spirulina jenniferi</i></p> 	

Tableau 19: (Suite)

La classe: Cryptophycées		
Campylomonas	<p><i>Campylomonas rostratiformis</i></p> 	
Cryptomonas	<p><i>Cryptomonas erosa</i></p> 	<p><i>Cryptomonas ovata</i></p> 
	La classe: Raphidophycées	
Gonyostomum	<p><i>Gonyostomum semen</i></p> 	
Vacuolaria	<p><i>Vacuolaria virescens</i></p> 	

Nous avons traduit les calculs en colonnes graphiques pour nous permettre d'expliquer plus facilement l'abondance, le nombre et l'écart entre les types de phytoplancton (**Fig. 21**).

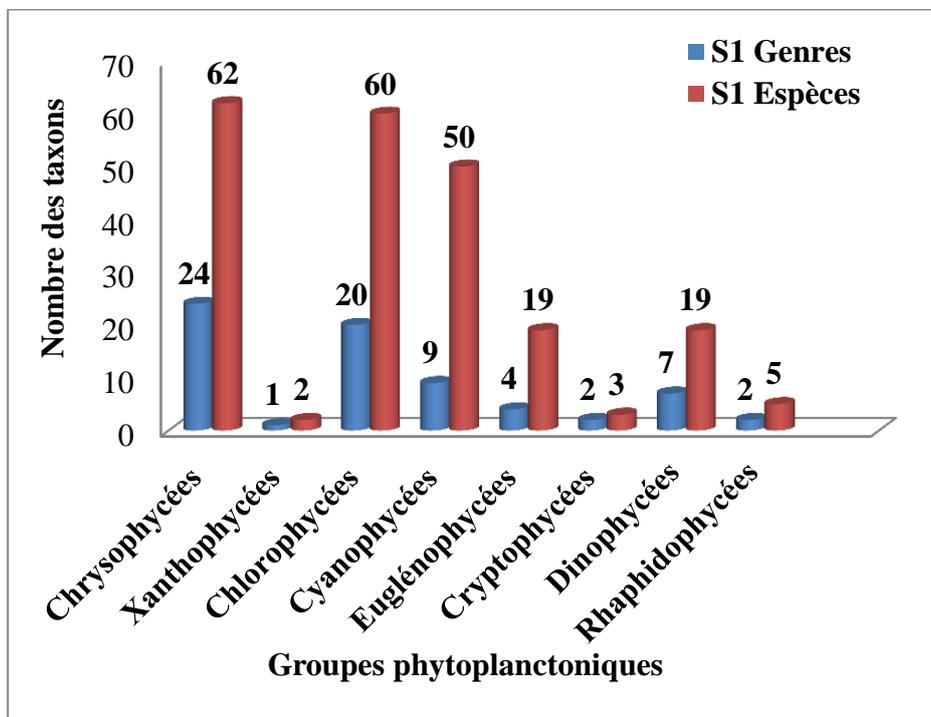


Figure 21:La distribution de groupe phytoplanctoniques du Lac Tonga au niveau de S1.

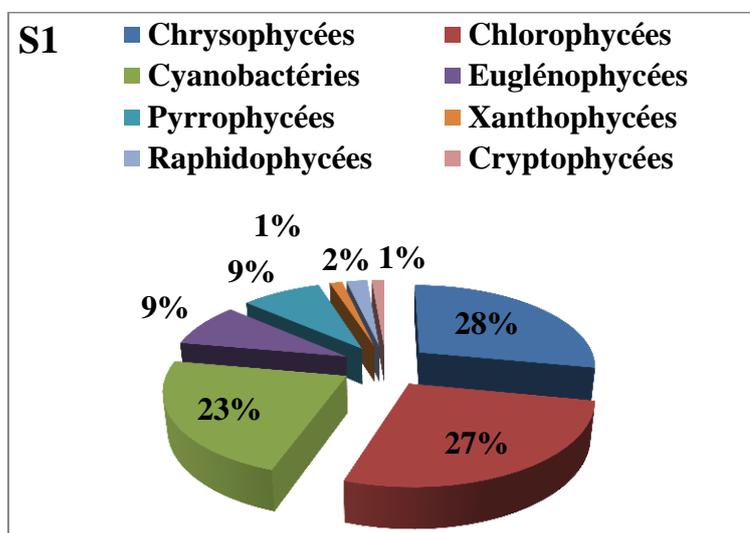


Figure 22:Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S1.

- **La deuxième station (S2):** Au cours du mois de février 2020 et exactement le 22/02/2020, un échantillon a été prélevé sur S2 du Lac Tonga afin d'étudier les algues d'eau douce.

Un total de 119 espèces regroupées en 07 classes: Il s'agit de la classe des Cyanophycées (37, 44%), Diatomophycées (26, 48%), Chlorophycées (15, 98%), Pyrrophyées (9, 13%), Cryptophycées (2, 73%), Euglénophycée (7, 30%), Xanthophycées (0, 91%) et 63 genres.

Grâce aux résultats de l'analyse quantitative des espèces phytoplanctoniques dans la deuxième station, nous avons constaté que les cyanophycées représentent le type dominant avec 6150000 sp/L et avec un pourcentage 37. 44% et l'absence totale de la classe des Raphidophycées comparant avec S1 (Tab. 20).

Tableau 20: L'identification des taxons phytoplanctoniques de Lac Tonga au niveau de S2.

Genre		Aspect microscopiques des espèces	
La classe: Diatomophycées			
Navicula	<i>Navicula secreta</i>	<i>Navicula rhyncocephala</i>	<i>Navicula lanceolata</i>
	<i>Navicula trivialis</i>	<i>Navicula rostellata</i>	<i>Navicula mutica</i>

Tableau 20: (Suite)

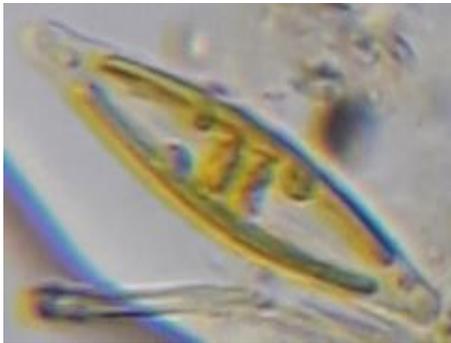
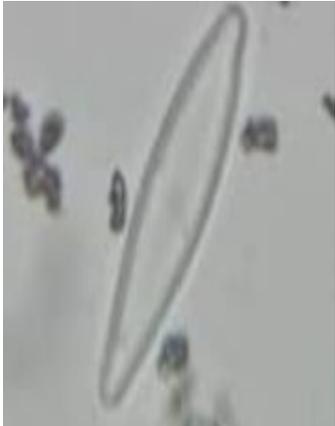
	<p><i>Navicula cryptocephala</i></p> 	<p><i>Navicula capitatoradiata</i></p> 	<p><i>Navicula oblonga</i></p> 
	<p><i>Navicula stroemii</i></p> 		
Craticula	<p><i>Craticula cuspidata</i></p> 	<p><i>Craticula accommoda</i></p> 	
Nitzschia	<p><i>Nitzschia palea</i></p> 	<p><i>Nitzschia lecointei</i></p> 	<p><i>Nitzschia fonticola</i></p> 

Tableau 20: (Suite)

	<i>Nitzschia acicularis</i>		<i>Nitzschia hungaric</i>	
				
Eunotia	<i>Eunotia bilunaris</i>	<i>Eunotia pseudopectinalis</i>	<i>Eunotia sp</i>	
				
Cymbella	<i>Cymbella Mexicana</i>		<i>Cymbella silesiaca</i>	
				
Encyonema	<i>Encyonema montana</i>			
				

Tableau 20: (Suite)

Diploneis	<p style="text-align: center;"><i>Diploneis sp</i></p> 	
Surirella	<p style="text-align: center;"><i>Surirella elegans</i></p> 	
Amphora	<p style="text-align: center;"><i>Amphora ovalis</i></p> 	
Aulacoseira	<p style="text-align: center;"><i>Aulacoseira granulata</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Aulacoseira subarctica</i></p> 

Tableau 20: (Suite)

Lauderia	<p style="text-align: center;"><i>Lauderia annulata</i></p> 		
Gomphonema	<p style="text-align: center;"><i>G. subclavatum</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>G. acuminatum</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Gomphonema sp</i></p> 
Cymbopleura	<p style="text-align: center;"><i>Cymbopleura emoda</i></p> 		
Cyclotella	<p style="text-align: center;"><i>Cyclotella meneghiniana</i></p> 		

Tableau 20: (Suite)

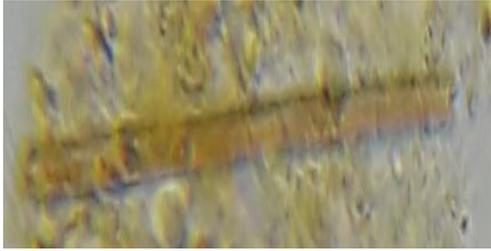
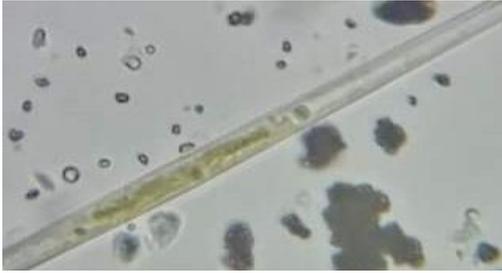
Synedra	<i>Synedra affinis</i>		<i>Synedra formosa</i>	
				
	<i>Synedra sp</i>		<i>Synedra rumpens</i>	
				
Pinnularia	<i>Pinnularia viridis</i>	<i>Pinnularia subcapitata</i>		<i>P. microstauron</i>
				
Bacillaria	<i>Bacillaria paxillifera</i>			
				

Tableau 20: (Suite)

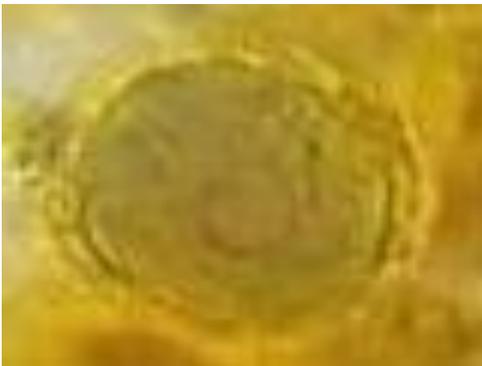
La classe: Xanthophycées		
Botrydiopsis	<p><i>Botrydiopsis callosa</i></p> 	
La classe: Chlorophycées		
Monoraphidium	<p><i>Monoraphidium griffithii</i></p> 	<p><i>Monoraphidium arcuatum</i></p> 
	<p><i>Closterium braunii</i></p> 	
Closterium		

Tableau 20: (Suite)

Scenedesmus	<p data-bbox="805 264 1150 297" style="text-align: center;"><i>Scenedesmus quadricauda</i></p> 
Cosmarium	<p data-bbox="884 689 1072 723" style="text-align: center;"><i>Cosmarium sp</i></p> 
Botryococcus	<p data-bbox="836 1106 1118 1140" style="text-align: center;"><i>Botryococcus braunii</i></p> 
Sphaerocystis	<p data-bbox="820 1561 1139 1594" style="text-align: center;"><i>Sphaerocystis schroeteri</i></p> 

Tableau 20: (Suite)

Tetraspora	<p style="text-align: center;"><i>Tetraspora sp</i></p> 	
Oedogonium	<p style="text-align: center;"><i>Oedogonium sp</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Oedogonium Macrandrous</i></p> 
Chlamydomonas	<p style="text-align: center;"><i>Chlamydomonas reinhardtii</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Chlamydomonas sp</i></p> 
Microthamnion	<p style="text-align: center;"><i>Microthamnion sp</i></p> 	

Tableau 20: (Suite)

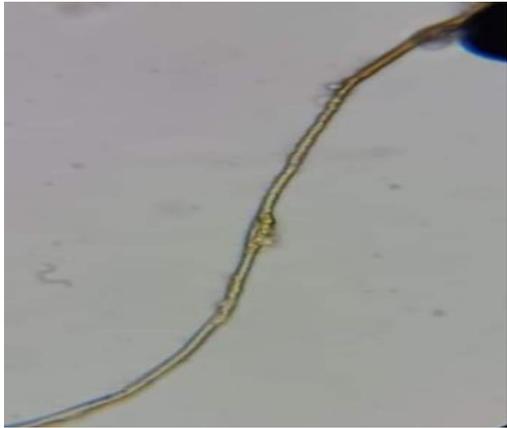
Mesotaenium	<p style="text-align: center;"><i>Mesotaenium macrococcum</i></p> 	
Chlorella	<p style="text-align: center;"><i>Chlorella vulgaris</i></p> 	
La classe: Cyanophycées		
Pseudanabaen	<p style="text-align: center;"><i>Pseudanabaen alimnetica</i></p> 	
Oscillatoria	<p style="text-align: center;"><i>Oscillatoria subtilissima</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Oscillatoria brevis</i></p> 

Tableau 20: (Suite)

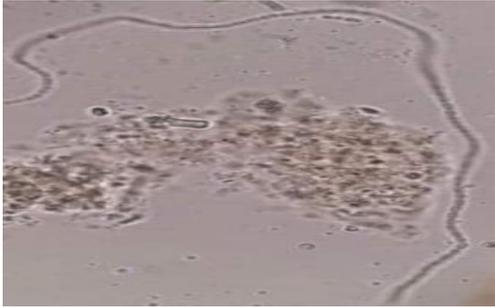
Anabaena	<p><i>Anabaena sp</i></p> 
Aphanizomenon	<p><i>Aphanizomenon sp</i></p> 
Phormidium	<p><i>Phormidium mucicola</i></p> 
Synechocystis	<p><i>Synechocystis aquatilis</i></p> 

Tableau 20: (Suite)

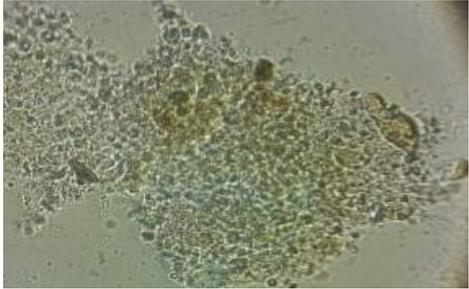
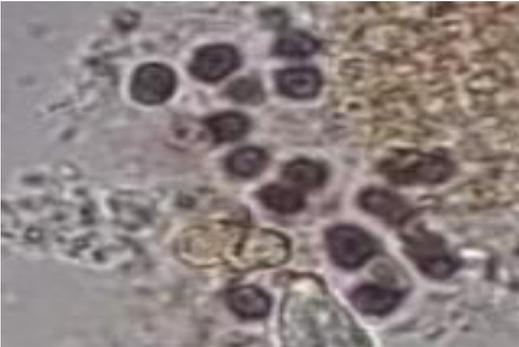
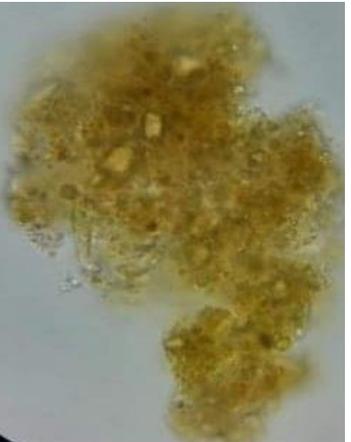
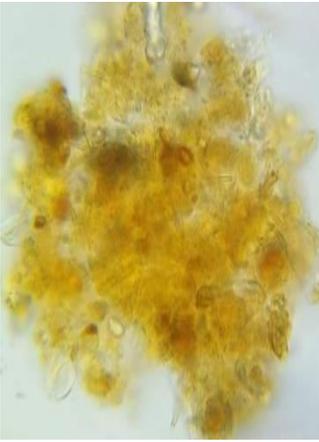
Chroococcus	<p style="text-align: center;"><i>Chroococcus minor</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Chroococcus aphanocapsoides</i></p> 	
Hyella	<p style="text-align: center;"><i>Hyella caespitosa</i></p> 		
Microcystis	<p style="text-align: center;"><i>Microcystis ichthyoblabe</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Microcystis novacekii</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Microcystis viridis</i></p> 
	<p style="text-align: center;"><i>Microcystis wesenbergii</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Microcystis sp</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Microcystis aeruginosa</i></p> 

Tableau 20: (Suite)

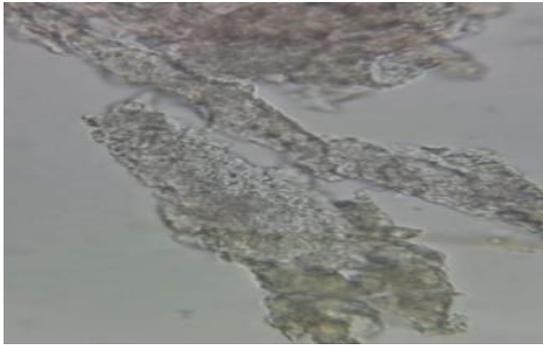
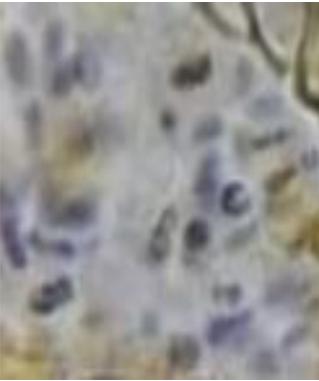
	<p><i>Microcystis wesenbergii</i></p> 	<p><i>Microcystis botrys</i></p> 	
<p>Zoogloea</p>	<p><i>Zoogloea ramigera</i></p> 		
<p>Aphanocapsa</p>	<p><i>Aphanocapsa koordersii</i></p> 	<p><i>Aphanocapsa pulchra</i></p> 	<p><i>A. planctonica</i></p> 
<p>Aphanothece</p>	<p><i>Aphanothece halophytica</i></p> 	<p><i>Aphanothece stagnina</i></p> 	<p><i>Aphanothece saxicola</i></p> 

Tableau 20: (Suite)

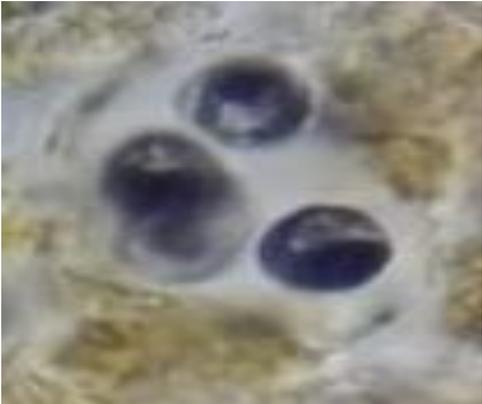
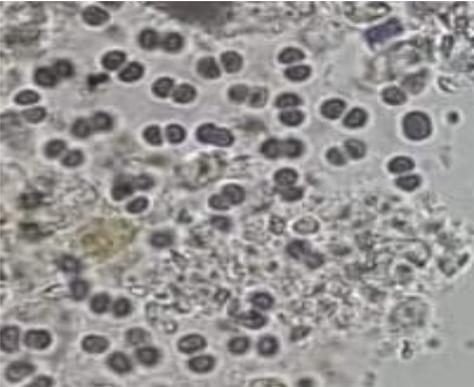
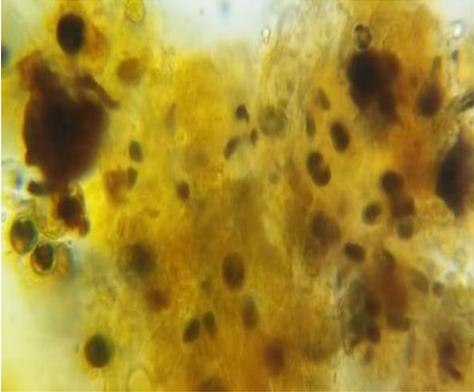
<p>Coelosphaerium</p>	<p><i>Coelosphaerium minutissimum</i></p> 	
<p>Gloeocapsa</p>	<p><i>Gloeocapsa sp</i></p> 	<p><i>Gloeocapsa cyanobacteria</i></p> 
	<p><i>Gloeocapsa violacea</i></p> 	<p><i>Gloeocapsa sp</i></p> 
	<p><i>Snowella lacustris</i></p> 	
	<p>Snowella</p>	

Tableau 20: (Suite)

<p>Achromatium</p>	<p><i>Achromatium sp</i></p> 	
<p>Spirulina</p>	<p><i>Spirulina jenniferi</i></p> 	
<p>La classe: Euglenophycées</p>		
<p>Trachelomonas</p>	<p><i>Trachelomonas dybowskii</i></p> 	<p><i>Trachelomonas volvocinopsis</i></p> 
	<p><i>Trachelomonas volvocina</i></p> 	<p><i>Trachelomonas cervicula</i></p> 

Tableau 20: (Suite)

Phacus	<p style="text-align: center;"><i>Phacus corculum</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Phacus sp</i></p> 
Lepocinclis	<p style="text-align: center;"><i>Lepocinclis globosa</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Lepocinclis ovum</i></p> 
Monomorphina	<p style="text-align: center;"><i>Monomorphina pyrum</i></p> 	
La classe: Cryptophycées		
Campylomonas	<p style="text-align: center;"><i>Campylomonas rostratiformis</i></p> 	

Tableau 20: (Suite)

Cryptomonas	<p style="text-align: center;"><i>Cryptomonas ovata</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Cryptomonas lucens</i></p> 
La classe: Pyrrhophycées		
Prorocentrum	<p style="text-align: center;"><i>Prorocentrum lima</i></p> 	
Scripsiella	<p style="text-align: center;"><i>Scripsiella trochoidea</i></p> 	
Peridiniella	<p style="text-align: center;"><i>Peridiniella catenata</i></p> 	

Tableau 20: (Suite)

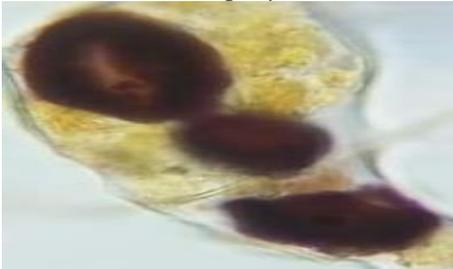
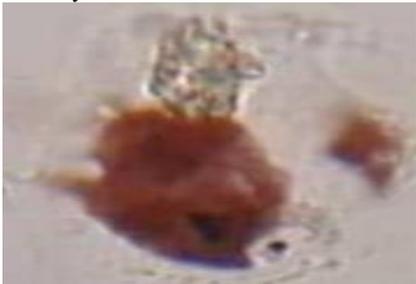
<p>Alexandrium</p>	<p><i>Alexandrium minutum</i></p> 	
<p>Goniodoma</p>	<p><i>Goniodoma polyedricum</i></p> 	
<p>Gyrodinium</p>	<p><i>Gyrodinium instriatum</i></p> 	
<p>Tovellia</p>	<p><i>Tovellia rinoi sp</i></p> 	
<p>Gymnodinium</p>	<p><i>Gymnodinium mikimotoi</i></p> 	<p><i>Gymnodinium sp</i></p> 

Tableau 20: (Suite)

Cochlodinium	<p style="text-align: center;"><i>Cochlodinium. Polykrikoides</i></p> 
Pyrophacus	<p style="text-align: center;"><i>Pyrophacus steinii</i></p> 

Nous avons fait les mêmes étapes précédentes pour étudier la communauté phytoplanctonique à la station 2. Nous avons traduit les résultats en colonnes graphiques pour nous permettre d'expliquer plus facilement l'abondance, le nombre et l'écart entre les types de plancton (Fig. 23).

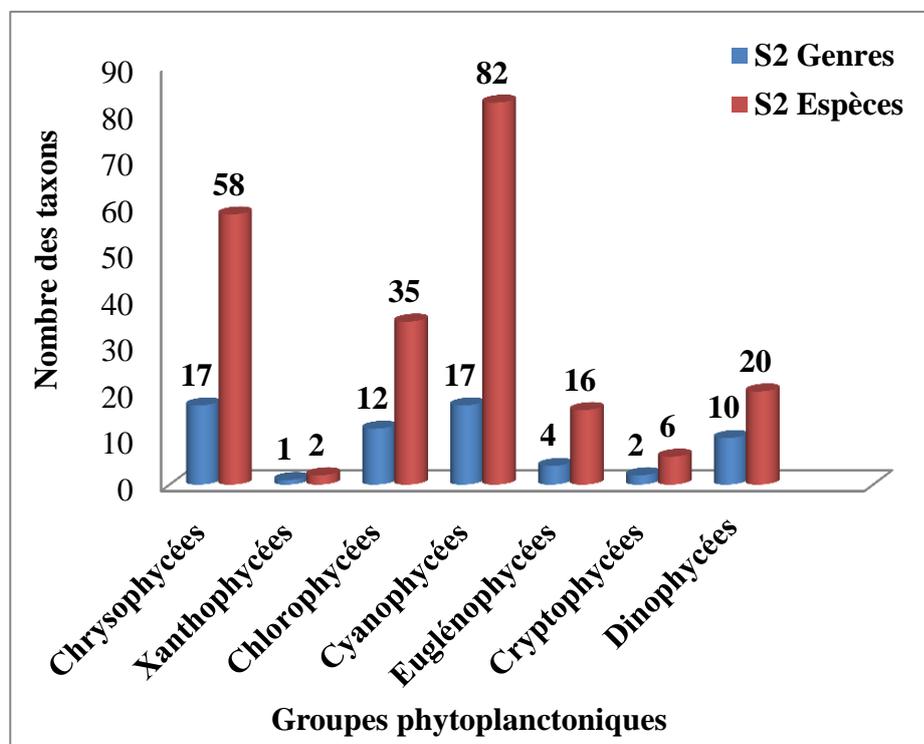


Figure 23: La distribution de groupe phytoplanctoniques du Lac Tonga au niveau de S2.

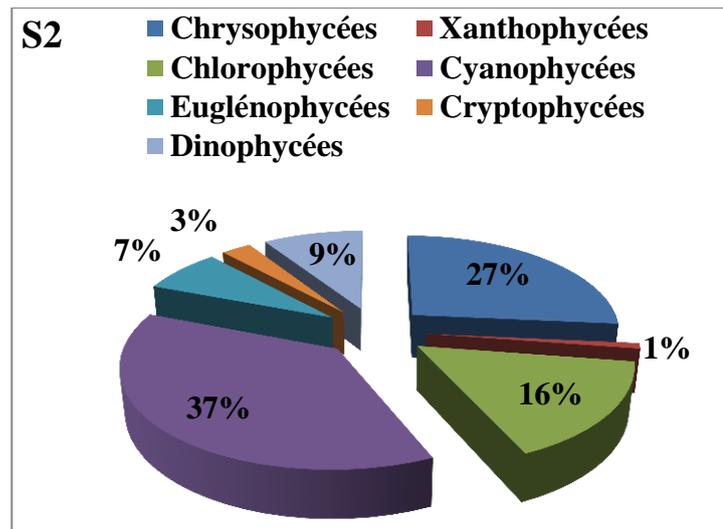


Figure 24: Une représentation graphique illustrée les proportions des classes du phytoplancton de S2.

3. L'interprétation des résultats

▪ **La première station:** Les Diatomophycées représentent la classe la plus importante ou bien dominante avec 24 genres et 62 espèces avec 28,05%. La communauté de diatomées est sérieusement altérée par l'activité humaine, par rapport aux conditions favorables. Leur dominance ceci explique la qualité d'eau car ils sont des bons bio-indicateurs. Ont habituellement un cycle de vie rapide, ce qui en fait un bio-indicateur efficace pour les impacts qui ont lieu sur une courte période.

C'est à partir des particularités de ce frustule que le taxonomiste identifie les espèces. Les cellules peuvent vivre libres dans l'eau ou former des colonies rubanées, étoilées ou filamenteuses.

Étant des producteurs primaires, les algues sont plus directement affectées par les facteurs physiques et chimiques de l'eau. Comme:

- Le pH
- Les nutriments (surtout l'azote et le phosphore)
- La présence de matières organiques
- Une faible oxygénation des eaux.

Le genre toxique de cette classe c'est: Pseudo-nitzschia

Ensuite on trouve les chlorophycées qu'est plus diversifiée et caractérisée après les diatomées par la présence de 20 genres et 60 espèces avec 27, 14 %. la prolifération de ces micro-algue nécessite quels 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.

Suivie par les Cyanophycées qui inclut 9 genres et 50 espèces avec 22, 62% sont présentes dans tous les milieux aquatiques sales ou non, et dans tous les conditions sont bien adaptées et leur richesse et dominance causée par la présence de lumière solaire que supporte la photosynthèse. Grâce à leur grande tolérance vis avis les conditions de vie et les caractéristiques de ces milieux.

Cette importante pourcentage ceux-ci sont dus au pH basique donc (9, 6), support la croissance des cyanobactéries. Il existe 2 genres toxiques ce sont: *Microcystis* (L'espèce toxique: *Microcystis aeruginosa* qui peut former des proliférations d'algues nuisibles d'importance économique et écologique) et *Oscillatoria*.

Il est suivi de la classe Pyrrophytes présentée par 7 genres et 19 espèces avec 9%: deux genres de cette classe sont toxiques: **Gymnodinium** (l'espèce *Gymnodinium catenatum*) connue pour produire des toxines, est provoqué des blooms (**Frehi et al., 2007**), et **Dinophysis** été enregistré comme un problème économique (interdictions de commercialisation des coquillages) posé par les manifestations de dinoflagellés toxiques. *G. catenatum* été identifié comme responsable de la production des toxines paralysantes et la formation d'eaux rouges.

Les *Dinophysis spp.* Pourraient être non toxiques à l'origine, et le deviendraient après ingestion du pico-phytoplancton toxique. *Dinophysis rotundata* est toxigène, mais n'a jamais contribué à des floraisons phytoplanctoniques. Il était responsable de la production de l'acide okadaïque, de la dinophysistoxine-1 (DTX1) et de la pectenotoxine-2 (PTX2), impliquées dans des intoxications diarrhéiques par fruits de mer (IDFM). N'est pas tous les espèces toxiques par ex: *Gonyaulax spinifera* non toxique.

La classe des Euglenophytes caractérisée par 4 genres et 19 espèces et qui équivaut aux Pyrrophytes en pourcentage (9 %). Sont présentent des densités moyennement faibles. Les Euglénophytes préfèrent les eaux riches en matières organiques (**Gayral, 1975**).

La classe des Rhaphidophytes présentée avec 2 genres et 5 espèces avec 2, 26 %, les Cryptophytes représente 2 genres et 3 espèces avec 1, 35 %. Enfin, La classe Xanthophycées représente avec 1 genre et 3 espèces avec 1, 35 %.

▪ **La deuxième station:** La classe des Cyanobactéries apparue comme une classe dominante ceux-ci sont dus au pH basique donc un pH supérieure à 7 (9, 2), support la vie et la croissance des cyanobactéries. C'est une classe représentée par 9 genres et 50 espèces avec 37, 44%. Il existe 3 genres toxiques ce sont: **Anabaena**, **Microcystis** (L'espèce toxique de ce genre est *Microcystis aeruginosa* qui peut former des proliférations d'algues nuisibles d'importance économique et écologique.), **Oscillatoria**, la richesse élevée de ce groupe Cette évolution est probablement liée à l'augmentation de la température.

La multiplication excessive des cyanobactéries dans la station 2 (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 industriel). 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 leurs 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).

Suivie par la classe des Diatomophycées qui représente 17 genre et 58 espèces avec 26, 48% c'est moins que leur pourcentage dans le premier site ceci explique la baisse de la qualité de l'eau du Lac dans ce site, qui n'a pas soutenu la vie, la reproduction et la croissance de ce groupe par rapport à leur diversité dans S1.

L'apparition de la classe Chlorophyceae avec un pourcentage faible 15, 98 % et n'inclut que 12 genres et 35 espèces, pourrait être due à la forte présence de la classe des Cyanophyceae au niveau de S2, la présence de Cyanophyceae perturbe la croissance des autres groupes d'algues, principalement les Chlorophyceae, par compétition vis-à-vis de deux éléments vitaux, la lumière et les sels minéraux, principalement le phosphore et l'azote.

Après cela, nous trouvons la classe des Pyrrophytes qui comporte 10 genres et 20 espèces avec 9, 13%. C'est généralement une classe qui comprend plusieurs espèces toxiques nous en parlerons en détail:

Alexandrium minutum causé des intoxications PSP des décès ont été enregistrés et l'empoisonnement avait reçu l'appellation «d'accident mytilotoxique». Bien que les symptômes s'apparentaient respectivement à ceux du PSP et que les personnes intoxiquées aient consommé des moules, l'agent responsable n'avait pas été identifié. Des contaminations de moules et huîtres étaient dues à *Alexandrium minutum*, espèce considérée jusqu'en 1987 (Haellegraef et al., 1988) comme non productrice de PSP.

Gyrodinium spp responsable à phénomène d'une eau rouge de grande ampleur pouvait être observée sur les cours d'eau. Néanmoins cette espèce semble sensible en les zones des apports industriels ou urbains riches en fer. Le genre de *Prorocentrum* aussi responsable a la coloration des eaux.

Dinophysis rotundata, *Gymnodinium catenatum* sont considérés comme toxiques, peut causer la mortalité des êtres vivants et les intoxications alimentaires humaines.

Enfin, le taxon, à savoir, *Scrippsiella trochoidea*, été associés à des eaux colorées et à des blooms, mais n'ont pas de potentialité toxique reconnue (ne sont pas nuisibles). Pour la classe Euglénophytes on trouve 4 genres et 16 espèces avec 7, 30%

La classe Cryptophytes représente 2 genres et 6 espèces 2, 74%, cet accroissement à un facteur de croissance présent dans le milieu. Et on conclut avec la classe des Xanthophytes qui représente 1 genre et 2 espèces avec 0, 91%.

4. La comparaison entre la communauté phytoplanctonique de S1 et S2

Les résultats de la comparaison que nous avons faite entre les différents types de phytoplancton précédemment identifiés et comptés, nous les avons résumés dans la figure ci-dessous (**Fig. 25**) pour faciliter le processus d'analyse les différences entre les deux stations.

La composition générale du phytoplancton du Lac est dominée par les Diatomées et les Chlorophytes, suivie par les Cyanobactéries qui sont les plus abondantes.

Le pourcentage des Cyanobactéries est élevé dans la station 2 (37, 44%), par contre il est faible et ne dépasse pas 23% dans la station 1.

Les Diatomées et les Chlorophycées ont enregistré aussi une abondance relativement élevée avec successivement (28% et 27%) dans la S1, mais leur contribution est faible dans la S2 avec (26% et 16%).

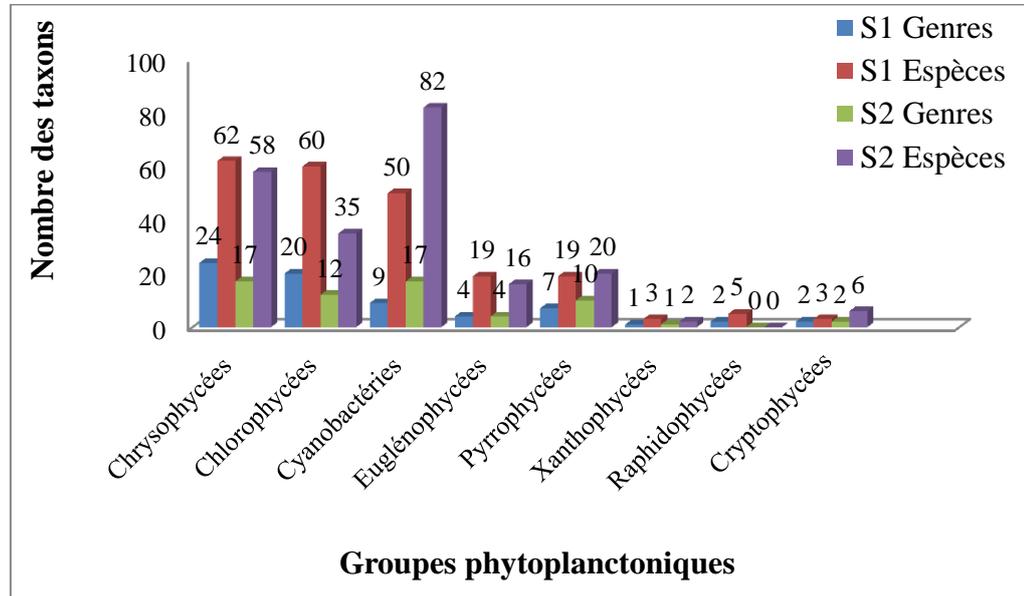


Figure 25: Une comparaison entre la communauté phytoplanctonique des deux stations (S1 et S2).

Le pourcentage des Euglenophyceae est proportionnellement proche dans les deux stations. Certains genres fréquents dans les eaux polluées comme *Euglena*, *Phacus* et *Lepocinclis* donc l'eau de Lac Tonga est polluée au niveau les deux stations.

Des espèces toxiques tel que: *Amphora sp*, *Nitzschia sp*, *Pseudonitzschia sp*, *Gymnodinium sp*, *Peridinium sp*, *Microcystis sp*, *Oscillatoria sp*, *Pseudanabaena sp*, *Dictyocha et Anabaena sp* sont identifiés. Les variables phytoplanctoniques (richesse spécifique, indice de diversité et abondance) étudiées ont montré une similitude on nombre de taxons entre S1 et S2. Les faibles densités sont notées pour classe Xanthophycées et Cryptophycées. La communauté de Raphidophycée qui absente dans S2. Elle est la plus dégradée par rapport aux conditions de Lac et la richesse des autres classes.

Conclusion

Conclusion

A l'issue de notre étude, nous avons pu mettre en évidence quelques caractéristiques physico chimiques ainsi que la flore phytoplanctonique pour évaluées sa diversité, et ce but est fait réaliser.

L'eau du Lac Tonga douce, est moyennement alcaline par un pH qui varie de 9.2 à 9.6, avec une minéralisation élevée où on a enregistré des valeurs de TDS entre 530 et 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$. La conductivité a les mêmes valeurs que le TDS, la salinité de cette eau est très faible autour de 0.1 g/l le de la plupart des eaux douces. En effet, la qualité d'une eau est la résultante de nombreux paramètres dont les fluctuations sont déterminantes pour la répartition des organismes vivants, ainsi il est utile de signaler que les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau est en fonction des saisons et des quantités des précipitations reçues et aussi les activités humaines.

La communauté phytoplanctonique recensée dans le Lac est caractérisée par une richesse importante, avec 220 (le moyen) genres recensés réparties sur 08 classes différentes qui sont les: Bacillariophycée regroupe la proportion la plus importante du peuplement phytoplanctonique (54, 54%), les Cyanophycées (30%), les Chlorophycées (21, 60%), les Dinophycées (8, 86%), les Euglenophycées (7, 95%), les Cryptophycées (2, 04%), les Raphidophycées (1, 13%) et les Xanthophycées (1, 13%) et 66 genres.

En revanche, la présence des genres toxiques fait que le Lac n'est pas totalement à l'abri d'éventuelles eutrophisations qui pourraient être à l'origine des perturbations écologiques, notamment au niveau des chaînes trophiques.

La qualité biologique de l'eau caractérisant le milieu pourrait être indiqué par la dominance notée des diatomées par rapport aux autres classes, au mois de Février.

La majorité des genres phytoplanctoniques recensées sont constants dans les deux stations de prélèvement. Ceci indique que ces espèces ont une grande valence écologique et peuvent supporter différentes conditions de différents habitats.

Les deux stations, connaît la visite des oiseaux d'eau et aussi fréquentées par les humains, favoriseraient l'installation d'un peuplement diversifié et foisonnant et aussi les plus proches des terres agricoles qui subit des nuisances et pollutions provenant des rejets d'agriculture, ainsi que les matières organiques émises par les animaux d'élevage, ceci

seraient à l'origine de la non-prolifération du phytoplancton c'est le cas de la station 02 (on trouve une diminution de classe chlorophycées).

Les eaux des lacs se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique (la présence des phytoplanctons producteurs des toxines) et chimique. Les lacs doivent faire l'objet de grandes précautions à prendre:

- Préparer un programme de surveillance pour celle-ci afin de déterminer son dossier phytoplanctoniques.
- Connaitre les risques que peuvent produire les toxines.
- Amender le financement public de l'agriculture, encourager l'adoption de meilleures pratiques culturales et s'appuyer sur l'interdiction de l'utilisation d'engrais à l'intérieur du Lac.

Nous proposons également de sensibiliser les touristes, visiteurs et résidents à ne pas jeter leurs déchets ils sont là pour aider à préserver l'écosystème du Lac.

Il serait intéressant de compléter ces résultats dans l'avenir par des études spécifiques concernant le phytoplancton, ainsi que d'autres éléments de la biocénose qui présentent de grands intérêts surtout du point de vue écologique.

Ces recherches devraient être menées sur des périodes plus longues et plus régulières afin d'assurer un suivi rigoureux et de pallier à d'éventuelles perturbation bioécologiques des eaux du Lac.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **Abbaci, H., 1999.** Ecologie du lac Tonga: cartographie de la végétation, palynothèque et l'utilisation de l'espace lacustre par l'avifaune. Thèse de Magister, Université d'Annaba. P: 143, 219.
- [2] **Aberkane, M., 2013.** Ecologie de la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* dans les zones humides de l'Est algérien. thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar d'Annaba.
- [3] **Gherib, A., Lazli, A., 2016.** Aspects of the breeding ecology of three rallidae species in northeastern algeria. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 141(4): 155-169. P: 158.
- [4] **Aminot, A., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Caractéristiques physicochimiques. Centre National de l'exploitation des océans. P: 39, 75.
- [5] **Andresen-Leitao M, P., Lassus, P., Maggi, P., La Baut, C., Chauvin, J., Truquet, P., 1983.** Phytoplancton des zones mytilicoles de la baie de vilaines et intoxication par les coquillages. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* 46 (3): 233- 266.
- [6] **Anglier, E., 2003 b.** Introduction à l'écologie. des écosystème naturels à l'écosystème humain. Edit: Tec et Doc, Paris. P: 230.
- [7] **Anonyme., 2018.** Convention sur le commerce international des especes de faune et flore sauvages menacées d'extinction. trentième session du comité pour les animaux, Genève(Suisse). AC30 Inf. 29. P: 1.
- [8] **Annani, F., 2013.** Essai de biotypologie des zones humides du constantinois. Thèse de doctorat. Université d'Annaba.
- [9] **Arrignon, J., 1991.** Aménagement piscicole des eaux douces. 4^{éd} ED: Lavoisier. 631p
- [10] **Asfour, Na, . 2019.** Production en masse de microalgues: optimisation des paramètres physico-chimiques. thèse de doctorat université d'Oran. p: 39.
- [11] **Aslan, S., Kapdan I. K., 2006.** Batch kinetics of nitrogen and phosphorus removal from synthetic wastewater by algae. *Ecological Engineering*, **28**: 64-70p.
- [12] **Ba, N., 2006.** La communauté Phytoplanctonique du lac de Guiers (Sénégal): Types d'associations fonctionnelles et approches expérimentales des facteurs de régulation. (Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal). P: 10, 22

- [13] **Bakaria, F., Boumezbeur, A., 2003.** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, Réserve Intégrale du Lac Tonga, Wilaya d'El Tarf.
- [14] **Balvayt, G., Druart, J., 2009.** Le lac d'Annecy et son plancton. Edition Quae. P 41.
- [15] Barbault, R., 1981. Ecologie des populations et des peuplements (Structure, dynamique et évolution). Ed. Masson, Paris. P: 200.
- [16] **Becker, E., 1981.** Algae mass cultivation – production and utilization. s. l. : Biochem, 1981. est un élément qui rentre le cycle métabolique.
- [17] **Belaud, A., 1996.** "Oxygénation de l'eau en aquaculture intensive". Cépadues-Ed, collection POLYTECH, P: 207.
- [18] **Belhadj, G., Chabi, Y., Chalabi, B., Gauthier-Clerc, M., 2007.** The Breeding Biology of the Cattle Egret *Ardea ibis*, the Little Egret *Egretta garzetta*, the Squacco Heron *Ardeola ralloides*, the Black-Crowned Night Heron *Nycticorax nycticorax*, the Purple Heron *Ardea purpurea* and the Glossy Ibis *Plegadis falcinellus*, at the Lac Tonga, Algeria, Vol. 19, No. 1, 59-60. ISSN 1450-216X.
- [19] **Belhadj, G., Chalabi, B., Chabi, Y., Kayser, Y., Gauthier-clerc, M., 2007.** Le retour de l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) nicheur en Algérie. *Aves*, 44, 29-36p.
- [20] **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.
- [21] **Belkhenchir, S., (1988)** Contribution à l'étude des mammifères dans le Parc Nationale d'ElKala. Station dunes de la Messida et aulnaie du Tonga. Inventaire et étude biologique. Thèse ingénieur en agronomie. INA. Alger. P: 57.
- [22] **Benslama, M., 1993.** Couverture éco-pédologique et rôle de la matière dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (cas du bassin versant du lac Tonga). Thèse de magister, I. N. A, Harrach, Alger, 152 p.
- [23] **Bentouili Med Y. (2007).** Inventaire et qualité des sources du P. N. E. K Nord est algérien. Mémoire de Magistère Dprt de Géologie, Univ Annab. P:150.
- [24] **Bermejo, R., Álvarez-Pez J. M., Acien Fernández F. G., Molina Grima E., 2002.** Recovery of pure B-phycoerythrin from the microalga *Porphyridium cruentum*. *Journal of Biotechnology*, **93**: 73-85.

- [25] **Bilanovic, D., Andargatchew, A., Kroeger, T., Shelef, G., 2009.** Freshwater and marine microalgae sequestering of CO₂ at different C and N concentrations – response surface methodology analysis. *Energy Conversion and Management*, **50**:262-267.
- [26] **Billard, R., 1998.** Les carpes, biologie et élevage, Ed Quae, Paris, 388p.
- [27] **Boileau, M., 2015.** Centre universitaire de formation en environnement et développement durable, Université de Sherbrooke. s. l. : Boileau, Marie-Eve, 2015. P:15-16- 97.
- [28] **Borowitzka, A., 1999.** Commercial production of microalgae: Ponds, tanks, tubes and fermenters. *Journal of biotechnology*, **70**: 313-321.
- [29] **Borowitzka, A., 1998.** Limits to growth, in *Wastewater treatment with algae*. [éd.] Y. -S. Wong and N. F. Y. Tam. s. l. : Springer Verlag, 1998.
- [30] **Borowitzka, A., 1995.** Microalgae as sources of pharmaceuticals and other biologically active compounds. *J Appl Phycol* 7, 3–15.
- [31] **Bouchar, F., (2010) -** Mesure de Salinité- réalisation d'un conductimetre. TENUM Toulouse.
- [32] **Bougis, P., 1974a.** Ecologie du plancton marin. I - Le phytoplancton. Masson et Cie, Paris, 196 p.
- [33] **Bougis P., 1974.** Ecologie du Plancton marins, Tome 1: Le Phytoplancton. P: 38, 61, 81-84.
- [34] **Boukli, H., 2012.** Bioécologie des Coléoptères (Arthropodes- Insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen). Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat, Université de Tlemcen.
- [35] **Boumezbeur, A., 1990.** Contribution à la connaissance des Anatidés nicheurs en Algérie (Cas du Lac Tonga et du lac des Oiseaux). Mémoire E. P. H. E., Laboratoire de Biologie et d'Écologie des Vertébrés. USTL, Montpellier.
- [36] **Bourelly, P., 1966.** Les algues d'eau douces, Algues Vertes. Édition Boubée et Cie. Paris. P: 511.
- [37] **Bourelly, P., 1968.** Les algues d'eau douces. Algues jaunes et brunes. Edition Boubée et Cie. Paris. P: 438.
- [38] **Bourelly, P., 1970.** Algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III: Les Algues bleues et rouges, les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Edition N. Boubée & Cie, P: 572.

- [39] **Bourelly, P., 1972.** Les Algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I: Les Algues vertes. Edition N. Boubée & Cie, 512 p.
- [40] **Bourelly, P., 1985.** Les algues bleues ou Cyanophycées, 5ème partie. Edition Boubée Paris. P: 297, 303, 457-458, 606.
- [41] **Bourelly, P., 1985a.** Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique. Tome I: Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris.
- [42] **Bourelly, P., 1985b.** Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique. Tome III: Les algues Vertes. Editions N. Boubée & Cie, Paris.
- [43] **Bousslama, Z., 2003.** Bioécologie d'une population de Mésange bleue *Parus Caeruleus ultramarinus* (L. 1758) dans les subéraies de plaine du Nord-est algérien: Écologie alimentaire et impact de la charge parasitaire sur les conditions morphologiques et physiologiques des poussins. Thèse Doctorat. Université Annaba. P: 103.
- [44] **Bouvy, M., Pagano, M., Troussellier, M., 2001.** Effects of a Cyanobacteria bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*), on bacteria and zooplankton communities in ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquat. Microb. Ecol.* **25** (3): 215-227
- [45] **Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K., Dunstan, G., 1997.** Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture* 151, 315–331.
- [46] **Canter-Lund, H., Lund J. W. G., 1995.** Freshwater Algae: Their microscopic world explored. No. 582. 26CAN.
- [47] **Cantin, I., 2010.** La production de biodiesel à partir des microalgues ayant un métabolisme hétérotrophe. Centre universitaire de formation en environnement, université de sherbrooke. Québec: s. n.
- [48] **Carlsson A. S., van Beilen J. B., Möller R., Clayton D., 2007.** Micro-and macro-algae: utility for industrial applications. *UK: CPL Press*, pp. 82.
- [49] **Carmichael W. W., Falconer I. R., 1993.** Diseases related to freshwater blue-green algal toxins and control measures. In: Falconer I (edt) *Algal toxins in sea food and drinking water*. Academic. Press. London. P: 187.
- [50] **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 poissons. *Rev. Hydrobiol. Trop.* **27** (3): 217-234.

- [51] Carrick H. J., Alfidge F. J., Schelske C. I., 1993. Wind influence phytoplankton biomass and composition in a shallow productive lake. *Limnol. Oceanogr*, **38**: 1179-92.
- [52] Céline, D., 2013. Eco-extraction et analyse de lipides de micro-algues pour la production d'algo- carburant. Autre. Thèse de doctorat. Université d'Avignon, . Français. NNT:2013 AVIG0251. tel-01712195. p: 55-56-57.
- [53] Cellamare, M., 2009. Évaluation de l'état écologique des plans d'eau aquitains à partir des communautés de producteurs primaires. Thèse de doctorat Université Bordeaux 1, 334 p
- [54] Cellules de microalgues: verte (a) rouge (b) et cyanobactérie (c). 40(8): 781-96.
- [55] Chader, S., Touzi, A., 2001. Biomasse algale: Source énergétique et alimentaire. *Rev. Energ. Ren: production et valorisation – biomasse*: pp 47-50.
- [56] Chalabi, B., 1990. Contribution à l'étude de l'importance des zones humides algériennes pour la protection de l'avifaune. Cas du Lac Tonga (P. N. E. K). Thèse magister. INA. Alger 133p.
- [57] Chaocachi, B., Ben Hassine O. K., Lemoalle J., 2002. Impact du vent sur la transparence des eaux de la lagune de l'ICHKEUL. *Bull. Inst. Natu. Scien. Tech. Mer de Salammbö*. Vol. 29. P: 87-93.
- [58] Charvet, S., 1999. Intégration des acquis théoriques récents dans le diagnostic de la qualité écologique des cours d'eau à l'aide des bioindicateurs invertébrés. Thèse doctorale université Claude Bernard Lyon I. 77 p.
- [59] Chazée, L., 2012. L'observatoire des zones humides Méditerranéennes un outil de gestion pour les zones humides méditerranéennes. *Options méditerranéennes, B 68, 2012 – Surveillance environnementale et développement*.
- [60] Chen, C., Yeh, K. ., Aisyah, R., Lee, D., Chang, J. . 2011. Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: A critical review. *Bioresource technology*, volume 102, numéro 1, p. 71-81.
- [61] Chettibi, F., 2013. 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. p: 05.
- [62] Chisti, Y., 2008. Biodiesel from microalgae beats bioethanol. *Trends Biotechnol.* 26, 126– 131

- [63] **Chisti, Y., 2007.** Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* 25, 294–306.
- [64] **Chouinard, Y., 2005.** Utilisations des acides gras oméga 3 en production laitière et bovine, présentation dans le cadre de la rencontre technologique «Additifs et suppléments alimentaire en production animale: innovations et tendances». Rencontre technologique organisée par le CQVB, 7 juin 2005, Saint-Hyacinthe.
- [65] **Coute, A., Chauveau, O., 1994.** Algae. *Encyclopedia Biospeologica*. I éd. Société de Biopédologie. ISSN 0398 7973, 3ème trimestre: 371-380.
- [66] **Couté, A., Bernard, C., 2001.** Les cyanobactéries toxiques. In: *Toxines d’algues dans l’alimentation*, Frémy, J. M. & Lassus, P. (Ed), Ifremer, Brest, 21-37.
- [67] **De Casabianca M. L., Kepel R. C. H., 1999.** Impact of dominant Wind on hydrological variables in a Mediterranean lagoon (Than Lagoon-France) *Oebalia*. Vol: XXV: 3-16.
- [68] **De la Noüe, J., De Pauw, N., 1988.** The potential of microalgal biotechnology: a review of production and uses of microalgae. *Biotechnology Advances*, **6**: 723-770.
- [69] **De Reviere R., 2003.** Biologie et phylogénie des algues. Belin, Paris. Collection Sup Sciences. Tome 2. P: 78, 255.
- [70] **Demers, S., Therriault, T., Bourget E., Bah A., 1987.** Resuspension in the shallow sub littoral zone of a macrotidal estuarine environment: Wind influence. *Limnol. Oceanogr.* **32**: 327-39.
- [71] **Demirbas, A., 2006.** Oily products from mosses and algae via pyrolysis. *Energy SourcesPart A-Recovery Utilization and Environmental Effects*, **28**: 933-940.
- [72] **Djamai, S., 2020.** Variations Spatiales des Macro-invertébrés benthiques dans le lac Tonga (El-Kala – Wilaya El-Tarf). Thèse de doctoratSpécialité: Sciences Biologiques. Université Mohamed Boudiaf - M’sila, P:27.
- [73] **Domaizon, I., Viboud, S., Fontvieille, D., 2003.** Taxon-specific and seasonal variations in flagellates grazing on heterotrophic bacteria in the oligotrophic Lake Annecy - importance of mixotrophy. *FEMS Microbiology Ecology*. 46:317-329.
- [74] **Druart I. C., Balvay G., 2007.** Le Léman et sa vie microscopique. Ed. Quae, Versailles. 179 p.

- [75] **Dufossé, L., et al., 2005.** Microorganisms and microalgae as source of pigments for food use: a scientific oddity or an industrial reality ? Trends in Food Science & Technology, (sous press).
- [76] **Durand, J. H., 1954.** Les sols du bassin versant du Lac Tonga (Algérie). Direction du service de colonisation et l'Hydraulique. Gouvernement général de l'Algérie, 254 p.
- [77] **Dussart, B., (1992).** Limnologie: l'étude des eaux continentales. Collection «Faune et flore actuelles», Edition N. Boubée et Cie, Paris, 680p.
- [78] **Duy, TN., Lam, PKS., Shaw, GR., Connell DW, 2000.** Toxicology and risk assessment of Freshwater cyanobacteria (blue-green algal)toxins in water. Rev. Environ. Contamination. Toxicology. 163:113-186.
- [79] **El hifnawy, Ch., 2016.** Identifier des microalgues pour le traitement des eaux usées et la production de biocarburant Université Libanaise Faculte De Genie & Université Saint-Joseph. Faculte D'ingenierie – Ecole Supérieure D'ingenieurs De Beyrouth (ESIB). Rapport du stage Master 2 Recherche pour l'obtention du diplôme du Master 2 Recherche en Energies Renouvelables. P:15.
- [80] **Elarbi, D., A, Forlou, Kh., 2017.** Effet de la carence en azote et en phosphate sur la croissance et la composition biochimique d'une souche microalgale marine «Nannochloropsis gaditana» mémoire de master, université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. p:13.
- [81] **Ettl, H. , Gärtner, G., 1988.** Chlorophyta II (Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales). Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H. et Mollenhauer, D. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart
- [82] **Fiche PLANCTON n°2, 2, le plancton: applications environnementales.** grocampus-ouest. p:1.
- [83] **Falkowski, P. G., Raven, J. A. (2007).** Aquatic photosynthesis, Second edition édition. Pinceton University Press, United Kingdom, 484 p.
- [84] **Fekir, M., 2010.** Les zones humides en Algérie. Articles: Ecologie, Vitamine DZ. Source d'énergie locale. Alger. Algérie.
- [85] **Fernandez, F., (2002).** Le monde des algues, La Garance Voyageuse N°57.
- [86] **Fogg, G. E., 1975.** Algal cultures and phytoplankton ecology. Second edition 1975. s. l. : Wisconsin: The university of Wisconsin press., 1975.

- [87] **Gailhard, I., 2003.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le «Réseau de surveillance du Phytoplancton et des phycotoxines» (REPHY). Thèse de Doctorat. Université de la Méditerranée (Aix–Marseille II). P: 1, 14.
- [88] **Gaujous, D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques: Aide mémoire. 2ème édit. Paris. P: 40-44-220.
- [89] **Gayral, P., 1975.** Les Algues: morphologie, cytologie, reproduction et écologie. Doin édit. Paris. P: 52, 133-138.
- [90] **Gehu, J. M., Kaabeche, M., Ghazouli, R., 1993.** Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El Kala (Algérie). Colloques phytosociologiques XXII. Syntaxonomie typologique des habitats Bailleul (France): 298-309.
- [91] **Gerig, G., 2001.** Production de biocarburant à partir de microalgue, P25-30.
- [92] **Germain, H., 1981.** Flore des diatomées: eaux douces et saumâtres. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris.
- [93] **Ghedadbia, M., 2012.** La Contribution à l'identification générique des Cyanobactéries potentiellement toxiques et l'étude de leurs paramètres de croissance: Cas du Lac Tonga. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar- Annaba. p68-69-51.
- [94] **Ghedadbia, M., 2012.** la contribution à l'identification générique des cyanobactéries potentiellement toxiques et l'étude de leurs paramètres de croissance: cas du lac tonga. mémoire de magister en science de la nature. université badji mokhtar annaba. p68-69
- [95] **Gorenflot, R., Guern, M., 1989.** Organisation et Biologie des Thallophytes. Doin édit. Paris. P: 196, 201.
- [96] **Gouveia, L., Nobre B. P., Marcelo F. M., Mrejen S., Cardoso M. T., Palavra A. F., Mendes R. L., 2007.** Functional food oil coloured by pigments extracted from microalgae with supercritical CO₂. Food Chemistry, **101**: 717-723.
- [97] **Groga N., (2012)** - Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse Université de Toulouse, 180-42p.
- [98] **Guiraud 1998** microbiologie alimentaire. techniques d'analyse microbiologiques. ed dunod. parution le 21/09/2012 (2^{ème} édition)

- [99] **Gustafson K. R., Cardellina J. H., Fuller R. W., Weislow O. S., Kiser R. F., Snader K. M., Patterson K. M. L., Boyd M. R., 1989.** AIDS-antiviral sulfolipids from cyanobacteria (blue green algae). *Journal of the National Cancer Institute*. **81**: 1254-1258.
- [100] **HADE, A., 2002.** Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, 360 p.
- [101] **Hallegraef G. M., Steffensen D. A., Wetherbee, R., 1988.** Three estuarine Australian dinoflagellates that can produce paralytic Shellfish toxins. *Jour. of Plankt. Research*. 10 (3): 533-541.
- [102] **Hecker, N., Costa L. T., Farinha J. C., Tomàs Vives P., (1996).** Inventaire des zones humides Méditerranéennes: Collecte des données. Publication MedWet/Wetlands International/Instituto da Conservação da Natureza. Volume II, Lisbonne. 99p.
- [103] **Henning, M., Hertel, H., Wall, H. et Kohl J. G., 1991.** Strain-specific influence of *Microcystis aeruginosa* on food ingestion and assimilation of some cladocerans and copepods. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* **76**: 37-45.
- [104] **Herrera-Silveira J. A., Comin F. A., 1995.** Nutrient fluxes in a tropical coastal lagoon. *Ophelia*. **42**: 127-146.
- [105] **Frehia, H., Couté, A., Mascarell, G., Catherine Perrette-Gallet., 2007. Mebarek, Ayadaa, M., Karaa, H., (Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie) Harmful and red-tide dinoflagellates in the Annaba bay (Algeria) p10 H. Frehi et al., C. R. Biologies 330.**
- [106] **Hoek C. V. D., Mann D. G., Jahns H. M (eds), 1995.** *Algae. An Introduction to phycology.* Cambridge University Press. Cambridge. P: 623.
- [107] **Hoppe H. A., 1979.** Marine algae and their products and constituents in pharmacy. *Marine Algae in Pharmaceutical Science*, pp 25-119.
- [108] **Hurlbert S. H., 1971.** The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology*, 52: 577-586.
- [109] **Hurlbert S. H., 1971.** The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology*, 52: 577-586.
- [110] **Hutchinson G. E., 1957.** *A treatise on Limnology. Vol. 1. Geography, Physico and Chemistry.* John Wiley and Sons, Inc., New York, 1115 p.

- [111] **Iltis A., 1980.** Les Algues 1. P: 55.
- [112] **Cantin, I., 2010.** La production de biodiesel à partir des microalgues ayant un métabolisme hétérotrophe, P. 14-28
- [113] **Singh, J., S. Gu. 2010.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, P2596-2610.
- [114] **Jean-Claude, D., Fredric, R., 2008.** Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA: prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA-Thono, rapport SHL 283, 96p.
- [115] **Jiang, Y., Chen, F., Liang S. Z., 1999.** Production potential of docosahexaenoic acid by the heterotrophic marine dinoflagellate *Cryptocodinium cohnii*. *Process Biochemistry*, **34**: 633- 637.
- [116] **John, D. M., 1994.** Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Biology Review*. 69: 275-291.
- [117] **Joleaud, L., 1936(a).** Etude géologique de la région de Bône et la calle. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, Imp. Typo. Litho et Cie, Alger, 2ème Série, Strat., N° 12, 185 p., 199p.
- [118] *Journal of Applied Phycology* 12, 527–534.
- [119] **Kadid, Y., 1989.** - Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga, Parc national d'El-Kala. Thèse Ingénieur, INA Alger, 106 p.
- [120] **Kadid, Y., 1999.** - Contribution à l'étude des phytocénoses aquatiques du lac Tonga, El-Kala (wilaya d'El-Tarf). Thèse Magistère, INA Alger, 161 p.
- [121] **Klass L. D., 1998.** Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals. Academic Press, New York. 1- 2.
- [122] **Kofoed, C. A., 1909.** On *Peridinium steinii* Jörgensen, with a note on the nomenclature of the skeleton of the Peridinidae. *Archiv für Protistenkunde*. 16: 25-47.
- [123] **Kuiper-Goodman, T., Falconer, I. R., Fitzgerald J., 1999.** Human Health aspects. In: Chorus I. Bartram J (eds) Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health, monitoring and management. WHO E & FN SPON. London. P: 113.
- [124] **Labbaci, R., 2016.** Ecologie et santé du canard colvert (*Anas platyrhynchos*) dans le complexe des zones humides du parc national d'El-Kala (cas du lac Tonga: Nord-est Algerien. Université Badji Mokhtar-Annaba. P: 28, 32, 34.

- [125] **Lacaze, J. C., 1996.** " l'eutrophisation des eaux marines et continentals". Ed. Ellipses. 181 p.
- [126] **Lampert, W., 1987.** Laboratory studies on zooplankton-Cyanobacteria interaction. *New. Zeal. Jour. Mar. Fresh. Res.* **21**: 483-490.
- [127] **Landry et al., 1992.** Notions de géologie, 3e édition, Modulo, 565 p.
- [128] **Larpent J. P. et Larpent-Gourgaud M., 1997.** Mémento technique de microbiologie. 3ème édit. Paris. P: 245, 246.
- [129] **Laurion W. F., Lavoie I. I., 2007.** Vincent les fleurs d'eau de cyanobactéries; revue de littérature; INRS rapport n° 916, 2007; 120p.
- [130] **Le Houerou, H. N., 1995.** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique, diversité biologique développement durable et désertification. *Options médit., série B*, 10, 396p.
- [131] **Lorenz R. T., Cysewski G. R., 2000.** Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. *Trends biotechnology*, **18**: 160-167.
- [132] **Louka, S., 2013.** Changements physiologiques chez les microalgues vertes menant à la biosynthèse de caroténoïdes», université de Québec, P4-11
- [133] **Luan T. G., Jing J., Sidney M. N., Chang Y. S., Nora F. Y., 2006.** Biosorption and biodegradation of tributyltin (TBT) by alginate immobilized *Chlorella vulgaris* beads in several treatment cycles. *Process Biochemistry*, **41**: 1560-1565.
- [134] **Lukac, M., Aegerter, R., 1993.** Influence of trace metals on growth and toxin production of *Microcystis aeruginosa*. *Toxic on* **31**: 293-305.
- [135] **Martin, B. V. 2004.** "floraisons de cyanobactéries au lac Saint-Augustin: dynamique à court terme et stratification", Thèse, Univ Laval p 45
- [136] **Maya, t S., 1994.** Techniques de traitement: aliments et eaux, 1ère édition, Edisem, 195p
- [137] **Mayer A. M. S., Hamann M. T., 2004.** Marine pharmacology in 2000: marine compounds with antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiplatelet, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the cardiovascular, immune, and nervous system and other miscellaneous mechanisms of action. *Marine Biotechnology*, **6**: 37-52.

- [138] **MDDELCC** (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques) (2014b). *Le Réseau de surveillance volontaire des lacs: les méthodes*. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes.htm> (Page consultée le 15 août 2020).
- [139] **Meeting F. B., 1996.** Biodiversity and application of microalgae. *Journal of industrial Microbiology*, **17**: 477-489.
- [140] **Mélanie sept 2009,** Développement de la filière microalgue à la réunion, rapport de stage ARER version1. p:49-51.
- [141] **Melis, A., Happe, T., 2006.** Trails of green alga hydrogen research from Hans Gaffron to new frontiers. In: *Discoveries in Photosynthesis*, Springer Netherlands (ed.), pp. 681-689.
- [142] **Ménesguen, A., Aminot, A., Belin, C., Chapelle, A., Guillaud, J. F., Joanny, M., Lefebvre, A., Merceron, M., Piriou, J. Y., Souchu, P., 2001a.** L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France., p. 64.
- [143] **Millet, B., 1989.** Fonctionnement hydrodynamique du bassin de Thau. Validation écologique d'un modèle numérique de circulation (Programme Echothau). *Oceanologica Acta*. **12 (1)**: 37- 46.
- [144] **Mollo, P., Noury A., 2013.** Le manuel du plancton, Éditions Charles Léopold Mayer, Essai N° 195, France, 198p.
- [145] **Moreau, D., Tomasoni, C., Jacquot, C., Kaas, R., Le Guedes, R., Cadoret, J. P., Muller-Feuga, A., Kontiza, I., Vagias, C., Roussis, V., Roussakis, C., 2006.** Cultivated microalgae and the carotenoid fucoxanthin from *Odontella aurita* as potent antiproliferative agents in bronchopulmonary and epithelial cell lines. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **22**: 97-103.
- [146] **Moss, B., 1998.** Ecology of freshwater: Man and medium, past to future. Oxford: Blackwell Science, 557 p.
- [147] **Muller-Feuga A., 2000.** The role of microalgae in aquaculture: situation and trends.
- [148] **Muñoz, R., Guieysse, B., 2006.** Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review. *Water Research*, **40**: 2799-2815.
- [149] **Mur L. R., Skumberg O. M., Utkilen H., 1999.** Cyanobacteria in the Environment. In: Chorus, I. et Bartram, J 1999. (Eds.). *Toxic Cyanobacteria in water*.

A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO Ed. E & FN SPON, pp: 41-111.

[150] **Nabris, K., Jad-Allah, El.** The Science of algae. Faculty of science-department of marine sciences, The Islamic University of Gaza.

[151] **Ngansoumana B. A., 2006.** La communauté phytoplanctonique du Lac de Guiers (Sénégal): types d'associations fonctionnelles et approches expérimentales des facteurs de régulation. Thèse de Doctorat de 3e Cycle. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 135p. novembre 2005, INOC. 29-30.

[152] **Ngansoumana B. A., 2006.** La communauté phytoplanctonique du lac de Guiers (Sénégal): types d'associations fonctionnelles et approches expérimentales des facteurs de régulation. Thèse de Doctorat de 3e Cycle. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 135p. novembre 2005, INOC. 29-30.

[153] **Nozaki, H., 2003.** Flagellated Green Algae. Dans: Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. Wehr, J. D. et Sheath, R. G. (eds). Academic Press, Paris.

[154] **Oertli, B., Frossard, Pierre-André., 2013.** Mares et étangs: Ecologie, conservation, gestion, valorisation. Edition. PPUR Presses polytechniques. p 72.

[155] **Oliver R. L., Ganf G. G., 2000.** Freshwater Blooms. P: 149-194. In: Whitton B. A., & Potts M., The Ecology of Cyanobacteria. Their Diversity in Time and Space. Kluwer. Academic. Publishers.

[156] **Osinga, R., Tramper, J., Burgess J. G., Wijffels R. H., 1999.** Marine bioprocess engineering. *Proceedings of the Society for Industrial Microbiology.* pp 351-413

[157] **Ould Aklouche, F., 2016.** Suivi de l'évolution et la croissance du loup de mer *Dicentrarchus labrax* et de la Dorade *Sparus aurata* au niveau de la ferme aquacole d'Agla (Wilaya de Tlemcen). Mémoire de Master. Université de Tlemcen Abou Bekr Belkaid. 24p.

[158] **Ozenda, P., 2000.** Les végétaux: Organisation et diversité biologique. 2ème Dunod éd. P: 9-13.

[159] **Patterson G. M. L., Baldwin C. L., Bolis C. M., Caplan F. R., Karuso H., Larsen L. K., Levine I. A., Moore R. E., Nelson C. S., Tschappat K. D., Tuang G. D., Furusawa E., Furusawa S., Norton T. R., Raybourne R. B., 1991.** Antineoplastic activity of cultured blue green algae (Cyanophyta). *Journal of Phycology.* **27:** 530-536.

- [160] **Pearce, F., Crivelli, A. J., 1994.** Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Arles: Tour du Valat, Medwet. 88 p. (Conservation of Mediterranean wetlands n°1).
- [161] **Person, Julie., 2010.** Livre Turquoise Algues, filières du futur. s. l. : Adebiotech, Romainville. p. 182.
- [162] **Pick F. R., Lean D. R. S., 1987.** The role of macronutrients (C. N. P) in controlling Cyanobacterial dominance in temperate lakes. New. Zeal. Jour of Mari and Freshwate. Res. Vol. **21**: 425-434.
- [163] **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.
- [164] **Pierre M., Anne N., 2013.** le manuel du plancton. p27. édition charles léopold mayer, 38, rue Saint-Sabin 75011 paris / France 198p (Essai n° 195) ISBN 978-2-84377-173-6).
- [165] **Pignolet, O., Jubeau, S., Vaca-Garcia, C., Michaud, P., 2013.** Highly valuable microalgae: biochemical and topological aspects. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology.
- [166] **Pittman, J. K., Dean, A. P., Osundeko, O., 2011.** The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources. Bioresource technology, volume 102, numéro 1, p. 17- 25.
- [167] **Potellon J. L., 1998.** Le guide des analyses de l'eau potable. Paris, 156p.
- [168] **Powles., 1984.** Photo inhibition of photosynthesis induced by visible light. 1984.
- [169] **Prescott, L. M., Harley, J. P., Klein D. A., 1995.** Microbiologie. 1er édit. Bruxelles. P: 536.
- [170] **Pulz, O., Gross, W., 2004.** Valuable products from biotechnology of microalgae. Applied Microbiology and Biotechnology, **65**: 635-648.
- [171] **Ramade, F., 1984.** Éléments d'écologie: écologie fondamentale. Édit Mc Graw-Hill. Paris. P: 61.
- [172] **Ramade, F., 1993.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Science Internationale. Paris, 822p).
- [173] **Ramade, F., 2003.** Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed Dunod. P 60-139-690.

- [174] **Ramade, F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions (pollution: de l'environnement à l'homme Ed science internationale PARIS PP. 382
- [175] **Ravin, Ph., Evert, R F., Echlom, S. E., Bouharmont, J., 2003.** Biologie végétale. Ed. De Boeck, Belgique, 968 p.
- [176] **Raymond., 1977.** Le traitement des eaux. 2ème édition. Dunod, France. 387p
- [177] **Redfield, A. C., 1934.** On the proportions of organic derivations in sea water and their relation to the composition of plankton. James Johnstone Memorial Volume, p. 177-192.
- [178] **Rejsek, F., 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Série: Sciences et techniques de l'environnement. Paris, 360p.
- [179] **Reynolds, C. S., 1992.** Dynamics selection and composition of phytoplankton in relation to vertical structure in lakes. Arch. Hydrobiol. Beih. Engeben. Limnol. **35**: 13-31.
- [180] **Reynolds, C. S., 1998.** What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status. Hydrobiologia. **11** (26): 369-370.
- [181] **Reynolds, R W., Smith, T M., 1998.** A High-Resolution Global Sea Surface Temperature Climatology for the 1961–90 Base Period. J. Climate, **11**, 3320–3323.)
- [182] **Richardson, K., Beardall, J., Raven J. A., 1983.** Adaptation of unicellular algae to irradiance: An analysis of strategies. New. Phytologist. **93**:157-191.
- [183] **Richmond, A., 1986.** Algal mass culture. Florida: CRC Press, 1986
- [184] **Robert, R., Chretiennot-Dinet, M. -J., Kaas, R., Martin-Jezequel, V., Moal, J., Le Coz, J. -R., Nicolas, J. -L., Bernard, E., Connan, J. -P., Le Dean, L., Le Gourrierc, G., Leroy, B., Quere, C., 2004.** Amélioration des productions phytoplantoniques en éclosérie de mollusques : caractérisation des micro-algues fourrage.
- [185] **Rocchiccioli-deltcheffc, C, 1979.** Le pH et sa mesure. Ed presses universitaires de France, Paris. P 24.
- [186] **Rodier, J., 1984.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition. Dunod. Paris.
- [187] **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. 8ème édition. Dunod. Paris. 1383p.

- [188] **Rodier, J., Bazinc, A. C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodier, L., 2005.** L'analyse de l'eau - Eaux naturelles et Eaux résiduelles et Eau de mer. Dunod, 8^{ème} édition, 1384 p.
- [189] **Rouag, R., 1999.** Inventaire et écologie des reptiles du Parc national d'El Kala. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie environnement. Université d'Annaba. 61 p.
- [190] **S. Et. Hy. Co (Société d'études hydrauliques, 1983.** Etude agro-pédologique des berges du lac Tonga. Min. Hydro. Annaba, 100 p+cartes.
- [191] **Sevrin Reyssac, J., 1997.** Instabilité du phytoplancton dans les étangs de pisciculture. Le phénomène des eaux claires. *Exp. Environ. Bot.* **38**: 211-221.
- [192] **Sevrin –Reyssac, J., La Noüe, J., Proulx, D., 1995.** Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Lavoisier. Paris. P: 17.
- [193] **Skulberg, O. M., 1996.** Toxins produced by cyanophytes in Norwegian inland waters health and environment. In: Chemical data as a basis of geomedical investigations. ed. Lag. J., the Norwegian Academy of Sciences and Letters, Oslo. pp. 131-148.
- [194] **Baillet, S., 2013.** Utilisation Des Groupes Morpho-Fonctionnels Du Phytoplancton Pour Le Diagnostic Ecologique Des Plans D'eau Du Bassin Loire Bretagne. Sciences de l'environnement.
- [195] **Sonzogni, W. C., Chapra, S. C., Armstrong, D. E., Logan, T. J., 1982.** Bioavailability of phosphorus inputs to lakes. *J. Environ. Qual.*, **11**: 555–563.
- [196] **Souache, y., 1993.** «Étude de la reproduction et du développement larvaire des odonates»
- [197] **Sournia, A., 1995.** Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean: an inquiry into biodiversity. In: Lassus P., Arzul G., Erard E., Gentien P. & Marcaillou-Le Baut C (eds). Harmful marine algal bloom. Lavoisier Publishing. Paris. P: 103-112.
- [198] **Starmach, K., 1974.** Cryptophycées, Dinophycées, Raphidophyceae. Flora Slodkowodna Polski. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- [199] **Stickney, HL, Hood, RR, Stoecker, DK., 2000.** The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecol. Model.*, **125** (2-3): 203-230.
- [200] **Stolz, P., Obermayer, B., 2005.** Manufacturing microalgae for skincare. *Cosmetics Toiletries*, **120**: 99-106.

- [201] **Stumm, W., Morgan, J. J., 1996.** Aquatic Chemistry: Chemical equilibrium and rates in natural Waters. Wiley. Inter. Science. Publication. Third edition. P: 1024.
- [202] **Taleb, A., 2015.** Production de biodiesel à partir des microalgues: recherche des souches accumulatrices des lipides et optimisation des conditions de culture en photobioréacteurs, these de doctorat, L'Université Nantes, France.
- [203] **Tapiero, H., Townsend, D. M., Tew K. D., 2004.** The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, **58**: 100-110.
- [204] **Thronsen, J., 1978.** Preservation and storage. *In: Sournia A (ed). Phytoplankton manual. Monographs on oceanographic methodology. UNESCO. P: 67-74.*
- [205] **Trégouboff, G., Rose, M., 1957.** Manuel de planctonologie méditerranéenne. Tome 1. CNRS, P: 128.
- [206] **Turner, P. C., Gamie, A. J., Hallinrake, K., Codd G. A., 1990.** Pneumonia associated with contact with Cyanobacteria. *BMJ* **300**: 1440-1441.
- [207] **Valdeyron, A., 1993.** "L'apport des amendements des calciques". *Aqua revue*, 50; 12-17p.
- [208] **Van Den Hende, S., Vervaeren, H., Boon, N., 2012.** Flue gas compounds and microalgae: (Bio-)chemical interactions leading to biotechnological opportunities. *Biotechnology Advances*, volume 30, numéro 6, p. 1405-1424.
- [209] **Villay, Aurore., 2013.** Production en photobioréacteurs et caractérisation structurale d'un exopolysaccharide produit par une microalgue rouge: *Rhodella violacea*. Application à l'obtention d'actifs antiparasitaires. Sante, Agronomie, Environnement, Université Blaise Pascal-Ecole Doctorale Sciences De La Vie. s. l. : Axe Génie des Procédés, Energétique et Biosystèmes, 2013. Thèse
- [210] **Villeneuve, V., Legare, S., Painchaud, J., Vincent, W., 2006.** Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Rev. Sci. Eau, géol*, p: 259-274.
- [211] **Villeneuve, V., Legare, S., Painchaud, J., Vincent, W., 2006.** Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Rev. Sci. Eau, géol*, pp. 259-27
- [212] **Washington, H. G., 1984.** Diversity, biotic, and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research* 18, 653-94.
- [213] **Wetzel, R. G., 1975.** *Limnology*. Philadelphia: Saunders, 1975 soit d'une oxygénation importante.

- [214] Zingone A., Enevoldsen, H. O., 2000. The diversity of harmful algal blooms challenge for science and management. *Ocean & Coastal Management*. 43:725-748.
- [215] **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.).
- [216] **Zubkov, M. V., Tarran, G. A., 2008.** High bacterivory by the smallest phytoplankton in the North Atlantic Ocean. *Nature*. 455: 224.

Sites web

- (1) <http://www.keweenawalgae.mtu.edu>. consulter le: 28/04/2011.
- (2) <https://www.jardindupicvert.com/plantes-aquatiques/5952-chataigne-d-eau.html>. Consulter le:24/04/2020
- (3) <https://rsis.ramsar.org/fr/ris/281?language=fr>. Consulter le: 24/04/2020
- (4) <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcTLiAqA-Y0Wvgch8zvJ0hNj1H-o94l3wrenxg&usqp=CAU>. Consulter le: 31/08/2020.
- (5) https://lh3.googleusercontent.com/proxy/O3SwetYxQeqiLMlcCYhUQQk_8OgTQK7iXesln5CzVsKjE8vqD8WivBE_BKvY8fVClkyyPHwX9nLstYPL8iy1lyVlie0a7sP51ypUcvCHPKt6B1DXxqzFVIkc8sKfpv1Fgv6vR4-hUgbFq6kqA. Consulter le: 31/08/2020.
- (6) https://lewebpedagogique.com/michelsvt/files/2009/06/Ch_alimentaireoc%C3%A9an.jpg. Consulter le: 31/08/2020.
- (7) <https://wwz.ifremer.fr/lerpc/Environnement-des-Pertuis/Le-Phytoplancton>. Consulter le: 24/04/2020
- (8) **Article de journal el watan 26 OCTOBRE 2018 À 0 H 11 MIN.** Accueil Pages hebdo Environnement. Les zones humides algériennes dans la convention Ramsar. Consulter le: 19 /02/2020
- (9) <https://rsis.ramsar.org/fr/ris/281?language=fr>. Consulter le: 19 /02/2020
- (10) <https://www.aquaticbezanson.fr/scirpus-lacustris-69.html>. Consulter le: 25/04/2020
- (11) <https://www.aquaportail.com/genre-phragmites-1384.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (12) <https://www.pinterest.ch/pin/697706167243902503/>. Consulter le: 24/04/2020
- (13) <https://www.amazon.fr/graines-pseudacorus-liris-marais-acore/dp/B07T26LT6R>. Consulter le: 24/04/2020
- (14) <https://shop.nymphaea.eu/product/sparganium-erectum/>. Consulter le: 24/04/2020

- (15) <https://larbreestdanssesfleurs.com/boutique/fr/lythrum-salicaria-robot-salicaire-commune-p262/>. Consulter le: 24/04/2020
- (16) <https://shop.nymphaea.eu/product/lycopus-europaeus/>. Consulter le: 24/04/2020
- (17) <https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-44481-illustrations>. Consulter le: 24/04/2020
- (18) http://dryades.units.it/saline/index.php?procedure=taxon_page&id=1173&num=9467. Consulter le: 24/04/2020
- (19) <https://www.tela-botanica.org/bdtfx-nn-61628-illustrations>. Consulter le: 24/04/2020
- (20) http://www.maltawildplants.com/SALC/Salix_pedicellata.php. Consulter le: 24/04/2020
- (21) <https://www.ilgiardinodegliilluminati.it/significato-dei-fiori/ninfea/>. Consulter le 24/04/2020
- (22) <https://www.jardindupicvert.com/plantes-aquatiques/5952-chataigne-d-eau.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (23) <https://rsis.ramsar.org/fr/ris/281?language=fr>. Consulter le: 24/04/2020
- (24) https://www.picclickimg.com/d/1400/pict/114133874377/_3-Stem-Hornwort-Ceratophyllum-demersum-FLOATING-Oxygenating-Aquatic.jpg. Consulter le: 24/04/2020
- (25) https://lh3.googleusercontent.com/proxy/jLZqEpAWqQcadmuExzSe1clULNKNCeW2bEvJaNZUfTuYlXoOu_SPNhAgd53yd6n2cOBDZGB35F2FZMdwTbVAFxpk8EUaWMZMWiiWT77khC_93PLHhp8XCJyJsxFO7hE9TnGtusRiajb71SgkE-5Ft8ckbQA. Consulter le: 24/04/2020
- (26) <https://i0.wp.com/valdurn.com/wp-content/uploads/2012/07/myriophyllum-spicatum.jpg?fit=600%2C600&ssl=1>. Consulter le: 24/04/2020
- (27) https://www.aquachange.fr/Librairie/Images/plantes/1/0/3/preview_Lemna_minor_1.jpg. Consulter le: 24/04/2020
- (28) <https://floraupload.s3.amazonaws.com/files2/117/11798.jpeg>. Consulter le: 24/04/2020
- (29) https://lh3.googleusercontent.com/proxy/YOYcWqYCjhm1VFAzBzbOZpE0RWEel1EY5eT7AcF8zdpPRqXbS0JhZstrR2A7ILotYrFHO0v9uLCi7XPPDS-0V119hmBmdVoxTV4jEidLz1u04gLKcuPmIb_2I7iUXySOt7GNnhBmDeeieDniYimEeYc. Consulter le: 24/04/2020
- (30) https://live.staticflickr.com/7327/16304938019_a22729cbf7_b.jpg. Consulter le: 24/04/2020
- (31) https://cdn.lilieswatergardens.co.uk/images/prod_images/1420366264-osmunda-regalis-purpurascens.jpg. Consulter le: 24/04/2020

- (32) <https://www.suncoasttropicals.com.au/shop/aquatic-plants/submersible-aquatics/marsilea-mutica-nardoo-water-clover/> Consulter le: 25/04/2020
- (33) <http://chez-crislo.eklablog.com/le-chene-liege-a106135074>. Consulter le 25/04/2020
- (34) <https://www.monumentaltrees.com/fr/photos/65384/>. Consulter le: 24/04/2020
- (35) <https://fr.wikidia.org/wiki/Peuplier>. Consulter le 24/04/2020
- (36) <https://www.meubliz.com/definition/orme/>. Consulter le: 24/04/2020
- (37) <http://www.berkem.com/fr/bibliotheque-vegetale/glossaire/pin-maritime>. Consulter le: 24/04/2020
- (38) https://www.123rf.com/photo_70926326_detail-of-leaves-branches-and-cones-of-aleppo-pine-pinus-halepensis-it-is-a-pine-native-to-the-medit.html. Consulter le: 24/04/2020
- (39) <http://yvette-richard-lequeau.over-blog.com/2015/08/l-eucalyptus.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (40) <https://greenleafnurseries.co.nz/wp-content/uploads/2016/08/p-8135-quercus-suber-WS-1.jpg>. Consulter le: 24/04/2020
- (41) <https://www.visoflora.com/images/original/pin-maritime---pinus-pinaster-5-visoflora-90615.jpg>. Consulter le: 24/04/2020
- (42) https://lh3.googleusercontent.com/proxy/X0w7MisuiTkOXuEn-D-yEHyZBHcvxSOQuAiW9zgYE3gCTJ0SZ05OP6ZuVpe6wP2_C2rTlOpIQ3db8HEfP8-FLtE0ksPx9SYSjNhgQwJXhvGCltY. Consulter le: 24/04/2020
- (43) <https://castlemaineflora.org.au/pic/p/paspa/padis35.jpg>. Consulter le: 24/04/2020
- (44) <https://previews.123rf.com/images/spring75/spring751808/spring75180800013/105586258-alnus-glutinosa-plant.jpg>. Consulter le: 24/04/2020
- (45) https://lh3.googleusercontent.com/proxy/9k1H-k2R2sOGyKv2DdTSwbAZLTV7RS0GiUq-EmJ3UTPIFHxAcMz5MaOaaXzZ2XN0KmUxshp2ZAO5pht4Qym_zT6qbn0PKk0gxrnN7Pzngnb24Nr8KksPmAztWky. Consulter le: 24/04/2020
- (46) <https://natureenvilleacergyponoise.wordpress.com/2019/04/15/laigrette-garzette/aigrette-garzette/>. Consulter le: 24/04/2020
- (47) <http://www.oiseaux-birds.com/fiche-busard-roseaux.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (48) <http://moineaudepartis.com/oiseaux/petits-echassiers/gallinule-poule-d-eau/>. Consulter le: 24/04/2020
- (49) <http://mimi22compagnons.centerblog.net/rub-oiseaux-5.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (50) <https://www.oiseaux.net/oiseaux/grebe.huppe.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (51) <https://sites.google.com/site/universdesanimaux/le-grbe-castagneux>. Consulter le: 24/04/2020

- (52) <http://les-animaux-du-monde.wifeo.com/erismature-a-tete-blanche-.php>. Consulter le: 24/04/2020
- (53) <https://www.oiseaux.net/oiseaux/fuligule.nyroca.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (54) <https://www.oiseaux.net/oiseaux/taleve.sultane.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (55) <https://www.oiseaux.net/oiseaux/blongios.nain.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (56) <https://candy199.skyrock.com/3192127041-La-Guifette-Moustac.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (57) <https://www.chassimages.com/forum/index.php?topic=250488.0>. Consulter le: 24/04/2020
- (58) <https://www.fermedebeaumont.com/sarcelle-marbree-p-961.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (59) <https://www.fermedebeaumont.com/sarcelle-dete-p-952.html>. Consulter le: 24/04/2020
- (60) <http://www.all-free-photos.com/show/showphoto.php?idph=PI10968&lang=fr>. Consulter le: 24/04/2020
- (61) <https://www.hbw.com/ibc/photo/javan-pond-heron-ardeola-speciosa/adult-javan-pond-heron-breeding-plumage-perched-plasti-0>. Consulter le: 24/04/2020
- (62) <https://www.pinterest.es/pin/496521927651200310/>. Consulter le: 25/04/2020
- (63) <https://www.pinterest.co.uk/pin/378020962446542803/>. Consulter le: 25/04/2020
- (64) [http://www.lerdahlphoto.com/Photos/Birds/slides/Stokkand%20-%20Mallard%20\(Anas%20platyrhynchos\)%20male.html](http://www.lerdahlphoto.com/Photos/Birds/slides/Stokkand%20-%20Mallard%20(Anas%20platyrhynchos)%20male.html). Consulter le: 25/04/2020
- (65) <https://photos-marc-solari.e-monsite.com/medias/album/canard-chipeau-m-photo-marc-solari.jpg>. Consulter le: 25/04/2020
- (66) <https://static.fermedebeaumont.com/images/canards-a-vendre/canard-pilet/canard-pilet-europeen-d-europe-elevage-vente-male.jpg>. Consulter le: 25/04/2020
- (67) <https://cmkt-imageprd.freetls.fastly.net/0.1.0/ps/7255538/910/504/m2/fpnw/wm1/uluno3p7qgojhymjxsphipy9vfddoj2chw5b8lzdvaix2wbyr1o5pekomy1go2b.jpg?1573066416&s=678c31e79050280650806f098f2d4d65>. Consulter le: 25/04/2020
- (68) https://valeryschollaert.files.wordpress.com/2018/03/ardeola_ralloides_00.jpg?w=110. Consulter le: 25/04/2020
- (69) <https://i.pinimg.com/originals/ce/7e/b5/ce7eb55abe7057da4d11e4ae3cc5ccb2.jpg4>. Consulter le: 25/04/2020
- (70) https://antropocene.it/wp-content/uploads/2019/10/Hieraaetus_pennatus-800x445.jpg. Consulter le: 25/04/2020
- (71) <https://www.cheloniophilie.com/Fiches/Mauremys-leprosa.php>. Consulter le: 25/04/2020

- (72) https://www.flickr.com/photos/graham_ekins_world_wildlife/5491874790. Consulter le: 25/04/2020
- (73) <http://www.herp.it/indexjs.htm?SpeciesPages/DiscoPictu.htm>. Consulter le: 25/04/2020
- (74) <http://www.pharmanatur.com/Batraciens/Bufo%20mauritanicus.htm>. Consulter le: 25/04/2020
- (75) <https://www.annaba-patrimoine.com/triton-edough/>. Consulter le: 25/04/2020
- (76) <http://www.pharmanatur.com/Reptiles/Psammodromus%20algius.htm>. Consulter le: 25/04/2020
- (77) <https://www.biolib.cz/en/image/id152141/>. Consulter le: 25/04/2020
- (78) http://www.sainte-baume-nature.com/94_le_lezard_ocelle.html. Consulter le: 25/04/2020
- (79) <https://www.monaconatureencyclopedia.com/natrix-maura/?lang=en>. Consulter le: 25/04/2020
- (80) https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/60630. Consulter le: 25/04/2020
- (81) <https://naturalgeria.blogspot.com/2015/10/le-cerf-de-berberie-une-espece-en-voie.html>. Consulter le: 25/04/2020
- (82) <http://algerieterredafrique.blogspot.com/2012/02/l-hyene-rayee-hyaena-hyaena.html>. Consulter le: 25/04/2020
- (83) <https://lemagdesanimaux.ouest-france.fr/dossier-9-renard-roux.html>. Consulter le: 25/04/2020
- (84) <https://martiniquaiz.skyrock.com/3245068386-MANGOUSTE-COCOTIERS.html>. Consulter le: 25/04/2020
- (85) http://www.zphoto.fr/fuerteventura_ecureuil_de_barbarie_tranquille_photo743527.html. Consulter le: 25/04/2020
- (86) <https://www.pinterest.com/pin/442971313335574628/>. Consulter le: 25/04/2020
- (87) <https://i.pinimg.com/originals/61/2d/2e/612d2ec41d0d374a6f52143a9ba2cc8a.jpg>. Consulter le: 25/04/2020
- (88) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/03/Austrolestes_cingulatus.jpg/1200px-Austrolestes_cingulatus.jpg. Consulter le: 25/04/2020
- (89) https://live.staticflickr.com/8276/15791223765_7d90390ac7_b.jpg. Consulter le: 25/04/2020
- (90) https://live.staticflickr.com/1398/888746715_fa1bd0b308_b.jpg. Consulter le: 25/04/2020
- (91) <https://www.aquaportail.com/pictures2002/libellulidae-libellula-depressa-male.jpg>. Consulter le: 25/04/2020
- (92) <https://www.fishersci.es/shop/products/10242122/10242122> Consulter le: 29/09/2020
- (93) https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_oxygene.pdf. Consulter le: 05/07/2020
- (94) https://crelaurentides.org/images/images_site/documents/troussedeslacs/Fiches/fiche_oxygene.pdf consulter le: 29/07/2020

(95) <https://www.merus.fr/tds-total-des-solides-dissous/> Consulter le: 29/07/2020.

Résumé

La connaissance de la composition taxinomique des communautés phytoplanctoniques est nécessaire pour le suivi de la productivité d'un milieu. Aussi, c'est à travers la compréhension des mécanismes, qui favorisent les successions au sein des populations de phytoplancton que l'on peut estimer les capacités productives des milieux étudiés. Le but principal de cette étude est de faire une évaluation quantitative et qualitative, afin d'explorer la diversité de la communauté phytoplanctonique qui existent dans le lac Tonga, ce qui nous permettra de statuer sur l'état général de l'écosystème phytoplanctonique dans le lac. Ainsi, nous avons fait une évaluation des facteurs environnementaux qui agissent sur la structure et la dynamique des communautés phytoplanctoniques au niveau des sites d'étude. Notre travail a été effectué au niveau du lac Tonga. Cette dernier est une zone humide situé dans le Parc National d'El-Kala (PNEK) à l'extrême Nord-Est de l'Algérie à 36°53' N et 08°31'. C'est l'un des sites Ramsar les plus importants des zones humides d'Afrique du Nord. Cependant, des prélèvements mensuels ont été effectués au niveau de deux stations pendant le mois février 2020 afin d'évaluer la dynamique spatiotemporelle des différents genres de phytoplancton au niveau du site d'étude en fonction des paramètres physico-chimiques du milieu. Nous avons enregistré une température et une salinité moyenne confinées entre les deux valeurs 20, 5° et 17, 8 ° C et 0, 1, et enregistré les quantités suivantes à savoir: l'oxygène dissous varie entre 0, 09, 0. 07 mg/l; le pH basique varie entre 9, 6 et 9, 2; le TDS de 530 à 705 mg/l et la Conductivité de 530 à 705 µs/ml, au niveau du lac Tonga. D'après les résultats de l'analyse phytoplanctonique, elle est caractérisée par une richesse importante avec 220 espèces, rassemblant plusieurs genres (66) et réparties sur 08 classes différentes, ont été identifiées. les Bacillariophyceae sont les plus représentées (54. 54%) avec 20 genres, les Cyanophyceae (30%) avec 13 genres, les Chlorophyceae (21. 60%) avec 16 genres, les Dinophyceae (8. 86%) avec 8 genres, les Euglenophyceae (7. 95%) avec 4 genres, les Cryptophyceae (2. 04%) avec 2 genre, les Raphidophyceae représente 2 genres et les Xanthophyceae avec un genre, chaque classe représente que 1, 13%.

Mots clés: Phytoplancton, paramètres physicochimiques, analyse quantitative et qualitative, lac Tonga.

Abstract

Knowledge of the taxonomic composition of phytoplankton communities is necessary for monitoring the productivity of an environment. Also, it is through the understanding of the mechanisms, which promote successions within phytoplankton populations, that one can estimate the productive capacities of the environments studied. The main purpose of this study is to make a quantitative and qualitative assessment, in order to explore the diversity of the phytoplankton community that exist in Tonga lake, which will allow us to decide on the general state of the phytoplankton ecosystem in the lake. For example, we did an assessment of the environmental factors that affect the structure and dynamics of phytoplankton communities at the study site level. Our work has been done at Tonga lake. this is a wetland located in the El-Kala National Park (PNEK) in the far northeast of Algeria at 36-53' N and 08-31'. it is one of the most important Ramsar sites of the wetlands in North Africa. However, monthly sampling was taken at two stations during February 2020 to assess the spatial-temporal dynamics of different phytoplankton genee at the study site based on the physical and chemical parameters of the environment. We recorded an average temperature and salinity confined between the two values 20. 5 and 17. 8 degrees Celsius and 0. 1, and recorded the following amounts: dissolved oxygen varies between 0. 09, 0. 07 mg/l; Basic pH ranges from 9. 6 to 9. 2; TDS of 530 to 705 mg/l and Conductivity of 530 to 705 's/ml, at the Tonga lake. According to the results of the phytoplankton analysis, it is characterized by a significant richness with 220 species, bringing together several genera (66) and spread over 08 different classes, have been identified. Bacillariophyceae are the most represented (54. 54%) with 20 genera, Cyanophyceae (30%) with 13 genera, Chlorophyceae (21. 60%) with 16 genera, Dinophyceae (8. 86%) with 8 genera, Euglenophyceae (7. 95%) with 4 genera, Cryptophyceae (2. 04%) with 2 genera, Raphidophyceae represents 2 genera and Xanthophyceae with one genus, each class represents only 1. 13%.

Keywords: Phytoplankton, physicochemical parameters, quantitative and qualitative analysis, Tonga lake.

ملخص

تعد معرفة التركيب التصنيفي لمجتمعات العوالق النباتية ضرورية لمراقبة إنتاجية البيئة، و ايضا من خلال فهم الآليات التي تعزز التعاقب داخل مجموعات العوالق النباتية يمكننا تقدير القدرات الإنتاجية للبيئات المدروسة. الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو إجراء تقييم كمي ونوعي، من أجل استكشاف تنوع مجتمع العوالق النباتية ، مما سيسمح لنا باتخاذ قرار بشأن الحالة العامة للنظام البيئي للعوالق النباتية في بحيرة تونجا. لهذا، قمنا بإجراء تقييم للعوامل البيئية التي تعمل على هيكل وديناميكيات مجتمعات العوالق النباتية على مستوى موقع الدراسة. تم تنفيذ عملنا في بحيرة طونقا ، وهي أرض رطبة تقع في منتزه القلعة الوطني (PNEK) في أقصى شمال شرق الجزائر عند $36^{\circ} 53'$ شمالاً. و $08^{\circ} 31'$ ، وهو من أهم مواقع رامسار في الأراضي الرطبة بشمال إفريقيا، تم أخذ عينات شهرية في محطتين خلال شهر فبراير 2020 من أجل تقييم الديناميات الزمانية المكانية للأنواع المختلفة من العوالق النباتية في موقع الدراسة كدالة للمعلومات الفيزيائية والكيميائية للبيئة. سجلنا درجة حرارة و ملوحة متوسطة محصورة بين القيمتين 20.5 و 17.8 درجة مئوية و 0.1 و سجلنا الكميات التالية: الأكسجين المذاب يتراوح ما بين 0.09، 0.07 ملجم / لتر؛ يتراوح الرقم الهيدروجيني الاساسي ما بين 6.9 و 9.2 ؛ TDS من 530 إلى 705 مجم / لتر والموصلية من 530 إلى 705 ميكروغرام / مل ، على مستوى بحيرة طونقا. اجرينا التحليل الكمي و النوعي و تحديد الانواع لمجتمع العوالق النباتية و ذلك لتسهيل معرفة نسبة الثراء والهيمنة لهذه الانواع و السماح لنا بوصف التنوع داخل مجتمع العوالق النباتية المحددة في بحيرة طونقا. ووفقاً للنتائج ، فإنها تتميز بثراء كبير مع 220 نوعاً ، تجمع بين عدة أجناس (66) وموزعة في 08 فئات مختلفة ، والتي تم تحديدها. Bacillariophyceae هي الأكثر تمثيلاً تمثل أكبر نسبة من العوالق النباتية (54.54٪) مع 20 جنسا، Cyanophyceae مع 13 جنس(30) ، Chlorophyceae (60٪. 21) مع 16 جنسا، Dinophyceae (86٪. 8) مع 8 أجناس ، Euglenophyceae (95٪. 7) مع 4 أجناس، Cryptophyceae (04٪. 2) مع جنسين ، Raphidophyceae تمثل جنسين و Xanthophyceae مع جنس ، كل فئة تمثل 1.13٪ فقط.

الكلمات المفتاحية: العوالق النباتية ، العوامل الفيزيائية والكيميائية ، التحليل الكمي و النوعي، بحيرة طونقا.

