

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

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



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/ Microbiologie Appliquée

Département: ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Thème :

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA BIODIVERSITE PHYTOPLANCTONIQUE DANS LE LAC OUBEIRA EL-KALA (NORD-EST ALGERIEN)

Présenté par : Mme. ABAIDIA Manel

Mlle. CHORFA Soraya

Mme. BOUSLAH Meriem

Devant le jury composé de :

Président:	Mr. Merzoug Abdelghani	MCB	Université de Guelma
Examineur:	Mr. Rouibi Abdelhakim	MCB	Université de Guelma
Encadreur:	Mr. Rouabhia Kamel	MAA	Université de Guelma

Octobre 2020

Remerciements

Dieu merci pour la santé, la volonté, le courage et la détermination qui nous ont accompagnés tout au long de la préparation de ce travail et qui nous ont permis d'achever ce modeste travail.

Ce travail n'a pu être mené à bien qu'avec le soutien de plusieurs personnes que nous voudrions à travers ces quelques lignes, remercier du fond du cœur.

*Nous offrons premièrement de sincères et chaleureux remerciements à notre président du jury monsieur **MERZOUG ABDELGHANI** qui a accepté d'évaluer notre travail.*

*Nous tenons à remercier aussi et chaleureusement monsieur **ROUIBI ABDELHAKIM** pour avoir exprimé son entière disponibilité à participer à ce jury et examiner ce mémoire.*

*Nos remerciements à notre encadreur **ROUABHIA KAMEL**, nous voudrions également lui témoigner notre gratitude pour sa patience, ses précieux conseils et son soutien qui nous a été précieux afin de mener notre travail à bon port.*

Enfin, nous remercier vivement tous les enseignants de la faculté des Sciences de la nature et de la vie, et de l'univers.

Sans oublier les personnels de laboratoire.



Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents, qui n'ont jamais cessé de m'encourager pour mes études. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

Je suis redevable d'une éducation dont je suis fière..

Qu'Allah vous bénisse et vous garde pour moi.

Aussi à mon mari "Nacer eddine" qui étaient toujours là pour me soutenir et m'aider dans les moments difficiles.

A mon cher fils Djed

Particulièrement à mes chères sœurs: Malika, Salima et Sana, et leurs maris, ainsi qu'à mes chères frères: Salah, Rochdi et Alaa et à leurs femmes qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

A toute ma famille, et la mère de mon mari.

A tous mes amis Soraya, Meriem, Wahida, Khawla, Abir, Bassma, Afafe, et mes collègues.

A tous ceux qu'un jour profiteront de ce travail.

A mon encadreur : qui mon soutenu au long de mes travaux

Manel



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi,
Pour leur amour, leur gentillesse, le soutien qu'ils m'ont
apporté et la confiance qu'ils m'ont toujours témoignée.*

*Merci d'avoir toujours été à mes côtés, d'avoir
cru en ma réussite et de m'avoir donné les moyens de
réaliser mes projets.*

*A mon cher et adorable : <<Mohamed>> que j'adore
et que j'aime profondément*

A mes très cher Sœur <<Saliha, Karima, Somaya, Sabrina >>.

*Et leurs maris et ses enfant << Amine, Nafaa, Lina, Marwa,
Zayd >>*

Mes oncles, & tous la fammille Chorfa & gibli

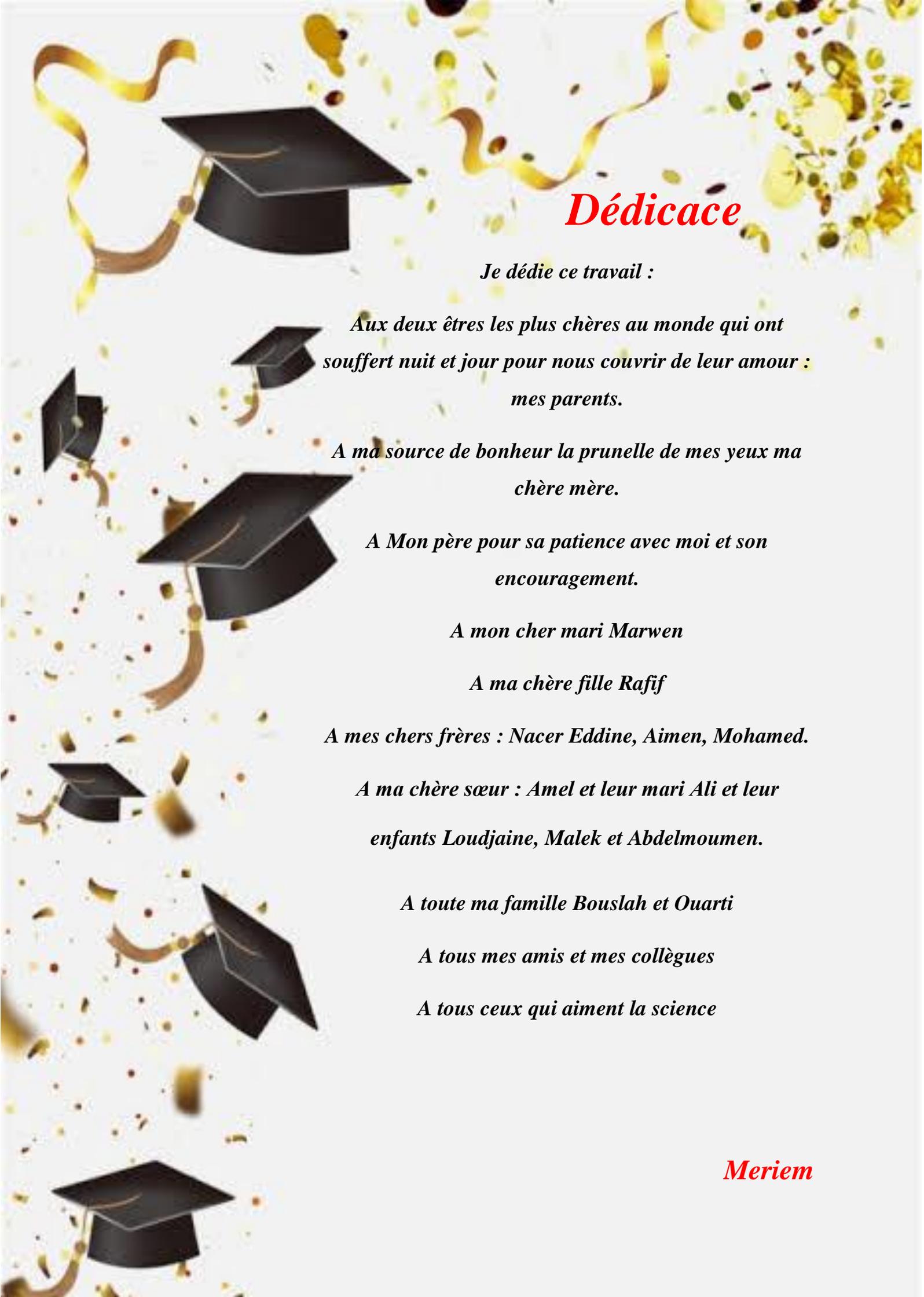
A mes chers binômes Manel et Mariem

*A mes amies Manel, Wahida, Ahlem, Laila, Khawla,
Afafe, Abir, Bassma, et tous mes collègues.*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la
réalisation de ce modeste travail.*

*A mon encadreur : qui mon soutenu au long de mes
travaux*

Soraya



Dédicace

Je dédie ce travail :

*Aux deux êtres les plus chères au monde qui ont souffert nuit et jour pour nous couvrir de leur amour :
mes parents.*

*A ma source de bonheur la prunelle de mes yeux ma
chère mère.*

*A Mon père pour sa patience avec moi et son
encouragement.*

A mon cher mari Marwen

A ma chère fille Rafif

A mes chers frères : Nacer Eddine, Aimen, Mohamed.

*A ma chère sœur : Amel et leur mari Ali et leur
enfants Loudjaine, Malek et Abdelmoumen.*

A toute ma famille Bouslah et Ouarti

A tous mes amis et mes collègues

A tous ceux qui aiment la science

Meriem

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

	Pages
Introduction	01
Chapitre 01 : Généralités sur le phytoplancton	
1. Le phytoplancton	04
2. Systématique du phytoplancton	05
2.1. Clés d'identification du phytoplancton	05
2.1.1. Cas des algues vraies	05
2.1.2. Cas des Cyanobactéries	05
3. Composante du phytoplancton	06
3.1. Les Cyanobactéries (Algues bleues)	06
3.1.1. Systématique des cyanobactéries	07
3.1.2. Caractéristiques uniques des cyanobactéries.....	08
3.1.2.1. Pigments photosynthétiques	08
3.1.2.2. Migration verticale et horizontale	08
3.1.2.3. Dormance	08
3.1.2.4. Prédation	09
3.1.2.5. Compétition	09
3.1.2.6. Multiplication	09
3.2. Les Chrysophytes (Algues dorées)	09
3.2.1. Chrysophycées	09
3.2.2. Xanthophycées	10
3.2.3. Diatomophycées	10
3.3. Les Pyrrophytes (Algue bruns)	11
3.3.1. Dinophycées	11
3.3.2. Cryptophycées	11
3.4. Les Chlorophytes	12

3.5. Les Euglénophytes	12
4. L’habitat et écologie du phytoplancton	13
5. Ecophysiologie du phytoplancton	14
6. Les facteurs d’influence le développement des phytoplanctons	15
6.1. Les facteurs abiotiques	15
6.1.1. La température	15
6.1.2. Le vent	16
6.1.3. La lumière	16
6.1.4. Nutriment	17
6.1.4.1. Macroéléments	17
6.1.4.2. Oligoéléments	18
6.1.5. PH et CO ₂	18
6.2. Les facteurs biotiques	19
6.2.1. Contrôle de la position dans la colonne d’eau	19
6.2.2. Broutage par le zooplancton	19
7. Principaux pigments caractéristiques de groupes Principaux phytoplanctoniques	19
8. Rôle du phytoplancton dans le traitement des eaux usées	20
9. Rôle du phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques	20
9.1. Photosynthétique	20
9.2. Chaîne alimentaire	21
9.3. En tant qu’indicateur dans la qualité biologique des eaux	21
9.4. Autres rôles	21
10. Les groupes fonctionnels du phytoplancton	22
11. Evolution saisonnière de phytoplancton	22
11.1. Stade de colonisation du peuplement phytoplanctonique	23
11.2. Stade de diversification du peuplement phytoplanctonique	23
11.3. Stade de raréfaction du phytoplancton	23
12. Intérêts des phytoplanctons	23
12.1. Intérêts écologiques	23
12.2. Intérêts économiques	24
12.3. Intérêts industriels	24
13. Effets nuisibles du phytoplancton	24
13.1. Risque sur la santé humaine	24
13.2. Risque sur les organismes marins	25

13.3. Risque sur le fonctionnement de l'écosystème25

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

I. Description du site d'étude	28
1. Présentation du Park national d'El Kala (P.N.E.K.)	28
1.1. Contexte géomorphologique	29
1.2. Contexte géologique	29
1.3. Contexte hydrologique	30
2. Le lac Oubeira	30
2.1. Description générale	30
2.2. Géomorphologie	31
2.3. Géologie	32
2.4. Hydrologie	32
2.5. Pédologie	33
2.6. Climat	33
2.6.1. La température	33
2.6.2. Le vent	34
2.6.3. La précipitation	34
2.6.4. L'humidité de l'air	35
2.6.5. Synthèse climatique	35
2.6.5.1. Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gaussens	36
2.6.5.2. Le quotient pluviothermique d'Emberger	36
2.7. Caractéristiques écologiques	38
2.7.1. La flore	38
2.7.2. La faune	39
2.8. Intérêts du lac	41
II. Matériel et Méthodes	42
1. Choix des stations de prélèvement	42
2. L'échantillonnage	42
2.1. Méthode du prélèvement	42
2.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons	43
2.3. Transport et conservation des échantillons avant l'analyse	43
3. Analyses physicochimiques	43
3.1. La température	43

3.2. Le potentiel hydrogéné	44
3.3. La conductivité électrique	45
3.4. L'oxygène dissous	46
3.5. La salinité	46
4. Les analyses phytoplanctoniques	46
4.1. Analyse qualitative et composition taxonomique du phytoplancton	47
4.2. Analyse quantitative et richesse spécifique	47

Chapitre 03 : Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physicochimiques	49
1.1. La température	49
1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	50
1.3. La conductivité électrique	50
1.4. Taux des Sels Dissous	51
1.5. La salinité	52
1.6. L'oxygène dissous	52
2. Résultats des analyses phytoplanctoniques	53
2.1. Résultats de l'analyse qualitative et composition taxonomique du phytoplancton ...	53
2.2. Résultats de l'analyse quantitative et richesse spécifique	61
2.3. Composition des groupes fonctionnels du lac Oubeira	62
Conclusion et perspectives	64
Références bibliographiques	66

Résumés

Annexe

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Localisation du lac oubeira dans le Parc National d'El-Kala	29
02	Moyenne mensuelles des températures dans la région d'El kala (1968/1996)	34
03	Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN (2008-2017)	36
04	Climagramme d'Emberger de la région d'El Kala	37
05	Photo de la châtaigne d'eau <i>Trapa natans</i>	39
06	le Nénuphar blanc <i>Nymphaea alba</i>	39
07	le Nénuphar jaune <i>Nuphar luteum</i>	39
08	Localisations des stations de prélèvement dans le lac Oubeira	42
09	Le multi-paramètre utilisé	43
10	Variations de la température de l'eau du lac Oubeira	49
11	Variations de pH de l'eau du lac Oubeira	50
12	Variations de la conductivité électrique de l'eau du lac Oubeira	51
13	Variations de la salinité de l'eau du lac oubeira	52
14	Variations des teneurs en oxygène dissous de l'eau du lac Oubeira	53
15	Evolution de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques dans le lac Oubeira	61

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
01	Effet nuisible causé par le phytoplancton.	26
02	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température.	44
03	Les variations du pH de l'eau.	45
04	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.	45
05	Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriées dans les eaux du lac Oubeira.	53
06	Les principaux groupes fonctionnels du lac Oubeira durant mars selon les critères de Reynolds <i>et al</i> , (2002).	62
07	Traits caractéristiques des différents groupes fonctionnels.	Annexe

Liste des abréviations

Ha : hectare

m³/J : mètre cube par joule

Km² : kilomètre carré

ONDPA : Office National pour le Développement de la Pêche et de L'Aquaculture

µs : micro-semence

AZP: Azaspiracides

DSP: Diarrheic shellfish poisoning

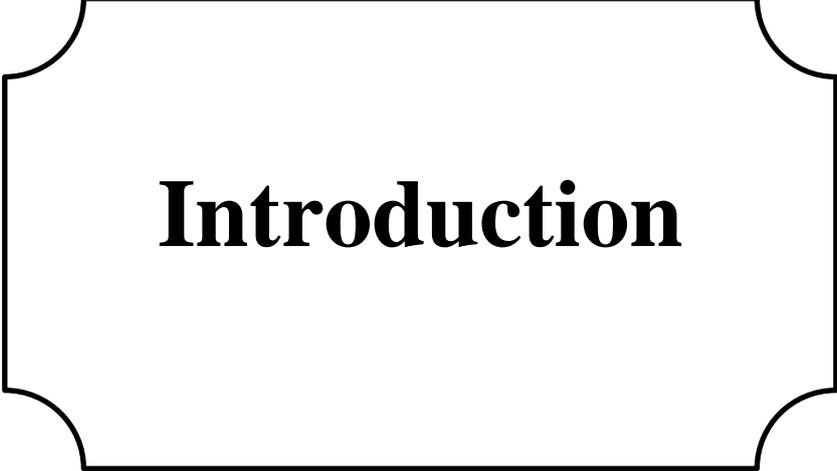
NSP: Neurotoxic shellfish poisoning

PH : potentiel d'Hydrogène

PNEK : Parc National d'El-Kala

CFP : Ciguatera Fish poisoning

RAMSAR : Ville en Iran, lieu de la convention sur les zones humides



Introduction

Introduction

L'eau représente 70 % de la planète terre. Est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine. La plus part des utilisations des eaux nécessite une eau de qualité.

L'eau est une composante majeure du monde minéral et organique. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies (**Aouissi et Houhamdi, 2014**).

L'eau recouvre les trois quarts de la surface de notre planète. On la trouve sous multiples formes : pluies, mers, océans, lacs, nappes, souterraines,...etc. Dans les eaux douces, les conditions écologiques sont d'autant plus précaires que l'étendue d'eau est de petite dimension, car aucun effet tampon n'est possible. Ainsi quand il fait chaud, l'eau s'évapore jusqu'à l'assèchement ; quand il pleut c'est le phénomène inverse (**Benslama, 2012**). Elle est essentielle à la production des aliments, au développement économique et à la vie elle-même. Sur une planète dont plus des deux tiers sont recouverts d'eau, l'illusion de l'abondance a caché la réalité que l'eau douce et pure sera un bien de plus en plus rare, en effet, seulement 2.5 % de la quantité d'eau disponible sur le globe est douce dont 69 % est bloquée dans les calottes polaires et les glaciers des montagnes ou stockée dans des aquifères trop profonds. Ce stock se renouvelle lentement au rythme des précipitations sur les terre émergées et son approvisionnement devient ainsi de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie que du développement accéléré des techniques industrielles modernes (**Gadelle, 1995**).

Les lacs se forment lorsque les eaux qui coulent le long des pentes, cours d'eau ou eaux de ruissellement, rencontrent un obstacle, une contre-pente, qui les empêche de poursuivre leur course. Les eaux envahissent alors la dépression ainsi créée formant des étendues d'eaux parfois immenses, à tel point que certains grands lacs sont appelés des mers comme la mer (**Onu, 2000**), les eaux de lacs sont caractérisées par un courant de vitesse nulle, ou quasi nulle. Elles sont souvent des eaux moins pures (**Genin et al, 1989**).

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (**Roux, 1987**).

Les écosystèmes aquatiques constituent les écosystèmes les plus grands et les plus stables des systèmes écologiques naturels et /ou artificiels, illustrant de mieux l'importance de l'eau douce (lacs, étangs, cours d'eau, ruisseaux et terres humides) en aidant à la survie d'une grande diversité d'espèces (microorganismes, zooplancton et phytoplancton), et jouent un rôle écologique essentiel (**Onu, 2000**). La protection du système hydrologique : lacs, fleuves, mers et rivières, tous indispensables à sa survie (**Abrams, 1980**).

L'Algérie est riche de 254 zones humides naturelles, dont 26 sont d'une importance internationale (**Boumezbeur, 2002**). Le parc national d'El- Kala comprend de nombreuses zones humides, dont les plus importantes : le lac Tonga, Oubeira, la lagune d'El-Mellah, le lac Bleu, la tourbière d'Ain-Khiar, le marais de Bouredim, et le lac Noir, qui fut ajouté en 2002 à la liste de Ramsar.

Le lac Oubeira est un bon exemple d'une zone humide représentative, rare et unique de type de zone humide naturelle de la région méditerranéenne abrite des populations d'espèces animales et végétales parmi lesquelles plusieurs sont rares. Il représente une des richesses naturelles du parc national d'El- Kala « P.N.E.K » aux potentialités économiques incontestables. Cependant, l'accroissement rapide des activités humaines, ainsi que les apports hydriques par les oueds, auxquelles s'ajoutent les conditions climatiques, favorisent l'apparition du phénomène d'eutrophisation à phytoplancton (**Wetzel et Likens, 2000**).

Le plancton végétal est le premier maillon biologique des chaînes alimentaires dans les écosystèmes aquatiques, la production primaire est principalement assurée par ce maillon. Ces organismes photosynthétiques utilisent l'énergie lumineuse pénétrant dans l'eau pour effectuer la photosynthèse. Leur croissance dépend de la disponibilité en nutriments et de la présence de toxiques, de la température et de la lumière. Dans certaines conditions, avec des apports élevés de nutriments, la croissance excessive de ce phytoplancton conduit à une situation d'eutrophisation (**Ariane, 2009**).

Dans les milieux aquatiques, la communauté phytoplanctonique joue un rôle clé dans la biodiversité de l'écosystème et par conséquent, dans la qualité de leurs eaux (**Hamilton et Schladow, 1997**). Des proliférations phytoplanctoniques, devenues plus fréquentes dans les milieux lentiques ces dernières années, perturbent le fonctionnement de leur écosystème en réduisant la transparence de l'eau et la concentration d'oxygène dissous, entraînant une perte de biodiversité de tous les niveaux trophiques (**Talita et al, 2011**).

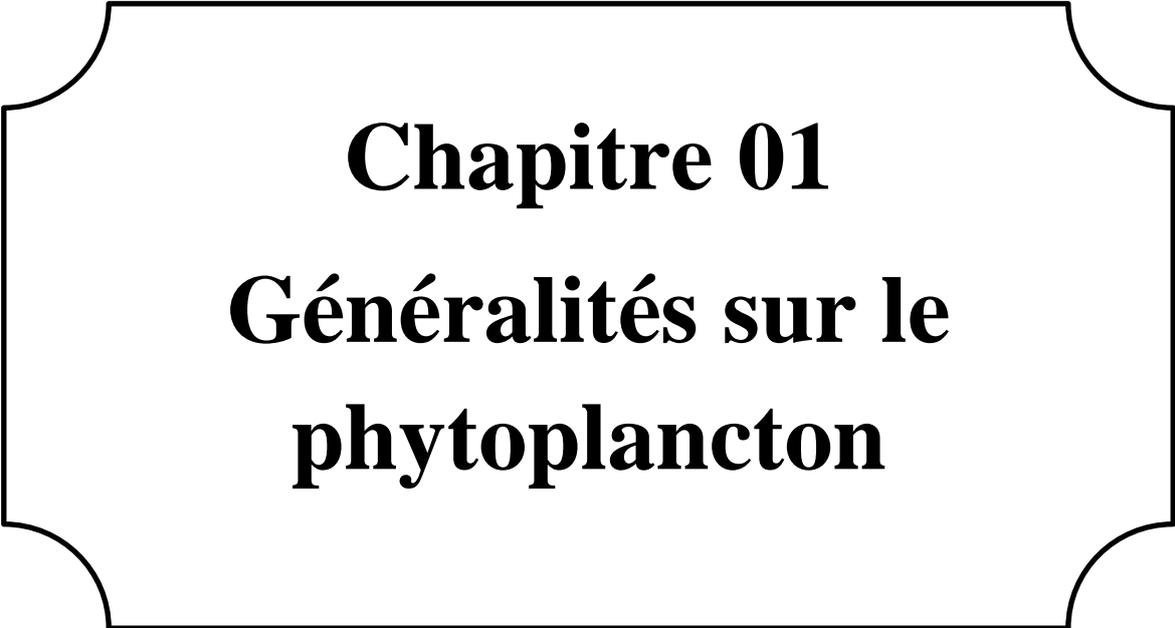
Ces proliférations apparaissent lorsque le temps est chaud et ensoleillé, dans les eaux eutrophes. L'intoxication de l'homme et des animaux par des cyanobactéries toxiques se fait soit, directement par l'ingestion des microalgues, soit de manière indirecte par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire contaminée (Skulberg *et al*, 1993).

Pour connaître la biodiversité phytoplanctonique du lac Oubeira, notre objectif est résumé dans les points suivants:

- Etudier et mesurer quelque paramètre physicochimique des eaux du lac Oubeira.
- Faire un inventaire phytoplanctonique des eaux du lac Oubeira durant le mois de mars 2020.

Ce travail est structuré en trois chapitres :

- Le premier chapitre est une étude bibliographique et générale sur les phytoplanctons,
- Le deuxième chapitre est une présentation du site d'étude, et une étude expérimentale consacrée aux présentations du matériel et méthodologie suivi pour la réalisation des analyses physicochimiques et phytoplanctoniques,
- Le troisième chapitre mentionne sous forme de tableaux et graphes les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique, avec discussion et une conclusion clôturant le mémoire.



Chapitre 01
Généralités sur le
phytoplancton

Chapitre 01 : Généralités sur le phytoplancton

1. Le phytoplancton

Le phytoplancton est un composé de plancton unicellulaire, microscopique et libre, vivant dans les écosystèmes dulcicoles et marins (**Findlay et Klinger, 1994**). Du grec phyton : plante et planktos : errant, rassemble les organismes aquatiques flottant librement (**Prescott et al., 1995**). Il est constitué d'un ensemble hétérogène de micro-algues unicellulaires pouvant être solitaires ou groupées en colonies (**Stickney et al., 2000**), leur forme est extrêmement variée (**Zeitzschel, 1978**). La taille des cellules phytoplanctoniques varie de quelques microns jusqu'à quelques centaines de microns. Caractérisé par la présence de pigments chlorophylliens majoritairement la chlorophylle a, leur métabolisme est dominé par le mode de vie autotrophe basé sur la photosynthèse, qui est la source principale voir unique de leur énergie (**Dauta et Feuillade, 1995**). Certaines espèces « principalement les Dinoflagellés » peuvent temporairement être hétérotrophes, donc ils sont qualifiés de « mixotrophes » (**Stickney et al., 2000**). Ces organismes phytoplanctoniques sont à la base de la chaîne trophique pélagique.

Les algues sont définies comme des organismes eucaryotes (excluant les cyanobactéries qui sont des procaryotes photosynthétiques) dépourvus de racines, de tige (absence de tissus vasculaires) et de feuilles, mais possédant de la chlorophylle ainsi que d'autres pigments accessoires pour réaliser la photosynthèse productrice d'oxygène (**Cavalla, 2000**).

Les algues sont des organismes chlorophylliens se développant dans l'eau ou dans des milieux très humides. Groupées avec les champignons dans la division des Thallophytes, « les algues constituent en réalité un vaste ensemble hétérogène d'embranchements très distincts les uns des autres et n'ayant entre eux que peu de caractères communs » (**Feldmann, 1963**).

Ce vaste groupe d'organismes est proche des végétaux dont il possède entre autres la paroi pectocellulosique et le caractère autotrophe avec la présence de chloroplastes. Certaines algues peuvent être utilisées comme aimante ou comme source de produits utilisables en industrie alimentaire ou microbiologie (agar); mais d'autres sont toxiques et contaminent les produits de la mer (**Guiraud, 2003**).

2. 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. 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. Cas des algues vraies

Dans la systématique des algues vraies, les critères de classification proposée par (Bourelly, 1985 b) 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. Cas des Cyanobactéries

Dans la systématique des Cyanobactéries, les caractères morphologiques représentent les clés essentielles d'identification, dont les critères proposés par (Bourelly, 1985 a) 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 ».

3. Composante du phytoplancton

3.1. Les Cyanobactéries (Algues bleues)

Les cyanobactéries sont des procaryotes placés dans le règne des Eubactéries (**Woese, 1994**). Elles se répartissent en 150 genres regroupant quelques 2000 espèces (**Duy et al., 2000**).

Le diamètre de ces procaryotes varie d'environ 1 à 10 μm (**Duy et al., 2000**), Ils sont décrits en eau douce (**Benslama, 2012**). Les cyanobactéries forment le groupe le plus vaste et le plus diversifié de bactéries photosynthétiques. La composition pigmentaire des cyanobactéries et la présence des vésicules à gaz leur permettent une bonne adaptabilité et une prédominance (**Thébault et Lesne, 1995**).

En effet les cyanobactéries étaient naguère connues sous le nom « d'algues bleues » (**Prescott et al, 2010**) Elles appartiennent au règne des *Monera*. Les cyanobactéries peuvent exister sous forme unicellulaire libre ou filamenteuse pluricellulaire, elles possèdent de la chlorophylle *a* et les photosystèmes **I** et **II** (**De Reviere, 2003**). Ils se rencontrent dans des habitats extrêmement variés. Leur multiplication et reproduction s'effectue principalement par division cellulaire. Elles sont caractérisées par l'absence de la membrane nucléaire, réticulum endoplasmique, et de flagelle.

L'appareil végétatif de cet embranchement c'est le thalle soit thalle unicellulaire ou pluricellulaire

-Archéthalle : paquet de cellules inertes qui se multiplient par bipartitions végétatives, puis peuvent devenir des sporocystes, émettant des spores.

-prothalle : systèmes de filaments ramifiés, les uns rampants les autres dressés, dont les cellules se multiplient également par bipartition végétatives, et peuvent ensuite se changer en sporocystes.

-Unique sporocyste : réduction de l'algue à un unique sporocyste qui après une phase végétative plus au moins longue produite des spores. Ce sporocyste peut être :

*soit arrondi : c'est un thalle coccoïde ou coccothalle.

*soit filamenteux : un trichome (**Cavalla, 2000**).

Dans le centroplasme, existe l'ADN diffus, des plasmides circulaires, des réserves azotées sous forme de cyanophycine (polypeptide formés d'arginine et d'asparagine), des

réserves carbonées formées par de l'amidon cyanophycéen et des gouttelettes lipidiques. De plus, il existe des granules de polyphosphates, de carboxysomes et des vacuoles gazeuses.

Dans le chromatoplasme, on distingue essentiellement des saccules de thylacoïdes isolés granuleux. Dans la lumière des thylacoïdes sont positionnés des petits granules correspondant à la chlorophylle *a* (non visibles à cette échelle). A l'extérieur des thylacoïde, les gros granules correspondent aux phycobilisomes composées de phycoérythrine et de phycocyanine. La respiration se fait dans les plasmalemmes et dans les thylacoïdes.

L'intoxication de l'homme et des animaux par des cyanobactéries toxiques se fait soit, directement par l'ingestion des micros algues, soit de manière indirecte par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire contaminée (**Skulberg *et al.*, 1993**).

3.1.1. Systématique des cyanobactéries

La classification des cyanobactéries a été particulièrement mouvementée et objet de nombreuses controverses. Les approches moléculaires récentes, basées sur l'analyse des séquences codant pour la petite sous-unité des ARNr (**De Reviere, 2003**).

Règne : *Monera*

Embranchement : *Schizophytes*

Sous embranchement : *Cyanoschizophytinées*

Classe : *Cyanobactéries*

Sous classe : 1. *Cocconophycideés*

Selon la nature des spores, type de thalle, les cyanophycées sont subdivisées en cinq ordres :

- 1- Ordre des chroococcales : Archéthalle, spores coccoïdes
- 2- Ordre des pleurocapsales : prothalle, spores coccoïdes, (pas d'hétérocystes)
- 3- Ordre des stigonémales : prothalle hormospores (souvent des hétérocystes)
- 4- Ordre des chamaesiphonales : thalle réduit à un sporocyste qui constitue un thalle coccoïdes (coccothalle) à coccospores (pas d'hétérocystes).
- 5- Ordre des nostocales : thalle réduit à un sporocyste qui constitue un trichome à hormospores (souvent des hétérocystes) (**Cavalla, 2000**).

3.1.2. Caractéristiques uniques des cyanobactéries

3.1.2.1. Pigments photosynthétiques

Les cyanobactéries utilisent un ensemble de stratégies qui leur a permis de coloniser tous les écosystèmes d'eau douce. D'abord, elles présentent une pigmentation diversifiée qui assure une efficacité photosynthétique élevée et une capacité à soutenir la production photosynthétique nette à une faible intensité lumineuse.

Une caractéristique importante des cyanobactéries est leur capacité à modifier la composition des pigments-protéines dans leurs complexes photosynthétiques (light harvesting complexes), ce qui leur donne une couleur différente selon les longueurs d'ondes auxquelles elles croissent (**Grossman *et al.*, 2001**). La forme des cellules et la taille des colonies peuvent également influencer l'absorption de la lumière par les différentes espèces de cyanobactéries (**Vincent, 1989**).

3.1.2.2. Migration verticale et horizontale

En condition relativement calme, plusieurs espèces de cyanobactéries peuvent migrer verticalement dans la colonne d'eau grâce à leurs vacuoles gazeuses (structure présente chez plusieurs espèces). Elles peuvent ainsi profiter de la lumière en surface durant le jour, et migrer en profondeur dès la fin de la journée afin d'en exploiter les nutriments qui s'y trouvent souvent en plus grande concentration. Les cyanobactéries peuvent également ajuster leur position dans la colonne d'eau lorsque l'éclairement est trop élevé, Le potentiel de migration des cyanobactéries s'étend au-delà de la zone photique et de la thermocline.

En plus de la migration « active » sur le plan vertical, les cyanobactéries subissent également une migration « passive » horizontale due au vent ou aux mouvements des masses d'eau. Ce phénomène a été étudié par (**Ishikawa, 2002**) dans un lac de très grande superficie.

3.1.2.3. Dormance

Lorsque les conditions du milieu ne sont plus favorables à leur prolifération, les cyanobactéries ont la capacité d'entrer en dormance en attendant un environnement meilleur. Cet état de dormance est possible grâce à la formation des pores ou akinètes (cellules aux parois épaisses contenant des réserves) ou à une modification des cellules végétatives (**Mur *et al.*, 1999**).

3.1.2.4. Prédation

Les cyanobactéries évitent également la prédation par le zooplancton en se groupant en colonies trop volumineuses pour être ingérées. La pression par la prédation peut toutefois maintenir plus courte la longueur des filaments de certaines espèces de cyanobactéries, et ainsi réduire la formation d'hétérocystes qui dépend de la longueur des filaments (Chan *et al.*, 2004).

3.1.2.5. Compétition

Les cyanobactéries ont été parmi les premiers organismes à coloniser la terre et qu'elles soient encore aujourd'hui très compétitives et parfois dominantes, puisque les cyanobactéries ont peu de prédateurs et puisqu'elles ont la capacité d'éviter la sédimentation par le biais de la flottaison, les taux de perte des cyanobactéries sont généralement faibles (Vincent, 1989). Leurs taux de croissance plus lents sont alors compensés par la forte prévalence des populations une fois qu'elles sont établies, et par leur capacité à modifier l'environnement aquatique à leur avantage.

3.1.2.6. Multiplication

La multiplication des cyanobactéries est végétative (asexuée), les temps de doublement varient de quelques heures à plusieurs jours. Les genres unicellulaires peuvent produire des baeocytes (mini cellules) à l'intérieur de la cellule maternelle. Les individus coloniaux se multiplient également par fragmentation. Ainsi, les formes filamenteuses produisent des hormogonies (mini filaments mobiles) qui, après détachement du filament, participent à la colonisation (Mur *et al.*, 1999).

3.2. Les Chrysophytes

Les Chrysophytes sont caractérisés par des chromatophores bruns, jaunes ou vert jaunâtre. Ces algues ne possèdent jamais d'amidon, leurs réserves sont constituées de chrysolaminarine ou de laminarine (Amri, 2008).

On en distingue 3 classes: les Chrysophycées, les Xanthophycées et les Bacillariophycées ou Diatomée.

3.2.1. Chrysophycées

Les chrysophycées sont des algues unicellulaires jaunes à brunes, de forme allongée et de petite taille (2 à 3 microns). Elles vivent indépendantes ou en colonies dans

les eaux marines et continentales des zones tempérées et chaudes. La chrysophycée est une micro-algue pélagique. Dotée de deux flagelles, elle peut se déplacer, sans toute fois contrer les courants, et occuper tout le volume des eaux de surface, à la différence des diatomées qui tombent rapidement au fond de la mer où elles nourrissent le zooplancton benthique et les filtreurs (huîtres, moules...). C'est un phytoplancton très intéressant pour les réseaux trophiques car il est présent partout (**Mollo et Noury, 2013**). Les chrysophycées (1000 espèces connues) organisme riche en silice possède la chlorophylle a et c mais surtout des xanthophylles et caroténoïdes en abondance. La multiplication se fait par voie végétative asexuée (**Oertli et Frossard, 2013**).

3.2.2. Xanthophycées

Regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes (β -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte. 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 (**Ott et Oldham-Ott, 2003**).

3.2.3. Diatomophycées

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 divisés en deux groupes : les diatomées centriques qui ont une symétrie radiale et les diatomées pennées qui ont une symétrie bilatérale (**Groga, 2012**).Elles possèdent plusieurs pigments photosynthétiques (chlorophylles a et c) et en particulière des xanthophylles pouvant donner une couleur brune a l'eau (**Oertli et Frossard, 2013**).

Les diatomophycées sont des cellules algales non flagellées enfermées dans une coque siliceuse (le frustule) dont l'ornementation est caractéristique des différentes espèces. Les diatomées sont des cellules isolées (*Cyclotella, Navicula, etc.*) ou associées en structures pseudo-coloniales (*Asterionella, Fragilaria, Tabellaria, etc.*) (**Balvayt et Druart, 2009**).

Les diatomées forment la plus grande partie du phytoplancton des eaux salées et froides et constituent de ce fait une source alimentaire essentielle pour la faune marine. On peut trouver jusqu'à un million de diatomées dans un litre d'eau de mer (1)

3.3. Les Pyrrophytes (Algue bruns)

Les pyrophytes sont des algues vraies, qui possèdent des plastes bruns, moins souvent rouges ou bleu-vert et mettent de l'amidon en réserve. Mais cet amidon n'est pas contenu dans des plastes, il est extra-plastidiale. On les divise en Dinophycées (ou Péridiniens) et Cryptophycées :

3.3.1. Dinophycées

Les dinophycées appelées aussi dinoflagellés ou péridiniens ces organismes sont composés de deux valves au contour plus ou moins globuleux terminées chacune par une pointe au niveau duquel s'insère un flagelle dévaginable, ces flagelles permettent un déplacement par rotation. Les dinophycées possèdent plusieurs pigments chlorophylliens (a et c notamment) ainsi que des xanthophylles leur conférant souvent un aspect brun. La reproduction est très majoritairement asexuée (Oertli et Frossard, 2013).

Parmi ces algues unicellulaires, beaucoup sont délimitées par un squelette externe formé de plaques de cellulose incrustées de silice. Elles contiennent de la chlorophylle a et c et des caroténoïdes comme pigments accessoires responsables de la couleur brune à rouge. Leur taille varie de quelques dizaines à quelques centaines de micromètres. Les dinophycées sont mobiles grâce à deux flagelles l'un dans un sillon équatorial, l'autre perpendiculaire au premier. Cette disposition originale explique le mouvement très particulier de ces organismes qui tournent sur eux-mêmes. (1)

3.3.2. Cryptophycées

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).

3.4. Les Chlorophytes

De couleur verte (chlorophylle a et b et caroténoïdes jaunes), ce groupe renferme environ 7000 espèces. On trouve des formes unicellulaires flagellées ou non flagellées, des formes coloniales et des formes filamenteuses ramifiées ou non. Les formes unicellulaires présentées ici. Appartiennent au groupe particulier des desmidiées le contenu cellulaire est disposé en deux parties de part et d'autre d'un noyau central. On en trouve de très belles dans les eaux acides et parmi les sphaignes des tourbières. (1)

Les Chlorophycées ont des plastes d'un beau vert franc et mettent de l'amidon en réserve. Cet amidon est logé dans les plastes (Amidon intraplastidial). Il se colore en bleu noirâtre, et souvent même, en noir par la solution iodo-iodurée. Les cellules nageuses possèdent habituellement deux fouets de même taille, rarement quatre ou plus. Cet embranchement comporte quatre classes :

- Les Euchlorophycées,
- les Ulothricophycées,
- les Zygothricées et
- les Charophycées (**Bourrelly, 1972**).

3.5. 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 extraplastidial (**Bourrelly, 1968; Gorenflot et Guern, 1989**), et des gouttelettes lipidiques pouvant constituer des réserves supplémentaires. Les cellules mobiles possèdent un ou deux flagelles (**De Reviere, 2003**).

Ces algues répètent en 13 genres et plus de 2000 espèces. La plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes (**Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997**).

Ces algues unicellulaires se déplacent à l'aide de deux flagelles de taille inégale. Étranges Organismes que ces euglènes dont certaines sont capables de vivre comme des cellules animales dans l'obscurité et comme des cellules végétales à la lumière (Chlorophylle a et b et caroténoïdes): Elles passent donc du statut d'hétérotrophes à celui d'autotrophes. (1)

4. L'habitat et écologie du phytoplancton

Les communautés planctoniques sont organisées verticalement en fonction de leur capacité à obtenir de l'énergie lumineuse pour réussir la photosynthèse. En effet, la fixation de carbone lors de la photosynthèse est dépendante de l'intensité, de la durée et de la composition spectrale du rayon d'incidence pénétrant dans l'eau et spécifiquement, de son atténuation avec la profondeur (**Sandgren, 1988**). Les facteurs impliqués dans la structuration des assemblages d'espèces de ce producteur primaire résultent de la relation entre les paramètres chimiques (azote, phosphore) et physiques (température, lumière, brassage), et les facteurs biologiques intrinsèques et extrinsèques (croissance, parasitisme, prédation et compétition) (**Sandgren, 1988; Naselli flores, 2000**).

Les algues eucaryotes photo-autotrophes relativement simples, leur choix d'habitat dépend de la disponibilité des nutriments appropriés, des longueurs d'onde de la lumière et des surfaces sur lesquelles elles peuvent croître (**Totora et al., 2012**).

La plupart des algues se développent en milieu aquatique d'eau douce, saline ou saumâtre, mais certaines sont terrestres et certaines se développent sur des rochers humides, sur le tronc des arbres (*Pleurococcus*, *Chlorophyte*), ou sur un sol mouillé (*Nostoc*, Cyanobactérie). Des algues vivent en symbiose avec des champignons pour former les lichens (**Cavalla, 2000**).

Les algues incluent des « macroalgues » benthiques, marines ou d'eau douce, et un ensemble d'organismes microscopiques très divers, marines ou d'eau douce, planctoniques ou benthiques, qualifiés de « microalgues » (**De Reviere, 2002**). 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**). 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 (Endozoïques), ou avec des végétaux comme des fougères aquatiques 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. Au cas où elles sont strictement aquatiques, elles peuvent être planctoniques, vivant dans la colonne d'eau, ou benthiques, fixées ou très proches des divers substrats (roches, coraux, algues, animaux) et

se développent même à l'intérieur des sédiments (**Mur et al., 1999; Couté et Bernard 2001**).

Les diatomées sont très répandues, on en trouve dans tous les milieux aquatiques ainsi que dans le sol ou sur des substrats capables de conserver une certaine humidité. De nombreuses espèces sont purement planctoniques et leur abondance peut leur faire jouer un rôle de premier plan dans la composition des phytoplanctons marins et d'eaux douces. Les chlorophycées sont représentées dans toutes les collections d'eaux douces ou saumâtres ainsi que dans les eaux marines. Elles sont planctoniques lorsqu'elles sont unicellulaires ou cénobiales et leur importance quantitative peut varier considérablement au cours de l'année avec les divers facteurs physiques et chimiques du milieu.

Les Dinophycées renferment des espèces symbiotiques et parasites. L'ensemble des Dinophycées joue un très grand rôle dans les populations phytoplanctoniques aussi bien d'eaux marines que d'eaux douces ou saumâtres. Le groupe a une très large répartition et occupe des milieux aquatiques très variés. Toutes les formes mobiles sont planctoniques et certains d'entre elles présentent des particularités qui semblent être des adaptations en rapport avec leur mode de vie (**Gayral, 1975**).

Dans leur grande majorité, les Euglenophycées libres vivent en eaux douces ; quelques-unes se trouvent dans des eaux saumâtres. Elles préfèrent en général les milieux riches en matières organiques et pour cette raison, sont les indicateurs de pollution. Elles peuvent être planctoniques, mais très souvent, elles se trouvent dans la terre humide ou sur le fond vaseux de formation aquatique. Les formes incolores se développent dans les eaux polluées (**Gayral, 1975 ; Gaston et Maurice, 1977**).

Dans les milieux aquatiques, la biomasse des cyanobactéries atteint parfois des proportions élevées que l'eau se colore et il se forme une efflorescence ou « bloom » selon les Anglo-Saxons. Des couches parfois très épaisses et éventuellement des écumes apparaissent à la surface de l'eau avec une durée assez variable, de quelques heures à plusieurs mois. Ces efflorescences sont le plus souvent dominées par une ou un petit nombre d'espèces, possédant pour la plupart d'entre elles des vésicules à gaz (**Reynolds, 1987**).

5. Ecophysiologie du phytoplancton

Le plancton végétal ou phytoplancton est constitué d'organismes microscopiques (0.2 μm – 2 mm) exposés aux mouvements passifs occasionnés par le vent et le courant. Ils

sont en suspension dans les couches superficielles des océans et des milieux dulçaquicoles (lacs, rivières), principalement dans la zone euphotique. Le phytoplancton ne représente qu'1% de la biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais assure 40% de la production primaire annuelle (**Chisholm, 1995**). Le premier niveau de classification est basé sur les pigments photosynthétiques, les produits de réserve et leur localisation cytoplasmique, ainsi que leur niveau de complexité intracellulaire. Plus communément d'autres critères tels que la reproduction, la nature du squelette, la mobilité permettent de ranger les algues en plusieurs classe (**Sommer et al., 1986**).

Grâce à leurs diversités et à leurs exigences écologiques très variées, le phytoplancton est susceptible de peupler les biotopes les plus divers (eaux marines, douces, thermales et même glaciales). La plupart des Cyanobactéries sont autotrophes et peuplent des milieux très variés « sources thermales, milieux aquatiques, terres humides » (**Des Abbayes et al., 1978**), et même dans le sable des déserts les plus arides (**Bourelly, 1985 a**). D'autres sont saprophytes, parasites ou symbiotes d'organismes très divers (**Ozenda, 2000**).

Le phytoplancton est ubiquiste et possède une grande adaptabilité à son environnement écologique, de ce fait la relation entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes est, une question écologique fondamentale. Pour comprendre la structure et le fonctionnement d'un écosystème, il est indispensable de connaître les différents éléments qui le composent, exemple : la distribution des organismes dans le temps et dans l'espaces (**Bengtsson, 1998**).

6. Les facteurs d'influence sur le développement des phytoplanctons

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**).

6.1. Les facteurs abiotiques

6.1.1. La température

La température est l'un des facteurs environnementaux les plus importants pour tous les organismes aquatiques (**Alzieu, 1989**). IL est important de connaître la température de l'eau avec précision car celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz (**Rodier et al., 1996**). Une élévation de la température influence doublement la physiologie des espèces en

augmentant le métabolisme d'une part et en réduisant la solubilité de l'oxygène dans l'eau lorsque la température augmente. Aussi la température élevées assurent une prolifération optimale et favorisent le processus développement. Ce facteur est souvent conjugué à la salinité (**Bensaker, 1988**).

Ainsi, de nombreuses fonctions métaboliques utilisent des voies enzymatiques telles que la photosynthèse, la respiration, la croissance, les déplacements et sont fortement dépendantes de la température (**Eppley, 1972**). Les eaux froides étant plus riches en oxygène que les eaux chaudes, la répartition de la faune se fait d'avantage en fonction des besoins de chaque espèce en oxygène, qu'en fonction des variations de température (**Villeneuve et Desure, 1965**).

La température de l'eau dépend d'une série de facteurs :

- ✓ Situation géographique, la saison.
- ✓ La profondeur: la température des profondeurs est généralement plus faible qu'en surface.
- ✓ La couleur de l'eau: une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur.
- ✓ Le volume de l'eau : plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température (**Mahamat, 2010**).

6.1.2. 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**) . Ce facteur favorise la dispersion et le transport du phytoplancton. Et d'autre part dans les lacs moins profonds on observe une remise en suspension du sédiment avec comme conséquences, une augmentation de la turbidité, réduction de la transparence et la pénétration de la lumière. Il joue un rôle important dans le cycle de l'eau, il augmente l'évaporation consommatrice d'énergie et a donc un pouvoir de refroidissement considérable (**Richlifs et Miller, 2005**).

6.1.3. La lumière

Est un facteur de très grande importance pour les phytoplanctons, du fait qu'elle intervient dans la photosynthèse (**Gayral, 1975**). L'ensoleillement peut intervenir comme

un facteur stimulant. Il représente la source d'énergie du phytoplancton et agit sur la division des cellules (**Bensaker, 1988**).

Les hautes intensités lumineuses ont une inhibitrice sur le mécanisme photosynthétique ainsi que l'activation fixatrice des microorganismes photosynthétique fixateurs d'azote (**Anglier, 2000**). L'éclairement solaire conditionne toute production de matière vivante. La chlorophylle et les autres pigments absorbent surtout l'énergie (**Bensaker, 1988**). A partir de ce minimum la photosynthèse croît avec l'éclairement jusqu'à un optimum. L'optimum se maintient jusqu'à une valeur de l'éclairement à partir de laquelle la photosynthèse diminue (**Gayral, 1975**).

Le phytoplancton a développé des stratégies photo-adaptatives pour faire face aux variations de l'éclairement telles que :

Le phytoplancton exposé à des périodes de faible intensité lumineuse augmente la concentration en chlorophylle (**Gailhard, 2003**).

La plupart des Dinophycées peuvent réagir aux variations de l'éclairement grâce à l'augmentation, ou à la réduction de la taille et/ ou du nombre de leur unité photosynthétique, ou par la quantité de peridinine « pigment caractéristique des Dinoflagellé » qui peut être régulée plus rapidement que celle de la chlorophylle (**Smayda, 1997**). Les Cyanobactéries sont capables de croître à de très faibles intensités lumineuses en raison des faibles exigences énergétiques des cellules (**Richardson et al., 1983**).

6.1.4. Nutriment

6.1.4.1. Macroéléments

L'azote et le phosphore représentent des éléments essentiels à la croissance du phytoplancton, car ils rentrent dans le cycle métabolique (**Ba, 2006**). Ils sont généralement en carence dans l'eau (**Wetzel et Likens, 2000**), un apport en ces éléments est habituellement associé à la croissance du phytoplancton.

Le phytoplancton utilise le phosphate sous la forme d'ortho-phosphates; quelques-uns peuvent assimiler le phosphore organique (**Gayral, 1975**). Les Cyanobactéries sont capables de faire des réserves internes de phosphores sous forme de granules de polyphosphates, cela permet de l'accumuler et de l'utiliser, lorsque il est en faible quantité

(Ishikawa, 2002). 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).

Les nitrates sont la forme préférentielle des cellules eucaryotes du phytoplancton. Quelques Cyanobactéries peuvent fixer de l'azote atmosphérique grâce à des hétérocystes, qui leur confère un avantage lorsque l'azote inorganique devient l'élément limitant de la colonne d'eau. Aucun autre groupe du phytoplancton ne possède la capacité d'utiliser le diazote (Blomqvist *et al.*, 1994). Les nitrites sont toxiques à des concentrations élevées pour le phytoplancton (Sevrin Reyssac *et al.*, 1995).

6.1.4.2. 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).

6.1.5. pH et CO₂

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 (CO₂) qui présente dans l'eau différentes formes en équilibre. A pH neutre, la forme dominante est l'ion bicarbonate (HCO₃⁻), le gaz carbonique (CO₂) ne se rencontre qu'à pH acide, cependant la forme carbonate (CO₃²⁻) est pratiquement absente des eaux naturelles (Gaujous, 1995).

Les Cyanobactéries possèdent la particularité de croître dans des milieux à pH élevés ou à des faibles teneurs en carbone inorganique dissous (CO₂) (Shapiro, 1990). Certaines espèces auraient même un mécanisme leur permettant d'utiliser le HCO₃⁻ à l'aide d'une enzyme (anhydrase carbonique) capable de le convertir en CO₂ (Talling, 1976), ces conditions sont généralement défavorables pour les autres communautés phytoplanctoniques (Shapiro, 1997).

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**).

6.2. Les facteurs biotiques

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

6.2.1. 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. Ce mécanisme leur permet d'exploiter les gradients opposés de lumière et de sels nutritifs qui peuvent apparaître (**Amri, 2008**).

6.2.2. Broutage par le zooplancton

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 car il influe sur la densité phytoplanctoniques et la composition du phytoplancton.

Son impact sur le phytoplancton dépend surtout de sa composition spécifique et non de son abondance numérique (**Amri, 2008**).

7. Principaux pigments caractéristiques de groupes Principaux phytoplanctoniques

- ❖ **Chlorophylle a** : Pigment photosynthétique le plus commun du règne végétal ; il est présent chez tous les végétaux
- ❖ **Chlorophylle b** : Pigment présent chez les végétaux supérieurs et les chlorophycées.
- ❖ **Chlorophylle C1 C2** : Pigment présent chez les pélophytes.
- ❖ **Chlorophylles C3** : Pigment présent chez les prymnesiophycées.
- ❖ **Phycocyanine** : Pigment présent chez les cyanobactéries.
- ❖ **Phycoérythrine** : Pigment présent chez *Synechococcus* (cyanobactéries), cryptophycées, rhodophycées.
- ❖ **Péridinine (caroténoïde)** : Pigment présent chez les dinoflagellés.
- ❖ **Fucoxanthine (caroténoïde)** : Pigment présent chez les diatomées et chrysophycées.

8. Rôle du phytoplancton dans le traitement des eaux usées

Les microalgues jouent des rôles clés dans le traitement biologique des eaux usées par lagunage.

1. Par leur activité biologique, elles influencent négativement les conditions de vie de certaines bactéries pathogènes, conduisant ainsi à leur réduction en nombre et même leur disparition (**Parhad et Rao, 1974 ; Pearson *et al.*, 1987**).
2. Elles assurent l'élimination, en partie, des sels nutritifs excédentaires dans les eaux résiduaires (**Kalisz, 1973 ; Pouliot et Delanoüe, 1985 ; Ergashev et Tajiev, 1986**).
3. Elles favorisent l'oxydation de la matière organique en s'associant sous forme symbiotique aux bactéries (**Humenik et Hanna, 1971**).
4. Elles assurent l'élimination, en partie, des sels nutritifs excédentaires dans les eaux résiduaires (**Kalisz, 1973 ; Pouliot et Delanoüe, 1985 ; Ergashev et Tajiev, 1986**).
5. Elles opèrent comme pourvoyeur d'oxygène par le biais du processus photosynthétique
6. Elles agissent comme bio absorbants contribuant à l'élimination des métaux lourds et autres produits toxiques véhiculés par ces eaux (**Becker, 1983**).

9. Rôle du phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques

Dans le milieu aquatique, la communauté phytoplanctonique joue un rôle clés dans la biodiversité de l'écosystème et par conséquent, dans la qualité de leurs eaux (**Hamilton et Schladow, 1997**).

Le phytoplancton possède d'importants rôles, dont les plus connus sont :

9.1. Photosynthétique

Le phytoplancton ne présente que 1% de biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais assure environ 45% de la production primaire (fixation du carbone minéral (CO₂) en carbone organique) (**Harris, 1986**). 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 Lors de la photosynthèse, le phytoplancton est capable de fixer en milieu marin entre 20.109 et 55.109 tonnes de carbone (**Amri, 2008**).

9.2. Chaîne alimentaire

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).

En sa qualité de producteur primaire, le phytoplancton conditionne également la structure des réseaux trophiques. En effet, les organismes phytoplanctoniques sont très diversifiés, et présentent des différences en termes de qualité nutritive pour le zooplancton (Dickman *et al.*, 2008).

9.3. En tant qu'indicateur dans la qualité biologique des eaux

Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées (Blandin, 1986).

Le comportement biologique du phytoplancton a été proposé par la D.C.E (directive cadre de l'eau ; directive européenne du 23 décembre 2000) comme élément de qualité biologique, aujourd'hui comme un bio-indicateur potentiel répondant aux changements trophiques des masses d'eau (Noël, 2012). 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.

9.4. Autres rôles

En plus des deux rôles cités ci-dessus, le phytoplancton peut être utilisé dans de nombreux domaines

- Certaines espèces du phytoplancton, peuvent être utilisées comme des indicateurs de pollution, ainsi *Chamaesiphon polonius* et *Calothrix sp* sont caractéristiques des eaux non polluées, par contre *Oxillatoria chlorina* et *Spirulina jenneri* peuvent survivre dans les milieux très pollués et pauvres en oxygène. Cependant *Phormidium sp* est présent dans les eaux moyennement polluées.

- 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**).
- *Spirulina sp* est une Cyanobactérie qui possède des qualités intéressantes pour l'alimentation et la santé, tant pour l'Homme que pour les animaux car elle est riche en protéine et en vitamine B12 (**Rafiqul et al., 2005**). Alors que *Scenedesmus*, *Chlorella* et *Oxillatoria* sont utilisées en culture semi-industrielles en vue d'obtenir des produits riches en protéines utilisables pour l'alimentation humaine ou animal (**Iltis, 1980**).
- Le phytoplancton est connu pour libérer dans le milieu des substances antibactériennes (**Barnabé et Barnabé-Quet, 1997**). Certaines espèces appartenant aux genres *Scenedesmus* et *Chlorella*, ont un effet inhibiteur sur *Bacillus cereus* et *Pseudomonas sp*, tandis que d'autres espèces présentent un effet biocide marqué vis à vis des Coliformes et des Salmonelles (**Champiat et Larpent, 1994**).

10. Les groupes fonctionnels du phytoplancton

A côté des classifications taxonomiques déterminées classiquement par la morphologie des organismes, la notion de groupes fonctionnels (**Tab. 07 - Annexe**) développée par (**Reynolds et al., 2002**) est basée sur la représentation d'espèces phytoplanctoniques ayant des fonctions et des effets similaires sur les processus de l'écosystème ou des réponses similaires aux pressions environnementales. Un groupe fonctionnel est un ensemble d'espèces aux caractéristiques morphologiques, écologiques et physiologiques similaires, établi indépendamment de l'origine taxonomique des espèces (**Reynolds et al., 2002**). Ces auteurs ont déterminé 31 associations reconnaissables par un code alphanumérique dont les lettres reflètent des changements saisonniers.

11. Evolution saisonnière de phytoplancton

Le phytoplancton tient la place de producteur primaire dans le réseau trophique produit le carbone indispensable aux niveaux trophiques supérieur grâce à la photosynthèse mécanisme qui, sous l'effet de l'énergie lumineuse. Il évolue de façon saisonnière aussi bien en milieu lacustre (**Amblard, 1987**). En Méditerranée, la succession saisonnière phytoplanctonique s'articule en trois stades (**Margalef, 1958**).

11.1. Stade de colonisation du peuplement phytoplanctonique

Au printemps, suite au brassage et à la remontée d'éléments nutritifs qui en découle, ainsi qu'aux apports exogènes en provenance du bassin versant (forte pluviométrie), les eaux de la zone trophogène sont riches en éléments nutritifs. Le phytoplancton se développe très rapidement, le peuplement est dominé par les Diatomées et lorsque les jours sont encore courts et la lumière faible, durant cette période d'eau froide, le zooplancton est essentiellement dominé par les Rotifères.

11.2. Stade de diversification du peuplement phytoplanctonique

Le développement de ces diatomées conduit à un appauvrissement de la zone trophogène en éléments nutritifs, par ailleurs l'échauffement des eaux et l'accroissement de l'énergie lumineuse incidente créent des conditions défavorables à la survie des Diatomées qui sédimentent, il apparaît alors un peuplement phytoplanctonique beaucoup plus diversifié comportant des Chlorophycées, Dinophycées.

11.3. Stade de raréfaction du phytoplancton

En été, les eaux de la zone trophogène sont très appauvries en phytoplancton, ce qui a pour conséquences une baisse de la production d'oxygène, la cause en est la limitation des éléments nutritifs et une intense prédation zooplanctonique (**Faurie et al., 2003**).

12. Intérêts des phytoplanctons

12.1. Intérêts écologiques

Du point de vue écologique, le phytoplancton constitue le premier maillon des chaînes alimentaires. Autrement dit, c'est le producteur primaire des mers et des océans (**Gorenflot, 1975**). Le phytoplancton conditionne également la structure des réseaux trophiques. En effet, les organismes phytoplanctoniques sont très diversifiés, et présentent des différences en termes de qualité nutritive pour le zooplancton (**Dickman et al., 2008**).

Certaines espèces du phytoplancton, peuvent être utilisées comme des indicateurs de pollution (**Champiat et Larpent, 1994**). Les algues microscopiques et surtout le phytoplancton sont des auxiliaires précieux dans la lutte contre les germes bactériens. La disparition rapide dans l'eau de mer de bactéries provenant des eaux d'égouts est un phénomène bien connu. Depuis le début de siècle : 99,9% des bactéries des eaux usées meurent en 48 heures de séjour dans l'eau de mer (**Gorenflot, 1975**).

12.2. Intérêts économiques

Le phytoplancton joue un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes, en conditionnant notamment les cycles biogéochimiques d'éléments majeurs tels que le carbone, l'azote, le phosphore et la silice. Représentant la moitié de la production primaire à l'échelle planétaire (**Falkowski et al., 1998**). Depuis des siècles, les algues macroscopiques sont utilisées comme engrais en agriculture et comme forage, les algues peuvent être réduites en farine qui est consommée par les animaux d'élevage. L'alimentation humaine est également concernée, puisque les porphyra, les galidium laminaria sont employées dans la confection de certains plats.

12.3. Intérêts industriels

Dans le domaine industriel, si les algues ne sont pratiquement plus employées comme manière pour la production de soude et d'iode, en revanche les industries basées sur les substances gélifiantes que certaines espèces fournissent abondamment se sont très développées depuis plusieurs années.

L'acide alginique qui est extrait de laminariacée possède des propriétés émulsionnantes, gélifiantes, et protectrices. Des floridées (gelidiales et gigartinales), on isole l'agar- agar et des carragheen ôtent. Le premier utilisé en bactériologie et dans les industries alimentaires. Les seconds sont exploités dans les industries textiles et pharmaceutiques (**Gorenflot, 1975**).

13. Effets nuisibles du phytoplancton

13.1. Risque sur la santé humaine

La plupart des espèces du phytoplancton sont totalement inoffensives. Néanmoins, certaines espèces sont productrices de biotoxine (autrement appelées phycotoxines), qui peuvent s'accumuler dans les coquillages et représenter un risque sanitaire pour les consommateurs.

Les différents types d'intoxications associées à des efflorescences algales toxigènes est les suivants :

- **Intoxications amnésiantes par les fruits de mer (ASP)** : Causée par la prolifération des Diatomées Pennales du genre *Pseudo-nitzschia*

-**Intoxications paralysantes par les fruits de mer (PSP)** : Intoxication causée par des Dinoflagellés du genre *Alexandrium*

-**Intoxications neurologiques par les fruits de mer (NSP)**. Intoxication associée à l'espèce de Dinoflagellés *Karenia brevis*.

-**Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer (DSP)**. Les toxines responsables sont produit par des Dinoflagellés appartenant, principalement, aux genres *Dinophysis* et *Procentrum*.

- **Toxines cyanobactériennes**. Les principales espèces responsables des blooms cyanobactériens sont : *Trichodesmium thiebautii*, *T. erythraeum* et *Oscillatoria* sp.

13.2. Risque sur les organismes marins

Le phytoplancton peut avoir des impacts directs sur les populations marines, car certaines espèces peuvent produire des toxines extracellulaires « directement libérées dans le milieu », pouvant provoquer de nombreuses mortalités chez les poissons exemple : *Karenia brevis* «Dinoflagellé » (**Mortensen, 1985**), ou encore chez les invertébrés marins, exemple *Heterocapsa circularisquama* « Dinoflagellé » causant des mortalités massives d'huîtres perlières et autres bivalves. Or les toxines, des lésions mécaniques peuvent également être engendrées comme le colmatage des branchies par la production de mucus ou l'altération des branchies par les excroissances « les épines » de certaines espèces phytoplanctoniques, exemple : *Chaetoceros* sp « Diatomées ».

13.3. Risque sur le fonctionnement de l'écosystème

Outre les intoxications et la mortalité des organismes évoqués précédemment, le phytoplancton est capable de provoquer un dysfonctionnement d'écosystème due à une prolifération algale intense. Pour décrire cet événement, différents termes sont utilisés « bloom, marrées rouges, efflorescence,... » . L'ensemble de ces termes est aujourd'hui rassemblé sous l'appellation internationale HAB « Harmful Algal Bloom ». Bien que les HAB sont des phénomènes anciens, il semblerait qu'ils sont en augmentation tant en termes d'aires géographiques touchées que la diversité des micro-organismes incriminés, provoquant ainsi des dangers pour la santé publique et des pertes économiques importantes (**Amri, 2008**).

Le développement excessif du phytoplancton conduirait à l'eutrophisation du milieu qui se traduit par une efflorescence, cette dernière résulte d'un déséquilibre entre l'azote et le phosphate (**Graziano et al., 1996 ; Dufour et Berland, 1999**). L'origine de ces sels nutritifs est divers, le nitrate serait l'issu du lessivage des engrais Chimiques, par contre le rejet urbain apporterait le phosphate et l'azote ammoniacal (**Barnabé et Barnabé-Guet, 1997**).

L'eutrophisation naturelle à très long terme ainsi que celle, accélérée par l'apport artificiels en nutriments au lac, peuvent causer plusieurs effets indésirables sur l'écosystème aquatique .en voici quelques exemples :

* Plus grande abondance de plantes aquatiques et d'algues

*Dégradation de la qualité de l'eau et accumulation de sédiments ;

*Changement dans la biodiversité animales et végétale, favorisant les espèces le mieux adaptées aux nouvelles conditions ou l'implantation de nouvelle espèces au détriment de certaines qui étaient déjà établies.

*Apparition de fleurs d'eau importantes de cyanobactéries

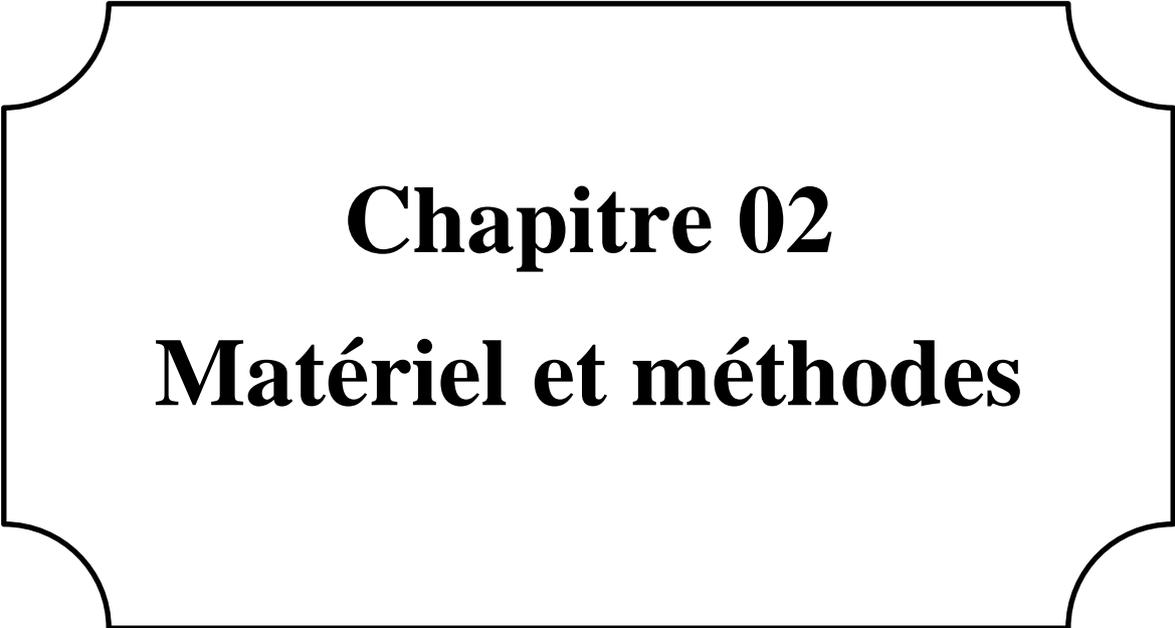
Ce qui nous mènent à parler encore plus du phytoplancton et son cycle de vie et ces enjeux (**Benslama, 2012**).

Tableau 01 : Effet nuisible causé par le phytoplancton (Zingone et Enevoldsen, 2000).

	Impact	Organismes responsables	
Santé humaine	Intoxications paralysantes par les fruits de mer (PSP)	Dinoflagellés Cyanobactéries	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Anabaena circinalis</i>
	Intoxication diarrhéiques par les fruits de mer (DSP)	Dinoflagellés	<i>Karenia brevis</i>
	Intoxications neurologiques par les fruits de mer (NSP)	Dinoflagellés	<i>Karenia brevis</i>
	Intoxications amnésiantes par les fruits	Diatomées	<i>Pseudo-nitzschia sp</i>

Tableau 01 : (Suite)

	de mer (ASP)		
	Intoxications par azaspiracides (AZP)	Inconnu	Inconnu
	Intoxications de type (CFP).	Dinoflagellé	<i>Gambierdiscus toxicus</i> <i>Ciguatérique</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>
Ressources marines naturelles et exploitées	Lésions mécaniques	Diatomées	<i>Chaetoceros sp</i>
Activités touristiques	Production d'écume, de mucilage, variation de la couleur de l'eau et odeurs nauséabondes	Dinoflagellés Diatomées Cyanobactéries	<i>Prorocentrum sp</i> <i>Cylindrotheca clostenum</i> <i>Aphanizomenon flos aqua</i>
Fonctionnement de l'écosystème	Toxicités pour les organismes marins (poissons, invertébrés, ...)	Dinoflagellé Diatomées	<i>Alexandrium sp</i> <i>Pseudo-nitzschia australis</i>



Chapitre 02
Matériel et méthodes

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

I. Description du site d'étude

1. Présentation du Park national d'El Kala (P.N.E.K.)

El Kala (anciennement La Calle) est une commune de la Wilaya d'El Tarf en Algérie, proche de la frontière algéro-tunisienne, située à 20 km au nord-est d'El Tarf et 77 km à l'est d'Annaba. Le plus important site d'hivernage d'Algérie (**D.E.W.T.**).

La région d'El Kala est caractérisée par un enchevêtrement de plusieurs composantes qui a donné lieu à un décor particulier et spécifique. Ces composantes se traduisent dans la géologie, l'hydrologie, le climat ainsi que le sol (**De Belair, 1990**). A ce sujet, **Boughazelli et al, (1977)** ont souhaité la création d'un parc naturel au niveau de cette région (P.N.E.K). Ce projet remonte à **1973** où une étude réalisée par **THOMAS** révéla l'importance et la nécessité de projeter les zones humides d'El Kala, mais ce n'est qu'en 1983 que le parc fut créé par le décret 83-462 du 23 juillet 1983. La création du P.N.E.K est d'une importance capitale du point de vue scientifique, écologique, socio-économique, touristique et culturel et a des buts bien précis, c'est de préserver le patrimoine naturel national et toute intervention artificielle incompatible avec le milieu et d'assurer la reproduction et le développement des espèces végétales et animales.

Le parc National d'El Kala (PNEK), constitue un patrimoine naturel important par la richesse biologique de ses habitats (**Djebbari et al, 2009**). Il est situé dans la Wilaya d'El Tarf à Est Algérien et s'étend sur une superficie 80 000 ha. Il constitue un laboratoire naturel pour de nombreux chercheurs. Sa richesse biologique et paysagère lui a valu d'être érigé en réserve de biosphère par l'UNESCO (**Adajmi, 2006**).

Il se caractérise par une importante mosaïque d'écosystèmes, le PNEK abrite une richesse faunistique et floristique diversifiée (**Brahmia, 2002**). Le PNEK est ceinturé par les coordonnées géographiques suivantes : Latitude entre 36°56'N et 36°34' N, Longitude entre 8°12'E et 8° 41'E (**Google Earth, 2020**); au sein duquel, l'altitude varie de 0 à 1202 m.

Le Parc National d'El-Kala présente un ensemble lacustre unique en Algérie et en Afrique du Nord. Ces lacs sont représentés par : le Lac Oubeira et le Lac Tonga (classés comme zones d'importance internationale (**Ramsar**), le Lac El-Mellah, le Lac Bleu, le Lac Noir et Marais de Bourdhim. Il est limité : au Nord par la Méditerranée, au sud par les

monts de la Mejedra, à l'est par la frontière algéro-tunisienne, et à l'Ouest par les plaines d'Annaba (Anonyme, 1996).



Figure 01 : Localisation du lac Oubeira dans le Parc National d'El-Kala.

1.1. Contexte géomorphologique

Selon **LE COZ, (1964) in DE BELAIR, (1990)**, la diversité morphologique résulte du recoupement de deux séries de facteurs structurels : lithologiques (présence d'un relief d'érosion différentielle couches dures / couches tendres : grès et argiles) et tectoniques avec interférence de deux phases prédominantes :

- Aux grands mouvements du tertiaire (phases alpines) sont à rattacher les mouvements majeurs responsables des alignements E-W (chaîne numidique).
- Au quaternaire, des mouvements traverses principalement S-N et SE-NW ont mis en place une série de dômes et de cuvettes. Cette tectonique s'est prolongée jusqu'à la période actuelle (**Joleaud, 1936**). Ces phénomènes tectoniques sont à l'origine d'un « compartimentage » du relief de la Numidie orientale.

1.2. Contexte géologique

La mise en place de la structure géologique de la région remonte essentiellement au Tertiaire période d'intense activité tectonique, ère représentée par les argiles et les grès de

Numidie ainsi que les dépôts de sables, conglomérats, et bancs d'argiles rouges ou grises du Pontien. Cette activité tectonique fut achevée au Quaternaire, au cours duquel vents et eaux ont fortement érodé le relief (**Marre, 1987**), et ont formé des amas dunaires à différents degrés de fossilisation (**Joleaud, 1936**). Les dépôts d'alluvions et de colluvions sur le pourtour et à l'intérieur des cuvettes et terrasses, ainsi que les limons argileux sableux et argileux des bas-fonds marécageux (ou lacustres), date aussi du Quaternaire (**De Belair, 1990**). Pour ce qui est du secondaire, il affleure très localement sous forme de marnes d'origine érosive, situées au Sud du PNEK (**Morel, 1990**).

1.3. Contexte hydrologique

Le P.N.E.K occupe au total une superficie de 5500 ha d'eau et constitue le complexe le plus diversifiée d'Algérie (**Belhadj, 1996**). En effet, cette eau est sous forme de plans d'eau de taille et de nature diverse (lac Tonga 2400 ha, lac Oubeïra 2200 ha, lagune d'El-Mellah 860 ha), de nappes souterraines (nappe superficielle et nappe captive profonde superposées d'El Tarf, nappe semi captive et nappe superficielle d'Oum Teboul, nappe du cordon dunaire), et de sources (source de Bougles, source de Bourdim et source d'El Bhaim et qui totalisent un débit de 12700m³/J) ainsi que d'un réseau important d'Oueds (au Sud, se localise oued Bougous, oued Melloula qui rejoignent l'oued El Kebir ; Oued et Hout, Oued El Eurg, Oued Messida sont à l'Est ; oued Bou Arroug, oued Mellah, oued Erreguibet, oued boumerchene, oued day graa, oued Messida sont à l'Ouest) et de Chabàas, creusés par l'érosion hydrique (**Benyacoub et al, 1998**).

2. Le lac Oubeira

Le lac Oubeira est situé à une latitude de 36°50' Nord, une longitude de 08° 23'Est, et une altitude de 25 mètres (**Marre, 1987**). Il se situe à 54 km à l'est d'Annaba, et à 3 km à l'Ouest de la ville d'El-Kala, entre le lac Tonga et la lagune d'El- Mellah (**Bensafia, 2005**).

2.1. Description générale

Oubeira est un lac endoréique d'eau douce d'origine naturelle occupant une superficie de 2.200 hectares de forme subcirculaire, il est situé au centre d'un bassin versant de 9.900 hectares, à 4 kilomètres à vol d'oiseau de la mer (**Ramsar**). Se situe à la côte 25 mètres. C'est le plus profond lac d'eau douce du PNEK. Sa profondeur ne dépasse pas 2 m et il s'inscrit dans un quadrilatère de 5 x 4 km, développant environ 19 km de rives. Son bassin versant a une surface de 125 km² dont 40 km² en terrain plat et 85 km² en collines (**Brahmia, 2002**).

Ce lac est alimenté principalement par l'Oued Messida qui a creusé un petit estuaire au Sud-est de la Garaa, qui reste à sec en été et qui reçoit en hiver une importante masse d'eau venant des marécages de l'Ouest de Ain El Assel. C'est l'Oued Messida qui a la particularité de s'écouler alternativement dans les deux sens à la recherche d'un équilibre hydrologique naturel. Ces marais, lors des grosses pluies sont aussi en communication directe avec Oued El Kebir qui se jette à la mer sous le nom de la Mafragh, après avoir traversé les Garaas de la grande plaine d'Annaba et les dunes littorales voisines. C'est par cette voie que les poissons migrateurs du lac (Anguilles, Muges, Aloses) effectuent leurs déplacements périodiques, lors des crues, où le courant de l'Oued Messida vers le lac est fort violent. Par contre, quand le niveau du lac est très haut et que les pluies cessent (période des basses eaux), l'affluent devient émissaire et une partie des eaux du lac retournent aux marais d'où elles étaient venues **(D.E.W.T)**.

En 1984, La profondeur maximale du lac relevé par l'ONDPA (Office National pour le Développement de la Pêche et de L'Aquaculture) était de 2,50 m. Cependant l'eutrophisation du lac et le transport solide a entraîné une accumulation de matières organiques et de vase sur l'ensemble du substrat sur une hauteur de près de 4 m. L'étude de la bathymétrie a permis de distinguer dans ce lac deux zones : une zone littorale de moins de 0.5 m de profondeur et une zone centrale de 0.5 à 2 m de profondeur **(Brahmia, 2002)**.

2.2. Géomorphologie

Le lac Oubeira est entouré de coteaux argilo-gréseux, couvert de forêts. Il est bordé sur une largeur de 1 à 2 km de dépôts récents du Quaternaire qui constituent le niveau continental. L'extension de ces formations retrace une variation très importante du niveau du lac, celui-ci disparaît sur la bordure Nord pour laisser apparaître le niveau actuel, représenté essentiellement par les marécages. Le pourtour du lac laisse apparaître des sables et des limons récents correspondant à un milieu lacustre Néopleistocène **(Messerer, 1999)**.

L'Oubeira se dessine un synclinal **(Marre, 1987)**, correspondant aux coteaux de la rive et du lac Mellah, ce dernier se rebroussant aussi vers le Nord- Nord- Est **(Joleaud, 1936)**. Un autre synclinal encore plus septentrional est marqué par Djebel bez-zeze (309m) et Koudiat El- Frine, entre les deux éléments tectoniques se dessine un anticlinal argileux, qui correspond à la partie Sud du lac Mellah. Le lac s'est installé dans une large cuvette synclinale bordée au Sud par le chevauchement du djebel l'Achlahmar (138m) sur Djebel Hellelif (189 m) et au Nord par le plis en genou du Bouliff qui est le résultat du

rebroussement des plis numidien vers le Nord--Nord-est qui sont caractéristiques des monts d'El-Kala (Messerer, 1999).

2.3. Géologie

Comme nous venons de le voir, le lac Oubeïra est installé dans une large cuvette synclinale, dont laquelle les argiles Numidiennes du Tertiaire, généralement décapées sur tous les massifs environnants, ont pu se maintenir, créant au dessus des grès perméables une couverture imperméable (Joleaud, 1936). Ainsi ce même auteur souligne la présence de sols de marécages dans la partie occidentale du lac, des alluvions limoneuses à l'Est, des dépôts récents du Quaternaire au Nord et au Nord-Ouest, des alluvions des terrasses moyennes, des argiles de Numidie et les grès de Numidie étant partout présents (Chekchaki, 2012).

2.4. Hydrologie

Le lac Oubeïra jouant un rôle de réservoir permettant la maîtrise des crues parfois spectaculaires, de l'Oued El-Kebir. Le lac constitue un réservoir de dépôt des sédiments provenant du bassin versant et charriés par les eaux de crues (Direction des forêts, 2003).

A la différence du lac Mellah et du lac Tonga, le lac Oubeïra est un lac d'eau douce sans écoulement vers la mer, il s'agit d'un système endoréique (De Belair, 1990). Il est alimenté par plusieurs Oueds et de petits affluents des collines avoisinantes. Parmi les principaux, nous avons au l'Oued Demnet Erihane au Nord, l'Oued Boumerchène au Nord-Est, l'Oued Day Graa à l'Est ainsi que l'Oued Messida au Sud-Est. Ce dernier naît dans le marais au Nord d'El-Tarf (Garaet El-Oueze et Demet Ellil), a la particularité de couler dans les deux sens. En effet, en hiver, Lors des grosses pluies, les eaux de l'Oued El Kébir envahissent ce marais et par l'Oued Messida, rejoignent le lac Oubeïra, qui est ainsi alimenté par les Monts de la Chèffia (Marre, 1987). Par contre, en été lorsque le niveau de l'Oued El Kébir est au plus bas, le système hydrologique fonctionne en sens inverse (Joleaud, 1936). Le lac restitue, sembler- il après de fortes saisons pluvieuses, le trop plein par le même Oued Messida jusqu'à l'Oued Kébir. Ces eaux aboutissent à la mer par l'oued Mafragh. Ce schéma simplifié ne peut évidemment traduire la complexité des échanges hydrologiques existant (Messerer, 1999). Bien que ce lac soit permanent, il s'est asséché à deux reprises, la première fois entre 1975 et 1978, et la seconde fois à la fin de l'été 1990 (Boumezbeur, 1993).

2.5. Pédologie

En se basant sur les études de Durand, ainsi que sur la carte élaborée par **Chekchaki et Zaafour**, on fait ressortir quatre types de sols occupant les rives du lac Oubeïra ainsi que son bassin versant, ce sont : les Vertisols, les Inceptisols, les Alfisols et les Régosols. Ces sols sont tous issus des processus d'altération et d'érosion de la roche mère, cependant la constitution minérale n'est pas tout à fait similaire, cette différence est due à plusieurs facteurs tel que le taux et l'état de la matière organique, les facteurs climatiques locales, les accidents pédologiques...etc (**Chekchaki, 2012**).

2.6. Climat

Le climat est un facteur abiotique important dans l'étude de la typologie et le fonctionnement d'un milieu naturel. Les composantes majeures dans une étude bioclimatique sont les précipitations et la température (**Fustec et Lefevre, 2000**).

Le lac Oubeïra, avec la région d'El Kala, se place dans l'étage sub-humide à hiver chaud, avec des vents permanents à dominance Nord-Ouest. La pluviométrie annuelle moyenne est située entre 700 et 800 mm et s'étale essentiellement du début du mois d'octobre jusqu'à la fin mars. La région est caractérisée par deux saisons, l'une sèche de mai jusqu'à septembre et l'autre humide de septembre à avril. La température de l'eau varie de 8,8 à 15,2° au mois de janvier (**Ramsar**).

2.6.1. La température

La température représente un facteur limitant de première importance. Car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 1984**). Pour seltzer, (1946), toute l'Algérie (sahara non compris), la température moyenne est de novembre à avril, inférieure à la moyenne annuelle; elle lui est supérieure de mai à octobre, et que la moyenne mensuelle atteint sa plus forte valeur aux mois de juillet et août ce qui est généralement lié à la fréquence de sirocco (**Sarri, 2017**).

La température moyenne de l'air, calculée sur une période de 28 ans allant de 68/69 à 95/96 est de 17,50° avec 11,65° pour janvier le mois le plus froid et avec une moyenne de 25° en août qui est le mois le plus chaud (**Ramsar**).

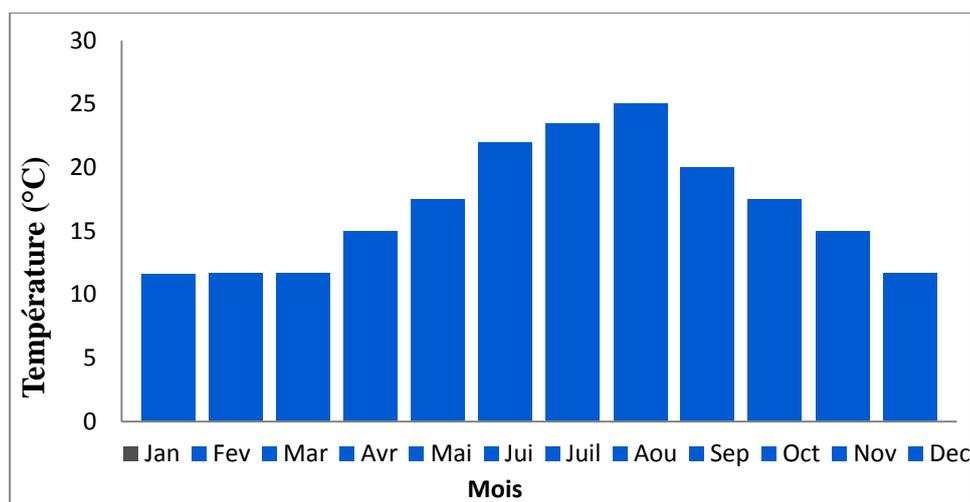


Figure 02 : Moyenne mensuelles des températures dans la région d'El kala (1968/1996)

2.6.2. Le vent

Les vents jouent un rôle très important dans notre région, puisqu'ils interviennent dans la pluviométrie. Ils sont caractérisés par leur fréquence, direction et vitesse (**Boumaraf, 2009**). Le vent a aussi une influence sur la faune forestière. La pression atmosphérique peut également être considérée comme un facteur climatique. L'observation générale des fréquences des vents souligne la prédominance absolue des vents de direction Nord-Ouest. Leur prédominance de fait généralement durant les quatre saisons.

Les vents du Sud nommés Sirocco sont chauds, leur maximum de fréquence s'observe au mois d'Août, le sirocco peut avoir des effets destructeurs sur la végétation, lorsqu'il se combine à un état de déficit hydrique en été et a un assèchement de l'atmosphère (**Seltzer, 1946**).

2.6.3. La précipitation

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale, leur répartition annuelle est importante par leur rythme et leur valeur volumique absolue (**DAJOZ, 1975**). Ce facteur primordial conditionne et agit directement sur le sol et la végétation, il favorise leur maintien et leur développement. La région d'El-Kala compte parmi les zones les plus arrosées d'Afrique du Nord 1300 mm/an (**Brahmia, 2002**).

Une des caractéristiques de la pluviosité dans la région réside dans sa grande variabilité annuelle, saisonnière et mensuelle, c'est une caractéristique du climat méditerranéen avec une concentration de la totalité des précipitations sur quelques mois de l'année, de novembre à avril au cours desquels, les précipitations gagnent sur l'évaporation.

Une saison sèche de mai à octobre, où les précipitations sont déficitaires par rapport à l'évaporation et le minimum annuel s'observe toujours en juillet-août. Ce phénomène de variabilité a pour corollaire une forte intensité et un caractère orageux des chutes de pluie, caractère qui n'est pas sans effet sur le relief du lac Oubeira dont la dissection témoigne d'une érosion intense (**Benyacoub et Chabbi, 2000**).

2.6.4. L'humidité de l'air

L'humidité de l'air est un élément atmosphérique important au même titre que les précipitations.

Dans la région d'El Kala, le degré d'hygrométrie est très élevé tout au long de l'année et il est presque constant durant toute l'année. La mer, les nombreux plans d'eau ainsi que la richesse de la région en écosystèmes forestiers (zones montagneuses), contribuent au maintien d'une humidité élevée pendant toute l'année.

Ce paramètre, dont les valeurs sont relativement élevées (proximité du littoral), atteint ses valeurs les plus fortes au lever et au coucher du soleil. Cette humidité de l'air, élevée même en période estivale, explique que la région puisse être plongée dans un voile de brume (**Boumaraf, 2009**). 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.

2.6.5. Synthèse climatique

Tous les facteurs que nous avons étudiés sont liés les uns aux autres et constituent un milieu biochimique complexe. Pour mieux comprendre la situation climatique de la région d'études, nous allons établir à partir des différentes données d'abord le diagramme pluviothermique de Bagnouls et Goussen et le quotient pluviothermique d'Emberger afin de pouvoir construire le climagramme et définir ainsi l'étage biochimique du Parc National d'El-kala.

Pour rendre les données climatique ci-dessus significatives, plusieurs auteurs ont proposé des indices climatique qui sont des combinaisons des moyennes des différentes composantes du climat notamment la température et la précipitation (**Emberger, 1955**).

Les précipitations nous renseignent sur l'aridité ou l'humidité du climat on obtiendra alors des classes d'étage bioclimatique :

- Etage humide si $p < (\text{mm}) < 800\text{mm}$.
- Etage sub-humide si $600\text{mm} < p < 800\text{mm}$.
- Etage semi-aride si $400\text{mm} < p < 600\text{mm}$.
- Etage aride supérieure si $300\text{mm} < p < 400\text{mm}$.
- Etage aride moyen si $200\text{mm} < p < 300\text{mm}$.
- Etage aride inférieur si $100\text{mm} < p < 200\text{mm}$.
- Etage saharien si $p < 100\text{mm}$ (**Emberger, 1955**).

2.6.5.1. Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausсен

Bagnouls et Gausсен (1953), ont établi un diagramme qui permet de dégager la durée de la période sèche en s'appuyant sur la comparaison des moyennes mensuelles des températures en °C avec celles des précipitations en mm ; on admettant que le mois est sec lorsque « **P** est inférieur ou égal à **2T** ». Le climat est sec lorsque la courbe des températures est au-dessus de celle des précipitations et humide dans le cas contraire.

Le diagramme pluviothermique de la région d'étude montre l'existence de deux périodes humides et une période sèche au cours de l'année, qui s'étale comme suit; les périodes humides comprises entre le mois de Janvier et la mi-avril, la seconde entre le mois septembre et décembre et la période sèche entre la mi-avril et le mois d'octobre (**Fig. 03**).

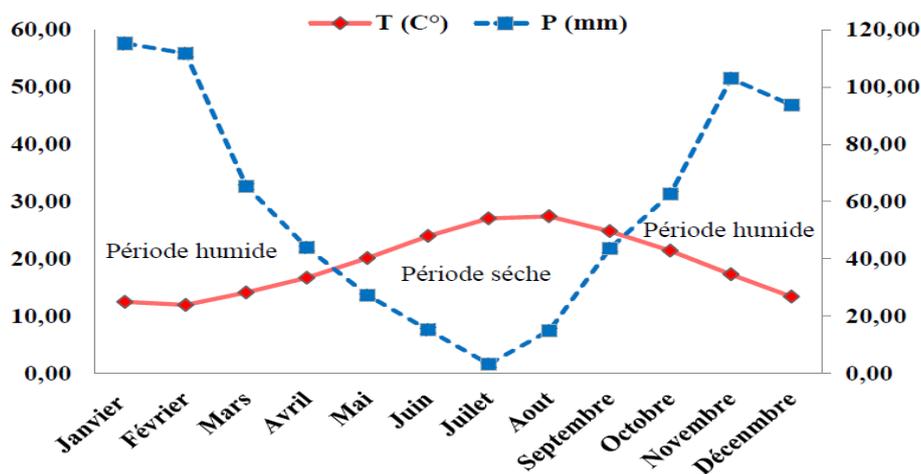


Figure 03 : Diagramme pluviothermique de GAUSSEN (2008-2017).

2.6.5.2. Le quotient pluviothermique d'Emberger

Emberger, (1930, 1955) a établi un quotient pluviothermique «Q2» qui est spécifique au climat méditerranéen. Il est le plus utilisé en Afrique du Nord. Le diagramme

correspondant permet de déterminer la position de chaque station météorologique et de délimiter l'aire bioclimatique d'une espèce ou d'un groupe végétale.

Ce quotient a été formulé de la façon suivante :

$$Q_2 = \frac{1000P}{\frac{M+m}{2}(M-m)}$$

Ou encore :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Dans laquelle :

P : Somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud ($T+273$ °k).

m : Moyenne des températures minima du mois le plus froid ($T+273$ °k).

Les valeurs du quotient combinées à celles de «m» sur le **climagramme d'Emberger**, permettent de déterminer l'étage et les variantes climatiques. D'une manière générale, un climat méditerranéen est d'autant plus humide que le quotient est plus grand. L'application du quotient pluviothermique sur les données climatiques récentes a révélé que la station d'El Kala est classée dans l'étage semi humide à hiver chaud (**Figure 04**).

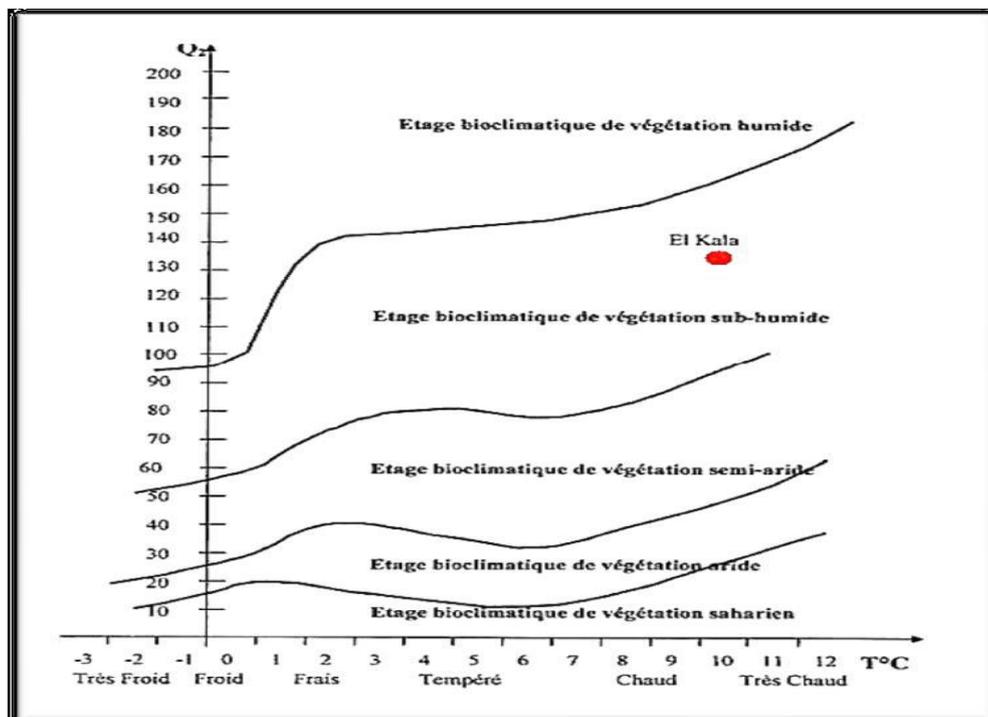


Figure 04 : Climagramme d'Emberger de la région d'El Kala (Touati, 2008).

2.7. Caractéristiques écologiques

Le lac est le plus profond que les autres sites des zones humides de la région, C'est l'un des sites du complexe de zone humide de la région d'El kala occupe une zone spatiale typique en ceintures de végétation (Hélophiles) avec une importante superficie colonisée par des herbiers flottants d'hydrophytes. En été, les ceintures de végétation sont bien viables et pratiquement ininterrompues tout autour du lac et ont une largeur et une densité différentes selon les rives. Les plus larges, environ 400 m, sont formées essentiellement de Phragmites, Typha, et Scirpes et herbiers flottants par la châtaigne d'eau et des myriophylles et cératophylles.

Considéré comme un site d'hivernage par excellence, c'est également un lieu de nidification pour plusieurs espèces d'oiseaux. Le lac Oubeira garde malgré tout une importante fonction de remise ornithologique, et sa complémentarité avec le lac Tonga comme site de (nourrissage) (**Ramsar**). C'est également le site d'alimentation pour des espèces qui nichent dans les autres zones humides de la région comme les canards, les Guifettes moustac et noire *Chlidonias hybrida* et *C. niger*, les Hérons pourpré et crabier *Ardea purpurea* et *Ardeola ralloides*, l'aigrette garzette *Egretta garzetta* et le gardeboeuf *Bubulcus ibis* et des limicoles) (**Direction des forêts, 2003**).

Ce site a fait l'objet d'un empoisonnement en carpes chinoises qui a engendré une perturbation du milieu notamment par la disparition des herbiers (**Ramsar**).

2.7.1. La flore

Une ceinture d'Hélophytes indispensable à la nidification des oiseaux d'eau. Parmi les espèces rares et très rares, nous citons: la châtaigne d'eau *Trapa natans* (unique station en Algérie), le Nénuphar blanc *Nymphaea alba*, le Nénuphar jaune *Nuphar luteum*, dont le site est désormais la seule station nord-africaine pour cette espèce qui au paravant existait aussi au niveau du Lac Noir, situé au nord-ouest de l'Oubeira, aujourd'hui sec. On note également le Polygonome *Polygonum senegalense*, le Scirpe incliné *Scirpus inclinatus*, et l'Utriculaire *Utricularia exoleta* ; le *Sparganium erectum* et le Rubanier rameux *Zanichelia palustris* (**Boumezbeur et al, 2003**)



Figure 05 : La châtaigne d'eau *Trapa natans*



Figure 06 : Le Nénuphar blanc *Nymphaea alba*



Figure 07 : Le Nénuphar jaune *Nuphar luteum*

2.7.2. La faune

Le Lac Oubeïra abrite habituellement 20.000 Oiseaux d'eaux, les grands effectifs sont dénombrés au début de l'hivernage (novembre, décembre).

Les nicheurs sont représentés par les anatidés Canard souchet *Anas clypeata* les ardéidés Héron cendré, *Aigrette garzette*, Héron garde boeuf les Podicipedidae Grèbe huppé, Grèbe castagneux les rallidés foulque macroule et les Laridaes Mouette rieuse.

Les sédentaires sont représentés par le Blongios nain *Ixobrychus minutus*, la Talève sultane *Porphyrio porphyrio*, la Rosserolle turoide *Acropocephalus arundinaceus*, le Butor étoilé *Botaurus stellaris*, le Busard des roseaux *Circus aeruginosus* et le Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*.

Les hivernants sont représentés par l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, la Grande aigrette *Egretta alba*, la Spatule blanche *Plantalea eucorodia*, l'Oie cendrée *Anser anser*, le Grand cormoran *Phalacrocorax carbo*, la Grue cendrée *Grus*

grus et plusieurs espèces de limicoles, telles que l'Avocette *Recurvirostra avosetta*, les Chevaliers, les Bécasseaux, la Bécassine des marais *Gallinago gallinago*, etc.

Les oiseaux d'eau observés tout au long de l'année mais de façon irrégulière sont l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* et le Flamant rose *phoenicopterus roseus*.

Les passereaux sont représentés par les fauvettes paludicoles telles la Rousserolle effarvate, la Cisticole des joncs, la Rousserolle turdoïde... nichent régulièrement dans les roselières du sud du lac, dans la zone d'Euch Lahmar (**Ramsar**).

Les insectes sont représentés par au moins 28 espèces d'Anisoptères (Odonates), parmi elles nous citons *Anax imperator*, *Anax parthetator*, *Ashna mixta*, *Aeschna affinis*, *Hemiana xerhippiger*, *Orthtrum cancellatum*, et *Acisoma panorpoides ascalaphoides...etc.*

Les mammifères sont représentés par 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 subéaride. Le caracal (*Caracal caracal*) est le plus grand félin d'Afrique du Nord. Grand prédateur, très rare, sa survie est conditionnée par la disponibilité de territoires forestiers de grande taille (**Ghalmi, 1997**).

L'Ichthyofaune est représentée par deux catégories de poissons sont présentes dans le lac. Les poissons autochtones représentés par 11 espèces et les poissons allochtones représentés par 7 espèces.

➤ Les espèces autochtones sont représentées par :

- Les Cyprinidae :

- *Pseudophoxinellus callensis* (Guichenot, 1856)
- *Pseudophoxinellus punicus* (Pelgrin, 1920)
- *Barbus callensis* (Cuvier et Valenciennes, 1842)
- *Pseudophoxinellus guichenoti* (Guichenot, 1856)

- Les Mugilidae : Poissons migrants, ils se reproduisent dans la mer et ils atteignent le lac par les oueds Mafragh, El-kebir et Messida. Il s'agit de :

- *Mugil cephalus* (Linné, 1758)
- *Mugil ramada* (Risso, 1928)
- *Mugil capito* (Cuvier, 1829)

- *Lisa ramada* (Boréa, 1934)
- Les Poecillidae :
 - *Gambusia affinis affinis* (Baird et Girard, 1954)
- Les Clupeidae :
 - *Allosa fallax algeriensis* (Linné, 1758). Poisson migrateur, présent seulement en hiver pour sa reproduction, migre à travers les oueds Mafrag, Draa El Mekheda, Elkebir jusqu'au lac.
- Les Anguillidae :
 - *Anguilla anguilla* (Linné, 1758). Elle rejoint le lac par les oueds Mafragh, El-kebir, Messida, vit dans les fonds vaseux, elle rejoint la mer des Sargasses pour se reproduire vers la fin de l'automne.
- Les espèces allochtones sont représentées par :
- Les Cyprinidae :
 - *Hypophthalmichthys molitrix* (Cuvier et Valenciennes, 1844)
 - *Aristichthys nobilis*
 - *Cténopharyngodon idella* (Cuvier et Valenciennes, 1844)
 - *Cyprinus carpio* (Linné, 1758)
 - *Carassius carassius* (Linné, 1758)
- Les Percidae :
 - *Stizostedion lucioperca* (Linné, 1758)
- Les Centrarchidae :
 - *Lepomis gobbosus*

2.8. Intérêts du lac

Le lac Oubeira est d'un grand intérêt socio-économique par la production halieutique, ainsi que par l'exploitation de l'eau pour l'irrigation. Cependant, ce stock est aujourd'hui menacé par le pompage incontrôlé pour les cultures spéculatives (telles que la culture d'arachides consommatrice d'eau), et le déversement des eaux usées provenant des villages, constituent aussi une menace non négligeable dont les effets ne sont pas encore visibles (**Boumezbeur, 2002; Boumezbeur et al, 2003**).

La présence d'un site archéologique (Mégalithique) au Sud-est du lac et l'éducation et la recherche scientifique (aspect paysager ouvert et présence de deux postes d'observation ornithologique) (**Adjami, 2006**).

II. Matériel et Méthodes

1. Choix des stations de prélèvement

Le choix des stations de prélèvement, est un choix raisonné en fonction de l'accessibilité des stations. De ce fait deux stations S1 et S2 sont retenues dans le lac Oubeira (**figure 08**).



Figure 08 : Localisations des stations de prélèvement dans le lac Oubeira

2. L'échantillonnage

2.1. Méthode du prélèvement

Les techniques du prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Pour une eau de surface (eau superficielle), les flacons stériles sont plongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords ; ainsi que obstacles naturels ou artificiels (**Rodier et al, 1996**).

Pour l'analyse phytoplanctonique une quantité d'eau environ 1,5 L est prélevée aseptiquement dans la colonne d'eau, pour on a ajout environ 5 ml du *Lugol* pour fixer les phytoplanctons, le volume de ce fixateur doit être suffisant pour donner à l'échantillon une légère coloration brune « thé claire » (**Bourrelly, 1966 ; Thronsen, 1978**). Les échantillons doit être stockés à +4 °C (**Jean-Claude et al, 2008**).

2.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables (Rodier *et al*, 1996). Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales (Lightfoot, 2002).

2.3. Transport et conservation des échantillons avant l'analyse

Les échantillons soigneusement étiquetées sont places dans une glacière contenant des poches de glace (Rodier *et al*, 1996). On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à +4 °C (Raymond, 1977; Mayat, 1994). L'analyse phytoplantonique a été réalisée au laboratoire de microbiologie du département de biologie université 08 mai 45 Guelma.

3. Analyses physicochimiques

Les paramètres physiques de l'eau sont mesurés *in situ* au moment du prélèvement. Ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur place.

La température, Le pH, La salinité, La conductivité électrique, Le taux des sels dissouts, et l'Oxygène dissout ont été mesurés à l'aide des sondes d'un multi paramètres de terrain (Fig. 09).



Figure 09 : Le multi-paramètre utilisé.

3.1. La température

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la

dissociation des sels dissous donc la conductivité électrique dans la détermination de pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc (**Leclerc, 1996**).

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre ou multi paramètre. La lecture est faite après avoir plongé le thermomètre dans l'eau pendant quelques secondes. Et selon le tableau 02, on détermine la qualité de l'eau.

Tableau 02 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température
(**Monod, 1989**)

Température	Qualité
< 20 °C	Normale
20 °C – 22 °C	Bonne
22 °C – 25 °C	Moyenne
25 °C – 30 °C	Médiocre
> 30 °C	Mauvaise

3.2. Le potentiel hydrogéné

Le pH représente le degré d'acidité ou alcalinité, le pH des écosystèmes aquatique est utilisé comme paramètre substitut pour représenter les relations complexes entre la chimie de l'eau et les effets biologique.

Il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau (**Degrement, 1976**). L'activité phytoplanctonique entraîne dans les milieux naturels d'importantes variations de pH. Pendant la journée, l'absorbance intense de gaz carbonique entraîne une élévation de pH et une précipitation des carbonates. Les mécanismes inverses interviennent pendant la nuit (**Pesson, 1976**).

Le pH est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou de base, il est calculé à partir du nombre d'ions hydrogène présentes. Le pH d'une solution aqueuse varie de 0 à 14, un pH 7 signifie que la solution est neutre (**Tableau 03**). Un pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, et un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique, une solution est neutre lorsqu'il y a autant de H⁺ que d'OH⁻ (**Rodier et al, 1996**).

Tableau 03 : Les variations du pH de l'eau (Zerluth, 2004).

pH ≤ 5	Acidité fort=présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 ≤ pH ≤ 8	Neutralité approchée la majorité des eaux de surface
5.5 ≤ pH ≤ 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité fort vaporisations intense

La mesure du pH est réalisée selon les étapes suivantes :

- Plonger la sonde du pH mètre dans l'eau.
- Attendre quelques secondes la stabilisation de l'affichage sur l'écran, puis lire le résultat de la mesure.

3.3. La conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique (elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations) (Rejsek, 2002), elle est exprimée en micro-siemens/cm (Gaujous, 1995). Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre de marque « JENWAY 4071 » (mêmes étapes de mesure, que le pH mètre).

Dans une eau stagnante, il existe toujours des « flux » invisible. L'eau conduit la chaleur, le courant électrique et le son, ce dernier étant propagé encore plus rapidement que dans l'air (Zerluth, 2004), Et selon le Tableau 04, on détermine leur qualité :

Tableau 04 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Monod, 1989).

Conductivité électrique (µs/cm)	Qualité des eaux	Classe
CE < 400	Bonne	1A
400 < CE < 750	Bonne	1B
750 < CE < 1500	Passable	2
1500 < CE < 3000	Médiocre	3

3.4. L'oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse utilisée essentiellement pour les eaux de surface (**Leclerc, 1969**).

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**). L'oxygène dissous est considéré comme l'élément le mieux explicitée des variations de la densité phytoplanctonique (**Arrignon, 1991**).

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 (**Servrin-Reyssac et al, 1995**). L'oxygène dissous dépend essentiellement de la respiration et de la photosynthèse des populations planctoniques et de la minéralisation de la biomasse. la teneur en oxygène dissous dans l'eau sont étroitement liée au régime thermique du lac, elle dépasse rarement 10 mg/l (**Villeneuve et al, 2006**).

3.5. La salinité

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximal de densité), d'autre (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certains sont essentiellement déterminés par la qualité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique).

L'appareil utilisé pour la mesure est un salinomètre de précision de (0.003%) ou multi-paramètres (**Boukrouma, 2008**).

4. Les analyses phytoplanctoniques

Pour Analyse quantitative et qualitative des phytoplanctons les prélèvements sont effectués avec les mêmes fréquences que pour l'étude physico-chimique et bactériologique.

L'échantillon de phytoplancton est fixé sur le terrain à l'aide d'une solution de lugol Alcalin afin d'obtenir une concentration finale d'environ 0,5 % dans l'échantillon, soit environ 8 gouttes pour 100 ml (ou 2,5 ml pour un flacon de 500 ml). Cette concentration finale peut s'apprécier à la couleur brun clair, orangée (**Christophe et al, 2009**).

À partir des échantillons d'eau brute fixés au Lugol, un sous échantillonnage de 25 ml a été réalisé après agitation et homogénéisation, on la laisse se sédimenter dans une éprouvette graduée pendant 24 h, on garde que 5ml 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 quantitative et qualitative en même temps selon la méthode de comptage **d'UTERMÖHL (1958)**, mais cela se fait entre une lame et une lamelle par un balayage de toute la surface de la lamelle.

4.1. Analyse qualitative et composition taxonomique du phytoplancton

Dans un premier temps les échantillons destinés à la détermination des espèces sont analysés comme suite :

Après le dépôt des espèces lugolées au fond du flacon, un volume de l'eau (20 µl) est prélevé au fond à l'aide d'une micropipette après homogénéisation. cette eau est déposée entre lame et lamelle, luter la lamelle avec du vernis et observée au microscopes optiques Olympus et Zeiss à l'objectif à immersion (x100) suivant un parcours horizontale sur toute la longueur de la lamelle, cette opération est répétée 3 fois en se décalant nettement sur hauteur de la lamelle, d'environ un champ de microscope, afin d'éviter tout chevauchement.

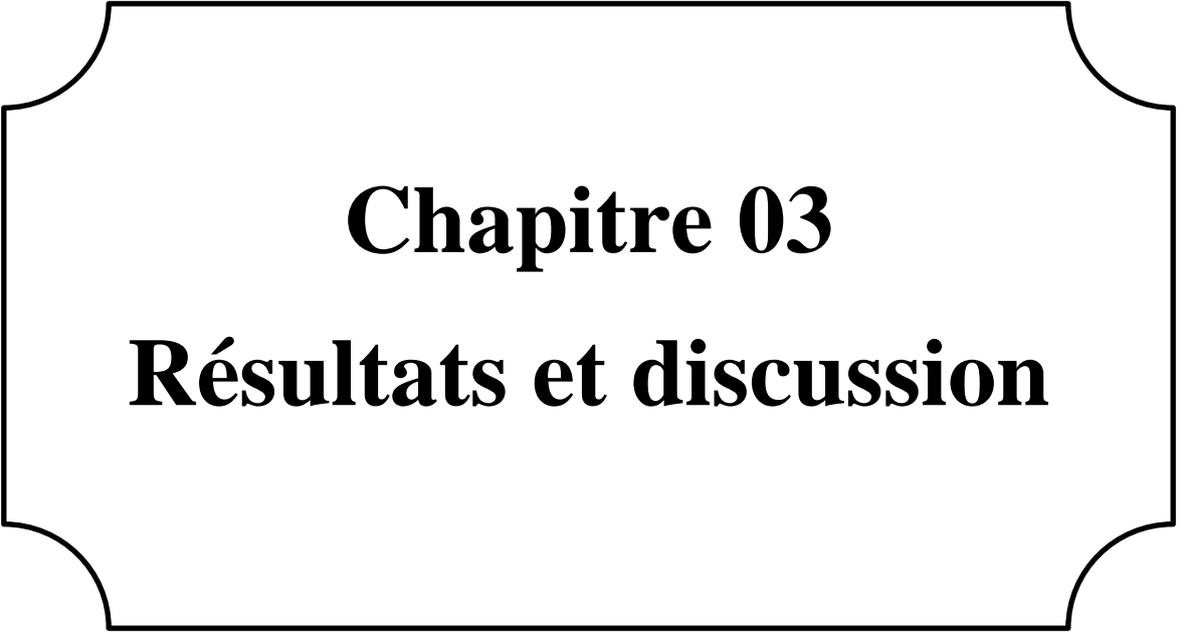
L'identification des taxons est basée sur l'observation des caractères morphologiques (formes, taille, couleur...) anatomique (disposition des chloroplastes, flagelles...) et à l'aide des clés de détermination (**Fott, 1969 ; Bourelly, 1966, 1968, 1970, 1972 et 1985 ; Pestalozzi et al, 1983; John et al, 2001**), ainsi que différents ouvrages et publications traitant la taxonomie du phytoplancton, ont aidé à réaliser l'identification tels que : **Trégouboff et Rose (1978), Straub (1984), Nezan et al, (1997), Hansen et al, (2001), Pierre (2001), Straub et al, (2004), et Bafu (2007)**. La détermination taxonomique des diatomées a été faite grâce aux travaux d'abord de **Sournia (1968), puis de Compere (1991) et de Krammer et Lange-Bertalot (1986-2000)**.

4.2. Analyse quantitative et richesse spécifique

Pour l'analyse quantitative et afin de minimiser l'erreur, trois lames sont dénombrées pour chaque échantillon et seules les valeurs moyennes sont prises en considération, par un balayage de toute la surface de la lamelle.

La richesse spécifique est le nombre total des diverses catégories taxonomiques auxquelles appartiennent les organismes prélevés à une station d'échantillonnage. Elle mesure la diversité la plus élémentaire, fondée directement sur le nombre total d'espèces dans un site. Un grand nombre d'espèces fait augmenter la diversité spécifique. Toutefois, cette méthode dépend de la taille des échantillons et ne considère pas l'abondance relative des différentes espèces. Sa valeur écologique est donc limitée (**Travers, 1964**).

L'approche fonctionnelle de **Reynolds et al. (2002)** (**Tab 07- Annexe**) a été utilisée pour évaluer la dynamique du phytoplancton et sa relation avec l'environnement, et déterminez les groupes fonctionnels qui composent la population de phytoplancton du lac Oubeira.



Chapitre 03
Résultats et discussion

Chapitre 03 : Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physicochimiques

Notre travail a été réalisé durant le mois (mars) pour déterminer les paramètres physicochimiques suivant : La température, le pH, la Conductivité électrique, le taux des sels dissous (TDS), et la Salinité qui sont mesurés *in situ* avec un multi-paramètre, et l'oxygène dissous qui est mesurés dans le laboratoire.

1.1. La température

La température est une mesure momentanée, en fonction de l'heure et du lieu de prélèvement. D'après les résultats (**Fig. 10**), la température de l'eau du lac Oubeira enregistrée dans le mois de Mars est une température saisonnière principalement liée au climat de la région avec un minimum de 17,9° C enregistré à la station (S1) et maximum de 19,6° C à la station (S2), Avec une moyenne de 18,75 ° C.

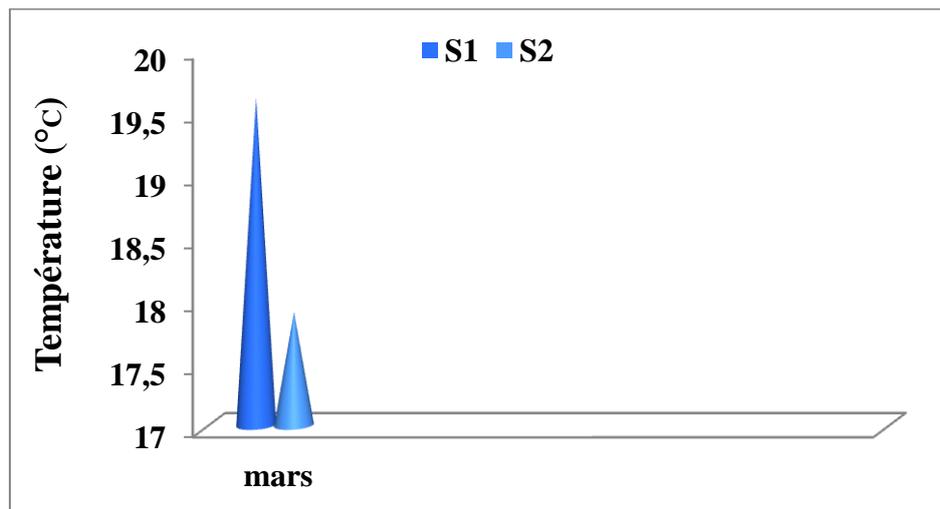


Figure 10 : Variations de la température de l'eau du lac Oubeira

En effet, la température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatique. Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatique (**Aberkane et al, 2011**).

D'une manière générale, ces températures sont favorables à l'apparition et au développement du phytoplancton.

1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH doit être compris entre 5 et 9 pour permettre un développement normal de la faune et de la flore. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau (Benmira *et al*, 2012).

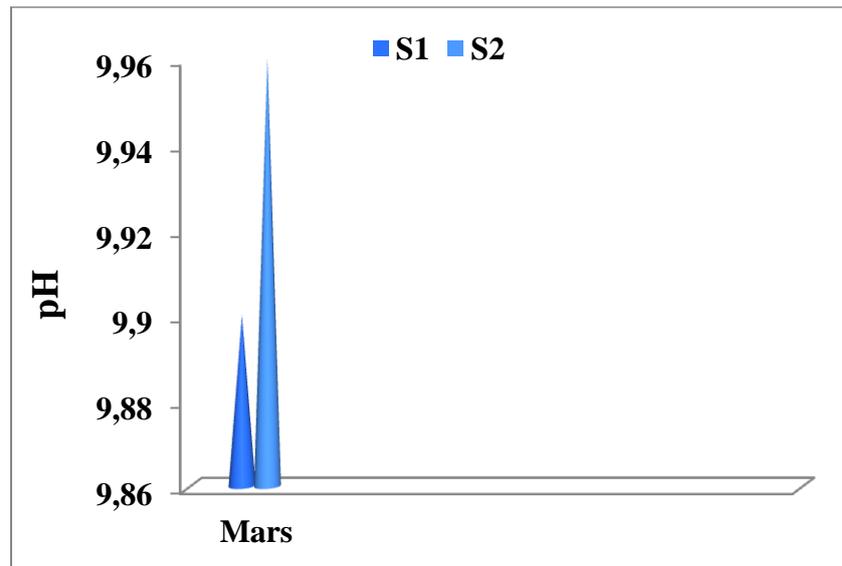


Figure 11 : Variations de pH de l'eau du lac Oubeira

La figure 11 montre les valeurs d'acidité enregistrées au niveau de l'eau du lac, qui varient entre 9.9 dans la première station et 9.96 dans la deuxième station, Ce qui indique que le pH de l'eau du lac Oubeira est plus au moins alcaline ce qui est le cas de la majorité des eaux de surface. Cette gamme de pH favorise la multiplication et la croissance des microorganismes.

Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que ce sont des zones dans lesquelles l'activité photosynthétiques du phytoplancton est la plus élevée, les mesures étant faites en période diurnes, En plus de l'effet des engrais agricoles utilisés dans les terres adjacentes au bassin versant du lac. En conséquence l'augmentation du pH de l'eau pourrait être reliée à ces hypothèses.

1.3. La conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution.

D'une façon générale, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau (Rodier *et al*, 2009). La conductivité est une mesure de la quantité de substances dissoutes dans l'eau, déterminée par la capacité de l'eau à conduire une charge électrique. Toutes les substances dissoutes contribuent à la conductivité de l'eau (Chapman et Kimstach, 1996). La conductivité est également en fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température est importante (Detay, 1993).

La conductivité de l'eau du lac Oubeira varie entre 467 et 470 $\mu\text{s}/\text{cm}$ respectueusement dans les stations 1 et 2 ce qui signifie que l'eau est moyennement minéralisée, parce qu'il s'agit de l'eau douce (Figure 12). La légère augmentation de la conductivité électrique dans la deuxième station est due à sa localisation entre l'oued de Boumerchane et Oued Al-Kabir, et est affectée par le courant d'eau produit entre eux.

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la conductivité (Tab. 04) l'eau du lac Oubeira est de bonne qualité.

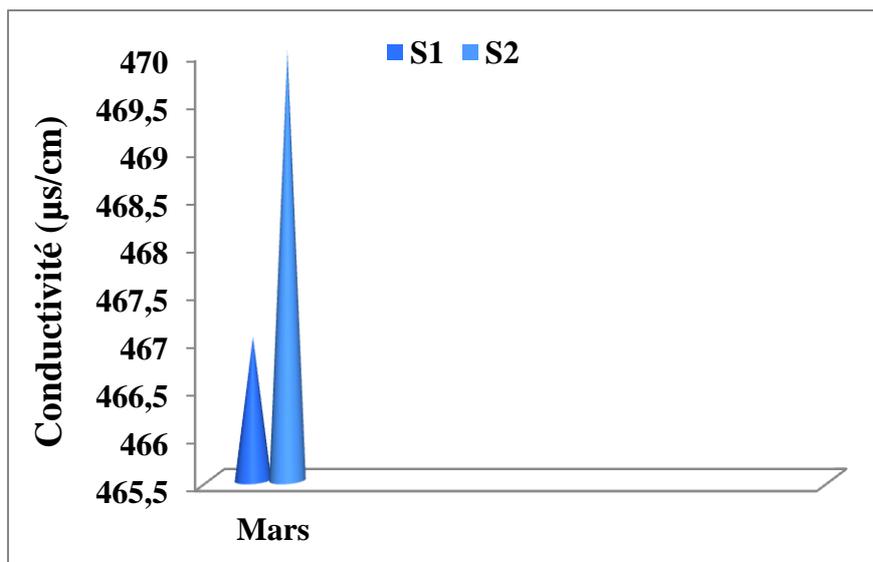


Figure 12 : Variations de la conductivité électrique de l'eau du lac Oubeira

1.4. Taux des Sels Dissous (TDS)

Les teneurs en sels dissous de l'eau peuvent être mesurées et exprimées de différentes manières selon la période de prélèvement (Rodier, 1996).

La mesure des TDS permet d'illustrer des valeurs convergentes dans les 2 stations. (S1 : 467 mg/l, S2 : 470 mg/l). Ces résultats ont une relation directe avec la conductivité électrique.

1.5. La salinité

La salinité est définie à l'origine comme la quantité de sels dissous présents dans l'eau (**Bouchar, 2010**). Ce paramètre varie proportionnellement avec la conductivité. L'eau est dure ou calcaire si elle est riche en sels de calcium, ou en sels minéraux en générale. Au contraire, elle est douce lorsqu'elle est pauvre en ces éléments (**Rejsek, 2002**).

Selon les résultats illustrés dans l'histogramme ci-dessous (**Figure 13**), la salinité des eaux du lac Oubeira est toujours autour de 0.1 nLF dans les 2 stations, le cas de la salinité des eaux de surface. La salinité très faible due probablement à l'effet de dilution pendant la période pluviale.

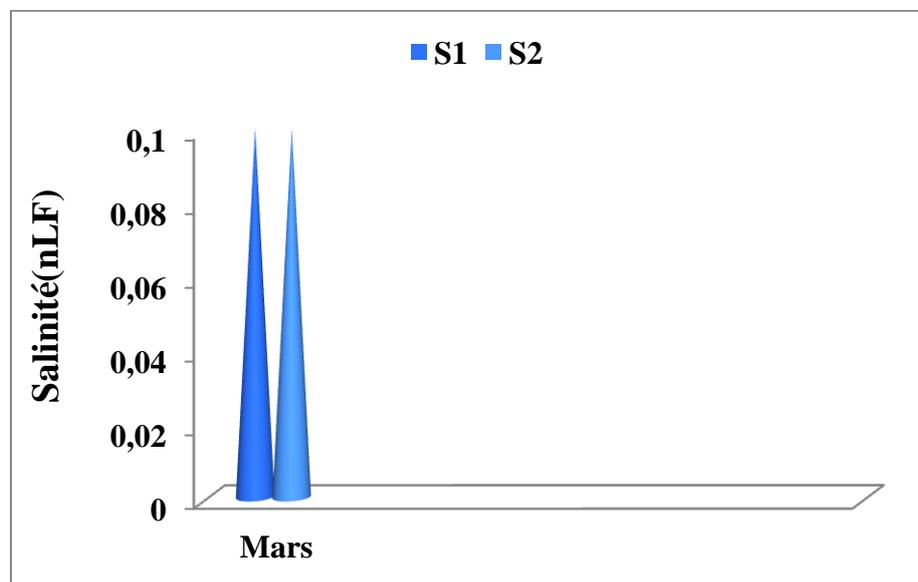


Figure 13 : Variations de la salinité de l'eau du lac Oubeira

1.6. L'oxygène dissous

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'auto-épuration et de préservation de la vie aquatique (**Gaujous, 1995**). Il 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 (**Winkler, 1888**). Ainsi, l'eau froide peut contenir une concentration plus élevée d'oxygène dissous que l'eau chaude.

La valeur mesurée est 0.03 mg/l dans la station 1 et 0.05 mg/l dans la station 2 pendant le mois de Mars (**Fig. 14**). En effet, ce lac se caractérise par ses eaux stagnantes,

surtout s'il n'y a pas de précipitations importantes. Donc l'eau est moyennement moins oxygène dans ce mois.

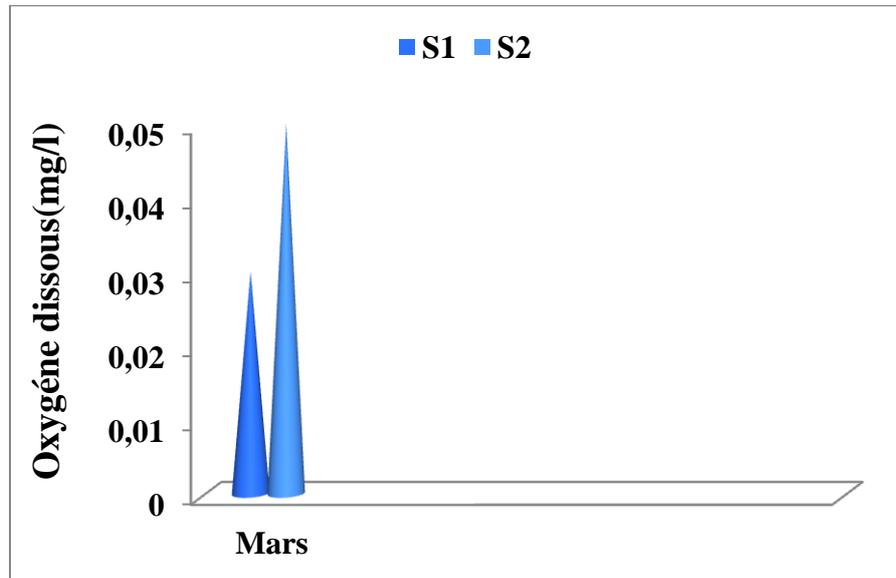


Figure 14 : Variations des teneurs en oxygène dissous de l'eau du lac oubeira

2. Résultats des analyses phytoplanctoniques

2.1. Résultats de l'analyse qualitative et composition taxonomique du phytoplancton

L'analyse de la composition spécifique des échantillons de notre étude, nous a permis de répertorier 48 taxons ou espèces et 29 genres (Tab. 05). Ces espèces se répartissent dans les cinq classes des eaux douces : les Cyanobactéries, les Chrysophycées, les Chlorophycées, les Euglenophycées et les Pyrrhophycées.

Tableau 05 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriées dans les eaux du lac Oubeira le mois de Mars 2020.

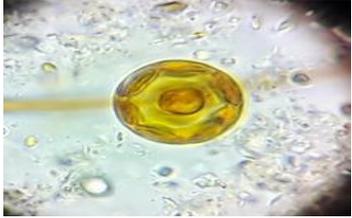
Classe	Genre	Taxon	Aspect microscopique
<i>Chlorophycées</i>	<i>Chlamydomonas</i>	<i>Chlamydomonas species</i>	
	<i>Closterium</i>	<i>Closterium aciculare</i>	

Tableau 05 : (Suite)

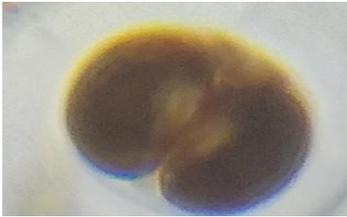
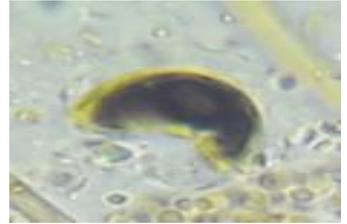
		<i>Closterium acutum</i>	
		<i>Closterium macilentum</i>	
		<i>Closterium parvulum</i>	
		<i>Closterium tortum</i>	
	<i>Cosmarium</i>	<i>Cosmarium candianum</i>	
	<i>Dictyosphaerium</i>	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	
	<i>Kirchneriella</i>	<i>Kirchneriella diana</i>	

Tableau 05 : (Suite)

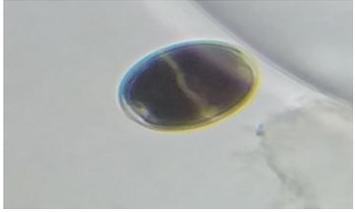
		<i>Kirchneriella lunaris</i>	
	<i>Monoraphidium</i>	<i>Monoraphidium controtum</i>	
		<i>Monoraphidium circinalis</i>	
	<i>Oocystis</i>	<i>Oocystis lacustris</i>	
		<i>Oocystis sp</i>	
			
	<i>Pediastrum</i>	<i>Pediastrum boryanum</i>	

Tableau 05 : (Suite)

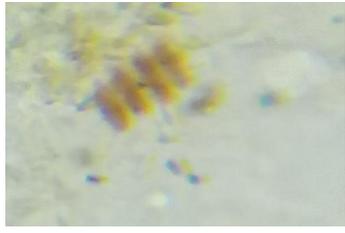
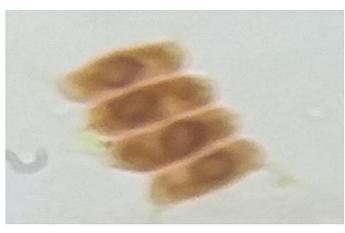
		<i>Pediastrum simplex</i>	
<i>Scenedesmus</i>		<i>Scenedesmus abundans</i>	
		<i>Scenedesmus armatus</i>	
		<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	
		<i>Scenedesmus opoliensis</i>	
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	

Tableau 05 : (Suite)

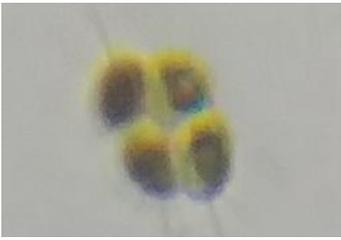
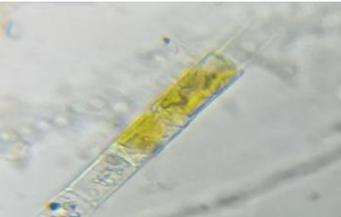
		<i>Scenedesmus sp</i>	
		<i>Tetrastrum elegans</i>	
	<i>Tetrastrum</i>	<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>	
		<i>Tetrastrum triangulare</i>	
Chrysophycées	<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>	
	<i>Cyclotella</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	
	<i>Mallomonas</i>	<i>Mallomonas papillosa</i>	

Tableau 05 : (Suite)

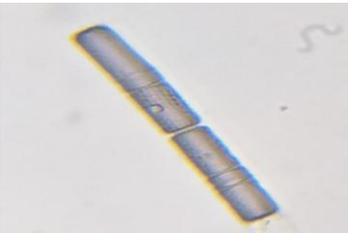
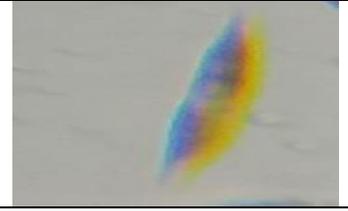
	<i>Melosira</i>	<i>Melosira granulata</i>	
			
	<i>Navicula</i>	<i>Navicula sp</i>	
		<i>Navicula trivialis</i>	
	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia subcurvata</i>	
	<i>Pseudo-Nitzschia</i>	<i>Pseudo-Nitzschia sp</i>	
Cyanobactéries	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena planktonica</i>	

Tableau 05 : (Suite)

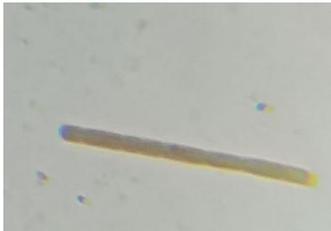
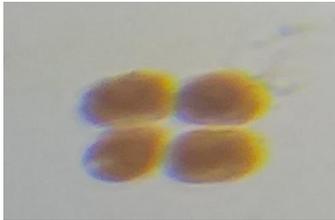
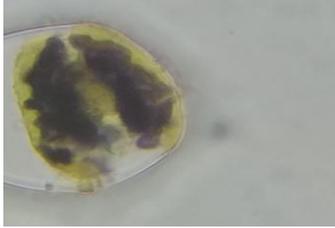
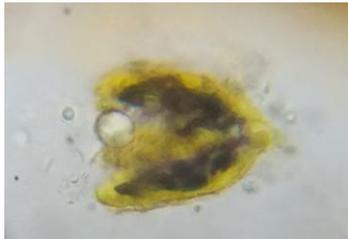
	<i>Aphanizomenon</i>	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	
		<i>Chroococcus</i> sp	
	<i>Chroococcus</i>	<i>Chroococcus turgidus</i>	
			
	<i>Cylindrospermopsis</i>	<i>Cylindrospermopsis</i> sp	
	<i>Gloeocapsa</i>	<i>Gloeocapsa</i> sp	
	<i>Pseudanabaena</i>	<i>Pseudanabaena</i> sp	

Tableau 05 : (Suite)

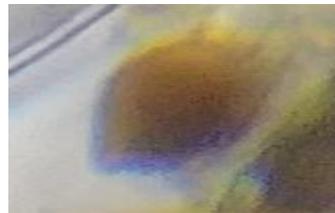
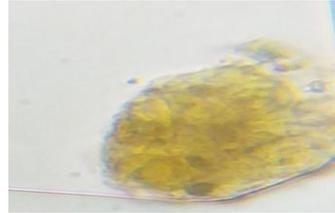
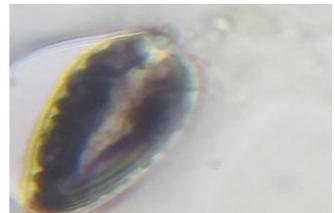
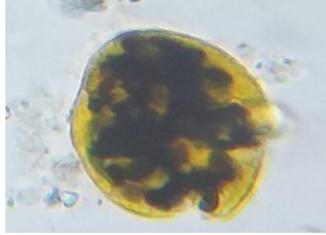
Euglenophycées	<i>Euglena</i>	<i>Euglena gracilis</i>	
	<i>Phacus</i>	<i>Phacus parvulus</i>	
	<i>Trachelomonas</i>	<i>Trachelomonas hispida</i>	
Pyrrhophycées		<i>Cryptomonas pyrenoidifera</i>	
	<i>Cryptomonas</i>	<i>Cryptomonas rostrata</i>	
		<i>Cryptomonas erosa</i>	

Tableau 05 : (Suite)

	<i>Gymnodinium</i>	<i>Gymnodinium mirabile</i>	
	<i>Hemidinium</i>	<i>Hemidinium nasutum</i>	

2.2. Résultats de l'analyse quantitative et richesse spécifique

Selon la Figure 15, et en termes de nombre d'espèce, les Chlorophycées représentent la classe la plus importante par 25 espèces (52%), la richesse élevée de ce groupe est liée au brassage de l'eau, suivie par celle des Chrysophycées par 8 espèces (17%), cette évolution est probablement liée à l'augmentation de la température. Puis les Cyanobactéries et les Pyrrophytées forment respectivement 7 (15%) et 5 (10%) espèces, et enfin la classe des Euglenophycées forme la classe la moins représentée avec 3 (6%) espèces, ceci pourrait être à cause des conditions défavorables.

En termes de nombre des genres, la classe des Chlorophycées est la classe la plus importante par 10 genres, tandis que les Euglenophycées forment la classe la moins représentée avec seulement 03 genres.

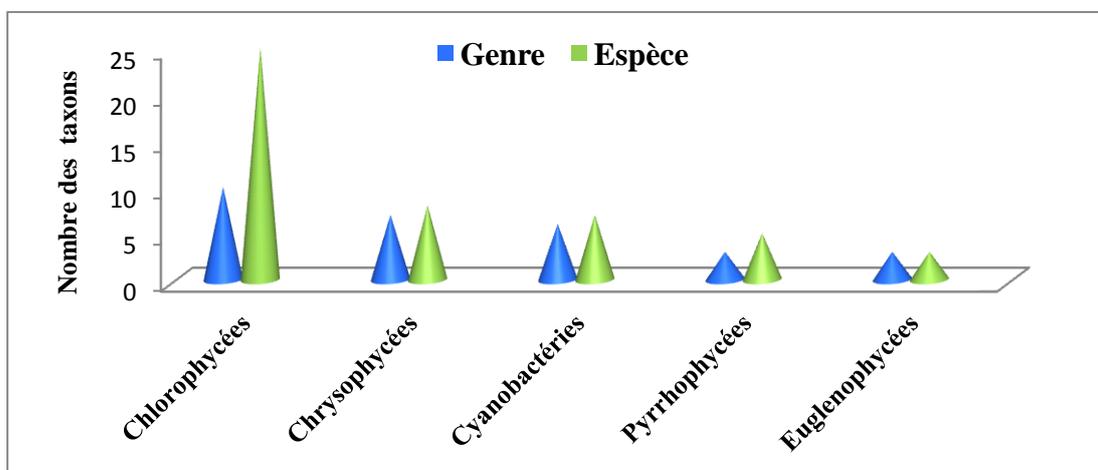


Figure 15 : Evolution de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques dans le lac Oubeira.

2.3. Composition des groupes fonctionnels du lac Oubeira

La structure des assemblages d'espèces phytoplanctoniques au niveau du lac Oubeira se caractérise par 10 groupes fonctionnels (**Tab. 06**) selon les critères de **Reynolds et al, (2002)**.

Tableau 06 : Les principaux groupes fonctionnels du lac Oubeira durant mars selon les critères de **Reynolds et al. (2002)**.

Groupe fonctionnelle	Habitat	Espèces représentatives	Résistance	Sensibilité
N	Epilimnion mésotrophe	<i>Tabellaria</i> , <i>Cosmarium</i> , <i>Staurodesmus</i>	Carence en nutriments	Stratification, Augmentation du pH
P	Epilimnion eutrophe	<i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Closterium aciculare</i> , <i>Staurastrum pingue</i>	Lumière modérée et manque de C	Stratification, raréfaction en Si
S1	Couches d'eaux troubles et mélangée	<i>Planktothrix agardii</i> , <i>Limnothrix redekei</i> , <i>Pseudanabaena</i>	Conditions de très faible luminosité	Ecoulement
Sn	Couches d'eaux chaudes et mélangée	<i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Anabaena minutissima</i>	Conditions pauvres en azote	Ecoulement
X1	Eaux peu profondes, couches d'eaux mélangées et conditions enrichies	<i>Chlorella</i> , <i>Ankyra</i> , <i>Monoraphidiu</i>	Stratification	Carence en nutriments, organismes filtreurs
Y	Lacs généralement petits et enrichi	<i>Cryptomonas</i> , <i>Peridinium Lomnickii</i> <i>Manque</i>	Manque de lumière	Phagotrophes

Tableau 06 : (Suite)

E	Lacs généralement petits, oligotrophes, d'alcalinité faible, lacs ou étangs hétérotrophes	Dinobryon, Mallomonas, Synura	Carence en nutriments (recours à la mixotrophie)	Manque en CO ₂
F	Epilimnion claire	<i>Chlorophytes coloniales:</i> <i>Botryococcus,</i> <i>Pseudosphaerocystis,</i> <i>Coenochloris,</i> <i>Oocystis Lacustris</i>	Carence en nutriments	Manque en CO ₂ (?), Forte Turbidité
J	Lacs, étangs ou rivières peu profonds et enrichis	<i>Pediastrum,</i> <i>Coelastrum,</i> <i>Scenedesmus,</i> <i>Golenkinia</i>		Faibles conditions de luminosité
W2	Lacs mésotrophes peu profonds	<i>Bottom-dwelling Trachelomonas</i> (e.g <i>Trachelomonas volvocina</i>)	?	?

Parmi ces groupes fonctionnels, 5 groupes réunissent les Chlorophycées (**N**, **P**, **X1**, **F** et **J**), 1 groupe pour les Chrysophycées (**E**), 2 groupes pour les Cyanobactéries (**S1**, **Sn**), 1 groupe pour les Euglenophycées (**W2**) et 1 groupe également pour les Pyrrhophycées (**Y**). L'existence des espèces de ces dix groupes fonctionnels dans le lac indique que le lac Oubeira est caractérisé par des eaux méso-eutrophes à eutrophes, enrichis, peu profondes à couche mélangée, avec des organismes tolérant la lumière faible et la carence en nutriments, et sensible à la raréfaction de la teneur en Si.



Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

En Algérie, plusieurs retenues de barrages et de lacs naturels évoluent rapidement vers l'eutrophisation, qui devient un problème très important dans le monde. Et plus brièvement l'eutrophisation c'est un processus naturel très lent, par lequel les plants d'eau reçoivent une grande quantité d'éléments nutritifs (notamment du phosphore et de l'azote), ce qui stimule la croissance des algues et des plantes aquatiques.

Cette étude porte sur la composition phytoplanctonique du lac oubeira, situé à une latitude de 36°50' Nord, une longitude de 08° 23'Est, et une altitude de 25 mètres. Il se situe à 54 km à l'est d'Annaba, et à 3 km à l'Ouest de la ville d'El-Kala, entre le lac Tonga et la lagune d'El- Mellah. Occupant une superficie de 2.200 hectares de forme subcirculaire.

L'étude de la qualité physico-chimiques et phytoplanctonique de l'eau du lac Oubeira, durant le mois de mars, a aboutie à des résultats de l'analyse des différents paramètres. Ces résultats présentent des températures saisonnières principalement liée au climat de la région, varie entre (17,9 et 19,6) °C, un pH plus au moins alcaline varie entre 9.9 et 9.96, ce qui est le cas de la majorité des eaux de surface. Avec une conductivité varie entre 467 et 470 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ce qui signifie que l'eau est moyennement minéralisée donc de bonne qualité, une salinité constante de 0.1 nLF, et une faible oxygénation...etc.

L'observation des caractères morpho-anatomiques des taxons phytoplanctoniques récoltés dans le lac nous permis d'identifier 48 espèces et 29 genres repartis en cinq classes, 10 genres et 25 espèces pour les Chlorophycées, 07 genres et 08 espèces pour les Chrysophycées, 06 genres et 07 espèces pour les Cyanobactéries qui sont connus par leur toxicité, 03 genres et 05 espèces pour les Phyrrhophycées, et enfin les Euglenophycées forment la classe la moins représentée avec 03 genres et 03 espèces. Parmi cette population phytoplanctonique on a identifié des espèces toxiques telles que *Pseudonitzschia sp*, *Pseudanabaena sp*.

La forte présence de Chlorophycées est liée au pH et à la température qui conviennent à la croissance de cette classe, ainsi que l'abondance des nutriments dans l'eau en raison de l'utilisation d'engrais agricoles. Le genre *Scenedesmus* est très fréquent, cela est dû à sa capacité de stocker le phosphate, lorsqu'il est en abondance et de l'utiliser, lorsqu'il devient limitant.

L'augmentation du nombre d'espèces des Chrysophycées liée au mouvement de la colonne d'eau et le mélange des sédiments, ce qui contribue à fournir l'élément de silicium et de réduire le phénomène de la prédation de ces espèces par le zooplancton.

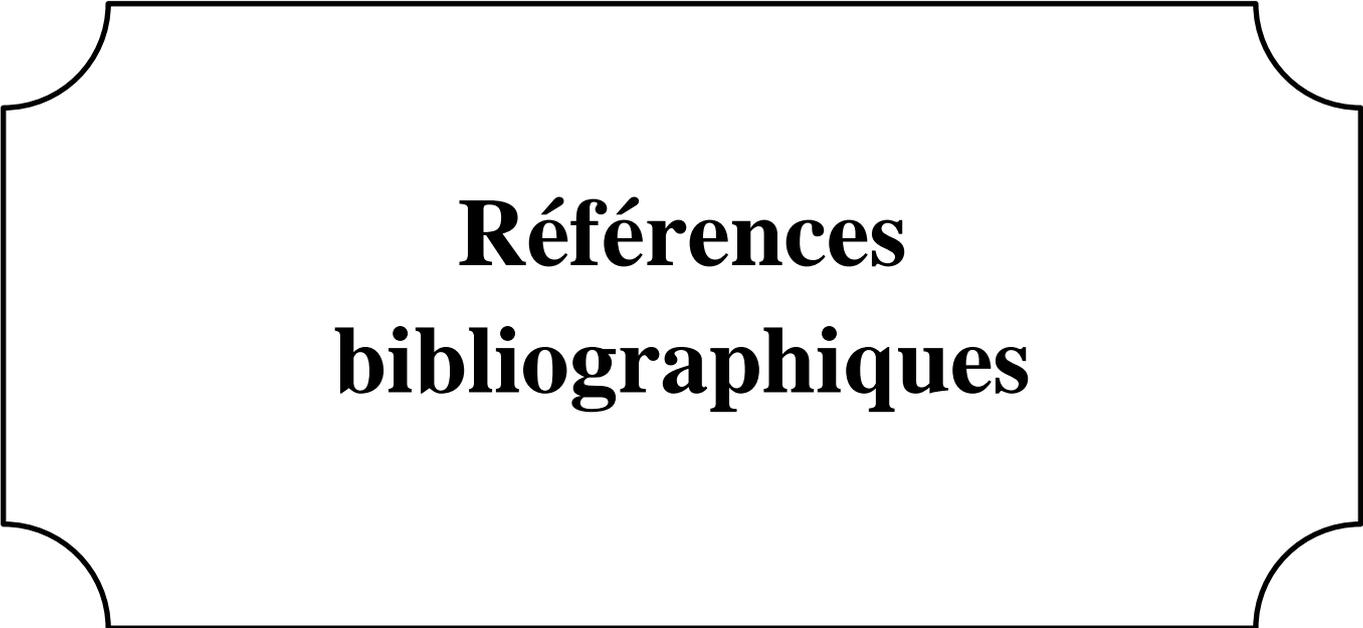
Pour les Cyanobactéries, leur nombre est en raison de la température appropriée ainsi que de l'abondance de phosphate et d'azote des engrais agricoles et de la décomposition de la matière organique par les bactéries et l'apparition des espèces filamenteuses qui peuvent échapper à la prédation. Par contre, pour les Pyrrophytées et les Euglenophycées on n'a enregistré que des faibles abondances en raison des pluies abondantes et au manque d'ensoleillement sur plusieurs jours ce qui a fait diminuer les températures et retarder le développement.

La structure des assemblages d'espèces phytoplanctoniques, à partir des espèces se caractérise par 11 groupes fonctionnels dont 5 groupes réunissent les chlorophycées (N, P, X1, F et J), 2 groupes pour les Chrysophycées (P, E), 2 groupes pour les cyanobactéries (S1, Sn), 1 groupes pour les Euglenophycées (W2) et 1 groupes également pour les Pyrrophytées (Y). Ces groupes fonctionnels montrent que le lac Oubeira est caractérisé par des eaux méso-eutrophes à eutrophes, enrichis, peu profondes à couche mélangée, avec des organismes tolérant la lumière faible et la carence en nutriments, et sensible à la raréfaction de la teneur en Si.

En perspectives, ils seraient intéressant de :

- Procéder à la mise en place programme de surveillance du lac afin de déterminer son profil phytoplanctonique.
- Réaliser l'identification spécifique du phytoplancton pour un cycle annuel.
- Evaluer l'influence des paramètres physico-chimiques sur la dynamique mensuelle du phytoplancton.

Finalement, nous suggérons, d'aider à la conservation de cet écosystème lacustre et à la sensibilisation des habitants autour du lac à ne pas déverser leurs rejets domestiques dans ce lac.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

- **Aberkane M., Hambli S., Tebbikh O., 2011.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la tourbière du lac Noir (*Nord-est algérien*) ; Mémoire de Master. Université 8 mai 1945, Guelma ; page 63.
- **Abrams H.N., 1980.** L'encyclopédie Cousteau. Le spectre de la pollution : Guide de la mer. Vol : 10. Alpha. Espagne. P : 9.
- **Adjami Y, 2006 :** Etudes des facteurs de dépérissement dans la subéraie d'El-kala (Nord-est Algérien): cas de la subéraie d'El-Mellah. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.
- **Alzieu G, 1989.** Documentation pour l'étude et l'évaluation des effets sur l'environnement, catalogue des normes antipollution. 5ème édition. Paris.
- **Amblard C. 1987.** Les successions phytoplanctoniques en milieu lacustre. Ann. Biol. 26: 1 34.
- **Aminot A. et Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO (édt). Brest. P : 395.
- **Amri S., 2008 ;** Inventaire Des Cyanobactéries Potentiellement Toxique Dans La Tourbière Du Lac Noir « PARC NATIONAL D'EL-KALA » (ALGERIE) ; Mémoire De Magister ; Université Badji Mokhtar d'Annaba ; Page 05.
- **Andresen-Leitao M.P., Lassus P., Maggi P., La Baut C., Chauvin J. et 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.
- **Anglier E., 2000.** Ecologie des eaux courantes. Edit : Tec et Doc, paris p.350.
- **Anonyme., 1996.** La Wilya d'El Taref vous invite à découvrir ses sites merveilleux. Direction de tourisme et de l'artisanat de la wilya d'el-Taref. pp : 10.
- **Aouissi A., Houhamdi M, 2014.** Contribution a l'étude de la qualité de l'eau de quelques sources et puits dans les communes de Belkheir et Boumahra Ahmed (Wilaya de Guelma, Nord-est Algérien), Université 8 Mai 1945 ., Guelma., p 01.
- **Ba N., 2006.** La communauté Phytoplanctonique du lac de Guiers (Sénégal) : Types d'associations fonctionnelles et approches expérimentales des factures de régulation. (Thèse de Doctorat de 3ème cycle. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal). P: 10, 22.
- **Bafu B.F.U., 2007.** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. Kieselgen Stufe F (Flächendeckend).

- **Balvayt G. & Druart Jean-Claude., 2009.** Le lac d'Annecy et son plancton. Edition Quae. P 41.
- **Barnabé G. et Barnabé-Quet R., 1997.** Ecologie aménagement des eaux côtières. Lavoisier. P: 131,135, 138.
- **Becker E. W., 1983.** Limitations of heavy metal removal from waste water by means of algae. *Wat. Res.*17(4) pp: 459-466.
- **Belhadj, G., (1996)** - Contribution a la cartographie des Orthocénoses en Algérie : Atlas de l'avifaune nicheuse du parc national d'El Kala. Thèse de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 207p.
- **Benamira M, Halassi I., (2012).**Evaluation de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau du lac souterrain : Bir Osman hammam Dabagh-Guelma. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 de Guelma, 60p.
- **Bengtsson J., 1998.** Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. *Applied Soil Ecology.* **10** (3): 191-199.
- **Bensafia N., 2005.** Le peuplement des Cyanobacteries de deux plans d'eau douce (lac Oubeira, lac Tonga). These de magister. Universite d'Annaba. P : 4.
- **Bensaker Bachir., 1988.** Contribution A La Modélisation et à l'identification d'un processus de croissance de micro-organisme marins. (*Dinophysis acuminata*).p11.
- **Benslama 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 .p 06.
- **Benyacoub, S., Louanchi, M., Baba Ahmed, R., Benhouhou, S., Boulahbel, R., Chalabi,B., Haou, F., Rouag, R. & Ziane, N., (1998)** - Plan directeur du parc national d'El Kala et du complexe des zones humides (wilaya d'El Tarf), 300 p.
- **Benyacoub S et Chabbi Y, 2000:** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El Kala. Composition-statut-répartition. Synthèse, Publication de l'Université d'Annaba N°7.98 p.
- **Blandin P., 1986.** Bio-indicateurs et diagnostic des systèmes écologie. *Bulletin d'écologie*, 17: 215-307.
- **Blomqvist P., Pettersson A.et Hyenstrand P., 1994.** Ammonium-nitrogen: A key regulatory factor causing dominance of non-nitrogen-fixing cyanobacteria in aquatic systems. *Arch. Hydrobiol.*, 132 : 141-164.

- **Boukrouma N., 2008.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroun (W. d' Oum El-Bouaghi). Mémoire de Magister en biologie-Ecologie, Université 08 mai 1945 Guelma.
- **Bouchar F., 2010.** Mesure de Salinité- réalisation d'un conductimètre. TENU MToulouse.
- **Boumaraf W., 2009.** Cartographie et impact de la qualité des eaux du lac Oubeïra sur la relation sol-végétation (Parc National d'El Kala), MEMOIRE de Magistère en Ecologie Végétale, *Université Badji Mokhtar – Annaba-Faculté des Sciences, Département de Biologie* 2009- 2010.
- **Boumezbeur A., 2002.** Atlas: des 26 zones humides Algeriennes d'importance internationale 2002. P : 63-64, 80-81.
- **Boumezbeur A., Ameur N. et Bakaria F., 2003 a.** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Reserve Integrale du Lac Oubeira. Wilaya d'El-Tarf. P : 2- 5.
- **Boumezbeur A., Bouteldji A. et Bahroune M., 2003 b.** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Lac Noir. Wilaya d'El-Tarf. P: 2-6.
- **Boumezbeur, A., (1993)** - Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et du fuligule nyroca (*Fuligila nyroca*) sur le lac Tonga et le lac des oiseaux est algérien. Mesure de protection et de gestion du lac Tonga. Thèse de doctorat, USTL Montpellier, 254 p.
- **Bourrelly P., 1966.** Les Algues d'eau douce : les algues vertes, éd. N. Boubée, 1572p.
- **Bourrelly P., 1968.** Les algues d'eau douces. Algues jaunes et brunes. Edition Boubée et Cie. Paris. P : 438.
- **Bourrelly 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, 572 p.
- **Bourrelly P., 1972.** Les Algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome I : Les Algues vertes. Edition N.Boubée& Cie, 512 p.
- **Bourrelly P., 1985.** Les algues bleues ou Cyanophycées, 5ème partie. Edition Boubée Paris. P : 297,303, 457- 458, 606.
- **Bourrelly 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.

- **Bourrelly P., 1985b.** Les algues d'eau douce : Initiation à la systématique. Tome III : Les algues Vertes. Editions N. Boubée et Cie, Paris.
- **Brahmia Zahra, 2002.** Rôle fonctionnel du lac Oubeira et du lac Mellah (parc national d'El-Kala) pour les oiseaux marins, Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar d'Annaba.
- **Butterwick C., Heaney S.I. et Talling J.F., 1982.** A comparison of eight methods for estimating the biomass and growth of planktonic algae. *Br. phycol. Jour.***17** : 69-79.
- **Carmouze J.P., Élia Sampaio C.D. et Domingos P., 1994 b.** 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.
- **Carr et al., 1997. in: Chevalier, P Pilote, R Leclerc, J.M. 2001, in:** Risques à la santé publique découlant de la présence de cyanobactéries et de micro cystine dans trois bassins versants du sud-ouest q Skulberg et al, 1993 : Taxonomy of toxic cyanophyceae (cyanobacteria) in : *Algal toxins in seafood and drinking water*, chap 9 : 145-164. Ébécois. Unité de recherché en santé publique.151p.
- **Carrick H.J., Alfdige F.J. et Schelske C.I., 1993.**Wind influence phytoplankton biomass and composition in a shallow productive lake. *Limnol. Oceanogr*, **38**: 1179-92.
- **Cavalla M. (2000).** Les algues- les microalgues.
- **Champiat D. et Larpent J.P., 1994.** Biologie des eaux: Méthodes & Techniques, 2éme tirage. P : 24, 37, 39.
- **Chan F., Pace M.L., Howarth R.W. &MarinoR.M., 2004.** "Bloom formation inheterocystic nitrogen-fixing bacteria: The dependence on colony size and zooplankton grazing", *Limnology and Oceanography*, vol 49, pp: 2171-2178.
- **Chapman, D., V. Kimstach. 1996.** Selection of water quality variables. *In* D. Chapman [ed.], *Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. UNESCO/WHO/UNEP, London.
- **Chekchaki, 2012.** Caractérisation morpho-analytique des sols des aulnaies glutineuses du complexe lacustre (Parc National d'El Kala), Mémoire Magister, Université Badji-Mokhtar Annaba, p 26.
- **Chisholm, S.W. 1995.** The iron hypothesis: Basic research meets environmental policy. *Reviews of Geophysics.* 33: 95RG00743.

- **Christophe L-T., 2009.** Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en œuvre de la DCE édition Inra.
- **Compere P., 1991.** Contribution à l'étude des algues du Sénégal. Algues du lac de Guiers et du Bas Sénégal. Bulletin du jardin botanique national de Belgique, 61 : 171-267.
- **Coute A. Et Chauveau O., 1994.** Algae. Encyclopedia Biospeologica. I éd. Société de Biopédologie. ISSN 0398 7973, 3ème trimestre : 371-380.
- **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.
- **Dauta A. Et Feuillade J., 1995.** Croissance et dynamique des populations algales. In : Limnologie générale. Pourriot R. et Meybeck M., Paris. Masson .Coll . Ecol. 25 : 328 - 350.
- **Des Abbayes H., Chadefaud M., Feldmann J., De Ferre Y., Gausson H., Grasse P.P. et Prévot A.R., 1978.** Précis de botanique : 1 végétaux inférieurs. 2 ème édit. Masson, paris. 302,303p.
- **De Belair G, 1990.** Structure et fonctionnement et perspectives de gestion de quatre éco complexe lacustre et marécageux (El-Kala, est Algérien), thèse Doct- Univ.U.S.T.L.Monpellier France.
- **De Casabianca M.L. et Kepel R.C.H., 1999.** Impact of dominant Wind on hydrological variables in a Mediterranean lagoon (Than Lagoon-France) Oealia. Vol: XXV: 3-16.
- **De Reviere B. (2002).** Biologie et phylogénie des algues, tome 1. Ed Belin. P: 13-195.
- **De Reviere B. (2003).** Biologie et phylogénie des algues, tome 2. Ed Belin.P 13-195.
- **Degremont, 1978 :** Mémento techniques de l'eau.
- **Demers S., Therriault T., Bourget E. et Bah A., 1987.** Resuspension in the shallow sub littoral zone of a macrotidal estuarine environment: Wind influence. *Limnol. Oceanogr.* 32: 327-39.
- **Detay M. L., 1993.** Le Forge D'eau, Réalisation, Entretien et Réhabilitation. Masson .393P.
- **D.E.W.T :** Des fiches techniques de la direction de l'environnement de la wilaya d'el tarf.
- **Dickman EM, Newell JM, González MJ, Vanni MJ. 2008.** Light, nutrients, and food-chain length constrain planktonic energy transfer efficiency across multiple trophic

levels. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105: 18408–12.

- **Direction des forêts, 2003.** Fiche descriptive sur les zones humides Ramasr, Réserve Intégrale du Lac Oubeira, Wilya d'EL-Tarf Ministre de l'agriculture et du développement rurale.
- **Djabbari N., Boudjadi Z. & Bensouilah M., 2009.** L'infestation de l'anguille *Anguilla anguilla* L., 1758 par le parasite *Anguillicola crassus* kuwahara, Niimi & Itagaki ; 1974 dans le complexe de zones humides d'El kala (Nord-Est algérien), *Bulletin de l'Institut scientifique*, Rabat, section Science da la vie, 2009, n °31(1), 45-50.
- **Dufour P. & Berland B., 1999.** Nutrient control of phytoplanktonic biomass in atoll lagoons and Pacific ocean waters: studies with factorial enrichment bioassays. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **234** (2) : 147-166.
- **Duy TN, Lam PKS., Shaw GR. et Connell DW., 2000.** Toxicology And Risk Assessment Of Freshwater Cyanobacterial (Blue-Green Algal) Toxins In Water. *Rev. Environ. Contam. Toxicology.* 163:113-186.
- **Emberger L. 1955.** Une classification biogéographique des climats. *Rev. Trav. Lab. Bot. Fac.Sci.* Montpellier, 7: 3-43.
- **Eppley, R.W.** "Temperature and Phytoplankton Growth in the Sea." *Fish. Bull.* 70, no. 4 (1972): 1063-1085.
- **Ergashev A. E. et Tajiev S. H., 1986.** Seasonal variation of phytoplankton in series of waste treatment laggons (Chmkent, Central Asia); artificial inoculation and role of algae in sewage purification. *Int. Res .Der. Ges. Hydrobiol.* 17(4) : 545-555.
- **Falkowski PG, Barber RT, Smetacek V. 1998.** Biogeochemical Controls and Feedbacks on Ocean Primary Production. *Science* 281: 200–206.
- **Faurie. C et al, 2003** : Ecologie approche scientifique et pratique. 5ème édition Tec et Doc.
- **Feldmann J. N., 1963.** Les algues in Botanique (P. P. Grassé), *Masson et Cie*, Paris, p. 83-249.
- **Findlay D. L, Et Klingr H. J., 1994:** protocole de mesure de la biodiversité: le phytoplancton d'eau douce. Ministère des Pêche et Océans Institut des Eaux douces Université Crescent Winnipeg(Manitoba) R3T 2N6.
- **Fogg G.E., Stewart W.D.P., Fay P. & Walsby A.E., 1973.** The blue-green algae .Academic Press-London and New York. Pp : 9-297.

- **Fott B., 1969.** Studies in Phycology, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- **Gadelle F., 1995** – Le monde manquera-t-il bientôt d'eau ? Science et changements planétaires. Sécheresse.
- **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.
- **Gaston. P et Maurice. P, 1977.** Atlas de microscopie des eaux douces Édition de CHEVALIER, Paris ; 285 p.
- **Gayral Paulette, 1975** : Les algues ; morphologie, cytologie, reproduction, écologie ; Edition Dion, Paris ; 51 p, 154 p.
- **Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. *Technique et documentation. Lavoisier.* Paris, 220P.
- **Ghalmi R., 1997.** Etude préliminaire du régime alimentaire de la loutre (*lutra lutra*) dans le nord-est algérien (Parc National d'El-Kala).mémoire D.E.S, Université de liège, 57p.
- **Gorenflot R. & Guern M., 1989.** Organisation et Biologie des Thallophytes. Doin. édit. Paris. pp: 196, 201.
- **Graziano L.M., Geider R.J., Li W.K.W. et Olaizola M., 1996.** Nitrogen limitation of North Atlantic phytoplankto: Analysis of physiological condition in nutrient enrichment experiments. *Aquat Microb Ecol.* **11** : 53-64.
- **Groga N., 2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse .p 42.
- **Grossman, A.R., D. Bhaya et Q. HE, 2001.** "Tracking the Light Environment by Cyanobacteria and the Dynamic Nature of Light Harvesting", The journal of biological chemistry, vol. 276, p. 11449-11452. Lake'', Journal of Ecology, vol. 70, p. 829-844.
- **Guiraud J. P. (2003).** Microbiologie Alimentaire. Ed Dunod, Paris. P:10, 103.
- **Hallegraeff G.M., 1998.** Transport of toxic Dinoflagellates via ship's ballast water. Bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies. *Mar .Ecol. Prog. Ser.* **168** : 297-309.
- **Hamilton D.P.ET Schladow S.G, 1997** .Prédiction of water quality in lakes and reservoirs.Part I- Model description. *Ecological Modeling*, 96, (1-3), 91-110.
- **Hansen G., Turquet J., Quod J.P., Ten Hage L., Lugomela C., Kyewalyanga M.,**

- **Hurbungs M., Wawiye P., Ogongo B., Tunje S. et Rakotoarinjanahary H., 2001.** Potentially Harmful Microalgae of the Western Indian Ocean. Manuals and Guides 41. P: 5, 79.
- **Harris G.J., 1986.** Phytoplankton ecology: Structure, function and fluctuation. Chapman and Hall, London.
- **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.
- **Herrera-Silveira J.A. et Comin F. A., 1995.** Nutrient fluxes in a tropical coastal lagoon. *Ophelia*. **42**: 127-146.
- **Humenik F.J. & Hanna G.P., 1971.** Algae-bactériel symbiosis for removal and conservation of waste water nutrients, *J.W.P.C.F.*, 43(4),pp: 580-594.
- **Hurlbert S.H., 1971.** The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters, *Ecology***52** 1971, pp. 577–586.
- **Hutchinson G.E., 1967.** A treatise on Limnology. Geography, Physical and Chemistry. John Wiley and Sons. Vol. 1. Inc., New York, 1115 p.
- **Iltis A., 1980.** Les Algues 1. P: 55.
- **Ishikawa, 2002.** Advances in botanical research; 27. Pp.211-256.
- **Jean-Claude D.et Fredric R., 2008.** Protocoles d’analyse du phytoplancton de l’INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA-Thono, rapport SHL 283 2008, 96p.
- **John D.M, Whitton B.A. et Brook A.J., 2001.** The Freshwater Algal Flora of the British -Isles, An identification Guide to freshwater and terrestrial algae, *Cambridge University Press*, 710p.
- **Joleaud, L., (1936)** . Etude géologique de la région de Bône et de la Calle. Bull. serv. Carte géolog. Algérie, Imp. Typo – Litho et Cie, Alger, 2ème série, stat, n°12, 185 p., 4 pl, 25 fig et tab.
- **Kalisz I., 1973.** Role of algae in sewage purification.2. Nutrien relmoval, pol, Arch hydrobiologie.20 (3) pp: 413-434.
- **Krammer K., et Lange-Bertalot H., 1986-2000.** Bacillariophyceae. In: Susswasserflora von Mitteleuropa Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D., eds. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 1-5.
- **Larpent J.P. et Larpent–Gourgaud M., 1997.** Mémento technique de microbiologie. 3ème édit. Paris. P: 245, 246 Lavoisier. P: 131, 135,138.

- **Lightfoot N.F., 2002.** Analyse microbiologiques des aliments et de l'eau .directives pour l'assurance qualité. France. 387p.
- **Litchman E, Klausmeier CA, Schofield OM, Falkowski PG. 2007.** The role of functional traits and trade-offs in structuring phytoplankton communities: scaling from cellular to ecosystem level. *Ecology letters* 10: 1170–81.
- **Lorenzen C.J., 1967.** Determination of chlorophyll and pheo-pigments : Spectrophotometric equations. *Limnol.Oceanogr.***12.** P: 343.
- **Lukac M. et Aegerter R., 1993.** Influence of trace metals on growth and toxin production of *Microcystis aeruginosa*. *Toxic on* 31: 293-305.
- **Mahamat B, Beskri A., 2010.** Caractéristique physico-chimique des eaux souterraines dans la plaine de Khemis Miliana, Mémoire fin d'étude. Centre université de Khemis Miliana.
- **Margalef R. 1958.** Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In [Ed.] A.A. Buzzati-Traverso. *Perspectives in marine biology*. University of California Press, Berkeley, pp. 323-349.
- **Marre A, 1987 :** Etude géomorphologique du Tell oriental algérien de Collo à la Frontière Tunisienne. Thèse Doct. Université d'Aix-Marseille, 559 p + cartes.
- **Mayat S., 1994.** techniques de traitement : aliment et eaux, 1ère édition, Edisem, 195p.
- **Messerer Y., 1999.** Etude morpho-métrique et hydrographique du complexe lacustre d'El-Kala : cas lac Oubeira et lac Mellah. Thèse de magister. Université d'Annaba. P : 199.
- **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.
- **Mollo P. & Noury A., 2013.** Le Manuel du plancton. Edition : ECLM. Paris. 198P.
- **Morel, J., (1990)** - Atlas préhistorique de l'Algérie-el kala (ex la calle). *Lybica*. Publication du centre national d'études historiques. Alger. Tomes XXXIII et XXXIV (1984-85-86) : 12-67.
- **Mortensen A.M., 1985.** Massive fish mortalities in the Faroe Islands caused by a *Gonyaulax excavate* red tide. In: Anderson D.M, White A.W & Baden D.G (eds). *Toxic Dinoflagellates*. Elsevier. New York. P: 165.
- **Moss B., 1980:** Ecology of Freshwaters. Blackwell Scientific Publications, Oxford. NP.

- **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 guid to their public health consequences, monitoring and management. WHO Ed. E & FN SPON, pp : 41-11.
- **Murphy J. et Riley J.P., 1962.** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Act.* **27**: 31-36.
- **Naselli-Flores L., (2000).** Phytoplankton assemblages in twenty-one Sicilian reservoirs : relationships between species composition and environmental factors. *Hydrobiologia* 424, 1–11.
- **Nezan E., Piclet G. et Grossel H., 1997.** Guide pratique du Réseau National de Surveillance du phytoplancton.
- **Noël G., 2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Cote d'Ivoire).Thèse de doctorat .Université de Toulouse.
- **Oertli B. & Frossard Pierre-André., 2013.** Mares et étangs: Ecologie, conservation, gestion, valorisation. Edition. PPUR Presses polytechniques. p 72.
- **ONU, 2000** L'avenir de l'environnement mondial, Programme des Nations Unies pour l'environnement et De Boeck Université.
- **Ott, D.W. et Oldham-Ott, C.K. 2003.** Eustigmatophyte, Raphidophyte and Tribophyte Algae. *Dans: Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification.* Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- **Ozenda P., 2000.** Les végétaux : Organisation et diversité biologique. 2éme Dunod éd.P: 9-13.
- **Parhad N.M. & Rao N.U., 1974.** Effect of pH on survival of Eschrichia coli. *Jourl. Water poll. Control. Fed.*, 46:980-986.
- **Pearson H.W, Mara D. D, Mill' S. W. et Smallman D.L., 1987.** Factors determining algal population in waste stabilization ponds and the influence of algae on pond performance. *Wat. Sci. Tech* .19(12): 131-140.
- **Pesson. P ; 1978** : la pollution des eaux continentales, L'indice sur Les biocénoses aquatiques. Edition GAUTHIER-VILLARS ,277p.
- **Pestalozzi G.H., Komarek Trebon J. et Fott B., 1983.** Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematikund Biologie, E. Schweizerbart'scheVerlagsburchhandlung, Stuttgart.

- **Pick F.R. ET 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.
- **Pierre J.F., 2001.** Bulletin de l'academie lorraine des sciences : catalogue des algues (du Nord –Est de la France et des régions attenantes 1959-2001). P : 45-46.
- **Pouliot Y& Delanoue J., 1985.** Mise au point d'une installation pilote d'épuration tertiaire des eaux uses par production de Microalgues. *Rev .France. Des sci. De l'eau,* 4:207-222.
- **Prescott L.M., Harley J.P. Et Klein D.A., 1995.** Microbiologie. 1er édit. Bruxelles. P: 536.
- **Prescott, Harley, Klein, Wiley, Sherwood et Woolverton (2010).** Microbiologie. 3^{ème} Ed de boeck, p: 605,620-621.
- **Rafiqul I.M., Jalal K.C.A. et Alam M.Z., 2005.** Environmental Factors for Optimization of Spirulina Biomass in Laboratory Culture. *Biotechnology* 4 (1): 19-22.
- **Raymond., 1977.** Le traitement des eaux. 2eme édition. Dunod, France. 387p.
- **Rejesk F., 2002.** Analyse De L'eau ; Aspects Régimentaires Et Techniques .Sceren .Paris 360p.
- **Reynolds C. S., V. L.M. HUSZAR, C. KRUK, L. NASSELI-FLORES, S.MELO, 2002.** Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417- 428.
- **Reynolds C. S., 1987.**Cyanobacterial water blooms. *Adv. Bot. Res.* 13, 67-143.
- **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.
- **Richardson K., Beardall J. et Raven J.A., 1983.** Adaptation of unicellular algae to irradiance: An analysis of strategies. *New. Phytologist.* 93:157-191.
- **Ricklifts et Miller., 2005.** L'analyse de l'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer .8ème – Edition .Dunod. 1383p.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L., 1996.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édit. Dunod. P : 4,6.
- **Roux M. 1987.** Office International De L'eau: L'analyse Biologique De L'eau. TEC& DOC. Paris. 229p.

- **Sandgren C. D., (1988).** Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press. Cambridge.
- **Seltzer.P. 1946.**le climat de l'Algerie. Imp. Typo-litho. Et Cie ; Alger ; 219 p.
- **Sevrin –Reyssac J., La Noüe J. et Proulx D., 1995.** Le recyclage du lisier de porc par Lagunage. Lavoisier. Paris. P: 17.
- **Shapiro J., 1997.**The role of carbon dioxide in the initiation and maintenance of bleu–green dominance in lakes. *Freshw. Biol.* 37: 307-323.
- **Skulberg Et Al, 1993:** Taxonomy of toxic cyanophyceae (cyanobacteria) in : *Algal toxins in seafood and drinking water*, chap 9 : 145-164.
- **Skulberg O.M., 1996.** Toxins produced by cyanophytes in Norwegian inland watershealth and environment. In: *Chemical data as a basis of geomedical investigations.* Ed. Lag. J., the Norwigan Academy of Sciences and Letters, Oslo. pp. 131-148.
- **Smayda T.J., 1997 a.** Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton bloom in the sea .*Limnol. Oceanogr.* 42 (5, Supp 2): 1137-1153.
- **Sommer U, Gliwicz ZM, Lampert W, Duncan A. 1986.** The PEG-model of seasonal succession of planktonic event in freshwaters. *Archiv Fur Hydrobiologie* 106: 443– 471.
- **Sournia A., 1968.** « Diatomées planctoniques du canal de Mozambique et de l'île Maurice» p 152.
- **Stickney H.L., Hood R.R. Et Stoecker D.K., 2000.** The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecol. Model.* 125 (2-3): 203-203.
- **Straub F., 1984.** Note algologique I : Observation de quelques Diatomées (*Bacillariophyceae*). *Extrait du Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences naturelles* 1. **107**: 5-9.
- **Straub F., Pokorni B., Miserez J.J. et Montandon P.E., 2004.** Note algologique III: Nuisances algales dans le Jura Suisse en 2003,2004. *Bulletin de la Société Neuchâteloise des sciences naturelles.* **127** : 57-67.
- **Talita Silva, Bruno J .Lemaire Et Brigitte Vincon-Lette., 2011.** Suivi du phytoplankton dans les lacs urbains à l'aide d'une bouée instrumentée: le cas du lac d'Enghien- les-Bains; Université paris- Est, LEESU, Ecole des ponts paris Tech, 6 et 8 avenue Blaise pascal, Cité Des cartes, 77455 Marne la Vallée Cedex 2,2011.pp:2.
- **Talling J.F., 1976.** The depletion of carbon dioxide from lake water by phytoplankton. *Journal of Ecology.* 64: 79-121.

- **Thébault L. & Lesne J.P., 1995.** Les toxines des cyanobactéries : quels risques pour la santé. TSM, 12: 937-940.
- **Thronsen J., 1978.** Préservation and storage. In: Sournia A (ed). Phytoplankton manual. Monographs on oceanographic methodology. UNESCO. P: 67-74.
- **Titora G. J., Funke B. R. et Case C. L. (2012).** Introduction à la microbiologie. 2^{ème} Ed. De Pearson. P : 170-172.
- **Touati L., 2008.** Distribution spatio-temporelle des genres Daphnia et Simocephalus des mares temporaire de la Numidie. Thèse de Magistère. Université de Guelma.70 p.
- **Travers M., 1964.** Diversité du microplancton du Golf de Marseille. Station Marine d'Endoume et Centre d'Océanographie, Marseille, France : 308-343.
- **Trégouboff G. et Rose M., 1978.** Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. Tome I.
- **Villeneuve. F. et Desire. C – H, 1965 :** Zoologie, collection, Bordas, Paris ; 324 p.
- **Vincent W.F., 1989.** "Cyanobacterial growth and dominance in two eutrophic lakes: Review and synthesis", ArchivfürHydrobiologie, vol. 32, pp: 239-254.
- **Wetzel R.G. et Likens G. E., 2000.** Limnologica Analyses, 3rd édition. Springer–Verlag. P: 429.
- **Winkler L.W., 1888.** Die Bestimmung des in Wasser gelösten Sauerstoffes. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 21, page 2843.
- **Woese C.R., 1987.** Bacterial evolution. Microbiol Rev. 51: 221-271.
- **Zeitzschel B., 1978.** Phytoplankton manual: Monographs on oceanographic methodology-Unesco: 1- 6.
- **Zerluth J., Gienger M., 2004.** l'eau et ses secrets. Edition désirés.223p.
- **Zingone A. et Enevoldsen H.O., 2000.** The diversity of harmful algal blooms challenge for science and management. Ocean & Coastal Management. **43** :725-748.

Webographie

- (1) <http://hirc.botanic.hr/botanikalPredavanja/BOTANIKA-ME-03-%20Euglenophyta.pdf>



Résumés

RESUME

Le lac Oubeira est un lac endoreïque d'eau douce d'origine naturelle situé à 3 Km à l'Ouest de la ville d'El-Kala, dans la Wilaya d'El-Tarf à l'extrême Nord-est de l'Algérie, entre le lac Tonga et la lagune d'El-Mellah à une latitude de 36°50' Nord, une longitude de 08° 23' Est, et une altitude de 25 mètres. C'est l'un des sites du complexe de zone humide de la région d'El Kala. Notre travail consiste à caractériser la biodiversité phytoplanctonique du lac Oubeira, durant le mois de mars 2020. Les échantillons ont été prélevés à partir de deux stations. Les résultats des analyses physicochimiques montrent que ce lac se caractérise par une température qui varie de 17,9 à 19,6, un pH en général alcalin qui se situe entre 9 et 9,96, l'eau est moyennement moins oxygénée dans ce mois de mars (0,03-0,05 mg/l) et une salinité très faible. Les données de l'observation des caractères morpho-anatomiques des phytoplanctons récoltés du lac Oubeira nous ont permis d'identifier 29 genres et 48 espèces appartenant aux 5 classes, où on observe la dominance des *chlorophycées* en termes de densité avec 10 genres et 25 espèces suivies par les *chrysophycées* (7 genres, 8 espèces), les *Cyanobactéries* (6 genres, 7 espèces), *Pyrrhophycées* (3 genres, 5 espèces) et *Euglenophycées* (3 genres, 3 espèces). Des espèces toxiques telles que, *Pseudo-nitzschia sp*, *Pseudanabaena sp* sont identifiées.

Mots clés : Analyse physico-chimique, phytoplancton, analyse quantitative et qualitative, lac Oubeira, El Kala.

Abstract

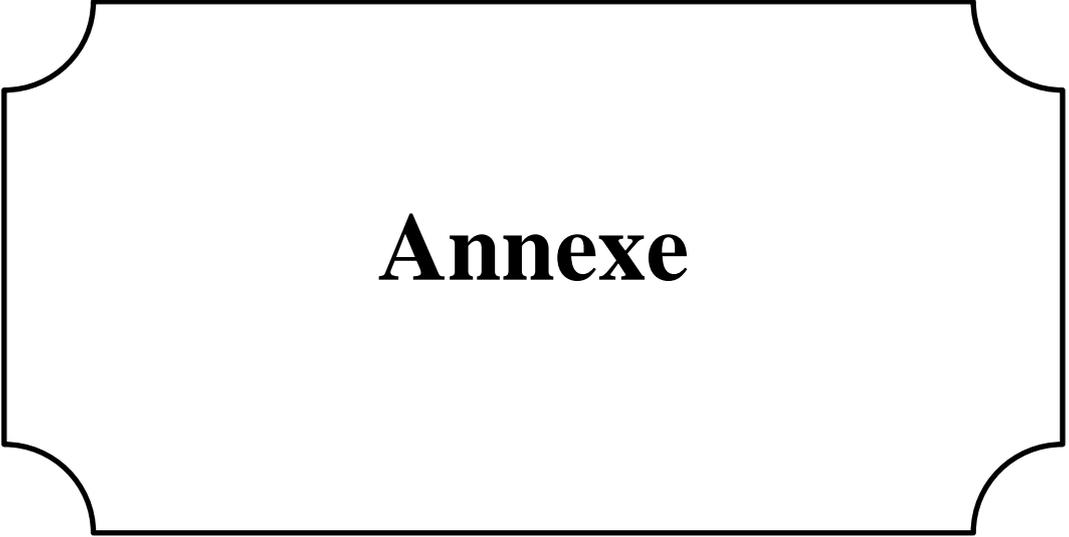
Lake Oubeira is an endoreic freshwater lake of natural origin, located 3 km west of the city of El-kala, in the wilaya of El-Tarf in the extreme northeast of the Algeria, between lake tonga and El-Mellah lagoon at a latitude of 36° 50' north, a longitude of 08° 23' east, and an altitude of 25 meters. It is one of the sites of the El kala region wetland complex. Our work consists in characterizing the phytoplankton biodiversity of Lake Oubeira, during the month of March 2020. The samples were taken from two stations. The results of physicochemical analyzes show that this lake is characterized by a temperature ranging from 17.9 to 19.6, a generally alkaline pH which is between 9 and 9.96, the water is moderately less oxygen in this month of march (0.03-0.05 mg/l) and very low salinity. The data from the observation of the morpho-anatomical characters of phytoplankton collected from lake Oubeira allowed us to identify 29 genus and 48 species belonging to 5 classes, where we observe the dominance of chlorophyceae in terms of density with 10 genus and 25 species followed by Chrysophyceae (7 genera, 8 species), cyanobacteria (6 genera, 7 species), Pyrrhophyceae (3 genera, 5 species) and Euglenophyceae (3 genus, 3 species). Toxic species such as *Pseudo-nitzschia sp*, *Pseudanabaena sp* are identified.

Keywords : Physicochemical analysis, Phytoplankton, quantitative and qualitative analysis, Oubeira lake, El Kala.

الملخص

بحيرة أوبيرة هي بحيرة مياه عذبة داخلية ذات أصل طبيعي تقع على بعد 3 كلم غرب مدينة القالة في ولاية الطارف في أقصى شمال شرق الجزائر، تقع بين بحيرة طونقة و بحيرة الملاح عند خط عرض $36^{\circ} 50'$ شمالا و خط طول $08^{\circ} 23'$ شرقا، و ارتفاع 25 مترا. و هي أحد مواقع مجمع الأراضي الرطبة بمنطقة القالة. يهدف عملنا إلى وصف التنوع البيولوجي للعوالق النباتية في بحيرة أوبيرة خلال شهر مارس 2020. حيث تم أخذ عينات من محطتين. تظهر نتائج التحليل الفيزيائية و الكيميائية أن هذه البحيرة تتميز بدرجة حرارة تتراوح من 17.9 إلى 19.6، درجة حموضة قاعدية بشكل عام تتراوح بين 9 و 9.96، و المياه أقل أكسجين بشكل معتدل في هذا الشهر (0.03 حتى 0.05 مغ/ل) و ملوحة منخفضة للغاية. سمحت لنا البيانات المأخوذة من ملاحظة الخصائص المورفولوجية للعوالق النباتية التي تم جمعها من بحيرة أوبيرة بجرد وتعريف 29 جنسا و 48 نوعا تنتمي إلى 5 فئات، حيث نلاحظ هيمنة الطحالب الخضراء chlorophycées من حيث الكثافة مع 10 أجناس و 25 نوعا، تليها الطحالب الذهبية chlorophycées (7 أجناس و 8 أنواع)، البكتيريا الزرقاء Cyanobactéries (6 أجناس ، 7 أنواع)، Pyrrhophycées (3 أجناس ، 5 أنواع) و Euglenophycées (3 أجناس ، 3 أنواع). تم تحديد الأنواع السامة Pseudonitzschia sp, Pseudanabaena sp .

الكلمات المفتاحية : التحليل الفيزيوكيميائي، العوالق النباتية، التحليل الكمي و النوعي، بحيرة أوبيرة، القالة.



Annexe

Annexe

Tableau 07 : Traits caractéristiques des différents groupes fonctionnels (**Reynolds et al, 2002**).

Groupe fonctionnel	Habitat	Espèces représentatives	Résistance	Sensibilité
A	Eaux claires, souvent bien mélangées, lacs de faible alcalinité	<i>Urosolenia</i> , <i>Cyclotella comensis</i>	Carences-en nutriment	Augmentation du pH
B	Mélange vertical des eaux, lacs mésotrophes de taille petite à moyenne	<i>Aulacoseira subartica</i> , <i>A. Islandica</i>	Carence de lumière	Augmentation du pH, appauvrissements en Si, stratification
C	Eaux mélangées, lacs eutrophes de taille petite à moyenne	<i>Asterionella formosa</i> , <i>Aulacoseira ambigua</i> , <i>Stephanodiscus rotula</i>	Manque de lumière et de C	Epuisement en Si, stratification
D	Eaux peu profondes, troubles et enrichies, présents dans les rivières	<i>Synedra acus</i> , <i>Nitzschia ssp.</i> <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	Ecoulement	Raréfaction du nutriment
N	Epilimnion mésotrophe	<i>Tabellaria</i> , <i>Cosmarium</i> , <i>Staurodesmus</i>	Carence en nutriments	Stratification, Augmentation du pH
P	Epilimnion eutrophe	<i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Closterium aciculare</i> , <i>Staurastrum pingue</i>	Lumière modérée et manque de C	Stratification, raréfaction en Si
T	Eaux profondes, épilimnion bien Mélangé	<i>Geminella</i> , <i>Mougeotia</i> , <i>Tribonema</i>	Manque de lumière Carence	Carence du nutriment

Tableau 07 : (Suite)

S1	Couches d'eaux troubles et mélangée	<i>Planktothrix agardii, Limnothrix redekei, Pseudanabaena</i>	Conditions de très faible luminosité	Ecoulement
S2	Eaux peu profondes, couches d'eaux troubles et mélangées	<i>Spirulina, Arthrospira</i>	Conditions de faible luminosité	Ecoulement
Sn	Couches d'eaux chaudes et mélangée	<i>Cylindrospermopsis, Anabaena minutissima</i>	Conditions pauvres en azote	Ecoulement
Z	Eaux profondes, claires, couches mélangées	<i>Synechococcus, prokaryote Picoplankton</i>	Faible concentration de nutriments	Manque de lumière, broutage
X3	Eaux peu profondes, claires, couches mélangée	<i>Koliella, Chrysococcus, Eukaryote picoplankton</i>	Faible alcalinité	Mélange, broutage
X2	Eaux peu profondes, claires, couches mélangées dans des lacs méso-eutrophes	<i>Plagioselmis, Chrysochromulina</i>	Stratification	Mélange, organismes filtreurs
X1	Eaux peu profondes, couches d'eaux mélangées et conditions enrichies	<i>Chlorella, Ankyra, Monoraphidiu</i>	Stratification	Carence en nutriments, organismes filtreurs
Y	Lacs généralement petits et enrichi	<i>Cryptomonas, Peridinium Lomnickii Manque</i>	Manque de lumière	Phagotrophes
E	Lacs généralement petits, oligotrophes, d'alcalinité faible, lacs ou étangs hétérotrophes	Dinobryon, Mallomonas, Synura	Carence en nutriments (recours à la mixotrophie)	Manque en CO ₂

Tableau 07 : (Suite)

F	Epilimnion claire	<i>Chlorophytes coloniales:</i> <i>Botryococcus,</i> <i>Pseudosphaerocystis,</i> <i>Coenochloris,</i> <i>Oocystis</i> <i>Lacustris</i>	Carence en nutriments	Manques-en CO ₂ (?), Forte turbidité
G	Colonnes d'eaux petites et riches en nutriments	<i>Eudorina, Volvox</i>		Carence en nutriment
J	Lacs, étangs ou rivières peu profonds et enrichis	<i>Pediastrum,</i> <i>Coelastrum,</i> <i>Scenedesmus,</i> <i>Golenkinia</i>		Faibles conditions de luminosité
K	Colonnes d'eaux petites et avec des nutriments	<i>Aphanothece,</i> <i>Aphanocapsa</i>		Mélange profond
H1	Nostocales fixatrices d'azote	<i>Anabaena flosaquae,</i> <i>Aphanizomenon</i>	Faible azote et carbone	Mélange, faible lumière, et faible niveau de phosphore
H2	Nostocales fixatrices d'azote de lacs mésotrophes plus vastes	<i>Anabaena lemmermanni,</i> <i>Gloeotrichia echinulata</i>	Faible azote	Mélange, Faible lumière
U	Epilimnion d'été	<i>Uroglena</i>	Faible Nutriments	Manque de CO ₂
Lo	Epilimnion d'été sur lacs mésotrophes	<i>Peridinium willei,</i> <i>Woronichinia</i>	Nutriments dispersés dans la colonne d'eau	Mélange prolongé ou profond
LM	Epilimnion d'été sur lacs eutrophe	<i>Ceratium,</i> <i>Microcystis</i>	Très faibles niveaux de C, stratification	Mélange, faible lumière
M	Couches d'eaux mélangées de petits lacs	<i>Microcystis,</i> <i>Sphaerocavum</i>	Fort ensoleillement	Ecoulement, faible luminosité globale

Tableau 07 : (Suite)

R	Métalimnion de lacs mésotrophes stratifiés	<i>Planktothrix rubescens</i> , <i>P. Mougeotii</i>	Faible lumière et forte ségrégation	Instabilité
V	Métalimnion de lacs eutrophes stratifiés	<i>Chromatium</i> , <i>Chlorobium</i>	Très faible lumière et forte ségrégation	Instabilité
W1	Petits étangs naturels	<i>Euglenoids</i> , <i>Synura</i> , <i>Gonium</i>	DBO élevée	Broutage
W2	Lacs mésotrophes peu profonds	<i>Bottom-dwelling Trachelomonas</i> (e.g. <i>Trachelomonas volvocina</i>)	?	?
Q	Petits lacs humiques	<i>Gonyostomum</i>	Eaux troubles	?