

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/ 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 : Mlle. OUARTI Meriem

Devant le jury composé de :

Président:	Mr. RAMDANI Kamel	MAA	Université de Guelma
Examineur :	Mr. ROUIBI Abdelhakim	MCB	Université de Guelma
Encadreur :	Mr. ROUABHIA Kamel	MAA	Université de Guelma

Juin 2018



Remerciements

J'ai remercié Allah, le Miséricordieux qui nous a éclairé la voix de la science et de la connaissance et par sa grâce j'ai réussi à achever ce travail.

*J'ai exprimé mes profonds remerciements à Monsieur **RAMDANI Kamel**, maître assistant au Département d'Ecologie et Génie de l'Environnement, d'avoir bien accepté présider ce jury.*

*Je tiens à remercier Monsieur **ROUIBI Abdelhakim**, Maître de conférences au Département des Sciences de la Nature et de la Vie pour avoir exprimé son entière disponibilité à participer à ce jury et examiner ce mémoire.*

*Mes remerciements vont aussi à Monsieur **ROUABHIA Kamel**, maître assistant au Département de Biologie qui m'a fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail, pour ses précieux conseils, son enseignement et sa gentillesse que j'ai pu apprécier pendant notre parcours. Veuillez trouver ici Monsieur, le témoignage de mon plus profond respect et de ma plus vive reconnaissance*



Dédicace

Merci à Allah de m'avoir donné la capacité décrire, de réfléchir, d'avoir la force d'en croire en lui et surtout d'avoir la patience de persévérer jusqu'à la réalisation de mon rêve et de mon bonheur, tout en levant, mes mains vers le ciel et dire :

Allah

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut.....

L'amour, le respect, la reconnaissance.....

Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie ce travail.....

A mon très cher père : "Ammar"

*Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient
Exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la
Responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes*

*Conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta
Compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as
Toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que serai*

*Demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir
Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, qui étudie de l'esprit et te
protège de tout mal.*

A ma très chère Mère : Hadda

*Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer
le degré*

*D'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta
tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de
me soutenir et de m'encourager*

*Durant toutes les années de mes études. Tu as toujours été présente à
mes côtés pour me*

*Consoler quand il fallait. En ce jour mémorable. Pour moi ainsi que
pour toi, reçoit ce*

Travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime.

Puisse le tout puissant

*Te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à
mon tour.*

A mon cher et adorable Fere

Azzedine que j'adore et que j'aime profondément

Et sa femme Bassma et le petit enfant Fakher elislem

*A ma très cher Sœur Amel, la prune de mes yeux la
douce, au cœur.*

et leur mari Fouad et ses enfant Souhaib, Minissa, Tesnim

A mes très chers sœur Fatma Zahra, Asma, Rania

A mon encadreur

qui mon soutenu au long de mes travaux (je vous remercié).

Sommaire

- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Liste des abréviations

Introduction	01
---------------------------	-----------

Chapitre I : Généralités sur le phytoplancton

1. Le phytoplancton	04
2. Composante du phytoplancton	04
2.1. Les Cyanobactéries (Algues bleues)	04
2.2. Les Chlorophycées (Algues vertes).....	05
2.3. Les Chrysophycées tes (Algues dorées)	06
2.4. Les Pyrrhophycées (Algue bruns).....	06
2.5. Les Euglenophycées	06
3. Ecologie du phytoplancton.....	07
4. Ecophysiologie du phytoplancton	08
5. Les groupes fonctionnels du phytoplancton	08
6. Rôle des phytoplanctons dans le traitement des eaux usées	09
7. Rôle du phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques.....	09
7.1. Dans la photosynthèse	09
7.2. Dans la Chaîne alimentaire.....	10
7.3. En tant qu'indicateur dans la qualité biologique des eaux	10
8. Evolution saisonnière de phytoplancton.....	10
8.1. Stade de colonisation du peuplement phytoplanctonique.....	11
8.2. Stade de diversification du peuplement phytoplanctonique.....	11
8.3. Stade de raréfaction du phytoplancton	11
9. Les facteurs d'influence des phytoplanctons.....	11
9.1. Effet des facteurs abiotiques.....	11
9.1.1. La température.....	12
9.1.2. Le vent.....	12

9.1.3. La lumière.....	13
9.1.4. Les nutriments.....	13
9.2. Effet des facteurs biotiques	14
10 Intérêts des phytoplanctons	15
10.1. Intérêts écologiques	15
10.2. Intérêts économiques	15
10.3. Intérêts industriels	16
11 Risque des microalgues.....	16
11.1. Risque sur la santé humaine.....	16
11.2. Risque sur les organismes marins.....	16
11.3. Risque sur le fonctionnement de l'écosystème.....	17

Chapitre II : Description du site d'étude

1. Présentation du Parc National d'El-Kala (PNEK)	20
2. Lac Oubeira	20
3. Caractéristiques du Lac Oubeira.....	21
3.1. Climat	21
3.1.1. La température	21
3.1.2. La précipitation.....	22
3.1.3. Les vents	22
3.1.4. L'humidité de l'air.....	23
3.2. Synthèse climatique	23
3.2.1. Diagramme Pluvio-Thermique de Gausson.....	23
3.2.2. Indice pluviothermique d'Emberger.....	22
4. Géologie et géomorphologie.....	25
5. Hydrologie.....	25
6. Caractéristique écologiques.....	26
6.1. Flore remarquable.....	27
6.2.1. Oiseaux d'eau	27
6.1.2. Les insectes.....	28
6.1.3. Les mammifères.....	28
7. Valeurs sociales et culturelles.....	29

Chapitre III : Matériel et méthodes

1.	Le choix des stations de prélèvement	30
2.	L'échantillonnage.....	28
2.1.	Méthode de prélèvement	29
2.2.	Enregistrement et étiquetage des échantillons.....	32
2.3.	Transport et conservation des échantillons avant l'analyse.....	32
3.	Analyses physicochimiques.....	32
3.1.	La température	33
3.2.	Le potentiel hydrogène.....	33
3.3.	La salinité.....	34
3.4.	La conductivité électrique.....	34
3.5.	L'oxygène dissous	35
4.	L'analyse phytoplanctonique.....	36
5.1.	Analyse qualitative.....	36
5.2.	Analyse quantitative.....	36
5.2.1.	Richesse spécifique.....	37
5.2.2.	Abondance.....	37
5.2.3.	Diversité globale.....	37
5.3.	Les groupes fonctionnels du phytoplancton.....	38

Chapitre IV : Résultats et discussion

1.	Résultats des analyses physicochimiques.....	39
1.1.	La température.....	39
1.2.	Potentiel d'hydrogène (pH).....	40
1.3.	La Conductivité électriques	40
1.4.	L'Oxygène dissous.....	41
1.5.	La salinité	43
2.	Résultats des analyses phytoplanctoniques.....	44
2.1.	Résultats de l'analyse qualitative et composition taxonomique du phytoplancton	44
2.2.	Résultats de l'analyse quantitative	69

2.2.1.	Richesse spécifique la population phytoplanctonique.....	69
2.2.2.	Richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques.....	69
2.2.3.	Variation de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques.....	70
2.2.4	Abondance totale du phytoplancton.....	72
2.2.5	Contribution des différentes classes dans l'abondance totale.....	72
2.2.6.	Indices de diversité.....	73
	2.2.6.1. La diversité totale.....	73
	2.2.6.2. Diversité des différentes classes.....	74
2.3.	Composition des groupes fonctionnels du lac Oubeira.....	75
Conclusion.....		79
Références bibliographiques.....		81
Résumé		
Abstract		
الملخص		
Annexes		

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Localisation du Lac Oubeira dans le Parc National d'E-Kala [LANDSCAP AMENAGEMENT, 1998] Modifié.	20
02	Moyenne mensuelles des températures dans la région d'El kala (1985/2012).	21
03	Moyenne mensuelles des précipitations de la région d'El kala [1985/2012]	22
04	Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN	24
05	Etage bioclimatique de la région d'El Kala selon le Climagramme d'Emberger pour la période (1995-2012)	25
06	Photo de la châtaigne d'eau <i>Trapa natans</i> (Photo personnelle).	27
07	Photo des carpes commune (<i>Cyprinus carpio</i>) (Photo personnelle).	29
08	Photo des barbeaux (<i>Barbeau callensis</i>) (Photo personnelle).	29
09	Localisation satellite des stations du prélèvement (Google earth, 2018).	31
10	Photos des stations de prélèvement : a-b (Station 1), c-d (Station 2) (Photo personnelle).	31
11	Photo du multi-paramètre utilisé (WTW Multi 1970i) (Photo personnelle).	32
12	Variations spatiotemporelles de la température de l'eau du lac Oubeira	39
13	Variations spatiotemporelles du pH de l'eau du lac Oubeira.	40
14	Variations de la conductivité électrique de l'eau du lac Oubeira.	41
15	Variations des teneurs en oxygène dissous dans l'eau du lac Oubeira.	42
16	Variations de la salinité de l'eau du lac Oubeira.	43
17	Evolution de la richesse spécifique de la population phytoplanctonique dans les eaux du lac Oubeira.	69
18	Evolution de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques dans les eaux du lac Oubeira.	70
19	Evolution de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques	71
20	Variation de l'abondance de la population phytoplanctonique	72
21	Contribution des différentes classes dans l'abondance	73

22	Evolution de l'indice de diversité de Shannon à partir de l'abondance totale	74
23	Evolution de l'indice de diversité de Shannon des classes phytoplanctoniques à partir des abondances spécifiques.	75

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
01	Traits caractéristiques des différents groupes fonctionnels [Reynolds <i>et al.</i> 2002].	Annexes
02	Effet nuisible causé par le phytoplancton [Zingone et Enevoldsen, 2000]	17
03	Localisation des stations et la période de prélèvement.	30
04	Les variations du pH de l'eau. [Zerluth, 2004].	34
05	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique [Monod., 1989].	35
06	Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriées dans les eaux du lac Oubeira entre Mars et Mai 2018.	44
07	Les principaux groupes fonctionnels du lac Oubeira selon les critères de Reynolds <i>et al.</i> (2002).	75

Liste des abréviations

µl : microlitre

µm : micromètre

µs : micro-semence

ASP : Amnesic Shellfish Poisoning, Acide Domoic.

AZP : Azaspiracides

Bit : binary digit (unité de l'Indice de Shannon)

CFP : Ciguatera Fish poisoning

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DSP : Diarrheic shellfish poisoning.

Indv : Individu

Ish : Indice de Shannon

Ln : Le logarithme binaire

NSP : Neurotoxic shellfish poisoning

P : Prélèvement

pH : potentiel d'Hydrogène

PNEK : Parc National d'El-Kala.

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

S : Station

Introduction

L'eau douce est vitale, elle nourrit les plantes et les animaux de presque tous les écosystèmes, même ceux du désert. 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].

De toutes les ressources renouvelables de la terre, l'eau douce est celle dont le manque est le plus implacable pour l'humanité. Impossible à remplacer, 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].

L'Algérie est riche de **254** zones humides naturelles, dont **26** sont d'une importance internationale [Boumezbeur, 2002], plusieurs retenues de barrages et de lacs naturels évoluent rapidement vers l'eutrophisation suite à une productivité accrue stimulée continuellement par les apports de fertilisants et un changement de climat de plus en plus sec. Parmi les principaux symptômes indésirables de cette eutrophisation, on trouve la prolifération massive de plus en plus préoccupante de cyanobactéries potentiellement toxiques [Bouaïcha, 2002].

Le lac Oubeira 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], qui est considéré comme une conséquence de

l'enrichissement excessif des eaux en sels nutritifs et en matières organiques « issus des rejets urbains et agricoles » [Barth et Fegah, 1990].

L'activité humaine par l'introduction des éléments nutritifs comme le phosphore (sous forme d'orthophosphates) ou l'azote (sous forme d'ammonium, de nitrate ou de nitrite) dans le milieu marin ou lacustre, provoquent souvent un changement au niveau de la diversification des algues. On constate en effet l'évolution d'une communauté de micro algues ou cyanobactéries riche en espèces [Henderson-Sellers et Markland, 1990].

Dans ces eaux continentales, le phytoplancton constitue la base de la chaîne trophique. Ce phytoplancton peut former des efflorescences par suite de prolifération d'une ou de quelques espèces dans des conditions hydro-climatiques favorables et en particulier le déséquilibre du contrôle par la ressource nutritive ou par le broutage. Ainsi, l'apparition de ces efflorescences est liée à plusieurs facteurs, notamment aux concentrations élevées en nutriments [Kilham et Kilham, 1984], à la stabilité hydrodynamique, à la température [Reynolds, 1998] et à la lumière [Dusenberry *et al.*, 1999].

Le phytoplancton est constitué de l'ensemble des micro-organismes végétaux en suspension dans l'eau, capables d'élaborer par photosynthèse leur propre substance organique, à partir de l'énergie solaire, de l'eau, de l'oxygène et des sels nutritifs. Le rôle joué par le phytoplancton dans le fonctionnement des écosystèmes lacustres. De ce fait, les variations de la production biologique ont des conséquences majeures sur les flux de matières à l'intérieur de l'écosystème.

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. Des proliférations phytoplanctoniques, devenues plus fréquentes dans les milieux lenticules ces dernières années [Hamilton et Schladow, 1997], 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 [Carr *et al.*, 1997]. L'intoxication de l'homme et des animaux par des cyanobactéries toxiques se fait soit, directement par l'ingestion des micro algues, soit de manière indirecte par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire contaminée [Skulberg *et al.*, 1993].

Dans le cadre de ce travail et 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 ou cour de la période d'étude.

Ce travail est structuré en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est une étude bibliographique et générale sur les phytoplanctons,
- Le deuxième présente le site d'étude,
- Le troisième chapitre est une étude expérimentale consacrée aux présentations du matériel et méthodologie suivi pour la réalisation des analyses physicochimiques et phytoplanctoniques,
- Le quatrième 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.

Généralités sur le phytoplancton

1. Le phytoplancton

Le phytoplancton est composé de plancton unicellulaire, microscopique et libre, vivant dans les écosystèmes dulcicoles et marin. Par rapport à beaucoup d'autres organismes, il se répartit de façon plus ou moins homogène dans la colonne d'eau. Dépendant de la lumière et des substances nutritives, ces organismes microscopiques vivent dans la zone euphotique, soit la strate supérieure des lacs, réservoirs ou étrange d'eau douce. La majorité du phytoplancton est autotrophe, les pigments de chlorophylle qu'il contient lui permettent de fixer l'énergie solaire par photosynthèse, convertissant ainsi le carbone en une forme d'énergie transférable à d'autres parties du réseau alimentaire aquatique [Findlay et Klingler, 1994]. Toutefois, certains phytoplanctons (les dinoflagellés et les cyanobactéries, par exemple) sont hétérotrophes et utilisent des substances organiques à la base de leur métabolisme [De Reviens, 2003]. Pendant de courtes périodes et utiliser des substances organiques dissoutes, ou encore photographiques et absorbes des particules de matière organique [Findlay et Klingler, 1994].

2. Composante du phytoplancton

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

2.1. Les Cyanobactéries (Algues bleues)

Organismes procaryotes, regroupent plus de 110 genres et environ 1000 espèces dulçaquicoles. Ils sont décrites en eau douce [Bourrelly, 1985], leur couleur très variable mais très homogène en raison de l'absence de plaste individualisé, reflète la proportion relative des pigments photosynthétiques : chlorophylle (verte), phycocyanine (bleue), phycoérythrine (rouge) et les pigments membranaires (marron) [John et al., 2002].

L'organisation cellulaire permet de grouper les principales espèces planctoniques d'algues bleues en 3 ordres :

- Les Nostocales sont filamenteuses. Elles sont caractérisées par leur capacité à développer des cellules spécialisées appelées hétérocystes lorsque l'azote est limitant dans le milieu [Litchman *et al.*, 2010], La présence des cellules de résistance ou spores (akinètes) et leur position permet de différencier les différents genres.
- Les Chroococcales, souvent de forme sphériques, sont des cellules solitaires ou en colonies.
- Les Oscillatoriales sont organisées en filaments, mais ne forment pas d'hétérocystes [Leitão *et Couté*, 2005].

Les cellules appartenant à cette se caractérisent par l'absence de noyau, de plaste et de reproduction sexuée [Bourrelly, 1985]

Les Cyanobactéries sont dépourvues de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux. Les réserves sont constituées par du glycogène, de la cyanophycine et des gouttelettes lipidiques. La multiplication s'effectue principalement par division cellulaire et par fragmentation chez les formes filamenteuses [De Reviere, 2003], d'un diamètre compris entre 3 et 10 μm [Duy *et al.*, 2000].

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 croissance des cyanobactéries dépend d'abord de la température, de la lumière ainsi que de la présence de sources inorganiques d'azote et de phosphore [Mur *et al.*, 1999 ; Haider *et al.*, 2003]. Plusieurs espèces de cyanobactéries peuvent migrer verticalement dans la colonne d'eau grâce à leurs vacuoles gazeuses (structure présente chez plusieurs espèces) [Nürnberg, 1984 ; Carpenter *et al.*, 1999]. Elles sont présentes sur tous les continent et largement étudiées en écologie, en toxicologie, en taxinomie, ou encore en microbiologie [Thomzeau, 2006].

2.2. Les Chlorophycées (Algue vertes)

Forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en quatre classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Chlorophycées. Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces [John, 1994]. Elles possèdent des plastes d'un vert franc, contenant de la chlorophylle *a* et *b* associée à l' α et β -carotène et des xanthophylles [Gorenflot *et Guern*, 1989]. Les cellules des volvocales possèdent une paroi cellulaire glycoprotéique pourvue de

2, 4 ou 8 flagelles de même taille, 1 noyau et 2 vacuoles contractiles localisées à la base des flagelles [Ettl, 1983].

Les chlorophycées peuvent se présenter sous une forme unicellulaire ou cénobiale ou encore sous forme de Thales de structure et l'aspect morphologique varié.

a- Soit cellulaires mobiles (à l'aide de flagelles) ou immobiles, dans ce cas isolées ou réunies, avec ou sans intermédiaire de gelée, en colonie de forme indéterminée (formant souvent des cénobes)

b- Soit pluricellulaires et chez les formes d'eau douce, généralement filamenteuses simples ou ramifiées avec ou sans axe principal, plus rarement en lames formées 1 ou 2 assises de cellules [Gayral, 1975 ; Gaston et Maurice, 1977].

2.3. Les Chrysophycées (Algues dorées)

Les *Chrysophycées* peuvent être unicellulaires ou coloniaux, rarement filamenteux à plastes jaunes ou bruns, renfermant des chlorophylles *a* et *c*, du β -carotène et diverses xanthophylles, Elles forment souvent des logettes ou kystes siliceux plus ou moins sphériques [Bourrelly, 1968 ; Gorenflot et Guern, 1989]. Les cellules nageuses possèdent habituellement deux fouets de même, rarement quatre ou plus.

On en distingue 3 classes : Les Chrysophycées, les Xanthophycées, les Bacillariophycées ou Diatomées [Bourrelly, 1972]

2.4. Les Pyrrophycées (Algues bruns)

Les Pyrrophycées sont des algues vraies, le plus souvent unicellulaires [Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997], sont des plastes bruns, moins rouges ou bleu-vert et de l'amidon en réserves. [Bourrelly, 1970] leurs réserves sont constituées par de l'amidon extra plastidial. Les cellules mobiles possèdent deux flagelles [Gorenflot et Guern, 1989]. Existe deux classes les Cryptophycées, et les Dinophycées [Amri, 2008].

2.5. Les Euglenophycées

Ces algues répartis en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires, sans parois cellulaires, Les cellules mobiles possèdent un deux ou trois flagelles [Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997], une vacuole contractile et un stigma (eyespot) orange à rouge composé de globules de caroténoïdes comme des protistes animaux (ex protozoaires), la plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes. [Rosowski, 2003]. Les Euglenophycées contiennent de chlorophylle *a* et *b* et leurs réserves glucidiques sont

constituées par le paramylon stocké dans le cytoplasme. Des gouttelettes lipidiques constituent des réserves supplémentaires. La multiplication s'effectue par division cellulaire [De Ravier, 2003].

Dans des conditions défavorables certaines Euglenophycées se déforment, perdent leurs flagelles et toute la cellule prend l'aspect d'une masse sphérique qui l'entoure d'une épaisse couche mucilagineuse. Cette forme de résistance accumule des réserves, qui lui permettent de vivre à l'état ralenti jusqu'au retour de conditions favorables [Gayral, 1975 ; Gaston et Maurice, 1977].

3. Écologie du phytoplancton

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 [Gayral, 1975].

Les diatomées sont très rependues, 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 [Gayral, 1975]

A côté des formes libres dont la plupart sont planctoniques, 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].

4. Ecophysiologie du phytoplancton

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 [Bourrelly, 1985]. 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'espace [Bengtsson, 1998].

La richesse spécifique d'un écosystème résulte, de l'interaction entre les stratégies biodémographiques des populations qui visent à maximiser leur succès reproductif et la sélection qu'opèrent les changements environnementaux qui tendent à favoriser « les génotypes les plus efficaces ». Il s'agit là d'un mécanisme complexe dans la mesure où les organismes vivants sont eux-mêmes partie intégrante de l'environnement et aux modifications auxquelles ils contribuent [Frontier et Etienne, 1990].

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

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

5. Les groupes fonctionnels du phytoplancton

A côté des classifications taxonomiques déterminées classiquement par la morphologie des organismes, la notion de groupes fonctionnels (Tab 01- Annexes) 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.

6. Rôle des phytoplanctons dans le traitement des eaux usées

Les algues microscopiques jouent des rôles clés dans le traitement biologique des eaux usées par lagunage :

1- Elles opèrent comme pourvoyeur d'oxygène par le biais du processus photosynthétique. Ainsi, elles favorisent l'oxydation de la matière organique en s'associant sous forme symbiotique aux bactéries [Humenik et Hanna, 1971]. Elles peuvent même contribuer directement à l'élimination de certains dérivés organiques [Abeliovich et Weisman, 1978 ; Pearson *et al.*, 1987].

2- Elles assurent l'élimination, en partie des sels nutritifs excédentaires dans les eaux résiduaires [Kalisz, 1973 ; Pouliot et Delanoue, 1985 ; Ergashev et Tajiev, 1986].

3 -Elles agissent comme bio absorbant contribuant à l'élimination des métaux lourds et autres produits toxiques véhiculés par ces eaux [Becker, 1983].

4- 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].

7. 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 :

7.1. Dans la photosynthèse : Les micro-organismes du plancton capable d'effectuer la photosynthèse (le phytoplancton) captent l'énergie du soleil et produisent de l'oxygène (O₂). Ils fabriquent de la matière organique à partir du gaz carbonique (CO₂) atmosphérique, de l'eau (H₂O) et de sel minéraux. [Christian S, 2013].

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. [Stumm et Morgan, 1996]. Lors de la photosynthèse, le phytoplancton est capable de fixer en milieu entre 20.10⁹ et 55.10⁹ tonnes de carbone [Mann et Lazier, 1966].

Les réactions de la photosynthèse sont de deux types : Les réactions de la phase lumineuse, qui se produisent dans la membrane des thylacoïdes, et les réactions de la phase obscure, qui ont lieu dans le stroma des chloroplastes. De nombreuses algues ne sont pas uniquement phototrophes. Elles peuvent aussi se nourrir par phagocytose, ou être saprophyte en absorbant des nutriments [Nicklin *et al.*, 2000]

7.2. Dans la Chaîne alimentaire

Le phytoplancton est situé à la base de la chaîne trophique pélagique, il est responsable de la production primaire dans les milieux aquatiques [Reynolds, 1998]. De ce fait il conditionne la production de poissons, de moules, d'huitres, de crevettes et d'autres produits [Hansen *et al.*, 2001].

7.3. 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 [Champiat et Larpent, 1994].

8. Evolution saisonnière de phytoplancton

Le phytoplancton tient la place de producteur primaire dans le réseau trophique produit le carbone indispensable aux niveaux trophiques supérieurs 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]:

8.1. 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 [Faurie *et al*, 2003].

8.2. 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 [Faurie *et al*, 2003].

8.3. 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].

9. Les facteurs d'influence des phytoplanctons

9.1. Effet des facteurs abiotiques

Les populations de phytoplanctons d'eau douce varient avec les saisons [Hutchinson, 1967] et dépendent de facteurs à la fois chimique et physique. Les concentrations nutriments et leurs proportions (stœchiométriques) constituent des indicateurs fondamentaux de prolifération planctonique. [Findlay et Klinger, 1994]. La distribution spécifique des phytoplanctons provient du fait qu'elles présentent des différences à plusieurs niveaux : exigences en nutriments, taux d'assimilation des nutriments, taux de croissance, températures optimales, etc. [Dekayir, 2007].

Le climat est le principale facteur de répartition et de dynamique des écosystèmes [Anglier., 2003 ; Ramade., 2005]. Les études de fluctuation des vents sont nécessaires afin de comprendre le fonctionnement de l'écosystème [Demers *et al.*, 1987]

9.1.1. La température

La température joue un rôle primordial, car elle exerce une action directe sur l'évaporation de l'eau et par conséquent sur la salinité [Amri, 2008]. En plus, elle représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des espèces [Ramade, 1984]. Aussi la température élevées assurent une prolifération optimale et favorisent le processus développement. Ce facteur est souvent conjugué à la salinité [Bensaker, 1988].

La variation de la température a une grande influence sur les phénomènes respiratoires. 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]. 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].

Ainsi, les variation de la composition des population dans des bassins de stabilisation dépendant des changements climatique .[Vanderpost et Toerien,1974], notamment la durée d'ensoleillement et la température [Patil et al.,1975 ; Shillinglaw et Pietres.,1977], de la charge en substances minérales et organiques et du temps de rétention de la masse d'eau dans les bassin [Steiner.,1982 ;Ergashev et Tajiev.,1986 ; Oudra 1990].

9.1.2. Le vent

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. Dans les systèmes aquatiques le vent détermine la profondeur maximale à laquelle se fait sentir l'action du vent. Léau brassé devient homogène sur toute la hauteur d'une couche de mélange, par ailleurs ce processus y assure une bonne oxygénation dans les lacs profonds. [Richlifs et Miller., 2005].

9.1.2. 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 [Bensker, 1988].

Les hautes intensités lumineuses ont une inhibitrice sur le mécanisme photosynthétique ainsi que l'activation fixatrice des microorganismes photosynthétiques fixateurs d'azote [Anglier, 2000]. L'éclairement solaire conditionne toute production de matière vivante. La chlorophylle et les autres pigments absorbent surtout l'énergie [Bensker, 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].

Les organismes phytoplanctoniques exposés à des périodes de faible éclairement augmentent leur concentration en chlorophylle. La plupart des Dinoflagellés peuvent réagir aux variations de l'éclairement dans les deux sens (diminution ou augmentation) grâce à un accroissement de la taille et du nombre de leurs unités photosynthétiques (PSU) [Smayda, 1997].

9.1.3. Les nutriments

De nombreux travaux montrent que la prédation et de certaines substances s'ajoutent aux conditions climatiques et nutritionnelles pour influencer les peuplements algaux des bassins de stabilisation [Raschke., 1970 ; Oswald., 1973]. Ces deux facteurs sont souvent responsables d'un déclin marqué des populations algales [Denoyelle., 1976 ; Shillinglaw et Piert., 1977], ce qui perturbe le déroulement normal de l'autoépuration [Verity et Villareal., 1986 ; Pearson et al, 1987 ; Kankaala., 1988].

L'azote et le phosphore représentent des éléments essentiels à la croissance du phytoplancton, car ils rentrent dans le cycle métabolique [Ba, 2006]. Leurs apports dans un écosystème influent grandement sur l'abondance de la vie végétale et animale ainsi que sur le genre et la variété des espèces. Par ailleurs les activités humaines ont considérablement accru la biodisponibilité de ces deux éléments nutritifs clés de l'environnement. Soit l'azote et le phosphore. Les principales formes et origines des apports sont dues aux rejets domestiques, rejets industriels et rejet diffus [issus du lessivage des soles] [Cemagref, 2003].

Le phytoplancton utilise les oligoéléments tels que le soufre et le chlore [Moss, 1980], et utilise le phosphate sous la forme d'ortho-phosphates; quelques-uns peuvent assimiler le phosphore organique [Gayral, 1975]. Les teneurs en sels nutritifs, en azote et en phosphore, sont des éléments essentiels de croissance mais sont généralement limitées dans l'eau [Wetzel et Likens, 2000].

Les teneurs en sels nutritifs, en azote et en phosphore, sont des éléments essentiels de croissance mais sont généralement limitées dans l'eau [Wetzel et Likens, 2000].

Le phosphore peut être fortement adsorbé par des espèces phytoplanctoniques dont certaines sont prédisposées à la sédimentation et donc à terme être éliminées de la colonne d'eau [Welch, 1980; Sonzogni *et al.*, 1982]. La fixation d'azote atmosphérique moléculaire est l'apanage des cyanobactéries hétérocystes [Blomqvist *et al.*, 1994].

L'Oxygène dissout nécessaire à la respiration des algues et les animaux aquatique. [Olivier et Ganf., 2000 ; Ramade., 2005]

9.2. Effet des facteurs biotiques

Le broutage par le zooplancton, l'un des facteurs de contrôle descendant du phytoplancton [Lampert, 1987 ; Bouvy *et al.*, 2001]. Les facteurs interspécifiques, qui concernent les interactions entre population d'espèce différents [facteurs de prédation et de parasitisme] ou qui regroupent les interactions se déroulent à l'intérieur d'une même espèce [entre individus] [Olivier et Ganf., 2000 ; Ramade, 1984].

Les cyanobactéries ont tendance à supplanter les autres espèces d'algues. Leur adaptabilité et leur prédominance sont dues à leur composition pigmentaire et à la présence de vacuoles gazeuses [Thébault et Lesne, 1995].

Les facteurs physico-chimiques d'origine biotique conséquences des activités métaboliques et par les sécrétions dans le milieu de substances favorables ou toxiques pour les autres espèces.

Les facteurs trophique de nature biologique, à l'exemple des sels nutritifs libérés dans les eaux [ou sol] sous l'action de la décomposition.

10. Intérêts des phytoplanctons :

Les algues présentent des effets bénéfiques écologiques, économiques et industriels.

10.1. 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. Les meilleures zones de chasse ou de pêche de crustacées et des poissons sont celles où le phytoplancton est en abondant. Il sert de nourriture pour les consommateurs primaires, tels que les zooplanctons et certains poissons. Par ailleurs, le phytoplancton, par la libération de l'oxygène dans l'atmosphère, permet la respiration de tous les organismes vivants.

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].

10.2. Intérêts économiques

Depuis des siècles, les algues macroscopiques sont utilisées comme engrais en agriculture (le goémon peut être deux fois plus riche en azote, phosphate et potassium que le fumier de ferme) 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 [Gorenflot, 1975]. Accessoirement, on retire des algues des produits utiles, tels que les alginates (laminaires), l'agar-agar (algues rouges), le varech ou goémon (Phéophycées) [Grande encyclopédie, 1980].

La terre des diatomées est formée de dépôts de diatomées mortes contenant de la silice, qui est utilisée comme agent filtrant, matière isolante, produit anti-insomnie, abrasifs et en tout qu'additif dans la peinture pour augmenter la visibilité, récemment, elle a été utilisée comme insecticide qui détruit la coque des insectes provoquant leur dessiccation et leur mort [Nicklin *et al*, 2000].

10.3. Intérêts industriels

Dans le domaine industriel, si les algues ne sont pratiquement plus employées comme matière première 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 carrageen ôtes. Le premier utilisé en bactériologie et dans les industries alimentaires. Les seconds sont exploités dans les industries textiles et pharmaceutiques [Gorenflot, 1975].

11. Risque des microalgues

11.1. Risque sur la santé humaine

Certaines espèces phytoplanctoniques produisent des phycotoxines, qui sont accumulées par les organismes phytoplanctonophages « les mollusques bivalves, gastéropodes, crustacés, ainsi que certains poissons ». Ces organismes jouent le rôle de vecteurs sains. Ils ne sont pas affectés par ces toxines, mais sont toxiques pour les consommateurs secondaires dont l'Homme [Gailhard, 2003]. Les effets toxiques de ces toxines observés au niveau cutané, des reins et des intestins, ont conduit à envisager la possibilité d'une activité cancérogène pour d'autres organes [Bouaïcha, *et al.*, 2002].

Le premier cas d'intoxication humaine liée aux cyanobactéries a été rapporté par [Tisdale en 1931]. Un important bloom hépatotoxique de *Microcystis* sp (Tab.02), Les symptômes étaient des hépatites, des lésions rénales et intestinales, des vomissements, des céphalées, des douleurs abdominales, des pertes de sang, de glucose et de protéines dans les urines, des constipations suivies de diarrhées sanglantes profuses et des déséquilibres électrolytiques sévères [Bourke *et al.*, 1983].

11.2. Risque sur les organismes marins

Les microalgues 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* ou encore chez les invertébrés marins, exemple : *Hétérocarpes circularisquama* «Dinoflagellé » [Mortensen, 1985], causant des mortalités massives d'huitres 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 » [Gailhard, 2003]. (Tab.02).

11.3. Risque sur le fonctionnement de l'écosystème

Le phytoplancton est capable de provoquer un dysfonctionnement de l'écosystème [Chauvaud *et al.*, 2000], due à une prolifération microalgale 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 microorganismes 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].

Parmi les différents groupes phytoplanctoniques capables de former des floraisons nocives en eau douce. Certaines espèces de *Dinophycées* et de *Chrysophycées*, mais ces floraisons sont moins fréquentes que celles des Cyanobactéries et sont associées à des conditions différentes. Les floraisons de *Dinophycées* sont généralement associées aux milieux salés [Paerl, 1988]. Dans les lacs, elles préfèrent des milieux bien mélangés et riches en éléments nutritifs [Reynolds, 1984], alors que les *Chrysophycées* ont tendance à former des floraisons dans des lacs oligotrophes [Nicholls, 1995]. Cependant les Cyanobactéries demeurent sans conteste le groupe principal capable de former des floraisons en eau douce [Paerl *et al.*, 2001] (Tab.02).

Tableau 02 : 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 de mer (ASP)	Diatomées	<i>Pseudo-nitzschia sp</i>
	Intoxications par azaspiracides (AZP)	Inconnu	Inconnu
	Intoxications de type (C FP).	Dinoflagellé	<i>Gambierdiscus toxicus</i> <i>Ciguatérique</i>
	Hépto-toxines.	Cyanobactéries	<i>Microcystis sp</i>
	Neuro-toxines.	Cyanobactéries	<i>Aphanizomenon sp</i>
	Cyto-toxines.	Cyanobactéries	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
	Dermato-toxines.	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 aquae</i>
Fonctionnement de l'écosystème	Toxicités pour les organismes marins (poissons, invertébrés, ...).	Dinoflagellés Diatomées	<i>Alexandrium sp</i> <i>Pseudo-nitzschia australis</i>

Description du site d'étude

1. Présentation du Parc national d'El-Kala (PNEK)

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. Créé en 1983 ; 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. Ses coordonnées géographiques sont 36°52 latitudes nord et 8°27 longitude Est, au niveau de la ville d'El-Kala [Brahmia, 2002].

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].

2. Lac Oubeira

Le lac Oubeira est un plan d'eau douce d'une superficie de 2200 ha, qui fait partie du complexe de zones humides l'important du Maghreb le Parc National d' El-Kala [Miri., 1996]. Il est situé au centre d'un bassin versant de 9.900 hectare, à 4 kilomètres à vol d'oiseau de la mer [Adjami Y, 2006], Il est situé à une latitude de 36°50' Nord, une longitude de 08° 23'Est, et une altitude de 25 mètres [Marre, 1987], avec une profondeur de 4 m, c'est l'eau douce la plus profonde de la région [Boumaraf , 2010], entre Lac Malleh et le lac Tonga [Adjami Y, 2006].

Le lac limité par les crêtes septentrionales, au Nord-Est Djebel Boumerchen, à l'est les monts d'El Kala, à l'Ouest le bassin versant du lac El Mellah et en fin, au Sud-Est la forêt de l'Oubeira [Merzoug A, 2008], Eux très turbides surtout en hiver, avec un pH variant entre 8 et 10,65[Direction de forêts, 2003].

Il abrite une flore aquatique intéressante dont la châtaigne d'eau. Très important pour l'hivernage des oiseaux d'eau et à un degré moindre, pour la nidification de quelques espèces rares

C'est un système endoréique dont l'alimentation en eau est assurée par l'Oued Messida, par l'oued El-Kbir et plus particulièrement par le ruissellement des eaux sur les estuaires argilo-gréseux composant le bassin versant. [Bouguessa, 1993] 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 [Brahmia, 2002].

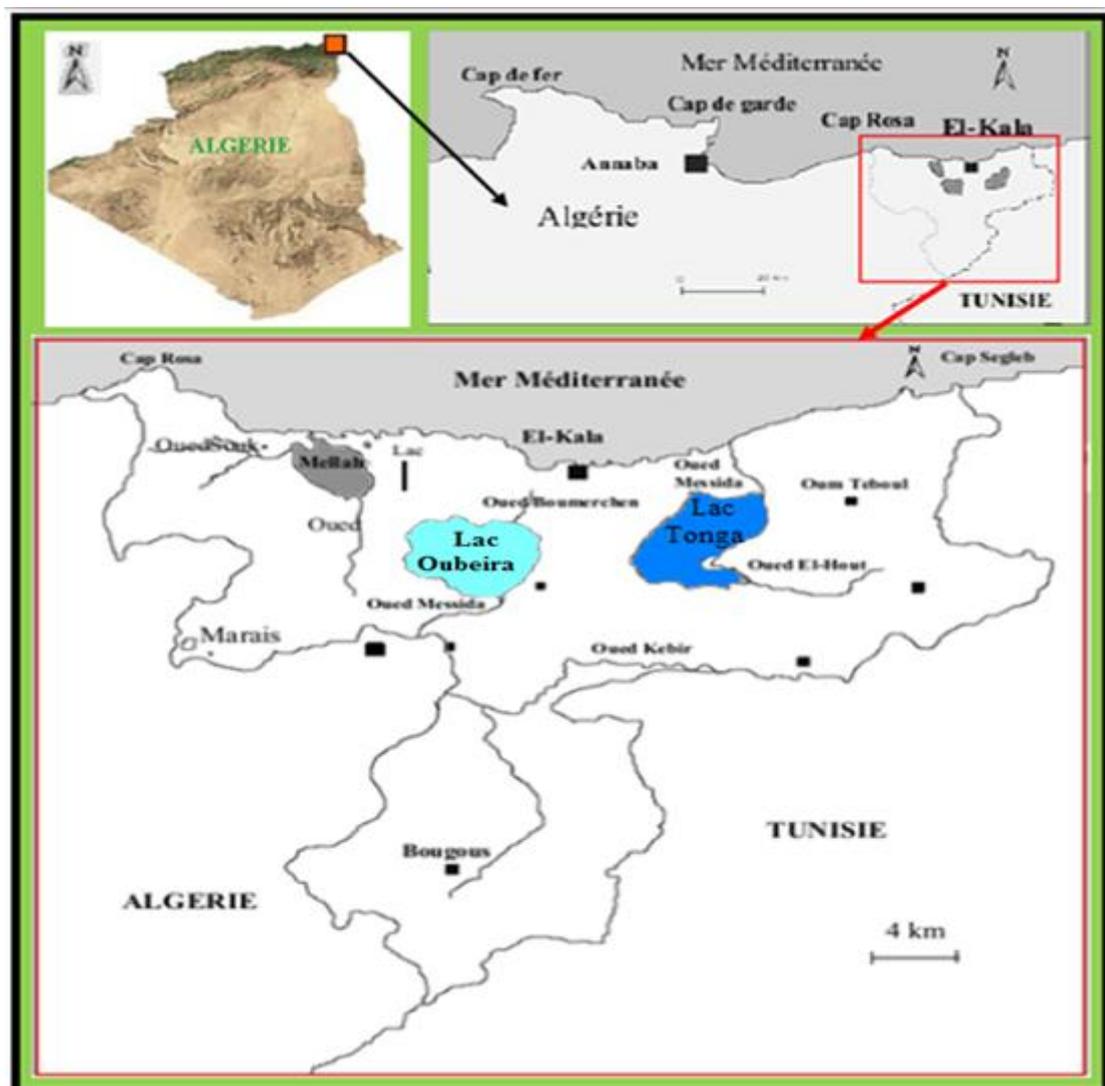


Figure 01 : Localisation du Lac Oubeira dans le Parc National d'E-Kala [LANDSCAP AMENAGEMENT, 1998] Modifié.

3. Caractéristiques du lac Oubeira

3.1. Climat

Le climat est un facteur abiotique important dans l'étude de la typologie et le fonctionnement d'un milieu naturel [Fustec et Lefeuvre, 2000]

Le lac Oubeira, avec la région d'EL-Kala, se place dans l'étage subhumide à hiver chaud, avec des vents permanents à dominance Nord-Ouest. La pluviométrie annuelle moyenne est située entre 800 et 1000 mm et s'étale essentiellement du début du mois de 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 [Aberkane M, *et al.*, 2011].

Les composantes majeures dans une étude bioclimatique sont les précipitations et la température. Elles sont définies par Bary-Lenger(1979) comme étant des charnières. Pour caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons utilisé les données météorologiques de la station d'El kala.

3.1.1. La température

La région d'El Kala ne marque pas de grandes différences et les maximums sont toujours compris entre les mois de Juillet et Août. Setzer, (1946). Signale aussi que les températures moyennes sont de Novembre à Avril inférieures à la moyenne annuelle, elles sont supérieures de Mai à Octobre. Nous pouvons donc diviser l'année en un semestre froid et en un semestre chaud.

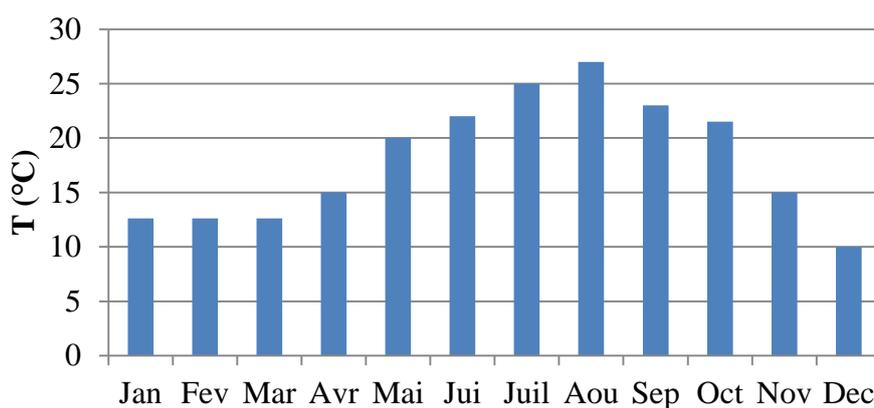


Figure 02 : Moyenne mensuelles des températures dans la région d'El kala (1985/2012).

Pour la station d'El kala, les données des températures nous montrent que le mois le plus chaud est le mois d'Août avec une température de 27.01°C alors que la température minimale du mois le plus froid est enregistrée au mois de Décembre avec 12.61°C.

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 la biosphère [Ramade, 1984].

3.1.2. La précipitation

Ce facteur primordial conditionne et agit directement sur le sol et la végétation, il favorise leur maintien et leur développement.

Pour la période (1985/2010), nous constatons que le mois juillet est plus sec avec une moyenne de précipitation de **1.27mm** tandis que le mois le plus arrosé est le mois de décembre avec des précipitations de **132.56mm**, (fig. 03)

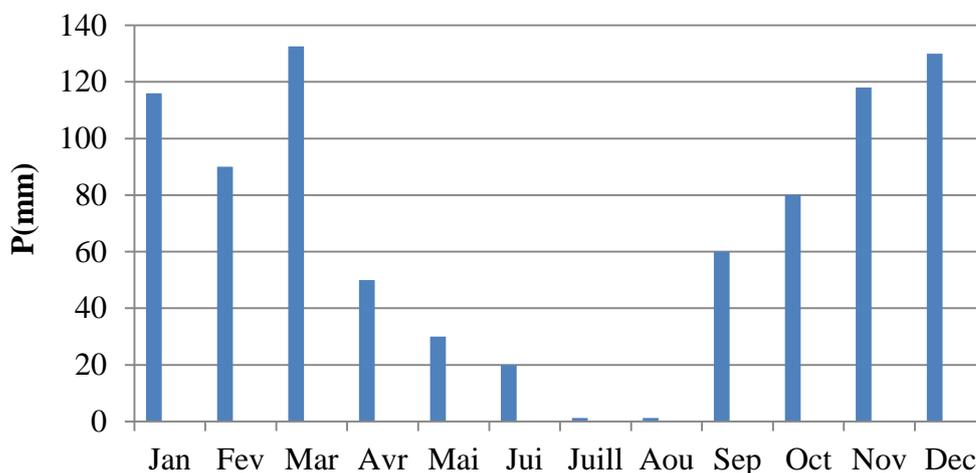


Figure 03 : Moyenne mensuelles des précipitations de la région d'El kala [1985/2012]

3.1.3. Les vents

Le vent accentue les effets des éléments du climat (température, humidité et précipitation). Il est fortement influencé par les conditions topographiques locales.

La position à proximité de la mer est fortement influencée par les vents de direction Nord-Ouest, ce sont les vents dominants et 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 à un assèchement de l'atmosphère, [Seltzer, 1946].

3.1.4. L'humidité de l'air

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

3.2. 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 pluviométrique de Bagnouls et Goussen et le quotient pluviométrique d'Emberger afin de pouvoir construire le climagramme et définir ainsi l'étage biochimique du Parc National d'El-kala.

Pour rendre les données climatiques ci-dessus significatives, plusieurs auteurs ont proposé des indices climatiques 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 $p < 800\text{mm}$.

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 $p < 100\text{mm}$.

3.2.1. Diagramme Pluvio-thermique de Goussen :

Le diagramme ombrothermique de la région d'étude montre l'existence de deux périodes humides et une période sèche au cours de l'année (2008-2017), 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.04).

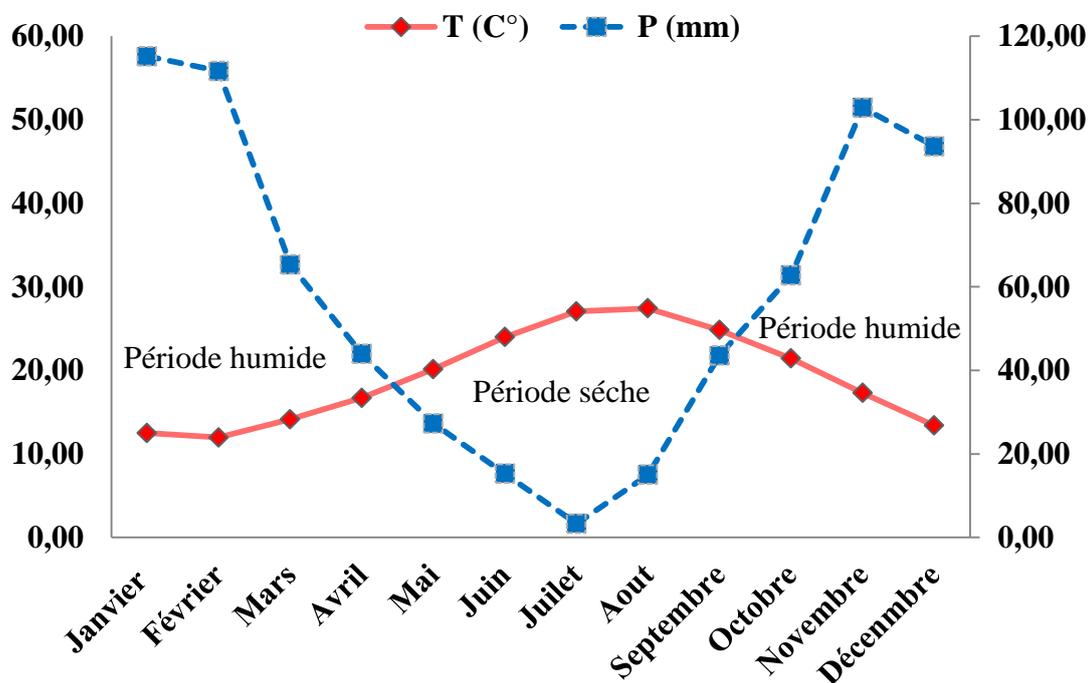


Figure 04 : Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN (2008-2017)

3.2.2. Indice pluviothermique d'Emberger

Pour les régions méditerranéennes Emberger (1930) a proposé également un quotient pluviothermique plus précis faisant intervenir en plus du total des précipitations (P), la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima du mois le plus froid (m), (M-m) étant l'amplitude extrême rendant compte de l'évaporation. Ainsi, le quotient pluviothermique d'Emberger est calculé grâce à la formule suivante:

$$Q2 = 3.43 * P / (M - m)$$

Avec :

- Q2 : quotient pluviométrique.
- P : la précipitation moyenne annuelle en mm
- M : moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud en degré absolu
- m : moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid en degré absolu

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 (Fig.05)

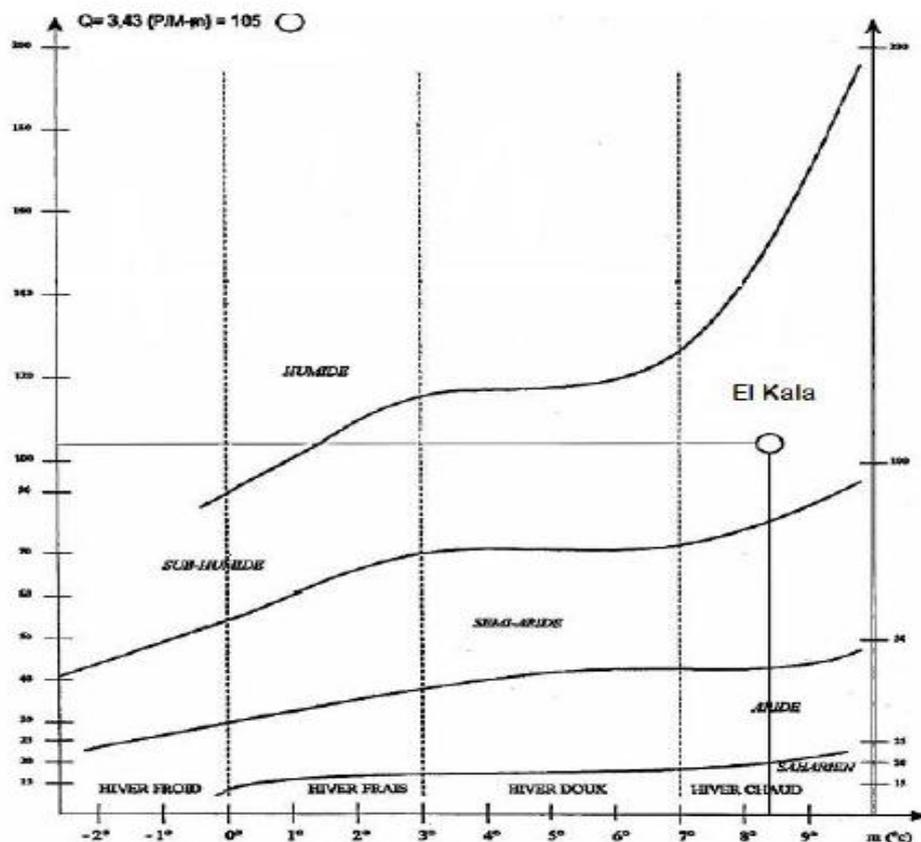


Figure 05 : Etage bioclimatique de la région d'El Kala selon le Climagramme d'Emberger pour la période (1995-2012)

4. Géologie et géomorphologie.

Le lac Oubeira est un lac endoréique, d'eau douce dont la profondeur maximale est de 4m. Le substrat est entièrement composé d'argile de Numidie (Tertiaire), avec la présence des dépôts récents du Quaternaire tout autour du lac. [Direction des forêts, 2003] Les alluvions lacustres couvertes d'eau l'hiver, formées d'argiles dont l'imperméabilité est liée aux argiles de Numidie. Les alluvions limoneuses au fond des vallées de pléistocène, formées de sables et limons. Le bassin versant occupe une superficie de 9919,35 ha. [Aberkane M, et al., 2011]. Le lac est installé dans une large cuvette synclinale [Marre, 1987].

5. Hydrologie

Lac Oubeira joue un rôle de réservoir permettant la maîtrise des crues parfois spectaculaires, de l'Oued El-Kebir. Il constitue un réservoir de dépôt des sédiments provenant du bassin versant et charriés par les eaux de crue. [Direction des forêts, 2003]. Celui-ci recueille les eaux de crue de l'Oued Kebir par l'intermédiaire de la plaine marécageuse du Nord d'El Tarf, charriant les alluvions jusqu'au lac [De Belair, 1990] Le lac Oubeira est alimenté par des cours d'eau importants : l'oued Demt Rihan au Nord, l'oued Bou Merchène au Nord-Est, l'oued Dey El Garaa à l'Est et l'oued Messida au Sud [Marre, 1987].

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 [Boumezbeur, 2002; Boumezbeur *et al.*, 2003].

Le bassin versant du lac Oubeira est constitué de diverses formations géologiques : les sols de marécages, dont la fraction la plus importante se situe à l'Est du lac, les autres sont dispersés à proximité de Chabet, alluvions limoneuses du fond des vallées de l'oued El Kebir [De Belair, 1990]. Actuellement, le lac est complètement sec car la nappe est exploitée par un double forage alimentant en eau douce la région d'El kala. La sortie du peu d'eau qui s'accumule se fait par évaporation ce qui confirme le bilan hydrique négatif de l'ancien lac noir [Boumezbeur, 2003]

Deux Oueds moins importants se déversent également dans le lac au Nord-Est ; l'Oued El Garâa et Oued Bou Merchen. Par ailleurs, une série de châabas, assez abondantes au Sud-Ouest, se creusent dans les pentes gréseuses et se déversent dans le lac.

6. Caractéristique écologiques

Le seul grand site complexe humide de la région qui présente une organisation spatiale typique en ceintures de végétation (Hélophytes) avec une importante superficie colonisée des herbiers flottants d'Hydrophytes. En été, les ceintures de végétation sont bien visibles et pratiquement ininterrompues tout autour du Lac et ont une largeur et une densité différents selon les rives ; les ceintures les plus larges (environ 400 m) sont formées essentiellement d'Hélophytes, *Phragmites australis*, *Thypha Typha angustifolia* et le Scirpe *Scirpus sp.*

Les herbiers flottants sont constitués par les Hydrophytes. Châtaigne d'eau *Trapa natans*, Myriophylle *Myriophyllum sp.*, Potamots *Potamogeton sp.*ect. Ces formations occupent la grande surface d'eau libre [Boutroy., Meimarakis G, Tariel G 2012].

Bien que considéré comme site d'hivernage par excellence, ce lac, malgré son couvert végétal limité aux bordures, est un lieu de nidification pour plusieurs espèces d'oiseaux d'eau telles que la poule d'eau *Gallinula chloropus*, le Blongios nain *Ixobrychus minutus*, la Marouette ponctuée *Morzana morzna*, le rôle d'eau *Rallus aquaticus*, etc. 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 poupré et craabier *Ardea pupurea* et *Ardeola ralloides*, l'aigrette garzette *Egretta garzetta* et le boeu *Bubulcus ibis* et des limicoles). [Direction des forêts, 2003].

6.1. Flore remarquable

Une Ceinture d'Hélophytes indisponible à la nidification des oiseaux d'eau. Parmi les espèces rares et très rares : Châtaigne d'eau : *Trapa natans* (seuls station en Algérie), Nénuphar blanc : *Nymphaea alba*, le Nénuphar jaune : *Nuphar luteum*, le polygomum *Polygonum senegalense*, le scribe incliné *Scripus inclinatus* et l'Utriculaire *Utricularia xoleta*. [Direction des forêts, 2003]



Figure 06 : Photo de la châtaigne d'eau *Trapa natans* (Photo personnelle).

6.2. Faune remarquable

6.2.1. Oiseaux d'eau

➤ **Les sédentaires :** Le Blongios nain, la Talève sultane, la Rousserolle turdoïde, le Butor étoilé, le Busard des roseaux et le balbuzard pêcheur

➤ **Les hivernants :** L'Erismarture à tête blanche *Oxyura leucocephala*, la Grand aigrette *Egretta alba*, la spatule blanche *Platalea Leucorodia*, l'Oie cendrée *Anser anser*, le Grand cormoran *Phalacrocorax carbo*, la Grue cendrée *Grus gruset* et plusieurs espèces de limicoles, telles que l'Avocette *Recurvistr aavosetta*, les chevaliers, les bécasseaux, la bécassine des marais *Gallinago gallinago*... Etc

Ainsi, les oiseaux d'eau observés tout ou long de l'année mais de façon irrégulière sont l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* et le Flamant rose *Phoenicopterus ruber*.

6.2.2. Les insectes

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.* [Ghalmi, 1997].

6.2.3. Les mammifères

Le cerf de barbarie (*Cervus elaphus barbarus*), seul grand mammifère du Maghreb tellien du Maroc à la Tunisie. En Algérie il est confiné au Nord de la région frontalière Algéro-tunisienne et occupe donc toute la subéraie. Le caracal (*Caracal caracal*) est le plus grand félinid d'Afrique du Nord. Grand prédateur, très rare, sa survie est conditionnée par la disponibilité de territoires forestiers de grande taille [Ghalmi, 1997].

6.2.4. L'ichtyofaune

Il existe deux catégories de poissons dans le lac Oubeïra, *Cyprinus carpio*: la carpe commune présente un dos gris noirâtre ou brunâtre, des flancs dorés ou roux, un ventre jaune clair et des nageoires paires rouges pâles lors du frai. En effet, les carpes seront plus claires dans les eaux oxygénées, peu profondes des fleuves et rivières. En revanche, dans les eaux stagnantes, sombres, boueuses, les carpes seront plus foncées [Ranson, 2003], elle est Omnivore. Au contraire des autres espèces, la carpe était introduite en Avril 1986. Et *Barbus callensis*: elle vit dans les eaux courantes et les lacs, elle se rencontre dans le Nord de l'Algérie et la Tunisie [Benanik, 2005]. Elle porte deux paires de barbillons, à chair estimée mais aux oeufs toxiques, avec une longueur qui peut atteindre 1 m. Le barbeau est une espèce omnivore.

Notre modèle biologique est l'une des espèces les plus répandues dans le monde, et en particulier dans le lac Oubeïra, la carpe commune qui est connue scientifiquement sous la dénomination « *Cyprinus carpio* » (Fig.07), et « *Barbus callensis* » (Fig.08). Selon Nelson, [1994], les caractères morphologique et anatomique de *Cyprinus carpio*, lui permettent de se classer dans le règne animal sous la systématique suivante :

Phylum : Cordés
Sous classe : Actinoptérygiens
Infra-classe : Téléostéens
Ordre : Cypriniformes
Sous ordre : Cyprinoïdes
Famille : Cyprinidé
Genre : *Cyprinus*
Espèce : *Cyprinus carpio* [Linné, 1857]



Figure 07 : Photo des carpes commune (*Cyprinus carpio*) (Photo personnelle).



Figure08 : Photo des barbeaux (*Barbeau callensis*) (Photo personnelle).

7. Valeurs sociales et culturelles

Le lac Oubeira est d'un intérêt social et culture de par la production halieutique, l'exploitation de l'eau pour l'agriculture autour du lac (il s'agit surtout de cultures spéculatives telles que de cultures d'arachides consommatrice d'eau), la présence d'un site archéologique (Mégalithique) au Sud-est du Lac et l'éducation et la recherche (aspect paysager ouvert et présence de deux postes d'observation ornithologique) [Adjami Y, 2006].

Matériel et méthodes

1. Le choix des stations de prélèvement

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité phytoplanctonique de l'eau du lac Oubeira nous avons choisi 02 sites de prélèvement (**Fig.09 et 10**). Les prélèvements ont été réalisés sur une période de trois mois sites (mars, avril et mai 2018) (**Tab. 03**) aux endroits ou la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1,5 m [**Lightfoot, 2002**]. Le choix des stations de prélèvement a été fait sur la base d'un axe Est- Ouest, correspondant aux sens du vent dominant, qui pourrait avoir un effet sur la dynamique saisonnière du phytoplancton. Par ailleurs, la route W109 au nord du lac peut également constituer une source de facteurs abiotiques influençant la composante de la population phytoplanctonique du lac.

Tableau 03 : Localisation des stations et la période de prélèvement.

Coordonnées GPS des stations	Nature de prélèvement	Date de prélèvement		Heure de prélèvement
S1 : 36°86' N 8°37' E	Eau de lac Oubeira	P1	03/03/2018	09 : 00h
		P2	14/04/2018	11 : 00h
		P1	05/05/2018	09 : 30h
S2 : 36°86' N 8°39' E		P2	03/03/2018	11 : 30h
		P1	14/04/2018	10 : 30h
		P2	05/05/2018	12 : 30h

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 analyse. 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; Throndsen, 1978**]. Les échantillons doit être stockés à +4 °C [**Jean-Claude et al., 2008**].



Figure 09 : Localisation satellite des stations du prélèvement (Google earth, 2018).



Figure 10 : Photos des stations de prélèvement : a-b (Station 1), c-d (Station 2) (Photo personnelle).

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 étiquetés sont placés 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 phytoplanktonique a été réalisée au laboratoire de microbiologie du département de biologie université 08 mai 45 Guelma.

3. Analyses physicochimiques

Les mesures *in situ* sont des analyses réalisées sur place en plongeant directement les sondes dans l'eau (Fig .11) 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 [Rodier *et al.*, 2009]

La température (T°C), le pH, la conductivité électrique et l'oxygène dissous (O₂ en mg/l), la salinité, ont été mesurés à l'aide de trois sondes d'un multi paramètres de terrain de marque (WTW), la couleur a été estimée à l'œil nu [Rodier *et al.*, 1996]



Figure 11 : Photo du multi-paramètre utilisé (WTW Multi 1970i) (Photo personnelle).

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 surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques et du point de vue industriel pour les calculs d'échanges thermiques. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que l'origine est moins profonde [Leclerc, 1996].

La mesure de la température est utile pour les études limnologiques et du point de vue industriel pour les calculs d'échanges thermiques. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde.

Les variations de la température peuvent tuer certaines espèces aquicoles, mais également favoriser le développement d'autres espèces, ce qui entraîne un déséquilibre écologique. [Arrignon, 1991]. On utilise souvent dans ce but un thermomètre ou un multi-paramétré. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes [Rodier *et al.*, 1996]

3.2. Le potentiel hydrogène

Le pH représente le degré d'acidité ou d'alcalinité, le pH des écosystèmes aquatiques est utilisé comme paramètre substitut pour représenter pour les relations complexes entre la chimie de l'eau et les effets biologiques [Boussaroura, 2011]. 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. 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^- (Tab.04) [Rodier *et al.*, 1996].

Tableau 04 : Les variations du pH de l'eau. [Zerluth, 2004].

$\text{pH} \leq 5$	Acidité fort=présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
$\text{pH} = 7$	pH neutre
$7 \leq \text{pH} \leq 8$	Neutralité approchée la majorité des eaux de surface
$5.5 \leq \text{pH} \leq 8$	Majorité des eaux souterraines
$\text{pH} = 8$	Alcalinité fort évaporisations intense

3.3. 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 signification. Enfin certains sont essentiellement déterminés par la qualité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique). [Boussaroura, 2011].

De nos jours, la détermination de la salinité par leur méthode dite (par titrage de la chlorinité) est abandonnée au profit d'une mesure de conductivité de l'eau, plus facile à mettre en œuvre. L'appareil utilise pour la mesure est un salinomètre de précision de (0.003%) ou multi-paramètres. Et les résultats sont exprimés en grammes de chlorure de sodium (NaCl) par litre d'eau. [Boukrouma, 2008].

3.4. La conductivité électrique

L'eau pure peu conductrice du courant électrique car elle ne contient que très peu de particules chargées électriquement (ion), susceptibles de se déplacer dans un champ électrique. L'unité de conductivité est le micro-siemens par centimètre [Rodier *et al.*, 1996]. Elle est proportionnelle à la quantité des sels ionisables et varie avec la température [Zourez et Ferhani, 2003].

Pour la mesure de conductivité, plonger la sonde dans le milieu à analyser, remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise. Après utilisation, rincer les sondes à l'eau déminéralisée. [Agrigon, 2000].

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 (Tab. 05), on détermine leur qualité.

Tableau 05: Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique [Monod., 1989].

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

L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est important dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce concerne ce paramétré.

Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissout qui peuvent être observée par exemple en cas de déversements d'eaux usées.

La conductivité est également l'un des moyens de valider les analyses Physico-chimique de l'eau.

3.5. L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous (O_2) est nécessaire à la respiration des algues et des animaux aquatiques, il existe toujours en quantité voisine de la saturation dans les eaux superficielles [Des Abbayes *et al.*, 1978]. 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 [Villeneuve *et al.*, 2006].

La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau : les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre. L'oxygène d'une eau mesurée généralement par un appareil multi paramètre. [Boukrouma, 2008].

4. Les analyses phytoplanctoniques

Pour l'analyse quantitative et qualitative des phytoplanctons les prélèvements sont effectués avec les mêmes fréquences que pour l'étude physico-chimique et bactériologique. Les échantillons 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 (échantillon, soit environ 8 goutte pour 100 ml (ou 2,5 ml pour un flacon de 500 ml). Cette concentration finale peut s'apprécier à la couleur brun claire, orangée. [Christophe *et al.*, 2009].

A partir des échantillons d'eau bruts 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 5 ml se trouvent en bas et qui présente le sous échantillon, et on se débarrasse du reste, et à partir de cette petite quantité on fait notre analyse quantitative et qualitative en même temps selon la méthode de comptage d'Utermohl (1958) modifiée.

5.1. Analyse qualitative

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

Après le dépôt des espèces lugolées au fond du flacon, un volume de l'eau (20 μ l) 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 aux microscopes Optika à l'objectif à immersion ($\times 100$) suivant un parcours horizontale sur toute la longueur de la lamelle, cette opération est répétée 3 fois en 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 (forme, taille, couleur...) [Fott., 1969 ; Bourrelly., 1966, 1970, 1972], anatomique (disposition des chloroplastes, flagelles..) et à l'aide des clés de détermination [Pestalozzi *et al.*, 1983 ; John *et al.*, 2001]. La détermination taxonomique des diatomées a été faite grâce aux travaux d'abord de Sournia(1968), puis de Compère (1991) et de Krammer et Lange-Bertalot [1986, 2000].

5.2. Analyse quantitative

L'analyse quantitative des phytoplanctons se fait en même temps que l'analyse qualitative.

5.2.1. Richesse spécifique

C'est le nombre totale 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 différents espèces. Sa valeur écologique est donc limitée. [Travers, 1964].

5.2.2. Abondance

En tant que concept écologique, l'abondance est une composante importante de la diversité [Hurlbert, 1971]. Suivant le type d'organismes, l'unité de comptage a été soit une cellule, une colonie ou un filament. Dans chaque champ, le nombre d'individus (ou unité de comptage) a été déterminé. Le comptage s'effectue à l'aide d'un objectif $\times 100$ avec des balayages de toute la surface de la lamelle.

5.2.3. Diversité globale

Les indices de diversité constituent une autre piste pour caractériser la composition du phytoplancton et l'évolution temporelle de sa biodiversité. Un indice de diversité exprime l'importance relative du nombre des espèces abondantes dans un milieu donné. Son expression est fonction de deux paramètres : le nombre d'espèces et le nombre d'individus par espèce. Un indice de diversité présente une valeur minimale quand tous les individus appartiennent à la même espèce, et une valeur élevée quand la diversité est élevée Goffart. (2010).

De nombreux indices de diversité sont ainsi proposés et permettent de donner une expression qualitative plus ou moins pertinente de la structure de l'écosystème. Dans cette étude, nous avons utilisé l'indice de Shannon - Wiener (1963) qui est largement utilisé pour décrire la diversité du phytoplancton et l'état de l'écosystème.

L'indice de Shannon (Ish) peut se calculer sous deux formes, en utilisant le biovolume ou l'effectif spécifique :

$$Ish = -\sum [(ni/N) \times \ln (ni/N)]$$

Avec :

ni = le biovolume ou l'effectif de la i espèces.

N = le nombre totale d'individus dans l'échantillon.

Ish = est exprimé en bit

5.3. Les groupes fonctionnels du phytoplancton

L'approche fonctionnelle de **Reynolds *et al.* (2002)** (**Tab 01- Annexes**) a été utilisée pour évaluer la dynamique du phytoplancton et sa relation avec l'environnement.

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physicochimiques

1.1. La température

La température est une mesure momentanée, en fonction de l'heure et du lieu de prélèvement.

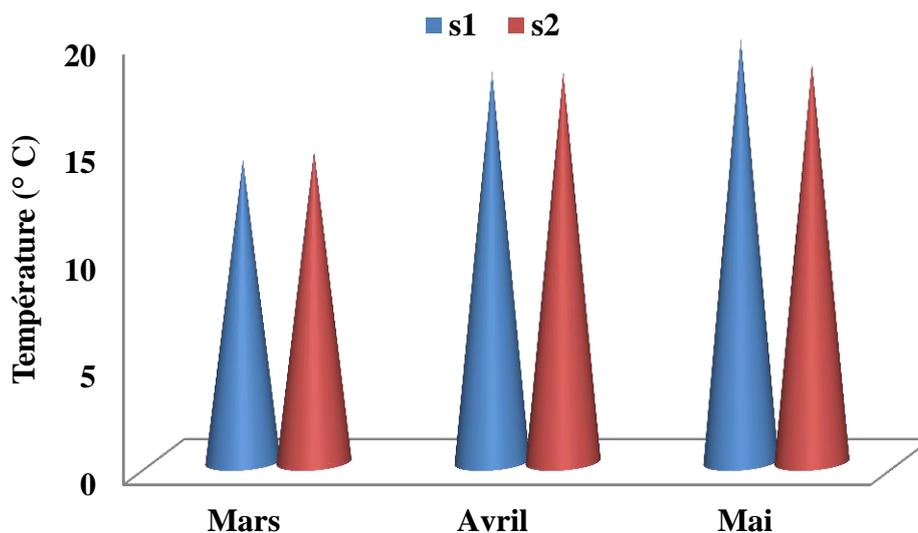


Figure 12 : Variations spatiotemporelles de la température de l'eau du lac Oubeira

D'après les résultats (**Fig 12**), la température minimale l'eau de Lac Oubeira est de 14,1°C enregistrée dans le mois de Mars à la station (S1) cette température caractérise la période d'étude (saison hivernale) et de avril La température maximale est 19,7°C notée pendant le mois de mai à la station (S1).

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

D'une manière générale, ces températures sont favorables à l'apparition et au développement du phytoplancton selon les observations faites par Reynolds (**1998**) et Zongo (**2007**). Il faut signaler cependant que les mesures n'ont concernés que l'épilimnion qui est plus exposé au rayonnement solaire.

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].

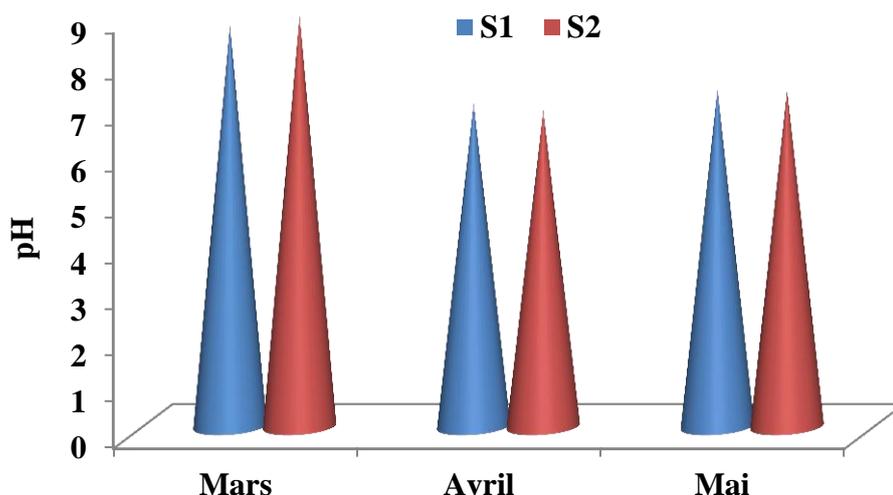


Figure 13 : Variations spatiotemporelles du pH de l'eau du lac Oubeira.

La valeur la plus faible est de 6,85 mesuré dans la station S2 pendant le mois d'avril et la plus élevée est de 8,90 obtenue dans la station S2 pendant le mois de mars (**Fig 13**). Le pH de l'eau de lac Oubeira est plus au moins alcaline ce qui est le cas de la majorité des eaux de surface. Et ce résultat pourrait s'expliquer par le fait que ce sont les zones dans lesquelles l'activité photosynthétique du phytoplancton est la plus élevée, les mesures étant faites en période diurnes, l'augmentation du pH dans la zone de surface pourrait être liée à cette observation.

Cette gamme de pH favorise la multiplication et la croissance des microorganismes.

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].

D'après la figure 14, la conductivité de l'eau du lac Oubeira durant les mois varie entre 335 et 452 $\mu\text{s}/\text{cm}$ respectivement dans les stations 2 et 1 ce qui signifie que l'eau est moyennement minéralisée, parce qu'il s'agit de l'eau douce.

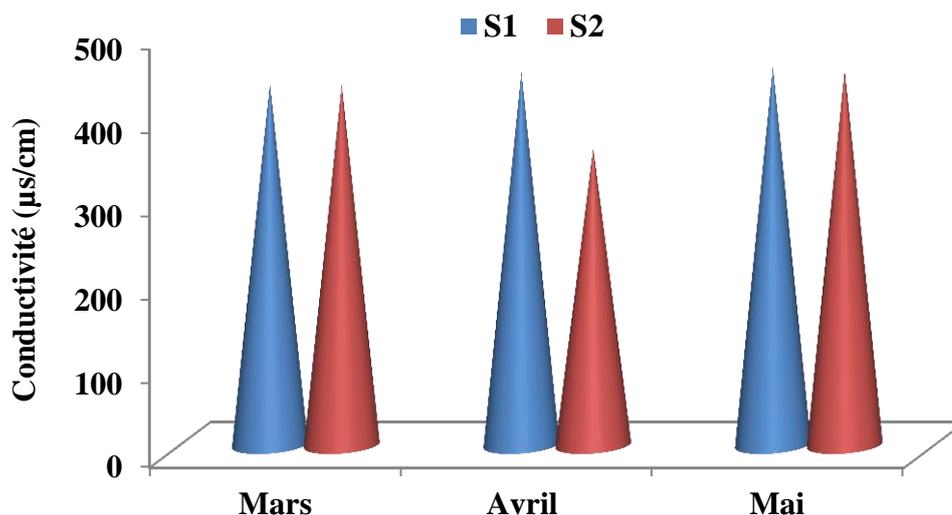


Figure 14 : Variations de la conductivité électrique de l'eau du lac Oubeira.

Les valeurs de mois de mai et avril dans la Station 1 sont plus élevées que les autres mois et ceux-ci peuvent être dus aux fortes précipitations dans la période hivernal et à la concentration élevée de la matière dissoute suite à la diminution de la température dans cette période et la minéralisation de la matière organique.

La conductivité est également en fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température est importante [Detay., 1993].

1.4. 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].

Selon les résultats illustrés dans l'histogramme ci-dessus (Fig 15) on marque qu'il y a une différence d'un mois à un autre. Dont la valeur minimale 0,13 mg/L a été enregistrée dans le site 1 durant le mois d'avril et de même le maximale 2,22 mg/L a été enregistrée dans le site 2 durant le mois de mars.

Le brassage de l'eau au mois de mars et avril augmente le contact de celle-ci avec l'air et par conséquent augmente le taux d'oxygène dissous.

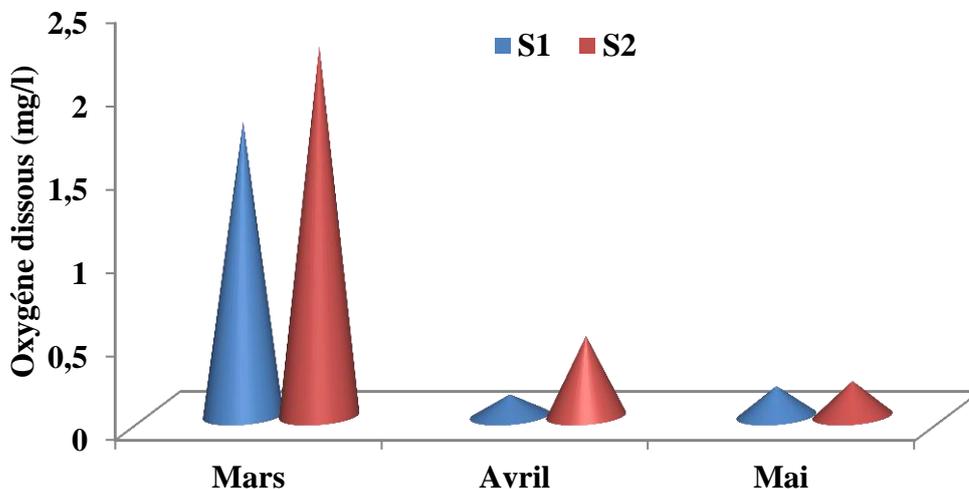


Figure 15 : Variations des teneurs en oxygène dissous dans l'eau du lac Oubeira.

Pour les valeurs minimales, elles peuvent être expliquées par la diminution de l'intensité photosynthétique qui est due à la diminution de la biomasse végétale ainsi qu'aux facteurs climatiques non favorables pendant cette période (baisse de température). Il est certain qu'en absence ou en cas d'insuffisance de conditions climatiques (luminosité), l'activité photosynthétique dans la période d'hiver baisse à son niveau maximal.

La dégradation biologique de la matière organique morte par les bactéries aérobies contribue à cette diminution de l'oxygène dissous qui peut être également la conséquence de la stagnation de l'eau par manque de courants d'air importants et de la faible alimentation du lac par les eaux courantes.

Les normes maximales instantanées sont observées au cours des périodes favorables (l'été) au développement de la biomasse végétale et par conséquent l'intensité photosynthétique.

1.5. La salinité

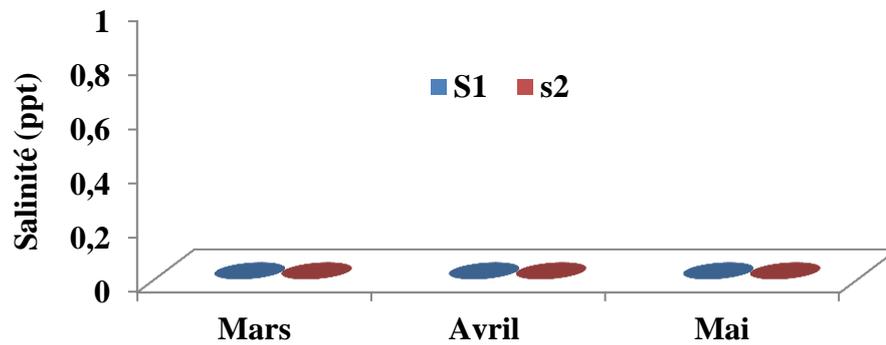


Figure 16 : Variations de la salinité de l'eau du lac Oubeira.

Selon les résultats illustrés dans l'histogramme ci-dessus (**Fig.16**), la salinité des eaux du lac Oubeira est toujours autour de 0 ppt pendant les trois mois le cas de la salinité des eaux de surface. La salinité très faible due probablement à l'effet de dilution pendant la période pluviale.

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 durant notre période d'étude qui s'étale de Mars à Mai 2018, nous a permis de répertorier 172 taxons ou espèces et 66 genres (**Tab.06**). Ces espèces se répartissent dans les cinq classes des eaux douces : les Cyanobactéries, les Chrysophycées, les Chlorophycées, les Euglenophycées et les Pyrrophyces.

Tableau 06 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriés dans les eaux du lac Oubeira entre Mars et Mai 2018.

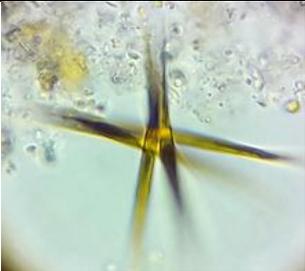
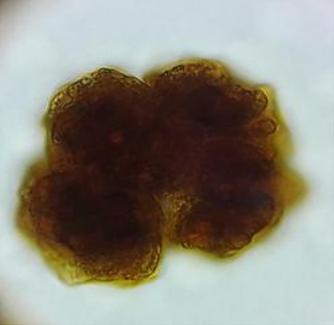
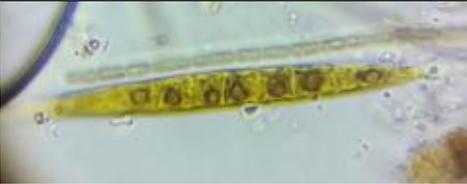
<i>Classe</i>	<i>Genre</i>	<i>Espèce</i>	<i>Aspect microscopique</i>
<i>Chlorophycées</i>	<i>Actinastrum</i>	<i>Actinastrum sp</i>	
	<i>Botryococcus</i>	<i>Botryococcus braunii</i>	
	<i>Chlamydomonas</i>	<i>Chlamydomonas species</i>	
	<i>Closterium</i>	<i>Closteriuma cerosum</i>	

Tableau 06 : Suite

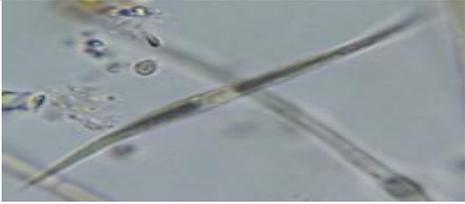
		<i>Closterium aciculare</i>	
		<i>Closterium acutum</i>	
		<i>Closterium navicula</i>	
		<i>Closterium parvulum</i>	
		<i>Closterium pronum</i>	
		<i>Closterium rostratum</i>	

Tableau 06 : Suite

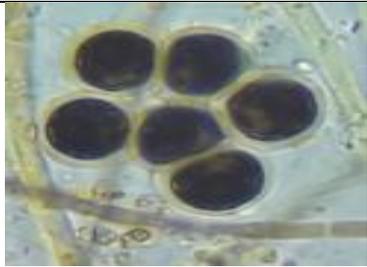
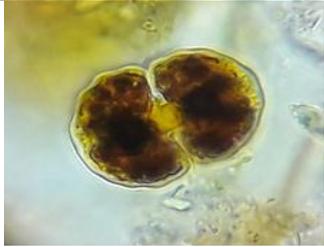
		<i>Closterium tortum</i>	
<i>Coelastrum</i>		<i>Coelastrum astrodeum</i>	
		<i>Coelastrum microporum</i>	
		<i>Coelastrum reticulatum</i>	
		<i>Coelastrum sphaericum</i>	
<i>Cosmarium</i>		<i>Cosmarium candianum</i>	

Tableau 06 : Suite

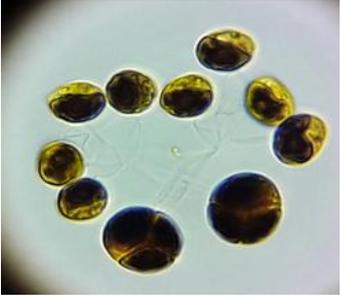
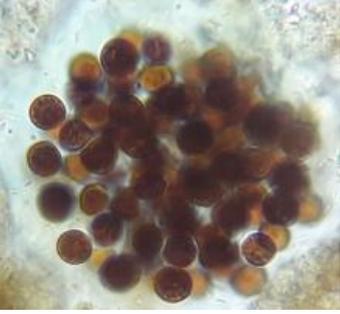
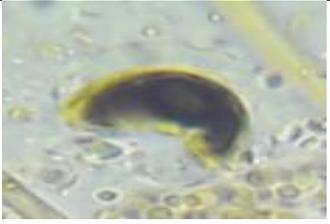
		<i>Cosmarium granatum</i>	
<i>Dictyosphaerium</i>		<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	
		<i>Dictyosphaerium sp</i>	
<i>Kirchneriella</i>		<i>Kirchneriella diana</i>	
		<i>Kirchneriella lunaris</i>	
<i>Monoraphidium</i>		<i>Monoraphidium circinalis</i>	

Tableau 06 : Suite

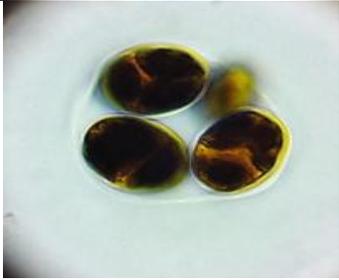
		<i>Monoraphidium controtum</i>	
		<i>Monoraphidium griffithii</i>	
	<i>Oocystis</i>	<i>Oocystis borgie</i>	
		<i>Oocystis lacustris</i>	
		<i>Oocystis sp</i>	
	<i>Pandorina</i>	<i>Pandorina sp</i>	

Tableau 06 : Suite

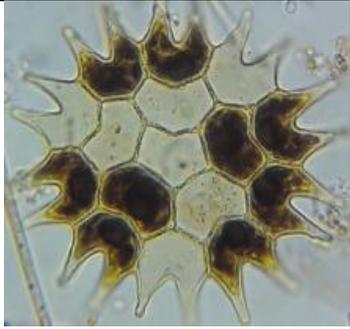
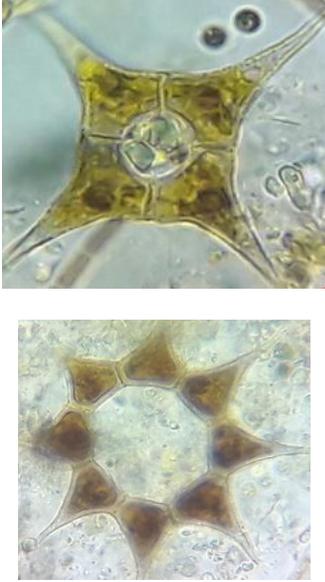
		<p><i>Pediastrum boryanum</i></p>	
		<p><i>Pediastrum clathratum</i></p>	
	<p><i>Pediastrum</i></p>	<p><i>Pediastrum duplex</i></p>	
		<p><i>Pediastrum simplex</i></p>	

Tableau 06 : Suite

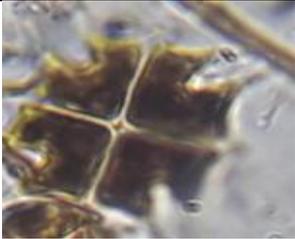
		<i>Pediastrum tetras</i>	
	<i>Penium</i>	<i>Penium silvae-nigrae</i>	
<i>Scenedesmus</i>		<i>Scenedesmus abundans</i>	
		<i>Scenedesmus acuminatus</i>	
		<i>Scenedesmus armatus</i>	
		<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	
		<i>Scenedesmus ellipticus</i>	

Tableau 06 : Suite

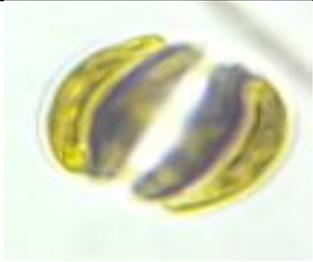
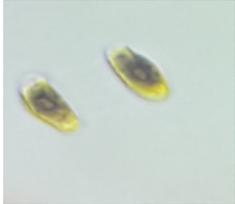
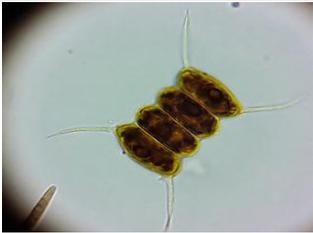
		<i>Scenedesmus granulatus</i>	
		<i>Scenedesmus opoliensis</i>	
		<i>Scenedesmus platydiscius</i>	
		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	
		<i>Scenedesmus sp</i>	
		<i>Scenedesmus subsipicatus</i>	
		<i>Scenedesmus tropicus</i>	

Tableau 06 : Suite

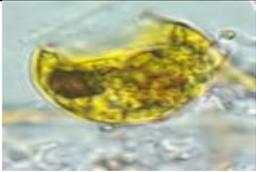
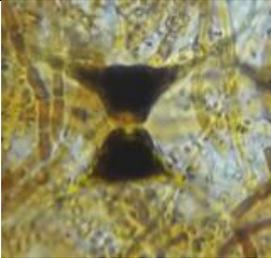
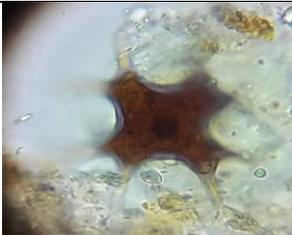
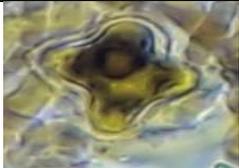
	<i>Selenastrum</i>	<i>Selenastrum gracile</i>	
	<i>Siderocelis</i>	<i>Siderocelis ornata</i>	
	<i>Staurastrum</i>	<i>Staurastrum gracile</i>	
		<i>Staurastrum orbiculare</i>	
		<i>Staurastrum trigonum</i>	
	<i>Tetraedron</i>	<i>Tetraedron gracile</i>	
		<i>Tetraedron minimum</i>	

Tableau 06 : Suite

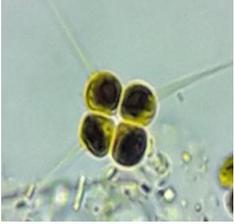
		<i>Tetraedron pentaedricum</i>		
		<i>Tetraedron proteiforme</i>		
		<i>Tetraedron triangulare</i>		
	<i>Tetrastrum</i>	<i>Tetrastrum elegans</i>		
		<i>Tetrastrum staurogeniaeforme</i>		
		<i>Tetrastrum triangulare</i>		
	<i>Chrysophycées</i>	<i>Achnanthes</i>	<i>Achnanthes minutissima</i>	

Tableau 06 : Suite

	<i>Amphora</i>	<i>Amphora ovalis</i>	
	<i>Aulacoseira</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>	
	<i>Chrysamoeba</i>	<i>Chrysamoeba radians</i>	
	<i>Cyclotella</i>	<i>Cyclotella comta</i>	
		<i>Cyclotella meneghiniana</i>	
	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella turgida.</i>	
	<i>Diatoma</i>	<i>Diatoma vulgare</i>	

Tableau 06 : Suite

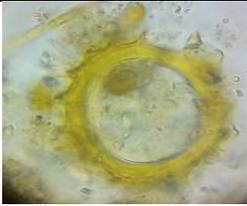
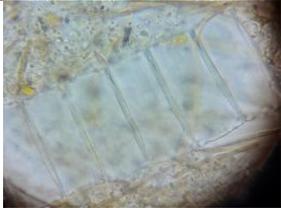
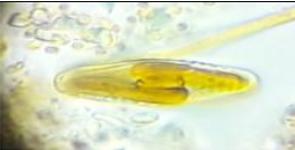
		<i>Diatoma Vulgaris</i>	
	<i>Dictyocha</i>	<i>Dictyocha octonaria</i>	
	<i>Fragilaria</i>	<i>Fragilaria crotonensis</i>	
	<i>Fragilariforma</i>	<i>Fragilariforma virescens</i>	
	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema olivaceum</i>	
		<i>Gomphonema subclavatum</i>	
	<i>Gyrosigma</i>	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	
		<i>Gyrosigma spencerii</i>	

Tableau 06 : Suite

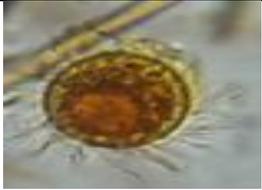
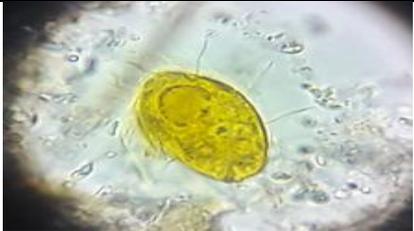
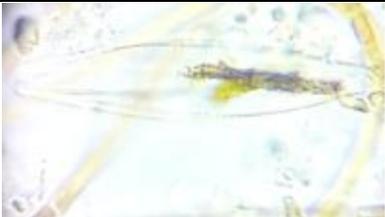
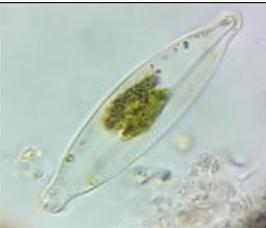
	<i>Mallomonas</i>	<i>Mallomonas acaroides</i>	
		<i>Mallomonas caudata</i>	
		<i>Mallomonas papillosa</i>	
<i>Melosira</i>	<i>Melosira ambigua</i>		
	<i>Melosira granulata</i>		
<i>Navicula</i>	<i>Navicula cryptotenella</i>		
	<i>Navicula gracilis</i>		

Tableau 06 : Suite

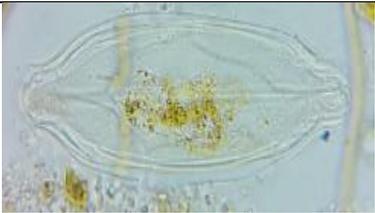
		<i>Navicula gregaria</i>	
		<i>Navicula Lanceolata</i>	
		<i>Navicula mutica</i>	
		<i>Navicula salinarum</i>	
		<i>Navicula sp</i>	
		<i>Navicula steckerae</i>	
		<i>Navicula trivialis</i>	

Tableau 06 : Suite

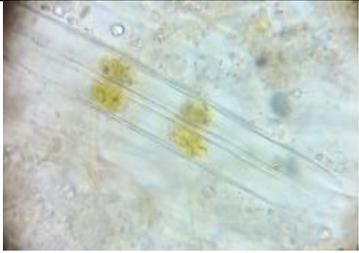
		<i>Navicula vanhoeffenii</i>	
	<i>Neidium</i>	<i>Neidium iridis</i>	
	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia filiformis</i>	
		<i>Nitzschia lacuum</i>	
		<i>Nitzschia linearis</i>	
		<i>Nitzschia longissima</i>	
		<i>Nitzschia palea</i>	

Tableau 06 : Suite

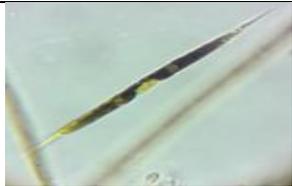
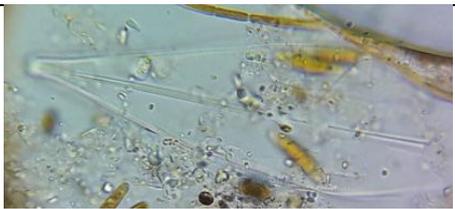
		<i>Nitzschia sigma</i>	
		<i>Nitzschia sigmoidea</i>	
		<i>Nitzschia subcurvata</i>	
<i>Pseudo-Nitzschia</i>		<i>Pseudo-Nitzschia multiseriata</i>	
		<i>Pseudo-nitzschia seriata</i>	
		<i>Pseudo-Nitzschia sp</i>	
<i>Stauroneis</i>		<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	
		<i>Stauroneis sp</i>	

Tableau 06 : Suite

	<i>Stephanodiscus</i>	<i>Stephanodiscus astraea</i>	
	<i>Surirella</i>	<i>Surirella birostrata</i>	
		<i>Surirella linearis.</i>	
	<i>Synedra</i>	<i>Synedra Ulna</i>	
	<i>Synura</i>	<i>Synura sp</i>	
<i>Cyanobactéries</i>	<i>Anabaena</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i>	
		<i>Anabaena sp</i>	

Tableau 06 : Suite

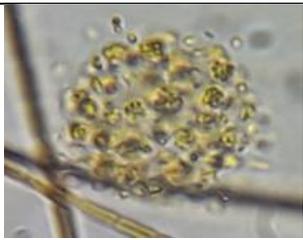
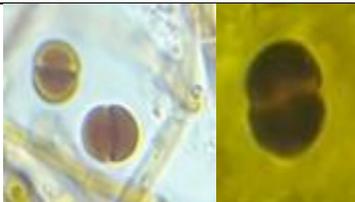
	<i>Aphanizomenon</i>	<i>Aphanizomenon flos – aquae</i>	
	<i>Aphanocapsa</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	
		<i>Aphanocapsa grevillei</i>	
	<i>Aphanothece</i>	<i>Aphanothece stagnina</i>	
	<i>Chroococcus</i>	<i>Chroococcus limneticus</i>	
		<i>Chroococcus sp</i>	
	<i>Chroococcus turgidus</i>		

Tableau 06 : Suite

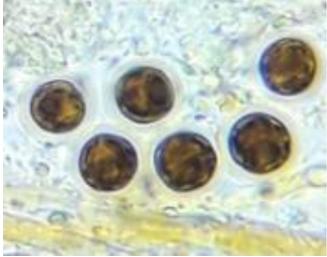
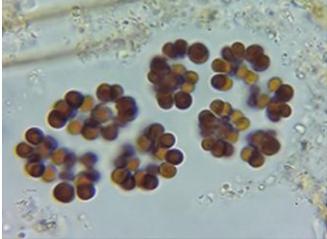
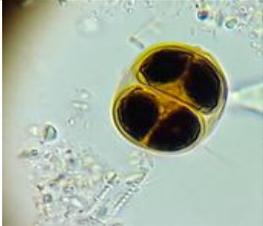
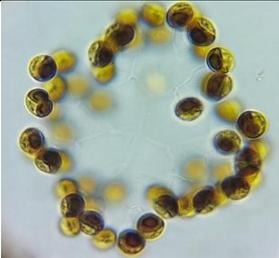
<p><i>Cylindrospermopsis</i></p>	<p><i>Cylindrospermopsis</i> <i>sp</i></p>	
<p><i>Gloeocapsa</i></p>	<p><i>Gloeocapsa dispersa</i></p>	
	<p><i>Gloeocapsa magna</i></p>	
	<p><i>Gloeocapsa minuta</i></p>	
	<p><i>Gloeocapsa sp</i></p>	
<p><i>Gloeotheca</i></p>	<p><i>Gloeotheca linearis</i></p>	
<p><i>Gomphosphaeria</i> <i>a</i></p>	<p><i>Gomphosphaeria</i> <i>lacustris</i></p>	

Tableau 06 : Suite

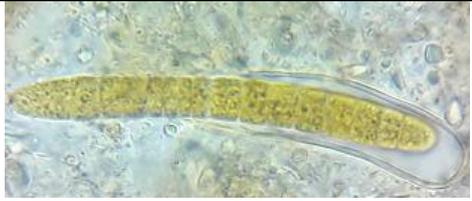
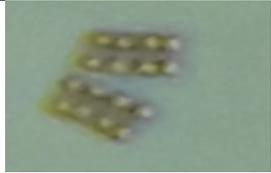
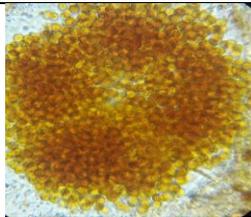
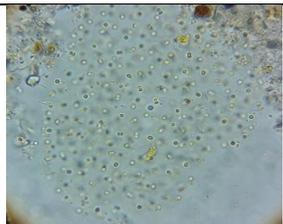
	<i>Lyngbya</i>	<i>Lyngbya sp</i>	
	<i>Merismopedia</i>	<i>Merismopedia tenuissima</i>	
	<i>Microcystis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>	
		<i>Microcystis delicatissima</i>	
	<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria limosa</i>	
		<i>Oscillatoria princeps</i>	
		<i>Oscillatoria quadripunctata</i>	
	<i>Pseudanabaena</i>	<i>Pseudanabaena sp</i>	

Tableau 06 : Suite

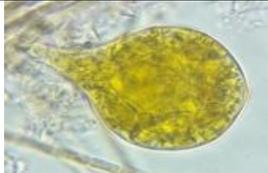
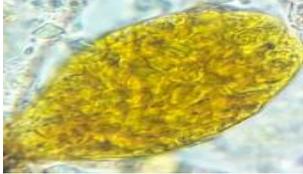
	<i>Spirulina</i>	<i>Spirulina major</i>	
		<i>Spirulina subsalsa</i>	
<i>Euglenophycées</i>	<i>Euglena</i>	<i>Euglena spirogyra</i>	
		<i>Euglena acus</i>	
		<i>Euglena anabaena</i>	
		<i>Euglena clavata</i>	
		<i>Euglena geniculata</i>	
		<i>Euglena gracilis</i>	

Tableau 06 : Suite

		<i>Euglena limnophila</i>	
		<i>Euglena oxyuris</i>	
		<i>Euglena pisciformis</i>	
		<i>Euglena polymorpha</i>	
		<i>Euglena proxima</i>	
		<i>Euglena viridis</i>	
	<i>Lepocinclis</i>	<i>Lepocinclis globulus</i>	
		<i>Lepocinclis ovum</i>	

Tableau 06 : Suite

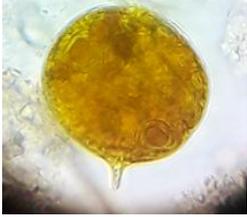
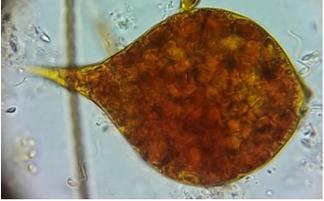
		<i>Lepocinclis oxyuris</i>	
		<i>Lepocinclis sp</i>	
<i>Phacus</i>		<i>Phacus caudatus</i>	
		<i>Phacus costatus</i>	
		<i>Phacus limnophila</i>	
		<i>Phacus longicauda</i>	
		<i>Phacus nordstedtii</i>	

Tableau 06 : Suite

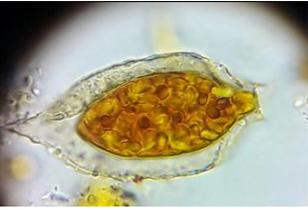
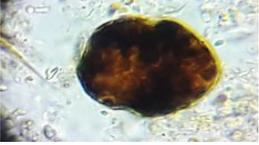
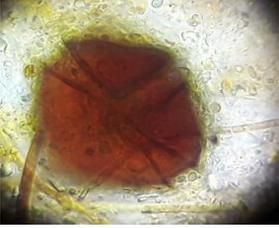
		<i>Phacus orbicularis</i>	
		<i>Phacus parvulus</i>	
		<i>Phacus pleuronectes</i>	
<i>Strombomonas</i>		<i>Strombomonas acuminata</i>	
<i>Trachelomonas</i>		<i>Trachelomonas armata</i>	
		<i>Trachelomonas hispida</i>	
		<i>Trachelomonas intermedia</i>	

Tableau 06 : Suite

		<i>Trachelomonas volvocina</i>	
<i>Pyrrhrophyceés</i>	<i>Cryptomonas</i>	<i>Cryptomonas erosa</i>	
		<i>Cryptomonas marssoni</i>	
		<i>Cryptomonas pyrenoidifera</i>	
		<i>Cryptomonas rostrata</i>	
		<i>Cryptomonas tetrapyrenoidosa</i>	
	<i>Gymnodinium</i>	<i>Gymnodinium mirabile</i>	
	<i>Hemidinium</i>	<i>Hemidinium nasutum</i>	
	<i>Peridinium</i>	<i>Peridinium wolzii</i>	

2.2. Résultats de l'analyse quantitative

2.2.1. Richesse spécifique la population phytoplanctonique

Le phytoplancton du lac Oubeira est caractérisé par une richesse spécifique importante (172 taxons). En moyenne par mois, 120 espèces ont été recensées avec une richesse maximale de 140 taxons au mois d'avril. La richesse est faible au mois de mai en genres ou en espèces avec 108 espèces et 46 genres (**Fig.17**). Toutefois, aucune différence significative de la richesse spécifique n'a été observée entre le mois de mars et mai en nombre d'espèces.

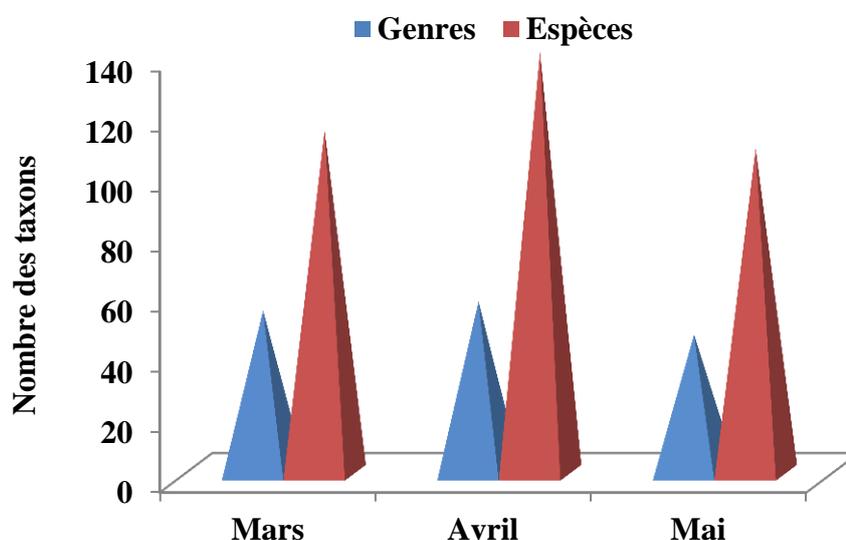


Figure 17 : Evolution de la richesse spécifique de la population phytoplanctonique dans les eaux du lac Oubeira.

On remarque que le mois d'avril est caractérisé par un nombre élevé d'espèces et des genres soit 39 % et 36 % respectivement. Cela est dû à la température favorable et l'abondance des nutriments ce mois-ci en raison de l'utilisation d'engrais agricoles.

2.2.2. Richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques

Selon la **Figure 18**, et en terme de nombre d'espèces, les Chlorophycées représentent la classe la plus importante par 59 espèces (34%), suivie par celle des Chrysophycées (29%) par 50 espèces puis les Euglenophycées et les Cyanobactéries forment respectivement 17 et 15% du nombre total des espèces avec 29 et 26 espèces, et enfin la classe des Pyrrophytées forment la classe la moins représentée avec 08 espèces soit 05%. Et pour le nombre des genres les Chrysophycées (35%), les Chlorophycées (29%),

les Cyanobactéries par 23%, les Euglenophycées (08%) et enfin les Pyrrophyccées représentent 06% des genres de la population.

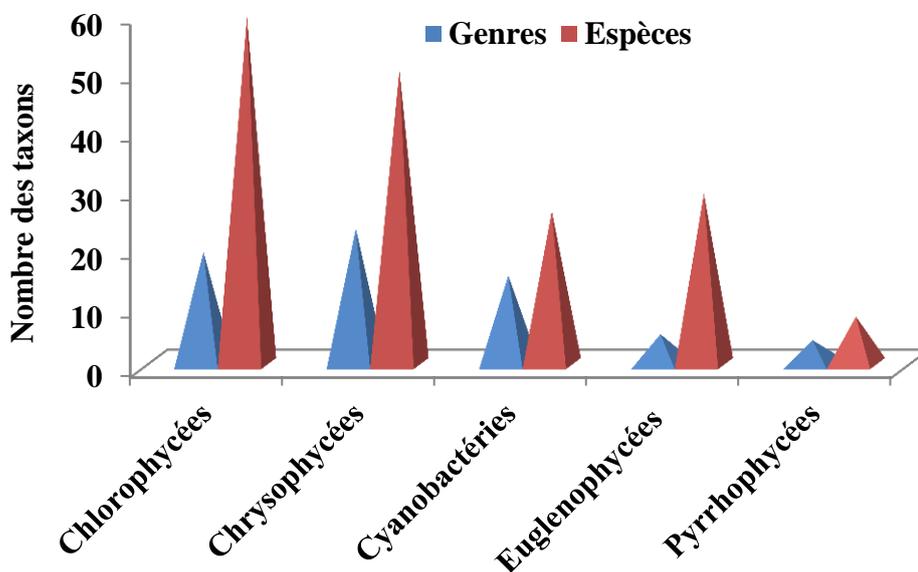


Figure 18 : Evolution de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques dans les eaux du lac Oubeira.

En termes de nombre des genres, la classe des Chrysophycées est la classe la plus importante par 23 genres, tandis que les Pyrrophyccées forment la classe la moins représentée avec seulement 04 genres.

2.2.3. Variation de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques

La figure 19 montre que la population phytoplanctonique du lac Oubeira est dominée par les Chlorophycées en avril et en mai en nombre d'espèces. Au mois de mars, les Chrysophycées prédominent essentiellement, suivies par des Chlorophycées. En terme de nombre de genres, les chrysophycées sont les premières en mars, alors qu'en avril et en mai, le nombre de genres est contrôlé par la classe des Chlorophycées.

Le nombre des Chlorophycées varie de 36 espèces en mars à 50 en mai avec un maximum de 53 en avril. Le nombre des genres varie de 13 en mars à 18 en avril (**Fig 19**). Ces changements dans le nombre d'espèces et des genres sont liés au pH et à la température qui conviennent à la croissance de cette classe, ainsi qu'à l'abondance des nutriments dans l'eau. 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 [Sevrin-Reyssac *et al.*, 1995].

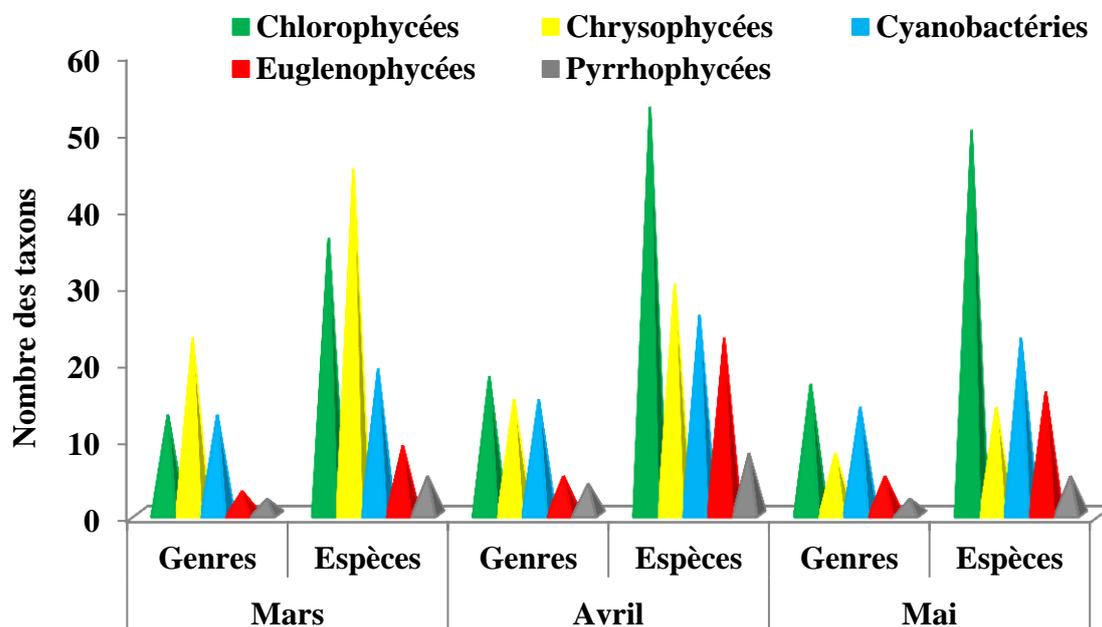


Figure 19: Evolution de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques

Le nombre d'espèces des Chrysophycées en mars était de 45 et le plus bas en mai était de 14 espèces. Nous notons également la baisse du nombre de genres de mars à mai, de 23 à 8 genres (**Fig 19**). L'augmentation du nombre d'espèces de cette classe en mars 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 la classe des Cyanobactéries, le nombre d'espèces varie de 19 espèces en mars à 26 en avril, et le nombre de genres varie de 13 en mars à 15 genres en avril (**Fig 19**). L'abondance des espèces et des genres des Cyanobactéries au mois d'avril et mai est en raison de la stabilité de la colonne d'eau et 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.

La classe des Euglenophycées a varié de 9 à 23 espèces respectivement en mars et en avril, le nombre le plus élevé de genres enregistré au mois d'avril et en mai était de 9 espèces (**Fig 19**). On pourrait expliquer cette pauvreté en Euglénophytes au mois de mars

aux pluies abondantes et au manque d'ensoleillement sur plusieurs jours ce qui a fait diminuer les températures et retarder le développement

Enfin, la classe des Pyrrophytes n'est représentée que par un nombre réduit d'espèces et genres, avec un maximum de 8 espèces en avril et seulement 4 genres dans le même mois (**Fig 19**).

2.2.4. Abondance totale du phytoplancton

Selon la figure 20, l'abondance globale du phytoplancton est élevée en avril où elle Atteint 33.75×10^6 indiv/l et 31.4×10^6 indiv/l en mai, et la plus faible abondance enregistrée au mois de mars par 22.75×10^6 indiv/l.

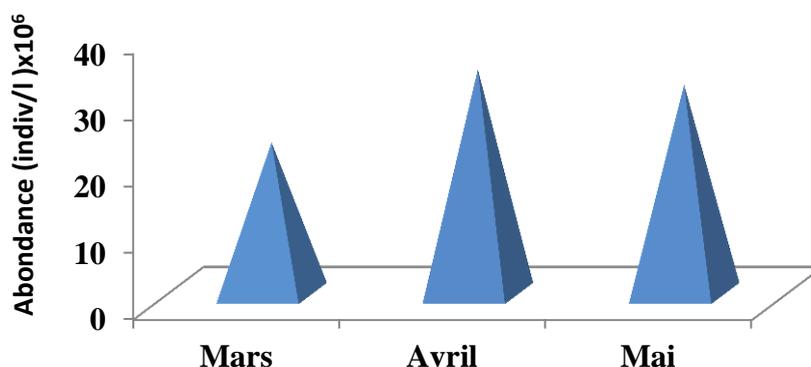


Figure 20 : Variation de l'abondance de la population phytoplanctonique

La stabilité de la colonne d'eau, l'augmentation de la température en avril et mai, ainsi que l'abondance des ortho-phosphates et l'azote sont des conditions favorables pour la croissance et le développement du phytoplancton notamment les chlorophycées et les cyanobactéries En particulier les formes filamenteuses.

2.2.5. Contribution des différentes classes dans l'abondance totale

La figure 21 montre la contribution de différentes classes dans l'abondance totale, où seulement 2 classes parmi les 5 sont plus abondantes, les Chlorophycées au trois mois mars, avril et mai avec une densité respectivement 8.1×10^6 , 12.25×10^6 et 13.05×10^6 indiv/l. Suivie par les Cyanobactéries qui ont une densité plus ou moins élevés varie de 5.75×10^6 au mois de mars à 8.5×10^6 à une forte abondance au mois de mai par 11.55×10^6 indiv/l. (**Fig 21**).

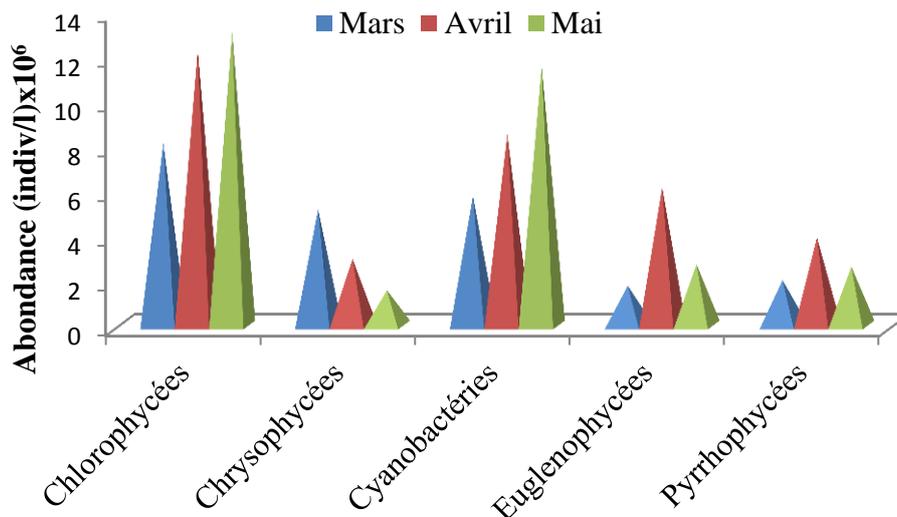


Figure 21 : Contribution des différentes classes dans l'abondance

Ces deux classes sont les plus abondantes dans le mois de mai. Ceci s'explique probablement par la température appropriée et abondance de nutriments minéraux tels que les phosphates et l'azote.

L'abondance des chrysophycées (**Fig 21**) diminue au cours de la période d'étude de $5,15 \cdot 10^6$ indiv/l en mars à $1,55 \cdot 10^6$ indiv/l en mai.

La valeur la plus élevée de l'abondance des Euglenophycées était de $6,15 \cdot 10^6$ indiv/l en avril, tandis que la valeur faible a été enregistrée en au mois de mars par $1,75 \cdot 10^6$ indiv/l (**Fig 21**)

En fin les Pyrrophyccées présentent des densités Relativement faibles par rapport aux autres classes durant la période d'étude, en mars la densité est $2 \cdot 10^6$ indiv/l, elle monte à $3,9 \cdot 10^6$ indiv/l en avril puis redescend en mai (**Fig. 21**).

2.2.6. Indices de diversité

2.2.6.1. La diversité totale

La diversité totale calculée avec l'indice de Shannon à partir des effectifs varie de 1,227 bits/ indiv en mars à 1,746 bits/ indiv au mois d'avril (**Fig. 22**). L'apparition de nouvelles espèces des chlorophycées et des cyanobactéries Contribuée de manière significative dans la grande diversité au mois d'avril.

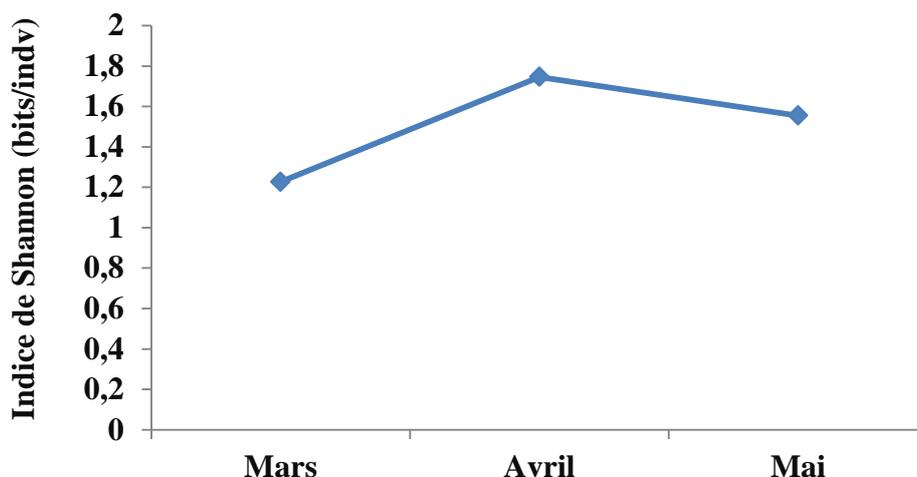


Figure 22 : Evolution de l'indice de diversité de Shannon à partir de l'abondance totale

2.2.6.2. Diversité des différentes classes

En tenant compte de l'indice de diversité de Shannon calculé à partir des effectifs (abondance), la classe des chlorophycées parmi les 5 classes est la plus diversifiée dans les trois mois d'étude, elle varie de 0,437 bits/indv le mois de mars à 0,665 bits/indv au mois d'avril, suivit par les cyanobactéries qui sont variés de 0,292 en mars à 0,524 bits/indv en avril (**Fig. 23**). Cette augmentation coïncide avec les conditions environnementales qui favorisent l'établissement d'un plus grand nombre des espèces. Alors que Les Pyrrophyccées est la classe la moins diversifiée.

La diversité des Chrysophycées diminue de mars à mai où elle était supérieure à 0,304 bits/indv en mars et a enregistré sa plus faible valeur en mai avec 0,092 bits/indv (**Fig. 23**). Les variations de la diversité des Euglenophycées et des Pyrrophyccées étaient similaires, la valeur la plus élevée pour leurs diversités était 0,318 bits/indv et 0,176 bits/indv respectivement au mois d'Avril. Les valeurs les plus faibles cette diversité ont été enregistrées en mars et en mai pour les deux classes (**Fig. 23**).

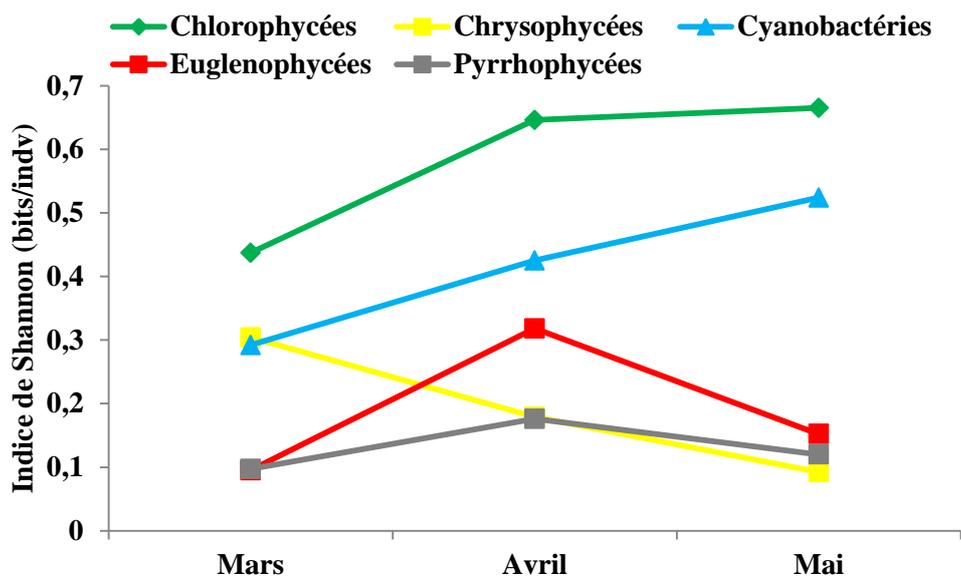


Figure 23 : Evolution de l'indice de diversité de Shannon des classes phytoplanctoniques à partir des abondances spécifiques.

La diversité spécifique des classes phytoplanctoniques est en général plus élevée au mois d'avril. On remarque que La diversité des classes non filamenteuses diminue en mai, le cas des Euglenophycées, des Pyrrhophycées et des chrysophycées (Fig. 23).

2.3. Composition des groupes fonctionnels du lac Oubeira

La structure des assemblages d'espèces phytoplanctoniques au niveau du lac Oubeira se caractérise par 22 groupes fonctionnels (Tab.07) selon les critères de REYNOLDS *et al.* (2002).

Tableau 07 : Les principaux groupes fonctionnels du lac Oubeira selon les critères de Reynolds *et al.* (2002).

Groupe fonctionnelle	Habitat	Genres ou espèces représentatives	Résistance	Sensibilité
A	Eaux claires, souvent bien mélangées, lacs de faible alcalinité	Cyclotella	Carence en nutriments	Augmentation du pH

Tableau 07 : (Suite)

B	Mélange vertical des eaux, lacs mésotrophes de taille petite à moyenne	Aulacoseira	Carence de lumière	Augmentation du pH, appauvrissement en Si, stratification
C	Eaux mélangées, lacs eutrophes de taille petite à moyenne	<i>Aulacoseira ambigua</i> , Stephanodiscus	Manque de lumière et de C	Epuisement en Si, stratification
D	Eaux peu profondes, troubles et enrichies, présents dans les rivières	Synedra <i>Nitzschia</i> ssp. Stephanodiscus	Ecoulement	Raréfaction des nutriments
N	Epilimnion mésotrophe	Cosmarium	Carence en nutriments	Stratification, Augmentation du pH
P	Epilimnion eutrophe	<i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Closterium aciculare</i> , <i>Staurastrum</i>	Lumière modérée et manque de C	Stratification, raréfaction en Si
S1	Couches d'eaux troubles et mélangées	Pseudanabaena	Conditions de très faible luminosité	Ecoulement
S2	Eaux peu profondes, couches d'eaux troubles et mélangées	Spirulina	Conditions de faible luminosité	Ecoulement

Tableau 07 : (Suite)

Sn	Couches d'eaux chaudes et mélangées	Cylindrospermopsis, Anabaena	Conditions pauvres en azote	Ecoulement
X1	Eaux peu profondes, couches d'eaux mélangées et conditions enrichies	<i>Monoraphidium</i>	Stratification	Carence en nutriments, organismes filtreurs
Y	Lacs généralement petits et enrichis	Cryptomonas Peridinium	Manque de lumière	Phagotrophes
E	Lacs généralement petits, oligotrophes, d'alcalinité faible, lacs ou étangs hétérotrophes	Mallomonas Synura	Carence en nutriments (recours à la mixotrophie)	Manque en CO2 Manque en CO2
F	Epilimnion claire	Chlorophytes coloniales: Botryococcus, <i>Oocystis Lacustris</i>	Carence en nutriments	Manque en CO2 (?), Forte turbidité
J	Lacs, étangs ou rivières peu profonds et enrichis	Pediastrum, Coelastrum, Scenedesmus		Faibles conditions de luminosité
K	Colonnes d'eaux petites et avec des nutriments	Aphanothece, Aphanocapsa		Mélange profond
H1	Nostocales fixatrices d'azote	<i>Anabaena flos-aquae</i> , Aphanizomenon	Faible azote et carbone	Mélange, faible lumière, et faible niveau de phosphore
H2	Nostocales fixatrices d'azote de lacs mésotrophes plus vastes	Anabaena	Faible azote	Mélange, faible lumière

Tableau 07 : (Suite)

Lo	Epilimnion d'été sur lacs Mésotrophes	Peridinium	Nutriments dispersés dans la colonne d'eau	Mélange prolongé ou profond
LM	Epilimnion d'été sur lacs eutrophe	Microcystis	Très faibles niveaux de C, stratification	Mélange, faible lumière
M	Couches d'eaux mélangées de petits lacs eutrophes, faibles latitudes	Microcystis	Fort ensoleillement	Ecoulement, faible luminosité globale
W1	Petits étangs naturels	Euglenoids, Synura	DBO élevée	Broutage
W2	Lacs mésotrophes peu profonds	Trachelomonas <i>Trachelomonas</i> <i>volvocina</i>	?	?

Parmi ces groupes fonctionnels, 8 groupes réunissent les cyanobactéries (**S1, S2, Sn, K, H1, H2, LM** et **M**), 7 groupes pour les Chrysophycées (**A, B, C, D, P, E** et **W1**), 5 groupes pour les chlorophycées (**N, P, X1, F** et **J**), 2 groupes pour les Euglenophycées (**W1** et **W2**) et 2 groupes également pour les Pyrrhophycées (**Y** et **Lo**).

Ces groupes montrent que le lac Oubeira est un écosystème aquatique méso-eutrophes à eutrophes, peu profonds à couche mélangée et de faible stratification, avec des organismes tolérant la lumière faible et sensible à la réduction de la teneur en Si.

Conclusion

L'eutrophisation d'un plan d'eau douce d'abord comme principale effet de réduire la biodiversité des écosystèmes touchés. La surabondance de nutriment entraîne cette eutrophisation par la prolifération d'espèces envahissante, L'un des objectifs de recherche en Ecologie est d'identifier les facteurs et d'étudier les interactions qui contrôlent la distribution et l'abondance des organismes dans un environnement. L'étude des changements temporels de la composition et de l'abondance du phytoplancton peut être conçue comme l'analyse d'un gradient temporel direct formé à partir du complexe de variables environnementales.

Il ressort Cette étude que la communauté phytoplanctonique du lac Oubeira est composée de 172 taxons ou espèces et 66 genres constituent 5 classes dont 2 sont plus représentatives en terme de nombre d'espèces et des genres. Ce sont les Chlorophycées, suivie par celle des Chrysophycées, les Cyanobactéries, les Euglenophycées et les Pyrrophycées sont moins représentées. Les espèces toxiques recensées au niveau du lac Oubeira sont : *Amphora sp*, *Nitzschia sp*, *Pseudonitzschia sp*, *Gymnodinium sp*, *Peridinium sp*, *Microcystis sp*, *Gomphosphaeria sp*, *Oscillatoria sp*, *Lyngbya sp*, *Pseudanabaena sp*, *Dictyocha*, *Anabaena sp*.

Les variables phytoplanctoniques (richesse spécifique, indice de diversité et abondance) étudiées ont montré une similitude on nombre de taxons entre le mois d'avril et mai. Les faibles densités sont notées en avril. La composition générale du phytoplancton du lac est dominée par les Chlorophycées, suivie par les Cyanobactéries sont les plus abondantes de la population dans les trois mois d'étude.

L'indice de diversité de Shannon calculé à partir des effectifs montre que cette communauté est plus diversifiée au mois d'avril puis au mois de mai. Les chlorophycées sont les plus diversifiées. Alors que Les Pyrrophycées est la classe la moins diversifiées. Les variations de la diversité des groupes phytoplanctoniques ont montré de grandes similitudes entre les Chlorophycées et les Cyanobactéries et une grande similitude aussi entre les Euglenophycées et les Pyrrophycées.

La structure des assemblages d'espèces phytoplanctoniques, à partir des espèces se caractérise par 22 groupes fonctionnels dont 8 groupes réunissent les cyanobactéries (S1, S2, Sn, K, H1, H2, L_M et M), 7 groupes pour les Chrysophycées (A, B, C, D, P, E et W1), 5

groupes pour les chlorophycées (N, P, X1, F et J), 2 groupes pour les Euglenophycées (W1 et W2) et 2 groupes également pour les Pyrrhophycées (Y et Lo). Ces groupes fonctionnels montrent que le lac Oubeira est caractérisé par des eaux méso-eutrophes à eutrophes, peu profondes à couche mélangée.

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'impact des paramètres physico-chimiques sur la dynamique mensuelle du phytoplancton.

Références bibliographiques

- **Abeliovich A. et Weisman D., 1978.** Role of heterotrophic nutrition in growth of algae *Scenedesmus obliquus* in high rate oxidation ponds, appl. And environ. Microbile .pp: 35.
- **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; page63.
- **Adjami Y, 2006:** Etudes des facteurs de déperissement dans la subéraie d'El-kala (Nord-est Algérien): cas de la subéraie d'El-Mellah. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.
- **Agrigon A., 2000.** Annuaires de la qualité des eaux et des sédiments.DUNOD.206p.
- **Amblard C. 1987.** Les successions phytoplanctoniques en milieu lacustre. *Ann. Biol.* 26: 1 34.
- **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 122
- **Anglier E, 2000.**ecologie des eaux courantes Edit : Tec et Doc : Paris p.350.
- **Anglier E., 2003 a.** Ecologie des eaux courantes. Technique et documentation. Lavoisies, Paris. 199p.
- **Anglier E., 2003 b .** Introduction à l'ecologie. Des écosystème naturels à l'écosystème humain. Edit : Tec et Doc, Paris. 230P.
- **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.
- **Arrignon J., 1991.**Aménagement piscicol des eaux douces. 4éd ED : lavoisier. 631p.
- **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 3éme cycle. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal). P: 10, 22.
- **Barnabé G. et Barnabé–Quet R., 1997.** Ecologie aménagement des eaux côtières.
- **Barth H. et Fegah L., 1990.** Eutrophisation related phenomena in the Adriatic Sea in other Mediterranean costal zones proceeding of a workshop held in Rome. 28- 30 May 1990, water pollution. *Research Rapport.* **16.** C.E.C (EUR12978): 1-255.

- **Becker E. W., 1983.** Limitations of heavy metal removal from waste water by means of algae. *Wat. Res.*17(4) pp: 459-466.
- **Benamira M, Halassi I., (2012).**Evaluation de la qualité microbiologique et physicochimique se 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.
- **Bensaker Bachir., 1988.**Contribution A La Modélisation et à l'identification d'un processus de croissance de micro-organisme marins.(Dinophysis acuminata).p11.
- **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
- **Bouaïcha N, 2002.** La ruée vers l'eau en Algérie, Maroc et Tunisie.Université Paris -Sud, UFR de Pharmacie / Laboratoire Santé Publique-Environnement. 1-2.
- **Bouaïcha N., Maatouk I., Vincent G. ET Levi Y., 2002.** A colorimetric and fluorometric microplate assay for the detection of microcystin-LR in drinking water without preconcentration. *Food and Chemical Toxicology* 40: 1677–1683.
- **Bouguessa S., 1993**Contribution à l'étude bactériologique des anisoptères Odonate du lac Oubeira PNEK, Thèse de Magister. Université d'Annaba, 1993, 70p.
- **Boukrouma N., 2008.**contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de le retenue collinaire de Ain Fakroun (W.d'Oum El-Bouaghi). Mémoire de Magister en biologie-Ecologie, Université 08 mai 1945 Guelma.
- **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., Ameer 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.
- **Bourke, A. T. C., Hawes, R. B., Neilson, A. and Stallman, N. D., 1983,** An Outbreak of Hepato-Enteritis (the Palm Island Mystery Disease) Possibly Caused by Algal Intoxication, *Toxicon* **21**: 45–48.
- **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 .pp : 438.
- **Bourrelly P., 1970.** Les algues d'eau douces. Algues bleues et rouges. Edition Boubée &Cie. Paris.
- **Bourrelly P., 1972 a.** Les algues d'eau douce ; initiation à la systématique. Tome I : Les algues vertes. Edition N. Boubée &Cie, 512p.
- **Bourrelly P., 1972 b.** Les Algues d'eau douce ; initiation à la systématique. Tome I :les algues verts .Edition N.Boubée &Cie, 512p.
- **Bourrelly P., 1985 a.** Les algues bleus ou cyanophycées, 5éme partie. Edition Boubée Paris. P : 297,303, 457-458, 606.
- **Bourrelly, P., 1985 b.** 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.
- **Boussaroura A., 2011.** Etude de la qualité bactériologique et physic-chimique du lac Tonga.Mémoire de master II.(université de 8 mai Guelma)pp :20,53,52.
- **Bouvy M., Pagano M. et Troussellier M., 2001.** Effects of a Cyanobacteria bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*), on bacteria and zooplankton communities in ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquat. Microb. Ecol.* **25** (3): 215-227.
- **Brahmia Zahra , 2002.** Rôle fonctionnel du lac Oubeira et du lac Mellah (parc national d'El-Kala) pour les oiseaux marins, Mémoire Magister; Université Badji Mokhtar d'Annaba
- **Carpenter, S.R., D. Ludwig et W.A. Brock, 1999.** "Management of eutrophication for lakes subject to potentially irreversible change", *Ecol. Appl.*, vol. 9, p. 751-771.

- **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 microcystine 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.
- **Cemagerf, 2003.** Protocol actualisé de la diagnose rapide des plans d'eau. Juillet 2003, 24p.
- **Champiat D. et Larpent J.P., 1994 a.** Biologie des eaux: Méthodes & Techniques, 2éme tirage. P : 24, 37, 39.
- **Champiat, D., et Larpent, J.P., 1994 b.** Biologie des eaux. Méthodes et techniques, Masson Paris Milan Barcelone Masson Paris Milan Barcelone Maxico. 347 P.
- **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.
- **Chauvaud L., Jean F., Ragueneau O. et Thouzeau G., 2000.** Long-term variation of the Bay of Brest ecosystem benthic–Pelagic coupling revisited. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **200**: 35-48
- **Christian Sardet., 2013.** Plancton -Aux Origines du vivant, Edition Ulmer (Paris, France),216pp.
- **Christophe L-T., 2009.** Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de d'énombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise enouever de la DCE édition Inra.
- **Compère 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 Biopédologic. ISSN 0398 7973, 3éme trimestre : 371-380.
- **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.Montpellier France.
- **De Reviere B., 2003 :** biologiste et phylogénie des algues. Belin, Paris. Collection Sup Sciences .Tome 2,pp : 78, 255.
- **Degremont, 1978 :** Mémento techniques de l'eau.

- **Dekayir S., 2007.** Gestion, recuperation et valorization de la biomasse produite dans un filiere d'epuration des eaux usees par Chenal Algal à Haut Rendement, Thèse de doctorat, Université de Liège, Belgique, 184p.
- **Demers S., Therriault T., Bourget E&Bah A., 1987.** Resuspension in the shallow sub littoral zone of a macrotidal estuarine environment: wind influence. *Limnol.Oceanogr.* 32: 327-39
- **Des Abbayes H., Chadefaud M., Feldmann J., De Ferre Y., Gaussen H., Grasse P.P. et Prévot A.R., 1978.** Précis de botanique : 1 végétaux inférieurs. 2^{ème} édit. Masson, paris. 302,303p.
- **Detay M. L., 1993.** Le Forge D'eau, Réalisation, Entretien et Réhabilitation. Masson .393P.
- **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.
- **Dusenberry J. A., Olson R. J., Chisholm S. W. 1999.** Frequency distributions of phytoplankton single cell fluorescence and vertical mixing in the surface oceans. *Limnol Oceanogr.* 44:431-435.
- **Duy T.N., Lam P.K.S., Shaw G.R. et Connell D.W. 2000.** Toxicology and risk assessment of freshwater cyanobacterial (blue- green algal) toxins in water. *Rev. Environ. Contam.Toxicology.*163: 113- 186.
- **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.

- **Ettl H.; Gerloff J. et Heynig H., 1978.** Xnathophyceae.(eds). Suwßasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- **Faurie. C et al, 2003 :** Ecologie approche scientifique et pratique. 5^{ème} édition Tec et Doc.
- **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.
- **Fott B., 1969.** Studies in Phycology, E. Schweizerbart'sche Verlagsburchhadlung, Stuttgart
- **Frontier S. et Etienne M., 1990.** Etude de la diversité spécifique par le moyen des diagrammes rangs-fréquences : modelisation, variabilite d'échantillonnage. *In:* Biométrie et Océanographie. Société de Biométrie. Ifremer. Actes des colloques: 145-177.
- **Fustec E, Lefeuvre J-C et Coll. 2000.** « Fonctions et valeurs des zones humides », Dunod Paris, 426p.
- **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 micro algales 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.
- **Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques: aide-mémoire. *Technique et documentation.* Lavoisier. Paris, 220P.
- **Gayral. Paulette, 1975 :** Les algues ; morphologie, cytologie, reproduction, écologie ; Edition Dion, Paris ; 51 p, 154 p.
- **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 liége, 57p.
- **Goffart A., 2010.** Les Indices De Composition Phytoplanctonique En Eaux Côtières Synthèse Bibliographique, Université de Liège Belgique et STARESO Calvi Corse
- **Gorenflot R, 1975 :** Précis de botanique ; procaryotes et Thallophytes encaryotes.Edition DOIN, Paris ; 184 p, 187 p
- **Gorenflot R. et Guern M., 1989.** Organisation et biologie des Thallophytes. Doin édit. Paris. p : 196, 201.

- **Grande., Encyclopédie, 1980** : France.
- **Graziano L.M., Geider R.J., Li W.K.W. et Olaizola M., 1996.** Nitrogen limitation of North Atlantic phytoplankton: Analysis of physiological condition in nutrient enrichment experiments. *Aquat Microb Ecol.* **11** : 53-64.
- **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.
- **Haider S., Naithani V., Viswanathan P. N. et Kakkar P., 2003.** Cyanobacterial toxins: a growing environmental concern. *Chemosphere*, 52, 1-21.
- **Hamilton D. P. et Schladow S. G., 1997:** Prediction of water quality in lakes and reservoirs. Part I - Model description. *Ecological Modelling*, 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.
- **Henderson-Sellers & Markland, 1990:** Decaying lakes; the origin and control of Eutrophication.
- **Humenik F.J. & Hanna G.P., 1971.** Algae-bacterial 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. Vol .2. Introduction to lake biology and the limnoplankton. *J.Wiley & Son, New York.* 1115p.
- **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.
- **Johan D. M., 1994.** Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Biology Review.* 69: 275-291.
- **John D.M., Whitton B.A., Brook A.J, (2002).** *The Freshwater Algal Flora of the British Isles.* Cambridge University press, The Natural History Museum, 702 p.
- **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, 710.
- **Kalisz I., 1973.** Role of algae in sewage purification. 2. Nutrient removal, *pol, Arch hydrobiol.* 20 (3) pp: 413-434

- **Kankaala, 1988.** The relative importance of algae and bacteria as food of *Daphnia longispina* (Cladocera) in a polthmic lake, *Freshwater Biology*, 19: 285-296.
- **Kilham S.S. and Kilham P. 1984.** The importance of resource supply rates in determining phytoplankton community structure, p. 7-27. In *Trophic interactions within aquatic ecosystems*. Am. Assoc
- **Krammer K., et Lange-Bertalot H., 1986-2000.** Bacillariophyceae. In *susswasserflora von Mitteleuropa* Ettl H, Gerloff J., Heyning H. & Mollenhauer D., eds.spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 1-5.
- **Lampert W., 1987.** Laboratory studies on zooplankton-Cyanobacteria interaction. *New. Zeal .Jour. Mar .Fresh .Res.* **21**: 483-490.
- **Larpen J.P. et Larpen–Gourgaud M., 1997.** Mémento technique de microbiologie. 3éme édit. Paris. P: 245, 246 Lavoisier. P: 131, 135,138.
- **Lecler, 1996.** Microbiologie générale. Doin.368p.
- **Leitão M., Coute A., (2005).** Guide pratique des Cyanobactéries planctoniques du Grand Ouest de la France. Agence de l’Eau Seine-Normandie, 64 p.
- **Lightfoot N.F., 2002.** Analyse microbiologiques des aliments et de l’eau .directives pour l’assurance qualité. France. 387p.
- **Litchman E., DE Tezanos Pinto P., Klausmeier C. A., Thomas M.K., Yoshiyama K., (2010).** Linking traits to species diversity and community structure in phytoplankton. *Hydrobiologia* 653, 15–28.
- **Mann K.H. et Lazier J.R.N., 1966.** Dynamics of marine’s ecosystems. Blackwell Science Inc. P: 394.
- **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, 1ére édition, Edisem, 195p
- **Merzoug A., (2008) ;** Comportement diurne du Canard chipeau *Anas strepera* et de la Foulque macroule *Fulica atra* hivernant à Garaet Hadj Taher (wilaya de Skikda) ; Mémoire de Magister ; Université 8 mai 1945, Guelma ; page 85.

- **Miri Y., 1996.** Contribution à la connaissance des ceintures de végétation du lac Oubeira (Parc national d'El-Kala). Approche phyto-écologique et analyse de l'organisation spatiales. Thèse Magister. INA. El-Harrach Alger. P : 99.
- **Monod T., 1989.** Méharées géographie. France loisire. 233p.
- **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: 165-170.
- **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 guide to their public Health consequences, monitoring and management. WHO Ed. E & FN SPON, pp 41-111.
- **Nicholls K.H., 1995.** *Chrysophytes* bloom in the plankton and neuston of marine and freshwater systems. P: 181-216. In: Sandgren C.D., Smol J.P. et Kristiansen J.(eds). Chrysophytes algae: Ecology, phylogeny and development. Cambridge University Press.
- **Nicklin. J, Graeme. K, Pajet. T et Killington. R, 2000:** L'essentiel en microbiologie. Edition BERTI ; 365 p
- **Noël G., 2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Cote d'Ivoire).Thèse de doctorat .Université de Toulouse.
- **Nürnberg, G. K., 1984.** "The prediction of internal phosphorus load in lakes with anoxic hypomania", Limnology and Oceanography, vol. 29, no 1, p. 111-124.
- **Oliver R. L. et Ganf G.G., 2000.** Freshwater Blooms. P: 149-194. In: Whitton B.A., & Potts M., The Ecology of Cyanobacteria .Their Diversity in Time and Space. *Kluwer Academic Publishers.*
- **ONU, 2000** L'avenir de l'environnement mondial, Programme des Nations Unies pour L'environnement et De Boeck Université
- **Oswald W.J., 1973.** Productivity of algae in sewage disposal, Solar Energy, 15: 107-117.
- **Oudra B., 1990.** Bassins de stabilisation anaérobie et aérobie facultatif pour le traitement des eaux usées à Marrakech : Dynamique du phytoplancton Microplancton et Picoplancton et évaluation de la biomasse primaire. *Thèse de 3ème cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakch.* 124p.
- **Ozenda P., 2000.** Les végétaux : Organisation et diversité biologique. 2ème Dunod éd.P: 9-13.

- **Paerl H.W., 1988.** Nuisance phytoplankton blooms in coastal estuarine and inland waters. *Limn and Ocean* **33**: 823-84.
- **Paerl H.W., Fulton R.S., Moisander P.H. et Dyle J., 2001.** Harmful freshwater algal Bloom with an emphasis on Cyanobacteria. *The Scientific. World. Journal.* **1**: 76-113.
- **Parhad N.M. & Rao N.U., 1974.** Effect of pH on survival of *Escherichia coli*. *Jourl. Water poll. Control. Fed.*, 46:980-986.
- **Patil H.S, G.B. Dodakundi et S.S Rodgi., 1975.** Succesion in zoo and phytoplankton in sewage stabilization ponds, *Hydrobiologia*, 7(2): 253-264.
- **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 Foot B, 1983.** Des Phytoplankton des Sußwassers, Systematikund Biologie, E. Schweizerbart'sche Verlagsburchhandlung, Stuttgart.
- **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.
- **Ramade F., 1984.** Eléments d'écologie: écologie fondamentale. Édit Mc Graw-Hill. Paris. P: 61.
- **Ramade F., 1993.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Science Internationale. Paris, 822p
- **Ramade F., 2005.** Eléments d'écologie : écologie appliqué. Edit Dunod. 6édition. Paris, 863p.
- **Ranson S.P. 2003.** L'alimentation de la carpe (*Cyprinus carpio*) dans son biotope et en élevage. Thèse de Doctorat en vétérinaire. La faculté de médecine de Créteil. ALFORT. 120p
- **Raschke R.L., 1970.** Algal periodicity and waste reclamation in a stabilization ponds system, *J.W. P.C.F.*, 42 (4): 518-530.
- **Raymond., 1977.** Le traitement des eaux. 2eme édition. Dunod, France. 387p.
- **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., 1984.** The ecology of fresh water phytoplankton. Cambridge University Press. P: 384.
- **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.
- **Rickliffs 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.
- **Rodier J., Legube B., Marlet N., et Coll., 2009.** L'analyse de l'eau .9ème édition Dunod .Paris. 1579p.
- **Rosowski, J.R., 2003.** photosynthetic Euglenoids. Dans: freshwater Algae of North America: ecology and Classification. Wehr; J.D. et Sheayh, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- **Sevrin –Reyssac J., La Noüe J. et Proulx D., 1995.** Le recyclage du lisier de porc par Lagunage. Lavoisier. Paris. P: 17.
- **Shannon C. E. & Weaver W., 1963.** The mathematical theory of communication. Urbana University Press, Illinois, 117 pp
- **Shillinglaw S. N. et Pieterse A.J.H., 1977.** Observation on algal population in an experimental maturation pond system, Water S.A., 34: 183-192.
- **Skulberg et al, 1993:** Taxonomy of toxic cyanophyceae (cyanobacteria) in: Algal toxins in Seafood and drinking water chap 9: 145-164.
- **Smayda, T.J., 1997.** Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to Phytoplankton blooms in the sea, Limnol. Oceanogr. 42 (5), 1137–1153.
- **Sonzogni W.C. & Chapra S.C., Armstrong D.E., & Logan T.J., 1982.** Bioavailability of Phosphorus inputs to lakes. J. Environ. Qual., 11: 555–563
- **Sournia A, 1968.** Diatomées planctoniques du canal de Mozambique et de l'il.Maurice, p152.
- **Steiner B., 1982 a.** Diatomées planctoniques du canal de Mozambique et de l'ile.Maurice p 152.
- **Steiner B., 1982 b .** Evolution des peuplements planctoniques d'une installation de langage naturel (Chacenne, Doubs), Actes colloque Montpellier/Language, 1-5 Juin 1982, 84p

- **Stumm W. et Morgan J.J., 1996.** Aquatic Chemistry: Chemical equilibrium and rates in natural Waters. Wiley. Inter. Science. Publication. Third edition. P: 1024.
- **Talita Silva, Bruno J. Lemaire et Brigitte Vinçon-Leite., 2011:**Suivi du phytoplancton dans les lacs urbains à l'aide d'une bouée instrumentée: le cas du lac d'Enghien-les-Bains; Université Paris-Est, LEESU, École des Ponts Paris Tech, 6 et 8 avenue Blaise Pascal, Cité Descartes, 77455 Marne la Vallée Cedex 2.2011.page2
- **Thébault L. et Lesne J.P., 1995.** Les toxines des cyanobactéries : quels risques pour la santé. TSM, 12: 937-940.
- **Thomazeau S., 2006 :** Diversité phylogénétique et toxinique de cyanobactéries du Sénégal et du Burkina Faso. mémoire de master. Université de Pierre & Marie CURIE – PARIS- 6. 44 p.
- **Thronsen J., 1978.** Préservation and storage. In: Sournia A (ed). Phytoplankton manual. Monographs on oceanographic methodology. UNESCO. P: 67-74.
- **Tisdale, E. S., 1931,** Epidemic of Intestinal Disorders in Charleston, W. Va., Occurring Simultaneously with Unprecedented Water Supply Conditions, *American Journal of Public Health* **21**: 198–200.
- **Travers M., 1964.** Diversité spatio-temporelle des genres *Daphnia* et *Simocephalus* des mares temporaires de la Numidie. Thèse de Magistère. Université de Guelma .70p.
- **Van der post D.C. et Torein D.F., 1974.** The retardment of algal growth in maturation ponds, *Wat. Res.*, 8(9): 593-600.
- **Verity P.G et Villareal T. A, 1986.** The relative food value of Diatoms, Dinoflagellates, Flagellates and Cyanobacteria for Tintinnid-Ciliates, *Arch. Protistenkd.*, 131: 71-84
- **Villeneuve. F. et Desire. C – H, 1965 :** Zoologie, collection, Bordas, Paris ; 324 p.
- **Welch E.B., 1980.** Ecological effects of waste water. Cambridge, Cambridge University Press, 337 p.
- **Wetzel R.G. et Likens G. E., 2000.** Limnological Analyses, 3rd edition. Springer–Verlag. P: 429.
- **Zeltzer.P. 1946.** le climat de l'Algérie. Imp. Typo-litho. Et Cie ; Alger ; 219p.
- **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.
- **Zongo F., 2007.** Inventaire et systématique des micro-algues du réservoir de Bagré au Burkina Faso. Thèse de doctorat d'Etat ès Science. Université d'Ouagadougou. Burkina Faso. 208 p.

- **Zourez O.et Ferhani, 2003.** Etude physico-chimique et biologique d'un écosystème aquatique : Barrage de Boukourdane (wilaya de tipaza).Mém.d'ing d'état en aquaculture, ISMAL ?104P.

Résumé

Le lac Oubeira Situé à 3 km à l'Ouest de la ville d'El-kala, à l'extrême Nord-Est Algérien entre 36°50' N et 08°23' E, est un écosystème aquatique qui appartient à un ensemble biogéographique, exceptionnel par sa diversité biologique et qui fait partie du complexe des zones humides d'El-Kala. Notre travail consiste à caractériser la biodiversité phytoplanctonique du lac Oubeira, durant la période qui s'étale de mars à mai 2018. Les échantillons ont été prélevés à partir de deux stations. Les résultats des analyses physicochimiques montre que ce lac se caractérise par une température saisonnière varie de 14,1 en mars au 19.7 en mai, un pH en général alcalin qui situé entre neutre 6,85 et 8,90, l'eau est moyennement minéralisée et bien oxygène au mois de mars (2.22 mg/l) et une salinité très faible autour de 0 ppt le cas des eaux de surface. Les résultats de l'analyse phytoplanctonique nous a permis d'identifier 66 genre et 172 espèces appartenant aux 5 classes, les *chlorophycées* suivit par les *chrysophycées*, les *Cyanobactéries*, *Euglenophycées* et *Pyrrhophycées*. des espèces toxique tel que *Amphora sp*, *Nitzschia sp*, *Pseudonitzschia sp*, *Gymnodinium sp*, *Peridinium sp*, *Microcystis sp*, *Gomphosphaeria sp*, *Oscillatoria sp*, *Lyngbya sp*, *Pseudanabaena sp*, *Dictyocha*, *Anabaena sp* sont identifiés. Les variables phytoplanctoniques (richesse spécifique, indice de diversité et abondance) étudiées ont montré une similitude on nombre de taxons entre le mois d'avril et mai. Les faibles densités sont notées en avril. La composition générale du phytoplancton du lac est dominée par les Chlorophycées, suivie par les Cyanobactéries sont les plus abondantes. L'indice de diversité de Shannon calculé à partir des effectifs montre que cette communauté est plus diversifiée au mois d'avril puis au mois de mai. Les chlorophycées sont les plus diversifiées. La communauté phytoplanctonique du lac Oubeira est caractérisée par la présence de 22 groupes fonctionnels qui montrent que ce lac est méso-eutrophes à eutrophes, peu profondes à couche mélangée de faible stratification, avec des organismes tolérant la lumière faible et sensible à la réduction de la teneur en Si.

Mots clés : Analyse physico-chimique, diversité phytoplanctonique, groupes fonctionnels, lac Oubeira, El Kala.

Abstract

Oubeira lake Located at 3 km west of El-kala city, in the extreme northeastern Algeria between 36° 50' N and 08° 23' E, is an aquatic ecosystem that belongs to a group biogeographic, exceptional in its biological diversity and part of the El-Kala Wetland Complex. Our work consists in characterizing the phytoplankton biodiversity of Lake Oubeira, during the period from March to May 2018. The samples were taken from two stations. The results of the physicochemical analyzes show that this lake is characterized by a seasonal temperature varies from 14.1 in March to 19.7 in May, a pH generally alkaline which is between neutral 6.85 and 8.90, the water is moderately mineralized and good oxygen in March (2.22 mg / l) and a very low salinity around 0 ppt the case of surface water. The results of the phytoplankton analysis allowed us to identify 66 genus and 172 species belonging to the 5 classes, chlorophyceae followed by chrysophytae, cyanobacteria, euglenophyceae and pyrrophyceae of toxic species such as *Amphora sp*, *Nitzschia sp*, *Pseudonitzschia sp.*, *Gymnodinium sp*, *Peridinium sp*, *Microcystis sp*, *Gomphosphaeria sp*, *Oscillatoria sp*, *Lyngbya sp*, *Pseudanabaena sp*, *Dictyocha*, *Anabaena sp* are identified. The phytoplanktonic variables (species richness, diversity index and abundance) studied showed a similarity on a number of taxa between the months of April and May. Low densities are noted in April. The general composition of the lake's phytoplankton is dominated by Chlorophyceae followed by Cyanobacteria are the most abundant. Shannon's diversity index, calculated from enrollments, shows that this community is more diversified in April and May. Chlorophyceae are the most diversified. the phytoplankton community of Lake Oubeira is characterized by the presence of 22 functional groups that show that this lake is meso-eutrophic to eutrophic, shallow to mixed layer of low stratification, with weak light-tolerant organisms and sensitive to the reduction of the Si content.

Keywords: Physico-chemical analysis, phytoplankton diversity, functional groups, Oubeira lake, El Kala.

الملخص

تقع بحيرة أوبيرة على بعد 3 كم إلى الغرب من مدينة القالة في أقصى شمال شرق الجزائر ما بين خطي 36 ° 50' N و 08 ° 23' E، هي النظام البيئي المائي الذي ينتمي إلى حيز جغرافي حيوي استثنائي في تنوعه البيولوجي حظيرة المناطق الرطبة للقالة. هذه الدراسة تهتم بالتنوع البيولوجي للعوالق النباتية في بحيرة أوبيرة خلال الفترة الممتدة من شهر مارس إلى ماي 2018. وتم أخذ العينات من محطتين. نتائج التحليل الفيزيائية تبين أن هذه البحيرة تتميز بدرجة حرارة موسمية تتراوح بين 14.1 في مارس و 19.7 في ماي، وبدرجة حموضة قلوية على العموم تتغير من 6.85 إلى 8.90. نسبة الأوكسجين بهذه المياه جيدة في مارس (2.22 ملغ / لتر) والملوحة منخفضة للغاية حول نقطة الصفر وهي حالة المياه السطحية. سمحت نتائج تحليل العوالق النباتية لنا بالتعرف على 66 جنسا و 172 نوعا تنتمي إلى 5 أقسام، chlorophycées تليها chrysophycées ، البكتيريا الزرقاء، و Euglenophycées و Pyrrhophycées . تم تعريف بعض الأنواع السامة مثل *Amphora sp*, *Nitzschia sp*, *Pseudonitzschia sp*, *Gymnodinium sp*, *Peridinium sp*, *Microcystis sp*, *Gomphosphaeria sp*, *Oscillatoria sp*, *Lyngbya sp*, *Pseudanabaena sp*, *Dictyocha*, *Anabaena sp*، وأظهرت متغيرات العوالق النباتية (ثراء الأنواع ووفرتها، ومؤشر التنوع) تشابها في عدد الأنواع بين شهري أبريل وماي. و كثافة منخفضة في أبريل. ويهيمن على التركيب العام للعوالق النباتية في البحيرة بواسطة chlorophycées تليها البكتيريا الزرقاء هي الأكثر وفرة. ويبين مؤشر التنوع في شانون ، المحسوب من التسجيلات ، أن هذا المجتمع أكثر تنوعا في أبريل وماي. قسم Chlorophyceae هو الأكثر تنوعا. يتميز مجتمع العوالق النباتية بحيرة أوبيرة بوجود 22 مجموعة وظيفية والتي تظهر أن هذه البحيرة هي وسط من متوسط الغني إلى حسن التغذية، منخفض العمق ، يمتاز بطبقة ضحلة ويفتقر إلى الطبقة الحرارية تعيش به الكائنات محبة للضوء المنخفض وحساسة لنقص عنصر السليسيوم في الماء.

الكلمات المفتاحية: تحليل فيزيوكيميائي، تنوع حيوي، مجموعات وظيفية، بحيرة أوبيرة، القالة.

Annexes

Tableau 01. Traits caractéristiques des différents groupes fonctionnels [Reynolds *et al.* 2002].

Groupe fonctionnelle	Habitat	Espèces représentatives	Résistance	Sensibilité
A	Eaux claires, souvent bien mélangées, lacs de faible alcalinité	<i>Urosolenia</i> , <i>Cyclotella comensis</i>	Carence en nutriments	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, appauvrissement 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</i> ssp. <i>Stephanodiscus hantzschii</i>	Ecoulement	Raréfaction des nutriments
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 en nutriments

Tableau 01. Suite.

S1	Couches d'eaux troubles et mélangées	<i>Planktothrix agardii</i> , <i>Limnothrix redekei</i> , <i>Pseudanabaena</i>	Conditions de très faible luminosité	Ecoulement
S2	Eaux peu profondes, couches d'eaux troubles et mélangées	<i>Spirulina</i> , <i>Arthrospira</i>	Conditions de faible luminosité	Ecoulement
Sn	Couches d'eaux chaudes et mélangées	<i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Anabaena minutissima</i>	Conditions pauvres en azote	Ecoulement
Z	Eaux profondes, claires, couches mélangées	<i>Synechococcus</i> , prokaryote Picoplankton	Faible concentration de nutriments	Manque de lumière, broutage
X3	Eaux peu profondes, claires, couches mélangées	<i>Koliella</i> , <i>Chrysooccus</i> , Eukaryote picoplankton	Faible alcalinité	Mélange, broutage
X2	Eaux peu profondes, claires, couches mélangées dans des lacs méso-eutrophes	<i>Plagioselmis</i> , <i>Chrysochromulina</i>	Stratification	Mélange, organismes filtreurs
X1	Eaux peu profondes, couches d'eaux mélangées et conditions enrichies	<i>Chlorella</i> , <i>Ankyra</i> , <i>Monoraphidium</i>	Stratification	Carence en nutriments, organismes filtreurs
Y	Lacs généralement petits et enrichis	<i>Cryptomonas</i> , <i>Peridinium</i> <i>Lomnickii</i>	Manque de lumière	Phagotrophes
E	Lacs généralement petits, oligotrophes, d'alcalinité faible, lacs ou étangs hétérotrophes	<i>Dinobryon</i> , <i>Mallomonas</i> , <i>Synura</i>	Carence en nutriments (recours à la mixotrophie)	Manque en CO2 Manque en CO2

Tableau 01. Suite.

F	Epilimnion claire	Chlorophytes coloniales: <i>Botryococcus</i> , <i>Pseudosphaerocystis</i> , <i>Coenochloris</i> , <i>Oocystis</i> <i>Lacustris</i>	Carence en nutriments	Manque en CO ₂ (?), Forte turbidité
G	Colonnes d'eaux petites et riches en nutriments	<i>Eudorina</i> , <i>Volvox</i>	Forte luminosité	Carence en nutriments
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 flos-aquae</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>	Faibles 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 eutrophes, faibles latitudes	<i>Microcystis</i> , <i>Sphaerocavum</i>	Fort ensoleillement	Ecoulement, faible luminosité globale
R	Métalimnion de lacs mésotrophes stratifiés	<i>Planktothrix rubescens</i> , <i>P. Mougeotii</i>	Faible lumière et forte ségrégation	Instabilité

Tableau 01. Suite.

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