

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur
et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid
El Tarf



جامعة الشاذلي بن جديد

UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشاذلي بن جديد
الطارف

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie

كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم العلوم البيولوجية



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« **Toxicologie industrielle et environnementale** »

THÈME

Contribution à l'étude de la qualité de l'eau des lacs Oubeïra, Mellah et Mekhada Nord Est Algérien

Soutenu le : 28/06/2022

Présenté Par : **Mechiane Fatiha & SACI Nour Elhouda**

Devant le jury composé de :

Dr LAZLI Amel	Présidente	Professeur	Université	Chadli Bendjedid–El Tarf
Dr Bahroun Sofia	Examinatrice	MCA	Université	Chadli Bendjedid- El Tarf
Dr Nouri Nada	Promotrice	MCA	Université	Chadli Bendjedid–El Tarf
Dr Amrani Amina	Co-promotrice	MCB	Université	Chadli Bendjedid–El Tarf

Année universitaire 2021 - 2022

Dédicaces

Avec ma profonde gratitude, je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leur sacrifices, leur encouragements et leur soutien vers le chemin de la réussite et que dieu les garde pour moi « papa, maman, merci pour tout »

mes frères Naser edine et youcef

Ma petite sœur Ghofrane Je lui souhaite de réussir dans son école

Mon cher fiancé Taoufik qui a toujours été là pour me soutenir et m'encourager et que dieu le garde pour moi

Ma binôme Fatiha ainsi que toute sa famille

Tous mes copines de promo, merci pour toutes ces années d'études qui resteront inoubliable

Pour tout qui m'aime et qui je les aime

Nour

Dédicace

Arrivé au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédie ce travail :

*A ceux qui me sont le plus précieux aux monde, mes parents source
d'inspiration et le symbole de sacrifices.*

*A mon père qui m'a encouragé depuis mon jeune âge à suivre le chemin de la
science et qui m'a soutenu pour poursuivre mes études.*

*A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma
mère qui m'a apporté son appui durant toutes mes études, pour son sacrifice
soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.*

*A mes chers sœurs Basma et kawther j'ai beaucoup apprécié l'estime et
l'amour fraternel que je vous me portez que dieu vous préserve*

*A mon amie intime imene qui j'ai partagé mes moments de joie et de tristesse
A ma binôme Nour ainsi que toute sa famille*

*En fin je dédie à tout ceux que je connais et qui me connaissent de prêt ou de
loin*

Fatiha

Remerciement

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu qui nous a donné le courage et la patience pour terminer ce modeste travail.

En préambule à ce mémoire nous tenons à adresse nos remerciements à:

Dr NOURI NADA pour son encadrement, son orientation, ses conseils et la disponibilité qu'elle nous a témoignée pour nous permettre de mener à bien ce travail.

Dr AMRANI AMINA pour ses orientation, ses conseils et la disponibilité qu'elle nous a témoignée pour nous permettre de mener à bien ce travail.

Nos vifs remerciements vont à **Mlle TAMER FATMA ZOHRA** et **Mlle BELAID BOUTHEINA** qui m'ont fait l'honneur de nos guider avec patience et gentillesse tout au long de la réalisation de ce travail.

Professeur NASRI Hichem, d'avoir permis d'accéder au laboratoire de Biodiversité et pollution des Ecosystèmes-Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie pour la réalisation de la partie pratique de ce travail

Je tiens aussi à remercier vivement mon membre de jury :

Dr. LAZLI AMEL, pour l'intérêt qu'elle porter à ce travail et et d'avoir accepter de présider le Jury de ma soutenance.

Dr. BAHROUN SOFIA, d'avoir accepté d'examiner et évaluer ce travail et de siéger au jury de ma soutenance.

Sommaire

Titre	N° de page
<i>Dédicaces</i>	
Remerciement	
Résumé.....	I
Abstract.....	II
المخلص.....	III
Liste de figure.....	IV
Liste des tableaux.....	V
INTRODUCTION	1
<i>CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	
I. Les Cyanobactéries.....	4
1. Généralités sur les Cyanobactéries.....	4
1.1 Diversité morphologique.....	4
1.2 Caractères cytologiques.....	5
1.3 Types cellulaires.....	8
1.3.1 Les Cellules végétatives.....	8
1.3.2 Les Hétérocystes	8
1.3.3 Akinètes.....	8
1.4 Reproduction chez les cyanobactéries.....	8
1.5 Métabolisme des cyanobactéries.....	9
1.5.1 La photosynthèse.....	9
1.6 Mode nutritionnel	9
1.7 Classification générale des Cyanobactéries.....	10
1.8 Habitat.....	12
1.9 Ecologie des cyanobactéries.....	12
1.9.1 Cycle de développement des cyanobactéries.....	12
1.9.2 La prolifération massive des cyanobactéries « bloom ».....	12
1.10. Facteurs spécifiques aux développements des cyanobactéries.....	13
1.11. Phénomène d'eutrophisation et prédominance des cyanobactéries.....	14
1.12. Les problématiques associées aux cyanobactéries.....	14
1.13. Effets indésirables de la prolifération des cyanobactéries.....	15
1.14 Les cyanobactéries, des productrices de toxines.....	16
1.14.1 Types de cyanotoxines.....	16
1.14.2 Les cytotoxines.....	16

1.14.3 biotoxines.....	17
1.14.3.1 Les hépatotoxines.....	17
1.14.3.2 Les neurotoxines.....	17
1.14.3.3 Les dermatotoxines.....	17
1.14.4 Description de quelques genres de cyanobactéries.....	18
1.14.4.1 Genre Pseudanabaena	18
1.14.4.2 Genre Oscillatoria.....	18
1.14.4.3 Genre Anabeana.....	18
1.14.4.4 Genre Microcystis sp.....	19
CHAPITRE II PRESENTATION DES MILIEUX D'ETUDES	
2. Présentation du sites d'études	22
2.1 Lac Oubeira	22
2.1.2 La conservation du site.....	24
2.1.3 Caractéristiques physiques.....	24
2.1.3.1 Géologie, géomorphologie et hydrologie.....	24
2.1.3.2 Climat.....	24
2.1.4 Caractéristiques écologiques.....	25
2.1.4.1 Flore remarquable.....	25
2.1.5. Valeurs sociales et culturelles.....	25
2.2 Lac Mellah.....	26
2.3 La Mekhada.....	27
2.3.1 Localisation générale.....	28
2.3.2 Caractéristiques physiques.....	28
2.3.2.1 Hydrographie.....	28
2.3.2.2 Géologie	29
2.3.2.3 Géomorphologie.....	29
2.3.4 Valeurs hydrologiques	29
2.3.5 Caractéristiques écologiques.....	29
2.3.5.1 Flore remarquable	29
2.3.5.2. Faune remarquable	31
CHAPITRE III MATERIEL ET METHODE	
3 Matériel utilisé.....	33
4 Echantillonnage du bloom à cyanobactéries.....	34
4.1 Préparation du matériel.....	34

4.2 Mode de prélèvement des échantillons.....	34
4.2.1 Transport et conservation de l'échantillon avant expérience.....	35
4.3 Identification des cyanobactéries.....	35
4.4 Dénombrement des cyanobactéries.....	35

CHAPITRE IV RESULTAT ET DISCUSSION

5. Résultats.....	39
5.1 Identification des cyanobactéries.....	39
5.2 Description des genres identifiés.....	39
5.3 Etude quantitative des cyanobactéries identifiées au niveau des sites d'études	41
5.3.1 la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Oubeira	41
5.3.3 la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mekhada.....	42
5.3.4 la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mellah.....	43
5.5 Dénombrement des cyanobactéries pendant l'hiver.....	44
5.6 Dénombrement des cyanobactéries pendant printemps.....	44
6 Discussion.....	46
CONCLUSION.....	59

Références Bibliographiques

Résumé

Notre étude a été réalisée au niveau trois sites (Oubeïra , Mellah , Mekhada) dans le Nord Est Algérien durant une période de deux saisons (hiver et printemps) s'étale de décembre 2021 a mars 2022 afin d'identifier les différents genres des cyanobactéries en basant sur des critères morphologiques. Nos résultats obtenus relèvent la présence de 4 genres (*oscillatoria*, *microcystis*, *anabaena*, *spirulina*,) .Parmi les espèces d'algues bleues identifiées, quelques taxons reconnus nuisibles et producteurs de toxines sont représentés par le genre *microcystis*, et les genres *Oscillatoriaceae* et *anabaena*.

Mots clés : *Cyanobactéries*, *Oscillatoriaceae* , toxines , *microcystis* , *anabaena*.

Abstract

Our study was carried out at three sites (Lake Oubeira, Lake Mellah, Lake Mekhada) in the Willaya of El Tarf in a period of two seasons (winter and spring) between December 8, 2021 and March 7, 2022 aimed to identify the different genera of cyanobacteria based on morphological criteria and to make a comparison between the study sites. During the study period the results obtained showed that there is no significant difference between the study sites and it was found that the majority of species are absent. Among the species of blue algae identified, some taxa recognized as harmful and producing toxins are represented by the genus *Microcystis*, and the genera *Oscillatoriaceae* with, *Cylindrospermopsis* and *Anabaena*. According to our study, *Microcystis* and *Oscillatoria* are the most adapted to evolve mainly under the conditions that they favor compared to other microorganisms.

Keywords: Cyanobacteria, Oscillatoriaceae, toxins, *Microcystis*, *Anabaena*.

المخلص

أجريت دراستنا في ثلاثة مواقع (بحيرة أوبيرا ، بحيرة الملاح ، بحيرة مخدا) بولاية الطرف في فترة موسمين (شتاء وربيع) بين 8 كانون الأول (ديسمبر) 2021 و 7 آذار (مارس) 2022 بهدف التعرف على الأنواع المختلفة. أجناس البكتيريا الزرقاء بناءً على معايير مورفولوجية وإجراء مقارنة بين مواقع الدراسة. خلال فترة الدراسة أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها عدم وجود فرق معنوي بين مواقع الدراسة ووجد أن غالبية الأنواع غائبة. من بين أنواع الطحالب الزرقاء التي تم تحديدها ، يتم تمثيل بعض الأصناف المعترف بها على أنها ضارة ومنتجة للسموم بالجنس المجهري ، *Oscillatoria* و *Microcystis* وفقاً لدراستنا ، فإن *Anabaena* و *Cylindrospermopsis* والأجناس المذبذبة معهما الأكثر تكيفاً للتطور بشكل أساسي في ظل الظروف التي يفضلونها مقارنة بالكائنات الحية الدقيقة الأخرى.

الكلمات المفتاحية: البكتيريا الزرقاء ، المذبذبات ، السموم ، التكيس الدقيق ، سيلندروسبيرموبسي ، أنابينا

Liste de figure

N°	TITRE	PAGE
Figure 1	Diversité morphologique des cyanobactéries	5
Figure 2	Ultrastructure d'une cyanobactérie	7
Figure 3	Illustration de la photosynthèse oxygénique	9
Figure 4	Arbre phylogénétique basé sur 21 protéines conservées comprenant les plus récents changements dans la classification des cyanobactéries	11
Figure 5	Présentation de la succession saisonnière des différents types d'algues	13
Figure 6	Récapitulatif des cyanobactéries fréquemment rencontrés	20
Figure 7	Carte géographique représentant la localisation du lac Obeira	23
Figure 8	Lac Oubeïra	23
Figure 9	Situation de la lagune El Mellah dans la région d'El Kala	27
Figure 10	Lac mellah	27
Figure 11	Lac Mekhada	28
Figure 12	Les chambre de décantation	36
Figure 13	Microscope inversé	37
Figure 14	Le genre <i>Microcystis</i>	39
Figure 15	Le genre spiruline	40
Figure 16	Le genre <i>Osillatoria</i>	40
Figure 17	Le genre <i>Anabaena</i>	41
Figure 18	Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Oubeïra site 1	42
Figure 19	Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Oubeïra site 2	42
Figure 20	Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mekhada	43
Figure 21	Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mellah	43
Figure 22	Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Oubeïra site 1	44
Figure 23	Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Oubeïra site 2	44
Figure 24	Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mekhada	45
Figure 25	Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mellah	45
Figure 26	Dénombrement des cyanobactéries dans la saison de l'hiver	46
Figure 27	Dénombrement des cyanobactéries dans la saison de le printemps	47

Liste des tableau

N°	TITRE	PAGE
1	Présentation des sites et période de prélèvement.	34
2	Diversité génétique des cyanobactéries répertoriées dans les lacs oubeira, mellah, mekhada (sortie 1)	41
3	Diversité génétique de la cyanobactérie répertoriée dans les lacs oubeira, mellah, mekhada (sortie 2)	41

Introduction

L'eau est un élément vital et indispensable à la vie. Elle couvre 70% de la planète. Son importance pour l'économie ne cesse de croître. Sa demande et son approvisionnement deviennent de plus en plus difficiles à acquérir. Elle est nécessaire à la santé, l'agriculture, l'industrie, le tourisme, les loisirs et la navigation (**ANONYME., 2009**).

La problématique de l'eau est un souci de quantité et de qualité ; La mauvaise qualité de l'eau se répercute sur l'environnement et le bien-être de l'homme (**KOUADRI., 2011**).

Les zones humides, ont fait l'objet de nombreux travaux suite à leur assèchement et à leurs dégradations. Elles deviennent de plus en plus menacées malgré qu'elles présentent naturellement une diversité importante de biotopes allant des milieux lenticules aux milieux lacustres, lagunaires et saumâtres. Elles possèdent un cortège floristique et faunistique qui méritent d'être protégé et conservé (**SILVANO, 2005**).

Les zones humides jouent un rôle décisif dans le maintien de la vie sur terre (**WETZEL, 1975**). sont considérées au sens de la convention de Ramsar soit « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce ou salée », y compris des étendues d'eau marine. Ces zones contiennent différents types d'habitats dont le choix est basé sur la typologie Midwest (**FARHINA et al., 1996**).

Or les écosystèmes dulcicoles, et en particulier les eaux stagnantes, sont parmi les plus menacés et globalement les moins bien protégés malgré les mesures d'aménagement et de conservation (**ABROMOVITZ, 1996**). A leur évolution naturelle, s'ajoute une pression anthropique de plus en plus importante liée aux usages de l'eau (irrigation, transport, production d'énergie) et surtout à la pollution (rejets industriels, agricoles, domestiques). (**Wetzel, 1975**).

L'Algérie est riche en zones humides qui jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant poissons et oiseaux migrateurs. Pourtant, de nombreuses menaces pèsent sur elles. Tout comme les forêts tropicales, les zones humides sont détruites à un rythme sans précédent (**1**)

Le Parc National d'El-Kala (PNEK) situé dans la wilaya d'El-Tarf au Nord-est algérienne, est une grande réserve hydrique naturelle faisant partie des réserves des zones humides en Algérie, enregistré dans la convention de Ramsar à cause de nombreuses richesses

écologiques (*Typha angustifolia*) avec une diversité abondante de la faune (*Aythya nyroca*) et de la flore (*Trapa natans*). Elle est aussi réputée d'être l'escale prolongée des oiseaux migrateurs, regroupant plusieurs lacs d'eaux douces et salées tel que le lac Mellah et le lac Oubeira(MESSERER, 1999).

Les cyanobactéries sont capables de se proliférer rapidement et former des efflorescences ou blooms généralement toxiques (SAOUDI *et al.*, 2008).

Les proliférations d'algues, en particulier les cyanobactéries, peuvent avoir un impact majeur sur le fonctionnement des écosystèmes ainsi que sur la santé humaine et animale, autant lors de la consommation de l'eau que lors de loisirs aquatiques. L'intérêt pour les cyanobactéries s'est accru ces dernières années, avec l'augmentation des incidents domestiques sur tous les continents.(SILVANO, 2005).

L'apparition du phénomène d'eutrophisation a permis de mettre en lumière des dysfonctionnements liés principalement à certaines activités telles que l'agriculture, l'assainissement et l'industrie (MONESTIER *et al.*, 2006). Les cyanobactéries sont caractérisées par la production d'une grande variété de molécules, possédant des propriétés toxiques à savoir l'hépatotoxicité, la neurotoxicité, la dermatotoxicité et les syndromes gastro-intestinaux (STEWART *et al.*, 2006). A l'opposé, de nombreux travaux réalisés ont montré que les cyanobactéries constituent une nouvelle source de production des substances antibactériennes, anti-algales, antifongique et même antivirales, anti-inflammatoires et anti-cancéreuses (OUFDOU *et al.*, 2009).

Les cyanobactéries, communément nommées algues bleu-vert, sont des organismes procaryotes faisant partie du domaine des bactéries et capables de réaliser la photosynthèse. Elles sont apparues il y a environ 3,5 milliards d'années et ont joué un rôle prépondérant dans l'oxygénation de l'atmosphère terrestre et la production de la couche d'ozone (SCHOPF 2002) . Elles ont également contribué à l'apparition des plantes vasculaires puisqu'elles sont à l'origine de l'incorporation des chloroplastes dans les cellules eucaryotes (DELWICHE et PALMER 1997) . Par leur contribution à la formation des stromatolithes et du travertin, elles seraient aussi à l'origine de la majorité des dépôts calcaires sur la Terre (PENTECOST 1991) . Étant très polyvalentes, les cyanobactéries occupent presque tous les environnements illuminés terrestres ou aquatiques, ce qui inclut plusieurs milieux extrêmes tels que les sources thermales, les eaux hypersalines, les déserts et les régions polaires (SECKBACH et OREN 2007).

A l'échelle mondiale, des recherches ont été effectuées sur les algues : **CHORUS et BARTRAM (1999)** A London, **MARY (2003)**, **SILVANO (2005)**, **BARBEROUSSE (2006)**, **LANCE (2008)** En France , **VALANTINE (2004)** Au Quebec , **TORRESA ET AL., (2007)** **AU BRAZIL ET NGANSOUMANA (2006)** au Senegal, et Enfin, **AINANE (2011)** au Maroc.

En Algérie, malgré l'intérêt des algues dans différents domaines, peu d'études ont été consacrées à l'étude qualitative de la flore algale. En effet, à l'exception des travaux réalisés à Béjaia par **ABBACI et BOURAD (1997)**, **CHERIF et CHIBANE (2002)**, **BACHA (2003)**, **DJOUAD (2007)**, **SAYAD ET AIT MEZAINÉ (2012)** et **DEHBI ZEBBOUDJ et al., (2013)** et **Abbaci et ADJAOUD (2016)** peu d'auteurs se sont intéressés à les étudier (**Nil (2012)** à Oran et **BABAUSMAIL (2014)** à Ouargla).

L'objectif de ce travail est d'identifier les différents genres de cyanobactéries qui y sont présents au niveau trois site : Oubeïra, Mellah, Mekhada afin de calculer la densité des cyanobactéries.

Cependant ce mémoire est structuré comme suit :

-Une partie théorique dédiée à la synthèse bibliographique, évoquant une synthèse bibliographique et des généralités sur les cyanobactéries en premier lieu puis les zones humides en seconde tranche.

-Une partie pratique divisée en deux chapitres dont le premier sera le Matériel et Méthodes, tandis que le second sera consacré aux résultats et discussion des analyses.

Enfin le travail est ponctué par une conclusion générale.

Chapitre I

synthèse bibliographique

I. Les Cyanobactéries

1. Généralités sur les Cyanobactéries

Les cyanobactéries sont un embranchement de bactéries, improprement appelées « algues bleues », ou autrefois « algues bleu-vert ».

Ce sont géologiquement les plus anciens organismes photosynthétiques connus (**BOURRELLY, 1970 ; FAY, 1992 et VALENTINE, 2004**). Elles sont apparues depuis 3,5 milliards d'années et ont joué un rôle prépondérant dans l'oxygénation de l'atmosphère terrestre et la production de la couche d'ozone (**SCHOPF 2002**). C'est un groupe d'algues très abondant dans tous les milieux humides ; en eau douce ou salée, en milieux très acides ou très alcalins, dans les régions polaires ou dans les sources thermales (**BOURRELLY, 1970 et VALENTINE, 2004**) et sont largement étudiées en écologie, en toxicologie, en taxinomie, ou encore en microbiologie (**THOMZEAU, 2006**).

Elles sont classées du point systématique dans règne des Eubactéries, mais on été longtemps rangées dans le règne végétal car elles présentent à la fois des propriétés spécifiques des bactéries et des caractéristiques propres aux algues (**LANCE, 2008**).

Elles se regroupent en quelque 2 000 espèces réparties en 150 genres (**DUY *et al.* 2000**). La plupart des cyanobactéries sphériques appartiennent à la famille des Chroococcacées ; certaines sont filamenteuses et appartiennent aux familles des Nostocacées et Oscillatoriacées (**BOURRELLY 1985**).

1.1 Diversité morphologique:

A ce jour, huit classes différenciés selon des critères morphologiques, cytologiques, biochimiques et reproductifs sont recensées dans les milieux aquatiques (**ROLLAND, 2009**), entre autres les cyanobactéries. Ces derniers présentent la plus grande diversité morphologique chez les organismes procaryotes de formes et de tailles bien que leur classification taxonomique est essentiellement basée sur des caractères morphologiques, avec certains caractères moléculaires et écologiques (**KOMAREK, 2006**).

Les cyanobactéries vivent à l'état séparé (unicellulaires), en colonies ou en filaments. Les formes unicellulaires peuvent être sphériques, ovoïdes, coccoïdes, en bâtonnets, ou irrégulières (**KOMAREK & ANAGNOSTIDES, 1999**). Les cyanobactéries pluricellulaires se présentent soit sous forme d'agrégats ou de colonies plus ou moins réguliers, soit sous

forme de filaments (**CHORUS & BARTRAM, 1999**). Les filaments peuvent être unisériés ou plurisériés, non ramifiés ou à vraies ou fausses ramifications, sans gaine ou avec gaine mucilagineuse homogène ou stratifiée (**COUTE & BERNARD, 2001**). Les cellules organisées dans les filaments sont de formes sphériques, cylindrique isodiamétrique, plus courte ou plus longue que large (Figure 1) (**KOMAREK & ANAGNOSTIDIS, 2005**).

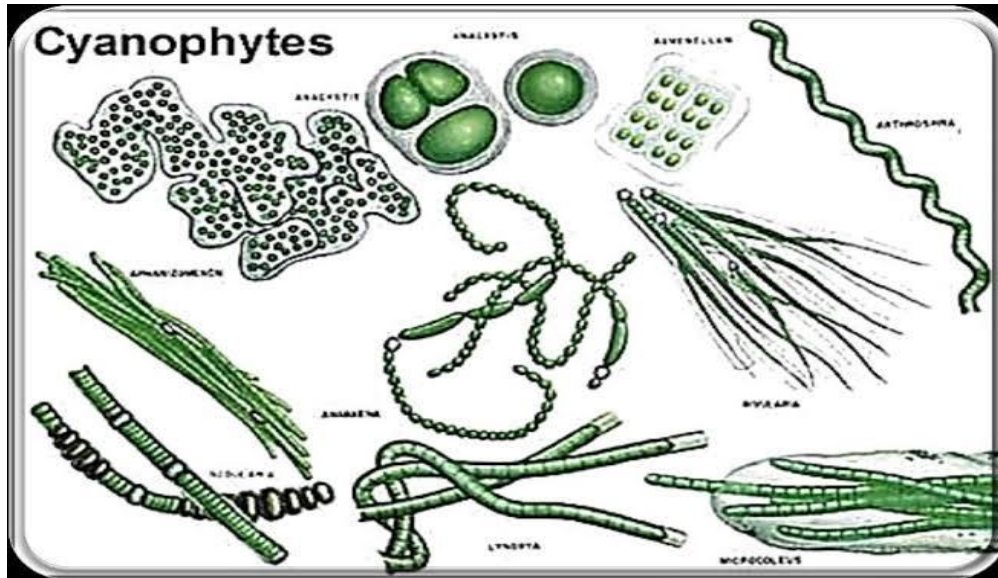


Figure .1 : Diversité morphologique des cyanobactéries (www.biodis.com)

1.2 Caractères cytologiques :

Les cyanobactéries regroupent deux types d'organismes qui se différencient au niveau cytologique essentiellement par la présence (eucaryotes) ou l'absence (procaryotes) d'un noyau cellulaire (**PRESCOTT *et al.*, 2003**).

SILVANO a montré en **2005**, que les cyanobactéries sont dépourvues de membrane nucléaire, de mitochondries, de réticulum endoplasmique et de flagelle et l'étude d'une cyanobactérie au microscope électronique à transmission donne la structure cellulaire suivante:

- ✓ La paroi cellulaire comprend quatre assises appelées L1, L2, L3, L4 de l'intérieur vers l'extérieur de la cellule à partir de la membrane plasmique. La couche L2 est une couche composée de muréine (peptidoglycane) et L4 est une membrane semblable à la membrane plasmique, similitude avec la paroi d'une bactérie Gram à coloration de Gram négative. Les deux assises les plus internes, L1 et L2, sont les mêmes chez toutes les algues bleues.

- ✓ Le protoplasme central ou centroplasme contient des fibrilles d'ADN qui ne sont pas associées à des protéines basiques (les histones). Ce centroplasme est aussi appelé nucléoplasme.
- ✓ Le protoplasme périphérique ou chromatoplasme est composé de thylacoïdes (lamelles) photosynthétiques) associés à des phycobilisomes (contenant les phycobiliprotéines) et à des granules de glycogène.
- ✓ Une vacuole gazeuse est composée de vésicules gazeuses ou de tubes cylindriques creux à bouts coniques. Elle permet à l'algue bleue de flotter et elle peut se rencontrer dans le cytoplasme de toutes les cyanobactéries à l'exception des espèces de la famille des Chamaesiphonacées, algues bleues exclusivement benthiques.
- ✓ La membrane délimitant ces vacuoles gazeuses est assez rigide et n'est pas de nature lipoprotéique : elle n'est constituée que de protéines disposées en spirale autour de la vésicule. Elle est imperméable à l'eau et perméable aux gaz. Son contenu est gazeux à la pression d'une atmosphère et doit rester toujours en équilibre avec le milieu environnant.
- ✓ Les ribosomes 70S sont dispersés à travers la cellule mais sont surtout abondants dans la région centrale autour du nucléoplasme.
- ✓ La gaine est située à l'extérieur de la paroi. Elle est fibrillaire. Son rôle est de protéger les cellules de la dessiccation mais aussi de favoriser la mobilité des trichomes par glissement à l'intérieur de la gaine.
- ✓ Les fimbriae ou pili traversent les parois des algues bleues. Les fimbriae sont probablement impliqués dans les interactions procaryotes-eucaryotes telles que les symbioses.
- ✓ Les granules de cyanophycine sont des inclusions de grande taille composées de protéines stockées sous forme de polypeptides, contenant généralement de l'acide aspartique et de l'arginine sous forme de L-acide aspartique.

- ✓ Les carboxysomes sont des corps polyédriques placés au centre de la cellule. Ils contiennent l'enzyme fixant le CO₂, c'est-à-dire la rubilose 1,5 diphosphate carboxylase/oxygénase. La photosynthèse des cyanobactéries est semblable à celle des plantes supérieures.
- ✓ Les polyphosphates (granules de volutine) sont sphériques et semblables aux corps lipidiques des cellules eucaryotes en microscopie électronique. Ils stockent les phosphates et sont absents chez les cellules jeunes en pleine croissance ou chez les cellules croissant dans un milieu pauvre en phosphates. Par contre, ces granules de polyphosphates sont abondants dans les cellules âgées.
- ✓ Les grains de glycogène (granules de polyglycane) sont placés entre les thylakoïdes dans les cellules en pleine activité photosynthétique puisqu'ils sont le résultat de la photosynthèse.
- ✓ Les globules lipidiques sont des granules sphériques ou allongés à membrane simple dont le contenu est constitué d'acides gras, de stérols et d'alcools triterpéniques.

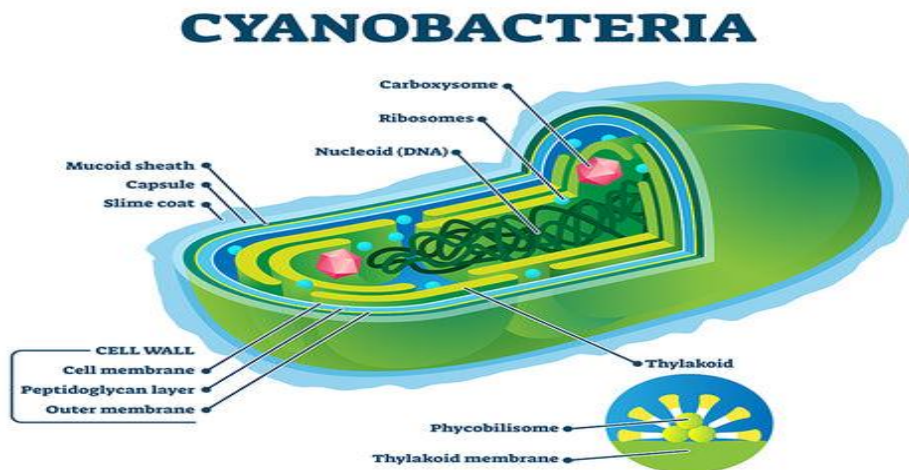


Figure.2 : Ultrastructure d'une cyanobactérie

(<https://www.foudebassin.com/blogs/conseils-pour-etang-naturel/comment-eliminer-les-cyanobacteries-en-etang>)

1.3 Types cellulaires:

Les cyanobactéries présentent trois types cellulaires différents :

1.3.1 Les Cellules végétatives

Les cellules végétatives constitue de formes variées rondes, ovoïdes, oblongues, quadratiques et avec un contenu cellulaire homogène ou non, avec ou sans vacuole à gaz et permet le fractionnement du filament en plusieurs segments (COUTE *et al.*, 2001 ; LEITÃO *et al.*, 2005).

1.3.2 Les Hétérocystes

elles sont faciles à reconnaître grâce à leurs parois épaisses et à leur contenu homogène faiblement coloré, assurent la fixation de l'azote atmosphérique grâce à la présence d'un enzyme de la nitrogénase. Leur forme est sphérique, cylindrique, voir conique. Leur position dans le trichome est soit intercalaire, soit terminal à l'une des extrémités seulement ou aux deux, ou encore latérale. Les hétérocystes sont généralement solitaires mais peuvent aussi apparaître en paire et plus rarement, en série (COUT *et al.*, 2001 ; LEITÃO *et al.*, 2005).

1.3.3 Akinètes

Ce sont des spores, c'est à dire des cellules de résistance destinées à assurer la survie de l'espèce au cours des périodes climatiques difficiles ou de catastrophes écologiques. Lorsque les conditions extérieures redeviennent favorables, les cellules se détachent de l'organisme en cours de dégradation, germent et donnent une nouvelle cellule. Les akinètes ne peuvent être observées que dans les formes filamenteuses (Nostoc, Anabaena, cylindrospermum...) (LEITÃO *et al.*, 2005).

1.4 Reproduction chez les cyanobactéries

Les cyanobactéries se multiplient par voie asexuée, par division végétative suivant une ou plusieurs directions. Chez les formes filamenteuses, la fragmentation se fait au niveau des nécriides (cellules dégénérantes), puis les hormogonies (courts trichomes mobiles) sont libérées et peuvent se disperser (RIPPKA *et al.*, 1979).

1.5 Métabolisme des cyanobactéries

1.5.1 La photosynthèse:

Les cyanobactéries sont des organismes photosynthétiques, dont leur photosynthèse se déroule majoritairement en aérobie. Les électrons sont alors issus de l'oxydation de l'eau, notamment grâce aux photosystèmes PSI et PSII. Cependant, certaines cyanobactéries peuvent effectuer leur photosynthèse en milieu anaérobie (les électrons sont alors issus de l'oxydation du soufre). Dans certaines conditions anaérobiques, les cyanobactéries sont capables de pousser avec un métabolisme fermentaire. De nombreuses espèces ont manifesté une croissance hétérotrophe lors de l'utilisation d'un certain nombre de composés organiques (STAL *et al.*, 2007).

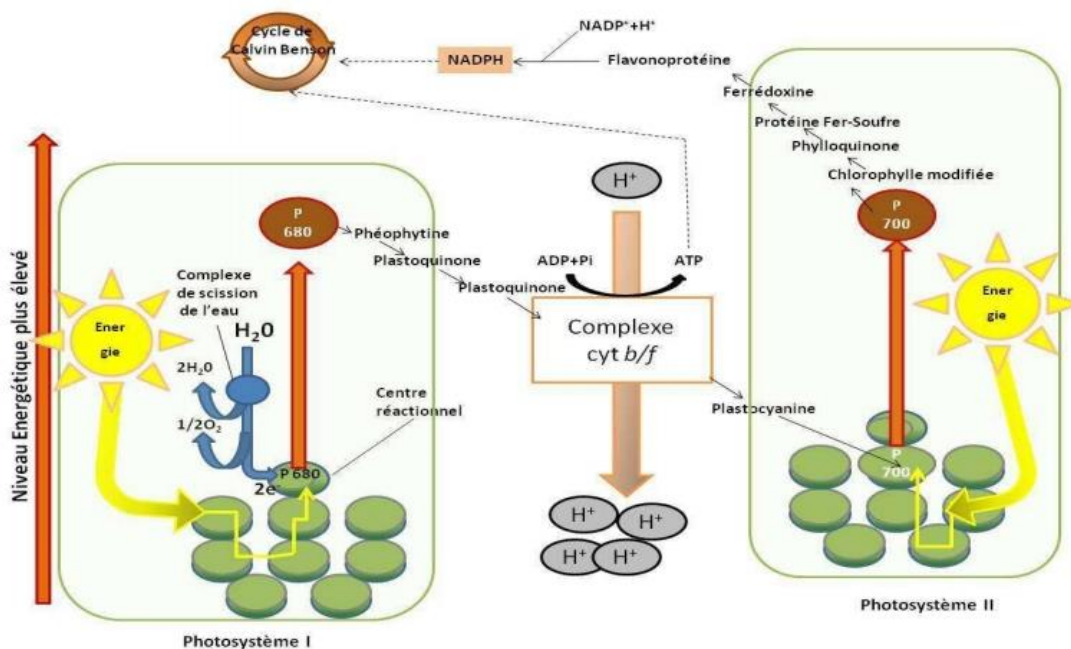


Figure. 3 : Illustration de la photosynthèse oxygénique (Raven *et al.*, 2000).

1.6 Mode nutritionnel

Le mode nutritionnel des cyanobactéries peut être de trois types :

- ✓ **Photolithotrophie stricte** : Ces cyanobactéries ne peuvent croître qu'en présence de lumière, leur donneur d'électrons est minéral (H₂O ou H₂S) et leur source de carbone est inorganique (CO₂).
- ✓ **Photohétérotrophie** : La croissance se fait également en présence de lumière, la source d'électrons est minérale (H₂O ou H₂S), mais ce groupe de cyanobactéries est capable d'utiliser une source de carbone inorganique ou organique.

- ✓ **Chimiohétérotrophie facultative** : Ces cyanobactéries sont phototrophes en présence de lumière, mais leur croissance peut également se dérouler dans l'obscurité en utilisant une source de carbone organique (limitée au glucose, au fructose et à quelques disaccharides) (CARRABIN *et al.*, 2011).

1.7 Classification générale des Cyanobactéries

A ce jour, la classification de ces organismes dépend à la fois du Code International de Nomenclature Botanique (ICBN, GREUTER *et al.*, 2000) et du Code International de Nomenclature des Bactéries (ICNB, LAPAGE *et al.*, 1992).

L'ensemble de la classification des cyanobactéries (espèces, genres, familles, ordres) a subi une vaste restructuration et révision ces dernières années avec l'avènement d'analyses phylogénétiques basées sur les données de séquences moléculaires (SCHOPF 1974 ; KNOLL, 2008).

Depuis les années 2000, plus de 50 genres de Cyanobactéries ont été décrit et 16 autres potentiellement nouveaux ont été proposés en 2013. A ceci s'ajoute de nombreuses propositions de réorganisations taxonomiques (OTSUKA *et al.*, 2001 ; KOMAREK *et al.*, 2013-2014). Récemment (KOMAREK *et al.*, 2014) ont proposé une classification des cyanobactéries organisée en huit ordres. Cette dernière classification repose sur une approche polyphasique faisant appel à des informations moléculaires, biochimiques et microscopiques. Par ailleurs, cette classification constitue une continuité des recherches du 19^{ème}, 20^{ème} et 21^{ème} siècles et n'écarte pas la classification morphologique.

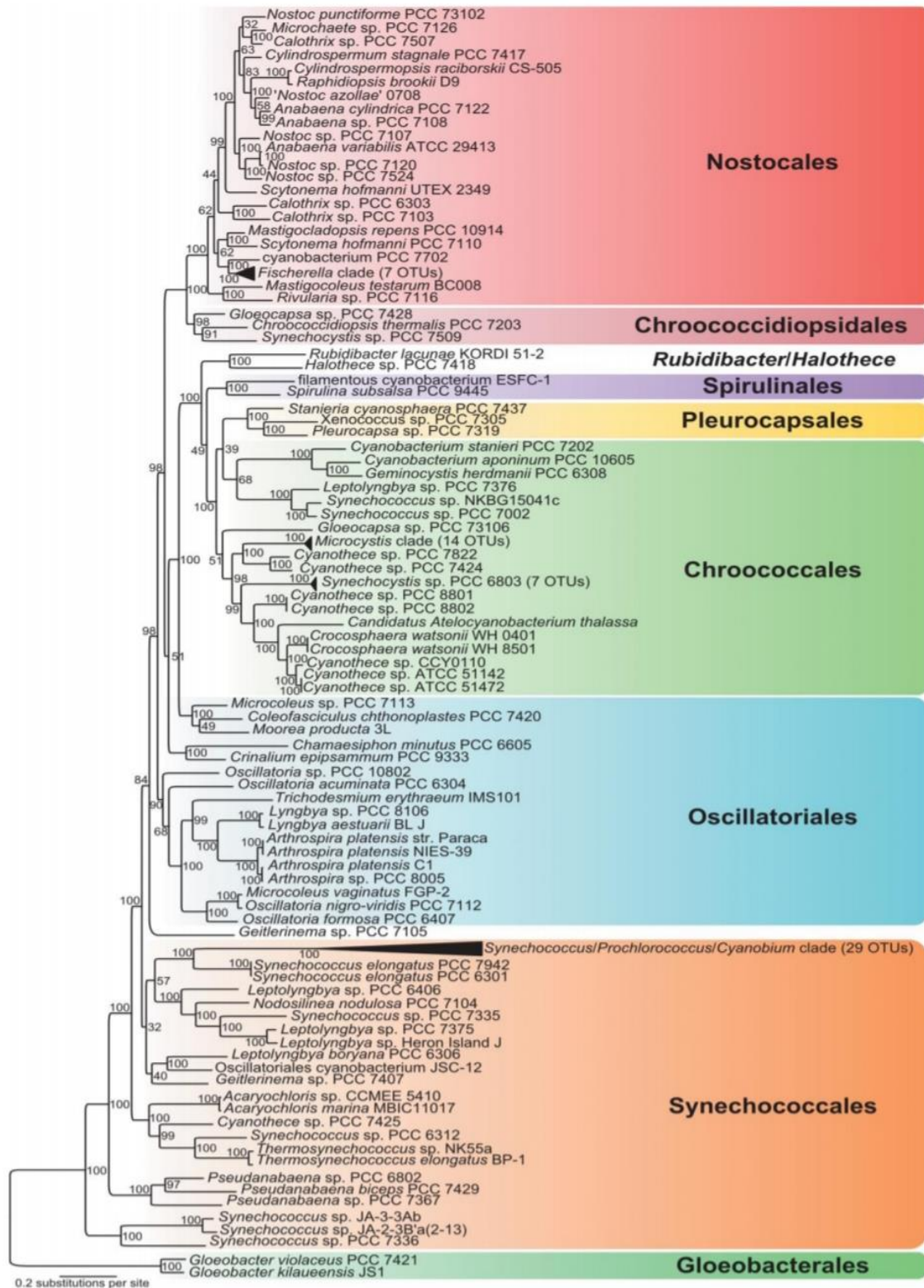


Figure 4: Arbre phylogénétique basé sur 21 protéines conservées comprenant les plus récents changements dans la classification des cyanobactéries

(KOMAREK *et al.*, 2014)

1.8 Habitat

Les cyanobactéries sont répertoriées dans la plupart des habitats, aussi bien dans les milieux aquatiques que dans les milieux désertiques. Les cyanobactéries sont les seuls organismes photosynthétiques susceptibles de vivre dans des eaux thermales dépassant la température de 56°C et rencontrées dans des eaux à toutes les valeurs de pH. Elles poussent également sur les rochers où elles vivent en symbiose avec les champignons tels les lichens. Elles peuvent être endolithes, perforant les roches pour s'y réfugier, ou bien endophytes se trouvant dans les feuilles de fougères aquatiques (**SILVANO *et al.*, 2005**). Lorsqu'elles sont strictement aquatiques, elles peuvent être planctoniques, vivant alors dans la colonne d'eau, ou benthiques, étant, dans ce cas, fixées ou très proches des divers substrats (roches, coraux, algues, animaux...) ou se développant même à l'intérieur des sédiments (**DUMONT *et al.*, 2006**).

1.9 Ecologie des cyanobactéries

1.9.1 Cycle de développement des cyanobactéries

Les cyanobactéries sont présentes toute l'année dans les lacs mais ne forment habituellement de véritables blooms qu'à la fin de l'été ou au début de l'automne (**REYNOLDS *et al.*, 1981**). Le cycle de vie d'une espèce passe par les cinq phases suivantes : Phase de repos durant l'hiver, phase de remontée, phase de croissance active au printemps et au début de l'été, phase d'accumulation en surface à la fin de l'été et au début de l'automne, phase de disparition. Les mouvements ascendants et descendants des colonies dans la colonne d'eau dépendent respectivement de l'augmentation ou de la diminution du nombre de vacuoles gazeuses dans les cellules.

1.9.2 La prolifération massive des cyanobactéries « bloom »

Un bloom est un développement rapide et massif des algues à la surface des lacs et d'étangs (Figure5). Bien que les blooms puissent se reproduire naturellement et fassent partie du cycle annuel de développement des algues, certaines algues peuvent produire des blooms nuisibles. En particulier, les cyanobactéries peuvent former des masses et écumes vertes toxiques flottant sur la surface de l'eau et pouvant atteindre une épaisseur de plusieurs centimètres le long des bords du plan d'eau (**HAVENS *et al.*, 2008**).

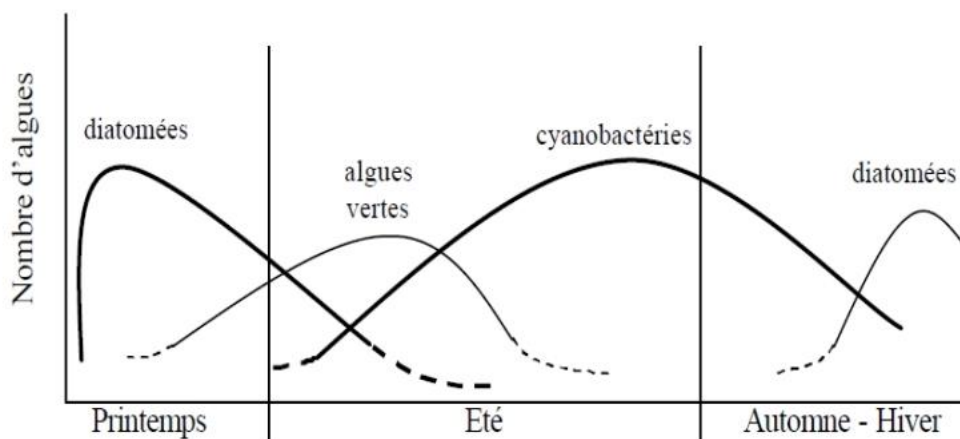


Figure.5 Présentation de la succession saisonnière des différents types d'algues
(Leitao et al., 2005).

1.10. Facteurs spécifiques aux développements des cyanobactéries

Les facteurs environnementaux les plus importants pour la capacité des cyanobactéries à coloniser des milieux lenticques sont les suivants:

- ✓ Leur croissance est favorisée par la dégradation de la qualité de l'eau traduite par une eutrophisation du lac (NAKACHE *et al.*, 2001).
- ✓ L'humidité et la lumière sont des facteurs biologiques prépondérants pour la croissance des cyanobactéries dans l'environnement aquatique. (HAMIDOUCHE N et TETAH S., 2017). Les cyanobactéries doivent faire face à des conditions lumineuses très changeantes en quantité et en qualité qui dépendent de la latitude, du cycle diurne, des saisons, et de la climatologie (SMITH, 1982).
- ✓ L'environnement végétal, qui est une source potentielle à développement des Cyanobactéries. (BARBEROUSSE, 2006).
- ✓ Les nutriments o Phosphore : La présence de phosphore constitue une source essentielle pour la croissance et la prolifération des cyanobactéries. La présence d'une quantité suffisante pourrait avantager la croissance rapide des cyanobactéries. (Xie *et al.*, 2002 ; DOWNING *et al.*, 2001). o Azote : L'azote joue un rôle dans la dominance des cyanobactéries. La présence d'une faible quantité d'azote favorise la croissance des bactéries fixatrices d'azote (BERMAN *et al.*, 2000).

- ✓ La température favorable pour la croissance des cyanobactéries comprises entre 15 et 30°C. (**SILVANO, 2005**) ce qui n'empêche pas certaines espèces de croître à des températures faibles de l'ordre de 10°C. (**CHEVALIERS et al., 2001**).
- ✓ les Cyanobactéries sont capables de croître à des PH élevés et à des concentrations faibles en carbone les Cyanobactéries qui se développent à des PH de l'ordre de 9 à 11 **Valentine (2004)** .

1.11. Phénomène d'eutrophisation et prédominance des cyanobactéries

L'eutrophisation est un processus de transformation, de vieillissement des lacs qui s'explique par la prolifération des plantes aquatiques et des algues. Ce phénomène est causé par un apport excessif en éléments nutritifs (soit naturel par remontée en surface des sels nutritifs du fond, soit accidentel par lessivage, dû à la pluie, aux engrais agricoles) (**SILVANO et al., 2005**), qui conduit à la modification du milieu aquatique touché. L'eutrophisation a donc comme conséquence l'apparition de fleurs d'eau cyanobactériennes (**SIGEE et al., 2005**). Enfin, les cyanobactéries sécrètent des sidérophores leurs permettant de capturer les ions Fe³⁺ environnants et de limiter ainsi la croissance des éventuels compétiteurs (**CASTENHOLZ et al., 2001**). Les populations cyanobactériennes finissent donc par dominer le phytoplancton du lac eutrophe.

1.12. Les problématiques associées aux cyanobactéries

Lorsque les conditions sont favorables, la croissance excessive des cyanobactéries engendre des fleurs d'eau ou efflorescences, pouvant produire une écume ou une coloration sur la surface des plans d'eau. L'augmentation en fréquence et en sévérité des épisodes de fleurs d'eau de cyanobactéries à travers le monde a été associée à l'eutrophisation d'origine anthropique (**HALLEGRAEFF 1993, HEISLER et al 2008**). Les floraisons de cyanobactéries causent des problèmes écologiques et de santé publique, et entraînent d'importantes pertes économiques. D'abord, les floraisons de cyanobactéries augmentent la turbidité de l'eau, ce qui limite la croissance des autres producteurs primaires et se traduit par d'importants changements dans la composition en espèces des communautés aquatiques (**PAERL et al. , 2001, LAVOIE et al., 2007**). Elles peuvent aussi causer l'hypoxie des zones situées en profondeur lorsque leur décomposition par les bactéries hétérotrophes épuise l'oxygène dissous disponible, menant à la mort d'invertébrés et de poissons (**PAERL et al**

.,2011). Certaines cyanobactéries produisent des composés organiques volatils non toxiques (i.e géosmine et 2- méthylisobornéol) donnant à l'eau un goût et une odeur de vase (**WATSON 2003**). Les floraisons de cyanobactéries nuisent aux activités récréatives et augmentent les coûts de traitement de l'eau potable, ce qui a engendré dans les années 2000 des coûts annuels d'au moins 2 milliards de dollars aux États-Unis seulement (**DODDs et al .,2009**). Les floraisons de cyanobactéries sont également reconnues pour leur production de toxines (**QUIBLIER et al 2013, ZANCHETT et OLIVEIRA 2013**). En effet, cent-soixante-huit espèces (46 genres) de cyanobactéries produisent des toxines, qui peuvent affecter le foie, le système nerveux ou irriter les muqueuses (**DE BOUTRAY et al., 2017**). Les floraisons toxiques de cyanobactéries planctoniques telles qu'Aphanizomenon, Anabaena, Microcystis et *Cylindrospermopsis* sont très étudiées en raison du risque lié à la contamination de l'eau potable (**CHORUS et BARTRAM 1999**).

1.13. Effets indésirables de la prolifération des cyanobactéries

Quand les proliférations sont massives, les effets indésirables sont multiples :

Environnement et cadre de vie:

- ✓ Modification de l'aspect de la ressource par une coloration inhabituelle (bleu, rouge ou verte), des irisations en surface et/ou des masses d'écume se déplaçant au gré des vents.
- ✓ Nuisance olfactive lors de la décomposition de la prolifération.
- ✓ L'eutrophisation des rivières et des lacs qui se traduit par une modification de la transparence et de la coloration des eaux due à la prolifération d'algues (**CARMICHAEL et al., 1993**)
- ✓ Perturbation de la biodiversité de l'écosystème et des réseaux trophiques aquatiques.
- ✓ Mortalité de poissons par intoxication ou diminution de la teneur en oxygène de l'eau.
- ✓ Mortalités d'oiseaux, par intoxication directe ou via leur alimentation (mollusques, poissons...)

- ✓ Intoxication d'animaux domestiques ou sauvages par abreuvement à proximité d'écumes toxiques (chiens, vaches, moutons...) (CARMICHAEL *et al.*, 1993).

1.14 Les cyanobactéries, des productrices de toxines:

Les cyanobactéries peuvent produire une grande variété de métabolites secondaires, dont des toxines « cyanotoxines » (FUNARI *et al.*, 2008). Ces cyanotoxines sont des métabolites ubiquitaires, généralement liées à la présence de fleurs d'eau cyanobactériennes (EDWARDS *et al.*, 2009). Toutefois, c'est pendant les floraisons cyanobactériennes que les concentrations de cyanotoxines sont les plus fortes (SIGEE *et al.*, 2005).

Le nombre de genres cyanobactériens producteurs de cyanotoxines est évalué à 40 genres (Van *et al.*, 2007).

1.14.1 Types de cyanotoxines

C'est lors de la lyse des cyanobactéries (provoquée lors du traitement de l'eau, ou naturelle lors de la sénescence des cellules) que le risque se manifeste réellement. Les cyanotoxines sont alors abondamment libérées dans le milieu, augmentant dangereusement sa concentration en cyanotoxines (DYBLE *et al.*, 2008).

On distingue deux grands groupes de cyanotoxines : les cytotoxines, et les biotoxines (JAISWAL *et al.*, 2008).

1.14.2 Les cytotoxines

Les cytotoxines, parfois appelées composés bioactifs, sont des peptides cycliques ou aliphatiques, et ont une forte activité cytostatique et parfois même une capacité à inhiber spécifiquement certaines tumeurs alors que d'autres, comme la lyngbyatoxine les favorisent (JAISWAL *et al.*, 2008).

Bien que certaines d'entre elles soient tout de même responsables d'irritations cutanées ou de dermatites, Les cytotoxines sont généralement étudiées non pas pour leur toxicité vis-à-vis des vertébrés, mais pour leurs propriétés anti inflammatoires (MAYER *et al.*, 2005) antifongiques antibactériennes, anti-algales (JAISWAL *et al.*, 2008 ; HUMPAGE *et al.*, 2008) et même anti- tumorales (NAGARAJAN *et al.*, 2012).

1.14.3 biotoxines

Les biotoxines sont des poisons produits par les activités métaboliques des cyanobactéries, et qui sont libérés lors de la lyse cellulaire. Elles sont nommées biotoxines car leur activité toxique est testée sur l'animal (**HASLEY *et al.*, 1993**).

Elles sont classées selon leur structure chimique en trois familles (les peptides cycliques, les alcaloïdes et les lipopolysaccharides) ou selon leur mode d'action. On distingue alors les neurotoxines, les hépatotoxines et les toxines irritantes (**FUNARI *et al.*, 2008 ; HUMPAGE *et al.*, 2008**).

1.14.3.1 Les hépatotoxines

Ce sont les cyanotoxines les plus fréquemment rencontrées, produites par des souches de *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria* et *Nostoc* (**HASLEY *et al.*, 1993**). Des bioéssais en laboratoire ont montré que ces toxines provoquent à court et à long termes des altérations de la structure des cellules du foie, des insuffisances hépatiques et peuvent être à l'origine de cancers du foie (inhibition des phosphates et augmentation des phosphorylations (**Brient *et al.*, 2002**).

1.14.3.2 Les neurotoxines

Moins fréquentes que les hépatotoxines, elles sont des alcaloïdes regroupés en deux familles, les anatoxines et les saxitoxines (**BRIENT *et al.*, 2002**). Ces toxines sont très puissantes et provoquent la mort de nombreux animaux par paralysie du système respiratoire (**MAHMOOD *et al.*, 1987; FEUILLAD *et al.*, 1992; SIVONEN *et al.*, 1999; BRIAND *et al.*, 2003; BALLOT *et al.*, 2004**).

Elles sont produites par les cyanobactéries du genre *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Lyngbya*, *Oscillatoria* et *Planktothrix* (**ARAOZ *et al.*, 2010**).

1.14.3.3 Les dermatotoxines

Elles peuvent être des alcaloïdes comme les lyngbyatoxines, mais aussi des lipopolysaccharides. Ces toxines sont produites par les cyanobactéries du genre *Lyngbya*, *Planktothrix* et *Schizothrix*. Par fixation sur les membranes cellulaires, elles sont à l'origine de dermatites, d'irritations oculaires, cutanées et semblent être des activateurs de tumeurs de la peau chez l'homme (**SIVONEN *et al.*, 1999 ; RZYMSKI *et al.*, 2012**).

1.14.4 Description de quelques genres de cyanobactéries

Les cyanobactéries sont des organismes de petite taille, de couleur et de forme variée, présents dans tous les milieux (CARMICHAEL *et al.*, 1992 ; SIVONEN *et al.*, 1999). La classification botanique d'Anagnostidis et de KOMAREK (1985-1989) met en évidence les quatre ordres suivants : Chroococcales, Oscillatoriales, Nostocales et Stigonematales (Figure 8). On peut citer certains genres qui sont les plus dominants dans les eaux douces.

1.14.4.1 Genre *Pseudanabaena*

Pseudanabaena sp se présente sous forme de trichome droit avec des cellules isodiamétriques ou cylindriques (1-3 µm), mobiles, sans gaines et non ramifiés, avec des constriction au niveau des cloisons. La reproduction s'effectue par fission binaire. Les cellules possèdent des vacuoles à gaz polaire mais ne possède pas d'akinetes ni d'hétérocystes. (JANSE VAN VUUREN S *et al.*, 2006) Le taux de G+C est entre 42 à 48%.

Parmi les espèces les plus fréquentes on trouve *Pseudanabaena catenata*, *Pseudanabaena limnitica*.

1.14.4.2 Genre *Oscillatoria*

Oscillatoria sp se présente généralement sous forme de trichome droit, les cellules ont une forme en disque (L : 0.8-26 µm x l : 0.6-60µm) et ne sont pas séparées par des constriction profondes selon les espèces, le trichome est unisériel, non ramifié, toujours mobile et la formation de la gaine n'est jamais prononcée. (SEREDIK *et al.*, 2011). La reproduction s'effectue par rupture du trichome. (JANSE VAN VUUREN S *et al.*, 2006). Le taux de G+C est entre 40 à 50%. Parmi les espèces les plus fréquentes on trouve *Oscillatoria amophibia*, *Oscillatoria chlorina*.

1.14.4.3 Genre *Anabeana*

Les formes hétérocystées présentent exclusivement des fausses ramifications, les cellules végétatives sont de formes sphériques, ovoïdes ou cylindriques (STEINITZ KANNAN *et al.*, 2013).

Les trichomes sont mobiles ou immobiles. Les hétérocystes sont intercalaires ou terminaux, la position des akinètes est variable. La cellule terminale est conique (forme mobile) ou indifférenciées (forme planctonique). Des vacuoles de gaz sont parfois présentes. La

reproduction s'effectue par rupture des trichomes au hasard et par germination des akinètes. (Janse van Vuuren S *et al.*, 2006). Le taux de G+C est entre 38 à 44%.

1.14.4.4 Genre Microcystis sp

Microcystis sp est parmi les formes planctoniques unicellulaires qui se reproduisent par division binaire en 03 plans. Les cellules sont sphériques ou en forme de bâtonnets courts, les vacuoles à gaz sont habituellement présentes (STEINITZ KANNAN M *et al.*, 2013). Le taux de G+C est entre 39 à 45%. Ce genre synthétise des toxines de nature peptidiques (microcystines). Le genre Microcystis est distribué à travers tous les continents et est le plus communément associé aux fleurs d'eau toxiques. L'espèce type est Microcystis aeruginosa (CRAYTON M A, 1993).

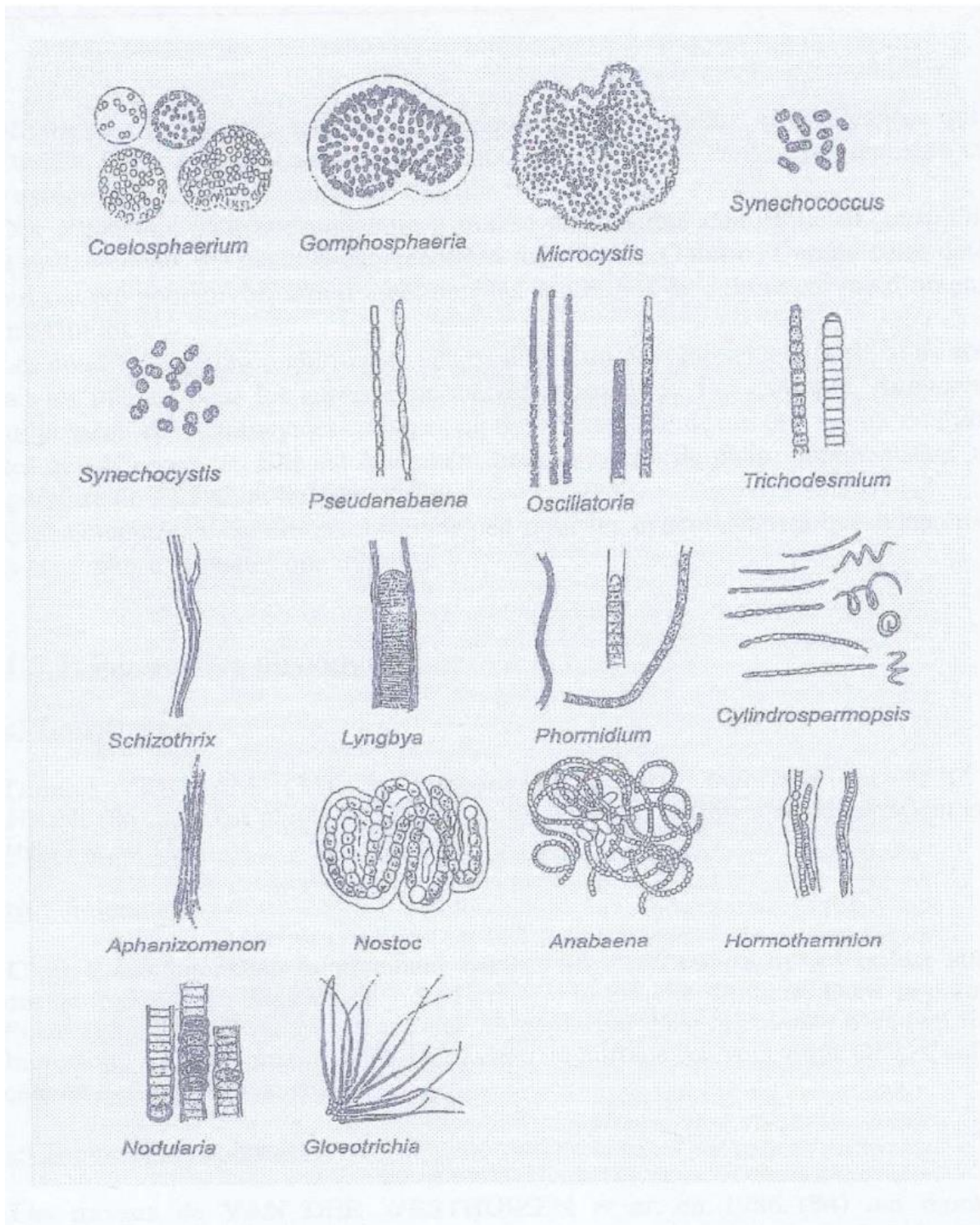


Figure 6 : Récapitulatif des cyanobactéries fréquemment rencontrés (Silvano, 2005)

Chapitre II

présentation des milieux d'études

2. Présentation des sites d'études

2.1 Lac Oubeira

La réserve intégrale du lac Oubeïra, qui est un site Ramsar sous les critères ; 1, 5 et 6, se situe 36°50'N-08°23'E à 3 km à l'Ouest de la ville d'El Kala, dans la wilaya d'El Tarf à l'extrême Nord-est de l'Algérie, entre lac Mellah et lac Tonga, en couvrant environ 2200 ha de superficie avec une altitude moyenne de 25 m (**DE BELAIR, 1990 ; MESSERER, 1999**).

Sa salinité moyenne est de l'ordre de 0,1 ppm, et son pH varie de 7,72 à 8,26. La concentration d'oxygène dissous est de 5,80 à 6,7 ppm, pour une température moyenne allant de 9°C en Janvier à 28,40°C en Août (**MEDDOUR, 1988 ; MEDDOUR *et al.*, 1999**). Le volume total du lac estimé par le calcul de différentes tranches de profondeur d'eau est de 32.031.078,82 m³ (**MESSERER, 1999**). La nature du fond est variable (Sable fin, vase fine ou noire).

C'est un système endoréique dont l'alimentation en eau est assurée par l'oued Messida, par l'oued El-Kebir et plus particulièrement par le ruissellement des eaux sur les estuaires argilo-gréseux composant le bassin versant. (**BOUGUessa., 1993**).

De ce fait, le régime hydrologique du lac Oubeira est fortement influencé par les variations climatiques.

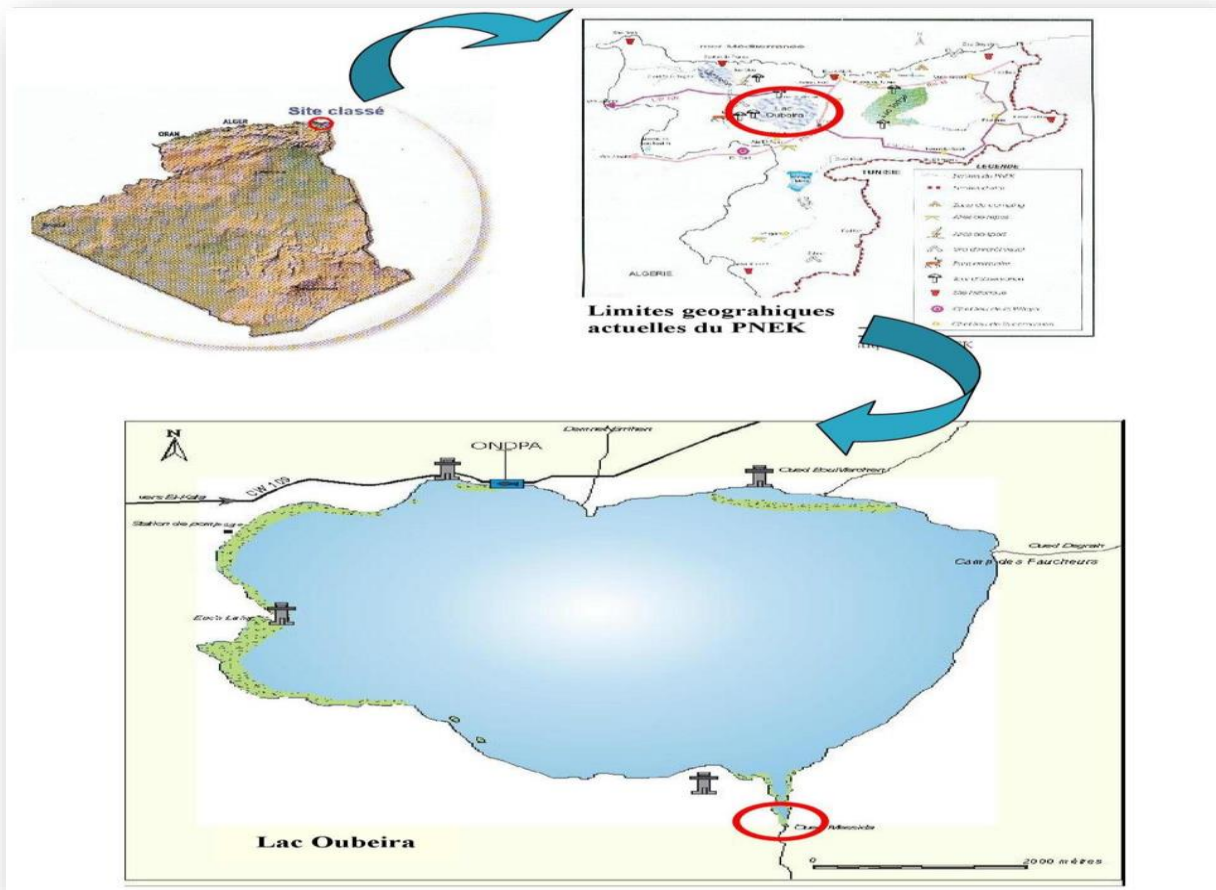


Figure7: Carte géographique représentant la localisation du lac Oubeira



Figure8: Lac Oubeira (Photo pers) (Saci N et Mechiane F,2022)

2.1.2 La conservation du site:

Le lac Oubeïra (2200 ha) a été inscrit sur la liste des sites Ramsar d'importance internationale peu après la déclaration du Parc National, le 4 novembre 1983. En 1990 une mission a eu lieu pour évaluer l'état de conservation et la problématique du site Ramsar et pour fournir des solutions (SMART ET HOLLIS., 1990).

2.1.3 Caractéristiques physiques:

2.1.3.1 Géologie, géomorphologie et hydrologie:

Oubeïra est un lac endoréique, d'eau douce, permanent. Il est en forme de cuvette à fond plus ou moins plat légèrement incliné vers le Nord, d'origine naturelle ayant une profondeur maximale de 4m, la profondeur moyenne étant de 1,24 m. Cette première profondeur constitue le toit d'une couche de vase dont la profondeur moyenne est de 1.30m et une valeur maximale de 2,50 m. Le fond de cette dernière constitue le substratum réel du lac avec une forme concave inclinée vers le Sud-ouest.

Ce lac contient un volume de vase de 30.207.685,30 m³ , par contre son volume d'eau varie selon les saisons. En période estivale, il est de 22.031.078,80 m³ avec une profondeur moyenne de 0,96 m et en période hivernale un volume d'eau de 32.535.096,80 m³ avec une Profondeur moyenne de 1,24 m.

Le substrat est entièrement composé d'argile de Numidie datant du Tertiaire, avec la présence tout autour du Lac de dépôts récents du Quaternaire. Les alluvions limoneuses du fond de vallée, datant du Quaternaire, sont localisées au Sud-est du lac. Le bassin versant occupe une superficie de 9919,35 ha.

Le lac est alimenté par quatre oueds dont le plus important, l'oued Messida au Sudest, recueille les eaux de crues de l'oued El Kebir au Nord d'El Tarf. [Direction des forêts, 2003]

Oubeïra 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.

2.1.3.2 Climat:

Le lac Oubeïra, 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 700 et 800 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 de septembre à avril. Les eaux du lac sont très turbides surtout en hiver.

2.1.4 Caractéristiques écologiques:

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 morzana*, le Râle 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 pourpré et crabier *Ardea purpurea* et *Ardeola ralloides*, l'aigrette garzette *Egretta garzetta* et le garde boeu *Bubulcus ibis* et des limicoles) (**Direction des forêts, 2003**).

2.1.4.1 Flore remarquable

Les herbiers flottants par les Hydrophytes (Trapanatans, Myriophylle potamogetons.) et occupent la grande surface d'eau libre. Parmi les espèces rares présentes dans l'Oubeïra: Châtaigne d'eau : Trapanatanes (seules station en Algérie), Nénuphar blanc : *Nymphaea alba* et Nénuphar jaune : *Nuphar luteum* (**MIRI, 1996**).

2.1.4.2. Faune remarquable

On note la nidification du Blongios nain, la Talève sultane, la Rousserolle turdoïde, le Butor étoilé, et le Busard des roseaux, avec la présence du Balbuzard pêcheur qui chasse ses proies dans le lac. Les hivernants sont présentés par l'Erismature à tête blanche, la Grande aigrette, la spatule blanche, l'Oie cendrée, le grand cormoran, plusieurs espèces de limicoles et l'Avocette élégante, et de façon irrégulière, l'Ibis falcinelle et le Flamant rose (**BRAHMIA, 2002**).

Les insectes sont représentés par au moins 28 espèces d'Anisoptères (Odonates), parmi elles nous citons *Anax imperator*, *Anax parthenope*, *Ashna mixta*, *Aeschna affinis*, *Hemiana xephippiger*, *Orthetrum cancellatum*, et *Acisoma panorpoides ascalaphoides*... etc. (**Direction des forêts, 2003**)

2.1.5. Valeurs sociales et culturelles

Le lac Oubeira est d'un intérêt social et culturel par la Production halieutique, l'exploitation de l'eau pour l'agriculture autour du lac (il s'agit surtout de cultures spéculatives telles que la culture d'arachides consommatrice d'eau), la présence d'un site archéologique (Mégalithique) au Sud-est du lac et l'éducation et la recherche scientifique (aspect paysager ouvert et présence de deux postes d'observation ornithologique) (**Direction des forêts, 2003**).

2.2 Lac Mellah

Située à l'extrême est des côtes algériennes (8°20'E ; 36°54'N), la lagune du Mellah. occupe une superficie d'environ 865 ha et communique avec la mer par un chenal long de 900 m, profond d'environ 0,6 m et large de 10 m.

Le Lac Mellah est l'unique lagune en Algérie, d'une profondeur maximale de 6 m reliée à la mer par un chenal artificiel long de 900 m. C'est un site de gagnage et de remise qui est important pour la sauvagine qui l'exploite. Il se caractérise par une diversité de situations hydrologiques qui lui confère une grande richesse halieutique et limnologique (**LAZLI, 2011 ; GHERIB, 2018**). Cette zone humide abrite un stock important de poissons qui y vivent et s'y reproduisent. 200 espèces de phytoplancton y ont été identifiées (**REMITA, 1999**) et 47 espèces de zooplancton (**HARIDI, 1999**). Ce lac héberge une avifaune très diversifiée, composée d'Anatidae, Laridae, Sternidae, Phalacrocoracidae (**GHERIB, 2018**).

La température du milieu montre une certaine homogénéité entre les eaux de surface et du fond. Elle évolue généralement entre 10°C en janvier et 30°C en août. L'évolution de la salinité est caractérisée par deux phases ; la première est décroissante et s'étale de novembre à mars (période de crue) avec des valeurs qui passent de 34,8 à 25,4‰ ; la seconde est croissante, de mars à novembre (période sèche), avec des valeurs qui s'inversent.

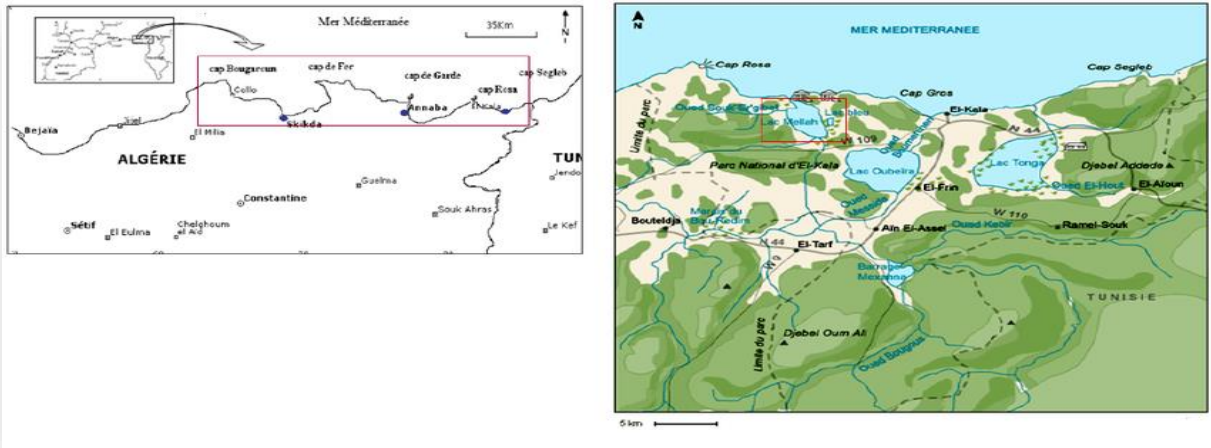


Figure9: Situation de la lagune El Mellah dans la région d'El Kala



Figure10: Lac mellah (Photo pers) (Saci N et Mechiane F,2022)

2.3 La Mekhada (fiche Ramsar)

Le Marais de la Mekhada est une zone humide palustre, occupant les parties basses de la cuvette de remplissage alluvionnaire et colluvionnaire de la plaine de la Mafragh. C'est un marais dont les eaux sont douces, à l'exception de sa partie aval, dont les eaux sont saumâtres en raison du contact à l'embouchure avec la mer Méditerranée. C'est une immense zone marécageuse d'une profondeur de 0,5 à 1 mètre, sa végétation se compose essentiellement de scirpes *Scirpus sp.* qui recouvrent plus de 80% de sa superficie. C'est ici que se regroupe la plus grande concentration d'oiseaux d'eau du complexe de zones humides de la région d'El Kala, dans la wilaya d'El Tarf.



figure11: Lac Mekhada (Photo pers) (Saci N et Mechiane F,2022)

2.3.1 Localisation générale

Le marais de la Mekhada ($36^{\circ} 48' N$ et $08^{\circ} 04' E$) se situe à 20 km à l'Est de la ville d'Annaba et à 45 km à l'Ouest de la ville d'El Kala (Figure 1). Il occupe les parties basses de la cuvette de remplissage alluvionnaire de la plaine de la Mafragh. Ce marais est bordé au Nord par des dunes littorales le séparant de la mer Méditerranée et au Sud, par les massifs argileux et forestiers de la Cheffia (DGF,2003). Il s'étend sur une superficie d'environ 10 000 ha et se classe en deuxième position en Numidie après le lac Fetzara (15 000 ha). Sa profondeur ne dépasse pas 3 mètres, avec une salinité moyenne de 4,6 g/l (MORGAN, 1982). Cette faible profondeur conduit à des assèchements réguliers durant la période estivale. Cependant, il est connu pour sa végétation très diversifiée recouvrant plus de 90 % du marais (HOUHAMDI, 2002).

2.3.2 Caractéristiques physiques

2.3.2.1 Hydrographie

Le Marais de la Mekhada occupe la partie centrale de la plaine de la Mafragh, une cuvette de remplissage alluvionnaire et colluvionnaire. Lieu de confluence de l'Oued El Kebir-Est et de l'Oued Bounamoussa, il est séparé de la mer par un cordon dunaire. L'exutoire est constitué par l'Oued Mafragh qui traverse ce cordon dunaire. La côte du plan d'eau est comprise entre 0 et 0,5 m. La profondeur n'excède pas deux mètres, elle est généralement inférieure à un mètre. Du fait de sa relation avec le milieu marin, le marais est le siège d'un biseau salé. Dans

la partie Est de l'Oued El Kebir, les eaux sont très chargées (résidu sec à 19 g/l), la salure remontant jusqu'à 13 Km en amont de l'embouchure de la Mafragh. Dans l'Oued Bou Namoussa, les remontées d'eau salée sont arrêtées par le barrage naturel anti-sel formé par les dunes littorales de la ville de Ben M'Hidi. Cette grande zone marécageuse, appelée Garâa localement, se situe dans le delta de l'Oued El Kebir à l'Est et Oued Bounamoussa à l'Ouest, leur jonction forme l'embouchure de l'Oued Mafragh. Du nom du grand bassin versant drainant ses eaux sur une superficie de 2.100 km².

2.3.2.2 Géologie

C'est un bassin marécageux du Tertiaire et du Quaternaire, le Tertiaire est représenté par une formation argileuse de type Numidien datant de l'Eocène supérieur. Les argiles Numidiennes présentent une épaisseur de l'ordre de 10 à 100 mètres, au dessus des argiles se superposent des grès Numidien. Le Quaternaire est représenté par le grès Numidien de quelques centimètres d'épaisseur.

2.3.2.3 Géomorphologie

Les principales unités géomorphologiques sont représentées par la Plaine de Ben M'Hidi ainsi que les monts de Bouabed qui culminent à 700 mètres d'altitude.

2.3.4 Valeurs hydrologiques

Le marais constitue un réceptacle de sédiments provenant de son bassin versant, et joue un rôle de réservoir permettant la maîtrise des crues notamment celles de l'Oued El- Kébir qui sont parfois spectaculaires.

2.3.5 Caractéristiques écologiques

Le Marais de la Mekhada a une période d'inondation s'étalant sur 09 mois. La végétation héliophyte recouvre environ 80 à 90% de la zone inondable. En hiver, le marais se transforme en site d'accueil et de gagnage pour des milliers de canards et autres oiseaux d'eau. En été, il héberge la nidification de plusieurs espèces intéressantes, dont au moins une, l'Erismature à tête blanche oxyura leucocephala classée en voie de disparition sur la Liste rouge de l'UICN.

2.3.5.1 Flore remarquable

Les caractéristiques lithologiques et climatologiques spécifiques au bassin versant de la Mafragh lui offrent un couvert végétal très varié (GAUSSEN & VERNET 1950). Les principaux types de végétations caractérisant la région se distinguent comme suit :

- Série de chêne liège : Occupe la majorité de la surface du bassin versant et s'étale sur toute la région Sud à l'Est ainsi qu'une petite partie au Nord.
- Série de chêne kermesse : Elle n'occupe que la partie Nord central du bassin.
- Série de chêne zeen : Cette végétation n'est concentrée qu'à l'extrémité Sud du bassin signalant d'autres espaces réduits à l'ouest et à l'Est entouré surtout de chêne liège.
- Série de l'Oléo-lentisque : Végétation définie comme étant petits arbustes caractérisés beaucoup plus par des oliviers naturels. Cette série n'est pas abondante et elle n'est localisée qu'un peu au Nord –Ouest et très peu au Sud. Cette série se répond plus au niveau de la frontière tunisienne à l'extrême Est du bassin.
- **Végétation hydrophile**

Elle n'est limitée qu'à la zone des marécages essentiellement les marais de Mékhada. En outre nous ajoutons la présence de cultures qui se localisent beaucoup plus sur toute l'étendue de la plaine et résultaient de l'action humaine. Cependant, pour certains ingénieurs et techniciens les limites du couvert végétale ont changé et elles ne peuvent rester les mêmes par raison des incendies et des extensions urbaines (LABAR, 2003).

- **Végétation émergente**

La végétation émergente recouvre environ 90% de la surface du marais, représentée essentiellement par une *Scirpe sp.* Toutefois, il existe une zone périphérique ouverte, maintenue grâce au pâturage et au centre une étendue d'eau libre. La végétation émergente comprend des scirpes (*Scirpuslacustris*, *Scirpuslittoralis*, *Scirpusmaritimus*) dont l'abondance est largement dominante sur toute l'étendue du marais.

Le Phragmite ou le Roseau commun (*Phragmites communis*) est par contre plus localisé avec la présence des Massettes (*Typha angustifolia*), des Glycéries (*Gliceriafluitans*), du Carex (*Carex sp*) et du Plantain d'eau (*Alisma plantago-aquatica*).

Le plan d'eau est légèrement envahi par une riche végétation immergée, que ce soit sur les berges ou dans les plans d'eau ouverts, parmi laquelle on trouve notamment : *Myriophyllumsp.*, *Charasp.*, *Ruppiasp.*, *Callitriche sp.*, *Zanichelliapalustris*. La végétation flottante est représentée surtout par *Ranunculusspet Lemnaminor*. Quelques pieds clairsemés de *Tamarix spse* rencontrent sur des levées de terre.

Deux associations végétales ont été identifiées dans le marais. La première est le *Scirpetummaritimi* dans laquelle deux espèces caractérisent les deux faciès de cette association : le premier à *Scirpuslittoralis*, le second à *Juncusmaritimus*. La deuxième association est le *Suaedetumfruticosae* à laquelle on lui subordonne deux sous-associations : l'une à *Salicorniafruticosa* et l'autre à *Inulacrithmoïdes* (De Belair, 1987) .

2.3.5.2. Faune remarquable

Le marais de la Mekhada constitue un site très important pour l'accueil des oiseaux d'eau hivernants (en Janvier 1998, on a compté 44.486 anatidés et 12.300 foulques macroules *Fulicaatra*, sans compter les ardéidés, les rallidés et des rapaces rares comme l'aigle pomarin *pomarin Aquila*.

Il abrite également le 1% interational pour L'Erismature à tête blanche *Oxyuraleucocephala*: 4 nichées observées en 1991 (Boumezbeur, 1993) et pour les espèces suivantes, selon le recensement de janvier 2001: l'Oie cendrée *Anser anser*: jusqu'à 5.000 individus, le Canard siffleur *Anas penelope*: 21.100 individus, le Canard chipeau *Anas strepera*: 1.000 individus C'est également un site de nidification pour la Foulque macroule *Fulicaatra*, la Poule d'eau *Gallinulachloropus*, le Râle d'eau *Rallusaquaticus*, le Blongios nain *Ixobrychus minutus*, le Grèbe castagneux *Tacchbaptusrufficolis*, la Rousserole effarvate *Acrocephalus scirpaceus*, etc. Elle est également un site de nidification pour de nombreuses espèces dont l'importance reste sous-estimée. La nidification du Héron garde boeufs (*Ardea ibis*), de l'Aigrette garzette (*Egretta garzetta*), du Héron pourpré (*Ardea purpurea*), du Crabier chevelu (*Ardeolaralloides*), du Bihoreau gris (*Nycticorax nycticorax*) et de l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*), ne fait plus de doute. Leur colonie est localisée au centre du marais (**Chalabi, 2008**).

Les invertébrés sont représentés notamment par Oligochaeta, Corixidae, Odonates, Coléoptères et des Chironomidae (**DE BELAIR, 1990**). La présence des espèces *Gammarus marinus* et *Hydracarina* sp. Suggère l'existence de quelques mares permanentes et l'absence de Gastéropodes est tout à fait remarquable (**MORGAN, 1982**).

Chapitre III

Matériel et Méthodes

3. Matériel utilisé



Microscope optique



microscope inversé



pipette



Boite de pétrie



Lamelle



Lame



Bouteille stérile



formole



chambre de décantation



filet

4 Echantillonnage du bloom à cyanobactéries

4.1 Préparation du matériel

La préparation du matériel est une étape importante qui doit être bien planifiée. Le matériel de terrain doit inclure notamment une quantité suffisante du bidon stérilisé clairement.

Enregistrement et étiquetage des échantillons:

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**).

Choix de stations et le prélèvement

Nous avons effectué un échantillonnage le 8 décembre 2021 et le 7 mars 2022 et le choix de la station est déterminé dans la recherche d'un lieu qui contient un bloom. nous somme réalisé sur une période de deux saisons (l'hiver et printemps 2022)

Tableau 1: Présentation des sites et période de prélèvement.

Station de prélèvement	Date et Heure de prélèvement	
Lac oubeira site 1	1	8 décembre 2021 à 10:24
	2	7 mars 2022 à 11:00
Lac oubeira site 2	1	8 décembre 2021 à 12:30
	2	7 mars 2022 à 12:00
Lac mellah 3	1	8 décembre 2021 à 13:07
	2	7 mars 2022 à 13:21
Lac mekhada 4	1	8 décembre 2021 à 9:00
	2	7 mars 2022 à 9:30

4.2 Mode de prélèvement des échantillons

Les choix des stations est un choix aléatoire puisque les différents constituants des lac sont homogènes pour toutes les régions de l'écosystème aquatiques, pour cela, quatre stations d'échantillonnage ont été sélectionnées (S1, S2, S3 et S4), à une profondeur de 20 à 30cm.

Une quantité d'eau (environ 200 ml) est prélevée aseptiquement dans la colonne d'eau, puis on a ajouté 20 ml du formol pour fixer la forme des cyanobactéries.

4.2.1 Transport et conservation de l'échantillon avant expérience

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon, ou, inversement la surcroissance de micro-organismes à l'intérieur de l'échantillon. Ceci peut être obtenu en mettant l'échantillon à l'abri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes.

4.3 Identification des cyanobactéries

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

Après le dépôt des espèces formolées ou lugolées au fond du flacon, une goutte d'eau est prélevée au fond à l'aide d'une pipette pasteur de 20 μ l.

Cette goutte est déposée entre lame et lamelle et observée au microscope optique à l'objectif (40x). On effectue un parcours horizontal par l'objectif du microscope sur toute la longueur de la lamelle en se décalant nettement sur sa largeur afin qu'il n'y ait pas de chevauchement. On répète l'opération 5 fois (**CHAMPIAT et LARPENT, 1998**).

L'identification des différents genres de cyanobactéries a été réalisée selon une clé de détermination basée sur les critères morphologiques suivants :

- La couleur
- La taille
- La forme des colonies
- La présence ou l'absence de gaines gélatineuses
- La couleur et l'aspect de la gaine gélatineuse
- La présence ou l'absence des vésicules à gaz.

Ces caractères représentant les clés d'identification proposées à des ouvrages et publications spécifiques à l'Afrique et aux espèces rencontrées (**FRITSCH et RICH, 1929 ; FREMY, 1930; COMPERE, 1974 ; COMPERE, 1991**).

4.4 Dénombrement des cyanobactéries

Nous avons utilisée des chambres de décantation pour compter les cellules de phytoplancton à l'aide d'un microscope inversé. Les chambres sont de 50 ml dans lesquelles les échantillons

sont sédimentés. Les Cyanobactéries sont dénombrées uniquement en suivant 5 lignes sur toute la longueur de la chambre et à chaque fois sur la largeur du champ optique.



Figure 12: Les chambre de décantation (Photo pers.,2022).

Calcul des densités

Si pour des raisons pratiques, nous avons procédé à une dilution, il est impératif de multiplier le nombre total des cyanobactéries trouvées sur les 5 bandes par le facteur de dilution.

Ensuite et afin d'extrapoler la densité par unité de volume nous avons multiplié par une valeur F qui est obtenue par la formule suivante :

$$F = \frac{\text{zone analysée} \times 1000 \text{ (ml)}}{\text{zone de reglement} \times \text{volume d'échantillon}}$$

La valeur de F variera lors du comptage en bandes le long de la chambre. Cela dépendra du grossissement de la lentille d'objectif, du nombre de bandes à travers la chambre qui ont été examinées, et si les bandes étaient orientées le long ou à travers la chambre. La largeur du champ de vision (c'est-à-dire la largeur de chaque bande) doit être prédéterminée à l'aide d'un réticule calibré à chaque grossissement. Si l'on scanne le côté long de la chambre, la longueur du côté court à travers la chambre est requise, et vice versa (**HASLE, 1978**).



Figure 13: Microscope inversé (Photo pers., 2022)

Chapitre IV

Résultats et discussion

5. Résultats

5.1 Identification des cyanobactéries

L'observation des caractères morpho-anatomiques des cyanobactéries récoltées dans les lac Mellah, Oubeira et Mekhada nous a permis d'identifier 4 genre (*oscillatoria*, *microcystis*, *anabaena*, *spirulina*) avec des formes filamenteuses et coloniales. En basant sur des critères morphologiques tels que :

- La forme des cellules (largeur, longueur, filamenteuse, coloniale) ;
- La Coloration, pigmentation ;
- La présence ou non de structures cellulaires caractéristiques « akinètes, hétérocystes et vacuoles gazeuses ».

5.2 Description des genres identifiés

Le genre *Microcystis*

Les cellules sphériques sont groupées en colonies et le plus souvent incolores. Les colonies ont des formes très variées : elles sont sphériques ou cylindriques, entières ou lobées parfois perforées.

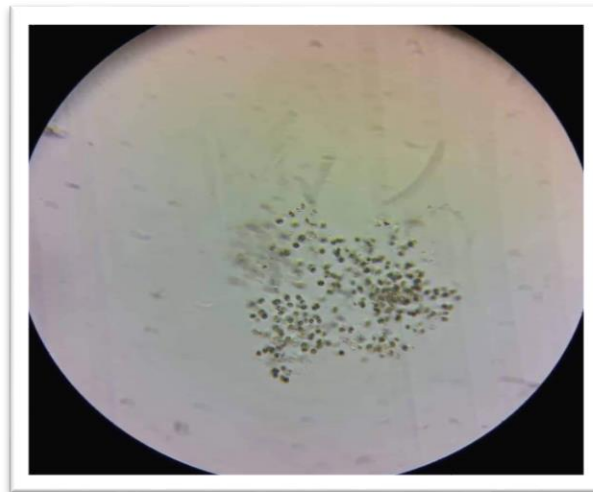


Figure 14: Le genre *Microcystis* (Photo pers., 2020).

Le genre *Spirulina*

Leurs trichomes dépourvus de gaine sont solitaire, mobiles, régulièrement enroulés en hélice plus ou moins serrée .les cloisons visibles dans les grandes formes sont pratiquement invisible chez les petites espèces.

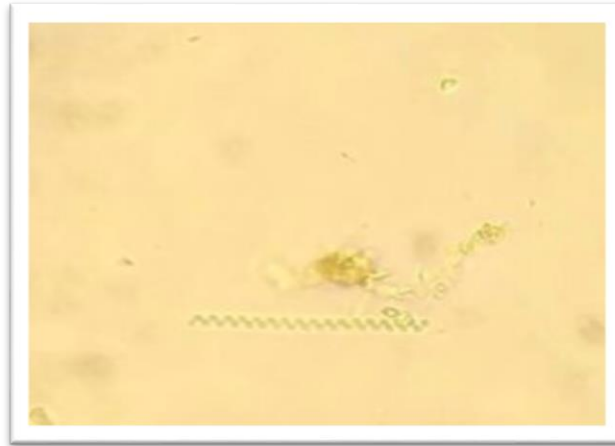


Figure 15: Le genre spiruline (Photo pers., 2022).

Le genre *Oscillatoria*

Les trichomes du genre *Oscillatoria* sont libres, solitaires, dépourvus normalement de gaines. Ils sont droit ou flexueux, parfois tordus en hélice régulière.



Figure 16: Le genre Oscillatoria (Photo pers., 2022).

Le genre *Anabaena*

Les trichomes sont simples, réguliers, d'égale épaisseur, et présente des hétérocystes intercalaires plus ou moins nombreux. Les trichomes sont libres, sans gaines.

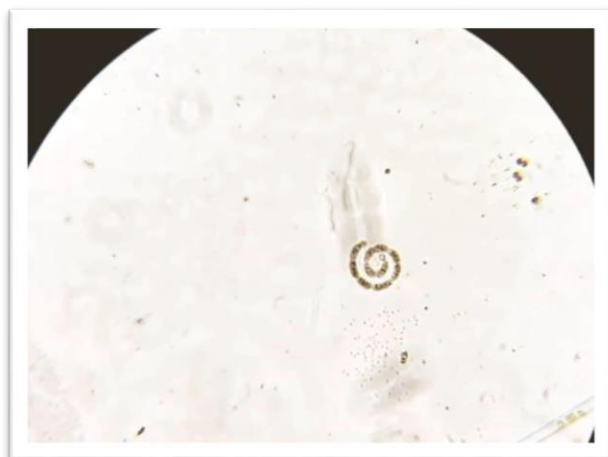


Figure 17: Le genre Anabaena (Photo pers., 2022).

La Diversité génétique des cyanobactéries répertoriées dans les lacs Oubeira, Mellah, Mekhada (hiver et printemps) nous a permis d’identifier 2 espèces (*oscillatoria*, *microcystis*) sont les plus dominantes dans les trois sites, nous avons enregistré la présence du *anabeana* et la *spiruline* uniquement dans le lac Oubeira durant les deux saison.

Tableau2

Tableau 2: Diversité génétique de la cyanobactérie répertoriée dans les lacs Oubeira, Mellah, Mekhada (l’hiver et printemps).

saïson	Oubeira	Mellah	Mekhada
1- hiver	- <i>microsystis</i> - <i>oscillatoria</i> - <i>anabaena</i> - <i>spiruline</i>	- <i>oscillatoria</i> - <i>microcystis</i>	- <i>oscillatoria</i> - <i>microcystis</i>
2- printemps	- <i>Microsystis</i> - <i>osilatoria</i>	- <i>Microsystis</i> - <i>osilatoria</i>	- <i>Microsystis</i> - <i>osilatoria</i>

5.3. Etude quantitative des cyanobactéries identifiées au niveau des sites d'études

5.3.1. la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Oubeira

La Figure 18 illustre la prédominance générique des cyanobactéries identifiées au niveau du lac Oubeira durant l'hiver et du printemps, le genre *Microcystis* est prédominant avec 48%, suivi par *Oscillatoria* qui représente 24% et *Anabaena* et spiruline avec une densité égale 14% pendant l'hiver

Par ailleurs la saison du printemps montre que le genre *Microcystis* est prédominant avec 67% suivi par *Oscillatoria* qui représente 33%.

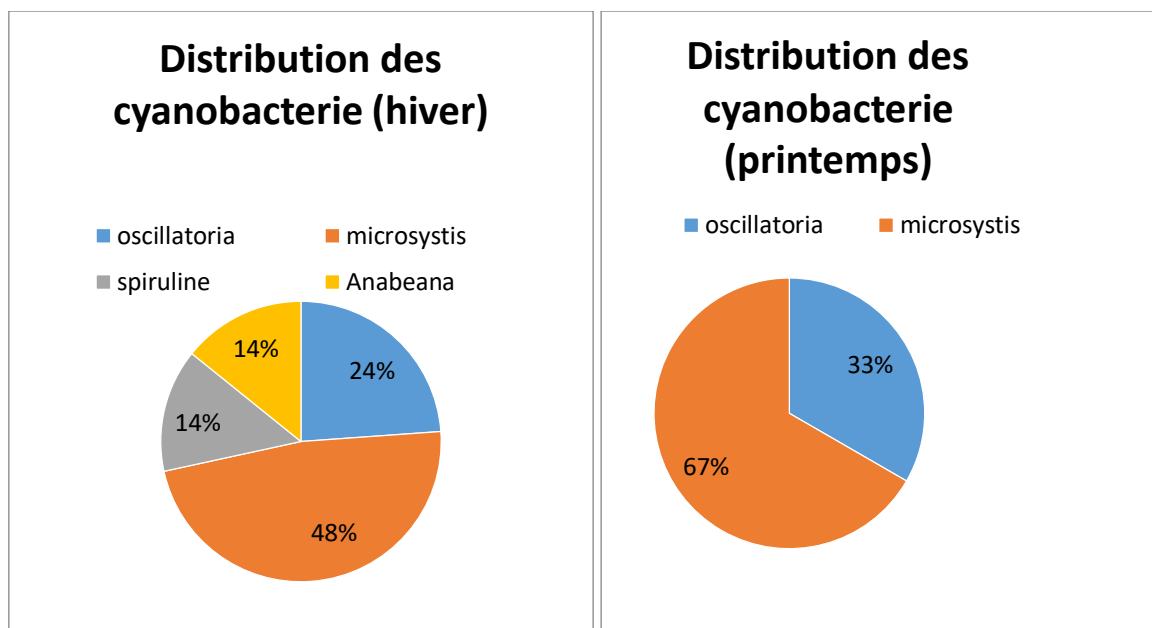


Figure 18: Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Oubeira dans la saison du l'hiver et du printemps

5.3.2. la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mekhada durant l'hiver et du printemps .

La détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mekhada pendant l'hiver révèle que le genre *Oscillatoria* est prédominant avec 67%, suivi par *microcystis* qui représente 33%. Pendant le printemps. Nos résultats relèvent aussi que le genre *microcystis* est prédominant avec 80%, et *osilatoria* représente que 20%.
Figure 19.

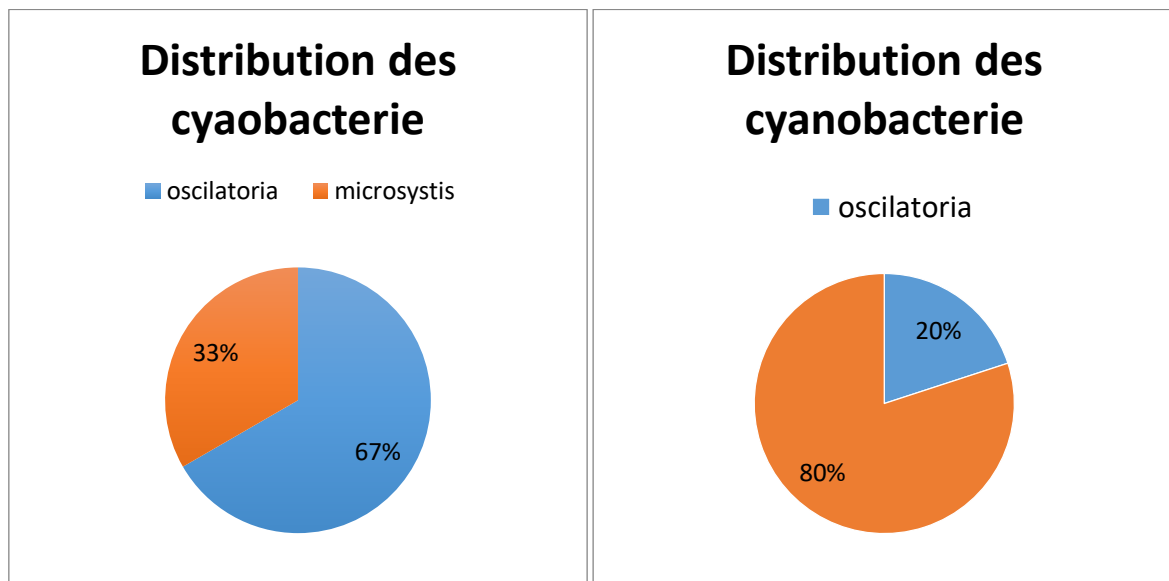


Figure 19: Détermination de la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mekhada durant l'hiver et du printemps

5.3.3 .La prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mellah pendant l'hiver et du printemps

La Figure 20, illustre la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mellah, les résultats montrent que le genre *microcystis* est prédominant avec 80%, suivi par *osilatoria* représente que 20%. Pendant l'hiver . en revanche durant le printemps relèvent que le genre *microcystis* est prédominant 100% avec l'absence du genre *osilatoria*.

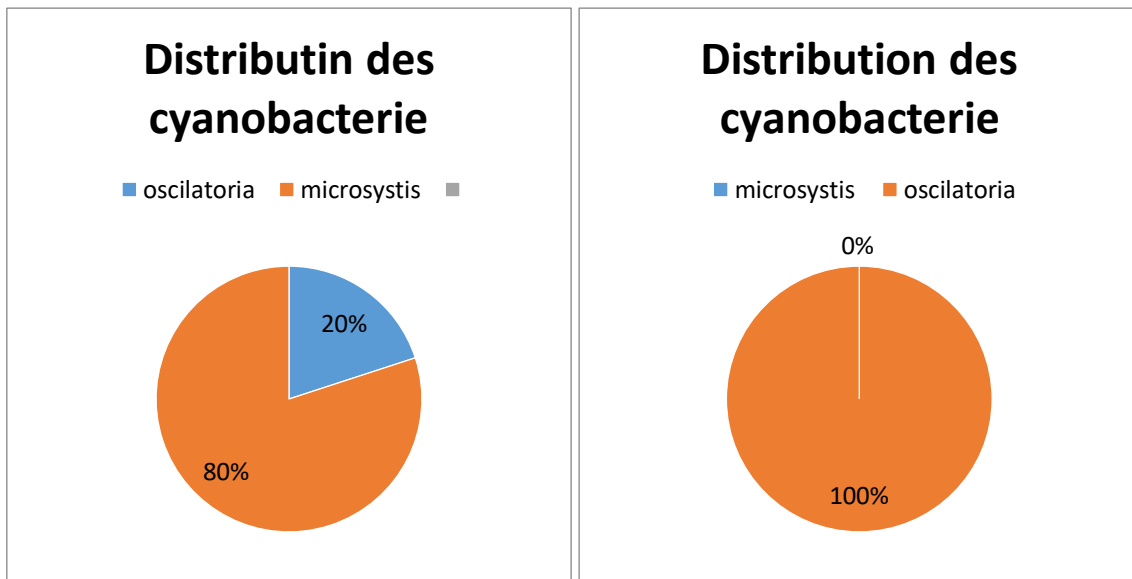


Figure 20: la prédominance des différents genres de cyanobactéries identifiées au niveau lac Mellah durant l’hiver et printemps.

5.4.Dénombrement des cyanobactéries pendant l'hiver

la Figure 21, exprime le Dénombrement des cyanobactéries pendant l’hiver ,la plus forte densité cyanobactérienne est observée dans le lac Oubeira environ 6000 individus par litre et Mekhada environ 500 individu par litre en revanche nous avons enregistré la densité la plus faible dans le lac Mellah avec 200 individu par litre.

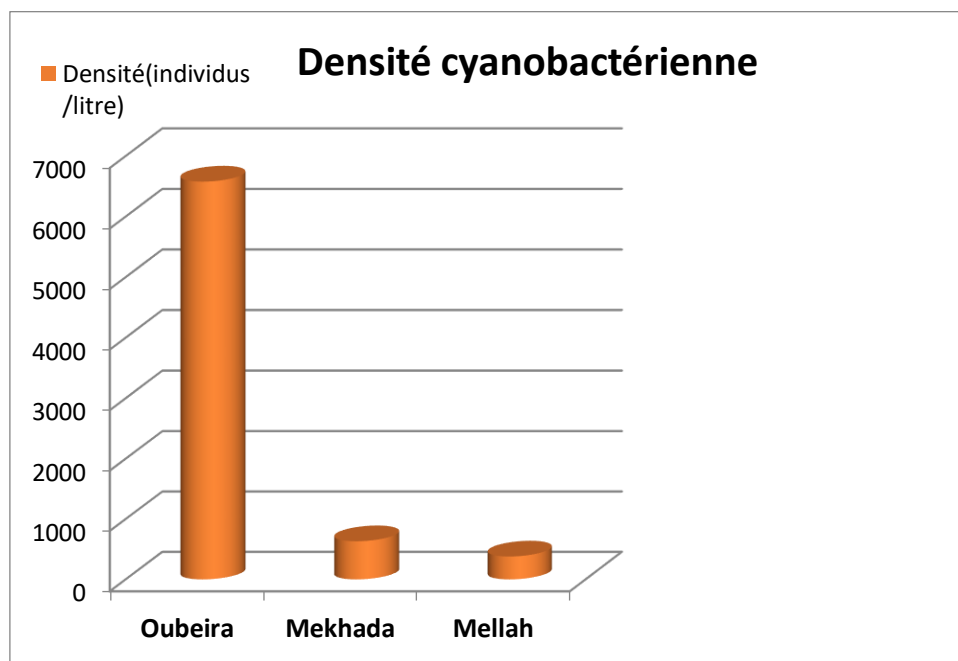


Figure 21: Dénombrement des cyanobactéries durant l’hiver

5.5. Dénombrement des cyanobactéries pendant le printemps

le dénombrement des cyanobactéries pendant le printemps montre que la plus forte densité est observée dans le lac Oubeira avec 1800 individus par litre suivi par Mekhda avec environ 1200 individu par litre, et la densité la plus faible est dans lac Mellah avec 200 individu par litre. **Figure 22**

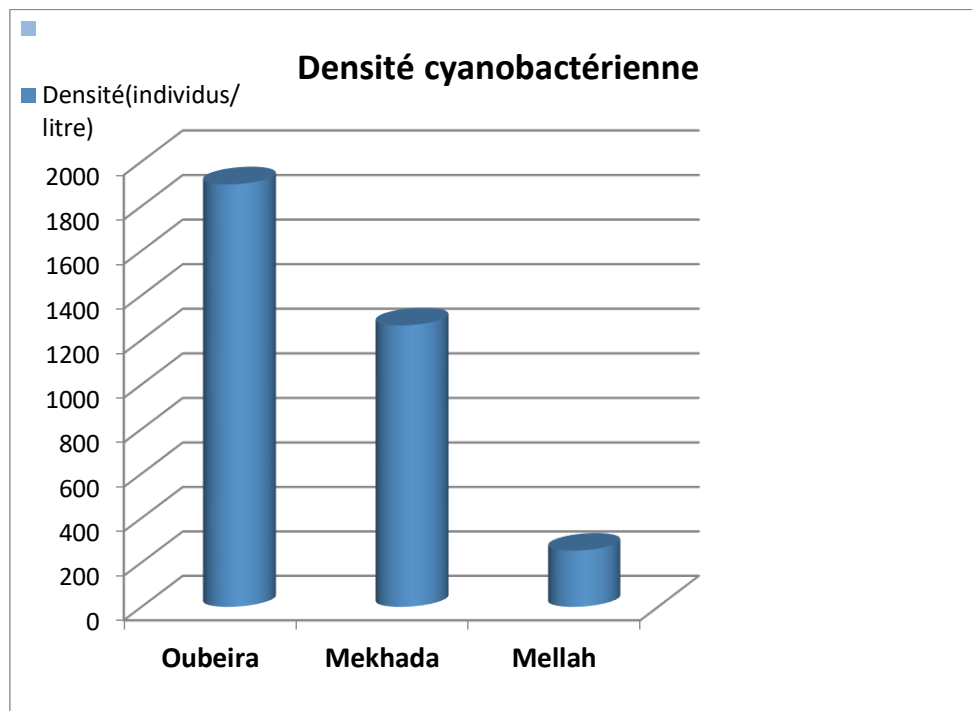


Figure 22: Dénombrement des cyanobactéries pendant le printemps

6. Discussion

Les Cyanobactéries sont des micro-organismes procaryotes photosynthétiques à Gram négatif. Elles sont aussi appelées Cyanophytes ou Cyanophycées, ou encore algues bleues, en raison de la présence d'une phycobiline bleu qui leur est propre. L'identification des différents genres de cyanobactéries a été réalisée selon une clé de détermination basée sur les critères morphologiques.

Dans le but d'identifier les différents genres de cyanobactéries qui y sont présents au niveau trois sites différents des zones humides du Nord Est Algérien: lac Oubeïra, lac Mellah, lac Mekhada, s'étale entre décembre 2021 et mars 2022.

Nos résultats d'identification ont permis d'identifier 4 genres : *oscillatoria*, *microcystis* les plus dominantes dans les trois sites, en revanche nous avons enregistré la présence *du anabeana* et *la spiruline* uniquement dans le lac oubeira durant l'hiver.

Nos observations nous ont permis aussi de constater que les genres, *Microcystis* et *Oscillatoria* sont les plus adaptés à se développer majoritairement dans des conditions où ils sont avantagés par rapport aux autres micro-organismes.

Parmi les espèces d'algues bleues identifiées, quelques taxons reconnus nuisibles et producteurs de toxines sont représentés par le genre *microsystis*, et les genres *Oscillatoriaceae* et *anabaena*.

Nos résultats conviennent avec une étude effectuée au niveau du même site **Nasri et al. 2004**, qui a identifié dix (10) genres qui peuplent ce lac : *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Planktothrix*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Gomphosphaeria*, *Synechocystis*, *Merismopedia*, *Lyngbya*, et *Pseudanabaena*, avec toujours la prédominance du genre *Microcystis*.

Notre étude quantitative montre que les genres *Microcystis* et *Oscillatoria* représentent la quasi-totalité des cyanobactéries toxiques dans lac Oubeira et Mekhada et une diminution des effectifs des cyanobactéries toxiques pour le printemps. Cette fluctuation peut être expliquée par la baisse de température et les précipitations rencontrées dans ce mois. On peut comparer ces résultats avec les travaux réalisés par (**Amrani et al ,2016**) dans lac Oubeira qui constatent que les genres *Microcystis* et *Oscillatoria* représentent la quasi-totalité des cyanobactéries toxiques qui prolifèrent aux saisons d'été et d'automne dans le lac Oubeira. Et l'absence des cyanobactéries toxiques pour le mois de février. Ces résultats peuvent être expliqués par la baisse de température et les précipitations rencontrées dans certains mois.

La présence de ces différents genres dans nos sites d'études est comme la plupart des Cyanophyceae, leur présence est souvent liée à la disponibilité des nutriments en particulier nitrates et phosphates et à leur capacité d'assimiler d'autres éléments. Parmi les nombreux articles scientifiques publiés, la majorité discute du rôle des nutriments dans la prolifération des cyanobactéries. L'intensification des activités anthropiques a généré une augmentation phénoménale des concentrations en phosphore dans les écosystèmes aquatiques, causant une accélération de l'eutrophisation. Évidemment, les fortes concentrations en phosphore ne peuvent à elles seules expliquer l'apparition récurrente de fleurs d'eau de cyanobactéries. Toutefois, cet élément étant essentiel à la croissance de tout organisme vivant, son augmentation dans l'eau entraîne généralement une augmentation de la production primaire (production de matière organique par les organismes photosynthétiques). Et bien que le phosphore soit le principal élément responsable de l'augmentation de la biomasse dans les plans d'eau, l'azote aussi est un autre élément à considérer (**Chorus et Bartram, 1999 ; Silvano, 2005 ; AFSSA et AFSSET, 2006**).

D'après nos observations, nous avons constaté l'absence de la majorité des espèces signalées dans les travaux de (**Nasri et al, 2014**) comme *Planktothrix*, *Aphanizomenon*, *Gomphosphaeria*, *Synechocystis*, *Merismopedia*, *Lyngbya*, et *Pseudanabaena* en revanche les résultats obtenus concordent avec ceux trouvés par de nombreux auteurs, notamment **CARMICHAEL, 1992 et ADAMS, 2000** qui constatent que dans les eaux de surface des pays tempérés, les cyanophycées sont pratiquement absentes en hiver (elles passent l'hiver dans les sédiments), mais connaissent aux périodes chaudes des développements pouvant être explosifs.

BELMARS (2015) a montré que les cyanobactéries sont favorisées par les réchauffements climatiques associés à la stabilité hydrodynamique de la colonne d'eau et à l'ensoleillement. C'est en période froide que la croissance de ces micro-algues se trouve ralentie en raison des basses températures, des faibles conditions d'éclairement, des précipitations et du brassage des eaux par le vent et donc le développement excessif des cyanobactéries considéré le plus souvent associé à la conjonction de plusieurs facteurs complexes. Cependant, un facteur essentiel à leur croissance est l'enrichissement en éléments nutritifs.

Les données sur les cyanobactéries en Afrique du Nord sont également très intéressantes à considérer pour leur intérêt potentiel à montrer ce qui pourrait se produire dans les zones

tempérées en conséquence du réchauffement climatique puisque à l'échelle mondiale, ce qui est aujourd'hui considéré comme un événement extrêmement chaud pourrait devenir la norme dans un "climat de serre" d'ici 2100 (**GALLINA et al. 2011**).

Les travaux mentionnés précédemment sont, en revanche, les premiers à montrer que, par des effets directs ou indirects, les changements climatiques pourraient même favoriser des associations de cyanobactéries connues pour leurs occupations de niches écologiques différentes. Ils suggèrent, par exemple, que les variations dans le niveau des lacs dans les zones méditerranéennes et tempérées en raison de phénomènes des pluies intenses ou de sécheresses prolongées pourraient entraîner des changements spectaculaires dans les communautés des cyanobactéries responsables de la formation des blooms. Cette hypothèse est à prendre en considération car à la lumière des données produites par **LABORDE et al. (2010)** une réduction d'environ 15% des précipitations est prévue dans notre région d'étude (Nord-Est de l'Algérie) au cours des prochaines décennies ; ce qui entraînerait une réduction d'environ 40% des ressources en eau de surface.

Nos résultats à permis de conclure par l'absence des cyanobactéries en hiver, mais connaissent une prolifération massive dans les périodes chaudes pouvant être explosifs dans été.

Conclusion

La présence de cyanobactéries est signalée sur tous les continents, c'est une source de préoccupation croissante vis-à-vis des risques sanitaires associés pour l'Homme et l'animal.

Ce présent travail était d'identifier les différents genres de cyanobactéries qui y sont présents au niveau de lac Oubeira , lac Mellah , lac Mekhada.

L'étude qualitative des cyanobactéries dans les sites d'études (Oubeira, Mellah, Mekhada) a montré l'existence 4 genres (*oscillatoria*, *microcystis*, *anabaena*, *spirulina*,) .Parmi les espèces d'algues bleues identifiées, quelques taxons reconnus nuisibles et producteurs de toxines sont représentés par le genre *microcystis*, et les genres *Oscillatoria* et *anabaena*.

D'après notre étude, *Microcystis* et *Oscillatoria* sont les plus adaptés pour évoluer principalement dans les conditions qu'ils privilégient par rapport aux autres microorganismes.

On peut considérer que le développement excessif des cyanobactéries est le plus souvent associé à la conjonction de plusieurs facteurs complexes. Cependant, un facteur essentiel à leur croissance est l'enrichissement en éléments nutritifs.

Perspectives

Il apparaît nécessaire de renforcer la diffusion de recommandations générales à destination du public, notamment pour les populations vivant à proximité des plans d'eau. Lorsque des cas apparaissent, le public doit être informé sur les risques associés à la consommation d'eau qui pourrait contenir de fortes densités de cyanobactéries et de toxines.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abromovitz J N., 1996- Imperiled water impoverished future the decline of freshwater ecosystem world watch paper 1280 institute. Wastington; Fish Boil 753 762P.

AFSSA et AFSSET., (2006) .Risques sanitaire liés à la présence de cyanobactéries dans l'eau Annaba (Algérie), 146 p.

Anonyme., 2009. La « Guerre de l'eau » : nouveau moyen de pression économique pour demain? p2

Araoz R., Molgo J., Tandeau De Marsac N. (2010). Neurotoxic cyanobacterial toxins. *Toxicon*. 56: 813-828.

Ballot A., Krienitz L., Kotut K., Wiegand C., Metcalf J. S., Codd G. (2004). Cyanobacteria and cyanobacterial toxins in three alkaline rift valley lakes of Kenya lakes Bogoria, Nakuru and Elmenteita. *Journal of Plankton Research*. 26 (8): 925-935.

Barberousse H., 2006-Etude de la diversité des algues et des cyanobactéries colonisant les revêtements de façade en France et recherche des facteurs favorisant leur implantation. Thèse de doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle. Phycologie Appliquée, 192P

Barberousse H., 2006-Etude de la diversité des algues et des cyanobactéries colonisant les revêtements de façade en France et recherche des facteurs favorisant leur implantation. Thèse de doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle. Phycologie Appliquée, 192P.

Belmars D., (2015). Contribution a l'identification des cyanobacteries du barrage zit el-emba (skikda). master biologie moléculaire et cellulaire, Université 08 mai 1945 Guelma. Algérie. P 49.

Berman T. (2000). The role of DON and the effect of N:P ratios on occurrence of cyanobacterial blooms: implications from the out growth of *Aphanizomenon* in lake Kinneret. *Journal Limnol. Oceanogr.* 46(2): 443-447.

Bouguessa S., 1993. "Contribution à l'étude bactériologique des anisoptères Odonata du lac Oubeira PNEK", Thèse de Magister. Université d'Annaba, 1993, 70 p.

Bourrelly P.(1970). les algues d'eau douce : initiation à la systématique, Tome III : les algues bleues et rouges, les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. Ed. Boubée et Cie, 512P.

Briand J. F., Jaquet S., Bernard C., Humbert J. F. (2003). Health hazards for terrestrial vertebrates from toxic cyanobacteria in surface water ecosystems. *Veterinary Research Journal On Animal Infection*. 34 (4): 361-377.

Brient L., Vezie C., Bertru G. (2002). Synthèse des connaissances et mise en place d'un protocole de surveillance des réservoirs pour le traitement de l'eau potable et des plans d'eau servant aux activités récréatives. UMR Ecobio. Université de Rennes. 1-28.

Carmichael W.W. (1992). Cyanobacteria secondary metabolites-The cyanotoxins. *Journal of Applied Bacteriology*. 72: 445-459.

Carmichael W.W., Falconer I.R. (1993). Diseases related to freshwater blue-green algal toxins and control measures. *Algal toxins in seafood and drinking water*. Academic Press, London. 187-209.

Carrabin D. (2011). Détection et identification moléculaires de populations cyanobactériennes productrices de microcystines au Québec. Thèse de Doctorat. Université du Québec à Trois-Rivières 5.

Castenholz, R. W. (2001). Phylum BX. Cyanobacteria. Oxygenic photosynthetic bacteria. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Volume 1: The Archaea and the deeply branching and phototropic bacteria. Second Edition. Springer-Verlag. New York.

Chorus I. and Bartram J. (eds.), (1999). Toxic cyanobacteria in water: a guide to public health significance, monitoring and management. E & FN Spon/Chapman & Hall, London, united Kingdom, 416 p.

Chorus I., et Bartram J., 1999- Toxic cyanobacteria in water: a guide to public health significance, monitoring and management. Ed. E & FN Spon, London, 400P.

Chorus I. et Bartram J. (1999). Toxic Cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. E and FN Spon, Londres. (388p.)

Chorus, I. and Bartram, J. (eds) (1999) Toxic cyanobacteria in water - A guide to their public health consequences, monitoring, and management, E and FN Spon, published on behalf of the World Health Organization, New York.

Coute A., Bernard C. (2001). Les cyanobactéries toxiques. Les toxines d'algues dans l'alimentation. Edité par Frémy J. M. & Lassus P. Plouzané, Editions Ifremer. 21-37. dans l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives, Paris, 235P.

DE BELAIR, G. & BENCHEIKH EL HOCINE, M. (1987).- Composition et déterminisme de la végétation de l'Aménagement du Territoire/Museum National d'Histoire Naturelle.

De Boutray, M.-L., Maghsoudi, E., Ndong, M., and Dorner, S. (2017) Revue de littérature sur les cyanotoxines dans les milieu aquatiques d'eau douces : leurs effets potentiels sur la santé des usagers et les critères ou seuils d'alerte de toxicité chronique et aiguë. Polytechnique de Montréal, Montréal. de zones humides des hauts plateaux de l'Est algérien. Thèse de doctorat. Univ. 08 Mai

Delwiche, C.F. and Palmer, J.D. (1997) Origins of Algae and their Plastids. Bhattacharya, D. (ed), pp. 53-86, Springer Vienna, Vienna.

Djouad S., 2007- Contribution a l'étude de la diversité algale notamment les cyanobactéries dans trois plans d'eau de la région de Bejaia : Magister en écologie et environnement, Université de Béjaïa 123P.

Dodds, W.K., Bouska, W.W., Eitzmann, J.L., Pilger, T.J., Pitts, K.L., Riley, A.J., Schloesser, J.T. and Thornbrugh, D.J. (2009) Eutrophication of US Freshwaters: Analysis of Potential Economic Damages. Environmental Science & Technology 43(1), 12-19.

domestiques et sauvages : Thèse de doctorat, Ecole nationale vétérinaire de Lyon, N°34.

Downing, J. A., Watson S. B., Mccauley E. (2001). Predicting cyanobacteria dominance in lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 1905-1908.

Dumont V. (2006). Etude des cyanobactéries dans la rivière TARN-Campagne été 2005. Centre de Ressources Technologiques en Biotechnologie – Bioprocédés. 7-8.

Dyble J., Gary L., Fahnenstiel R., Wayne L., David F., Millie P. (2008). Microcystin concentrations and genetic diversity of Microcystis in the lower Great lakes. Environ Toxicol. 23: 507-516.

Edwards C., Lawton L. A. (2009). Bioremediation of cyanotoxins. Adv. Appl. Microbiol. 67: 109-129.

Farhina J C., Costa L T ., Zalidis G C ., Mantvelastza A L ., FiltokaI E N., Hecker N et Tomas Vives P., 1996- Mediterranean wetland inventory: Habitat Description System. MedWet/EKBY/ICN/ WI. Publication, Volume N°4.

Fay P. (1992). Oxygen relations of nitrogen fixation in cyanobacteria. Microbiological rev, 2 (56): 340-373.

Feuillade J. C. (1992). Les toxines des cyanobactéries : Revue de synthèse. *Journal of Water Science*. 5 :489-508.

Gallina, N., Anneville, O., & Beniston, M. (2011). Impacts of extreme air temperatures on cyanobacteria in five deep peri-alpine lakes. *Journal of Limnology*, 70(2), 186– 196.

GHERIB, A. (2018).- Contribution à l'étude des oiseaux d'eau nicheurs de l'Arboretum du Lac Tonga (Nord-est algérien). Thèse de doctorat. Univ. Chadli Bendjedid-El Tarf. Algérie. 191p

Hallegraeff, G.M. (1993) A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia* 32(2), 79-99

Hamidouche N et Tetah S.,2017- Contribution à l'étude de la flore algale en particulier les cyanobactéries de la lagune Tamelaht et du lac Mézaia: Université Abderrahmane MIRA-Bejaia,8P

Hasle GR. (1978) Counting phytoplankton cells In Sournia A (ed.) *Phytoplankton Manual*. UNESCO, Paris, p337.

Hasley C., Leclerc H. (1993). *Microbiologie des eaux d'alimentation*. Lavoisier Tec Doc. 91-98.

Havens K. E. (2008). Cyanobacteria blooms: effects on aquatic ecosystems. *Adv Exp Med Biol*. 619:733-47.

Heisler, J., Glibert, P.M., Burkholder, J.M., Anderson, D.M., Cochlan, W., Dennison, W.C., Dortch, Q., Gobler, C.J., Heil, C.A., Humphries, E., Lewitus, A., Magnien, R., Marshall, H.G., Sellner, K., Stockwell, D.A., Stoecker, D.K. and Suddleson, M. (2008) Eutrophication and harmful algal blooms: A scientific consensus. *Harmful Algae* 8(1), 3-13.

Houhamdi M. (2002) : Ecologie des peuplements aviens du lac des oiseaux : Numidie orientale. Thèse de Doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba. 146 p.

Humpage A. (2008). Toxin types, toxico-kinetics and toxico-dynamics. *Adv. Exp. Med. Biol*. 619: 383-415.

Jaiswal P., Singh Pk., Prasanna R. (2008). Cyanobacterial bioactive molecules-an Overview of their toxic properties. *Canadian Journal of Microbiology*. 54(9) : 701-717.

Janse van Vuuren S., Taylor J., Gerber A., van Ginkel C. (2006). Easy identification of the most common freshwater algae. A guide for the identification of microscopic algae in South African freshwaters. ISBN 0-621-35471-6.

Knoll A. H. (2008). Cyanobacteria and earth history. – In: Herrero A. & Flores E. (eds), The cyanobacteria: molecular biology, genomics and evolution, p. 1–19, Caister Academic Press, Norfolk.

Komárek J. & Anagnostidis K., 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil Oscillatoriales. in: Süßwasserflora von Mitteleuropa. 19/2, Mollenhauer, D., Stuttgart-Jena, pp.

Komárek J. (2003). Phenotype diversity of the cyanoprokaryotic genus *Cylindrospermopsis* (Nostocales); review 2002. Czech Phycology. 3: 1-30.

Komárek J. (2013). Cyanoprokaryota. 3. Heterocytous genera. – In: Büdel B., Gärtner G., Krienitz L. & Schagerl M. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa/Freshwater flora of Central Europe, Springer Spektrum Berlin, Heidelberg, p. 1130.

Komárek J. et Anagnostidis K. (1999). Cyanoprokaryota. I. Chroococcales. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Ettl H., Gärtner G., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds). G. Fischer. Publ., 548 p.

Komárek, J. (2006) .Cyanobacterial Taxonomy: Current Problems and Prospects for the Integration of Traditional and Molecular Approaches. ALGAE 21(4), 349-375.

Komárek, J. (2014). Phenotypic and ecological diversity of freshwater coccoid cyanobacteria from maritime Antarctica and Islands of NW Weddell Sea . II . Jiří Komárek. Czech Polar Reports, 4(1), 17–39.

Kouadri I., 2013. Analyse physico-chimique des eaux de différente origine. Mémoire de Master. Université 08 Mai 1945 Guelma 32 -34p.

Laborde, J.-P., Gourbesville, P., Assaba, M., Demmak, A., & Belhouli, L. (2010). Climate evolution and possible effects on surface water resources of North Algeria. Current Science, (8), 8–25.

Lance E., 2008-Impact des cyanobactéries toxiques sur les gastéropodes dulcicoles et sur leur rôle de vecteur dans le transfert des microcystines au sein des réseaux trophiques : thèse doctorat en Biologie, Discipline : Science de la vie et de l'environnement l'université de Rennes 1, 279 P.

Lavoie, I., Laurion, I., Warren, A. and Vincent, W. (2007) Les fleurs d'eau de cyanobactéries : Revue de littérature, INRS, Centre Eau, Terre et Environnement, Québec.

LAZLI, A. (2011).- Contribution à la connaissance de l'écologie et de la biologie de l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* et du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* au lac Tonga. Thèse de Doctorat, Université de Béjaia. 136p

Leitão M., Coute A. (2005). Guide pratique des cyanobactéries planctoniques du grand ouest de la France, Agence de l'eau Seine-Normandie. 31-45.

Mahmood N. A., Carmichael W. W. (1987). Anatoxin-a(s), an anticholinesterase from the cyanobacterium *Anabaena flosaquae* NRC-525-17. *Toxicon*. 25: 1221-1227.

Messerer Y., 1999. Etude morphométrique et hydrologique du complexe lacustre d'El Kala cas du lac Mellah et du lac Oubeïra. Mémoire de Magister. Université d'Annaba.

Miri Y., 1996. Contribution à la connaissance des ceintures de végétation du lac Oubeira PNEK. Approche physicoécologique et analyse de l'organisation partielle, Thèse de Magister, INA Alger, 1996, 83 p.

Monestier T. (2006). La problématique cyanobactéries sur le bassin versant de la Dordogne : retenue de Bort les orgnes. Magister Environnement. Université Blaise Pascal. France. 12-13.

Morgan, N. C. 1982. "An Ecological Survey of Standing Waters in North West Africa: II. Site descriptions for Tunisia and Algeria." *Biological Conservation* 24 (2): 83–113.

Nagarajan M., Maruthanayagam V., Sundararaman M. (2012). A review of pharmacological and toxicological potentials of marine cyanobacterial metabolites. *J. Appl. Toxicol.* 32: 153-185.

Nakache F., Mainguy J-M., Wirth J., Greneche C.,(2001). Cyanobactéries : exemple d'un cas de bloom apparu dans un barrage en Normandie; réactions face à la crise, TSM, numéro 9, 85-9 P.

Oufdou K., Oudra B. (2009). Substances bioactives élaborées par des cyanobactéries isolées de certains écosystèmes aquatiques marocains. *Afrique Science* ISSN 1813-548X. 05(2) : 260-279.

Paerl, H.W., Fulton, R.S., Moisander, P.H. and Dyble, J. (2001) Harmful Freshwater Algal Blooms, With an Emphasis on Cyanobacteria. *The Scientific World Journal* 1.

Paerl, H.W., Hall, N.S. and Calandrino, E.S. (2011) Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change. *Science of The Total Environment* 409(10), 1739-1745

Paris, 21- 116PP.

Pentecost, A. (1991) *Calcareous Algae and Stromatolites*. Riding, R. (ed), pp. 3-20, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Prescott L.M., Harley J.P. et Rlein D.A. (2003). *Microbiologie* (1137p)

Quiblier, C., Wood, S., Echenique-Subiabre, I., Heath, M., Villeneuve, A. and Humbert, J.F. (2013) A review of current knowledge on toxic benthic freshwater cyanobacteria - Ecology, toxin production and risk management. *Water Research* 47(15), 5464-5479.

Raven P. H., Evert R. F., Eichhorn S. E. (2000). *Biologie végétale*, Traduction de la 6 e édition américaine par J. Bouharmont avec la collaboration de C.M. Evrard, 1 ère édition, De Boeck Université, Paris-Bruxelles. 944

Reynolds C. S., Jaworski G. H. M., Cmiech H. A., Leedale G. F. (1981). On the annual cycle of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa*. London. 419-477.

Rippka R., Deruelles J., John B., Michael H., Stanier H. (1979). Generic assignments, strain histories and properties of pure culture of cyanobacteria. *Journal of General Microbiology*. 111: 1-61.

Rolland A. (2009). *Dynamique Et Diversité Du Phytoplancton Dans Le Réservoir Marne (Bassin Versant De La Seine)*. Thèse de doctorat, université de Savoie, France, (262p)

Rzymski P., Poniedzialek B. (2012). Dermatotoxins synthesized by blue-green algae (Cyanobacteria). *Postepy Dermatol Alergol*. 29: 47-50.

Saoudi A. (2008). Isolement, culture de la toxicité des efflorescences à *Microcystis* sp. du barrage Mexa (El Taref). Mémoire de magister. Université Badji Mokhtar, Annaba. Algérie. 19-26.

Schopf J. W. (1974). The development and diversification of Precambrian life. – *Origin of Life* 5: 119–135.

Schopf, J.W. (2002). *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Whitton, B.A. and Potts, M. (eds), pp. 13-35, Springer Netherlands, Dordrecht

Seckbach, J. and Oren, A. (2007) Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments. Seckbach, J. (ed), pp. 3-25, Springer Netherlands, Dordrecht.

Serediak N., Linh Huynh M. (2011). Identification des algues : guide de laboratoire. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Direction générale des services agroenvironnementaux. ISBN 978-1-100-97036-3.

Sigee D. C. (2005). Freshwater microbiology: Bio-diversity and dynamic interactions of microorganisms in the aquatic environment. John Wiley and Sons.133-160. signefiance, monitoring and management. Ed. E & FN Spon, London, 400P

Silvano J. (2005). Toxicité des cyanobactéries d'eau douce vis-à-vis des animaux domestiques et sauvages. Thèse de doctorat. Ecole nationale vétérinaire de Lyon, Lyon. France. 116.

Silvano J.(2005). Toxicité des cyanobactéries d'eau douce vis-à-vis des animaux domestiques et sauvages : Thèse de doctorat, Ecole nationale vétérinaire de Lyon, N°34. Paris, 21- 116PP.

Sivonen K., Jones G. (1999). Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. World Health Organisation. 41-58.

Smart M. et Hollis G.E., (1990). Ramsar Advisory Missions: Report No. 21. Lac Oubeïra and Lac Tonga, Algeria.

Steinitz Kannan M., Lenca N. (2013). Field guide to algae and other "scums" in ponds, lakes, Northern Kentucky University.

Stewart I., Schluter P.J., Shaw G.R. (2006). Cyanobacterial lipopolysaccharides and human health. Environ. Health. 5-29.

Valentine M B., (2004). Floraison des cyanobactéries au lac Saint-Augustin : Dynamique à court terme et stratification. Mémoire de maîtrise en Biologie, Spécialité Sciences et de Génie. Université Laval. Québec. 129P.

Van Apeldoorn M. E., Van Egmond H. P., Speijers G. J., Bakker G. J. (2007). Toxins of cyanobacteria. Mol. Nutr. Food Res. 51 (1): 7-60.

Watson, S.B. (2003).Cyanobacterial and eukaryotic algal odour compounds: signals or byproducts? A review of their biological activity. Phycologia 42(4), 332-350.

Wetzel R G., (1975). Limnologie .WB .sanders company, Philadelphia; Landon, Toronto 743P.

Xie L., Xie P. (2002). Long-term (1956-1999) dynamics of phosphorus in a shallow, subtropical Chinese lake with the possible effects of cyanobacterial blooms. Water. Res. 36: 343-349.

Zanchett, G. and Oliveira, E.C. (2013) Cyanobacteria and Cyanotoxins: From Impacts on Aquatic Ecosystems and Human Health to Anticarcinogenic Effects. Toxins 5(10), 1896-1917.

- (1) http://www.dgf.gov.dz/zones_humides/zhumide.php consultée le 24/03/2015
- (2) <https://docplayer.fr/82515167-Faculte-des-sciences-departement-de-biologie-these-en-vue-de-l-obtention-du-diplome-de-doctorat-option-toxicologie-fondamentale-et-appliquee.html>
- (3) <https://www.foudebassin.com/blogs/conseils-pour-etang-naturel/comment-eliminer-les-cyanobacteries-en-etang>