

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



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Sciences Biologiques
Spécialité/Option: Microbiologie appliquée
Département: Ecologie et Génie d'Environnement

Thème

Approche qualitative et quantitative du phytoplancton du lac Bleu(PNEK) pendant la saison printanière

Présenté par :

- HAMICI Bochra
- MERABET Meryem

Devant le jury :

Mr. HOUHAMDI Moussa	Pr.	Président	Université de Guelma
Mr. ROUABHIA Kamel	MAA	Encadreur	Université de Guelma
Mr. ROUIBI Abdelhakim	MCB	Examineur	Université de Guelma

Juillet 2019




Remerciement

En premier lieux nous remercions le bon Dieu, Pour la volonté et la patience qu'il nous a donnée pour réaliser ce travail.

Nous exprimons notre sincère et chaleureux remerciement à, notre encadreur Mr ROUABHIA Kamel, pour le temps pour l'aide qu'il nous a apportée, pour sa patience, sa confiance, son encouragement et l'attention qu'il a bien voulu consacrer au bon déroulement de notre travail.

On tient aussi à remercier les membres de jury ; en tant que président Mr HOUHAMDI Moussa, et Mr ROUIBI Abdelhakim en tant qu'examineur d'avoir accepté de juger ce Travail.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.





Dédicaces

Quel que soit l'objet qu'on essayera de leur offrir, il n'atteindra jamais ce que j'ai envie de leur dire et exprimer, j'espère bien que ce travail sera le début d'une infinité de fruits issue de leur affection et soutien.

Je dédie ce modeste travail :

- ♥ A Dieu Le Tout Miséricordieux, ton amour, ta Miséricorde et Tes grâces à mon endroit m'ont fortifiée dans la persévérance et l'ardeur au travail
- ♥ A mes très chers parents, qui se sont sacrifiés pour m'offrir un climat idéal de travail, qui n'ont jamais cessé de me témoigner leur affection et de m'apporter leurs soutient depuis toujours. Et leurs encouragements, consentis dans le souci de ma réussite
- ♥ Mes très chères sœurs : Fatma Zahra, Nesrine et son mari *Chouaib*. Puisse dieu vous protéger, garder et renforcer notre fraternité. Je vous souhaite succès et réussite dans tout ce qu'ils entreprennent
- ♥ À ma grand-mère et toute ma famille
- ♥ A mes très chers amis : Nour elhouda et Sabra
- ♥ A mon cher binôme Bouchra et sa famille
- ♥ A tous les membres de ma promotion.
- ♥ A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.
- ♥ A tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer.

Meryem





Dédicaces

Tout d'abord je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné la santé, la patience, la volonté et de m'avoir fourni sa bénédiction.

Je dédie ce modeste travail :

- ♥ À mon très cher père en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont il a fait preuve à mon égard.
- ♥ A la mémoire de ma chère maman, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. Que dieu vous garde dans son vaste paradis.
- ♥ A mes très chères sœurs, Chaïma, Wafa, Sara, et leurs maris Amar et Nour Eddine, Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux. Que dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.
- ♥ A mes chers frères, Abd El nour et Radwan
- ♥ À tous ma famille
- ♥ A mes chères ami(e)s Abir et Lotfi
- ♥ A mon cher binôme Meryem
- ♥ A tous les membres de ma promotion.

Bouchra



Liste des abréviations

bit /indv : Byte par individu.

CE : Conductivité Electrique.

Chl a : Chlorophylle a.

D : Indice de Simpson.

E : Indice d'Equitabilité de Piélou.

H' : Indice de Shannon.

indv/l : Individu par litre.

N : Nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

ni : Nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon.

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques.

OD : Oxygène dissous.

P : Prélèvement

Pi : Abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce.

PNEK : Parc National d'El-Kala.

S : Nombre totale des taxons dans un échantillon.

St : Station.

μS/cm : Micro-siemens par centimètre.

Liste des figures

Figure 01 : Situation géographiques des zones humides du Parc National d'El-Kala	21
Figure 02 : Situation du lac Bleu dans le Parc National d'El Kala	25
Figure 03 : Photo du lac Bleu.....	26
Figure 04 : Photo du matériel utilisé dans l'étude phytoplanctonique.....	29
Figure 05 : photos des sites d'échantillonnages (A : site 1 ; B : site 2)	30
Figure 06 : Localisation satellite des stations du prélèvement.....	31
Figure 07 : Photo du multi-paramètre utilisé modèle (WTW Multi 1970i).....	32
Figure 08 : Courbe de variations de la température du lac Bleu	41
Figure 09 : Variations du pH du lac Bleu.....	41
Figure 10 : Variations de la conductivité électrique du lac Bleu	42
Figure 11 : Variations des teneurs en oxygène dissous dans l'eau du lac Bleu.	43
Figure 12 : Evolution de la richesse spécifique totale phytoplanctoniques du lac Bleu	87
Figure 13 : Contribution des classes phytoplanctoniques par espèce dans le lac bleu.....	88
Figure 14 : Contribution des classes phytoplanctoniques par genre dans le lac bleu.	89
Figure 15 : Evolution de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques.	89
Figure 16 : Variation de l'abondance des populations phytoplanctonique du lac Bleu.....	90
Figure 17 : Variations de l'abondance des différentes classes.....	91
Figure 18 : Evolution de l'indice de Shannon et d'équitabilité à partir de l'abondance totale	92
Figure 19 : Evolution de l'indice de Shannon des classes phytoplanctoniques.....	93
Figure 20 : Evolution de l'indice d'équitabilité des classes phytoplanctoniques.	93

Liste des tableaux

Tableau 01 : Correspondance entre la classification du phytoplancton de Bourrelly et Natura 2000	5
Tableau 02 : Matériel utilisé dans l'étude phytoplanctonique	29
Tableau 03 : Localisation des stations et la période de prélèvement	30
Tableau 04 : Classification des eaux selon la salinité.....	33
Tableau 05 : Classification des eaux selon l'oxygène dissous	34
Tableau 06 : Classification des eaux selon la conductivité.....	35
Tableau 07 : Autres indices phytoplanctoniques mesurés et calculés	39
Tableau 08 : Variations des paramètres physicochimiques pendant la période d'étude.....	40
Tableau 09 : Inventaire qualitative et taxonomique des espèces phytoplanctoniques.....	45
Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriées dans les eaux du lac Bleu.....	50
Tableau 11 : Les principaux groupes fonctionnels du lac Bleu	94

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

CHAPITRE 01 : Généralité sur les phytoplanctons

1. Généralité sur les phytoplanctons	4
2. Systématique et Organisation.....	4
2.1 Les Cyanobactéries.....	7
2.2 Les Chlorophytes	8
2.3 Les Chromophytes.....	8
2.3.1 Les Chrysophycées	8
2.3.2 Les Diatomophycées	9
2.4 Les Pyrrophytes	9
2.4.1 Les Dinophycées	9
2.4.2 Les Cryptophycées	9
2.5 Les Euglénophytes	9
3. Ecologie et Habitat	10
4. Rôle fonctionnel du phytoplancton dans les écosystèmes	10
5. Application des microalgues	11
5.1 Applications alimentaires.....	11
5.2 Applications pharmaceutiques	12
5.3 Applications cosmétiques	13
5.4 Applications environnementales	13
6. Phytoplancton en relation avec les facteurs biotiques et abiotiques	13
6.1 Relation avec les facteurs abiotiques	14
6.1.1 La lumière	14
6.1.2 La température	14
6.1.3 La salinité.....	14
6.1.4 Le potentiel hydrogène.....	15
6.1.5 Les nutriments	15
6.1.6 La concentration en chlorophylle (a).....	16

6.2	Relation avec les facteurs biotiques	16
6.3	Action du phytoplancton sur les facteurs du milieu	16
6.3.1	Oxygénation	17
6.3.2	Consommation du dioxyde de carbone	17
6.3.3	Epuration	17
6.3.4	Eutrophisation	17
7.	Effets nuisibles du phytoplancton	18
7.1	Risque sur la santé humaine	18
7.2	Risque sur les écosystèmes aquatiques	19
7.3	Risque sur les organismes marins	19

CHAPITRE 02 : Matériels et Méthodes

Partie 01 : Présentation du Parc National d'El-Kala (PNEK)

1.	Description générale et localisation du Parc National d'El-Kala.....	21
2.	Caractéristiques naturelles du Parc National d'El-Kala	21
2.1	Caractéristiques Physiques	22
2.1.1	Le relief.....	22
2.1.2	L'hydrographie.....	22
2.1.3	La climatologie.....	23
2.1.3.1	La température	23
2.1.3.2	L'humidité	23
2.2	Diversité biologique de la région d'El-Kala	23
2.2.1	La Faune.....	23
2.2.2	La flore	24

Partie 02 : Présentation du Lac Bleu

1.	Description générale et localisation du lac Bleu	25
2.	Diversité biologique du lac Bleu	26
2.1	La flore.....	26
2.2	La faune	27
3.	Caractéristiques physique	28
3.1	Le relief et les pentes.....	28
3.2	L'hydrologie et L'hydrogéologie	28

Partie 03 : Matériel et Méthodes

1. Matériel	29
2. Méthodes	30
2.1 Le choix des stations de prélèvement	30
2.2 Les méthodes de prélèvement	31
2.3 Les analyses des paramètres d'évaluations de la qualité d'eaux du lac	32
2.3.1 Paramètres physico-chimiques.....	32
2.3.1.1 La température	32
2.3.1.2 Le potentiel hydrogène (pH)	33
2.3.1.3 La salinité	33
2.3.1.4 L'oxygène dissous (OD).....	34
2.3.1.5 La conductivité électrique	34
2.4 Les analyses phytoplanctoniques	35
2.4.1 Analyse qualitative	35
2.4.2 Analyse quantitative.....	36
2.4.2.1 La richesse spécifique	37
2.4.2.2 L'indice de Shannon (H').....	37
2.4.2.3 L'indice d'Equitabilité de Piélu.....	37
2.4.2.4 L'indice de Simpson et indice de diversité de Simpson.....	38
2.4.2.5 Autres indices phytoplanctoniques mesurés et calculés	39

CHAPITRE 03 : Résultats et Discussion

1. Variations des paramètres physico-chimiques	40
1.1 La température de l'eau	40
1.2 Le potentielle hydrogène	41
1.3 La conductivité électrique.....	42
1.4 L'oxygène dissous	42
1.5 La salinité	44
2. Résultats d'analyse phytoplanctonique	45
2.1 Inventaire qualitative et taxonomique des espèces phytoplanctoniques	45
2.2 Résultats d'analyse quantitative.....	87
2.2.1 Richesse spécifique totale de la population phytoplanctonique	87
2.2.2 Richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques	87
2.2.3 Abondance totale du phytoplancton	89

2.2.4	Variations des différentes classes dans l'abondance totale	90
2.2.5	Indice de Shannon et d'équitabilité	91
2.2.6	Diversité des différentes classes.....	92
3.	Composition des groupes fonctionnels du lac Bleu	94
	Conclusion	
	Références Bibliographiques	
	Annexes	
	Résumés	

Introduction

L'eau permet la vie animale et végétale, c'est l'élément indispensable à toute forme de vie et le principal constituant des êtres vivants. Avec de l'eau, la vie peut exister même dans les milieux les plus inhospitaliers (**Pelletier et Gagnon, 2009**).

Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. Environ 98% de ces eaux sont des eaux marines. Les 2% restant constituent les eaux continentales représentées par les rivières, les lacs, les étangs (**Groga, 2012**).

A cause de leurs utilisations multiples, ces eaux continentales sont d'une très grande importance pour les activités humaines, pour les activités domestiques comme la consommation et les loisirs, pour les activités agricoles et halieutiques et pour les activités industrielles. Les milieux aquatiques continentaux procurent une variété de biens et de services à l'homme, ce qui leur confère une valeur économique irremplaçable (**Groga, 2012**).

Durant les dernières décennies, la qualité des eaux de surface, tant côtières que continentales, s'est fortement dégradée en raison des activités anthropiques telles que l'agriculture, le changement des usages du sol, l'imperméabilisation des surfaces à l'origine d'un ruissellement plus important et plus chargé en polluants, les rejets d'eaux usées non traitées dans les milieux récepteurs, et pour une part difficile à évaluer, le changement climatique qui influence la température et les caractéristiques chimiques des plans d'eau (**Trolle et al., 2010**).

L'amélioration de la qualité des eaux de surface est un objectif général et dans ce contexte, les systèmes de surveillance de la qualité de l'eau sont essentiels pour la réussite des programmes de gestion et restauration des milieux aquatiques. Des données fiables, mesurées en continu pendant des longues périodes de temps sont nécessaires pour déterminer l'état des ressources hydriques, mettre en place des programmes de préservation et de réhabilitation efficaces et évaluer correctement leurs performances (**Glasgow et al., 2004**).

En effet, Le phytoplancton fait partie des indicateurs retenus par les protocoles d'évaluation de la qualité des eaux douces, notamment dans les plans d'eau naturels et artificiels. En effet, son abondance et sa composition varient selon la stabilité de ces milieux qui est en fonction des apports extérieurs en eau, des pollutions diffuses et des aménagements hydrauliques effectués. En tant que producteur primaire, le phytoplancton est dépendant, pour la photosynthèse, de l'énergie lumineuse, des concentrations en sels nutritifs et du brassage des masses d'eau lors des cycles thermiques au cours des saisons. Il est de ce fait un excellent

indicateur de l'état écologique des plans d'eau. Plusieurs indices biologiques établis à partir de la composition et de l'abondance du phytoplancton ont été établis pour évaluer la qualité des eaux des plans d'eau naturels ou artificiels (**Baillet, 2013**).

L'Algérie compte pas moins de 254 zones humides dont près de 60 plans d'eau possédants des caractéristiques particulières qui leur donnent une importance internationale et font qu'elles méritent d'être inscrites sur la liste de la convention de Ramsar (**Anonyme, 2004**).

Aujourd'hui l'Algérie compte 42 sites inscrits sur la liste Ramsar avec une superficie totale de 2.958.704 hectares (**Anonyme, 2004**).

La région d'El-Kala dont la renommée en tant que centre de biodiversité d'importance internationale n'est plus à démontrer au vu de ses nombreuses zones humides érigées en sites d'importance internationale grâce à leur rôle de réservoir naturel, aussi bien sur le plan socio-économique et culturel que scientifique, n'a pas fini de révéler ses innombrables richesses cachées. Cette région qui a la particularité d'être l'une des plus arrosées du pays renferme un vaste complexe des zones humides, soit le complexe laguno-lacustre qui est le plus important d'Algérie.

Parmi les lacs de cette région, havre d'une richesse naturelle très diversifiée et rare qui reste mal connue et qui se trouve soumise à une forte influence des activités domestique, il y'a le lac Bleu. Ce lac, de part sa beauté et la particularité des richesses qu'il renferme et parce qu'il est classé réserve intégrale avec le lac Mellah dans le parc national d'El-Kala ,inscrits de ce fait dans la liste des sites de la convention Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, mérite qu'on se penche sur ses différents aspects et qu'on les étudie afin de mieux le protéger (**Anonyme, 2004**).

La motivation scientifique de notre recherche découle du peu des travaux portant sur les communautés phytoplanctoniques du lac Bleu.

La connaissance de la communauté phytoplanctonique du lac Bleu constitue un reflet des conditions écologiques précises et particulières, elle représente, sans doute, l'un des éléments fondamentaux dont dépend étroitement le fonctionnement et le maintien de l'équilibre écologique de ce type d'écosystème.

Alors le but principal de ce travail est d'évaluer qualitativement et quantitativement les peuplements phytoplanctoniques existants dans cette zone, afin d'explorer leur diversité. Et de suivre des paramètres physico-chimiques de ce lac.

Ceci nous permettra de statuer sur les capacités productives de cette zone et en même temps d'apporter quelques éléments d'observation pour la surveillance de cette zone côtière.

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

- Dans le premier chapitre "Généralité", nous parlerons du phytoplancton (écologie, organisation, leur rôle ...etc.) ainsi que, des différents paramètres qui peuvent avoir une influence sur ce dernier.
- Le deuxième chapitre "Matériels et Méthodes", nous exprimons la description générale du site d'étude (zone d'étude, décrit les caractéristiques hydrologique) et les méthodes et les protocoles d'analyses respectées pour réaliser ce travail (échantillonnage, l'analyse des échantillons.....).et les indices phytoplanctoniques.
- Le troisième chapitre "Résultats et Discussion" (étude qualitative et quantitative).
- Enfin une "conclusion générale" clôture ce travail.

Etude bibliographique

1. Généralité sur les phytoplanctons

Le mot vient du grec « phyton » plante et « planktos » errant (**Groga, 2012**), le plancton végétal, ou phytoplancton, est l'ensemble des algues microscopiques formées d'une seule cellule (microalgues). Bien qu'elles soient unicellulaires, les microalgues présentent une grande diversité de taille, de couleur et de forme qui peuvent être très élaborées (**Mollo et Noury, 2013**). On retrouve presque dans tous les écosystèmes aquatiques (**Sournia, 1986**).

On distingue ainsi des espèces d'eaux froides, d'eaux tempérées et d'eaux chaudes intertropicales, et celles qui se retrouvent dans l'eau douce, saumâtre ou salée. Quelques espèces sont recensées dans les eaux thermales tandis que d'autres tolèrent les très basses températures des lacs arctiques et antarctiques (**Skulberg, 1996**).

Caractérisés par la présence des pigments chlorophylliens dont majoritairement la chlorophylle a. Ces microorganismes sont qualifiés de thallophytes, c'est à dire dépourvus des tiges, des racines et des vaisseaux conducteurs. Ils sont localisés dans les couches superficielles éclairées des étendues d'eau, soit généralement de la surface à 100 m de profondeur (pour les mers). En effet leur métabolisme est dominé par le mode de vie autotrophe basé sur la photosynthèse (besoin de lumière) qui est la source principale voire unique de leur énergie et permettant la constitution des molécules pour les cellules (**Douta et Feuillade, 1995**).

Ne représente qu'1% de la biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais assure 40% de la production primaire annuelle (**Chisholm, 1995**).

Leur mode de vie peut être pélagique ou benthique (**Sournia, 1986**) regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytologique essentiellement par la présence 'eucaryotes' ou non 'procaryotes' d'un noyau Cellulaire (**Prescott et al., 2003**).

Le phytoplancton comprend des milliers d'espèces se répartissant en plusieurs groupes : algues bleues ou Cyanobactéries, Diatomophycées, Chrysophycées, Chlorophycées et Dinoflagellés (**Mollo et Noury, 2013**).

2. Systématique et Organisation

Les communautés phytoplanctoniques sont constituées d'assemblages d'espèces aux caractéristiques biologiques (taille, forme... etc) et physiologiques (nutrition, croissance...etc.) variées et forment un ensemble hétérogène (**Smayda, 1997**), sont classées en grands groupes selon des critères basés sur leurs compositions pigmentaires, leurs polysaccharides de réserves et leurs caractéristiques structurales (**Ruiz, 2005**).

Différentes classifications du phytoplancton sont actuellement en vigueur. Les nouvelles techniques (notamment biologie biomoléculaire) révèlent des relations phylogénétiques entre les taxons. Elles entraînent par conséquent des changements rapides et perpétuels de la classification du vivant. Ce changement constant crée toutefois un besoin de stabilité et nécessite la synthèse de l'ensemble des classifications. Le système Natura 2000 tente de satisfaire ce besoin (Asconit, 2015).

La classification du phytoplancton couramment utilisée jusqu'à présent était celle de Bourrelly (1966, 1968, 1970) : la distinction entre les grands groupes est basée entre autres, sur la nature des chlorophylles (a, b, ou c), des autres pigments (caroténoïdes, xanthophylles) et des réserves cytoplasmiques, ainsi que sur la structure cellulaire (Asconit, 2015).

Dans l'analyse qui suit, nous avons adopté la classification Bourrelly. La correspondance entre cette classification et celle de Natura 2000 est donnée par le tableau 1, ci-après.

Tableau 01 : Correspondance entre la classification du phytoplancton de Bourrelly et la classification Natura 2000 (Asconit, 2015).

Classification de Bourrelly			Classification Natura 2000		
Embranchement	Classe	Ordre	Embranchement	Classe	Ordre
Chlorophyta	Euchlorophycées	Volvocales	Chlorophyta	Chlorophyceae	Volvocales
		Tétraspérales			Tétraspérales
		Chlorococcales			Chlorococcales
		Chaetophorales			
		Oedogoniales			
		Sphaeropleales			
		Microsporales			
		Chaetopeltidales			
	Ulothricophycées	Ulothricales		Ulvophyceae	Ulothricales
		Ulvales			Ulvales
		Chaetophorales			Cladophorales
		Oedogoniales			
		Trentépothiales		Trebouxiophyceae	Chlorellales
		Sphaeropléales			
		Siphonocladales		Prasinophyceae	Chlorodendrales
		Siphonales			Pyramimonadales
		Dichotomosiphonales			

Tableau 01 : (suite)

	Zygophycées	Zygnematales	Charophyta	Zygnematomyceae	Zygnematales
	Charophycées	Charales		Charophyceae	Charales
				Klebsormidiophyceae	Klebsormidiales
Chromophyta	Chrysophycées	Chromulinales	Heterokontophyt a	Chrysophycées	Chromulinales
		Chrysosaccales			Chrysosaccales
					Hibberdiales
					Hydrurales
		Isocharysidales			Isocharysidales
		Monosigales			Monosigales
		Ochromonadale		
	Xanthophycées	Tribonématales		Xanthophycées	Tribonématales
		Misochococcales			Misochococcales
		Chloramoebales			
		Rhizochloridales			
		Vauchérialiales			
		Hétérogloecales			
	Phaeophycées	Ectocarpales		Phaeophycées	Ectocarpales
Sphacélariales					
			Eustigmatophyceae	Eustigmatales	
				Vauchérialiales	
			Bodonophyceae	Bodinales	
			Phaeothamniophyceae	Phaeothamniales	
			Synurophyceae	Synurales	
	Diatomophycées= Bacillariophycées		Bacillariophyta	Bacillariophyceae
Pyrophyta	Cryptophycée	Cryptomonadales	Cryptophyta	Cryptophyceae	Cryptomonadales
		Tétragonidiales			Pyrenomonadales
	Dinophycées	Péridiniales	Dinophyta	Dinophyceae	Péridiniales
		Dinococcales			Gymnodiniales
					Phytodiniales
				Lophodiniales	
Euglenophyta	Euglénophycées	Euglénales	Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales
					Eutreptiales

Tableau 01 : (suite)

Cyanophyta	Cyanophycées	Nostoccales	Cyanobactéria	Cyanophyceae	Nostoccales
		Chroococcales			Chroococcales
				Oscillatoriales
					Synecococcales
					Pseudanabaenales

2.1 Les Cyanobactéries

Les Cyanobactéries, communément appelées algues bleu-vert, sont des bactéries à Gram négatif, autotrophes, faisant de la photosynthèse oxydative. Elles sont apparues il y a environ 3,5 milliards d'années et sont en grande partie, responsables de l'oxygénation de l'atmosphère terrestre (**Schopf, 2002**).

Elles utilisent la photosynthèse comme processus de formation d'énergie métabolique à l'aide du pigment photosynthétique chlorophylle a (chl a), et des pigments photosynthétiques intrinsèques aux Cyanobactéries, soit la phycocyanine ou la phycoérythrine. Chacun de ces pigments donnent une coloration aux algues : bleu-vert dans le cas de la phycocyanine et rougeâtre dans le cas de la phycoérythrine (**Pascal, 2010**).

Elles occupent presque tous les environnements illuminés terrestres ou aquatiques, y compris certains environnements extrêmes tels les eaux hyper salines, les sources thermales, les déserts et les régions polaires (**Seckbach, 2007**).

Parmi les procaryotes, les Cyanobactéries forment le groupe le plus distinct morphologiquement. Bien que leur classification taxonomique soit principalement basée sur des critères morphologiques, l'inclusion des critères moléculaires et écologiques est déjà entamée (**Komarek, 2006**).

Les Cyanobactéries forment un groupe monophylétique composé d'approximativement 2000 espèces réparties en 150 genres qui peuvent être divisées en 5 groupes, les deux premiers groupes, constitués des cyanobactéries unicellulaires, sont différenciés par le mode de division cellulaire : les membres du groupe I se reproduisent par fission binaire et ceux du groupe II par fission multiple. Les cyanobactéries filamenteuses forment les groupes III, IV, et V. Le groupe III, formé des Oscillatoriales, renferme les Cyanobactéries formant des filaments simples non-ramifiés et sans cellules spécialisées. Les organismes des groupes IV et V possèdent des cellules spécialisées et ont tous le potentiel de fixer l'azote atmosphérique. On différencie le groupe IV

du groupe V par la présence de vraies ramifications chez les cyanobactéries du groupe IV (Castenholz, 2001).

2.2 Les Chlorophytes

Les Chlorophytes ou algues vraies, constituent un groupe relativement homogène, malgré la diversité morphologique (Pierre, 2001).

Les Chlorophytes sont des microalgues vertes vivant isolées ou organisées en colonies dans les eaux marines et douces des zones tempérées et chaudes. Unicellulaires ou pluricellulaires, de forme ovoïde (Mollo et Noury, 2013).

Elles mesurent de 1 à 10 microns et peuvent, posséder deux flagelles qui leur permettent de se maintenir en surface (Mollo et Noury, 2013).

Cet embranchement comporte quatre classes : Les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées (Bourrelly, 1972).

2.3 Les Chromophytes

Appelé aussi algues brunes sont appelées autrefois les Phéophytes. Ce sont des algues presque exclusivement marines. Leur couleur est due à l'abondance des pigments bruns, la fucoxanthine, qui masque les chlorophylles a et c. Les Phéophytes montrent une grande diversité morphologique depuis les formes filamenteuses relativement simples aux grandes algues brunes dont l'organisation morphologique complexe évoque les tiges feuillées des végétaux supérieurs (Bourrelly, 1966).

Cet embranchement se divise en quatre classes : les Chrysophycées, Xanthophycées, Diatomophycées, Phéophycées (Bourrelly, 1970).

2.3.1 Les Chrysophycées

Les Chrysophycées sont des algues unicellulaires jaunes à brunes, de forme allongée et de petite taille (2 à 3 microns). Elles vivent indépendantes ou en colonies dans les eaux marines et continentales des zones tempérées et chaudes. La chrysophycée est une microalgue pélagique. Dotée de deux flagelles, elle peut se déplacer, sans toutefois contrer les courants, et occuper tout le volume des eaux de surface, à la différence des Diatomées qui tombent rapidement au fond de la mer où elles nourrissent le zooplancton benthique et les filtreurs (huîtres, moules...etc.). C'est un phytoplancton très intéressant pour les réseaux trophiques car il est présent partout (Mollo et Noury, 2013).

2.3.2 Les Diatomophycées

Les Diatomophycées (encore appelées Bacillariophycées) sont des organismes microscopiques de nature végétale, vivant dans l'eau, soit en suspension (plancton), soit sur le fond, libres ou fixés à des supports divers. Ce sont des algues jaunes et brunes unicellulaires dont la taille varie entre deux micromètres (micron, soit un millième de millimètre) et un millimètre (**Mollo et Noury, 2013**).

2.4 Les Pyrrophytes

Les Pyrrophytes sont des algues vraies, qui possèdent des plastes bruns, moins souvent rouges ou bleu-vert et mettent de l'amidon en réserve. Mais cet amidon n'est pas contenu dans des plastes, il est extra-plastidiale (**Oertli et Frossard, 2013**). On les divise en Dinophycées (ou Péridiniens) et Cryptophycées :

2.4.1 Les Dinophycées

Les Dinophycées appelées aussi Dinoflagellés ou péridiniens ces organismes sont composés de deux valves au contour plus ou moins globuleux terminées chacune par une pointe au niveau duquel s'insère un flagelle dévaginable, ces flagelles permettent un déplacement par rotation. Les Dinophycées possèdent plusieurs pigments chlorophylliens (a et c notamment) (**Oertli et Frossard, 2013**).

2.4.2 Les Cryptophycées

Les Cryptophycées possèdent des formes unicellulaires, à fouets légèrement inégaux dirigés dans le même sens, sortant d'un Cytopharynx (**Bourrelly, 1968**).

2.5 Les Euglénophytes

Les Euglénophytes sont des algues, unicellulaires, flagellées rarement coloniales, elles contiennent de la chlorophylle a et b associée à du β carotène et des xanthophylles. Les espèces sont dulçaquicoles surtout en milieux riches en matières organiques. Marines ou d'eaux saumâtres, elles se rencontrent en sols humides, dans les vases ou même dans l'intestin des batraciens. Le genre *Euglena*, est connu pour être utilisé en expérimentation physiologique et fait l'objet d'intenses recherches dans les mécanismes de la photosynthèse (**DE Reviere, 2003**).

Pour la plupart des espèces d'Euglenales, la seule forme d'azote minérale utilisable est l'ammoniac, ces espèces sont également connues pour être très résistantes vis à vis du chrome, des sulfures, des eaux à pH très acides ou très basiques. Elles sont capables de se développer

en anaérobioses et constituent d'intéressants indicateurs biologiques de la pollution des milieux aquatiques (**Anegili, 1980**).

3. Ecologie et Habitat

Les organismes qui constituent le phytoplancton est d'une extrême plasticité écologique. Ces espèces très ubiquistes colonisent les biotopes terrestres et aquatiques (**Fogg et al., 1973**).

On le trouve aussi bien dans les eaux douces, marines que saumâtres (mélange d'eau douce et d'eau salée comme les estuaires). Les êtres planctoniques ont colonisé tous les milieux : la mer, les fleuves et ruisseaux, les lacs et étangs, les marais, les eaux souterraines, les gouttières, les fossés, les tourbières (**Mollo et Noury, 2013**).

Le plancton est également présent dans des endroits plus surprenants tels que les embruns, les mares, les lavoirs et les fontaines, on en trouve même dans les suintements de roches. Il se développe mieux dans les eaux plutôt calmes et riches en sels nutritifs : rivières, estuaires, marais (**Mollo et Noury, 2013**).

Ainsi, la concentration de phytoplancton est jusqu'à dix fois plus forte dans les eaux continentales qu'en haute mer (**Mollo et Noury, 2013**).

Certaines espèces vivent en association avec des animaux comme des protozoaires, des éponges ou des ascidies (endozoïques), ou avec des végétaux comme des fougères aquatiques ou des angiospermes (endophytiques) (**Couté et Bernard, 2001**).

En théorie, se développe de préférence au printemps et à l'automne, lorsque les conditions sont optimales. Aujourd'hui, ce rythme annuel est de moins en moins respecté en raison de l'évolution du milieu (excès d'apports en nutriments, réchauffement climatique) et certaines espèces peuvent proliférer tout au long de l'année (**Mollo et Noury, 2013**).

4. Rôle fonctionnel du phytoplancton dans les écosystèmes

Le phytoplancton constitue la base principale de la chaîne alimentaire, est appelé « producteur primaire » car il a la capacité de transformer la matière inorganique en matière organique qui est consommable ensuite par les autres organismes vivants. Le phytoplancton nourrit un monde animal qui n'existerait pas sans lui, et en premier lieu le zooplancton (**Mollo et Noury, 2013**).

En effet il produit le carbone indispensable aux niveaux trophiques supérieur grâce à la photosynthèse (**Lakkis, 2011**).

Ce mécanisme qui, sous l'effet de l'énergie lumineuse, permet la production des glucides et la libération d'oxygène à partir d'eau et de dioxyde de carbone (Suty, 2014).

Par conséquent, les flux de matière au sein de l'écosystème sont contrôlés par les variations de la production biologique (Gaillard, 2003).

Par ailleurs le développement du plancton végétal dans un milieu y permet la vie des animaux marins dont il est l'aliment essentiel. Ces consommateurs sont le plancton animal (dont les larves des poissons, des crustacés et des coquillages) et les coquillages filtreurs. De plus, la production primaire (phytoplancton) puis secondaire (zooplancton) alimente la ressource (poissons, crustacés). C'est pourquoi les professionnels de la mer installent leurs exploitations ou choisissent leur zone d'activité dans ces endroits stratégiques où la nourriture est naturellement présente dans la mer. Ainsi, les lieux riches en plancton sont favorables aux :

- Élevages de coquillages ou de poissons : ostréiculture, mytiliculture, pisciculture...etc.
- Métiers de la pêche : pêche côtière ou hauturière et pêche à pied professionnelle de coquillages (tellines, coques, palourdes...etc.) (Mollo et Noury, 2013)

5. Application des microalgues

Les microalgues planctoniques ont non seulement une grande importance dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, mais aussi un grand potentiel pour la production des composés intéressants pour l'alimentation humaine, l'aquaculture (Rösch et Posten, 2012).

Aussi dans tous les domaines de notre vie, bien-être (santé, beauté), ressource industrielle (Mollo et Noury, 2013).

5.1 Applications alimentaires

Les microalgues constituent un réel apport nutritif. Ces microorganismes sont utilisés dans l'alimentation animale et humaine, et dans l'aquaculture (Pulz et Gross, 2004).

Actuellement, la plus connue dans ce domaine est une microalgue appelée *Arthrospira platensis*, ou *Spiruline*, que l'on trouve comme complément à l'alimentation dans de nombreux pays. Le contenu élevé en protéines (entre 12 et 65 %) de plusieurs espèces de microalgues est une des principales raisons pour les considérer comme une source non conventionnelle de protéines. De plus, grâce à leur capacité à synthétiser tous les acides aminés, elles représentent une source potentielle pour l'apport de ces molécules aux humains et aux animaux (Becerra, 2009).

La Diatomée *Odontella aurita*, est également utilisée comme complément alimentaire en tant que source d'acides gras polyinsaturés (**Jiang et al., 1999**).

Le phytoplancton en tant que production primaire des milieux aquatiques est par ailleurs tout naturellement exploité comme ressources nutritive pour l'aquaculture (**Spolaore et al., 2006**).

Dans cette filière majeure de la production mondiale, les microalgues sont utilisées directement pour subvenir aux besoins des stades larvaires des mollusques bivalves et des crustacés ou indirectement comme complément alimentaire et comme substrat pour le zooplancton, base alimentaire de nombreuses espèces aquacoles (**Muller et al., 2003**).

Par ailleurs, 30 % de la biomasse algale produite est aussi utilisée dans le cadre de la fabrication industrielle d'aliments pour les élevages d'animaux terrestres (volailles, porcs...etc.)(**Costa et al., 2011**).

5.2 Applications pharmaceutiques

Au vu de leur grande diversité biochimique, les microalgues représentent une source intéressante des molécules bioactives et des toxines utilisables dans le développement des nouveaux médicaments (**Hoppe, 1979**).

Les extraits des microalgues sont également utilisés par le secteur pharmaceutique, les principes actifs extraits des microalgues sont utilisés comme anti-inflammatoire oesophagien, pour lutter contre l'embonpoint, pour leur effet laxatif ou encore pour les pansements, les microalgues peuvent être utilisées dans une amélioration du confort des diabétiques (**Gana, 2014**).

Certains exo polysaccharides sécrétés par les microalgues ont montré des capacités antivirales sur l'Herpès simplex virus type 1 (responsable d'infections buccales) ou bien le measles virus (responsable de la rougeole) ou encore l'Influenza virus A (responsable de grippe), et antiprolifératives sur des lignées cellulaires cancéreuses (**Laurienzo, 2010**).

Par ailleurs, des oligosaccharides extraits des microalgues peuvent améliorer l'équilibre de la flore intestinale du colon, en favorisant la croissance des bactéries comme favorables pour la santé. Ces bactéries sont actuellement largement utilisées des préparations à base de lait peu caloriques, riches en vitamines et en minéraux (**Gana, 2014**).

5.3 Applications cosmétiques

Plusieurs espèces des microalgues sont exploitées industriellement dans le domaine cosmétique, principalement les deux espèces *Arthrospira* et *Chlorella* (**Stolz et Obermayer, 2005**).

Des extraits d'algues, ayant une activité antioxydante, sont exploités sur le marché dans la fabrication des produits de soin capillaire (**Pulz et al., 2004**), du visage et de la peau ainsi que dans les crèmes solaires. De même, la synthèse de protéines à partir de la souche *Arthrospira* entraîne une réparation des premiers signes de vieillissement de la peau alors que des extraits de *Chlorella vulgaris* permettent de stimuler la synthèse du collagène dans la peau induisant la réduction des rides (**Spolaore et al., 2006**).

Les pigments issus des microalgues sont également utilisés dans le domaine cosmétique (**Del Campo et al., 2000**).

5.4 Applications environnementales

Au vu de leur capacité d'assimilation de nombreux nutriments nécessaires à leur croissance, les microalgues représentent une solution intéressante pour éliminer ces éléments, elles sont également capables de fixer des métaux lourds. Elles sont ainsi les principaux éléments biologiques de certains systèmes de traitement des eaux municipales et industrielles (essentiellement traitement tertiaire) (**Aslan et Kapdan, 2006**).

Les microalgues ont des capacités d'absorption particulièrement intéressantes de l'azote et du phosphore pour la décontamination de milieux pollués et la lutte contre l'eutrophisation (**Bougaran et Saint-Jean, 2014**).

Certaines études ont eu recours à des algues vertes, principalement *Chlorella*, *Ankistrodesmus* et *Skeletonema*, pour les traitements des eaux usées issues d'usines de fabrication de pâte à papier ainsi que de production d'huile d'olive (**Munoz et Guieysse, 2006**).

6. Phytoplancton en relation avec les facteurs biotiques et abiotiques

On appelle facteur écologique tout éléments susceptibles d'agir sur les êtres vivants, au moins durant une partie de leur développement (**leveque, 2001**)

On distingue classiquement les facteurs biotiques et les facteurs abiotiques :

6.1 Relation avec les facteurs abiotiques

Les facteurs abiotiques jouent un rôle plus au moins décisif, suivant les périodes de l'année, dans les fluctuations de la composition et de l'abondance du phytoplancton. Parmi ces paramètres nous relaterons les plus importants :

6.1.1 La lumière

Qui dirige non seulement la photosynthèse mais aussi, selon sa quantité et de sa qualité, régit aussi une partie de sa croissance et, par conséquent, la structure de la communauté algale. Ce facteur varie en fonction de l'heure du jour, les saisons et la couverture nuageuse, dans un système aquatique dont les caractères ne changent pas, la production phytoplanctonique est directement influencée par le degré d'ensoleillement durant les 48 heures précédentes. La qualité spectrale de la lumière conditionne fortement la production primaire en intervenant dans la stratification des organismes dans la colonne d'eau (**Robert et Catesson, 2000**).

En effet, le phytoplancton se développe en abondance dans la couche euphotique et se raréfie en profondeur (**Robert et Catesson, 2000**).

Dans un milieu aquatique, les variations rapides de l'angle d'incidence de la lumière sous l'effet des vagues provoquent des fluctuations dans la pénétration des rayons lumineux (**Robert et Catesson, 2000**).

6.1.2 La température

Influence plusieurs paramètres physicochimiques de l'eau tels que les concentrations en oxygène dissous et en nutriments. En effet, elle est un stimulus des phénomènes d'accroissement, de la reproduction et du développement de la majorité des espèces végétales macro et microscopiques. la croissance phytoplanctonique se trouvera ralentie dans les eaux froides (écosystèmes des hautes latitudes) par rapport à des eaux plus chaudes (régions tempérées). L'élévation de la température de l'eau agit, positivement, sur la production primaire du phytoplancton en influençant le métabolisme des organismes par action sur la vitesse des réactions enzymatiques La température pourrait aussi provoquer le déclin des proliférations microalgales dans le cas du réchauffement climatique (**Dhib, 2015**).

6.1.3 La salinité

La salinité est un paramètre qui conditionne l'aire de répartition des espèces vivantes dans un milieu en fonction de leur préférendum (hormis les espèces euryhalines supportant de grandes amplitudes de salinité). Si la salinité varie, la survie des organismes sera fonction de

leur tolérance. La salinité est un paramètre dépendant des volumes d'eaux douces et d'eau de mer introduits dans l'estuaire entraînant des variations longitudinales des teneurs. Ce facteur varie très rapidement en fonction : du cycle de marée, du coefficient de marée et du cycle hydrologique. La salinité influence également la densité des eaux entraînant un second gradient vertical à l'origine d'une stratification des eaux (principalement aux environs du front de salinité) (Foussard *et al.*, 2011).

Ainsi les fortes densités de salinité stimulent le développement du phytoplancton et augmentent la biomasse chlorophyllienne (Dhib, 2015).

6.1.4 Le potentiel hydrogène

Doit être compris entre 5 et 8.5 dépassants cette fourchette, les espèces peuvent réguler leur croissance ou transformer même leur physiologie en développant ainsi un pouvoir de toxicité, dans les milieux très eutrophes, l'augmentation du pH entraîne une diminution de la solubilité des bicarbonates dans l'eau pouvant créer une limitation de croissance du phytoplancton (Dhib, 2015).

6.1.5 Les nutriments

Les nutriments sont des éléments présents dans le milieu en faible quantité, mais nécessaires à la croissance et à la survie des algues. Dans le milieu naturel leur concentration va varier en fonction, des conditions environnementales ou des pollutions anthropogéniques. Les nutriments tels que le carbone, l'azote et le phosphore jouent un rôle important dans le métabolisme cellulaire et la composition biochimique des microalgues. Une altération de concentration en ces nutriments peut provoquer une teneur plus ou moins importante de lipides, de sucres ou des éléments tels que le β -carotène. (Richmond, 2007).

Des nombreuses études se sont penchées sur l'effet de la concentration en ces éléments dans le milieu de culture, la carence en azote augmente la teneur en lipides pour certaines espèces de microalgues et pour d'autres, elle augmente la teneur en carbohydrates (Becker, 1994 ; Richmond, 2007).

Une augmentation de la concentration en azote dans le milieu entraîne une augmentation de la biomasse, de la quantité de protéines et de chlorophylle par cellule. Quant au phosphore, il est habituellement fourni sous forme d'orthophosphate et il joue un rôle important dans le transfert d'énergie et la biosynthèse des acides nucléiques dans les cellules. Comme l'azote, les carences en phosphore peuvent induire une augmentation de β -carotène ou d'astaxanthine (Sheehan *et al.*, 1998 ; Richmond, 2007).

En outre, le phosphore est un élément essentiel pour la cellule, Il intervient au cours de nombreux processus métaboliques (**Chen et al., 2011**).

Il entre en jeu dans les chemins métaboliques régulant la division cellulaire, sa concentration cellulaire va donc avoir un impact direct sur la production de biomasse. Il est aussi nécessaire dans la cellule pour satisfaire les besoins énergétiques et de biosynthèse des organites (**Moseley et al., 2006**).

6.1.6 La concentration en chlorophylle(a)

La chlorophylle a est un pigment indispensable à la photosynthèse des algues, Son dosage sert à estimer la biomasse phytoplanctonique du milieu aquatique. Les concentrations en chlorophylle dans les eaux superficielles présentent une variabilité saisonnière, sur le développement phytoplancton qu'est en effet, tributaire de l'énergie lumineuse, de la concentration en sels nutritifs, de la stabilité des masses d'eaux et de l'intensité de la consommation par le zooplancton (**Lorenzen, 1967**).

6.2 Relation avec les facteurs biotiques

Appelés aussi facteurs dépendants de la densité ; correspondant à l'ensemble des interactions entre individus (prédation, compétition, mutualisme...etc.)(**Leveque, 2001**). Etendant sa définition (**Ramade, 2005**) réunit sous ce vocable la totalité des paramètres physico-chimiques ou biologiques qui découlent de l'existence de l'action des êtres vivants entre eux et sur les milieux. Cet auteur distingue :

- a) Les facteurs physico-chimiques d'origine biotique conséquences des activités métaboliques et par les sécrétions dans le milieu de substances favorables ou toxiques pour les autres espèces.
- b) Les facteurs trophiques de nature biologique, à l'exemple des sels nutritifs libérés dans les eaux (ou le sol) sous l'action de la décomposition.
- c) Les facteurs intra spécifiques, qui regroupent les interactions se déroulant à l'intérieur d'une même espèce (entre individus).
- d) Les facteurs interspécifiques, qui concernent les interactions entre populations d'espèces différentes (facteurs de prédation et de parasitisme) (**Leveque, 2001**).

6.3 Action du phytoplancton sur les facteurs du milieu

Les phytoplanctons ont une influence directe sur les conditions physicochimiques d'un écosystème aquatique (**Barroin, 1999**).

6.3.1 Oxygénation

L'oxygène est présent dans l'eau sous forme dissoute ou gazeuse. A une température donnée et à une pression donnée, il existe une quantité maximale d'oxygène sous forme dissoute. C'est la teneur en O₂ pour laquelle l'eau est saturée à 100% (**Dabbadie, 1992**).

La présence de l'oxygène dans l'eau est le fait de la diffusion de l'air dans l'eau à partir de la surface et surtout de l'activité photosynthétique (**Sanchez, 1992 ; Gaujous, 1995**).

Ainsi, dans un milieu contenant beaucoup d'algues productrices d'oxygène par photosynthèse et peu de consommateurs (bactéries, zooplancton, poissons), la teneur en oxygène du milieu va beaucoup varier au cours de la journée : minimale le matin, elle peut atteindre, voire dépasser largement 100% de saturation dans la journée (**Dabbadie, 1992**).

6.3.2 Consommation du dioxyde de carbone

La consommation de CO₂ par les algues au cours de la photosynthèse va principalement se traduire par une augmentation du pH, Cette augmentation de pH du fait de la mobilisation du CO₂ par l'activité photosynthétique peut induire à l'ionisation de certains ions. Ainsi la forme toxique de l'ammoniaque NH₃ devient de plus en plus élevée quand le pH s'élève. L'incidence peut être fatale pour divers organismes aquatiques tels que le zooplancton (rotifères et daphnies) (**Dabbadie, 1992**).

6.3.3 Epuration

En se développant et en prélevant des éléments nutritifs dans le milieu, les algues contribuent à l'épurer. Il est donc possible de dépolluer des eaux usées en utilisant ces végétaux. C'est le principe du lagunage (**Aubert, 1970**).

6.3.4 Eutrophisation

L'eutrophisation est définie par l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) comme un « enrichissement des eaux en matières nutritives qui entraîne une série de changements symptomatiques, tels que l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, la dégradation de la qualité de l'eau et autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau » (**Daouda, 2010**).

Les effets visibles sont le développement planctonique ; la prolifération des algues et des macrophytes. En cas de prolifération d'espèces phytoplanctoniques, l'activité photosynthétique est alors très forte, ce qui induit des variations importantes de la concentration en oxygène

dissous et du pH dans les systèmes aquatiques, ce qui peut porter atteinte à la vie aquatique. Le développement excessif de macrophytes ou d'espèces phytoplanctoniques dans les milieux eutrophes conduit à une réduction de la transparence, qui va alors limiter l'activité photosynthétique (**Khellou, 2012**).

Enfin, dans le cas du développement de cyanobactéries, des risques sanitaires liés à la présence des cyanotoxines sont à craindre. De plus certaines cyanobactéries produisent également des composés malodorants qui génèrent des nuisances olfactives aux abords des plans d'eau infestés (**Khellou, 2012**).

7. Effets nuisibles du phytoplancton

Le phytoplancton représente un compartiment remarquable par le rôle qu'il joue, non seulement dans le milieu aquatique, mais aussi dans tous les domaines de notre vie : qualité d'environnement (oxygène), alimentation (poissons et fruits de mer), bien-être (santé, beauté), ressource industrielle, mais simultanément, elles peuvent provoquer un déséquilibre du milieu en s'y développant à outrance. De plus son déséquilibre joue un rôle d'alerte du mauvais état de la planète. Réduisant la variété et le nombre des espèces végétales et animales, l'érosion de la biodiversité est préjudiciable à tous les êtres vivants et peut entraîner des catastrophes en chaîne menant jusqu'à l'homme (**Mollo et Noury, 2013**).

Du fait de multiples problèmes liés à la toxicité potentielle de certaines espèces phytoplanctoniques (**Nasri et al., 2004**).

7.1 Risque sur la santé humaine

Certaines espèces phytoplanctoniques produisent des phycotoxines, qui sont accumulées par les organismes phytoplancton phages (**Gailhard, 2003**).

Les toxines des cyanobactéries sont essentiellement des endotoxines qui s'accumulent à l'intérieur des cellules algales. Elles agissent soit après ingestion de ces microalgues, soit après libération de la lyse algale (**Fremy et Lassus, 2001**).

L'ingestion des fruits de mer ayant concentré des toxines d'algues dans leurs tissus peut provoquer des symptômes neurologiques, digestifs et musculaires pouvant entraîner la mort. En eau douce également, lorsque les conditions sont favorables, des microalgues toxiques prolifèrent, provoquant des morts massives d'animaux et pouvant nuire à la santé des baigneurs, les troubles allant de la simple affection dermatologique à des lésions neurologiques ou hépatiques irréversibles (**Fernandez, 2002**).

Deux espèces des Diatomées, du genre *Pseudo-Nitzschia*, productrices des toxines dites amnésiantes, prolifèrent épisodiquement sur nos côtes, infestant poissons et coquillages (toxiques à partir de 100 000 cellules par litre). Pour le consommateur, entre deux et vingt-quatre heures après ingestion, apparaissent vomissements et diarrhées, puis surviennent maux de tête et troubles de l'équilibre et de la vue (**Mollo et Noury, 2013**).

Deux espèces principales de Dinoflagellés sont redoutées du genre *Alexandrium* contient des toxines qui s'accumulent dans la chair des coquillages même si ces coquillages ne semblent pas perturbés par la présence de cette microalgue toxique, ils sont néanmoins impropres à la consommation, entraînant chez l'homme des troubles gastro-intestinaux (**Mollo et Noury, 2013**).

7.2 Risque sur les écosystèmes aquatiques

Les liens entre les nutriments, l'eutrophisation, l'hypoxie et les proliférations d'algues nuisibles ainsi que leurs impacts sur les écosystèmes marins sont multiples et difficiles à quantifier (**Puiz et al., 2008**).

Une telle prolifération d'une sorte de microalgues porte le nom d'efflorescence ou de bloom et change souvent visuellement l'aspect de l'eau : eaux colorées ou mousses en surface. À l'échelle visible, ce phénomène est comparable à celui des algues vertes qui envahissent les plages. En cas d'efflorescence, une espèce de phytoplancton se multiplie tellement qu'elle finit par occuper tout l'espace. Sa densité rend l'eau opaque et asphyxie le milieu. C'est ce qu'on appelle l'eutrophisation de l'eau : une espèce domine et prive de nourriture et de lumière les autres phytoplanctons qui ne peuvent plus se développer. Cette perte de la diversité est problématique, en particulier, en ce qui concerne les espèces de plancton végétal « comestibles » comme les Diatomées (**Mollo et Noury, 2013**).

7.3 Risque sur les organismes marins

Si le phytoplancton ne concerne pas l'homme directement, son appauvrissement peut conduire, par l'intermédiaire du zooplancton permanent, à la chute de la variété des poissons et des fruits de mer composant son menu (**Mollo et Noury, 2013**).

Outre les effets indirects possibles des cyanobactéries sur le poisson à travers leur impact sur le zooplancton, il convient aussi de ne pas oublier que les périodes de blooms provoquent également des phénomènes d'anoxie dans le milieu qui peuvent avoir des conséquences mortelles pour les peuplements piscicoles (**Fremy et Lassus, 2001**).

Chez les crustacés, il a été observé que les toxines Cyanobactériennes s'accumulent principalement dans l'hépatopancréas. Ces toxines proviennent de la consommation des Cyanobactéries, mais aussi de l'ingestion directe des toxines libres dans l'eau. Comme les écrevisses ne semblent pas sensibles à ces toxines, elles peuvent accumuler ces métabolites et constituer, de même que les mollusques, une source de contamination importante pour les échelons trophiques supérieurs (**Fremy et Lassus, 2001**).

Etude expérimentale

Présentation du Parc National d'El-Kala (PNEK)

1. Description générale et localisation du Parc National d'El-Kala

Le Parc National d'El-Kala (PNEK) est l'un des plus grands parcs nationaux d'Algérie et de Méditerranée occidentale. Il a été créé par décret, le 23 juillet 1983 et depuis 1990, il est classé Réserve de la Biosphère dans le réseau des réserves du programme MAB (Man And Biosphère) de l'UNESCO. Il regroupe neuf communes entièrement contenues dans la Wilaya d'El Taref (Wilaya issue du découpage administratif de l'année 1985). Cette réserve intégrale s'étend sur une superficie de 76000 ha, soit 26 % de l'espace de la Wilaya (Messikh, 2016).

Le PNEK est limité au nord par la mer Méditerranée, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, à l'Ouest par les plaines d'Annaba et au Sud par les monts de Medjerda (Fig.1). Sa flore, sa faune et son patrimoine culturel lui ont valu son inscription en tant que réserve de la Biosphère par l'UNESCO en 1990. Pour l'essentiel, ces sites ont maintenu dans une large proportion les processus écologiques originels (1).

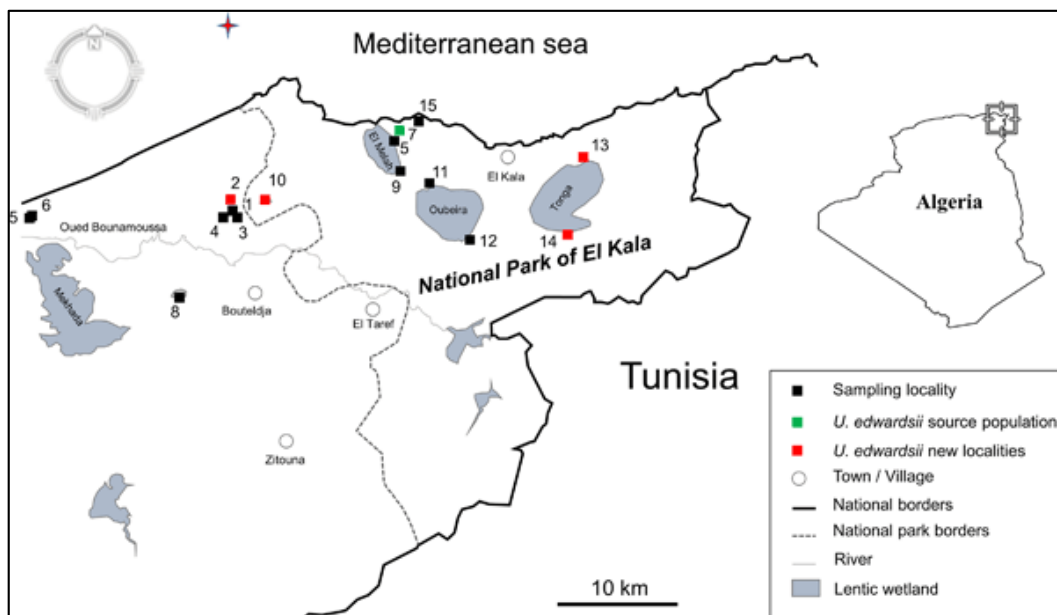


Figure 01 : Situation géographique des zones humides du Parc National d'El-Kala

(Khelifa et al., 2016).

2. Caractéristiques naturelles du Parc national d'El-Kala

La région d'El Kala est caractérisée par un enchevêtrement de plusieurs composantes qui a donné lieu à un décor particulier et spécifique. Ces composantes se traduisent dans la géologie, l'hydrologie, le climat ainsi que le sol (De Blair, 1990).

Le littoral d'El Kala (wilaya d'El-Taref) situé au Nord-est de l'Algérie, comprend de nombreuses zones humides offrant des formes et une composition floro faunistique variée et diversifiée d'intérêt écologique certain. Cette région a la particularité d'abriter le complexe de zones humides le plus important du Maghreb inclus dans sa globalité dans PNEK (2).

2.1 Caractéristiques Physiques

2.1.1 Le relief

Le relief de la région d'El- Kala se compose d'une juxtaposition de dépressions, dont certaines sont occupées par des formations lacustres ou palustres et des hautes collines aux formes variées : dromes, escarpements, alignements de crêtes généralement couverts par une végétation dense (**De Belair, 1990**).

Du nord au sud, on distingue :

- Un cordon dunaire littoral qui s'étend d'Ouest en Est sur une longueur de 40 km et se prolonge vers le sud jusqu'au pied du Djebel Segleb.

Les dunes mortes sont les plus anciennes, donc les plus éloignées de la mer. Elles sont colonisées par une végétation dense (Chêne Kermès) (**Benyacoub, 1993**).

- Les plaines sublittorales : elles présentent un relief plat ondulé marqué surtout par les dépressions lacustres et marécageuses (Lacs : Tonga, Mellah, Oubeira). L'altitude n'y dépasse pas 60 m.
- Les montagnes telliennes à ce niveau s'élèvent une partie du versant Nord de la chaîne de la Medjerda dont l'altitude moyenne est de 1100 m (**Benyacoub et al., 1998**).

2.1.2 L'hydrographie

La configuration du terrain de la région d'El-Kala détermine trois systèmes d'organisation hydrographiques. La partie Sud-est est drainée par trois oueds : l'oued Bougous, oued Melilla et l'oued El Kébir. Ce dernier constitue le collecteur principal (apports de 245 hlm³/an). Il alimente les nappes dunaires et lors des crues, on assiste à la mise en eau des dépressions interdunaires. La partie orientale est caractérisée par plusieurs oueds en général à faible débit, ils s'écoulent en majorité dans la plaine d'Oum Teboul. La partie ouest est également parcourue par de nombreux oueds, (Bouaroug, Mellah, Reguibet, Boumerchen, Dai El-Graa...etc.). Ils se déversent pour la plupart dans les lacs Mellah et Oubeira. De nombreuses sources existent dans la région d'El Taref, les plus importantes étant celles de Bouglez, Bouredim et El-Bhaim (situées au Sud-Est de la région) (**Benyacoub et al., 1998**).

2.1.3 La climatologie

La région d'étude est sous l'influence d'un climat méditerranéen, à fort contraste saisonnier, caractérisé par une saison douce et pluvieuse entre les mois d'octobre et avril et une saison chaude et sèche entre juin et septembre. L'automne et le printemps y sont d'assez courtes durées et sont marqués souvent par des changements brutaux du climat tels que des vagues de chaleurs dues aux siroccos, suivies par des orages violents (**Boulahbal, 1999**).

2.1.3.1 La température

D'une manière générale, la température annuelle moyenne est de l'ordre de 18°C, avec une moyenne minimale en hiver de 9-10°C et une moyenne maximale estivale de 30°C. Elle atteint rarement 0°C en hiver du fait d'une importante humidité relative de l'air qui agit en tampon.

Les mois les plus froids sont janvier et février au cours desquels la température peut atteindre les 3 ou 4 °C au cours de la nuit. Il gèle rarement, en été on enregistre des températures approchant les 40°C au cours des mois de juillet et août, parfois accentuées par les siroccos et les incendies (**Boulahbal, 1999**).

2.1.3.2 L'humidité

L'humidité relative de l'air de la région d'El Kala est de 75,4%. Elle varie entre 71% et 79% avec un maximum relevé durant l'hiver et le printemps. Dans tous les cas, elle reste élevée durant toute l'année. Malgré le caractère chaud et sec de l'été, la nature marécageuse de la région, la présence des lacs d'eau douce et saumâtres ainsi que la proximité de la mer entretiennent, durant cette période, une humidité élevée (**Samraoui et DE Belair, 1998**).

Cette humidité de l'air élevée en période estivale, explique que la région puisse être plongée dans un voile de brume. Ce dernier est propice, enfin de compte aux cultures d'été et à la végétation naturelle (**DE Belair, 1990**).

2.2 Diversité biologique de la région d'El-Kala

2.2.1 La Faune

La région d'El-Kala abrite une richesse faunistique remarquable, Aujourd'hui non moins riche, la faune compte environ 36 espèces de mammifères dont 7 espèces sont rares.

En ce qui concerne l'avifaune, parmi les 191 espèces dénombrées, 55 sont hivernantes et 136 nicheuses. De plus, plusieurs milliers d'oiseaux d'eau hivernent régulièrement dans les

zones humides de la région d'El-Kala. Celles-ci, abritent plusieurs espèces dont les effectifs atteignent largement le seuil d'importance internationale (**Benyacoub et Chabi, 2000**).

Les reptiles sont représentés par 17 espèces recensées parmi lesquelles 6 sont peu abondantes et 2 rares. 7 espèces d'Amphibiens ont été également identifiées (**Rouage, 1999**).

En ce qui concerne les invertébrés, le Parc abrite environ 40 espèces d'odonates (**Boulahbal, 1999**), 68 espèces de Syrphidés (**Djelab, 1993**), 60 espèces de Carabidés (**Ouchtati, 1993**), au moins 31 espèces de Lépidoptères diurnes (**Benyacoub et al., 1998**).

2.2.2 La flore

Le patrimoine végétal du PNEK est constitué de plus de 850 espèces qui comptent 65 algues, 110 champignons, 50 lichens, 40 mousses, 25 fougères et 545 spermaphytes. Le PNEK est à vocation forestière, plus de 80 % de sa superficie est constituée des forêts.

En grande majorité de Chêne liège, qui constitue des peuplements purs et parfois mixtes avec du Chêne zeen. Les reboisements du pin maritime viennent en seconde position avec les reboisements d'Eucalyptus (**De Belair, 1990**).

Présentation du Lac Bleu

1. Description générale et localisation

Le lac Bleu est un étang de faible superficie localisé au nord-est de la lagune d'El-Mellah et à 700 mètres au sud de la méditerranée (**Fig.2**). Ses coordonnées géographiques sont :

N 36.909° - E 8.338°.

A environ une dizaine de kilomètres à l'ouest de la ville d'El Kala et situé dans le massif dunaire que barre tout le nord du lac Mellah jusqu'à Mezira ; il est la conséquence hydro géomorphologique de la percolation dans une dépression, de la nappe phréatique à travers les sables de la dune (**Sabri, 2011**).



Figure 02 : Situation du lac Bleu dans le Parc National d'El Kala .

De forme grossièrement ovale (**Fig.3**), ce petit étang d'eau douce se caractérise par une profondeur étonnante pour sa faible superficie de 3 ha. Cette profondeur et justement le gage de sa pérennité et a permis la mise en place d'une ceinture caractéristique de végétation.

Particulièrement enclavé, ce site peu habité il y a une vingtaine d'année, permet aujourd'hui à une quinzaine de familles de la mechta "Gmihet" de vivre de l'agriculture et de l'élevage en utilisant largement son eau pour entretenir des petites exploitations agricoles.

D'une beauté étonnante par sa couleur et son emplacement dans l'écrin jaune des sables de la dune, il a bénéficié en 2006, d'un statut international en étant inscrit, à la demande de l'Algérie, dans la liste des sites Ramsar du parc national d'El-Kala (Sabri, 2011)



Figure 03 : Photo du lac Bleu

2. Diversité biologique du lac Bleu

2.1 La flore

Selon l'étude de (Neffar, 1991) qui porte sur la contribution à l'analyse phyto-écologique du lac bleu, ce site caractérisé par la pression d'un certain nombre de ceintures végétales allant du plan d'eau à la forêt humide. ainsi, il distingue :

- **Une zone de plantes aquatiques :** avec comme espèce caractéristiques : *Nymphaea alba*, *Lemna minor*, *Callitriche Stagnalis*.
- **Une zone d'hélophytes :** qui comprend notamment les espèces suivantes : *Phragmites australis*, *Juncus martimus*, *Typha angustifolia*, *Dryopteris gongyloides* (d'origine tropicales), *Paspalum distichum* (Graminée Semi aquatique d'origine tropicale).
- **Une zone d'amphyphytes :** avec principalement : *Cladium mariscus*, *Lris pseudo-acorus*, *Scirpus lacustris*.
- **Une zone d'hygrophytes :** caractérisée par l'installation du grand *Carex elata*.
- **La zone de la forêt humide (l'Aulnaie) :** avec : le *Salix pedicellata* et l'*Alnus glutinosa* qui sont les espèces qui marquent cette zone en plus de *Lavandula Stoechas-Mentha aquatica* et *Hypericum perforatum*.

(Neffar, 1991) a identifié 84 espèces végétales et a aussi, mise au point une carte sommaire de la végétation existante au lac .

(Mekki, 1998), quand à lui, a cité la présence d'un grand nombre d'espèces rares au niveau du lac à l'exemple de : *Ceratophyllum submersum*, *Nymphaea alba* et *Dryopteris gongyloides*, et une espèce en voie de raréfaction *Oldenlandia capencrea* ainsi qu'une autre en voie de disparition *Elatine brochoni*.

Cet auteur a cité aussi l'exception de :

- *Ceratophyllum* et *Potamogeton trichoides*, en été.
- *Callitriche obtusangula* et *Callitriche pedunculata*, en automne.
- Les characées (*Chara* sp) qui envahissent le lac en hiver.
- Les Renoncules (*Ranunculusbaudotii*, *Ranunculus ophioglossifolius*, *Ranunculus trichophyllus*) et au niveau des berges nous avons : *Ranunculus macrophyllus* et *Ranunculus muricatus* accompagnées de *Cotula coronopifolia* au printemps.

2.2 La faune

Le lac abrite de nombreuses espèces d'oiseaux nicheuses parmi lesquelles nous citons : le Grébe castabneux, la Poule d'eau et de nombreux passereaux.

Dans son étude sur le Lac Bleu (Mekki, 1998), signale 59 taxa d'origine dont 13 espèces de Coléoptères non déterminées . Parmi ces taxa, nous avons une espèce de l'embranchement des Chordata considérée comme endémique Méditerranéenne très rare (*Aphanius fasciatus*), une rare (*Cybister lateralimarginalis*) et deux autres très rares (*Micronecta sholtzi* et *Micronecta* sp) de l'embranchement des Arthropoda.

Cet auteur explique l'abondance des effectifs de quelques taxa de l'embranchement des Arthropoda à savoir : *Larves d'Ephéméroptères*, *Larves de Zygoptères*, *Larves d'aeshnides*, *Larves de Libellulides*, *Naucoris maculatus*, *Plea minutissima*, *Cybister tripunctatus*, *Cybister senegalensis* et autres Gastropoda comme de bio-indicateurs de l'impact anthropique, ceci, d'une part. D'autre part, le calcul de la richesse spécifique et des trois indices de diversité (Shannon, Equitabilité et Margalef) des taxa faunistique, indiquent clairement une détérioration de l'état du lac que (Mekki, 1998) explique par la pression anthropique sur les écotones de ces sites (feu.cultures) et la pollution (pompe à diesel, lessives) qui ne fait que croître au détriment de la biodiversité.

3. Caractéristiques physique

La superficie du bassin versant du lac Bleu est de 128 ha et son périmètre égal a près de 6 km. Le ruissellement est quasi nul mis a part l'écoulement des eaux de débordement déun plan d'eau situé au sud-est a environ 400 m du site.c'est le seul cours d'eau connu de cette zone (Sabri, 2011).

3.1 Le relief et les pentes

Le plan d'eau est à l'altitude de 4 m. les reliefs passent de 80-76 m à l'est (Koudiet Er Rhar, Koudiet Terch) à des altitudes de 15-20 m au NW (El Koudiet Safra). Les pentes sont plus abruptes à l'est, elles sont proches de 0% au centre du BV oi se trouve le plan d'eau puis se relévent légèrement vers le rivage et les rives du lac (Sabri, 2011).

3.2 L'hydrologie et L'hydrogeologie

Le réseau hydrographique est inexistant en dehors des petits talwegs qui conduisent les brefs cours d'eau temporaires. Le bassin versant est aréique. La nature du sol, essentiellement sableuse, ne favorise pas le ruissellement qui est fortement réduit au profit de l'infiltration. Les talwegs, creusé par ces eaux de ruissellement éphémères, montrent toutfois que écoulements de surface se font vers le fond de la cuvette oi se trouve le plan d'eau.

Le plan d'eau du lac bleu correspond donc à un affleurement de la nappe des formations dunaires qui forment les reliefs recouverts de maquis de chênes kermès à l'est du lac Mellah (Sabri, 2011).

Matériel et Méthodes

1. Matériel

Tableau 02 : Matériel utilisé dans l'étude phytoplanctonique.

Matériel de laboratoire	Matériel de terrain
* Appareil photos numérique pour la prise de vue des taxons Phytoplanctoniques	* Appareil photos numérique
* Eprouvette * Micropipette.	* Bouteille en plastique de 1,5L
* Etiquettes *Microscope optique	* Etiquettes
*Lames et Lamelles	* Lugol
* Huile de cèdre *Les échantillons	*Multi paramètre de terrain (WTW. Multi 197i/ SET)
*Papier aluminiums	
*Pipette graduée * Tube à hémolyse	



Figure 04 : Photo du matériel utilisé dans l'étude phytoplanctonique.

2. Méthodes

2.1 Le choix des stations de prélèvement

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité phytoplanctonique de l'eau du lac Bleu, pendant la période printanière, l'échantillonnage a été réalisé in situ, mensuellement à raison d'un prélèvement par deux sites différents (**Fig.5**), prélèvement dans le mois de mars (le début de la saison) et l'autre dans le mois de mai (la fin de la saison) 2019.

Le choix des stations de prélèvement a été fait sur la base d'un axe Est Ouest, correspondant aux sens du vent dominant, qui pourrait avoir un effet sur la dynamique saisonnière du phytoplancton. Ces sites ont principalement été choisis de par leur facilité d'accès et leur proximité géographique, de manière à obtenir des résultats comparables tout au long du travail de mémoire.

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

Dates des prélèvements	Cordonnées GPS des stations
P1 : 01 mars 2019	Station 1 : 36°54'34.29"N 8°20'20.59"E
P2 : 12 mai 2019	Station 2 : 36°54'31.88"N 8°20'17.91"E



Figure 05 : photos des sites d'échantillonnages (A : site 1 ; B : site 2).



Figure 06 : Localisation satellite des stations du prélèvement

2.2 Méthode de prélèvement

Au total, deux séances d'échantillonnage ont été effectuées avec une périodicité aux environs de la mi-journée où la transparence à la lumière est maximale, pour maximiser la récolte du phytoplancton (**Findlay et Kling, 2003**).

A chaque station, l'eau a été prélevée au centre du collecteur, à l'aide d'une pissette dans des bouteilles en plastique de 1,5 L. Les échantillons devant servir à l'évaluation de la diversité phytoplanctonique sont fixés sur le terrain avec 5 ml d'une solution alcaline de Lugol de commerce à la concentration finale de 0,5%. Afin de concentrer un nombre important de cellule, ainsi que cette concentration finale peut s'apprécier à la couleur brun clair, orangée que doit avoir l'échantillon. En fonction du type de milieu (acidité de l'eau par exemple), la couleur orangée peut être obtenue avec un nombre nettement supérieur des gouttes. Une décoloration peut se produire avec le temps et/ou la lumière, dans ce cas rajouter quelques gouttes de Lugol pour maintenir la fixation de l'échantillon. Le volume de conservateur ajouté doit être noté car il participe au volume final de l'échantillon (**Christophe et al., 2009**).

Dès que l'échantillon est prélevé, chaque bouteille est munie d'une étiquette sur laquelle sont notés la date, le nom de la station, ainsi que le motif de l'analyse, puis transporté à l'obscurité, ce qui permet d'assurer une conservation satisfaisante (**Light foot, 2002**).

Tous les échantillons ont été maintenus au froid dans une glacière pendant le transport, et immédiatement mis au réfrigérateur à 4 °C dès le retour au laboratoire (**Jean-Claude et al., 2008**). Juste avant les prélèvements d'eau, certains paramètres sont mesurés in situ.

Il s'agit du taux d'oxygène dissous, de la température, de la salinité, du pH et de la conductivité électrique (CE) mesurés avec un Multi paramètre de terrain (WTW. Multi 197i/SET) (Fig.7) (Rodier et al., 1996).

Au laboratoire de microbiologie du département de l'écologie université 08 mai 45 Guelma, les espèces de phytoplancton ont été observées au microscope optique.

2.3 Analyses des paramètres d'évaluations de la qualité d'eaux du lac

2.3.1 Paramètres physico-chimiques

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et qu'il est généralement utile de connaître. Ces paramètres peuvent être mesurés en continu par des sondes installées dans des stations d'observation de la qualité des eaux (Gaujous, 1995).

La température ($T^{\circ}\text{C}$), le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous (OD en mg/l) et la salinité, ont été mesurés à l'aide de trois sondes d'un multi paramètres de terrain de marque (WTW Multi 1970i) (Fig.7).



Figure 07 : Photo du multi-paramètre utilisé modèle (WTW Multi 1970i).

2.3.1.1 La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usages. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels, etc.

En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques. Et d'une façon générale, la température des eaux est influencée par l'origine dont elles proviennent (**Rodier, 1984**).

Elle est aussi un facteur important dans la production biologique, ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (3).

2.3.1.2 Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre essentiel pour qualifier l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse. Il est en fonction de la quantité d'acide ou de base présent dans la solution et du degré de dissociation de l'acide ou de la base, ce facteur traduit l'activité des ions H_3O^+ ou OH^- dans le milieu aqueux. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4.5 à 8.3 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés (**Bourrier, 2011**). Dans nos analyses, les mesures du pH ont été effectuées juste au site de prélèvement.

2.3.1.3 La salinité

Elle est définie comme la somme des matières solides en solution contenues dans une eau, après conversion des carbonates en oxyde, après oxydation de toutes les matières organiques et après remplacement des iodures et bromures par une quantité équivalente de chlorure (**Bentekhici et Zebbar, 2008**). En fonction de la salinité, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau suivant :

Tableau 04 : Classification des eaux selon la salinité (**Chevallier, 2007**).

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

2.3.1.4 L'oxygène dissous (OD)

C'est un constituant vital de tous les tissus vivants, végétaux et animaux. Ils ont besoin, pour vivre de dioxygène à l'état libre ou combiné. La présence de matière organique réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique (Afnor, 2000).

C'est l'un des paramètres les plus sensibles à l'apport de pollution organique dans un cours d'eau (Bontoux, 1983).

Le dosage de l'oxygène dissous est d'une importance capitale dans les études portant sur la qualité des eaux, et ce parce qu'il régit les réactions d'oxydoréduction (Belhadj, 2006).

La concentration en oxygène est directement influencée par la température et la salinité, une eau moins salée est plus froide dissout relativement plus d'oxygène (Sacchi et Testard, 1971).

D'après les normes de (Rodier, 1976) :

Tableau 05 : Classification des eaux selon l'oxygène dissous (Rodier, 1976).

Qualité d'eau	Eau très pures	Eaux potables	Eaux suspectes	Eaux mauvaise
L'oxygène dissous	Moins de 1 mg/l	Entre 1 et 2 mg/l	Entre 1 et 2 mg/l	Plus de 4 mg/l

2.3.1.5 La conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (s/cm) : $1\text{ S/m} = 104\mu\text{S/cm} = 103\text{ S/m}$.

La minéralisation de l'eau (teneur globale en espèces minérales) peut entraîner selon les cas, un gout salé (variable selon la nature des sels présents), une concentration de la corrosion, et les dépôts dans les tuyauteries (entartrage) (Joel, 2003).

D'après les normes de (Rodier, 1984) :

Tableau 06 : Classification des eaux selon la conductivité (Sari, 2014).

Type d'eau	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{Cm}$)	Résistivité ($\Omega. m$)
Eau pure	< 23	> 30000
Eau douce peu minéralisée	100 à 200	5000 à 10000
Eau de minéralisation		
Moyenne	250 à 500	2000 à 40000
Eau très minéralisée	1000 à 2500	400 à 1000

2.4 Les analyses phytoplanctoniques

2.4.1 Analyse qualitative

Les protocoles opératoires d'identification et de dénombrement du phytoplancton peuvent grandement varier selon les laboratoires. Cependant, la technique (d'Utermöhl, 1958) utilisant la microscopie inversée a été standardisée en Europe en 2006.

Cette technique est donc plus couramment utilisée que les autres à travers le monde et demeure une référence.

Le principe de la méthode consiste à concentrer le phytoplancton en suspension dans un échantillon d'eau, sur une surface réduite directement observable par microscopie. En pratique, un volume connu.

L'échantillon d'eau est soumis à une étape de sédimentation verticale dans un contenant de faible section et dont le volume est calibré. Après un temps de sédimentation suffisant, le phytoplancton se répartit sur le fond du contenant de manière aléatoire. Il est alors directement observable à l'aide d'un microscope inversé. Pour les eaux de consommation humaine distribuées en réseau, le volume analysé de 1l nécessite d'avoir recours à une étape de filtration en remplacement de la sédimentation. L'échantillon est alors filtré sur une membrane en polycarbonate pour obtenir un concentrat dont la totalité sera examinée dans une chambre de sédimentation. La méthode implique l'utilisation d'échantillons préalablement fixés avec une solution de Lugol alcalin fortement concentrée (4).

Par contre dans notre étude, la numération du phytoplancton est effectuée à l'aide d'un microscope optique selon la méthode proposée par (**Andersen et al., 1983**) en raison du manque du potentielle et du matériel.

Le principe de la méthode consiste à homogénéiser l'échantillon fixé, un aliquote de ce dernier (20 à 50ml) est mis à sédimenter (12 à 24h). On garde que 5 ml se trouvent en bas et qui présente le sous échantillon, et on se débarrasse du reste, et à partir de cette petite quantité on fait notre analyse qualitative, un volume de l'eau (20µl) est prélevé au fond du tube à l'aide d'une micropipette après homogénéisation. Cette eau est déposée entre lame et lamelle, luter la lamelle avec du vernis et observée.

L'observation du phytoplancton a été effectuée à l'aide d'un microscope optique binoculaire Gx100. Pour le dénombrement des espèces, trois préparations microscopiques de l'échantillon ont été réalisées, observées en faisant un parcours horizontal sur toute la longueur de la lamelle en se décalant nettement sur sa largeur. Les dénombrements et l'identification des espèces sont répétés trois fois pour chaque lame afin de s'assurer la fiabilité de comptage.

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

Une base de données Excel a été créée afin de saisir les données au fur et à mesure de l'analyse microscopique, et permettant de suivre l'évolution dans les compositions phytoplanctoniques. L'identification est assurée par des ouvrages spécialisés : **Bourrelly (1966, 1968 et 1970 ; Ricard, 1987 ; Sournia, 1986) ou en ligne sur internet.**

NB : Avant de procéder à l'homogénéisation s'assurer que le flacon de prélèvement est rempli à environ 80% de sa capacité et qu'il existe par conséquent un espace suffisant pour permettre une agitation efficace. Agiter l'échantillon en réalisant une vingtaine de mouvements en huit avec le poignet. Une agitation trop intense est susceptible de dégrader certaines cellules ou colonies de phytoplancton. La méthode d'agitation doit être clairement définie au sein du laboratoire pour qu'elle soit reproductible d'un opérateur à un autre (4).

2.4.2 Analyse quantitative

L'observation des caractères morpho-anatomiques (la forme de la colonie ou du trichome ainsi que la taille et la couleur) représentent les clés d'identification des différents genres (**Michel, 1987**).

Pour évaluer la structure de la communauté phytoplanctonique de la zone d'étude, les indices écologiques suivant ont été utilisés :

2.4.2.1 La richesse spécifique

C'est le nombre total des diverses catégories taxonomiques auxquelles appartiennent les organismes prélevés à une station d'échantillonnage. Elle mesure la diversité la plus élémentaire, fondée directement sur le nombre total d'espèces dans un site. Un grand nombre d'espèces fait augmenter la diversité spécifique (Ngansoumana, 2006).

2.4.2.2 L'indice de Shannon (H')

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un Coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominances (Boudjenah, 2012).

Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum p_i * \ln(p_i)$$

Où' :

Pi : abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = n_i/N$

ni : nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon

N : nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon

2.4.2.3 L'indice d'Equitabilité de Piélou

L'indice d'Equitabilité de Piélou appelé aussi de régularité, a été utilisé pour rendre compte de l'abondance relative de chaque taxon, de la régularité de la distribution des taxons et de la qualité d'organisation du peuplement (Groga, 2012).

Sa formule est la suivante :

$$E' = H' / \log_2 S$$

Avec :

S = le nombre total des taxons dans un échantillon

H' = indices de Shannon-Weaver (**Ish**)

E' vaut **0** quand un seul taxon domine et **1** quand tous les taxons ont la même abondance.

Ces deux indices restent dépendants de la taille des échantillons et dépendant du type d'habitat. Leur valeur est relativement basse dans les eaux de transition comme les lagunes, deltas ou estuaires, même lorsqu'ils ne sont pas perturbés. Il reste ainsi, difficile d'en faire un descripteur de l'état d'un milieu, à moins de déterminer au préalable des valeurs seuils pour chaque type d'habitat et pour une surface échantillonnée donnée, ainsi que l'ont proposé (Simboura et Zenetos, 2002 ; Boudjenah, 2012).

2.4.2.4 L'indice de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce :

$$D = \sum ni (ni-1) / (N-1)$$

ni : nombre d'individus de l'espèce donnée

N : nombre total d'individus

Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité. Dans le but d'obtenir des valeurs « plus intuitives », nous avons préféré appliquer dans le cadre de notre étude l'indice de diversité de Simpson représenté par 1-D, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0). Il donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Le fait d'ajouter des espèces rares à un échantillon, ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité (Gbeyetin, 2011).

2.4.2.5 Autres indices phytoplanctoniques mesurés et calculés

Tableau 07 : Autres indices phytoplanctoniques mesurés et calculés (Benzait, 2015).

Abondance	C'est le nombre d'individus d'une espèce récoltés dans les prélèvements considérés. Dans la présente étude le prélèvement a été effectué sur m ² .
Densité	C'est le nombre d'individus par unité de surface. C'est le paramètre le plus important d'une population animale. Dans cette étude, la densité est rapportée à une surface de substrat de 1m ² (ind /m ²).
Dominance	<p>C'est l'abondance d'une espèce par rapport à l'abondance totale des individus de toutes les espèces du prélèvement. la dominance est exprimée en pourcentage.</p> $Da = \frac{Na}{Na+Nb+\dots Nn} \times 100$ <p>Da : dominance de l'espèce « a »; Na : abondance de l'espèce « a » Na, Nb,Nn Somme des abondances des espèces « a, b, ..., n » du prélèvement.</p>
Fréquence	<p>C'est le nombre total des prélèvements où l'espèce considérée est présente, par rapport au nombre total des prélèvements effectués. La fréquence est exprimée en pourcentage.</p> $F = \frac{Pa}{P} \times 100$ <p>Fa : fréquence de l'espèce « a »; Pa : nombre des prélèvements où l'espèce « a » existe ; p : nombre total des prélèvements réalisés.</p>

Résultats et discussion

Résultats et Discussion

1. Variations des paramètres physico-chimiques

Dans le but de caractériser notre milieu d'étude et d'appréhender les facteurs écologiques qui peuvent jouer un rôle sur le développement du phytoplancton, nous avons mesuré selon les méthodes décrites plus haut ces paramètres : potentiel hydrogène, salinité, conductivité électrique, température de l'eau, oxygène dissous.

Les valeurs enregistrées des paramètres physico-chimiques des eaux des stations mesurées au cours des deux sorties sont représentées dans le tableau suivant ci-dessous. Les mesures physicochimiques ont été faites sur place.

Tableau 08 : Variations des paramètres physicochimiques pendant la période d'étude.

Echantillons Paramètres	Mars		Mai	
	Station 1	Station 2	Station 1	Station 2
Température (C°)	17,10	17,10	25,3	25
Potentiel hydrogène (PH)	7,04	8,31	6,35	6,82
Conductivité électrique	156	181	142	147
Oxygène dissous (mg/l)	4,20	4,37	00	00
Salinité (psu)	00	00	00	00

1.1 La température de l'eau

La température de l'eau est liée à celle de l'air en raison des échanges thermiques entre le milieu marin et l'air ambiant (**Ramade, 2009**), est influencé directement par les conditions climatiques. Aussi est un facteur environnemental important pour la vie aquatique contrôlant ainsi l'ensemble des processus biologiques (reproduction, croissance...etc.) liés à un environnement donné (**Aminot, 1983**).

La température de l'eau du lac Bleu présente des variations bien visibles dans l'ensemble des stations prospectées allant de 17,10°C jusqu'à 25,3°C (**Fig.08**), elles montrent une augmentation de la température des eaux des stations échantillonnées à la fin de la saison 2019 par rapport à celles mesurées au début de la saison de la même année. Elle s'accorde avec la saison printanière qui a connu une amélioration et augmentation des températures.

D'une manière générale, selon les observations faites par (Reynolds, 1998), ces températures sont favorables à l'apparition et au développement du phytoplancton (comme par exemple dans notre observation l'apparition du Spirulina à la fin de la saison lorsque la température augment, ou sont défavorables, et peut entraîner la disparition de certaines espèces (c'est le cas de Fragilaria).

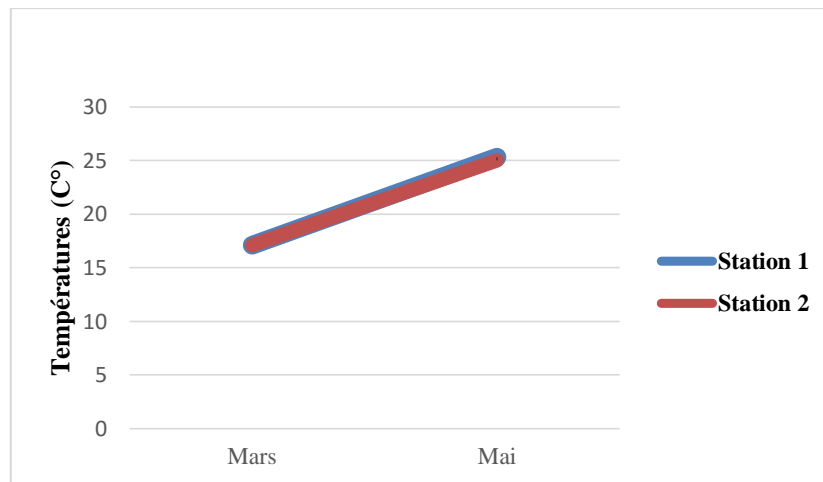


Figure 08 : Courbe de variations de la température de l'eau du lac Bleu.

1.2 Le potentiel hydrogène

Un paramètre important dans l'étude des milieux aquatique. C'est un indicateur de la quantité et de la nature des ions minéraux en solution dans l'eau (Groga, 2012).

L'évolution du potentiel hydrogène des stations d'étude (Fig.09) indique que ses eaux sont de nature légèrement alcaline.

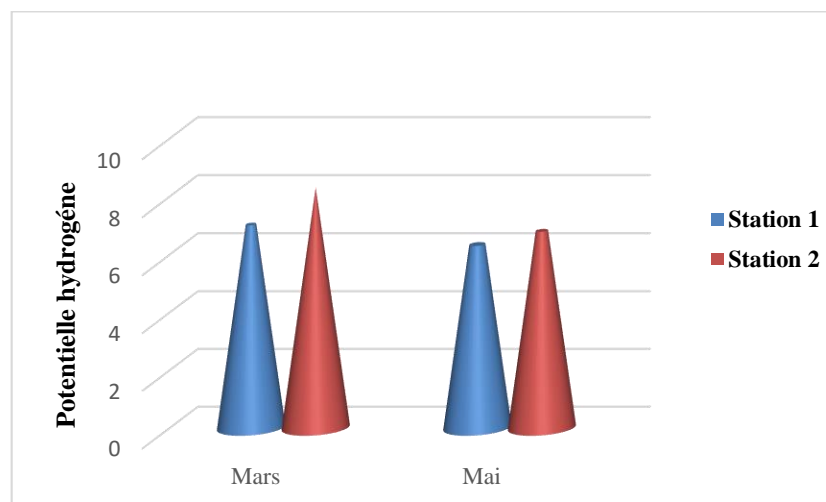


Figure 09 : Variations du pH de l'eau du lac Bleu.

En effet, La valeur le plus faible est de 6,35 mesuré dans la station S1 pendant le mois de mai et la plus élevée est de 8,31 obtenue dans la station S2 pendant le mois de mars

Certain autre rapporte que les lacs eutrophies ont un pH qui varie entre 5 et 9 et possèdent une faible transparence, les valeurs du pH relevées durant cette étude nous permettent de classer le lac dans la catégorie des lac eutrophie.

1.3 La conductivité électrique

La conductivité est une mesure générale de la qualité de l'eau, qui indique la quantité totale des sels dissous. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (Rejsek, 2002), qui peut entraîner selon le cas un goût salé variable selon la nature des sels présents (Potelon, 1998).

Les données de la conductivité du lac Bleu révèlent que la charge ionique des eaux est faible. D'après (Fig.10), les valeurs minimales enregistrées de la conductivité sont 142 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 147 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (S1, S2) à la fin de la saison, Par contre les valeurs maximales instantanées sont 156 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 181 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (S1, S2) sont enregistrées au début de la saison.

Selon les normes proposées par (Rodier, 1984) les stations d'études présentent une minéralisation faible, durant les mois d'études.

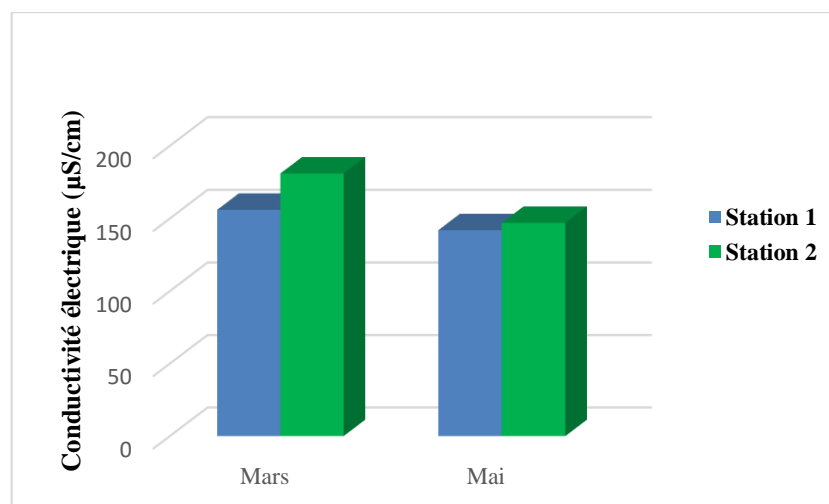


Figure 10 : Variations de la conductivité électrique de l'eau du lac Bleu.

1.4 L'oxygène dissous

L'oxygène dans les milieux aquatiques représente le moteur essentiel à la vie des organismes, il assure l'oxydation de la matière organique. L'oxygène dissous (OD) est mesuré en nombre de milligrammes d'oxygène par litre d'eau (mg/l) ou en pourcentage de saturation

(Ramade, 2003). Les mesures réalisées permettent de suivre régulièrement les variations des teneurs en oxygène dans le lac Bleu.

La lecture de nos résultats (Fig.11) nous permet de dire que les teneurs d'eau en oxygène dissous montrent une variation similaire dans l'ensemble des stations. Les teneurs en oxygène dissous de l'eau du lac Bleu montrent une valeur minimale égale à 00 mg/l en mai et une valeur maximale de 4,37 mg/l au début de la saison.

Les fluctuations des teneurs en oxygène dissous sont liée aux variations temporelles de la température, la baisse du teneur en oxygène relevée au mois de mai serait en relation avec l'augmentation de la TC° de l'air qui limite la solubilité de l'oxygène, cette influence de la température de l'air sur la dissolution d'oxygène a été rapportée par de nombreux auteurs qui signalent l'existence d'une corrélation entre la température et l'oxygène (Rabhi et al.,2014) mais selon (Gaujou, 1995) l'origine de l'oxygène dans les milieux naturels est lie à :

- L'activité photosynthétique des végétaux aquatiques.
- Dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique.

C'est à dire, la faible oxygénation enregistrée en mai serait en revanche, liée non seulement à la forte élévation de la température qui limite la solubilité de l'oxygène mais aussi à la respiration des organismes aquatique vivant (faune, flore immergée) et au calme hydrodynamique.

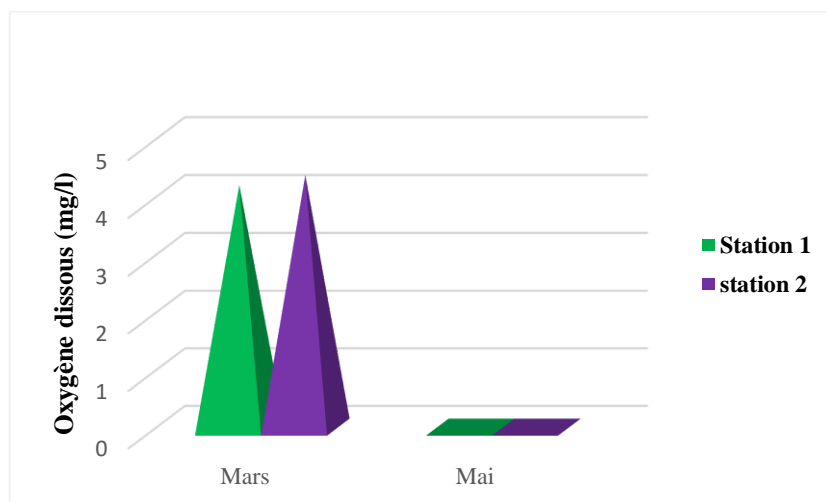


Figure 11 : Variations des teneurs en oxygène dissous dans l'eau du lac Bleu

1.5 La salinité

La salinité est définie à l'origine comme étant la quantité des sels dissous présents dans l'eau (**Bouchar, 2010**). L'eau est dure ou calcaire si elle est riche en sels de Calcium, ou en sels minéraux en général. Au contraire, elle est douce lorsqu'elle est pauvre en ces éléments (**Rejsek, 2002**).

Nous notons en effet, que la salinité enregistrée le long de la période d'étude ne présente pas des différences entre les différentes stations étudiées sachant que les teneurs notées toujours nulle pendant les deux mois le cas de la salinité des eaux douce.

2. Résultats d’analyse phytoplanctonique

2.1 Inventaire qualitative et taxonomique des espèces phytoplanctoniques

Après l’examen microscopique des échantillons d’eau prélevés, l’observation des caractères morphologiques (formes, taille, couleur...etc.) et anatomique (disposition des chloroplastes, flagelles...etc.) du phytoplancton récolté dans le lac Bleu nous a permis d’identifier 64 genres rattachés à cinq phylums taxonomiques.

D’après la classification proposée par Bourrelly les classes de notre lac sont : Cyanophycées, Chlorophycées, Chromophycées, Pyrrophyées, Euglénophycées, l’identification a été conduite jusqu’à l’espèce. Cependant, la rareté des certains échantillons et l’absence des bibliographies spécialisées n’ont pas permis la détermination spécifique de certaines espèces.

Pour que cette recherche soit utile, un inventaire systématique aussi rigoureux que possible devait être établi. Ainsi nous avons donc dû en premier temps, de mettre en évidence la distribution spatiale des espèces dans les stations étudiées (Tab.09), ensuite cerner le groupe taxinomique auquel il appartient, la description des formes, les dimensions du thalle et des structures cellulaires, avec leurs photos (Tab.10).

Tableau 09 : Inventaire qualitative et taxonomique des espèces phytoplanctoniques (+espèces présentes, - espèces absentes).

Genres	Espèces	Mars		Mai	
		ST 1	ST2	ST1	ST2
Groupes 02 : Cyanobactéries					
Anabaena	<i>Anabaena cylindrica</i>	-	+	+	+
	<i>Anabaena palanctonica</i>	-	-	+	-
Chroococcus	<i>Chroococcus limneticus</i>	+	-	-	-
	<i>Chroococcus minor</i>	+	-	+	+
	<i>Chroococcus turgidus</i>	+	-	-	-
Cyanodictyon	<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	+	-	-	+
Cyanothece	<i>Cyanothece aeruginosa</i>	+	-	-	-
Komvophoron	<i>Komvophoron constrictum</i>	-	+	-	-
Pseudoanabaena	<i>Pseudo-anabaena catenata</i>	-	+	-	+
Spirulina	<i>Spirulina subsalsa</i>	-	-	+	+
Groupe 02 : Euglénophycées					
Euglena	<i>Euglena geniculata</i>	-	+	-	-

Tableau 09 :(suite)

	<i>Euglena gracilis</i>	-	-	-	+
Lepocinclis	<i>Lepocinclis fusiformis</i>	+	-	+	-
Petalomonas	<i>Petalomonas phagnophila</i>	-	+	-	-
Trachelomonas	<i>Trachelomonas armata</i>	-	+	-	-
	<i>Trachelomonas verrucosa</i>	-	+	-	-
	<i>Trachelomonas volvocina</i>	-	+	-	-
	<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	-	+	-	-
Groupes 03 : Pyrrophyées					
Gymnodinium	<i>Gymnodinium paradoxum</i>	+	-	+	+
	<i>Gymnodinium uberrimum</i>	+	-	+	+
Pyrocystis	<i>Pyrocystis lunula</i>	+	-	-	-
Cryptomonas	<i>Cryptomonas erosa</i>	+	-	-	+
	<i>Cryptomonas marssonii</i>	+	-	+	+
	<i>Cryptomonas ovata</i>	+	+	+	+
	<i>Cryptomonas platyuris</i>	-	-	-	+
	<i>Cryptomonas reflexa</i>	-	+	-	+
Groupe 04 : Diatomophycées					
Achnanthes	<i>Achnanthes conspicua</i>	-	+	-	-
	<i>Achnanthes minutissima</i>	-	+	-	-
Amphipleura	<i>Amphipleura pellucida</i>	-	+	-	-
Cocconeis	<i>Cocconeis dirupta</i>	-	+	-	-
	<i>Cocconeis euglyptoides</i>	-	+	-	+
Craticula	<i>Craticula halophila</i>	-	+	-	-
Cymbella	<i>Cymbella cuspidata</i>	+	+	-	-
	<i>Cymbella ehrenbergii</i>	-	+	-	-
	<i>Cymbella lanceolata</i>	+	-	+	-
Diatoma	<i>Diatoma hyemalis</i>	-	+	-	-
	<i>Diatoma vulgare</i>	-	+	-	+
Eunotia	<i>Eunotia bilunaris</i>	-	+	-	+
	<i>Eunotia pectinalis</i>	-	+	-	+
Fragilaria	<i>Fragilaria capucina</i>	-	+	-	-
	<i>Fragilaria crotonensis</i>	-	+	-	-
Gomphonema	<i>Gomphonema gracile</i>	-	+	+	+
	<i>Gomphonema lanceolatum</i>	-	-	+	-
	<i>Gomphonema olivaceum</i>	-	-	-	+
Guinardia	<i>Guinardia striata</i>	-	+	-	-
Hantzschia	<i>Hantzschia amphioxys</i>	-	+	-	-

Tableau 09 :(suite)

	<i>Hantzschia spectabilis</i>	-	+	-	-
Mallomonas	<i>Mallomonas caudata</i>	-	-	+	-
	<i>Mallomonas papillosa</i>	+	-	+	+
Navicula	<i>Navicula distans</i>	-	+	-	+
	<i>Navicula transitans</i>	-	+	-	+
Neidium	<i>Neidium ampliatum</i>	-	+	+	+
Nitzschia	<i>Nitzschia acicularis</i>	-	-	+	+
	<i>Nitzschia archibaldii</i>	-	+	-	-
	<i>Nitzschia bizertensis</i>	-	-	-	+
	<i>Nitzschia dissipata</i>	-	-	-	+
	<i>Nitzschia filiformis</i>	-	-	-	+
	<i>Nitzschia perminuta</i>	-	+	-	-
Pinnularia	<i>Pinnularia divergens</i>	-	+	-	-
	<i>Pinnularia viridis</i>	-	+	-	-
Stauroneis	<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	-	+	+	+
Striatella	<i>Striatella unipunctata</i>	-	+	-	-
Synedra	<i>Synedra acus</i>	+	-	+	-
	<i>Synedra ulna</i>	-	+	+	+
	<i>Synedra ulna var. amphirhynchus</i>	+	-	-	+
Synura	<i>Synura uvella</i>	-	-	-	+
Tribonema	<i>Tribonema viride</i>	-	-	+	+
Tryblionella	<i>Tryblionella hungarica</i>	-	-	-	+
Groupe 05 : Chlorophycées					
Acanthosphaera	<i>Acanthosphaera zachariasii</i>	-	+	-	-
Actinastrum	<i>Actinastrum hantzschii</i>	+	-	-	-
Ankistrodesmus	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	+	-	-	-
	<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	+	+	+	+
	<i>Ankistrodesmus spiralis</i>	+	+	+	+
Botryococcus	<i>Botryococcus braunii</i>	+	-	+	+
Closterium	<i>Closterium acerosum</i>	-	+	-	-
	<i>Closterium acutum</i>	+	-	+	+
	<i>Closterium gracile</i>	+	-	-	-
	<i>Closterium kuetzingii</i>	-	+	+	-
	<i>Closterium limneticum</i>	+	-	-	-
	<i>Closterium rostratum</i>	-	+	-	-
	<i>Closterium setaceum</i>	+	-	-	-
Cosmarium	<i>Cosmarium abbreviatum</i>	-	-	+	-

Tableau 09 :(suite)

	<i>Cosmarium bioculatum</i>	-	+	+	-
	<i>Cosmarium boitierense</i>	-	+	+	+
	<i>Cosmarium contractum</i>	+	+	+	+
	<i>Cosmarium formosulum</i>	+	-	-	-
	<i>Cosmarium fuelleborniforme</i>	-	-	+	-
	<i>Cosmarium leave</i>	-	-	+	-
	<i>Cosmarium medioretusum</i>	-	-	+	+
	<i>Cosmarium phaseolus</i>	-	+	+	-
	<i>Cosmarium pseudoretusum</i>	-	-	+	-
	<i>Cosmarium punctulatum</i>	-	-	-	+
	<i>Cosmarium regnellii</i>	+	-	+	-
	<i>Cosmarium subtumidum</i>	-	-	+	-
Dichotomococcus	<i>Dichotomococcus curvatus</i>	-	-	+	-
Dictyosphaerium	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	+	-	+	-
Eremosphaera	<i>Eremosphaera viridis</i>	-	-	+	-
Eudorina	<i>Eudorina elegans</i>	+	-	+	+
Golenkinia	<i>Golenkinia radiate</i>				
	<i>Golenkinia paucispina</i>	+	-	+	-
Kirchneriella	<i>Kirchneriella contorta</i>	-	-	+	+
	<i>Kirchneriella lunaris</i>	+	-	+	+
	<i>Kirchneriella obese</i>	+	-	-	-
Monoraphidium	<i>Monoraphidium arcuatum</i>	-	+	+	-
	<i>Monoraphidium contortum</i>	-	-	-	+
	<i>Monoraphidium tortile</i>	+	+	-	+
Oocystis	<i>Oocystis borgei</i>	+	-	+	+
Palmodictyon	<i>Palmodictyon varium</i>	+	-	-	-
Pediastrum	<i>Pediastrum tetra</i>	-	-	+	+
Planktosphaeria	<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	+	-	+	-
Quadrigula	<i>Quadrigula chodatii</i>	+	-	+	+
Mougeotia	<i>Mougeotia quadrangulata</i>	+	-	+	-
	<i>Mougeotia nummuloides</i>	+	-	+	+
	<i>Mougeotia scalaris</i>	-	-	+	-
	<i>Mougeotia boodlei</i>	+	-	-	+
Scenedesmus	<i>Scenedesmus acunae</i>	-	+	-	-
	<i>Scenedesmus acutiformis</i>	+	-	-	+
	<i>Scenedesmus acutus</i>	-	-	+	-
	<i>Scenedesmus armatus</i>	-	+	+	+

Tableau 09 :(suite)

	<i>Scenedesmus bijugatus</i>	+	-	+	+
	<i>Scenedesmus ecornis</i>	-	+	+	+
	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	+	-	+	-
	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	-	-	-	+
Sphaerososma	<i>Sphaerososma excavatum</i>	+	-	+	-
	<i>Sphaerososma granulata</i>	-	-	-	+
Spondylosium	<i>Spondylosium pulchrum</i>	+	-	-	-
Staurastrum	<i>Staurastrum alternans</i>	+	-	+	-
	<i>Staurastrum arcison</i>	-	-	+	-
	<i>Staurastrum borgeanum</i>	+	-	-	-
	<i>Staurastrum chaetoceros</i>	-	-	-	+
	<i>Staurastrum dejecteum</i>	-	+	-	-
	<i>Staurastrum dickiei</i>	+	-	-	+
	<i>Staurastrum furcatum</i>	-	+	-	-
	<i>Staurastrum furcigerum</i>	-	+	-	-
	<i>Staurastrum gladiosum</i>	-	+	-	+
	<i>Staurastrum gracile</i>	-	+	+	-
Stauroidesmus	<i>Stauroidesmus convergens</i>	+	-	-	-
	<i>Stauroidesmus cuspidatus</i>	+	-	-	+
	<i>Stauroidesmus dejectus</i>	+	-	+	-
	<i>Stauroidesmus extensus</i>	+	-	+	+
	<i>Stauroidesmus extensus var. joshua</i>	+	-	-	-
	<i>Stauroidesmus glaber</i>	+	-	-	-
	<i>Stauroidesmus megacanthus</i>	+	-	-	-
	<i>Stauroidesmus mucronatus</i>	+	-	-	-
	<i>Stauroidesmus triangularis</i>	+	-	+	-
Teilingia	<i>Teilingia granulata</i>	-	+	+	-
Tetrastrum	<i>Tetrastrum triangulare</i>	+	+	+	+
Volvox	<i>Volvox minor</i>	+	+	-	-
Zygnema	<i>Zygnema pectinatum</i>	-	-	+	-

Les prélèvements réalisés pendant la période printanière au lac Bleu ont permis de décrire une variété des taxons des phytoplanctons dans les deux stations étudiées

Le tableau suite montre l'Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriées dans les eaux du lac Bleu :

Tableau 10 : Aspect microscopique et identification des taxons phytoplanctoniques répertoriées dans les eaux du lac Bleu.



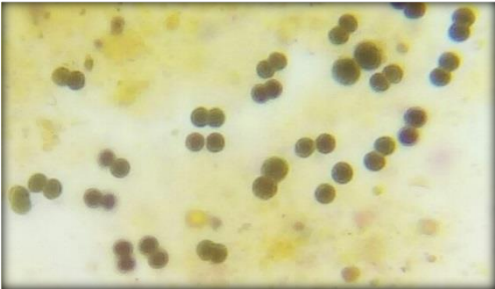
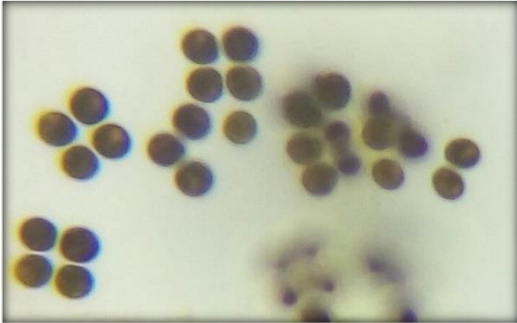
Taxonomie / caractéristique	Aspect microscopique
Phylum : Cyanobactéries	
<p>Order : Nostocales Famille : Nostocaceae Genre : Anabaena Cellules triangulaires (structure filamenteuse) avec un hétérocyste rond de 6µm de diamètre.</p>	
	<i>Anabaena cylindrica</i>
	
<i>Anabaena palanctonica</i>	
<p>Order : Chroococcales Famille : Chroococcaceae Genre : Chroococcus Colonie de 2-4 cellules, recouverte d'une gaine gélatineuse en couches ; corps cellulaire de 8 à 32 µm de diamètre (sans la gaine), de 13 à 40 µm de diamètre.</p>	
	<i>Chroococcus limneticus</i>
	
<i>Chroococcus minor</i>	

Tableau 10 :(suite)

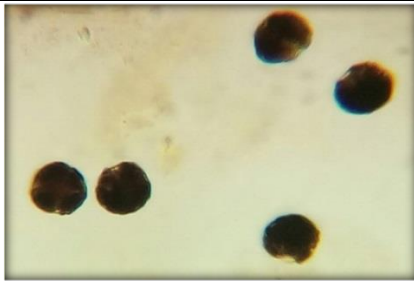



	 <p data-bbox="946 573 1217 607"><i>Chroococcus turgidus</i></p>
<p data-bbox="204 674 539 707">Order : Synechococcales</p> <p data-bbox="204 730 571 763">Famille: Synechococcaceae</p> <p data-bbox="204 786 499 819">Genre : Cyanodictyon</p> <p data-bbox="204 842 751 976">Pseudo filaments avec une chaîne bout à bout de cellules séparées les unes des autres.</p>	 <p data-bbox="898 987 1265 1021"><i>Cyanodictyon planctonicum</i></p>
<p data-bbox="204 1111 504 1144">Order : Oscillatoriales</p> <p data-bbox="204 1167 544 1200">Famille : Cyanothecaceae</p> <p data-bbox="204 1223 472 1256">Genre : Cyanothece</p> <p data-bbox="204 1279 751 1368">Cellules sphériques ou oblongues de 5 à 7 µm de diamètre.</p>	 <p data-bbox="930 1346 1233 1379"><i>Cyanothece aeruginosa</i></p>
<p data-bbox="204 1424 504 1458">Order : Oscillatoriales</p> <p data-bbox="204 1480 552 1514">Famille : Gomontiellaceae</p> <p data-bbox="204 1536 504 1570">Genre : Komvophoron</p> <p data-bbox="204 1592 751 1839">Cellules cylindriques, atténuées au bout des filaments, mesurant et 2 à 3 µm de longueur, reliées entre elles par des liaisons ressemblant à des ponts gélatineux.</p>	 <p data-bbox="903 1850 1262 1883"><i>Komvophoron constrictum</i></p>

Tableau 10 :(suite)



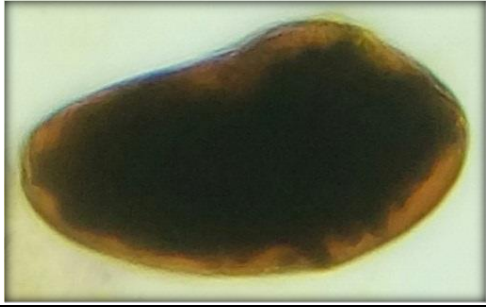
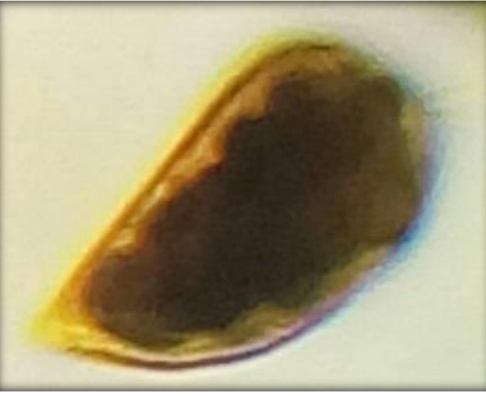
<p>Order : Synechococcales Famille : Pseudanabaenaceae Genre : Pseudanabaena Cellules cylindriques, reliées entre elles par des liaisons ressemblant à des ponts gélatineux.</p>	
<p>Order : Spirulinales Famille : Spirulinaceae Genre : spirulina Trichomes flexueux enroulés en spirales régulières de 2 à 4µm de diamètre. L'ouverture des spires est de 3µm.</p>	
<p>Phylum : Pyrrophytes</p>	
<p>Order : Cryptomonadales Famille : Cryptomonadaceae Genre : Cryptomonas Corps elliptique avec une pellicule ferme; face dorsale convexe, face ventrale légèrement plate; " cytopharynx " avec des granules; deux chromatophores latéraux (chloroplastes) ont une couleur variant du vert au bleu-vert, au brun ou rarement au rouge; 1-3 vacuoles contractiles antérieures.</p>	
<p><i>Cryptomonas erosa</i></p>	
<p><i>Cryptomonas marssonii</i></p>	

Tableau 10 :(suite)

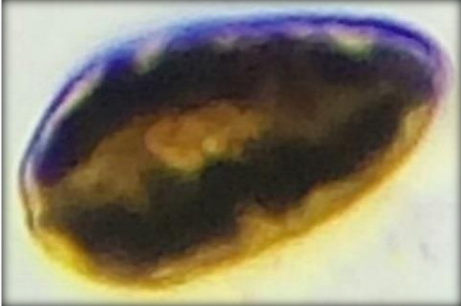


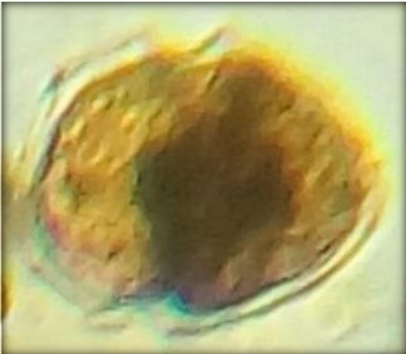
	
	<p><i>Cryptomonas ovata</i></p>
	
	<p><i>Cryptomonas platyuris</i></p>
	
	<p><i>Cryptomonas reflexa</i></p>
<p>Order : Gymnodiniales Famille : Gymnodiniaceae Genre : Gymnodinium</p>	
	<p><i>Gymnodinium paradoxum</i></p>

Tableau 10 :(suite)

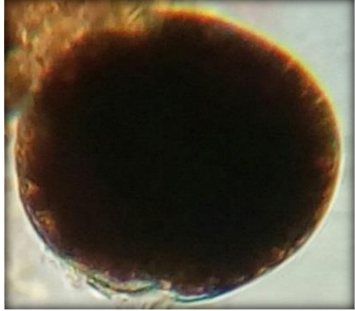



<p>Order : Gymnodiniales Famille : Gymnodiniaceae Genre : Gymnodinium Corps cellulaire de 36 à 40 µm de longueur avec une Cingulum (rainure horizontale) situé au centre du corps.</p>	
<p>Order : Pyrocystales Famille : Pyrocystaceae Genre : Pyrocystis Cellules non blindées en forme de croissant de lune. Chloroplastes présents. Peut-être bioluminescent.</p>	
<p>Phylum : Euglinophytes</p>	
<p>Order : Euglenales Famille : Euglenaceae Genre : Euglena Corps de 5-55 µm de long, 6-25 µm de large; cylindrique à ovale, très plastique; chloroplastes fusiformes en nombre variable.</p>	
	<p><i>Euglena geniculata</i></p>
	
<p><i>Euglena gracilis</i></p>	

Tableau 10 :(suite)




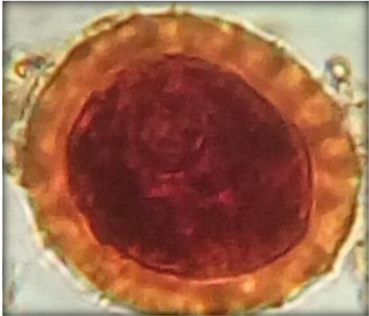
<p>Order : Euglenales Famille : Phacaceae Genre : Lepocinclis Corps cellulaire, comprimé, antérieur conique à extrémité émoussée, postérieur légèrement pointu.</p>	
<p>Order : Petalomonadida Famille : Scytomonadidae Genre : Petalomonas Cellule de 32µm de longueur et 18µm de largeur.</p>	
<p>Order : Euglenales Famille : Euglenaceae Genre : Trachelomonas Corps cellulaire (sphérique) de 30 à 60 µm de long, certaines espèces possèdent des épines autour du bord et d'autre lisse.</p>	
	

Tableau 10 :(suite)


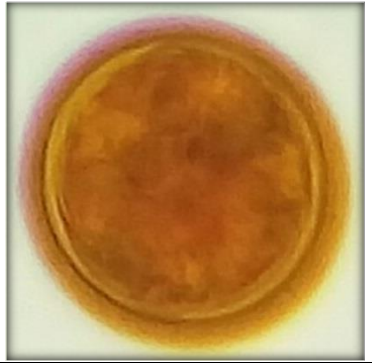
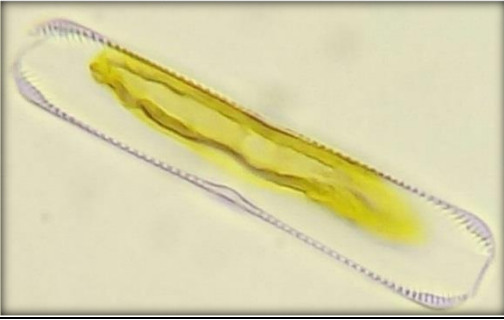

	
	<p><i>Trachelomonas volvocina</i></p>
	
	<p><i>Trachelomonas volvocinopsis</i></p>
<p>Phylum : Chromophytes</p>	
<p>Order : Mastogloiales Famille : Achnantheaceae Genre : Achnanthes</p>	
<p>Order : Naviculales Famille : Amphipleuraceae Genre : Amphipleura Un genre de diatomées comprenant une espèce qui se distingue par une frustule finement striée et ponctuée.</p>	
	<p><i>Amphipleura pellucida</i></p>

Tableau 10 :(suite)





<p>Order : Cocconeidales Famille : Cocconeidaceae Genre : Cocconeis Cellule solitaire et épiphyte, de 26µm de longueur et 16µm de largeur. La valve est à contour elliptique régulier, axe apicale visible et les pôles sont largement arrondis.</p>	
	<p><i>Cocconeis dirupta</i></p>
	
	<p><i>Cocconeis euglyptoides</i></p>
<p>Order : Naviculales Famille : Stauroneidaceae Genre : Craticula Corps cellulaire de 100 µm de long, 27 µm de large, Vannes linéaires progressivement atténuées vers les extrémités arrondies.</p>	
	<p><i>Craticula halophila</i></p>
<p>Order : Cymbellales Famille : Cymbellaceae Genre : Cymbella Corps cellulaire de 10-220 µm de long, 18-32 µm de large.</p>	
	<p><i>Cymbella cuspidata</i></p>

Tableau 10 :(suite)


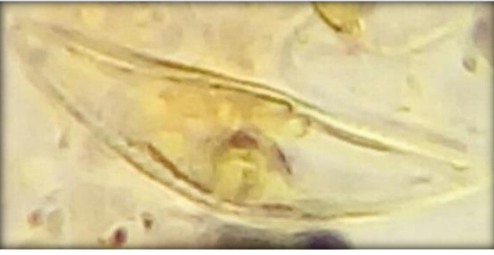


	
	<p><i>Cymbella ehrenbergii</i></p>
	
	<p><i>Cymbella lanceolata</i></p>
<p>Order : Tabellariales Famille : Tabellariaceae Genre : Diatoma Cellule allongée, de 10 à 30 µm de largeur et de 30a 50 µm de longueur, avec un contenu plastidial.</p>	
	<p><i>Diatoma hyemalis</i></p>
	
	<p><i>Diatoma vulgare</i></p>

Tableau 10 :(suite)


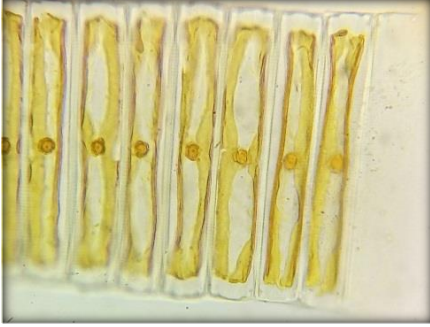
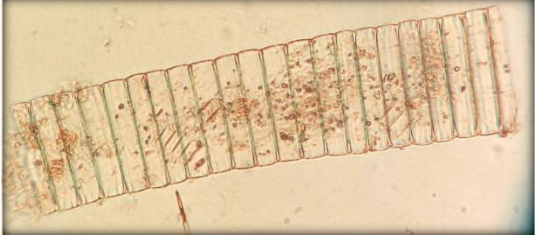

<p>Order : Eunotiales Famille : Eunotiaceae Genre : Eunotia Cellule fusiforme, certains réunie en série, étant en contact dans toutes les parties des cellules avec un contenu plastidial.</p>	
	<p><i>Eunotia bilunaris</i></p>
	
<p>Order : Fragilariales Famille : Fragilariaceae Genre : Fragilaria Cellule fusiforme, de 65µm de longueur et 8µm de largeur, réunie en série, 'étant en contact dans toutes les parties des cellules, nombre de stries est de 5 stries/10µm</p>	
	<p><i>Fragilaria capucina</i></p>
	
	<p><i>Fragilaria crotonensis</i></p>

Tableau 10 :(suite)


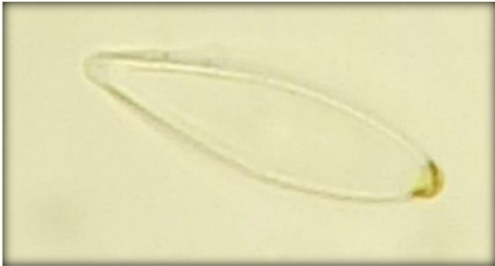


<p>Order : Cymbellales Famille : Gomphonemataceae Genre : Gomphonema Cellule allongée, enflée au centre, de 10µm de largeur et de 50 µm de longueur, à 8 stries/10µm.</p>	
	<p><i>Gomphonema gracile</i></p>
	
	<p><i>Gomphonema lanceolatum</i></p>
	
	<p><i>Gomphonema olivaceum</i></p>
<p>Order : Rhizosoleniales Famille : Rhizosoleniaceae Genre : Guinardia</p>	
	<p><i>Guinardia striata</i></p>

Tableau 10 :(suite)




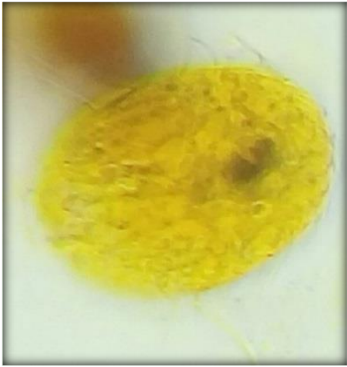
<p>Order : Bacillariales Famille : Bacillariaceae Genre : Hantzschia Cellule allongée de 10µm de largeur et de 84µm de longueur à 7 stries/10µm. Avec des plastes au centre ou sur les côtés.</p>	
	<p><i>Hantzschia amphioxys</i></p>
	
	<p><i>Hantzschia spectabilis</i></p>
<p>Order : Synurales Famille : Mallomonadaceae Genre : Mallomonas Corps allongé; avec des écailles siliceuses et souvent des épines ; deux chloroplastes en forme de bâtonnet.</p>	
	<p><i>Mallomonas caudata</i></p>
	
	<p><i>Mallomonas papillosa</i></p>

Tableau 10 :(suite)





<p>Order : Naviculales Famille : Naviculaceae Genre : Navicula Valve lancéolée, la cellule mesure 65µm de longueur et 17µm de large, nombre de stries est de 6 stries/10µm.</p>	
	<p><i>Navicula distans</i></p>
	
	<p><i>Navicula transitans</i></p>
<p>Order : Naviculales Famille : Neidiaceae Genre : Neidium Corps cellulaire de 97 µm de long, 26 µm de larg.</p>	
	<p><i>Neidium ampliatus</i></p>
<p>Order : Bacillariales Famille : Bacillariaceae Genre : Nitzschia</p>	
	<p><i>Nitzschia acicularis</i></p>

Tableau 10 :(suite)

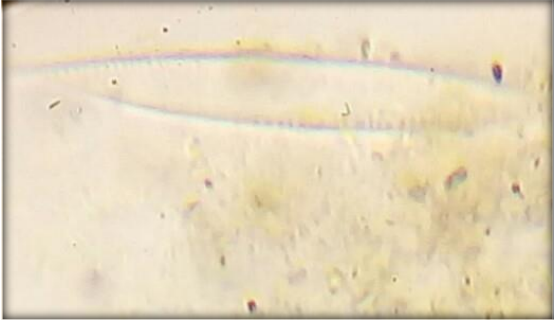



	
	<p><i>Nitzschia archibaldii</i></p>
	
	<p><i>Nitzschia bizertensis</i></p>
	
	<p><i>Nitzschia dissipata</i></p>
	
	<p><i>Nitzschia filiformis</i></p>

Tableau 10 :(suite)





	
<p>Order : Naviculales Famille : Pinnulariaceae Genre : Pinnularia Cellule allongée, de 30 à 50µm de largeur et de 60 à 100 µm de longueur, avec un contenu plastidial.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Nitzschia derminuta</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Pinnularia divergens</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Pinnularia viridis</i></p>
<p>Order : Naviculales Famille : Stauroneidaceae Genre : Stauroneis Il s'agit de type (lectotype) du genre Stauroneis. C'est une espèce d'eau douce.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Stauroneis phoenicenteron</i></p>

Tableau 10 :(suite)



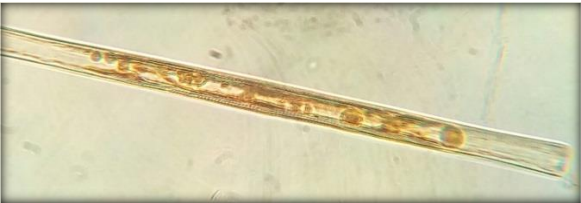
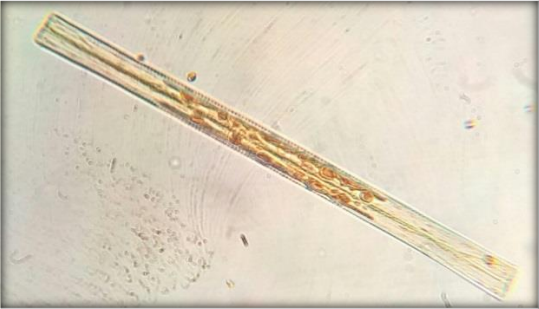
<p>Order : Striatellales Famille : Striatellaceae Genre : Striatella</p> <p>Cellule allongée, de 10 à 30 µm de largeur et de 30 à 50 µm de longueur, avec une contenu plastidial sous forme d'un fleure.</p>	
	<p><i>Striatella unipunctata</i></p>
<p>Order : Fragilariales Famille : Fragilariaceae Genre : Synedra</p>	
	<p><i>Synedra acus</i></p>
	
	<p><i>Synedra ulna</i></p>
	
	<p><i>Synedra ulna var. amphirhynchus</i></p>

Tableau 10 :(suite)

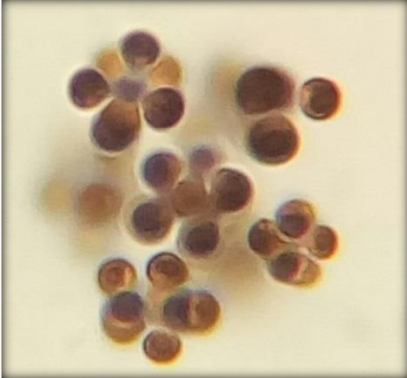



<p>Order : Synurales Famille : Synuraceae Genre : Synura</p> <p>Colonie sphérique ou ellipsoïdale composée de 2 à 50 cellules ovoïdes disposées radialement; recouvert de soies courtes; deux chloroplastes latéraux.</p>	
<p>Order : Tribonematales Famille : Tribonemataceae Genre : Tribonema</p> <p>Filament sans ramification; corps cellulaire cylindrique, constituée de deux parties avec une structure en "H», chloroplastes nombreux.</p>	
<p>Order : Bacillariales Famille : Bacillariaceae Genre : Tryblionella</p>	
<p>Phylum : Chlorophytes</p>	
<p>Order : Chlorellales Famille : Chlorellaceae Genre : Acanthosphaera</p> <p>Corps cellulaire sphérique, entouré de nombreuses saillies épineuses allongées, 1/3 de leur base épaissie, restant pileux; un seul chloroplaste en forme de coupe, avec une pyrénioïde.</p>	
<p><i>Acanthosphaera zachariasii</i></p>	

Tableau 10 :(suite)

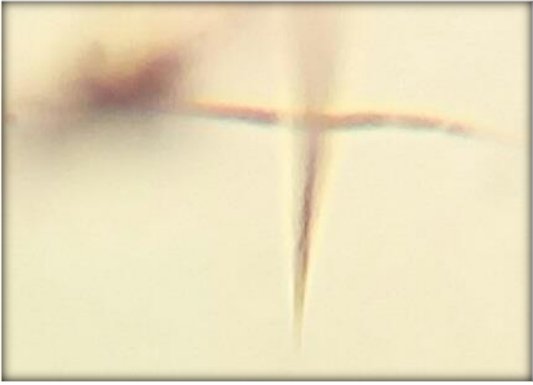



<p>Order : Chlorellales Famille : Chlorellaceae Genre : Actinastrum Colonies, en 3 dimensions; corps de la cellule cylindrique ou long en forme de broche, arrangé radialement en se fixant à une extrémité l'une de l'autre.</p>	
<p><i>Actinastrum hantzschii</i></p>	<p>Order : Sphaeropleales Famille : Selenastraceae Genre : Ankistrodesmus Corps cellulaire en forme d'aiguille, effilé aux extrémités effilées, tordu en spirale ou incurvé, long de 35 à 48 µm, large de 1 à 2 µm; les cellules filles se sont croisées les unes autour des autres dans la partie tordue moyenne des cellules; un seul chloroplaste pariétal, en forme de plaque, remplissant généralement la cellule, sans pyrénioïde.</p>
	<p><i>Ankistrodesmus falcatus</i></p>
	<p><i>Ankistrodesmus fusiformis</i></p>
	<p><i>Ankistrodesmus spiralis</i></p>

Tableau 10 :(suite)

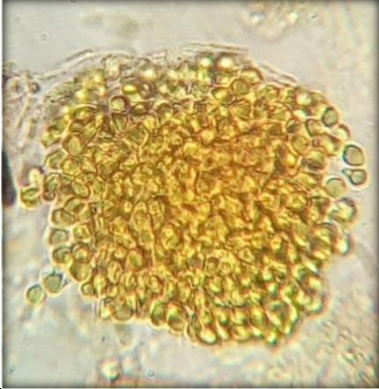



<p>Order : Trebouxiales Famille : Botryococcaceae Genre : Botryococcus</p> <p>Les cellules s'agrègent de forme irrégulière; reliées par des filaments minces; corps ovoïde, 6-10 µm de long, 3-6 µm de large.</p>	
<p>Order : Desmidiiales Famille: Closteriaceae Genre : Closterium</p> <p>Corps cellulaire rapidement atténué vers les deux extrémités, chaque partie étendue plus longue que la partie centrale en forme de fuseau ; paroi cellulaire transparente ou légèrement jaunâtre, finement striée.</p>	<p><i>Botryococcus braunii</i></p>
	
	<p><i>Closterium acerosum</i></p>
	
	<p><i>Closterium acutum</i></p>
	
	<p><i>Closterium gracile</i></p>

Tableau 10 :(suite)


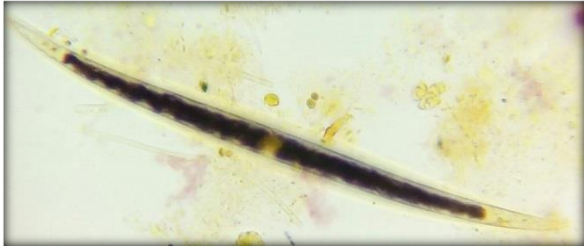
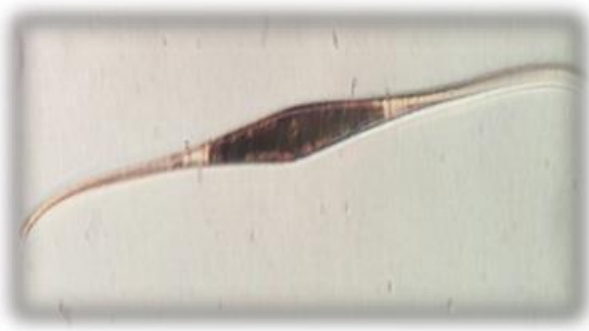

	
	<p><i>Closterium kuetzingii</i></p>
	
	<p><i>Closterium limneticum</i></p>
	
	<p><i>Closterium rostratum</i></p>
	
	<p><i>Closterium setaceum</i></p>

Tableau 10 :(suite)



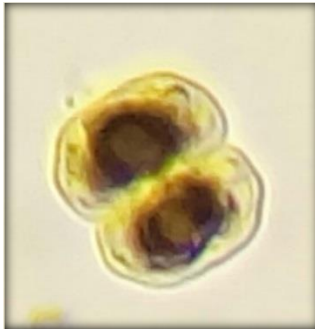

<p>Order : Desmidiales Famille : Desmidiaceae Genre : Cosmarium Corps cellulaire de forme variable; une constriction au centre du corps cellulaire; généralement plus long que large; aplati; chaque demi-cellule hémisphérique, sphérique, ellipsoïdale, rectangulaire, pyramidale ou en forme de rein; pas d'indentation apicale</p>	
	<p><i>Cosmarium abbreviatum</i></p>
	
	<p><i>Cosmarium bioculatum</i></p>
	
<p><i>Cosmarium boitierense</i></p>	
	
<p><i>Cosmarium contractum</i></p>	

Tableau 10 :(suite)





	
	<p><i>Cosmarium formosulum</i></p>
	
	<p><i>Cosmarium fuelleborniforme</i></p>
	
	<p><i>Cosmarium leave</i></p>
	
	<p><i>Cosmarium medioretusum</i></p>

Tableau 10 :(suite)


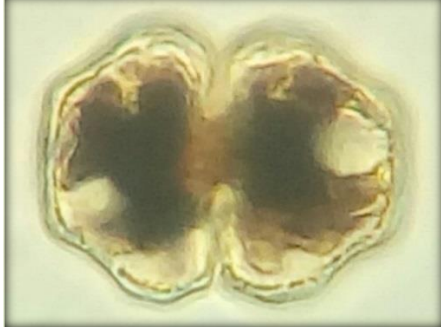


	
	<p><i>Cosmarium Phaseolus</i></p>
	
	<p><i>Cosmarium pseudoretusum</i></p>
	
	<p><i>Cosmarium punctulatum</i></p>
	
	<p><i>Cosmarium regnellii</i></p>

Tableau 10 :(suite)




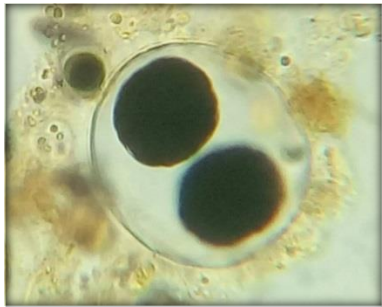
	
	<p><i>Cosmarium subtumidum</i></p>
<p>Order : Trebouxiales Famille : Botryococcaceae Genre : Dichotomococcus Colonies de 4 à 64 cellules sont reliées par un fragment pour former un cluster constant sphérique à amorphe, les cellules sont ovales à fusiformes, les chloroplastes sont simples, chorioniques, à bagués.</p>	
	<p><i>Dichotomococcus curvatus</i></p>
<p>Order : Chlorellales Famille : Chlorellaceae Genre : Dictyosphaerium Corps cellulairesphérique cellules filles attachées à un filament rayonnant de manière dichotomique à partir du centre de la colonie.</p>	
	<p><i>Dictyosphaerium pulchellum</i></p>
<p>Order : Chlorellales Famille : Oocystaceae Genre : Eremosphaera Colonies d'une ou souvent 2 cellules de 3- 4µm de largeur et 3-3,5 µm long, entourées d'une gaine plus ou moins visible.</p>	
	<p><i>Eremosphaera viridis</i></p>

Tableau 10 :(suite)

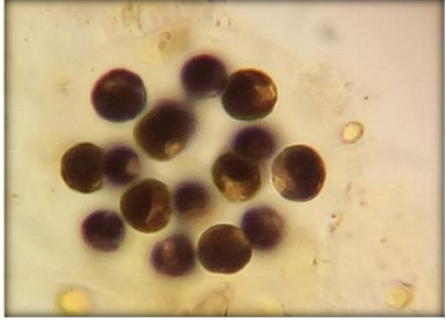

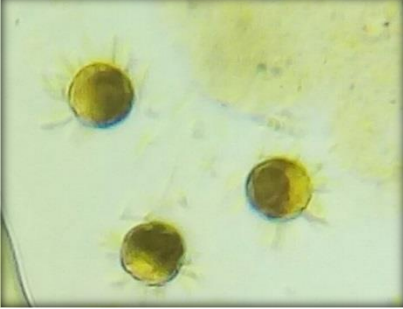
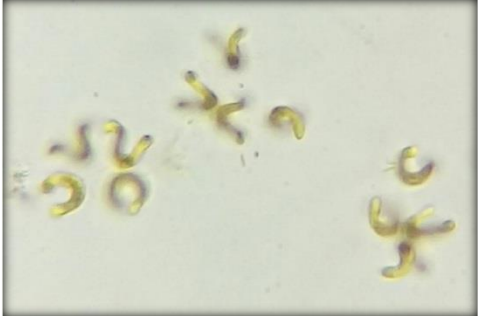
<p>Order : Chlamydomonadales Famille : Volvocaceae Genre : Eudorina Colonie de forme ellipsoïdale, constituée de 32 ou 16 cellules; cellules végétatives sphériques, atteignant 18-20 µm de diamètre.</p>	
<p>Order : Sphaeropleales Famille : Neochloridaceae Genre : Golenkinia Corps cellulaire sphérique avec de nombreuses projections épineuses allongées; un seul chloroplaste en forme de coupe avec une seule pyrénioïde.</p>	<p><i>Eudorina elegans</i></p>
	
	
	<p><i>Golenkinia paucispina</i></p>
	
	<p><i>Kirchneriella contorta</i></p>

Tableau 10 :(suite)

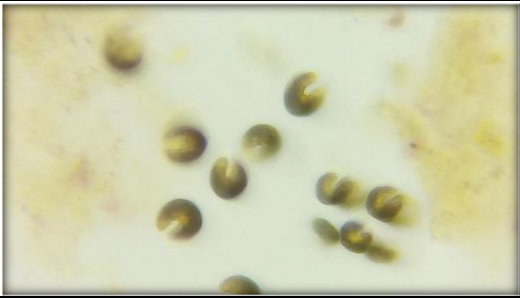



<p>Order : Sphaeropleales Famille : Selenastraceae Genre : Kirchneriella Colonies de 4, 8, 16 ou 32 cellules dans une gaine gélatineuse ; corps cellulaire long cylindroïde, fortement incurvé ou tordu, les deux extrémités arrondies ; un chloroplaste plein dans la cellule.</p>	
	<p><i>Kirchneriella lunaris</i></p>
	
	<p><i>kirchneriella obese</i></p>
<p>Order : Sphaeropleales Famille : Selenastraceae Genre : Monoraphidium Corps cellulaire en forme de fuseau allongé, droit ou incurvé, nettement pointu aux deux extrémités.</p>	
	<p><i>Monoraphidium arcuatum</i></p>
	
	<p><i>Monoraphidium contortum</i></p>

Tableau 10 :(suite)


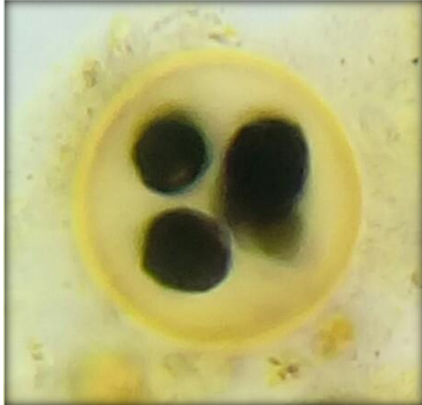


	
<p>Order : Chlorellales Famille : Oocystaceae Genre : Oocystis Colonie de 2 à 8 cellules entourées par la paroi cellulaire de leur cellule mère, aux deux extrémités légèrement pointues et à la paroi cellulaire épaisse; 1-3 chloroplastes en forme de plaque pariétale, avec une seule pyrénoloïde.</p>	
<p>Order : Sphaeropleales Famille : Radiococcaceae Genre : Palmodictyon Corps cellulaire presque sphérique, dans une gaine gélatineuse définie.</p>	<p style="text-align: center;"><i>Monoraphidium tortile</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>Oocystis borgei</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Palmodictyon varium</i></p>
<p>Order : Sphaeropleales Famille: Hydrodictyaceae Genre : Pediastrum Colonies d'un nombre de cellules, de forme circulaire, avec des projections en forme de corne; paroi granulée, ridée ou entaillée; chloroplastes en forme de plaque ou réticulaires.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>Pediastrum tetra</i></p>

Tableau 10 :(suite)

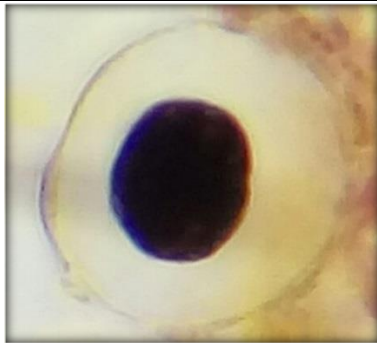

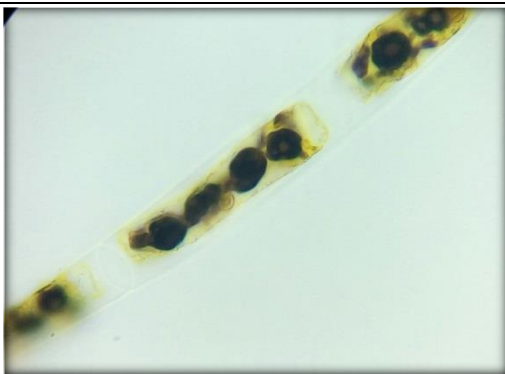
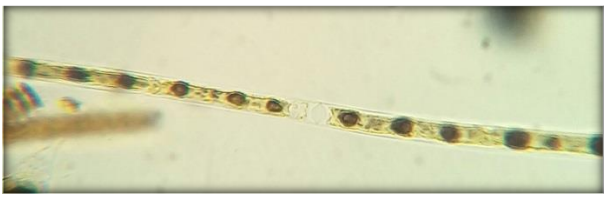
<p>Order : Sphaeropleales Famille : Schizochlamydeaceae Genre : Planktosphaeria Corps cellulaire entourées par une paroi.</p>	
<p>Order : Sphaeropleales Famille : Selenastraceae Genre : Quadrigula Colonie de 4 ou 16 cellules disposées presque parallèlement, dans une gaine gélatineuse, planctonique.</p>	
<p>Order : Zygnematales Famille : Zygnemataceae Genre : Mougeotia Algues filamenteuses sans ramifications; un seul chloroplaste dans chaque cellule.</p>	
	

Tableau 10 :(suite)





	
<p>Order : Sphaeropleales Famille : Scenedesmaceae Genre : Scenedesmus Colonies de (2, 8, 16) cellules attachées côte à côte, disposées linéairement ou en zigzag; corps cellulaire elliptique ou fuseau ou en forme de croissant; cellules terminales avec des projections épineuses chez de nombreuses espèces; paroi cellulaire généralement lisse, mais chez certaines espèces, granulée, bosselée ou striée.</p>	<p><i>Mougeotia nummuloides</i></p>
	
	<p><i>Mougeotia scalaris</i></p>
	
<p><i>Scenedesmus acunae</i></p>	
	
<p><i>Scenedesmus acutiformis</i></p>	

Tableau 10 :(suite)


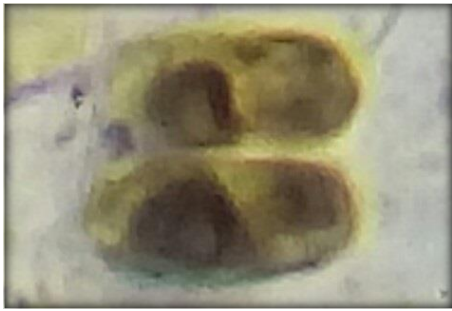


	
	<p><i>Scenedesmus acutiformis</i></p>
	
	<p><i>Scenedesmus armatus</i></p>
	
	<p><i>Scenedesmus bijugatus</i></p>
	
	<p><i>Scenedesmus ecornis</i></p>

Tableau 10 :(suite)





	
	<p><i>Scenedesmus ellipticus</i></p>
	
	<p><i>Scenedesmus quadricauda</i></p>
<p>Order : Desmidiales Famille : Desmidiaceae Genre : Sphaerososma Corps cellulaire plat, resserré au centre; cellules connectées les unes aux autres par les projections.</p>	
	<p><i>Sphaerososma excavatum</i></p>
	
	<p><i>Sphaerososma granulata</i></p>

Tableau 10 :(suite)



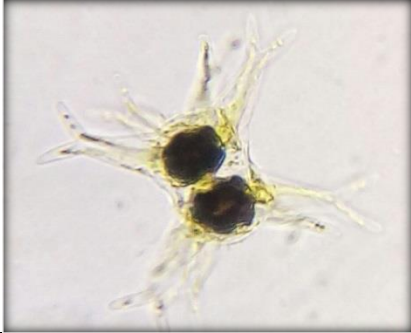

<p>Order : Desmidiales Famille : Desmidiaceae Genre : Spondylosium Corps cellulaire plat, cellules connectées les unes aux autres au niveau de leur région centrale du filament formant l'apex.</p>		
<p>Order : Desmidiales Famille : Desmidiaceae Genre : Staurastrum Corps de cellules courtes, rayonnent en forme; vue apicale de la cellule, triangulaire, polygonale, ellipsoïdale ou en forme de fuseau; zygospores formées à l'extérieur des cellules mères</p>	<p><i>Spondylosium pulchrum</i></p>	
		<p><i>Staurastrum alternans</i></p>
		<p><i>Staurastrum arctison</i></p>
		<p><i>Staurastrum borgeanum</i></p>

Tableau 10 :(suite)





	
	<p><i>Staurastrum chaetoceros</i></p>
	
	<p><i>Staurastrum dejectum</i></p>
	
	<p><i>Staurastrum dickiei</i></p>
	
	<p><i>Staurastrum furcatu</i></p>

Tableau 10 :(suite)



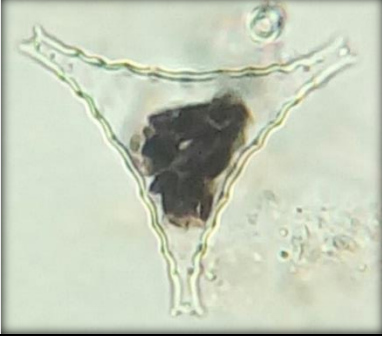

	
	<p><i>Staurastrum furcigerum</i></p>
	
	<p><i>Staurastrum gladiusum</i></p>
	
	<p><i>Staurastrum gracile</i></p>
<p>Order : Desmiales Famille : Desmidiaceae Genre : Staurodesmus</p>	
	<p><i>Staurodesmus convergens</i></p>

Tableau 10 :(suite)

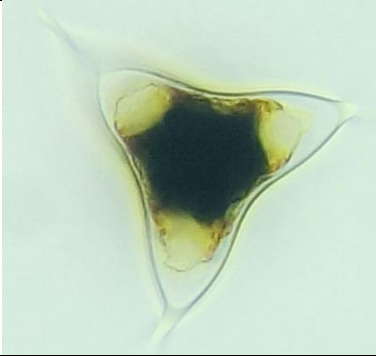

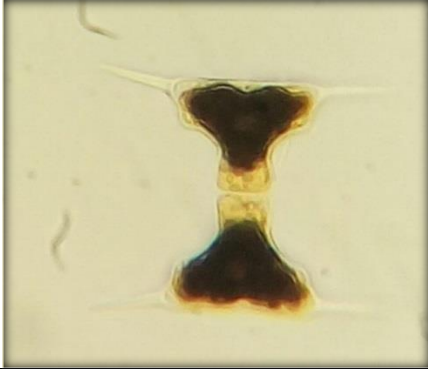

<p>Order : Desmidiales Famille : Desmidiaceae Genre : Staurodesmus</p> <p>Corps cellulaire petit, forte constriction en son centre; demi-cellules inversées de forme triangulaire, ellipsoïdale, rectangulaire, etc. saillies épineuses droites ou légèrement incurvées à chaque coin; un pyrénéoïde dans chaque demi-cylindre; paroi cellulaire lisse.</p>	
	<p><i>Staurodesmus cuspidatus</i></p>
	
	<p><i>Staurodesmus dejectus</i></p>
	
<p><i>Staurodesmus extensus</i></p>	
	
<p><i>Staurodesmus extensus var. joshua</i></p>	

Tableau 10 :(suite)





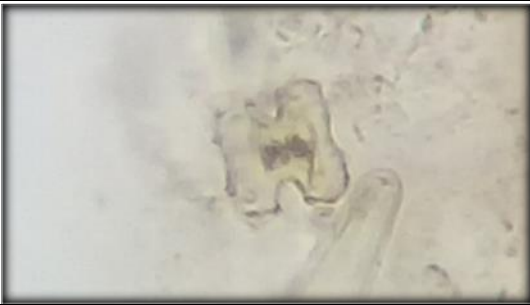


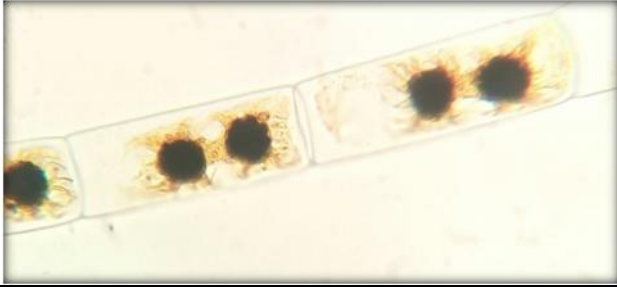
	
	<p><i>Staurodesmus glaber</i></p>
	
	<p><i>Staurodesmus megacanthus</i></p>
	
	<p><i>Staurodesmus mucronatus</i></p>
	
	<p><i>Staurodesmus triangularis</i></p>

Tableau 10 :(suite)

<p>Order : Desmidiiales Famille : Desmidiaceae Genre : Teilingia</p> <p>Corps cellulaire plat, resserré au centre, de 7 à 8µm de diamètre dont les sommets s'étirent en petites appendices.</p>	
<p>Order : Sphaeropleales Famille : Scenedesmaceae Genre : Tetrastrum</p> <p>Colonie de 4 cellules; sphérique, allongées, attachées les unes aux autres, disposées cruciformes sur un plan, avec un petit espace au centre de la colonie.</p>	
<p>Order : Chlamydomonadales Famille : Volvocaceae Genre : Volvox</p> <p>Colonies sphériques, entourée par des cellules superficielles biflagellées et unies entre elles par des connexions cytoplasmiques à l'intérieur de la colonie existent de multiples oospores.</p>	
<p>Order : Zygnematales Famille : Zygnemataceae Genre : Zygnema</p> <p>Filament sans ramification, cylindrique, deux chloroplastes en forme d'étoile</p>	

2.2 Résultats d'analyse quantitative

2.2.1 Richesse spécifique Totale de la population phytoplanctonique

La composition taxinomique révélée par l'étude des phytoplanctons du lac Bleu prospectée dans la période printanière 2019, affirme l'existence d'une richesse taxinomique importante.

Parmi les taxons qui ont pu être identifiés, nous avons identifiés dans les deux points de prélèvements confondus, 149 taxons phytoplanctoniques, regroupant au totale 5 groupes.

Dont 115 espèces ont été recensées avec une richesse maximale de 56 genres au mois de mars, par contre au mois de mai une richesse faible de 100 espèces et 46 genres (**Fig.12**).

La comparaison de la richesse spécifique des deux prélèvements, permet de vérifier que les résultats obtenus sont sensiblement les mêmes, et aucune différence significative n'a été observée entre les échantillons.

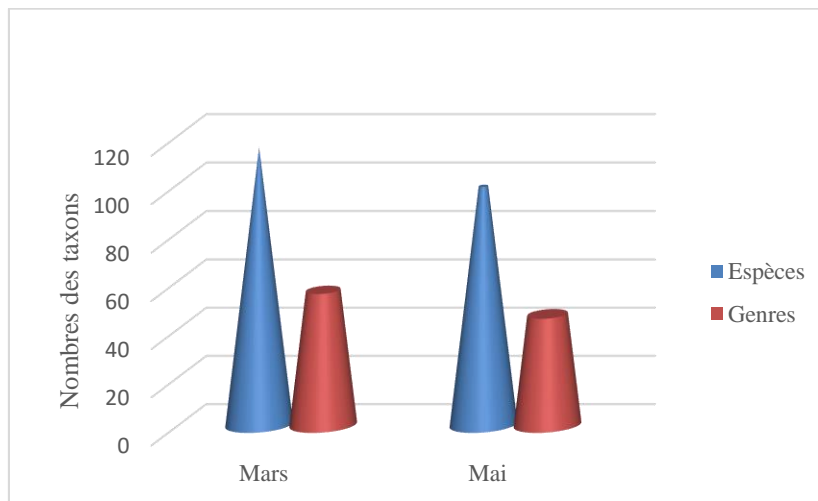


Figure 12 : Evolution de la richesse spécifique totale des peuplements phytoplanctoniques du lac Bleu.

2.2.2 Richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques

L'analyse des résultats obtenus, révèle une dominance générale des Chlorophycées par 81 espèces (54%) (**Fig.13**) et 28 (44%) genres (**Fig.14**). Ceci le groupe le plus riches en espèces parmi les phytoplanctons du lac Bleu. Cette richesse peut être expliquée par le maintien de phytoplancton en surface pour profiter de la lumière en quantité suffisante. Dont 60 espèces ont été recensées au mois de mars, avec 57 espèces en mai (**Fig.15**).

En deuxième lieu, on trouve les Chromophycées présentées seulement par la classe des Diatomophycées, caractérisés par 22 genres avec 42 espèces, constituent 28 % de l'ensemble d'espèces et 34% de l'ensemble des genres, répartis entre 33 espèces au début de la saison avec 24 à la fin.

Ces changements dans le nombre d'espèces et des genres sont liés au pH et à la température qui conviennent à la croissance de cette classe.

Ensuite viennent les Cyanobactéries avec 7(11%) genres et les Euglénophycées avec 06 % du nombre total des espèces par 8 espèces. Le nombre des espèces des Cyanobactéries et des Euglénophycées varie respectivement de 8 et 7 espèces en mars à 6 en mai, sont présentées des densités faibles. D'après (Gayral, 1975), les Euglénophycées préfèrent les eaux riches en matières organiques. Donc On pourrait expliquer cette pauvreté en Euglénophycées à des faibles concentrations des nutriments qui a fait diminuer le développement.

Et enfin viennent les Pyrrophyées présentés par 8 espèces et seulement 3 genres soit 2% de l'ensemble des genres, et 05% du nombre totale d'espèces

Les espèces non identifiées ne sont représentées que par des faibles pourcentages (a été négligé).

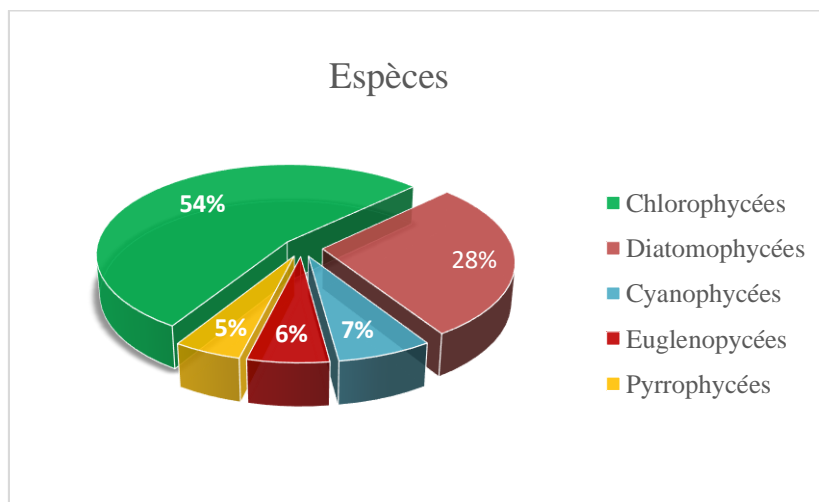


Figure 13 : Contribution des classes phytoplanctoniques par espèce dans le lac bleu.

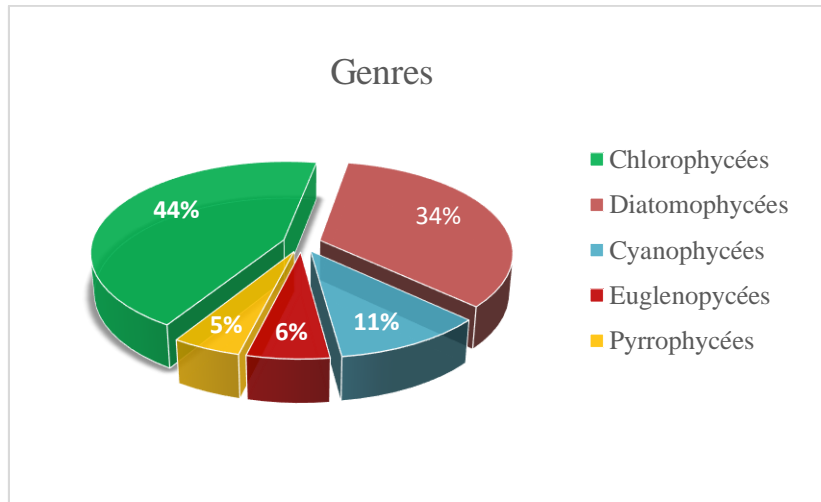


Figure 14 : Contribution des classes phytoplanctoniques par genre dans le lac bleu.

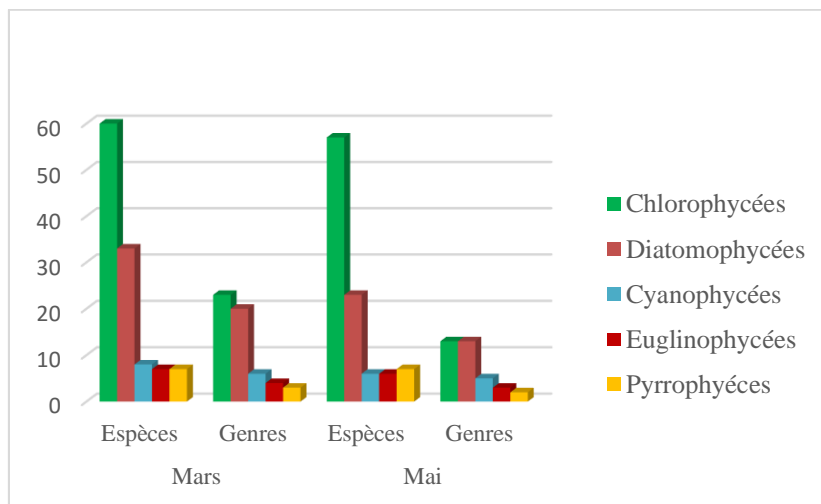


Figure 15 : Evolution de la richesse spécifique des groupes phytoplanctoniques.

2.2.3 Abondance totale du phytoplancton

Pour suivre la dynamique globale du phytoplancton recensé, nous avons opté pour l'analyse de la variation des effectifs moyens des différentes classes dans le temps pour chaque prélèvement. Les résultats de notre analyse font apparaître que dans l'ensemble des prélèvements, les phytoplanctons présentent des fluctuations, où le plus fort effectif moyen est relevé en mai où elle atteint $7,61 \times 10^6$ indv/l (Fig.16).

En revanche, c'est en mars que les effectifs moyens les plus faibles sont enregistrés, par $4,03 \times 10^6$ indv/l.

La répartition des espèces phytoplanctoniques est généralement sous l'influence des différents paramètres environnementaux (ou abiotiques) qui ont des effets directs ou indirects sur leurs prolifération.

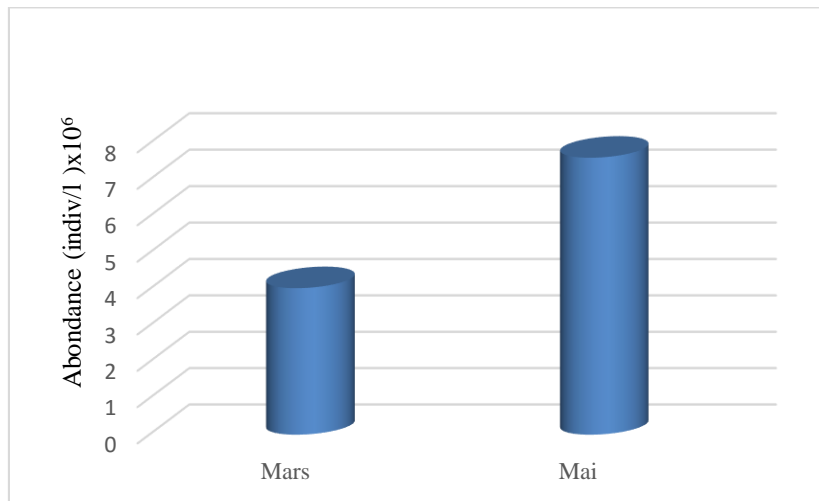


Figure 16 : Variation de l'abondance des populations phytoplanctonique du lac Bleu.

2.2.4 Variations des différentes classes dans l'abondance totale

Pour la variation temporelle des effectifs moyens des classes phytoplanctoniques recensées, il apparait qu'à la fin de la saison pendant laquelle se concentrent les effectifs les plus élevés du peuplement au niveau de stations étudiées. On note également une nette prédominance de la classe des Chlorophycées dans les différentes stations étudiées. L'abondance des Chlorophycées au cours des différents mois serait en relation avec le maintien des conditions favorables à leur développement.

La figure 18 montre la variation de différentes classes dans l'abondance totale où seulement 2 classes parmi les 5 sont plus abondantes, les Chlorophycées au deux mois, mars et mai avec une densité respectivement $2,39 \times 10^6$ indiv/l et $4,24 \times 10^6$ indiv/l. Suivie par les Diatomophycées qui ont une densité plus ou moins élevés varie de $1,01 \times 10^6$ indiv/l au mois de mars à $2,07 \times 10^6$ indiv/l au mois de mai (**Fig.17**).

L'abondance des Cyanophycées augmente au cours de la période d'étude de $0,2 \times 10^6$ indiv/l en mars à $0,35 \times 10^6$ indiv/l en mai, les Cyanobactéries sont des indicateurs de la mauvaise qualité de l'eau. En effet, leur prolifération trahit la présence en quantité d'insecticides, pesticides, métaux lourds...etc., qui rendent l'eau invivable pour les autres espèces. S'y multipliant massivement, elles absorbent les excès de nutriments minéraux et métalliques,

jouant, comme à leur origine, leur rôle d'épurateur, mais, simultanément, elles peuvent provoquer un déséquilibre du milieu en s'y développant à outrance.

Pour le groupe des Euglénophycées présentent des abondances relativement faibles par rapport aux autres classes durant la période d'étude, l'abondance varie de $0,2 \times 10^6$ indv/l en mars à $0,33 \times 10^6$ indv/ en mai.

En fin les Pyrrophycées varient de $0,23 \times 10^6$ indv/l au début de la saison, elle monte à $0,61 \times 10^6$ indv/l à la fin. Le genre de Cryptomonas est le mieux présentée dans les Pyrrophycées.

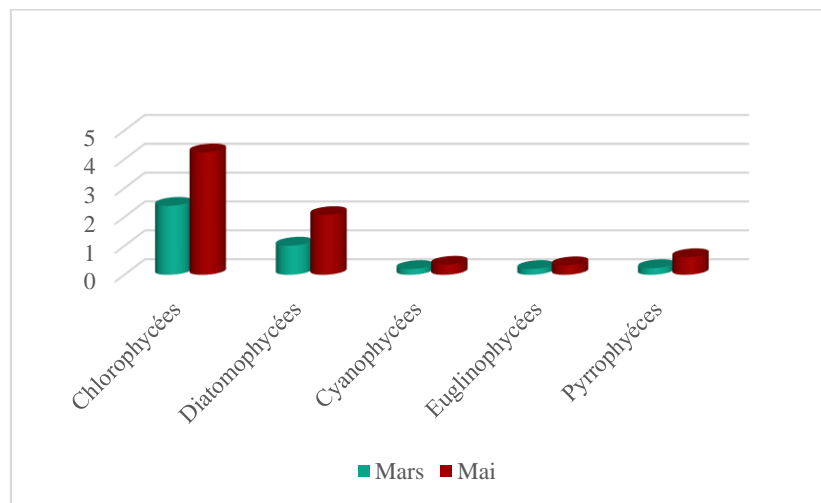


Figure 17 : Variations de l'abondance des différentes classes.

2.2.5 Indice de Shannon et d'équitabilité

La diversité spécifique des communautés phytoplanctoniques est évaluée à l'aide des richesses spécifiques et l'abondance observées et estimées.

De même, plusieurs indices ont été calculés, dans notre étude nous avons utilisé l'indice de Shannon et d'équitabilité pour calculer la diversité phytoplanctonique.

Les résultats de notre analyse (Fig.18) font apparaitre que les effectifs varient de ($H'=4,68$, $E=0,98$) au début de la saison à ($H'=4,21$, $E=0,91$) à la fin de la saison. La valeur moyenne de l'équitabilité, au niveau du lac Bleu est égale à ($E=0,95$), donc elle tend vers 1 ce qui traduit l'équilibre des effectifs des différentes espèces inventoriées.

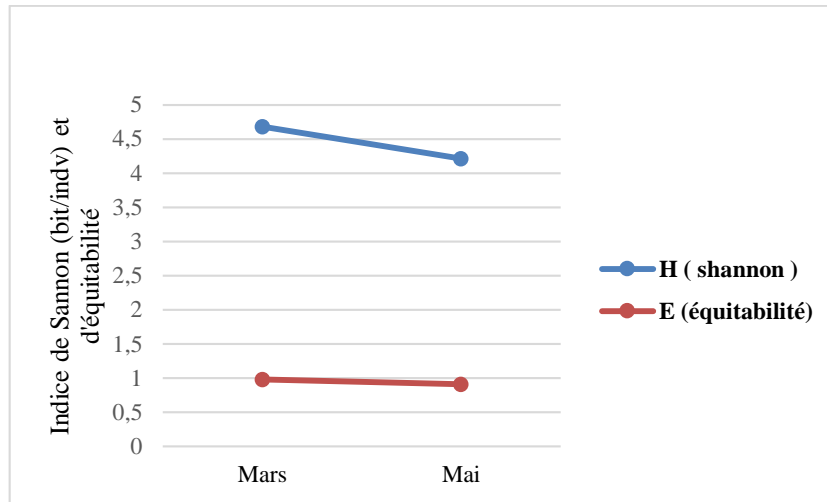


Figure 18 : Evolution de l'indice de Shannon à partir de l'abondance totale.

2.2.6 Diversité des différentes classes

D'après la figure 19 et 20 on constate que la classe des Chlorophycées parmi les 5 classes est la plus diversifiée dans les deux mois d'étude, elle varie de ($H'=2,50, E= 0,61$) le mois de mars à ($H'= 2,37$ avec $E= 0,58$) au mois de mai, suivit par les Diatomophycées qui sont variés de $H'=1,21$ bits/indv au début à $H'=1,07$ bits/indv à la fin de la saison et les autres classes (Cyanobactéries, Euglénophycées et Pyrrhophycées) présentent une diversité faible.

Les valeurs de l'indice de Shannon (H') et le coefficient d'équitabilité de Pielou sont utilisées pour mieux apprécier la diversité spécifique du phytoplancton du lac Bleu

D'après l'examen de ces valeurs obtenues on a remarqué que : quand le nombre d'espèce augmente, les différents indices calculé augmentent. Enfin on peut dire que la richesse spécifique augmente avec l'augmentation du nombre d'espèce et l'équitabilité elle tend vers 1 donc toutes les espèces ont la même abondance.

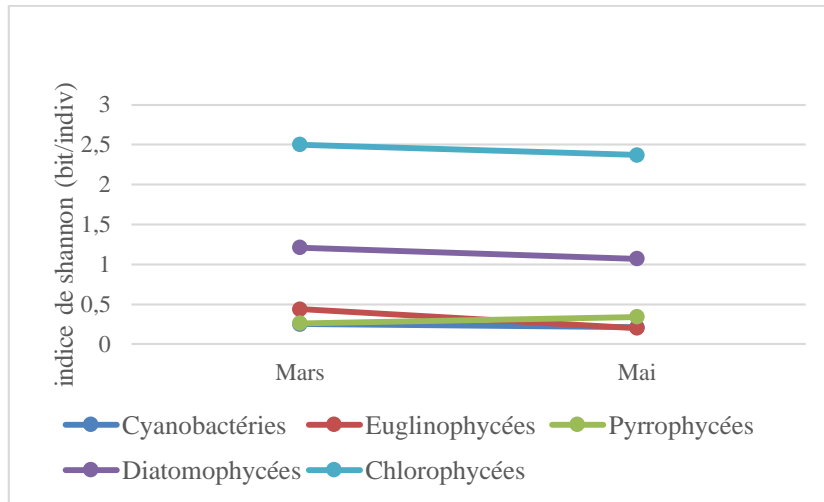


Figure 19 : Evolution de l'indice de Shannon des classes phytoplanctoniques.

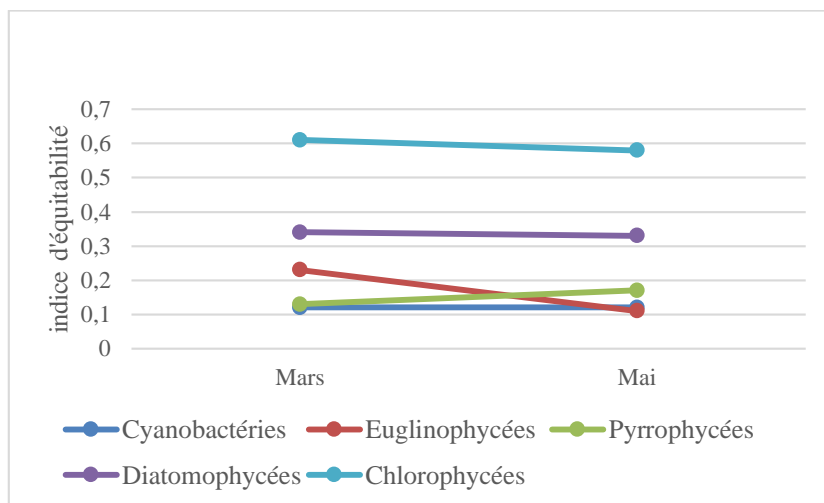


Figure 20 : Evolution de l'indice d'équitabilité des classes phytoplanctoniques.

3. Composition des groupes fonctionnels du lac Bleu

A partir de la structure des assemblages des phytoplanctons d'eau douce (**Reynolds et al., 2002**) ont regroupé les différentes espèces selon leurs caractéristiques écologiques propres. Ainsi, un groupe fonctionnel correspond à un ensemble d'espèces ayant la même écologie. Ces groupes rassemblent des taxons vivant par exemple dans les mêmes niveaux trophiques, les mêmes turbulences ou les mêmes étages limniques. La définition de chacun de ces groupes est donnée en annexe.

Tableau 11 : Les principaux groupes fonctionnels du lac bleu selon les critères de (**Reynolds et al., 2002**).

Groupe Fonctionnelle	Habitat	Espèces représentatives	Résistance	Sensibilité
D	Eaux peu profondes, troubles et enrichies, présents dans les rivières	<i>Synedra acus</i>	Ecoulement	Raréfaction des nutriments
N	Epilimnion mésotrophe	Cosmarium, Staurodesmus	Carence en nutriments	Stratification, Augmentation du pH
P	Epilimnion eutrophe	<i>Fragilaria crotonensis</i>	Lumière modérée et manque de C	Stratification, raréfaction en Si
T	Eaux profondes, épilimnion bien Mélangé	Mougeotia, Tribonema	Manque de lumière	Carence en nutriments
S1	Couches d'eaux troubles et mélangées	<i>Pseudo anabaena</i>	Conditions de très faible luminosité	Ecoulement

Tableau 11 : (suite)

S2	Eaux peu profondes, couches d'eaux troubles et mélangées	Spirulina	Conditions de faible luminosité	Ecoulement
X1	Eaux peu profondes, couches d'eaux mélangées et conditions enrichies	Monoraphidium	Stratification	Carences-en nutriments organismes filtreurs
Y	Lacs généralement petits et enrichis	Cryptomonas	Manque de lumière	Phagotrophies
E	Lacs généralement petits, oligotrophes, d'alcalinité faible, lacs ou étangs hétérotrophes	Mallomonas, Synura	Carence en nutriments (recours à la mixotrophie)	Manque en CO2
F	Epilimnion claire	Chlorophytes coloniales : Botryococcus	Carences en Nutriments	Manque en CO2 (?), Forte turbidité
G	Colonnes d'eaux petites et riches en Nutriments	Eudorina, Volvox	Forte luminosité	Carence en nutriments
J	Lacs, étangs ou rivières peu profonds et enrichis	Pediastrum Scenedesmus, Golenkinia		Faibles conditions de Luminosité
W1	Petits étangs naturels	Synura	DBO élevée	Broutage
W2	Lacs mésotrophes peu profonds	Bottom-dwelling Trachelomonas (e.g. Trachelomonas volvocina)	?	?

La structure des assemblages d'espèces phytoplanctoniques au niveau du lac Bleu se caractérise par 14 groupes fonctionnels

Pendant la phase printanière, et au cours de notre étude, l'essentiel de la biomasse est représenté par les groupes fonctionnels N, T, F, G, J, X1, (Chlorophycées). Ces groupes rassemblent des taxons résistes à la carence en nutriments comme par exemple (Cosmarium, Staurodesmus), et d'autres taxons résistes au manque de lumière (Mougeotia), ou forte luminosité (Volvox). Les Diatomophycées représentent également une part importante de la biomasse par cinq groupes fonctionnels qui sont : D, P, T, E, W1 ils rassemblent des taxons sensibles à la raréfaction et au carence des nutriments, Stratification et aussi sensible au broutage, Ils caractérisent des lacs peu profondes, troubles et enrichies, épilimnion eutrophe, se sont aussi des lacs généralement petits, oligotrophes, d'alcalinité faible, lacs hétérotrophes,

Les Cyanophycées, les Pyrrophyccées et les Euglinophycées réapparaissent à cette période par les groupes suivant : S1, S2 pour Pseudoanabaena et Spirulina, Y (Cryptomonas) et W2 (Trachelomonas), Ces groupes rassemblent des taxons vivant dans les eaux peu profondes, couches d'eaux troubles et mélangées, Ils caractérisent des lacs mésotrophes, généralement petits et enrichis.

Ces groupes montrent que le lac Bleu est un écosystème aquatique méso-eutrophes à eutrophes peu profonds, trouble à couche mélangée et de faible alcalinité, généralement petits, oligotrophes ou hétérotrophes avec la plupart des organismes tolérant la lumière faible et sensible à la carence en nutriments.

Conclusion

L'eau est un élément essentiel à la vie de l'humanité, à son essor socioéconomique, social et à l'équilibre écologique de son cadre de vie sur la planète terre. L'importance de cette ressource a émergé devant le constat que des nombreux pays souffrent actuellement de pénuries d'eau. L'origine de cette pénurie planétaire d'eau est la dégradation des écosystèmes aquatiques en même temps que de la qualité de leurs eaux, conduisant généralement au phénomène d'eutrophisation. La surabondance du nutriment entraîne cette eutrophisation par la prolifération d'espèces envahissante, l'un des objectifs de recherche est d'identifier les facteurs et d'étudier les interactions qui contrôlent la distribution et l'abondance des organismes dans un environnement. L'étude des changements temporels de la composition et de l'abondance du phytoplancton peut être conçue comme l'analyse d'un gradient temporel direct formé à partir du complexe des variables environnementales.

Ce présent travail constitue une contribution à l'étude de la diversité phytoplanctonique dans la région d'El Kala, notre étude est portée sur le lac Bleu.

Les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau mesurées, nous permettons de conclure que : le lac Bleu présente des températures, dont les variations sont en fonctions de la saison et un pH légèrement alcalin, avec une minéralisation faible.

Les observations et les analyses des eaux de ces stations, nous permettons de répertorier 149 taxons appartenant à 64 genres, répartis comme suit en cinq groupes : Chlorophycées avec 54% de l'ensemble d'espèce par 81 espèces et 28 genres, 28% Diatomophycées, 7% Cyanophycées, 6% Euglénophycées, et enfin 5% Pyrrophyccées par 8 espèces et seulement 3 genres.

Cette étude nous permettons aussi de distinguer que, les biotopes sont très distincts les uns des autres en termes de richesse spécifique et de diversité taxonomique. Cette différence est bien apparente par les caractéristiques hydrologiques (physico-chimiques) des eaux de ces écosystèmes aquatiques. Ces variations phytoplanctoniques ont montré une dominance faible des nombres des taxons entre le début et la fin de la saison. Les faibles densités sont notées en mai. On peut expliquer cette diversité par les variations des paramètres physicochimiques qui peut influencée l'abondance et la distribution des espèces. D'une manière générale, les variations des paramètres sont favorables à l'apparition et au développement du phytoplancton, ou sont défavorables, et peut entraîner la disparition de certaines espèces.

L'indice de diversité de Shannon calculé à partir des effectifs montre que cette communauté est plus diversifiée au mois mars qu'au mois de mai, et la classe des Chlorophycées est la plus diversifiées. En ce qui concerne l'indice d'équitabilité a montré que toutes les espèces ont la même abondance.

La structure des assemblages d'espèces phytoplanctoniques du lac Bleu, se caractérise par 14 groupes fonctionnels dont 6 groupes réunissent les Chlorophycées, au cours de notre étude, l'essentiel de la biomasse est représenté par les groupes fonctionnels N, T, F, G, J, X1, (Chlorophycées). Ces groupes rassemblent des taxons résistes à la carence en nutriments comme par exemple (Cosmarium, Staurodesmus), et d'autres taxons résistes au manque de lumière(Mougeotia), ou forte luminosité(Volvox). Les Diatomophycées représentent également une part importante de la biomasse par cinq groupes fonctionnels qui sont : D, P, T, E, W1 ils rassemblent des taxons sensibles à la raréfaction et au carence des nutriments, Stratification et aussi sensible au broutage, Ils caractérisent des lacs peu profondes, troubles et enrichies, épilimnion eutrophe, se sont aussi des lacs généralement petits, oligotrophes, d'alcalinité faible, lacs hétérotrophes,

Les Cyanophycées, les Pyrrophyccées et les Euglinophycées réapparaissent à cette période par les groupes suivant : S1, S2 pour Pseudoanabaena et Spirulina, Y (Cryptomonas) et W2(Trachelomonas),Ces groupes fonctionnels montrent que le lac Bleu est caractérisé par des eaux méso-eutrophes à eutrophes, peu profondes à couche mélangée, et de faible alcalinité, généralement petits, oligotrophes ou hétérotrophes.

En perspectives, ils seraient intéressants de :

- ❖ Etaler la période d'étude en un cycle mensuel voir sur plusieurs mois.
- ❖ Evaluer l'impact des paramètres physico-chimiques (nitrate, azote ammoniacal, silice) sur la dynamique mensuelle du phytoplancton.
- ❖ Toutefois, il faut rappeler que l'étude dont les résultats sont présentés ici, a été consacrée pour l'essentiel à la caractérisation de certains paramètres physico-chimiques et à la caractérisation phytoplanctonique de lac Bleu, nous suggérons aux futurs étudiants de le compléter par des études plus approfondies pour mieux caractériser notre milieu d'étude notamment la faune et la flore en général et de cerner les phénomènes de prolifération algale et d'eutrophisation des milieux aquatiques, une identification plus poussée des paramètres régissant dans nos milieux pour une meilleure caractérisation et une gestion adéquate de nos écosystèmes aquatiques.

Références Bibliographiques

A

- **Afnor, 2000.** *Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique diatomées (IBD)-* Norme NF T90-354, p63.
- **Aminot A., 1983.** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin.* Caractéristiques physicochimiques. Centre National de l'exploitation des océans. P 39-75.
- **Andresen-Leitao M.P., Lassus P., Maggi P., La Baut C., Chauvin J. & Truquet P., 1983.** *Phytoplankton des zones mytilicoles de la baie de vilaines et intoxication par les Coquillages.* Rev.Trav.Inst.Pêchesmarit.46(3), 233-266.
- **Anegelli N., 1980.** *Interaction entre la qualité des eaux et les éléments de son plancton .Gauthiervillars,* pp.97-146.
- **Anonyme, 2004.** *Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale .Tome IV .*Direction générale des forets .Alger.104p.
- **Asconit, 2015.** *Réalisation de prélèvements et d'analyses phytoplanctoniques sur 5 plans d'eau dans le bassin Artois-Picardie.* agence de l'eau artois-picardie.P 9-32.
- **Aslan S. & Kapdan I.K., 2006.** *Batch kinetics of nitrogen and phosphorus removal from synthetic wastewater by algae,* Ecological Engineering, 28, p. 64–70.
- **Aubert M., 1970.** *Théorie générale de l'autoépuration de la mer.* Premier article. Scientia.P105.

B

- **Baillet S., 2013.** *Utilisation des groupes morpho-fonctionnels du phytoplankton Pour le diagnostic écologique des plans d'eau du bassin loirebretagne.* Sciences de l'environnement.
- **Barroin G., 1999.** *Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau I.N.R.A.* Thonon-les-Bains, 119 p.
- **Becerra G., 2009.** *Proposition de stratégies de commande pour la culture de micro-algues dans une photo bioréacteur continu.* Thèse doctorat Génie des Procédés. École centrale Paris, 266p.
- **Becker E.W., 1994.** *Microalgae Biotechnology and Microbiology.* Cambridge University Press.

- **Belhadj M.Z., 2006.** *Etude de la pollution du barrage de Zit Emba (Algerie)*. Magistère en hydraulique. Option : Mobilisation des ressources hydriques. Université Labida Mohamed Tahar dite el hadj lakhdar-Batna, p33.
- **Bentekhici N & Zebbar Z-d., 2008.** *Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (Bassin versant d'Oued EL MALEH, Nord-Ouest d'Algérie)*. 1ère conférence international sur le Web et l'information Technologie. Sidi Bel Abbes, ALGERIE, 147p.
- **Benyacoub S., 1993.** *Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord- Est Algérien)*. Thèse de Bourgogne, Dijon.
- **Benyacoub S. Chabi Y., 2000.** *Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El Kala*. Vigator communication, Annaba, 98 p.
- **Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R., Benhouhou S., Chalabi B., Haou F., Ziane N.& Rouag R., 1998.** *Plan directeur de gestion du Parc National d'El-Kala et du complexe de zones humides*. Projet. G.E.F- Banque mondiale. 220 p+28 cartes.
- **Benzait H.M., 2015.** *Contribution à l'évaluation de la biodiversité des échinodermes de la région côtière de Mostaganem*. Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences de la mer Option : Connaissance, Valorisation et Gestion de la Biodiversité Marine Côtière.
- **Bontoux M., 1983.** *Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson*. CEBEDOC. Edition. Lavoisier, p7.
- **Bouchar F., 2010.** *Mesure de Salinité- réalisation d'un conductimètre*. TENUM Toulouse.
- **Boudjenah M., 2012.** *Etude de la structure et de la dynamique des populations phytoplanctoniques des eaux marines côtières de la région de Mostaganem et d'Alger*. Mémoire de Magister de l'université de Mostaganem, 86p.
- **Bougaran & Saint-Jean B., 2014.** *Micro-algues : de petits végétaux aux grande Promesses!* Biofutur, (360), 28-31.
- **Boulahbal R., 1999.** *Caractéristique d'un modèle de peuplement du d'oiseaux d'eau nicheurs : cas du lac oubeira et du marais du lac mellah (PNEK)*. Thèse de Magister, Université d'Annaba, 85 p.
- **Bourrelly P., 1966.** *Les algues d'eau douce : initiation à la systématique. Tome I : les*

Algues vertes Ed. Boubée et Cie, 511p.

- **Bourelly P., 1968.** Les algues d'eau douce. Algues jaunes et brunes. Edition Boubée et Cie. Paris. 438.
- **Bourelly P., 1970.** Algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome III : Les Algues bleues et rouges, les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Edition N.Boubée & Cie, 572 p.
- **Bourelly P., 1972.** Les Algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome I : Les Algues vertes. Edition N.Boubée & Cie, 512 p.
- **Bourrier, 2011.** *Techniques de la gestion et de la distribution de l'eau*, édition du moniteur, Paris.

C

- **Castenholz R.W., 2001.** Volume One: *The Archaea and the Deeply Branching and Phototrophic Bacteria*. Pages 474–487 in C. R. W. Boone D. R., Editor. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Springer, New York.
- **Chevallier H., 2007.** *L'eau un enjeu pour demain*. 352p. ISBN-10 : 2869851790 ISBN-13 : 978-2869851795.
- **Chen M., Tanga H., Maa H., Holland T. C., Nga K.Y. S. & Salley S. O., 2011.** *Effect of nutrients on growth and lipid accumulation in the green algae *Dunaliella tertiolecta**. *Bioresource Technology* 102: 1649-1955.
- **Chisholm S. W., 1995.** *The iron hypothesis: Basic research meets environmental policy* *Reviews of Geophysics* 33, 1277-1296.
- **Christophe L., Jacques B., Alain D., Jean-Claude D., Frédéric R. & Orlane A., 2009.** *Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en oeuvre de la DCE*.
- **Costa M.R., Carneiro E. & Pereira, J.A., 2011.** *Use of the native forage hay of Brazilian's northeast in the feeding of sheep and goats*. *Pubvet*, 5 (7) 17.
- **Couté A., & Bernard C., 2001.** Les cyanobactéries toxiques. In : *Toxines d'algues dans L'alimentation*, Frémy, J.M. & Lassus, P. (Ed), Ifremer, Brest, 21-37.

D

- **Dabbadie L., 1992.** *Cultures intensives de micro-algues sur lisier de PORC : Performances, contraintes, utilisation des biomasses.* Diplôme d'agronomie approfondie. École nationale supérieure agronomique de Montpellier. France.123p
- **Daouda M., 2010.** *Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac nokoue (benin).* Thèse Pour obtenir le grade de docteur de l'université de limoges Discipline : Chimie et microbiologie de l'eau, université de limoges ,177.
- **Dauta A & Feuillade., 1995.** *Croissance et dynamique des populations algales.* INPourriot R. et Meybeck M. (eds). Limnologie générale. Masson, Paris Milan Barcelone. Collection Ecologie. Pp : 328 – 350.
- **De Belair G., 1990.** *Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre éco-complexes lacustres et marécageux (El-Kala, Est algérien).* Thèse Doctorat. Université Montpellier II, 193 p+Annexes.
- **Del Campo J.A., Moreno J., Rodríguez H., Vargas M.A., Rivas J. & Guerrero M.G., 2000.** *Carotenoid and phosphorus ions from synthetic waste water by the microalgae Chlorella vulgaris co-immobilized in alginate beads with the microalgae growth promoting bacterium Azospirillumbrasilense.* Water Research, 36, p. 2941-2948.
- **De Reviere B., 2003.** *Biologie et phylogénie des algues.* Belin, Paris. Collection Sup Sciences. Tome 2, 255p.
- **Dhib A., 2015.** *Contribution à l'étude des successions écologiques du phytoplancton dans la lagune de Ghar El Melh. Biodiversité et Ecologie.* Université de Franche-Comté.
- **Djellab S., 1993.** *Inventaire et écologie des Syrphidés (Ordre Diptera) dans le Parc National d'El Kala.* Thèse de Magister, Université d'Annaba, 183 p.

F

- **Fernandez F., 2002.** *Le monde des algues,* La Garance Voyageuse N°57.
- **Fernando Gbeyettin., 2011.** *Structure diamétrique et caractérisation de l'habitat de chrysophyllumalbidum sur le plateau d'Allada au Bénin,*mémoire de Maitrise option : Géographie physique ,université d'Abomey-calavi (bénin).
- **Findlay DL. & Kling HJ., 2003.** *Protocoles de mesure de la biodiversité : le phytoplancton d'eau douce.* Institut des Eaux douces. 501 Université Crescent Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6, p.21.

- **Fremy J.M. & Lassus P., 2001.** *Toxine d'algues dans l'alimentation*. Ed. Quae, France ,553p.
- **Fogg G.E., Stewart W.D.P., Fay P. & Walsby A.E., 1973.** *The blue-green Algae*. Academic Press-London and New York. Pp : 9-297.
- **Foussard V & Etcheber, H., 2011.** *Proposition d'une stratégie de surveillance des paramètres physico-chimiques pour les estuaires de la seine, de la Loire et de la Gironde*. Rapport.

G

- **Gailhard I., 2003.** *Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations Microalgales côtières observées par le "Réseau de surveillance du phytoplancton et des Phycotoxines"(REPHY)*.
- **Gana N., 2014.** *Détermination de certains paramètres biochimiques urinaires chez le rat wistar recevant un régime cafeteria supplémenté en algues vertes*. Mémoire Mastère Physio pathologie cellulaire. Université Abou Bekr Belkadi Tlemcen, 41p.
- **Gaujous D., 1995.** *La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire*, Ed Lavoisier, 220p.
- **Gayral P., 1975.** *Les algues ; morphologie, cytologie, reproduction, écologie*, Edition Dion, Paris ; 51 p, 154 p.
- **Gbeyetin F., 2011.** *Structure diamétrique et caractérisation de l'habitat des peuplements du *Chrysophyllum albidum* G.Don (Sapotaceae) sur le plateau d'Allada au Bénin*, Université d'Adomey –calavi (Benin) –Maitrise, 44p
- **Glasgow H. B., Burkholder J. M., Reed R. E., Lewitus A. J. & Kleinman J. E., 2004.** *Real-time remote monitoring of water quality: a review of current applications, and advancements in sensor, telemetry, and computing technologies*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 300, (1-2), 409-448.
- **Gleick P.H., 1993.** *Water resources: A long-range global evaluation*. Ecology Law Quarterly Vol. 20, No. 1, pp. 141-149.
- **Groga N., 2012.** *Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac De Taabo (Côte d'Ivoire)*.Thèse doctorat. Spécialité Ecologie Fonctionnelle. Université de Toulouse, P35.

- **Hoppe H.A., 1979.** *Marine algae and their products and constituents in pharmacy.* In Hoppe HA, Levering T, Tanaka Y (Eds), *Marine Algae in Pharmaceutical Science.* Walter de Gruyter, Berlin -New York, pp 25-119.
- **Jean-Claude D & Fredric R., 2008.** *Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes.* INRA-Thono, rapport SHL 283, 96p.
- **Jiang Y., Chen F. & Liang S.Z., 1999.** *Production potential of docosahexaenoic acid By the hétérotrophic marine dinoflagellate Crypthecodiniumcohnii.* *Process Biochemistry*, 34, pp.633-637.
- **Joel G., 2003.** *La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités,* Paris, Novembre.

K

- **Khelifa R., Mellal M., Zouaimia A., Houhamdi M., Amari, H., Zebsa, R., Bensouilah, S. & Laouar A., 2016.** *On the restoration of the last relict population of a dragonfly *Urothemis edwardsii* Selys (Libellulidae : Odonata) in the Mediterranean.* *Journal of Insect Conservation*, Volume 20, Issue 5, pp 797–805.
- **Khellou M., 2012.** *Flux de l'azote et du phosphore minéraux à l'embouchure d'oued seybouse.* Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister « Ecole Doctorale », Annaba. Université Badji Mokhtar Annaba. Faculté des sciences. Département : Biologie, 125.
- **Komarek J., 2006.** *Cyanobacterial Taxonomy: Current Problems and Prospects for the Integration of Traditional and Molecular Approaches Review.* *Algae* 21:349-375.

L

- **Lakkis S., 2011.** *Le phytoplancton marin de Liban (méditerranée orientale) biologie, biodiversité, biogéographie.* Ed Aracne, P 15- 17.
- **Laurienzo P., 2010.** *Marine polysaccharides in pharmaceutical applications: an overview.* *Mar Drugs* 8, 2435-65.
- **Leveque C., 2001.** *De l'écologie à la biosphère.* Dunod. Paris, 502 p.
- **Lightfoot N.F., 2002.** *Analyse microbiologiques des aliments et de l'eau .directives pour l'assurance qualité.* France, 387p.
- **Lorenzen C.J., 1967.** *Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations.* *Limnol. Oceanogr.* 12 : 343-346.

M

- **Mekki M. ,1998.** *Etude comparative de l'écologie de quatre dépressions dunaires du Nord-est Algérien.* Thèse .ING. spécialité, écologie, Université Annaba, 51 p.
- **Messikh S., 2016.** *Etude Bioécologique des Hydra-cariens de la région d'El Kala.* Thèse en vue de l'obtention d'un diplôme de doctorat. Annaba : Université Badji Mokhtar – Annaba, p105.
- **Michel R., 1987.** *Atlas du phytoplancton marin (Diatomophycées) volume II Muséum National d'Histoire Naturelle.*
- **Mollo P. & Naury A., 2013.** *Manuel du plancton,* Charles Léopold Mayer éd. Paris, P27.
- **Moseley J.L., Chang W. & Grossman R., 2006.** *Genome-based approaches to Understanding phosphorus deprivation responses and PSRI control in Chlamydomonas Reinhardtii.* Eukaryotic cell, 5 (1), 26-44.
- **Muller-Feuga A., Moal J. E. & Kaas R., 2003.** *The Microalgae of Aquaculture,* Stott up, J. G. & McEvoy, L. A. (Eds.). Live Feeds in Marine Aquaculture, 1st ed. Blackwell Science Ltd, Oxford, United Kingdom, Pp 206-253.
- **Muñoz R. & Guieysse B., 2006.** *Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review.* Water Research 40, pp 2799-2815.

N_ O

- **Nasri A.B., Bouaïcha N. & Fastner, J., 2004.** *First Report of a Microcystin-Containing Bloom of the Cyanobacteria Microcystis sp in Lake Oubeira, eastern Algeria.*Arch.Environ.Contam.Toxicol,**46**, pp: 197-202.
- **Neffar F., 1991.** *Contribution à l'analyse phytoécologique du Lac Bleu (Vieille Calle).*Thèse. ING, Spécialité, écologie, Université Annaba, 71 p.
- **Ngansoumana B.A., 2006.** *La communauté phytoplanctonique du lac de guiers (Sénégal) : types d'associations fonctionnelles et approches expérimentales des facteurs de régulation.* Thèse de Doctorat de 3e Cycle. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 135p. novembre 2005, INOC. 29-30.
- **Oertli B. & Frossard P.A., 2013.** *Mares et étangs : Ecologie, conservation, gestion, valorisation.* Edition. PPUR Presses polytechniques, p 72.
- **Ouchtati N., 1993.** *Contribution à l'inventaire et à l'étude des Brachnidés, Carabidés et Cicindelidés de la région d'El kala.* Thèse de Magister, Université Annaba, 93 p.

P

- **Pascal L., 2010.** *Analyse quantitative des cyanotoxines d'eau douce par LDTD-APCI-MS/MS*, Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade de Maîtrise sciences (M. Sc.) en Chimie, Université de Montréal, p88.
- **Pelletier L. & Gagnon E., 2009.** *Présentation des documents fournis par la physiologie écologique des phytoplanctons*. Blackwell, Oxford, p 493-570. Phytoplankton single cell fluorescence and vertical mixing in the surface oceans.
- **Pierre J.F., 2001.** *Bulletin de l'académie lorraine des sciences : Catalogue des Algues (du Nord –Est de la France et des régions attenantes 1959-2001)*, P : 45-46.
- **Potelon J.L., 1998.** *Le guide des analyses de l'eau potable*. Paris, 156p.
- **Prescott L.M., Harley J.P. & Klein D.A., 2003.** *Microbiologie*, 2ème édition. De Boeck Université, Bruxelles. Quarterly Vol. 20, No. 1, pp.
- **Puiz A., Kluser S. & Peduzzi P., 2008.** *Les activités humaines causant la prolifération d'algues nuisibles*. Bulletin d'Alerte Environnementale 12.
- **Pulz O. & Gross W., 2004.** *Valuable products from biotechnology of microalgae. Minireview*, Applied Microbiology and Biotechnology, Volume 65, Number 6, pp.635-648.

R

- **Ramade F., 2003.** *Éléments d'écologie fondamentale*. Ed. Dunod, Paris, 690 p.
- **Ramade F., 2005.** *Éléments d'écologie : écologie appliquée*. Edit Dunod. 6^{ème} édition. Paris, 863p.
- **Ramade F., 2009.** *Éléments d'écologie, écologie fondamentale*. Ed. Dunod, Paris,
- 689p.
- **Rejsek F., 2002.** *Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques*. Série : Sciences et techniques de l'environnement. Paris, 360p.
- **Reynolds R W., 1998.** *A High-Resolution Global Sea Surface Temperature Climatology for the 1961–90 Base Period*. J. Climate, 11, 3320–3323. -
- **Reynolds C. S., Huszar V. L.M., Kruk C., Nasseli-Flores L. & Melo S. 2002.** *Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton*. Journal of Plankton Research 24: 417- 428.
- **Ricard M., 1987.** *Atlas du phytoplancton marin, diatomophycées*. Vol .2. Editions du Centre National de la Recherche scientifique, Paris, 297pp.

- **Richmond A., 2007.** *Handbook of Micro-algal Culture*. Biotechnology and Applied Phycology. Blackwell Science.
- **Robert D. & Catesson A.M., 2000.** *Organisation végétative*. Ed : Doin. Paris.
- **Rösch C. & Posten C., 2012.** *Introduction to the thematic Focus. Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis*. Karlsruher Institut für Technologie.
- **Rodier J., 1976.** *L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer*. 5ème édition Ed. Dunod, Paris.
- **Rodier J., 1984.** *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*. Edition : Dunod, Paris, 300p.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J.C., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L., 1996.** *L'Analyse de l'Eau* (8ème éd). Dunod, Paris, p 1383.
- **Rouag R., 1999.** *Contribution à l'inventaire de l'Herpétofaune dans la région d'El -Kala (Nord-est algérien)*. Thèse Magistère. Université Annaba, 79 p.
- **Ruiz G., 2005.** *Extraction, détermination structural et valorisation chimique de phycocolloïdes d'algues rouge*. Thèse de doctorat en chimie appliquée. Chimie des substances naturelle. Université de Limoges, école doctorale sciences-technologie santé.

S

- **Sabri O., 2011.** *Caractérisation écologique d'un site Ramsar : le lac bleu wilaya d'El Taref proposition d'un plan directeur de gestion*. Université Badji Mokhtar Annaba. Algérie – Master 2.
- **Sacchi & Testard., 1971.** *Ecologie animale (organismes et milieu)*. Edition, Doin, p480.
- **Samraoui B. & De Belaire G., 1998.** *Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion*. Synthèse N°4 (numerospecial) :1-85.
- **Sanchez A., 1992.** *Etude du phytoplancton des lacs d'inondation du basorénoque en relations avec les facteurs du milieu*. Thèse de doctorat de l'université Paul Sabatier de Toulouse. Spécialité : écologie des systèmes aquatiques continentaux, 239p.
- **Sari H., 2014.** *Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source (Attar) (Tlemcen)*. Mémoire de Master en Sciences des aliments. Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen.
- **Seckbach J., 2007.** *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments*. Springer.

- **Schopf J. W., 2002.** *The Fossil Record: Tracing the Roots of the Cyanobacterial Lineage.* Pages 13-35 in B. Whitton and M. Potts, editors. *The Ecology of Cyanobacteria.* Springer Netherlands.
- **Sheehan J., Dunahay T., Benemann J. & Roessler P., 1998.** *A look back at the U.S. Department of Energy's aquatic species program—biodiesel from algae.* NREL/TP580-24190. U.S. Department of Energy's Office of Fuels Development.
- **Skulberg O.M., 1996.** *Toxins produced by cyanophytes in Norwegian inland waters health and environment.* In: *Chemical data as a basis of geomedical investigations.* Ed. Lag. J., the Norwegian Academy of Sciences and Letters, Oslo, pp 131-148.
- **Simboura N. & Zenetos A., 2002.** *Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index.* *Med. Mar. Sci.*, 3(2), 77-111.
- **Smayda T.J., 1997.** *Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea.* *Limnology and Oceanography.* 42 (5, Supp2) : 1137-1153.
- **Sournia A., 1986.** *Atlas du phytoplancton marin.* Volume I : Cyanophycées, Dictyophycées, Dinophycées, Raphidophycées. Ed, CNRS, Paris, 219p.
- **Spolaore P., Joannis-Cassan C., Duran E. & Isambert A., 2006.** *Commercial applications of microalgae.* *J BiosciBioeng.* 101 (2), 87-96.
- **Stolz P. & Obermayer B., 2005.** *Manufacturing microalgae for skin care.* *Cosmetics Toiletries*, 120, pp. 99-106.
- **Suty L., 2014.** *Les végétaux, évolution développement et reproduction.* Ed Quae, P35.

T_ U

- **Trolle D., Hamilton D. P., Pilditch C. A., Duggan I. C. ET & Jeppesen E., 2010.** *Predicting the effects of climate change on trophic status of three morphologically varying lakes: Implications for lake restoration and management.* *Environmental Modelling & Software*, 26, (4), 354-370.
- **Utermöhl H., 1958.** *Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik.* *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 9: 1-38.

Webographie

- (1) : *L'exploitation de l'anguille en Algérie, Trentième session du Comité pour les animaux* Genève (Suisse) [en ligne]. Disponible sur <https://cites.org/sites/default/files/eng/com/ac/30/Inf/F-AC30-Inf-29> (consulté le 21 juillet 2018).
- (2) : *Zones humides : le PNEK, un réservoir exceptionnel de la biodiversité dans la Méditerranée* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.aps.dz/> (consulté le Jeudi, 01 Février 2018).
- (3) : *Etude sur la pisciculture au barrage Al massira*. [en ligne]. Disponible sur <https://archimer.ifremer.fr> (consulté le 1 juin 2014).
- (4) : *Dénombrement et identification des cyanobactéries dans les eaux intérieures après sédimentation (méthode Utermöhl)*. [en ligne]. Disponible à l'UR <https://www.anses.fr> (consulté le 7 Novembre, 2018).

Annexe 01 : Abondances des peuplements phytoplanctoniques du lac Bleu (indv/l x10⁶)

Cyanobactéries			
Espèces	Mars	Mai	Totale
<i>Anabaena cylindrica</i>	0,025	0,125	0,075
<i>Anabaena palanctonica</i>	0	0,025	0,0125
<i>Chroococcus limneticus</i>	0,025	0	0,0125
<i>Chroococcus minor</i>	0,025	0,075	0,05
<i>Chroococcus turgidus</i>	0,025	0	0,0125
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Cyanothece aeruginosa</i>	0,025	0	0,0125
<i>Komvophoron constrictum</i>	0,025	0	0,0125
<i>Pseudoanabaena catenata</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Spirulina subsalsa</i>	0	0,075	0,0375
Ab totale	0,2	0,35	0,275
Euglénophycées			
<i>Euglena geniculata</i>	0,025	0	0,0125
<i>Euglena gracilis</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Lepocinclis fusiformis</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Petalomonas phagnophila</i>	0,025	0	0,0125
<i>Trachelomonas armata</i>	0,05	0,125	0,0875
<i>Trachelomonas verrucosa</i>	0	0,025	0,0125
<i>Trachelomonas volvocina</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Trachelomonas volvocinops</i>	0,025	0,075	0,05
Ab totale	0,2	0,325	0,2625
Pyrrophyccées			
<i>Gymnodinium paradoxum</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Gymnodinium uberrimum</i>	0,025	0,16	0,0925
<i>Pyrocystis lunula</i>	0,025	0	0,0125
<i>Cryptomonas erosa</i>	0,05	0,05	0,05
<i>Cryptomonas marssonii</i>	0,05	0,05	0,05
<i>Cryptomonas Ovata</i>	0,025	0,2	0,1125
<i>Cryptomonas platyuris</i>	0	0,05	0,025
<i>Cryptomonas Reflexa</i>	0,025	0,05	0,0375
Ab total	0,225	0,61	0,4175
Diatomophycées			
<i>Achnanthes minutissima</i>	0,025	0	0,0125
<i>Achnanthes conspicua</i>	0,025	0	0,0125
<i>Amphipleura pellucida</i>	0,025	0	0,0125
<i>Cocconeis dirupta</i>	0,025	0	0,0125
<i>Cocconeis euglyptoides</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Craticula halophila</i>	0,025	0	0,0125
<i>Cymbella cuspidata</i>	0,05	0	0,025
<i>Cymbella ehrenbergii</i>	0,025	0	0,0125
<i>Cymbella lanceolata</i>	0,025	0	0,012
<i>Diatoma hyemalis</i>	0,06	0,025	0,0425
<i>Diatoma vulgare</i>	0,05	0,025	0,0375

Annexe 01 : (suite)

<i>Eunotia bilunaris</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Eunotia pectinalis</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Fragilaria capucina</i>	0,025	0	0,0125
<i>Fragilaria crotonensis</i>	0,025	0	0,0125
<i>Gomphonema gracile</i>	0,05	0,025	0,0375
<i>Gomphonema lanceolatum</i>	0	0,025	0,0125
<i>Gomphonema olivaceum</i>	0	0,05	0,025
<i>Guinardia striata</i>	0,025	0	0,0125
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0,025	0	0,0125
<i>Hantzschia spectabilis</i>	0,025	0	0,0125
<i>Mallomonas caudata</i>	0	0,1	0,05
<i>Mallomonas papillosa</i>	0,05	0,125	0,0875
<i>Navicula distans</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Navicula transitans</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Neidium tmpliatum</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0,4	0,2
<i>Nitzschia archibaldii</i>	0,025	0,06	0,0425
<i>Nitzschia bizertensis</i>	0	0,225	0,1125
<i>Nitzschia dissipata</i>	0	0,4	0,2
<i>Nitzschia filiformis</i>	0	0,025	0,0125
<i>Nitzschia perminuta</i>	0,025	0	0,0125
<i>Pinnularia divergens</i>	0,025	0	0,0125
<i>Pinnulariaviridis</i>	0,025	0	0,0125
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Striatella unipunctata</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Synedra acus</i>	0,025	0	0,0125
<i>Synedra ulna</i>	0,05	0,175	0,1125
<i>Synedra ulna var. amphirh</i>	0,025	0,085	0,055
<i>Synura uvella</i>	0	0,05	0,025
<i>Tryblionella hungarica</i>	0,05	0	0,025
<i>Tribonema viride</i>	0	0,025	0,0125
Ab Totale	1,01	2,07	1,54
Chlorophycées			
<i>Acanthosphaera zachariasii</i>	0,025	0	0,0125
<i>Actinastrum hantzschii</i>	0,025	0	0,0125
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	0,05	0	0,025
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	0,05	0,15	0,1
<i>Ankistrodesmus spiralis</i>	0,075	0,085	0,08
<i>Botryococcus braunii</i>	0,485	0,16	0,3225
<i>Closterium acerosum</i>	0,025	0	0,0125
<i>Closterium acutum</i>	0,025	0,075	0,05
<i>Closterium gracile</i>	0,025	0	0,0125
<i>Closterium kuetzingii</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Closterium limneticum</i>	0,025	0	0,0125
<i>Closterium rostratum</i>	0,025	0	0,0125

Annexe 01 : (suite)

<i>Closterium setaceum</i>	0,05	0	0,025
<i>Cosmarium abbreviatum</i>	0	0,025	0,0125
<i>Cosmarium bioculatum</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Cosmarium boitierense</i>	0,025	0,11	0,0675
<i>Cosmarium contractum</i>	0,05	0,06	0,055
<i>Cosmarium formosulum</i>	0,025	0	0,0125
<i>Cosmarium fuelebornforme</i>	0	0,025	0,0125
<i>Cosmarium leave</i>	0	0,025	0,0125
<i>Cosmarium medioretusum</i>	0	0,05	0,025
<i>Cosmarium phaseolus Bréb</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Cosmarium pseudoretusum</i>	0	0,025	0,0125
<i>Cosmarium punctulatum</i>	0	0,05	0,025
<i>Cosmarium regnellii</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Cosmarium subtumidum</i>	0	0,025	0,0125
<i>Dichotomococcus curvatus</i>	0	0,125	0,0625
<i>Dictyosphaerium pulchrum</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Eremosphaera viridis</i>	0	0,025	0,0125
<i>Eudorina elegans</i>	0,025	0,085	0,055
<i>Golenkinia radiata</i>	0	0,35	0,175
<i>Golenkinia paucispina</i>	0,025	0	0,0125
<i>Kirchneriella contorta</i>	0	0,325	0,1625
<i>Kirchneriella lunaris</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Kirchneriella obesa</i>	0,025	0	0,0125
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0,025	0,0125
<i>Monoraphidium tortile</i>	0,05	0,06	0,055
<i>Oocystis borgei</i>	0,05	0,2	0,125
<i>Palmodictyon varium</i>	0,025	0	0,0125
<i>Pediastrum tetra</i>	0	0,15	0,075
<i>Planktosphaeria gelatinosa</i>	0,025	0,15	0,0875
<i>Quadrigula chodatii</i>	0	0,05	0,025
<i>Mougeotia quadrangulata</i>	0,025	0,075	0,05
<i>Mougeotia nummuloides</i>	0	0,025	0,0125
<i>Mougeotia scalaris</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Mougeotia boodlei</i>	0,025	0,175	0,1
<i>Scenedesmus Acunae</i>	0,025	0	0,0125
<i>Scenedesmus acutiformis</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Scenedesmus acutus</i>	0	0,025	0,0125
<i>Scenedesmus armatus</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Scenedesmus bijugatus</i>	0,05	0,225	0,1375
<i>Scenedesmus ecornis</i>	0,05	0,15	0,1
<i>Scenedesmus ellipticus</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	0	0,025	0,0125
<i>Sphaerososma excavatum</i>	0,05	0,175	0,1125
<i>Sphaerososma granulata</i>	0	0,05	0,025
<i>Spondylosium pulchrum</i>	0,025	0	0,0125

Annexe 01 : (suite)

<i>Staurastrum alternans</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Staurastrum arctison</i>	0	0,025	0,0125
<i>Staurastrum borgeanum</i>	0,025	0	0,0125
<i>Staurastrum chaetoceros</i>	0	0,025	0,0125
<i>Staurastrum dejectum</i>	0,025	0	0,0125
<i>Staurastrum dickiei</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Staurastrum furcatum</i>	0,025	0	0,0125
<i>Staurastrum furcigerum</i>	0,025	0	0,0125
<i>Staurastrum gladiusum</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Staurastrum gracile</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Stauroidesmus convergens</i>	0,025	0	0,0125
<i>Stauroidesmus cuspidatus</i>	0,05	0,05	0,05
<i>Stauroidesmus dejectus</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Stauroidesmus extensus</i>	0,05	0,075	0,0625
<i>Stauroidesmus extensus var</i>	0,025	0	0,0125
<i>Stauroidesmus glaber</i>	0,025	0	0,0125
<i>Stauroidesmus megacanthus</i>	0,05	0	0,025
<i>Stauroidesmus mucronatus</i>	0,025	0	0,0125
<i>Stauroidesmus triangularis</i>	0,025	0,025	0,025
<i>Teilingia granulate</i>	0,025	0,05	0,0375
<i>Tetrastrum triangulare</i>	0,05	0,075	0,0625
<i>volvox minor</i>	0,075	0	0,0375
<i>Zygnema pectinatum</i>	0	0,025	0,0125
Ab totale	2,385	4,235	3,31

Annexe 02 : Variations de l'indice de Shannon des classes phytoplanctoniques du lac Bleu

Classes	Indice de Shannon(bit/indv)	
	Mars	Mai
Cyanophycées	0,25274435	0,21535274
Euglénophycées	0,44881561	0,20281595
Pyrrophycées	0,26709492	0,34260882
Diatomophycées	1,21156485	1,07293194
Chlorophycées	2,50315669	2,37979389
H' max	4,68337641	4,21350334

Annexe 03 : Variations de l'indice d'équitabilité des classes phytoplanctoniques du lac Bleu

Classes	Indice d'équitabilité	
	Mars	Mai
Cyanophycées	0,12154434	0,12019065
Euglénophycées	0,2306456	0,11319374
Pyrrophycées	0,13725964	0,1760661
Diatomophycées	0,34650714	0,3376066
Chlorophycées	0,61136933	0,58861333
E max	0,98702706	0,91495063

Annexes 04 : Traits caractéristiques des différents groupes fonctionnels (Reynolds *et al.*, 2002).

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

Annexes 04 :(suite)

S1	Couches d'eaux troubles et mélangées	<i>Planktothrix agardii</i> , <i>Limnothrix redekei</i> , <i>Pseudanabaena</i>	Conditions de très faible luminosité	Ecoulement
S2	Eaux peu profondes, couches d'eaux troubles et mélangées	<i>Spirulina</i> , <i>Arthrospira</i>	Conditions de faible luminosité	Ecoulement
Sn	Couches d'eaux chaudes et mélangées	<i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Anabaena minutissima</i>	Conditions pauvres en azote	Ecoulement
Z	Eaux profondes, claires, couches mélangées	<i>Synechococcus</i> , prokaryote Picoplankton	Faible concentration de nutriments	Manque de lumière, broutage
X3	Eaux peu profondes, claires, couches mélangées	<i>Koliella</i> , <i>Chrysooccus</i> , Eukaryote picoplankton	Faible alcalinité	Mélange, broutage
X2	Eaux peu profondes, claires, couches mélangées dans des lacs méso-eutrophes	<i>Plagioselmis</i> , <i>Chrysochromulina</i>	Stratification	Mélange, organismes filtreurs
X1	Eaux peu profondes, couches d'eaux mélangées et conditions enrichies	<i>Chlorella</i> , <i>Ankyra</i> , <i>Monoraphidium</i>	Stratification	Carence en nutriments, organismes filtreurs

Annexes 04 :(suite)

Y	Lacs généralement petits et enrichis	<i>Cryptomonas</i> , <i>Peridinium</i> <i>Lomnickii</i>	Manque de lumière	Phagotrophes
E	Lacs généralement petits, oligotrophes, d'alcalinité faible, lacs ou étangs hétérotrophes	<i>Dinobryon</i> , <i>Mallomonas</i> , <i>Synura</i>	Carence en nutriments (recours à la Mixotrophie)	Manque en CO2
F	Epilimnion claire	Chlorophytes coloniales: <i>Botryococcus</i> , <i>Pseudosphaerocystis</i> , <i>Coenochloris</i> , <i>Oocystis</i> <i>Lacustris</i>	Carence en nutriments	Manque en CO2 (?), Forte turbidité
G	Colonnes d'eaux petites et riches en nutriments	<i>Eudorina</i> , <i>Volvox</i>	Forte luminosité	Carence en nutriments
J	Lacs, étangs ou rivières peu profonds et enrichis	<i>Pediastrum</i> , <i>Coelastrum</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Golenkinia</i>		Faibles conditions de luminosité
K	Colonnes d'eaux petites et avec des nutriments	<i>Aphanothece</i> , <i>Aphanocapsa</i>		Mélange profond
H1	Nostocales fixatrices d'azote	<i>Anabaena flos-aquae</i> , <i>Aphanizomenon</i>	Faible azote et carbone	Mélange, faible lumière, et faible niveau de phosphore

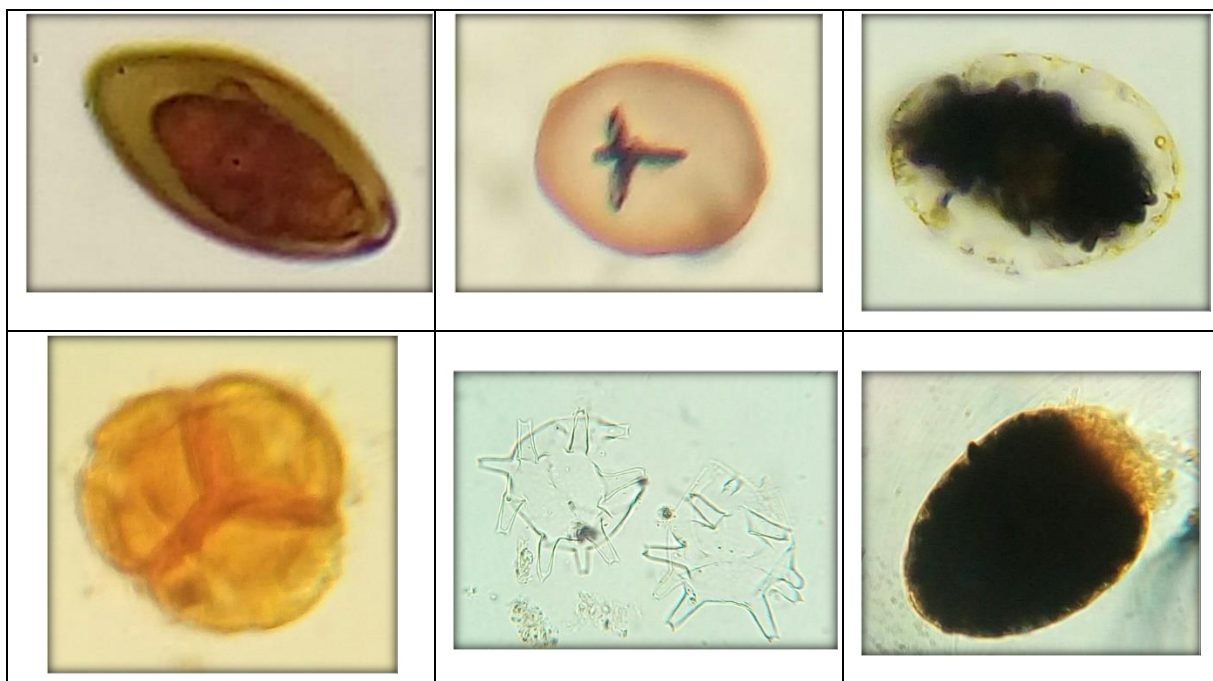
Annexes 04 :(suite)

H2	Nostocales fixatrices d'azote de lacs mésotrophes plus vastes	<i>Anabaena lemmermanni, Gloeotrichia echinulata</i>	Faible azote	Mélange, faible lumière
U	Epilimnion d'été	<i>Uroglena</i>	Faibles nutriments	Manque de CO2
Lo	Epilimnion d'été sur lacs mésotrophes	<i>Peridinium willei, Woronichinia</i>	Nutriments dispersés dans la colonne d'eau	Mélange prolongé ou profond
LM	Epilimnion d'été sur lacs eutrophe	<i>Ceratium, Microcystis</i>	Très faibles niveaux de C, stratification	Mélange, faible lumière
M	Couches d'eaux mélangées de petits lacs eutrophes, faibles latitudes	<i>Microcystis, Sphaerocavum</i>	Fort ensoleillement	Ecoulement, faible luminosité globale
R	Métalimnion de lacs mésotrophes stratifiés	<i>Planktothrix rubescens, P. Mougeotii</i>	Faible lumière et forte Ségrégation	Instabilité
V	Métalimnion de lacs eutrophes stratifiés	<i>Chromatium, Chlorobium</i>	Très faible lumière et forte ségrégation	Instabilité

Annexes 04 :(suite)

W1	Petits étangs naturels	Euglenoids, <i>Synura</i> , <i>Gonium</i>	DBO élevée	Broutage
W2	Lacs mésotrophes peu profonds	Bottom-dwelling <i>Trachelomonas</i> (e.g <i>Trachelomonas volvocina</i>)	?	?
Q	Petits lacs humiques	<i>Gonyostomum</i>	Eaux troubles	?

Annexes 05 : Espèces non identifiées des communautés phytoplanctoniques du lac bleu



Résumé

Cette étude effectuée sur le lac Bleu porte sur l'évaluation des paramètres de la qualité de l'eau, le peuplement phytoplanctonique, et le suivi de diversité spécifique pendant la saison printanière, 2019. Ce lac est un étang de faible superficie localisé au nord-est de la lagune d'El-Mellah et à 700 mètres au sud de la méditerranée, De forme grossièrement ovale, ce petit étang d'eau douce se caractérise par une profondeur étonnante pour sa faible superficie de 3 ha. L'analyse des paramètres physico-chimiques a montré une homogénéité spatiale des eaux du lac Bleu, caractérisé par une température qui est en fonction des facteurs climatique saisonniers et un pH légèrement alcalin, avec une minéralisation faible. Pour les résultats de l'identification et le dénombrement de la communauté phytoplanctonique 149 taxons appartenant à 64 genres et cinq embranchements ont été répertoriés, dominé par les Chlorophycées avec 54% de l'ensemble d'espèces (81 espèces), 28% Diatomophycées, 7% Cyanophycées, 6% Euglinophycées, et enfin 5% Pyrrophycées par 8 espèces et seulement 3 genres .La structure des assemblages d'espèces phytoplanctoniques du lac bleu se caractérise par 14 groupes fonctionnels dont 6 groupes réunissent les Chlorophycées, Ces groupes fonctionnels montrent que le lac Bleu est caractérisé par des eaux méso-eutrophes à eutrophes, peu profondes à couche mélangée, et de faible alcalinité, généralement petits, oligotrophes ou hétérotrophes.

Mots clés : Analyse physico-chimique, diversité phytoplanctonique, groupes fonctionnels, Lac Bleu, El-Kala.

Abstract

This study of the Blue Lake focuses on the evaluation of parameters of water quality, phytoplankton communities, and monitoring of species diversity during the spring season, 2019. This lake is a shallow pond located north-east of the El-Mellah lagoon and 700 meters south of the Mediterranean, of roughly oval shape, this small freshwater pond is characterized by an astonishing depth for its small area of 3 ha. This depth and precisely the guarantee of its durability and allowed the establishment of a characteristic belt of vegetation. The analysis of the physicochemical parameters showed a spatial homogeneity of the waters of the blue lake, characterized by a temperature which is in function of the seasonal climatic factors and a slightly alkaline pH, with a weak mineralization. For the results of the identification and enumeration of the phytoplankton community, 149 taxa belonging to 64 genus and five phylum were identified five branches were listed, dominated by 54% Chlorophyceae, 28% Diatomophyceae, 7% Cyanophyceae, 6% Euglenophyceae, and finally 5% Pyrrophyceae. The structure of the assemblages phytoplanktonic species of the blue lake, characterized by 14 functional groups of which 6 groups join the chlorophycées, These functional groups show that the blue lake is characterized by eutrophic, shallow mixed-layer, and low alkalinity, usually small, oligotrophic or heterotrophic.

Keywords: Physico-chemical analysis, phytoplankton diversity, functional groups, Blue Lake, El-Kala.

المخلص

ركزت هذه الدراسة على تقييم معايير جودة المياه، مراقبة التنوع البيولوجي للعوالق النباتية وقياس التغيرات الفيزيوكيماوية لمياه "البحيرة الزرقاء"، خلال موسم الربيع 2019. هذه البحيرة تقع شمال شرق بحيرة الملاح وعلى بعد 700 متر جنوب البحر الأبيض المتوسط، ذات شكل بيضاوي تقريباً، تتميز هذه البركة الصغيرة للمياه العذبة بعمق مذهل مع مساحة صغيرة تقدر بـ 3 هكتارات. أظهر تحليل المعلومات الفيزيوكيميائية تجانساً مكانياً لمياه البحيرة الزرقاء، التي تتميز بدرجة حرارة موسمية ودرجة حموضة قاعدية قليلاً، مع تمعدن ضعيف. كما سمحت نتائج تحليل مجتمع العوالق النباتية بالتعرف على 149 نوع من العوالق من أصل 64 جنس، تنتمي إلى 5 أقسام أغلبها Chlorophycées بنسبة 54% من الأنواع، متبوعة بنسبة 28% من Diatomophycées، 7% Cyanophycées، 6% Euglinophycées، وأخيراً Pyrrophyccées بـ 5%. هيكلية تجمعات أنواع العوالق النباتية بالبحيرة الزرقاء تظهر أنها تتميز بـ 14 مجموعة وظيفية تنصدرها Chlorophycées بـ 6 مجموعات، وتوضح هذه المجموعات الوظيفية أن البحيرة تتميز بكونها متباينة، مختلطة الطبقات الضحلة، قاعدية منخفضة وعادة ما تكون عضوية التغذية.

الكلمات الأساسية: التحليل الفيزيوكيميائي، تنوع العوالق النباتية، المجموعات الوظيفية، البحيرة الزرقاء، القالة.