

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



## Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière :** Sciences Biologiques  
**Spécialité/Option:** Santé, Eau, Environnement / Hydro-écologie  
**Département:** ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

---

### Thème :

**APPROCHE QUALITATIVE DU PHYTOPLANCTON DU MARAIS DE  
BOUSSEDRA (EL-BOUNI, ANNABA).**

---

**Présenté par :** Mlle : HIMOUD Samia  
Mlle : BRAHIMI Saadia

**Devant le jury composé de :**

<b>Président:</b> Mr. ROUIBI Abdelhakim	MCB	Université de Guelma
<b>Examinatrice:</b> Mme. BAALOUJ Afef	MCB	Université de Guelma
<b>Encadreur :</b> Mr. ROUABHIA Kamel	MAA	Université de Guelma

**Juin 2016**

## Remerciements

*J*e tiens remercier en premier lieu Dieu le tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et m'a permis de réaliser ce travail en me donnant la force, la patience et la volonté.

*Nous remercions les membres du jury qui ont bien voulu consacrer une partie de leur temps à notre thèse :*

*Nous exprimons nos plus vifs remerciements à Mr. ROUIBI Abdelhakim, maître de conférences au département de biologie à l'université de Guelma 8 Mai 1945, pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Nous tenons à remercier aussi Mme. BAALOUDJ Afef maître de conférences à l'université de Guelma d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous vifs remerciment vont à notre encadreur Mr. ROUABHIA Kamel, maître-assistant à l'université de Guelma, de m'avoir encadré et suivi mon travail de près avec sa rigueur scientifique, ses conseils ainsi que sa gentillesse qui m'ont permis de réaliser au mieux ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier Mlle. ABBAS Leïla l'ingénieur de laboratoire LBTE pour son aide.*

*Nous remerciant vont également à tous les ingénieurs de laboratoire pour leurs gentillesse et leurs patiences.*

*Nous ne saurons finir sans remercier toute la promotion sortante (Hydro-écologie ; Santé, Eau et environnement 2015/2016), et tous ceux qui de près ou de loin ont participé à l'élaboration direct et /ou indirecte de ce modeste travail.*

*Saadia et Samia*

# Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction.....01

## CHAPITRE I : Etude bibliographique

1. Généralités sur Le phytoplancton .....	03
2. Systématique du phytoplancton .....	04
2.1. Clés d'identification du phytoplancton.....	04
2.1.1. Cas des phytoplanctons eucaryotes .....	04
2.1.2. Cas des Cyanobactéries .....	04
2.2. Composante du phytoplancton .....	05
2.2.1. Les Cyanobactéries .....	05
2.2.1.1. Structure des cyanobactéries .....	05
2.2.1.2. Caractéristiques uniques des cyanobactéries.....	06
2.2.2. LesChlorophyte.....	09
2.2.3. Les Euglénophyte .....	10
2.2.4. Les Chrysophyte .....	10
2.2.4.1. LesChrysophycées .....	10
2.2.4.2. Les Xanthophycées .....	11
2.2.4.3. Les Diatomophycées.....	11
2.2.4.4. Les Raphidophycées .....	11
2.2.5. Les Pyrrophytes .....	11
2.2.5.1. Les Cryptophycées.....	11
2.2.5.2. Les Dinophycées .....	12
3. L'habitat et écologie du phytoplancton .....	12
3.1. Cycle annuel du phytoplancton .....	13
4. Ecophysiologie du phytoplancton .....	14
5. Rôle du phytoplancton dans l'écosystème aquatique .....	15
5.1. Photosynthétique .....	15

5.2. Chaîne alimentaire .....	15
5.3. Autres rôles du phytoplancton.....	15
5.4. Rôle du phytoplancton dans le traitement des eaux usées .....	16
6. La source du développement du phytoplancton .....	17
7. Effet nuisible du phytoplancton .....	17
7.1. Risque sur la santé humaine .....	17
7.1.1. Intoxications amnésiantes par les fruits de mer.....	18
7.1.2. Intoxications paralysantes par les fruits de mer.....	18
7.1.3. Intoxications neurologiques par les fruits de mer .....	18
7.1.4. Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer .....	18
7.1.5. Intoxications de type ciguatériques .....	19
7.1.6. Intoxications par les azaspiracides .....	19
7.1.7. Toxines Cyanobactériennes .....	19
7.1.7.1. Hépto-toxines .....	19
7.1.7.2. Cyto-toxines .....	19
7.1.7.3. Neuro-toxines .....	20
7.1.7.4. Dermato-toxines .....	20
7.1.7.5. Endotoxines lipopolysaccharidiques .....	20
7.2. Risque sur les organismes marins .....	20
7.3. Risque sur le fonctionnement de l'écosystème.....	21

## **CHAPITRE II : Matériel et Méthodes**

1. Présentation du site d'étude .....	22
1.1. Localisation.....	22
1.2. Etude Climatique .....	23
1.2.1. La température .....	23
1.2.2. La précipitation .....	23
1.2.3. L'humidité .....	24
1.2.4. Les vents .....	24
1.2.5. Synthèse climatique .....	24
1.2.5.1. Climatogramme d'Emberger .....	24
1.2.5.2. Diagramme pluviométrique de GAUSSEN .....	25
1.2.6. Régime hydrique .....	25

1.3. Faune et flore .....	25
1.3.1. Flore .....	25
1.3.2. Avifaune .....	26
2. Choix des stations de prélèvements .....	26
3. Méthode du travail.....	27
3.1. Protocole expérimental .....	27
3.2. Matériel de prélèvement .....	27
3.3. Méthode de prélèvement .....	27
3.4. Enregistrement et étiquetages des échantillons .....	28
3.5. Transport et conservation des échantillons avant l'analyse .....	28
4. Les analyses physicochimiques.....	28
4.1. La température .....	29
4.2. Potentiel hydrogène .....	29
4.3. La conductivité électrique .....	30
4.4. L'oxygène dissous .....	30
4.5. La Salinité .....	30
5. L'analyse phytoplanctonique .....	30
5.1. Analyse qualitative .....	31
5.1.1. Identification des espèces .....	31

### **CHAPITRE III : Résultats et discussion**

1. Résultats des analyses physicochimiques.....	32
1.1. La température.....	32
1.2. Le pH .....	32
1.3. La conductivité électriques .....	33
1.4. L'oxygène dissous .....	33
1.5. Salinité .....	34
2. Résultats d'analyse phytoplanctonique .....	35
2.1. Composition du phytoplancton du marais de Boussedra .....	35
2.1.1. Contributions des genres de la population phytoplanctonique .....	35
2.2. Identification des espèces phytoplanctoniques du marais de Boussedra .....	36
2.2.1. Les chrysophycées .....	36
2.2.2. Les cyanobactérie .....	39

2.2.3. Les chlorophytes .....	40
2.2.4. Les Euglénophytes .....	41
2.2.5. Les Pyrrhophytes .....	42
Conclusion .....	44
Résumé .....	45
Abstract .....	46
الملخص .....	47
Références Bibliographiques et Electroniques.....	48

## Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Moyenne des données météorologiques d'Annaba (1991-2012)	24
<b>02</b>	Classification des espèces phytoplanctoniques du marais de Boussedra	35
<b>03</b>	Effets nuisibles causés par le phytoplancton	Annexes
<b>04</b>	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	Annexes
<b>05</b>	Classification des eaux d'après leurs pH	Annexes
<b>06</b>	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique	Annexes

## Liste des figures

N°	Titre	Page
<b>01</b>	Schéma d'une Cyanobactérie	06
<b>02</b>	Situation géographique du marais Boussedra (Google Earth modifiée).	22
<b>03</b>	Le marais de Boussedra (photos prise par Benchabane et Merzoug, 2015).	23
<b>04</b>	Position de la région d'Annaba dans le climatogramme d'Emberger.	24
<b>05</b>	Diagramme pluviothermique de la région d'Annaba.	25
<b>06</b>	Flore du marais (Photo prise par Benchabane et Merzouge le 22/03/2015)	26
<b>07</b>	Oiseaux du Marais (Photo prise par ROUABHIA, 2015).	26
<b>08</b>	Localisation des points de prélèvement (Google Earth 2016 modifiée).	27
<b>09</b>	Photos de multiparamètre	28
<b>10</b>	Variations de la température de l'eau	32
<b>11</b>	Variations du pH de l'eau	32
<b>12</b>	Variations de la conductivité électrique de l'eau	33
<b>13</b>	Variation des teneurs en oxygène dissous	34
<b>14</b>	Variation de la salinité de l'eau	34
<b>15</b>	Répartitions des genres dans les classes phytoplanctoniques du marais de Boussedra	36



## Liste des Abréviations

**AO** : Acide Okadaïque

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

**AZP** : azaspiracides

**CFP** : Ciguatera Fish poisoning (Intoxications de type ciguatériques )

**CE** : Communauté Européenne

**Cond** : Conductivité électrique

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

**Fig**: Figure

**HAB**: Harmful Algal Bloom

**ha** : hectare

**LPS** : Lipopolysaccharidique

**min** : minimum

**max** : maximum

**moy** : moyenne

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

**N** : Azote

**nm** : nanomètre

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

**pH** : potentiel hydrogène

**P** : Phosphore

**Tab** : Tableau

**T** : Température

**µm** : micro- mètre

**µl** : micro- litre

**µs** : micro- seconde

## Introduction :

L'eau est essentielle à la vie: il s'agit d'une ressource vitale pour l'humanité et le reste du monde vivant. Tout le monde en a besoin, et pas uniquement pour boire. Nos rivières, lacs, eaux côtières et marines, ainsi que nos eaux souterraines, sont de précieuses ressources que nous devons protéger (**Communauté Européenne, 2011**).

La pollution et la rareté de l'eau menacent la santé et la qualité de vie de l'homme. Or, des préoccupations écologiques plus larges entrent également en ligne de compte. Le libre écoulement des eaux, inaltéré par la pollution, est important pour soutenir les écosystèmes dépendant de l'eau. Une pénurie d'eau de qualité nuit aux environnements aquatiques, terrestres et à ceux des zones humides en exerçant une pression supplémentaire sur la faune et la flore, qui subissent déjà les conséquences de l'urbanisation et du changement climatique (**Communauté Européenne, 2011**).

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 ... 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 (**Gleick, 1993., Costanza et al., 1997**). L'eau potable est vraisemblablement le bien le plus précieux car elle est une ressource rare et vitale (**Gleick, 1993**). L'eau est également un élément indispensable utilisé par l'irrigation agricole, la production d'énergie et l'industrie.

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

Le plancton végétal est le premier maillon biologique des chaînes alimentaires dans les écosystèmes aquatiques, la production primaire est principalement assurée par ce

maillon. Ces organismes photosynthétiques utilisent l'énergie lumineuse pénétrant dans l'eau pour effectuer la photosynthèse. Leur croissance dépend de la disponibilité en nutriments et de la présence de toxiques, de la température et de la lumière. Dans certaines conditions, avec des apports élevés de nutriments, la croissance excessive de ce phytoplancton conduit à une situation d'eutrophisation (**Ariane,2009**).

Le but de ce travail est de:

- Connaître les populations phytoplanctoniques des eaux du marais de Bouschedra après l'identification des taxons.

Ce manuscrit est divisé en trois chapitres.

- Le premier chapitre, une étude bibliographique présente une généralité sur les phytoplanctons.
- Le deuxième chapitre, présente une étude expérimentale consacrée aux présentations du matériel et méthodologie suivie pour la réalisation des analyses physicochimiques et phytoplanctonique
- Le troisième chapitre, mentionne sous forme de tableaux et de graphes les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique, avec une discussion et une conclusion clôturant le mémoire.

## Etude bibliographique

### 1. Généralités sur Le phytoplancton

Le phytoplancton du grec phyto : plante et plancton: qui flotte. Plus précisément il s'agit de l'ensemble des espèces de plancton autotrophe vis-à-vis du carbone (y compris les bactéries telles que les cyanobactéries).

Le phytoplancton est composé d'organismes végétaux (unicellulaires, filamenteux ou coloniaux) microscopiques en suspension dans la colonne d'eau, caractérisés par la présence de pigments chlorophylliens dont majoritairement la chlorophylle a. ces microorganismes sont qualifiés de thallophytes, c'est-à-dire dépourvus de tige, racine et de 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 permettent la constitution de molécules pour les cellules (**Douta et Feuillade, 1995**).

Toutefois, certains groupes du phytoplancton comme les dinoflagellés (*Prorocentrum* sp., *Gymnodinium* sp...) sont hétérotrophes et utilisent des substances organiques à la base de leur métabolisme (**Reviere, 2003**).

La flore algale est estimée entre 474 et 504 genres regroupant 3444-4375 espèces selon les auteurs. Mais ces chiffres augmentent au gré des découvertes (**Laurion et al., 2007**).

Les espèces de phytoplancton se répartissent à l'échelle mondiale (espèces cosmopolites) où se distribuent selon des grandes divisions climatiques classiques. On distingue ainsi des espèces d'eaux froides, d'eaux tempérées et d'eaux chaudes intertropicales (**Laurion et al., 2007**).

Le phytoplancton ne présente que 1% de biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais assure environ 45% de la production primaire (fixation du carbone minéral (CO<sub>2</sub>) en carbone organique). Il est à la base de la nourriture de plupart des poissons, qui fixent eux-mêmes une quantité considérable de carbonate de calcium (**Harris, 1986**).

Le phytoplancton regroupe deux catégories bien marquées d'organismes en se fondant sur un caractère cytologique, à savoir la présence ou l'absence de membrane nucléaire. Les individus qui en sont munis sont classés sous le nom d'eucaryotes

ou algues vraies, ceux qui en sont dépourvus sous le nom de procaryotes ou cyanobactéries (Coutes et Chauveau, 1994).

## 2. Systématique du phytoplancton

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

### 2.1. Clés d'identification du phytoplancton

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

#### 2.1.1. Cas des phytoplanctons eucaryotes

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

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

#### 2.1.2. Cas des Cyanobactéries

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

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

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

➤ Sous classe des *Coccogonophycidées*

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

➤ Sous classe des *Hormogonophycidées*

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

## 2.2. Composante du phytoplancton

### 2.2.1. Les Cyanobactéries

Parmi le peuplement phytoplanctonique qui est présent dans les eaux douces, on cite les cyanobactéries, sont des organismes procaryotes (**Carmichael, 1994 ; Chorus et Bartram, 1999 ; Pitois et al., 2000**).

Les cyanobactéries se distinguent des autres embranchements car ils regroupent les micro-organismes procaryotes (sans membrane nucléaire définie). Cet embranchement est composé de la classe des Cyanophycées. Ces micro-organismes sont dépourvus de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux. Les cellules renferment de la chlorophylle a et des phycobiliprotéines.

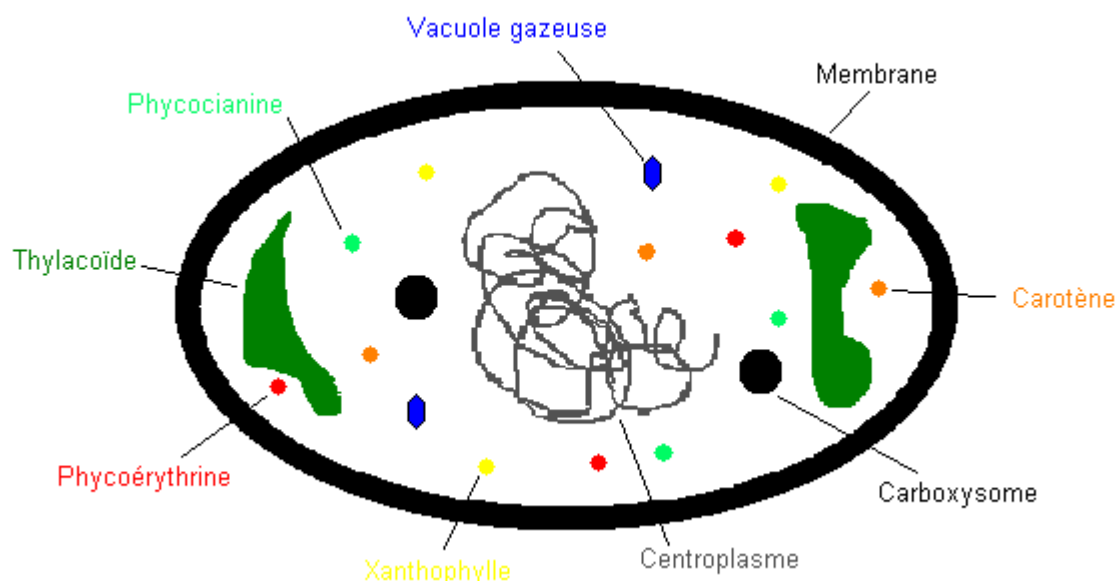
Les réserves sont constituées par le glycogène, la cyanophycine et des gouttelettes lipidiques. Il existe aussi des granules de polyphosphates. La multiplication s'effectue principalement par division cellulaire et par fragmentation chez les filamenteux (**Reviere, 2003**).

#### 2.2.1.1. Structure des cyanobactéries

Comme tous les êtres procaryotes, elles ne contiennent aucun organelle, mais sont néanmoins constituées :

- d'une membrane, composée de plusieurs couches, qui joue un rôle de perméabilité sélective (nutriments, déchets...) et de protection,

- d'un chromatoplasme, composé d'un cytoplasme riche en pigments (qui permettent une utilisation optimale de la lumière pour la photosynthèse) tels que la phycocianine bleu-vert, la phycoérythrine rouge, des carotènes et xanthophylles jaunes,
- de vacuoles gazeuses, qui leur permettent de faire des migrations verticales (pour aller chercher plus ou moins de lumière par exemple),
- de carboxysomes, qui permettent de fixer le CO<sub>2</sub> (sans doute requis à la photosynthèse),
- de thylacoïdes, qui contiennent la chlorophylle et qui sont le siège de la photosynthèse,
- d'un centroplasme incolore, qui fait fonction de noyau et renferme l'information génétique (ou ADN).



**Figure 01.**Schéma d'une cyanobactérie[14].

### 2.2.1.2. Caractéristiques uniques des cyanobactéries

#### ➤ Pigments photosynthétiques :

Les cyanobactéries utilisent un ensemble de stratégies qui leur a permis de coloniser tous les écosystèmes d'eau douce. D'abord, elles présentent une pigmentation diversifiée qui assure une efficacité photosynthétique élevée et une capacité à soutenir la production photosynthétique nette à une faible intensité lumineuse. Ce sont les phycobiliprotéines qui confèrent cet avantage aux cyanobactéries, comparativement à la plupart des algues, en leur permettant d'exploiter le rayonnement solaire disponible (PAR, *photosynthetically available radiation* ou lumière visible, 400-700 (nm)) sur une plus grande étendue de longueurs d'ondes.

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

#### ➤ Migration verticale et horizontale

En condition relativement calme, plusieurs espèces de cyanobactéries peuvent migrer verticalement dans la colonne d'eau grâce à leurs vacuoles gazeuses (structure présente chez plusieurs espèces). Elles peuvent ainsi profiter de la lumière en surface durant le jour, et migrer en profondeur dès la fin de la journée afin d'en exploiter les nutriments qui s'y trouvent souvent en plus grande concentration. En effet, l'absence d'oxygène (anoxie) à la surface des sédiments peut entraîner la remise en suspension du phosphore séquestré et le rendre disponible (**Nürnberg, 1984 ; Carpenter et al., 1999**). Ainsi, les fleurs d'eau sont souvent observées le matin alors qu'elles disparaissent en après-midi (**Oliver et Ganf, 2000**). Cette caractéristique est importante à considérer dans l'élaboration d'un plan d'échantillonnage.

Les cyanobactéries peuvent également ajuster leur position dans la colonne d'eau lorsque l'éclairement est trop élevé, évitant ainsi des dommages causés par un excès de lumière (en particulier les rayons ultraviolets). Le potentiel de migration des cyanobactéries s'étend au-delà de la zone photique et de la thermocline. L'étude classique de (**Ganf et Oliver, 1982**) démontre la capacité qu'ont les cyanobactéries de traverser la barrière de densité que représente une thermocline, alors qu'une population composée de *Microcystis aeruginosa* et d'*Anabaena spiroides* migrait jusqu'à une profondeur de 12 m, traversant la thermocline située alors à 07m (Boldereservoir, Australie, zone photique inférieure à 2.7m, profondeur maximale du réservoir de 30 à 34m). Lors d'une expérience réalisée au lac Okaro en Nouvelle-Zélande, les colonies de grande taille de *Microcystis* pouvaient migrer à une vitesse de 50 m par jour (**Walsby et McCallister, 1987**).

Les cyanobactéries régulent leur flottaison en fonction des conditions environnementales, soit en modifiant le taux de formation de vacuoles gazeuses par rapport à la croissance cellulaire, soit en modifiant l'accumulation d'hydrates de carbone et de protéines lors de la photosynthèse (**Oliver et Ganf, 2000**). La production de vacuoles gazeuses, lorsqu'il y a abondance de lumière, d'azote et de phosphore, est suffisante pour



contrevenir à l'augmentation de la densité cellulaire causée par l'accumulation d'hydrates de carbone (**Brooks et Ganf, 2001**).

L'accumulation de réserves de granules de phosphates influence aussi la flottaison des cellules en modifiant leur densité. L'azote est un facteur limitant la régulation de la flottaison des cyanobactéries à vacuoles gazeuses puisqu'il est un composant essentiel à la synthèse de leurs vacuoles (**Oliver et Ganf, 2000**).

La forme de la colonie influence également sa flottabilité. Par exemple, les colonies de *Microcystisaeruginosa* ayant un diamètre inférieur à 20 µm ont un pouvoir de migration très limité, alors que les colonies jusqu'à 1600 µm de diamètre peuvent se transporter verticalement sur une distance de 10 m trois fois par jour (**Cronberg et Annadoter, 2006**).

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

#### ➤ Dormance

Lorsque les conditions du milieu ne sont plus favorables à leur prolifération, les cyanobactéries ont la capacité d'entrer en dormance en attendant un environnement meilleur. Cet état de dormance est possible grâce à la formation des pores ou akinètes (cellules aux parois épaisses contenant des réserves) ou à une modification des cellules végétatives (**Mur et al., 1999**). Les akinètes peuvent ainsi survivre dans les sédiments durant l'hiver et même durant plusieurs années en consommant leurs réserves d'hydrates de carbone par respiration ou fermentation. Les cellules qui remontent vers la surface après la dormance sont unicellulaires ou en colonies de très petite taille.

#### ➤ Prédation

Les cyanobactéries ne sont pas la source de nourriture préférée du zooplancton. En effet, en plus de la production de toxines, les cyanobactéries peuvent sécréter des substances allélopathiques qui tendent à cibler directement les brouteurs et qui peuvent altérer leur physiologie, induire des réactions d'évitement ou causer leur mortalité (**Smayda, 1997a**). Les substances allélopathiques se distinguent des cyanotoxines puisqu'elles sont des métabolites secondaires. Les cyanobactéries évitent également la prédation par le zooplancton en se groupant en colonies trop volumineuses pour être ingérées. Ainsi, même si durant certaines périodes, leur taux de croissance est similaire ou

inférieur aux algues, la perte par la prédation étant faible ou nulle, les cyanobactéries montrent de fortes augmentations de biomasse lorsque les conditions leur sont favorables. La pression par la prédation peut toutefois maintenir plus courte la longueur des filaments de certaines espèces de cyanobactéries, et ainsi réduire la formation d'hétérocystes (qui dépend de la longueur des filaments). (Chan et al., 2004).

### ➤ **Compétition**

Les cyanobactéries sont adaptées à une multitude de conditions environnementales et excellentes particulièrement sous conditions extrêmes. Il n'est donc pas surprenant qu'elles aient été parmi les premiers organismes à coloniser la terre et qu'elles soient encore aujourd'hui très compétitives et parfois dominantes. Ce résumé des caractéristiques et adaptations des cyanobactéries n'est pas exhaustif mais présente une image générale de cet organisme primitif. Tous ces facteurs rendent les cyanobactéries très compétitives, surtout à la fin de l'été lorsque la stratification est fréquente et les nutriments en déficit dans l'épilimnion. Par contre, toutes les espèces de cyanobactéries ne possèdent pas ces aptitudes de façon égale et les stratégies d'adaptation au milieu sont variables selon les espèces et les conditions environnementales. De plus, puisque les cyanobactéries ont peu de prédateurs et puisqu'elles ont la capacité d'éviter la sédimentation par le biais de la flottaison, les taux de perte des cyanobactéries sont généralement faibles (Vincent, 1989). Leurs taux de croissance plus lents sont alors compensés par la forte prévalence des populations une fois qu'elles sont établies (Mur et al., 1999), et par leur capacité à modifier l'environnement aquatique à leur avantage.

### ➤ **Multiplication**

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

## **2.2.2. Les Chlorophytes**

Les Chlorophytes ont des plastides d'un beau vert franc et mettent de l'amidon en réserve. Cet amidon est logé dans les plastides (amidon intraplastidial). Il se colore en bleu-noirâtre, et souvent même, en noir par la solution iodo-iodurée. Les cellules nageuses

possèdent habituellement deux fouets de même taille, rarement quatre ou plus. Cet embranchement comporte quatre classes : Les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées (Bourrelly, 1972).

### 2.2.3. Les Euglénophyte

Les *Euglénophytes* sont des algues vraies unicellulaires, contenant des plastes verts renfermant de la chlorophylle *a* et *b*, associée à du  $\beta$ -carotène et des xanthophylles. Les réserves sont constituées de grains de paramylon extraplastidial (Bourrelly, 1968; Gorenflot et Guern, 1989), et des gouttelettes lipidiques pouvant constituer des réserves supplémentaires (De Reviere, 2003). Les cellules mobiles possèdent un ou deux flagelles (Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997).

### 2.2.4. Les Chrysophyte

Les Chrysophycées sont caractérisées par des chromatophores bruns, jaunes ou vert-jaunâtre. Ces algues ne possèdent jamais d'amidon, mais un polysaccharide ne se colorant pas à la solution iodo-iodurée. On en distingue 3 classes: les Chrysophycées, les Xanthophycées et les Bacillariophycées ou Diatomées (Bourrelly, 1972).

#### 2.2.4.1. Les Chrysophycées

Sont des algues unicellulaires ou coloniales (rarement filamenteuses), dont certaines vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique. Leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en xanthophylles (lutéine, fucoxanthine, diadinoxanthine) et caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) masquant la couleur due aux chlorophylles *a* etc. (Wetzel et al., 2001). La plupart de ces cellules obtiennent leur énergie par mixotrophie, c'est à dire qu'elles sont capables d'autotrophie et d'hétérotrophie. Dans le dernier cas, elles se nourrissent en consommant de la matière particulaire comme des bactéries ou des protistes (phagotrophie) ou bien en absorbant des molécules organiques complexes (osmotrophie) (Sanders et al., 1990; Domaizon et al., 2003). Le nombre de flagelles est variable. La plupart des cellules sont uniflagellées mais d'autres possèdent deux flagelles généralement de même taille. Beaucoup des espèces appartenant à cette classe n'ont pas de paroi cellulaire mais sont juste entourées d'une membrane cytoplasmique. D'autres possèdent une surface cellulaire couverte de plaques ou d'écailles siliceuses ou calcaires. La multiplication se fait par fission binaire ou par zoospores. Les phénomènes sexuels, rarement signalés, sont de nature isogamique. En période de repos, la formation

endogène de kystes siliceux, globuleux, percés d'un pore obstrué par un bouchon, est caractéristique des Chrysophycées.

#### 2.2.4.2. Les Xanthophycées

Regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte (Ettl, 1978). Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente. La paroi cellulaire est souvent absente et quand elle est présente, elle contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse chez plusieurs espèces. Les xanthophycées se divisent essentiellement par fission binaire mais peuvent également former des zoospores. La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (Ott et Oldham-Ott 2003).

#### 2.2.4.3. Les Diatomophycées

Les *Diatomophycées* sont des algues unicellulaires ou coloniales quelquefois filamenteuses, à plastes bruns ou jaunes contenant de la chlorophylle *a* et *c*, du  $\beta$ -carotène et plusieurs xanthophylles (Gorenflot et Guern, 1989). Les cellules synthétisent une enveloppe externe siliceuse souvent très ornementée (Pierre, 2001). Elles sont dépourvues de flagelles et les mouvements se font grâce à la sécrétion de mucilage (De Reviers, 2003).

#### 2.2.4.4. Les Raphidophycées

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

#### 2.2.5. Les Pyrrophytes

Elles ont 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-plastidial (Bourrelly, 1970). On les divise en Dinophycées (ou Péridiniens), Cryptophycées, Euglénophycées et Chloromonadophycées.

##### 2.2.5.1. Les Cryptophycées

Sont unicellulaires, mobiles de par la présence de deux flagelles (de taille égale) et dépourvues de paroi cellulaire. En effet, l'enveloppe qui les entoure est appelée périplaste et

est composé de deux couches distinctes, le périplaste interne (succession de plaques protéiques) et le périplaste externe (membrane protéique unique) qui entourent la membrane plasmique (**Kugrenset Clay, 2003**). Les cellules sont aplaties dorso-ventralement et sont pourvues d'une invagination antérieure qui porte les deux flagelles. Les cellules contiennent une variété de pigments dont la phycoérythrine qui leur donne une couleur rougeâtre caractéristique. La reproduction se fait par fission binaire (**Starmach, 1974; Bourelly, 1985a**).

### 2.2.5.2. Les Dinophycées

Les *Dinophycées* sont majoritairement unicellulaires, cependant ils existent quelques rares formes filamenteuses, pourvues de deux flagelles dirigés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre, l'un longitudinal et l'autre transversal (**De Reviens, 2003**). Les *Rhodophytes* et les *Phéohycées* «*Chrysophytes*», sont plus évoluées comme l'attestent leurs morphologies et presque toutes marines (**Gorenflot et Guern, 1989**).

## 3. L'habitat et écologie du phytoplancton

Les organismes qui constituent le phytoplancton est d'une extrême plasticité écologique. Ces espèces très ubiquistes colonisent les biotopes terrestres et aquatiques (**Fogg et al., 1973**), et se retrouvent dans l'eau douce, saumâtre ou salée. Quelques espèces sont recensées dans les eaux thermales tandis que d'autres tolèrent les basses températures des lacs arctiques et antarctiques (**Skulberg, 1996**). Certaines espèces vivent en association avec des animaux comme des protozoaires, des éponges ou des ascidies (Endozoïques), ou avec des végétaux comme des fougères aquatiques ou des angiospermes (Endophytiques) (**Couté et Bernard, 2001**). Elles peuvent encore vivre en symbiose avec des champignons et des algues vertes comme dans le cas des lichens. Au cas où elles sont strictement aquatiques, elles peuvent être planctoniques, vivant dans la colonne d'eau, ou benthiques, fixées ou très proches des divers substrats (roches, coraux, algues, animaux) et se développent même à l'intérieur des sédiments (**Mur et al., 1999; Couté et Bernard 2001**).

Le phytoplancton comporte des organismes autotrophes qui possèdent, suivant les espèces, en plus de leurs remarquables possibilités d'adaptation à la température, une excellente adaptabilité aux variations lumineuses grâce à une composition pigmentaire qui leur permet d'utiliser une large gamme du spectre lumineux. Certaines espèces peuvent aussi se déplacer dans la colonne d'eau grâce à des glissements, à des mouvements

hélicoïdaux ou à la présence de vésicules à gaz. Ces éléments leur permettent d'aller se positionner au niveau de leur optimum lumineux dans la zone euphotique ou de descendre dans les couches inférieures chercher des concentrations plus importantes en nutriments. D'autres peuvent s'affranchir partiellement des éléments nutritifs par leurs capacités de stockage ou de transformation de l'azote atmosphérique.

Selon **Chorus et Bartram (1999)**, dans le phytoplancton il y a des organismes «écostratégiques» pouvant adopter plusieurs comportements qui les conduisent à dominer les communautés algales :

➤ Ecostratégiques dispersés ou stratifiants. C'est le cas des genres *Planktothrix* et *Limnothrix*. Ce sont des espèces filamenteuses sensibles aux fortes intensités lumineuses. La régulation de la flottabilité est moins efficace chez ces espèces qui se retrouvent alors dispersées dans l'épilimnion, arrivant parfois à éliminer les autres organismes phytoplanctoniques par simple ombrage. Cependant, ces espèces peuvent aussi adopter une stratégie différente en se développant au niveau de la thermocline où leur richesse en phycoérythrine leur permet d'absorber efficacement la lumière dans les longueurs d'ondes 490 à 570 nm (bleu et vert).

➤ Ecostratégiques fixateurs d'azote. Certaines espèces de cyanobactéries appartenant aux genres *Aphanizomenon*, *Nodularia*, et *Nostoc* peuvent profiter d'une limitation de la disponibilité en azote sous forme directement assimilable ( $\text{NO}_3^-$  ou  $\text{NH}_4^+$ ) pour dominer les autres espèces grâce à leur fixation d'azote.

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

### 3. 1. Cycle annuel du phytoplancton

Pour vivre, le plancton végétal a besoin d'eau, de lumière, de sels minéraux (nitrate, phosphore, silicate, potassium...), d'oligoéléments (magnésium, fer...) et de  $\text{CO}_2$ . Ainsi, son existence est étroitement liée aux conditions régnant dans son milieu : température et turbidité (degré d'opacité) de l'eau, précipitations, ensoleillement, pollution, ... etc. l'échelle d'une année, il présente donc une grande variabilité saisonnière.

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

#### 4. Ecophysiologie du phytoplancton

En supposant la lumière, la température et l'hydrodynamisme favorables à la croissance du phytoplancton, la biodisponibilité des nutriments présents dans l'eau (contrôle ascendant) et l'intensité de la prédation (contrôle descendant) commandent le développement des espèces phytoplanctoniques.

La demande exercée par les organismes est fonction de la composition de leur tissu vivant. L'une des sources de carbone est sous forme de gaz carbonique d'origine atmosphérique qui se dissout facilement dans les écosystèmes aquatiques par diffusion (**Hutchinson, 1957**). Il est généralement admis que le carbone est excédentaire environ d'un coefficient 30, et donc rarement limitant (**Schindler et al., 1971; Schindler, 1974 ; Moss, 1980 ; Welch, 1980**).

Toutefois, dans les milieux Hyper-eutrophes, l'augmentation du pH entraîne une diminution de la solubilité des bicarbonates dans l'eau pouvant créer une limitation de la croissance du phytoplancton (**Sevrine-reyssac et al., 1996**). Par contre, l'azote peut être le facteur limitant du développement du phytoplancton (**Dufour & Berland, 1999**). Les sources sont généralement minérales : nitrate, ammonium ou même le nitrite. Les deux premières sont susceptibles de provoquer les mêmes vitesses de croissance, tandis que les nitrites ont rapidement un effet toxique à faibles concentrations (**Pourriot et Meybeck, 1995**). En terme moléculaire, d'après les calculs de **Redfield (1934)**, la composition intracellulaire des algues en culture se traduit par des concentrations en azote (N) environ 16 fois plus élevées qu'en phosphore (P). Les résultats d'expériences faites par **Chiandani et Vighi (1974)** confirment ces travaux et montrent que les demandes algales en N et P peuvent varier entre des rapports compris entre 17 : 1 et 13 : 1. Cependant, les modifications de la production au cours d'expérience de fertilisation par divers éléments sous des formulations diverses, ont montré qu'un apport en azote exerçait peu ou pas d'effet alors qu'une même petite quantité de phosphore pouvait stimuler la production d'une façon considérable (**Paloheimo et Zimmerman, 1983**). Les apports en carbone et en oligo-éléments ont également un effet limité (**Goldman, 1960; Schindler et al., 1971; Schindler**

et Fee, 1974; Robarts et Southall, 1977). Le phosphore peut être fortement adsorbé par des espèces phytoplanctoniques dont certaines sont prédisposées à la sédimentation et donc à terme être éliminées de la colonne d'eau (Welch, 1980; Sonzogni et al., 1982).

## 5. Rôle du phytoplancton dans l'écosystème aquatique

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

### 5.1. Photosynthétique

L'importance du phytoplancton dans les milieux aquatiques est due à leur capacité de synthétiser des hydrates de carbone et de l'oxygène, à partir des éléments minéraux dissous dans l'eau et de l'énergie lumineuse, selon l'équation de Redfield (Stumm et Morgan, 1996). Lors de la photosynthèse, le phytoplancton est capable de fixer en milieu marin entre  $20 \cdot 10^9$  et  $55 \cdot 10^9$  tonnes de carbone (Mann et Lazier, 1966).

### 5.2. Chaîne alimentaire

L'importance du phytoplancton était déjà perçue chez les pêcheurs au moyen âge chez lesquels existait l'adage « qui dit poisson dit plancton » (Trégouboff et Rose, 1957). Le phytoplancton est situé à la base de la chaîne trophique pélagique, il est responsable d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques (Reynolds, 1998). De ce fait il conditionne la production de poissons, de moules, d'huitres, de crevettes et d'autres produits (Hansen et al., 2001)

### 5.3. Autres rôles du phytoplancton

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

- Certaines espèces du phytoplancton, peuvent être utilisées comme des indicateurs de pollution, ainsi *Chamaesiphon poloniensis* et *Calothrix* sont caractéristiques des eaux non polluées, par contre *Oxillatoriachlorina* et *Spirulina jenniferi* peuvent survivre dans les milieux très pollués et pauvres en oxygène. Cependant *Phormidium* est présent dans les eaux moyennement polluées (Champiat et Larpent, 1994).

- Certains genres de phytoplancton comme : *Euglena*, *Volvox* et *Spirogyra* sont des bio accumulateurs d'éléments radioactifs. Ils sont utilisés pour lutter contre ce type particulier de pollution (Champiat et Larpent, 1994).



- Certains genres des Cyanobactéries peuvent être utilisés comme engrais naturels dans les rizières grâce à leurs capacités de fixation de l'azote atmosphérique par des hétérocystes (**Roger, 1996**).

- Le phytoplancton est connu pour libérer dans le milieu des substances antibactériennes (**Barnabé et Barnabé-Quet, 1997**). Certaines espèces appartenant aux genres *Scenedesmus* et *Chlorella*, ont un effet inhibiteur sur *Bacillus cereus* et *Pseudomonas sp*, tandis que d'autres espèces présentent un effet biocide marqué vis à vis des Coliformes et des Salmonelles (**Champiat et Larpent, 1994**).

- *Spirulina* est une Cyanobactérie qui possède des qualités intéressantes pour l'alimentation et la santé, tant pour l'Homme que pour les animaux car elle est riche en protéine et en vitamine B12 (**Rafiqul et al., 2005**). Alors que *Scenedesmus*, *Chlorella* et *Oxillatorias* sont utilisées en culture semi-industrielles en vue d'obtenir des produits riches en protéines utilisables pour l'alimentation humaine ou animale (**Iltis, 1980**).

#### 5.4. Rôle du phytoplancton dans le traitement des eaux usées

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

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

- Elles assurent l'élimination, en partie, des sels nutritifs excédentaires dans les eaux résiduaires (**Kalisz, 1973b; Pouliot et Delanoüe, 1985; Ergashev et Tajiev, 1986**).

- Elles agissent comme bio absorbants contribuant à l'élimination des métaux lourds et autres produits toxiques véhiculés par ces eaux (**Beker, 1983**).

- Par leur activité biologique, elles influencent négativement les conditions de vie de certaines bactéries pathogènes, conduisant ainsi à leur réduction en nombre et même leur disparition (**Parhad et Rao, 1974; Pearson et al., 1987**).

## 6. La source du développement du phytoplancton

Le phytoplancton vit là où les éléments de la photosynthèse sont réunis[01].

- **La lumière**

Dans l'océan, les rayons solaires ne pénètrent que jusqu'à une certaine profondeur. C'est pourquoi le phytoplancton est abondant surtout dans les eaux de surface où il reçoit suffisamment de lumière pour réaliser la photosynthèse. Cette zone est la couche euphotique, dont l'épaisseur varie de plusieurs mètres dans les estuaires jusqu'à environ 200 mètres en haute mer. Le plancton végétal est particulièrement foisonnant près des côtes où les hauteurs d'eau sont faibles et où la lumière se diffuse pleinement. C'est le cas des baies, des estuaires, des marais salants...

- **Les sels minéraux**

Les sels minéraux sont présents partout où l'eau douce vient rejoindre la mer, mais pour qu'ils soient accessibles au phytoplancton, ils doivent, comme lui, rester en suspension dans les eaux de surface où se trouvent tous les éléments de la photosynthèse. Pour cela, ils dépendent des vents et des courants qui brassent de l'eau leur évitant de tomber ou de rester sur les fonds où ils s'ajoutent aux sédiments.

- **Le gaz carbonique**

Dissous dans l'eau, il entre dans le processus de la photosynthèse. Le CO<sub>2</sub> vient des échanges gazeux (CO<sub>2</sub> – O<sub>2</sub>) avec l'atmosphère et il est présent partout.

## 7. Effet nuisible du phytoplancton

Depuis quelques années, l'eutrophisation croissante des rivières et des retenues d'eaux se traduit par des phénomènes de proliférations algales de plus en plus préoccupantes, du fait de multiples problèmes liés à la toxicité potentielle de certaines espèces phytoplanctoniques (Nasri *et al.*, 2004), capables de produire des toxines pouvant causer des mortalités chez l'animal et des maladies chez l'Homme (Turner *et al.*, 1990; Carmichael et Falconer, 1993; Sournia, 1995; Kuiper-Goodman *et al.*, 1999). Leur impacte peut être résumé comme suit :

### 7.1. Risque sur la santé humaine

Certaines espèces phytoplanctoniques produisent des phycotoxines, qui sont accumulées par les organismes phytoplancton phages « les mollusques bivalves, gastéropodes, crustacés, ainsi que certains poissons ». Ces organismes jouent le rôle de

vecteurs sains. Ils ne sont pas affectés par ces toxines (Tab. 1), mais sont toxiques pour les consommateurs secondaires dont l'Homme (Gailhard, 2003).

### 7.1.1. Intoxications amnésiantes par les fruits de mer

Les toxines amnésiantes (ASP) ont été identifiées en 1987, suite à une intoxication alimentaire massive liée à la consommation de moules (Bates et al, 1989). La toxine responsable est l'acide domoïque « neurotoxine », il s'agit d'un acide aminé hydrosoluble appartenant à un groupe appelé kainoïdes (Wright et Quilliam, 1995). Ces toxines peuvent, dans les cas les plus graves entraîner la mort (Teitelbaum et al., 1990).

### 7.1.2. Intoxications paralysantes par les fruits de mer

L'identification d'intoxication paralysante (PSP) est ancienne (Dale et Yentsch, 1978), les toxines responsables sont des dérivés hydrosolubles de tétrahydropusine qui peuvent être divisés en 3 groupes : les carbamates (les plus puissantes), les dérivés décarbamoyl (toxicité intermédiaire) et les N-sulfocarbamoyl (faiblement toxiques) (Cembella et al., 1995). Ces intoxications entraînent une paralysie musculaire et dans les cas les plus graves peuvent être mortelles, lorsque le système respiratoire est atteint (Lassus et al, 1994; Amzil et Motteau, 2000).

### 7.1.3. Intoxications neurologiques par les fruits de mer

Les intoxications neurologiques (NSP) sont provoquées par un groupe de toxines rassemblées sous l'appellation de brevetoxines (Richardson, 1997). Ce sont des polyéthers liposolubles (Baden et Trainer, 1993). Ces toxines sont responsables des mortalités chez les mammifères marins (Anderson et White, 1992). Les NSP sont caractérisées par des symptômes neurologiques (Richardson, 1997), qui ne sont pas aussi sévères que les PSP (Steidinger et Baden, 1984).

### 7.1.4. Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer

Les intoxications diarrhéiques (DSP) ont été identifiées pour la première fois au Japon en 1976 (Yasumoto et al., 1978). Les toxines responsables comprennent un groupe de composés polyéthers cycliques, l'acide okadaïque (AO) et les dinophysistoxines 1 à 3 (DTX-1 à DTX-3) (Quilliam et Wright, 1995). L'AO et DTX-1 sont des puissants promoteurs tumoraux (Aune et Yndestad, 1993).

### 7.1.5. Intoxications de type ciguatériques

Les ciguatéra (CFP) connues depuis longtemps dans les zones tropicales, sous les noms de maïtotoxine et ciguatotoxine, elles sont transmises à l'Homme par le biais de la chaîne alimentaire, en général par les poissons (**Richardson, 1997**). La ciguatoxine (CTX) est une famille de polyéthers polycycliques liposolubles et thermostables (**Lewis, 2001**), il existe plus de 20 types différents de ciguatoxine. Alors que la maïtotoxine (MTX) est une toxine poly-étherée hydrosoluble (**Bagnis et al., 1992**), qui s'accumule dans les viscères des poissons herbivores (**Hansen et al., 2001**).

### 7.1.6. Intoxications par les azaspiracides

Un événement d'intoxication alimentaire (AZP) associé à la consommation de moules a été observé en 1995 au Pays Bas (**Satake et al., 1998**). Une nouvelle toxine « L'azaspiracide » a été identifiée comme responsable de ces intoxications et l'organisme producteur, non identifié avec certitude jusqu'à l'heure actuelle. La toxine serait d'origine phytoplanctonique (**Gailhard, 2003**).

### 7.1.7. Toxines Cyanobactériennes

Plusieurs espèces de Cyanobactéries sont capables de produire des toxines qui provoquent l'intoxication de l'Homme et de l'animal, lors de la consommation ou l'exposition à l'eau (**Turner et al., 1990**). Les facteurs à l'origine de la synthèse des toxines ne sont pas très bien connus, mais pourraient être liés à une faible concentration en fer et une abondance en zinc (**Lukac et Aegerter, 1993**). Ces toxines peuvent être classées en :

#### 7.1.7.1. Hépatotoxines

Les hépatotoxines comprennent les micro-cystines (hepta peptidescycliques), et la nodulaire toxine apparentée (penta peptide cyclique). Les variations dans la structure chimique de la microcystines-LR sont nombreuses, et 48 types différents ont été caractérisés (**Sivonen, 1996**). Des expositions chroniques à ces toxines peuvent provoquer des cancers (**Falconer, 1996**).

#### 7.1.7.2. Cyto-toxines

Les cyto-toxines comprennent principalement la *Cylindrospermopsine*, un alcaloïde isolé et caractérisé à partir de *Cylindrospermopsis raciborskii*. Il existe d'autres cyto-toxines indéterminées associées aux Cyanobactéries (**Falconer, 1996**).

### 7.1.7.3. Neuro-toxines

Les toxines responsables sont l'anatoxine A (un alcaloïde) et l'anatoxine A (s) (un méthyle phosphate ester guanidine) (**Carmichael et Falconer, 1993**). Aucun cas d'intoxication n'a été répertorié, car il semble peu probable qu'un empoisonnement humain puisse survenir par suite de la consommation d'eau contaminée ou d'un contact (**Falconer, 1996**).

### 7.1.7.4. Dermato-toxines

Les toxines de ce type sont : les aplysiatoxines, la débromoaplysiatoxine et la lyngbyatoxine A (**Hansen et al., 2001**), ces toxines sont de très puissants promoteurs tumoraux (**Falconer, 1993 b**).

### 7.1.7.5. Endotoxines lipopolysaccharidiques

Les endotoxines de nature lipopolysaccharidique (LPS) sont des constituants de la membrane cellulaire des cyanobactéries comme celles des autres bactéries à Gram négatif (**Hunter, 1998; Chorus et Bartram, 1999; Pitois et al., 2001**). Certaines études ont montré que les LPS des Cyanobactéries seraient dix fois moins toxiques que celles des autres bactéries à Gram négatif (**Hunter, 1998; Codd et al., 2005**). Les LPS ont un effet toxique, lors d'un contact direct avec la peau (**World Health Organization, 1998**).

## 7.2. Risque sur les organismes marins

Le phytoplancton peut avoir des impacts directs sur les populations marines, car certaines espèces peuvent produire des toxines extracellulaires « directement libérées dans le milieu », pouvant provoquer de nombreuses mortalités chez les poissons exemple : *Karenia brevis* « Dinoflagellé » (**Mortensen, 1985**), ou encore chez les invertébrés marins, exemple l'espèce *Heterocapsa circularisquama* « Dinoflagellé » causant des mortalités massives d'huitres perlières et autres bivalves (**Matsuyama et al., 1996**). Or les toxines, des lésions mécaniques peuvent également être engendrées comme le colmatage des branchies par la production de mucus ou l'altération des branchies par les excroissances « les épines » de certaines espèces phytoplanctoniques, exemple l'espèce *Chaetoceros* sp « Diatomées » (**Gailhard, 2003**).

### 7.3. Risque sur le fonctionnement de l'écosystème

Outre les intoxications et la mortalité des organismes évoqués précédemment, le phytoplancton est capable de provoquer un dysfonctionnement de l'écosystème (**Chauvaud et al., 2000**), due à une prolifération algale intense. Pour décrire cet événement, différents termes sont utilisés « bloom, marrées rouges, efflorescence, ... » (**Smayda, 1997b**). L'ensemble de ces termes est aujourd'hui rassemblé sous l'appellation internationale HAB « Harmful Algal Bloom ». Bien que les HAB sont des phénomènes anciens, il semblerait qu'ils sont en augmentation tant en termes d'aires géographiques touchées que la diversité des micro-organismes incriminés (**Hallegraeff, 1998**), provoquant ainsi des dangers pour la santé publique et des pertes économiques importantes (**Gailhard, 2003**).

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

Parmi les différents groupes phytoplanctoniques capables de former des floraisons nocives en eau douce. Certaines espèces de *Dinophycées* et de *Chrysophycées*, mais ces floraisons sont moins fréquentes que celles des Cyanobactéries et sont associées à des conditions différentes. Les floraisons de *Dinophycées* sont généralement associées aux milieux salés (**Paerl, 1988**). Dans les lacs, elles préfèrent des milieux bien mélangés et riches en éléments nutritifs (**Reynolds, 1984**), alors que les *Chrysophycées* ont tendance à former des floraisons dans des lacs oligotrophes (**Nicholls, 1995**). Cependant les Cyanobactéries demeurent sans conteste le groupe principal capable de former des floraisons en eau douce (**Paerl et al., 2001**) Tab.03(Annexes).

## Matériel et Méthodes

### 1. Présentation du site d'étude

#### 1.1. Localisation

Administrativement, la mare de Boussedra ( $36^{\circ} 50' 45''$  N,  $7^{\circ} 43' 47''$  E) appartient à la Wilaya d'Annaba, Commune d'El Bounià distante de 10 Km du chef-lieu de la ville d'Annaba. Ce marais fait partie des zones humides de la Numidie occidentale. Elle s'étend sur une superficie d'environ 55 ha (en fonction de la pluviométrie), la surface d'eau libre aussi dépend de la saison (Chettibi, 2014).



**Figure 02.** Situation géographique du marais de Boussedra [13]

La mare n'est pas protégée. Depuis 2003 elle est utilisée comme décharge, perdant 30% de sa superficie jusqu'à 2011 (Samraoui, 2012) et donnant progressivement la place à des lotissements. Cette zone humide est un exemple typique de fragment des zones humides méditerranéennes (Battisti et al., 2008, Paracuellos, 2008). Elle est un vestige d'un ancien grand complexe de zones humides autour de la ville d'Annaba et est désormais intégrée dans un paysage urbain.

Elle est située dans une agglomération urbaine et est limitée sur toute sa partie Est par les bidonvilles. La rive Sud est limitée par des usines d'industries agroalimentaire et traversée par un chemin de fer. Sur ses limites Nord et Ouest les agglomérations urbaines sont un peu plus loin (quelques dizaines de mètres).

La mare est une cuvette dont les eaux sont d'origine pluviale et véhiculées par les écoulements colluviaux. La profondeur de la mare est de 02 m au maximum pendant la période de pluie et 1,5m au maximum en période sèche. Les eaux usées des usines et des bidonvilles coulent dans la mare. (Chettibi, 2014).



**Figure 03.**Le marais de Bousedra (Photo prise par Benchabane et Merzoug, 2015).

## 1.2. Etude Climatique

Les études climatiques de la mare deBousedra sont fournies pour les dernières années (1991-2012) (Chettibi, 2014).

### 1.2.1. La température

Le climat de la région d'Annaba est doux, pluvieux en hiver, chaud et subhumide en été avec une température moyenne annuelle de 17 °C, une température maximale de 30°C en aout et une température minimale de 07 °C en janvier et février. **Tab.01(Chettibi, 2014).**

### 1.2.2. La précipitation

Les précipitations sont abondantes, la totalité de la pluviométrie annuelle est de 600mm.En hiver les précipitations sont importantes avec un maximum de 100 mm en janvier et en décembre et sont rares en été avec un minimum de 0 mm en juillet.**Tab.01(Chettibi, 2014).**



**Tableau 01.** Moyenne des données météorologiques d’Annaba (1991-2012)  
(Station météorologique d’Annaba, 2012)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
<b>T min (°C)</b>	7	7	8	10	13	16	19	20	18	15	11	8	12
<b>T moy (°C)</b>	11	12	13	15	18	21	24	25	23	20	15	12	17
<b>T max (°C)</b>	15	16	17	19	22	26	29	30	28	24	20	16	22
<b>P (mm)</b>	100	70	70	40	30	10	0	10	30	70	60	100	600

**1.2.3. L’humidité**

Le taux d’humidité est élevé l’hiver comme l’été, la moyenne maximale est de 93% en décembre et la moyenne minimale de 46,4% en juillet (Chettibi, 2014).

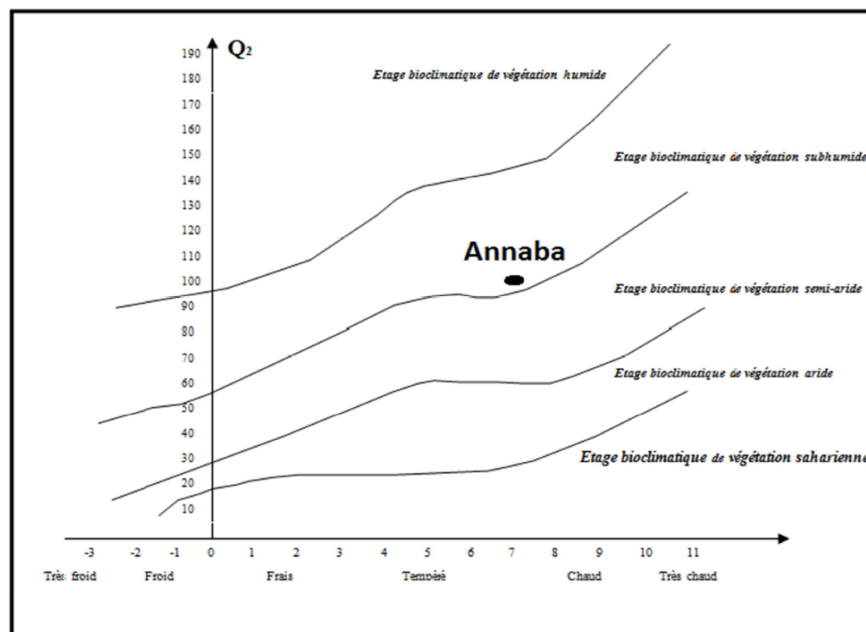
**1.2.4. Les vents**

La direction dominante du vent est Nord-est Sud –ouest (Chettibi, 2014).

**1.2.5. Synthèse climatique**

**1.2.5.1. Climatogramme d’Emberger**

Le Q2 pour la période de 1991-2012 est de 93,95. Le quotient d’Emberger (1952) situe Annaba dans l’étage bioclimatique subhumide tempéré (Chettibi, 2014) (Fig.04).



**Figure 04.** Position de la région d’Annaba dans le climatogramme d’Emberger(Chettibi., 2014).

### 1.2.5.2. Diagramme pluviothermique de GAUSSEN

Le diagramme pluviothermique de Gausсен (Fig.05) pour la période 1991-2012 montre que l'année est répartie en une saison sèche allant de mi -avril à mi -septembre et une saison humide le reste de l'année. (Chettibi .,2014).

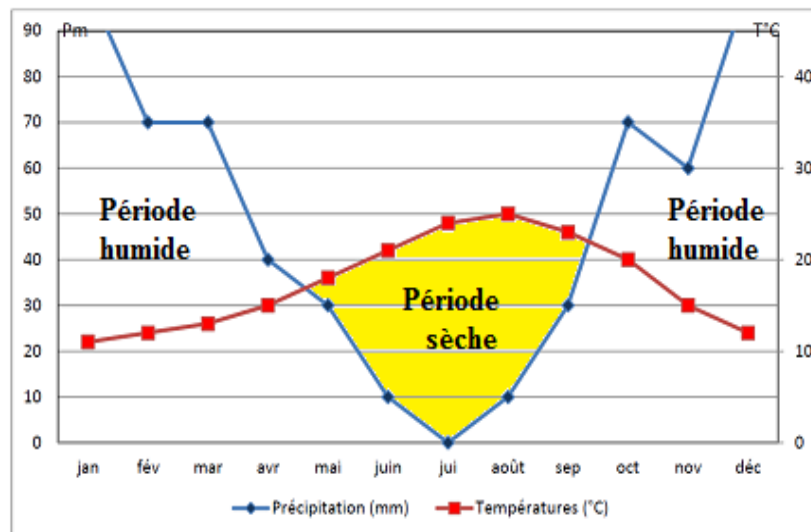


Figure 05. Diagramme pluviothermique de la région d'Annaba (Chettibi .,2014).

### 1.2.6. Régime hydrique

Le marais de Boussedra est une dépression prédisposée à retenir les eaux d'origine pluviale, où la profondeur de l'eau peut atteindre 2 m en hiver grâce aux quantités importantes de pluies que reçoit la région, et les eaux usées issues des usines de production agroalimentaire et des lotissements situés autour.

La sortie d'eau se fait principalement par évapotranspiration, ainsi que par le pompage des eaux pour l'irrigation. La submersion était permanente pour 70 % du plan d'eau, le reste qui représente les bords et quelques parcelles au centre où la profondeur n'excède pas 0.5 m s'assèchent vers la fin du mois de juillet et s'émergent encore au début de la saison d'hivernage. (Aberkane, 2014).

## 1.3. Faune et flore

### 1.3.1 Flore

Le couvert végétal de la mare est constitué principalement de *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris* et *Scirpus maritimus*. Dans la partie sud de la mare on trouve une large bande de *Tamarix gallica*, qui est utilisée comme site de nidification pour une

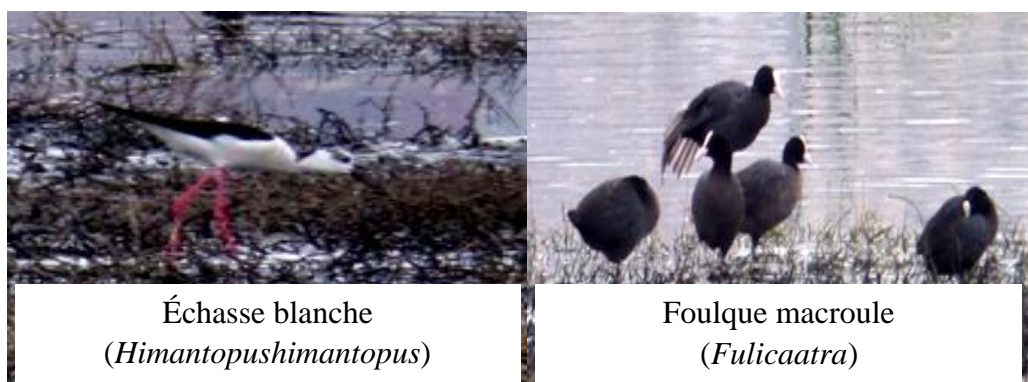
colonie mixte de hérons (environ 500 nids, de Héron garde- bœuf, Héron chevelu, Aigrette gazette et Héron bihoreau). (Chettibi, 2014).



**Figure 06.** Flore du marais (Photo prise par Benchabane et Merzoug, 2015).

### 1.3.2. Faune

La mare Boussedra est le site d'hivernage et de reproduction privilégié de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau dont certaines sont menacées ou en voie de disparition dans leurs aires de répartition. *Podiceps ruficollis*, *P. cristatus*, *Ixobrychus minitus*, *Ardeolaralloides*, *Ardea ibis*, *Anas platyrhynchos*, *Aythya nyroca*, *Oxyura leucocephala*, *Gallinula chloropus*, *Porphyrio porphyrio*, *Fulica atra* et *Acrocephalus schoenobaenus* sont tous des espèces nicheuses à la mare de Boussedra (Samraoui . et Samraoui ., 2008, Samraoui et al., 2012).



**Figure 07.** Oiseaux du Marais (Photo prise par ROUABHIA, 2015).

## 2. Choix des stations de prélèvements

Les sites où seront prélevés les échantillons pour refléter la qualité de l'eau de la région où on les a prélevés, d'où on doit éviter de prélever dans des zones proches du bord. Dans ces zones on peut rencontrer des concentrations considérables de sable et de

sédiments. Pour cette raison, les lieux de prélèvement d'échantillons sont généralement choisis aux endroits où la profondeur de l'eau se situe entre 1 et 1,5 m (Lightfoot, 2002).

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité phytoplanctonique de l'eau du marais de Bousseadra nous avons choisi 03 sites de prélèvement. (Fig. 08).



**Figure 08.** Localisation des points de prélèvement [13].

### 3. Méthode du travail

#### 3.1. Protocol expérimental

Ce travail de recherche s'est basé sur :

- La mesure des paramètres physico- chimiques (Température, pH, conductivité électrique, salinité et l'oxygène dissous) au niveau des trois stations de prélèvement.
- L'identification des différentes espèces du phytoplancton au niveau des trois stations.

#### 3.2. Matériel de prélèvement

Pour l'analyse phytoplanctonique on a utilisé des bouteilles en matière plastique de un litre (1L) en raison des facilités qu'elles présentent pour le transport et leur faible coût.

#### 3.3. Méthode de prélèvement

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

Pour l'analyse phytoplanctonique une quantité d'eau (environ 1L) est prélevée aseptiquement dans la colonne d'eau, puis on a ajouté environ 5ml du *Lugol* pour fixer les phytoplanctons, les trois échantillons doit être stockés à l'obscurité à +4 °C 5 (**Jean – Claude et al., 2008**).

### 3.4. Enregistrement et étiquetages des échantillons

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales (**Lightfoot, 2002**). Nous rappelons ici que c'est le paramètre phytoplanctonique qui a permis le choix du midi solaire comme heure de prélèvement, comme l'a suggéré **Oudra (1987; 1990)**.

### 3.5. Transport et conservation des échantillons avant l'analyse

Les échantillons soigneusement étiquetés sont places dans une glacière à + 4° C et transportés ensuite au laboratoire.

L'analyse phytoplanctonique a été réalisée au niveau du laboratoire de microbiologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie, université du 08 Mai 1945 de Guelma.

## 4. Les analyses physicochimiques

Les mesures *in situ* sont des analyses réalisées sur place en plongeant les sondes dans l'eau.

La température, pH, conductivité électrique, l'oxygène dissous ont été mesurés à l'aide de trois sondes d'un multiparamètre de terrain de marque WTW Multi350i. (**Fig.09**)



**Figure 09.** Photos de multiparamètre

Ces paramètres sont très variables aux conditions du milieu et ils permettent une estimation de la qualité générale de l'eau. En effet ces paramètres sont très sensibles aux conditions du

milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site.

#### 4.1. La température

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

La température de l'eau affecte sa densité et sa viscosité, la solubilité des gaz et en particulier de l'oxygène, la vitesse de réactions chimiques et biochimiques.

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

#### 4.2. Potentiel hydrogène

La mesure du potentiel hydrogène (pH) des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes qui ont généralement un pH optimal variant de 6,5 à 7,5. Des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent directement la viabilité et la croissance des micro-organismes (**Mara, 1980 ; Who, 1987**). Le pH est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toute opération de traitement (**Rodier et al, 1996**).

La détermination du pH est importante par le fait qu'associée aux mesures du CO<sub>2</sub> dissous, de la dureté totale et température, elle permet d'estimer le degré d'agressivité d'une eau et, par ailleurs, si cette eau est ou non convenable à la vie animale supérieure.

Le pH des eaux varie à la conséquence de différentes causes endogènes (dégradation de la flore et de la faune) et exogènes (température, apports en éléments nutritifs).

#### 4.3. La conductivité électrique

La conductivité électrique l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau, en effet des contrastes de conductivité mesurés sur un milieu permettent de mettre en évidence des pollutions.

La conductivité est également en fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (**Rodier, 1984**).

#### 4.4. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous dépend essentiellement de la respiration et de la Photosynthèse des populations planctoniques et de la minéralisation de la biomasse. La teneur en oxygène dissous dans l'eau est étroitement liée au régime thermique du lac (**Villeneuve et al., 2006**).

L'oxygène présent dans l'eau est également d'origine biologique par la fonction chlorophyllienne exercée par les végétaux, les algues planctoniques dans les lacs, par les phanérogames aquatiques dans les zones littorales des plans d'eau. Elle conduit également à la sursaturation si la flore aquatique est abondant et l'ensoleillement élevé. L'oxygène dissous est considéré comme l'élément le mieux explicitée des variations de la densité phytoplanctonique(**Arrignon, 1991**).

#### 4.5. La Salinité

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximal de densité), d'autre (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière signification. Enfin certains sont essentiellement déterminés par la qualité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique). (**Merzoug, 2009**).

### 5. L'analyse phytoplanctonique

Pour Analyse qualitative des phytoplanctons les prélèvements sont effectués avec les mêmes fréquences que pour l'étude physicochimique.

À partir des échantillons d'eau brute fixés au *Lugol*, un sous échantillonnage de 25 ml a été réalisé après agitation et homogénéisation, on la laisse se sédimenter dans une éprouvette graduée pendant 24 h, on garde que 5ml se trouvent en bas et qui présente le sous échantillon, et on se débarrasse du reste, et à partir de cette petite quantité on fait notre analyse qualitative.

### 5.1. Analyse qualitative

Les échantillons destinés à la détermination des espèces sont analysés comme suite :

Après le dépôt des sous échantillons lugolés au fond du flacon, un volume de l'eau 20  $\mu$ l est prélevé au fond à l'aide d'une micropipette après homogénéisation. Cette eau est déposée entre lame et lamelle, luter la lamelle avec du vernis et observée au microscopes optiques Olympus et Zeiss à l'objectif à immersion suivant un parcours horizontale sur toute la longueur de la lamelle, cette opération est répétée 3 fois.

#### 5.1.1. Identification des espèces

L'identification des taxons est basée sur l'observation des caractères morphologiques (formes, taille, couleur ...) anatomique (disposition des chloroplastes, flagelles ...) et à l'aide des clés de détermination (**Fott, 1969 ; Bourelly, 1966 ; 1970 ; 1972 ; Pestalozzi et al., 1983 ; John et al., 2001**). La détermination taxonomique des diatomées a été faite grâce aux travaux d'abord de **Sournia (1968)**, puis de **Compere (1991)** et de **Krammer et Lange-Bertalot (1986-2000)**.



## Résultats et discussion

### 1. Résultats des analyses physicochimiques

#### 1.1. La température

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

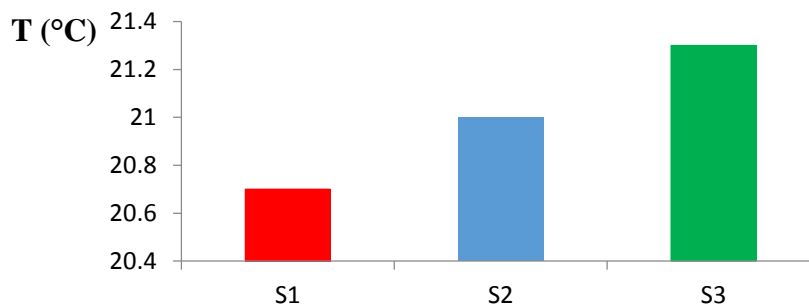


Figure 10. Variations de la température de l'eau.

D'après les résultats (Fig.10) la température minimale obtenue est de 20.7°C enregistrée dans la station S1. La température maximale est de 21.3 °C noté dans la station S3.

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température Tab.04(Annexes) notre eau est de bonne qualité (20°C -21°C).(Sayad , 2008).

#### 1.2. Le pH

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau de point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau (Benaamira *et al.*, 2012).

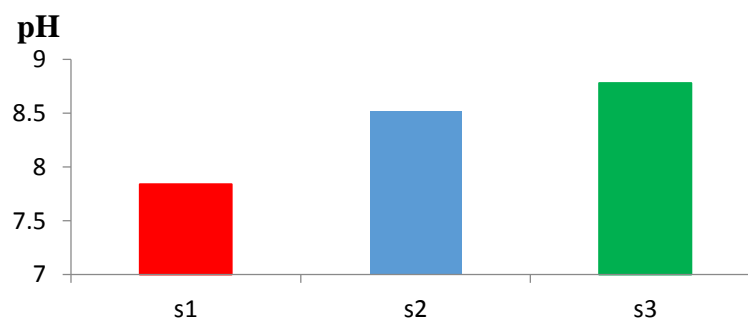


Figure 11 . Variations du pH de l'eau.

La valeur de pH la plus faible est de 7.84 mesurée dans la station S1 et la plus élevée est de 8.78 dans la station S3. (Fig. 11).

Les valeurs observées révèlent que le pH est de neutralité approchée dans les trois stations du marais de Boussedra le cas de la majorité des eaux de surface. Tab.05 (Annexes).

### 1.3. La conductivité électriques

La conductivité, qui varie en fonction de la température, est étroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature (Rodier, 2005).

D'une manière générale, plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. D'une façon générale, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau (Rodier et al., 2009).

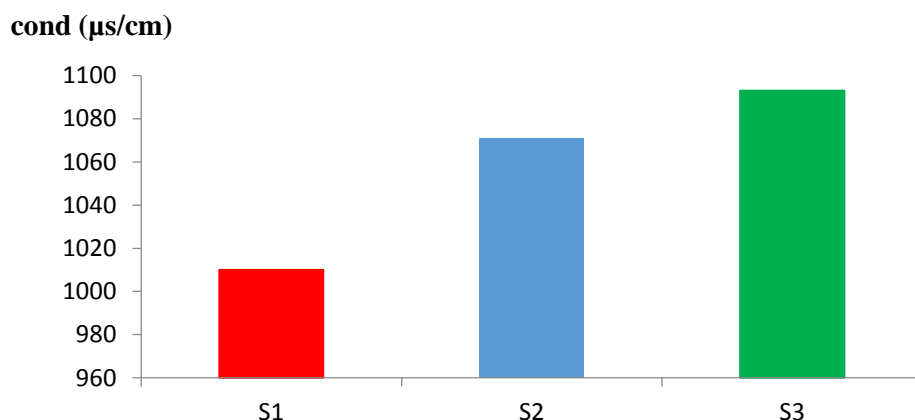
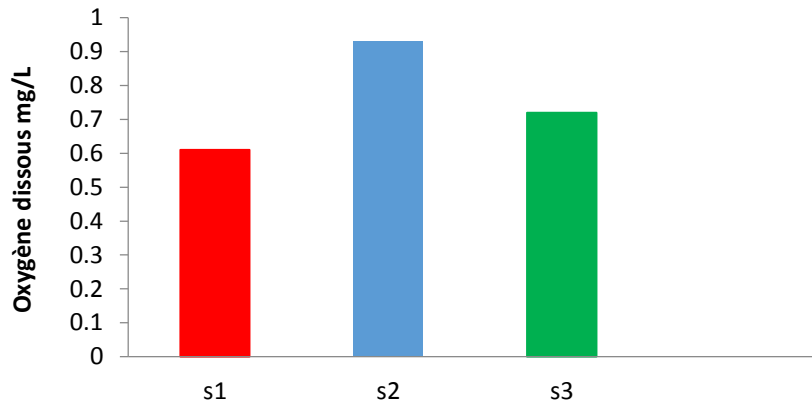


Figure 12. Variations de la conductivité électrique de l'eau.

Les résultats montrent que la conductivité électrique du marais varie entre 1010 et 1093 et 1071 µs/cm (Fig.12), ce qui signifie que l'eau est de qualité passable Tab.06 (Annexes). (Merzoug, 2009).

### 1.4. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau (Rodier, 1984) il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique.

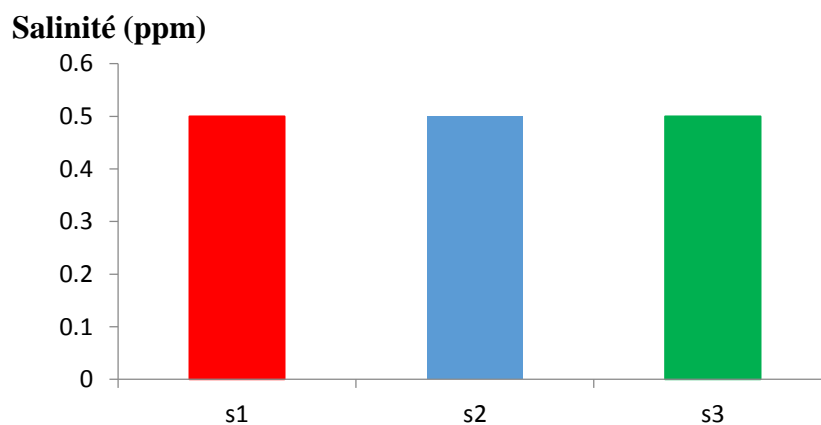


**Figure 13.** Variation des teneurs en oxygène dissous.

Selon les résultats enregistrés au mois d'avril (**Fig. 13**), les teneurs en oxygène dissous varient entre 0.61 et 0.93 et 0.72 mg/L. donc la qualité de l'eau est médiocre ( $< 3$  mg/L). (ANRH, 2001).

### 1.5. Salinité

La salinité est définie à l'origine comme la quantité de sels dissous présents dans l'eau (Bouchar, 2010). Ce paramètre varie proportionnellement avec la conductivité (Terbah, 2007). L'eau est dure ou calcaire si elle est riche en sels de calcium, ou en sels minéraux en générale. Au contraire, elle est douce lorsqu'elle est pauvre en ces éléments (Rejsek, 2002).



**Figure 14.** Variation de la salinité de de l'eau.

D'après les résultats obtenus (**Fig. 14**) la teneur de salinité est légèrement élevée dans les trois stations à cause des concentrations élevées de la conductivité électrique c'est-à-dire l'eau est très chargée en éléments nutritifs.

## 2. Résultats d'analyse phytoplanctonique

### 2.1. Composition du phytoplancton du marais de Bousedra

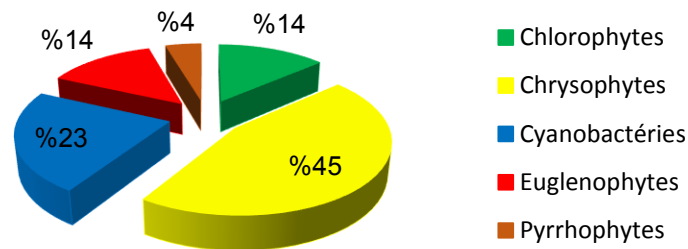
L'observation des caractères morpho anatomiques du phytoplancton récolté dans le marais de Bousedra nous a permis d'identifier 22 espèces et 19 genres rattachés à cinq classes taxonomiques : Chrysophycées, cyanobactéries, chlorophycées, euglénophycées et pyrrophycées (Tab. 02).

**Tableau 02.** Classification des espèces phytoplanctoniques du marais de Bousedra.

Familles	Genres	Espèces
Chlorophytes	Monoraphidium	<i>Monoraphidium griffithii</i>
	Selenastrum	<i>Selenastrum gracile</i>
	Oocystis	<i>Oocystis</i> sp.
Chrysophytes	Navicula	<i>Navicula salinarum</i>
		<i>Navicula lanceolata</i>
	Gomphonema	<i>Gomphonema subclavatum</i>
	Achnanthes	<i>Achnanthes</i> sp.
	Cyclotella	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
	Nitzschia	<i>Nitzschia palea</i>
		<i>Nitzschia filiformis</i>
	Pinnularia	<i>Pinnularia viridis</i>
	Fragilaria	<i>Fragilaria</i> sp.
	Diatoma	<i>Diatoma vulgare</i>
Cyanobactéries	Anabaena	<i>Anabaena flos-aquae</i>
	Microcystis	<i>Microcystis protocystis</i>
		<i>Microcystis aeruginosa</i>
	Cylindrospermopsis	<i>Cylindrospermopsis</i> sp.
<i>Oscillatoria</i>	<i>Oscillatoria margaritifera</i>	
Euglenophytes	Trachelomona	<i>Trachelomonas varians</i>
	Phacus	<i>Phacus pleuronectes</i>
	Euglena	<i>Euglena anabaena</i>
Pyrrophytes	Cryptomonas	<i>Cryptomonas rosea</i>

#### ➤ Contributions des genres de la population phytoplanctonique

Les chrysophycées comptent 08 genres et représentent ainsi 45% du nombre total des espèces recensés (Fig. 15). Les Cyanobactéries viennent en deuxième position en comptabilisant 04 genres ; ils représentent ainsi 23% du nombre total des espèces recensés. La troisième position est occupée par les chlorophycées et les euglénophycées dont la composante comprend 03 genres, ce qui représente 14% du nombre total des espèces recensés.



**Figure 15.** Répartitions des genres dans les classes phytoplanctoniques du marais de Bouschedra.

## 2. 2. Identification des espèces phytoplanctoniques du marais de Bouschedra

### 2.2.1. Les chrysophycées

Les chrysophycées comptent 08 genres :

- **Le genre Navicula**

C'est le genre le plus représenté d'eau douce avec quelque 12 sections et plus de 100 espèces. Les valves sont isopolaires dans les deux axes, le raphé est droit. la distinction ne peut parfois être faite qu'avec le recours à la microscopie électronique. *Navicula* est une diatomée photosynthétique aquatique appartenant à la famille des *naviculacées*. [03]



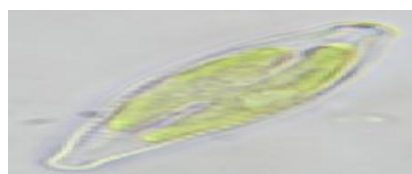
*Navicula salinarum* (X100)



*Navicula lanceolata* (X100)

- **Le genre Gomphonema**

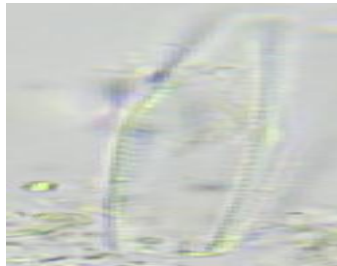
Les cellules sont en forme de coins, avec une symétrie par rapport à l'axe longitudinal, la cellule est donc droite mais hétéropolaire aussi bien en vue valvaire que connective. On constate la présence constante d'un stigma dans l'area centrale. Les cellules vivantes sont fixées par un pédoncule souvent très ramifié aux éléments du rivage. [03]



*Gomphonema subclavatum* (X100)

- **Le genre Fragilaria**

C'est une très grande sous famille bien représentée en eau douce avec sept genres, la plupart des formes sont étroites et allongées la Cellules à deux pôles, elliptiques ou très allongées, isolées ou en colonies non étoilées, isopolaires avec un axe central rectiligne cellules en colonies rubanées.[03]



*Fragilaria sp*(X100)

- **Le genre Nitzschia**

C'est le plus grand genre d'eau douce après le Naviculas. Le canal raphé se trouve sur des carènes diamétralement opposées, ces carènes étant en général très excentrées. Leur détermination précise fait appel au microscope électronique.[03]



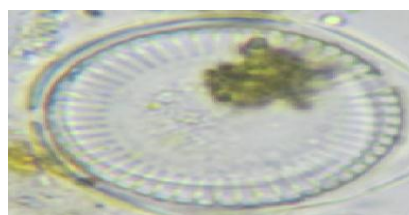
*Nitzschia filiformis* (X100)



*Nitzschia palea* (X100)

- **Le genre Cyclotella**

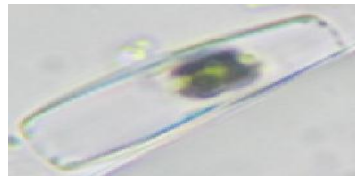
Diatomées circulaires en forme de boîtes rondes plus ou moins aplaties ou allongées en forme de tambour.[03]



*Cyclotella meneghiniana* (X100)

- **Le genre Achnanthes**

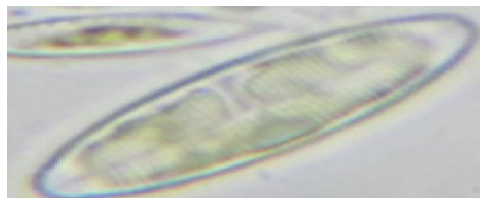
Les cellules sont hétéro-valves et sont fléchies en vue ceinture. Ils sont solitaires (formant parfois des chaînes courtes) fixer directement sur une surface par une face de soupape, ou par un pad mucilage ou traquent à un sommet de la vanne. Un plaste analogue à une plaque unique, située sous le robinet de raphé et se prolonge sous la ceinture. Vannes sont linéaires à apex elliptique ou carrément lancéolées, avec arrondi ou, dans quelques cas, de longue durée. La vanne de raphé se trouve sur le côté convexe de la «v» superficielle provoquée par la flexion de la ceinture. La zone centrale est variable, et est parfois remplacé par un stauros épaissies. La vanne raphé est parfois très similaire à la valve du raphé, à l'exception de l'absence d'un raphé, mais dans d'autres cas, il est tout à fait différent, typiquement avec des stries grossières et les différences dans la taille du sternum. Les deux vannes doivent être respectées pour assurer une identification précise.[12]



*Achnanthes sp* (X100)

- **Le genre Pinnularia**

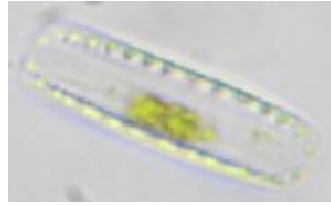
La valve est linéaire elliptique sans renflements, de grande taille, de 30 à 100 µm de longueur sur 10-15 µm de largeur. Les extrémités sont arrondies. Le raphé est complexe, présente des fissures terminales, les côtes sont lisses plus ou moins robustes, radiantes au centre, convergentes et parallèles aux extrémités. L'aire longitudinale est large. L'aire centrale est bien marquée et circulaire, le nodule terminal est bien visible.[09]



*Pinnularia viridis* (X100)

- **Le genre Diatoma**

Ce genre est caractérisé par des colonies en zigzag ou en filaments se présentant la plupart du temps en vue connective, la vue valvaire présente des côtes assez marquées.[03]



*Diatoma vulgare* (X100)

### 2.2.2. Les cyanobactéries

Les cyanobactéries comptent 04 genres :

- **Présentation de genre Anabaena**

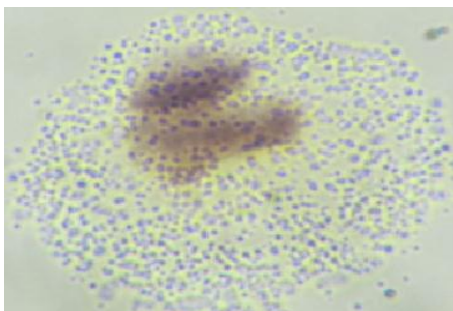
*Anabaena* est un genre producteur de toxines et responsable de l'intoxication de plusieurs animaux domestiques. Il est très répandu à travers le monde et peut causer des problèmes d'odeurs même en faible densité dans l'eau. [06]



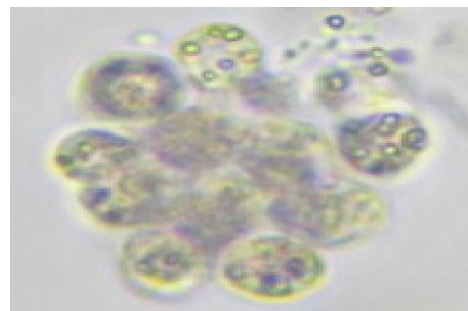
*Anabaena flos-aquae* (X100)

- **Présentation de genre Microcystis**

Les cellules sphériques sont groupées en colonies grâce à une gelée. Elles sont réparties plus ou moins régulièrement dans toute la gelée. Les colonies ont des formes très variées. [02]



*Microcystis aeruginosa* (X100)

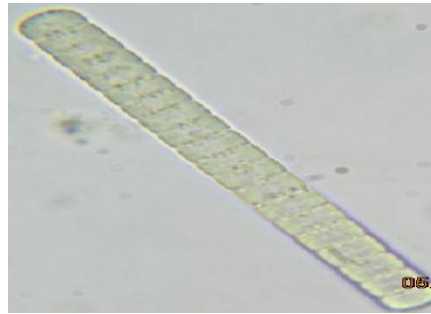


*Microcystis protocystis* (X100)



- **Présentation de genre *Oscillatoria***

Est un genre de cyanobactérie filamenteuses, il est nommé pour l'oscillation dans son mouvement. Filaments dans les colonies peuvent glisser en arrière les uns contre les autres. Il est très fréquent dans les endroits humide riches en mailles organique pourriture.il est principalement bleu-vert ou brun-vert.[04]



*Oscillatoria margaritifera* (X100)

- **Présentation de genre *Cylindrospermopsis***

Les espèces du genre *Cylindrospermopsis* sont à la base des efflorescences survenues dans ces réservoirs depuis 1996. Ce genre comprend 7 espèces difficilement différenciables morphologiquement, avec Trichome fins ( $> 4 \mu\text{m}$ ), non mobiles, formés de cellules cylindriques, cellule terminale conique, hétérocystes uniquement terminaux, vacuoles de gaz toujours présentes, akinètes adjacents ou distants des hétérocystes toujours terminaux. L'espèce la plus commune, *C. raciborskii*. [10], [11].



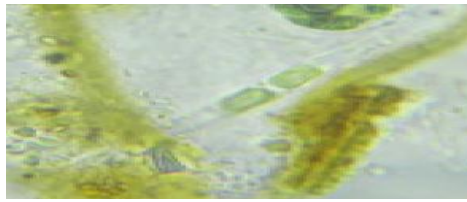
*Cylindrospermopsis* sp (X100)

### 2.2.3. Les chlorophytes

Les chlorophytes comptent 03 genres :

- **Présentation de genre *Monoraphidium***

Les cellules du genre *Monoraphidium*, elles peuvent être cylindriques ou fusiformes, droites, en croissant ou vermiformes.[05]



*Monoraphidium griffithii*(X100)

- **Présentation de genre Selenastrum :**

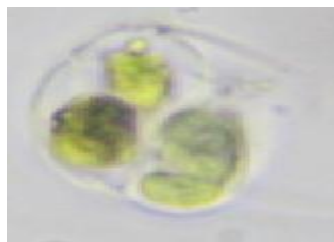
Selenastrum (Oocystacées) dont les cellules sont en forme de croissants réguliers et adhèrent par leur côté convexe sans gelée commune. (Jean R. D. et Lévêque C., 1980)



*Selenastrum gracile*(X100)

- **Présentation de genre Oocystis**

Les cellules du genre *Oocystis* sont globuleuses, ovoïdes ou ellipsoïdales et peuvent parfois être par groupe de 2 à 16 dans la membrane-mère dilatée. Et parfois solitaire la ornementation caractériser par des nodules en forme de tétine aux pôles.[05]



*Oocystis sp* (X100)

#### 2.2.4. Les Euglénophytes

Les Euglénophytes comptent 03 genres :

- **Présentation de genre Trachelomona**

*Trachelomonas* se caractérise par la présence d'un revêtement en forme de coque appelée lorica .Détails de la structure lorica déterminent la classification des espèces distinctes dans le genre.Le lorica peut exister dans sphérique, elliptique, cylindrique et piriforme formes (de forme de poire) et des mesures allant de 5 à 100  $\mu$  de diamètre ou de

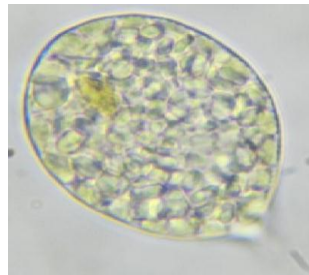
longueur. La surface de lorica peut être lisse, ponctuée ou striée et vont de hyaline, jaune ou brun. Ces couleurs sont dues à l'accumulation d'hydroxyde ferrique et de l'oxyde manganique déposé auprès du mucilage et de minéraux qui composent le Lorica. [08]



*Trachelomonas varians* (X100)

- **Présentation de genre Phacus :**

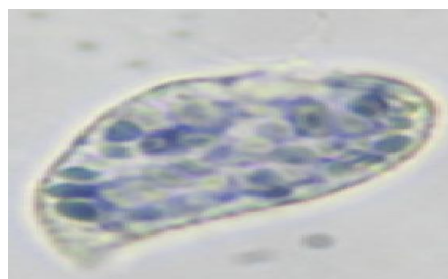
Ce sont des algues vertes appartenant à la famille des phacacées dans l'embranchement *Euglenophyta*. Leur présence dans le milieu indique principalement des eaux riches en nutriments le phosphore et l'azote (Bourrelly, 1985).



*Phacus pleuronectes* (X100)

- **Présentation de genre Euglena :**

Ce sont des algues unicellulaires ayant des caractéristiques à la fois végétales et animales situées dans la famille des euglenacées. Les espèces d'*Euglena* vivent en eau douce et dans un milieu riche en matière organique. Certaines espèces se développent de grandes populations en vert ou rouge "fleurs" dans les étangs ou les lacs. Plusieurs espèces produisent des kystes dormants qui peuvent résister à la chaleur (Bourrelly, 1985)



*Euglena anabaena* (X100)

### 2.2.5. Les Pyrrhophytes

Les pyrrhophytes comptent 01 genre :

- **Présentation de genre *Cryptomonas***

*Cryptomonas* est le genre de nom qui donne des cryptomonades .Il est commun dans les habitats d'eau douce et souvent fait fleurit dans de plus grandes profondeurs des lacs, Les cellules sont généralement de couleur brunâtre, et ont un sillon en forme de fente à la partie antérieure. Ils ne sont pas connus pour produire des toxines et sont utilisés pour nourrir petit zooplancton. *Cryptomonas* peut être trouvé dans plusieurs écosystèmes marins en Australie. *Cryptomonas* est un genre dimorphisme, ce qui signifie qu'il pourrait être soit protozoaire (*Cryptomonadida*) ou Algue (*Cryptophyceae*). Actuellement, il y a 26 espèces de *Cryptomonas*. [07]



*Cryptomonas erosa* (X100)

## Conclusion

Depuis quelques années, l'eutrophisation croissante des rivières et des retenues se traduit par des phénomènes de proliférations d'algues de plus en plus préoccupantes du fait de multiples problèmes liés à la toxicité potentielle de certaines espèces phytoplanctoniques.

Cette étude porte sur la composition phytoplanctonique de la mare de Bousedra (36° 50' 45' N, 7°43'47''E) appartient à la Wilaya d'Annaba, Commune d'El Bouni.

La zone d'étude est caractérisée par un climat méditerranéen végétation subhumide à hiver chaud, l'alternance d'une saison douce et humide et une saison chaude et sèche ; notre site d'étude subit les mêmes caractéristiques.

Des prélèvements sont réalisés au niveau de trois points du marais de Bousedra dans le mois d'avril pour faire l'analyse qualitative du phytoplancton et la mesure in situ de quelques variables physico-chimiques de l'eau de ce marais.

Les analyses montrent que ce plan d'eau est caractérisé par une salinité constante de 0.5 ppm, une conductivité électrique variée entre 1010 et 1093 et 1071  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , et un pH plutôt alcalin qui se situe entre 6-8.

L'observation des caractères morpho anatomiques des taxons phytoplanctoniques récoltés dans la mare nous a permis d'identifier 22 espèces et 19 genres répartis en cinq classes ; 08 genres pour les *Chrysophytes*, 04 pour les *Cyanobactéries* sont connus pour leur toxicité, 03 pour les *Euglénophytes* et Les *Chlorophytes*, et un seul genre pour les *Pyrrhophytes* avec une seule espèce (*Cryptomonas erosa*).

En perspectives, ils seraient intéressants de :

- ❖ Étaler la période d'étude en un cycle annuel voir sur plusieurs années.
- ❖ Réaliser l'identification spécifique du phytoplancton.
- ❖ Évaluer l'impact des paramètres physico-chimiques sur la dynamique mensuelle du phytoplancton.
- ❖ Réaliser une étude bactériologique, vu que certaines bactéries interviennent dans le recyclage de l'azote et du phosphate.
- ❖ Suivre la dynamique du phytoplancton dans le marais Bousedra sur plusieurs stations même proches.

**Résumé :**

Cette étude porte sur la composition phytoplanctonique du marais de Boussedra, une zone humide périurbaine qui appartient à la commune d'El-Bouni, wilaya d'Annaba. Des prélèvements sont réalisés au niveau des trois points de la mare en avril 2016 pour mesurer les paramètres physico-chimiques et faire des analyses phytoplanctoniques.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que les eaux du marais de Boussedra ont les mêmes caractéristiques que les eaux superficielles avec un pH alcalin et une température saisonnière.

Nous avons identifiés 22 espèces appartenant aux 19 genres et 05 groupes les *Chrysophycées*, les *Cyanobactéries*, les *Euglenophycées*, les *chlorophycées* et les *pyrrhophycées*. Parmi les genres de cyanobactéries connus pour produire des toxiques, on trouve notamment les genres *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Cylindrospermopsis* et *Microcystis*.

La composition phytoplanctonique du marais de Boussedra est dominée par les *Chrysophycées* suivies des *Cyanobactéries*, et les *pyrrhophycées* sont moins abondants.

Nous recommandons un suivi mensuel de cette communauté phytoplanctonique en particulier pour les espèces toxiques ainsi que le dosage des toxines, pour éviter tout problème de santé.

**Mots clés :** Phytoplancton, paramètres physico-chimiques, marais de Boussedra, Annaba.

**Abstract**

This study focuses on the phytoplankton composition of the marsh of Boussedra, a wet zone which like-urban belongs to the commune of El-Bouni, wilaya of Annaba. Levies are made at the level of the three points of the mare on April 2016 for measured the physico-chemical parameters and make phytoplankton analyzes.

The results of the physico-chemical Analyzes show that the waters of the marshes of Boussedra have the same characteristics as the surface waters with an alkaline pH and a seasonal temperature.

We have identified 22 species belong to the 19 genera and 05 groups the Chrysophyceae, cyanobacteria, the Euglénophycées, the Chlorophyceae and pyrrhophycées. Among the types of cyanobacteria known to produce toxic, is found especially the genera Anabaena, Oscillatoria, Cylindrospermopsis and Microcystis.

The phytoplankton composition of the marsh of Boussedra is dominated by the Chrysophyceae followed of cyanobacteria, and pyrrhophycées are less abundant.

We recommend a monthly monitoring of this phytoplankton community in particular for the toxic species as well as the dosage of toxins, to avoid any health problem.

**Key words:**Phytoplankton, physico-chemical parameters, marshes of Boussedra, Annaba.

## الملخص

تناولت هذه الدراسة تركيبية العوالق النباتية المتواجدة على مستوى منطقة رطبة شبه حضرية وهي سبخة بوسدره، التابعة لدائرة البوني ولاية عنابة. حيث تم أخذ عينات من مياه هذا النظام البيئي المائي، على مستوى ثلاث نقاط خلال شهر أفريل 2016. كما تم قياس بعض الخصائص الفيزيوكيميائية للماء ميدانيا أثناء أخذ العينات.

النتائج بينت أن مياه هذه السبخة لها خصائص المياه السطحية، حيث تتميز بدرجات حرارة فصلية ودرجة حموضة قاعدية مع ارتفاع طفيف في الناقلية الكهربائية.

أما تركيبية العوالق النباتية على مستوى سبخة بوسدره فنتركب من:

الـ Pyrrhophycées، الـ Chlorophycées، الـ Euglénophycées، الـ Chrysophycées والـ Cyanophycées وقد تم تعريف 22 نوعا تنتمي إلى 19 جنسا. تركيبية الطحالب المجهرية هذه تتميز بسيادة مجموعة الـ Chrysophycées.

**الكلمات المفتاحية:** العوالق النباتية، العوامل الفيزيوكيميائية، سبخة بوسدره، عنابة.



## Résumé :

Cette étude porte sur la composition phytoplanctonique du marais de Bousgedra, une zone humide périurbaine qui appartient à la commune d'El-Bouni, wilaya d'Annaba. Des prélèvements sont réalisés au niveau des trois points de la mare en avril 2016 pour mesurer les paramètres physico-chimiques et faire des analyses phytoplanctoniques.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que les eaux du marais de Bousgedra ont les mêmes caractéristiques que les eaux superficielles avec un pH alcalin et une température saisonnière.

Nous avons identifiés 22 espèces appartenant aux 19 genres et 05 groupes les *Chrysophycées*, les *Cyanobactéries*, les *Euglénophycées*, les *chlorophycées* et les *pyrrhophycées*. Parmi les genres de cyanobactéries connus pour produire des toxiques, on trouve notamment les genres *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Cylindrospermopsis* et *Microcystis*.

La composition phytoplanctonique du marais de Bousgedra est dominée par les *Chrysophycées* suivies des *Cyanobactéries*, et les *pyrrhophycées* sont moins abondants.

Nous recommandons un suivi mensuel de cette communauté phytoplanctonique en particulier pour les espèces toxiques ainsi que le dosage des toxines, pour éviter tout problème de santé.

**Mots clés :** Phytoplancton, paramètres physico-chimiques, marais de Bousgedra, Annaba.

## Abstract

This study focuses on the phytoplankton composition of the marsh of Bousgedra, a wet zone which like-urban belongs to the commune of El-Bouni, wilaya of Annaba. Levies are made at the level of the three points of the mare on April 2016 for measured the physico-chemical parameters and make phytoplankton analyzes.

The results of the physico-chemical Analyzes show that the waters of the marshes of Bousgedra have the same characteristics as the surface waters with an alkaline pH and a seasonal temperature.

We have identified 22 species belong to the 19 genera and 05 groups the *Chrysophyceae*, cyanobacteria, the *Euglenophycées*, the *Chlorophyceae* and *pyrrhophycées*. Among the types of cyanobacteria known to produce toxic, is found especially the genera *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Cylindrospermopsis* and *Microcystis*.

The phytoplankton composition of the marsh of Bousgedra is dominated by the *Chrysophyceae* followed of cyanobacteria, and *pyrrhophycées* are less abundant.

We recommend a monthly monitoring of this phytoplankton community in particular for the toxic species as well as the dosage of toxins, to avoid any health problem.

**Key words:** Phytoplankton, physico-chemical parameters, marshes of Bousgedra, Annaba.

## المخلص

تناولت هذه الدراسة تركيبية العوالق النباتية المتواجدة على مستوى منطقة رطبة شبه حضرية وهي سبخة بوسدرة، التابعة لدائرة البوني ولاية عنابة. حيث تم أخذ عينات من مياه هذا النظام البيئي المائي، على مستوى ثلاث نقاط خلال شهر أبريل 2016. كما تم قياس بعض الخصائص الفيزيوكيميائية للماء ميدانيا أثناء أخذ العينات.

النتائج بينت أن مياه هذه السبخة لها خصائص المياه السطحية، حيث تتميز بدرجات حرارة فصلية ودرجة حموضة قاعدية مع ارتفاع طفيف في الناقلية الكهربائية.

أما تركيبية العوالق النباتية على مستوى سبخة بوسدرة فتتركب من:

الـ *Pyrrhophycées*، الـ *Chlorophycées*، الـ *Euglénophycées*، الـ *Chrysophycées* والـ *Cyanophycées*

وقد تم تعريف 22 نوعا تنتمي إلى 19 جنسا. تركيبية الطحالب المجهرية هذه تتميز بسيادة مجموعة الـ *Chrysophycées*.

الكلمات المفتاحية: العوالق النباتية، العوامل الفيزيوكيميائية، سبخة بوسدرة، عنابة.

## Annexes

**Tableau 03.** Effets nuisibles causés par le phytoplancton (Zingone et Enevoldsen, 2000 modifiée).

	Impacts	Organismes responsables	
Santé humaine	Intoxications paralysantes par les fruits de mer (PSP)	Dinoflagellés Cyanobactéries	<i>Gymnodinium catenatum</i> <i>Anabaena circinalis</i>
	Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer (DSP).	Dinoflagellés	<i>Prorocentrum sp</i>
	Intoxications neurologiques par les fruits de mer (NSP).	Dinoflagellés	<i>Karenia brevis</i>
	Intoxications amnésiantes par les fruits de mer (ASP).	Diatomées	<i>Pseudo-nitzschia sp</i>
	Intoxications par les azaspiracides (AZP).	inconnu	Inconnu
	Intoxications de type ciguatérique (CFP).	Dinoflagellé	<i>Gambierdiscus toxicus</i>
	Hépto-toxines.	Cyanobactéries	<i>Microcystis sp</i>
	Neuro-toxines	Cyanobactéries	<i>Aphanizomenon sp</i>
	Cyto-toxines	Cyanobactéries	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
Dermato-toxines	Cyanobactéries	<i>Lyngbya majuscula</i>	
Ressources marines naturelles et exploitées	Lésions mécaniques	Diatomées	<i>Chaetoceros sp</i>
Activités touristiques	Production d'écume, de mucilage, variation de la couleur de l'eau et odeurs nauséabondes	Dinoflagellés Diatomées Cyanobactéries	<i>Prorocentrum sp</i> <i>Cylindrotheca closterium</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
Fonctionnement de l'écosystème	Toxicités pour les organismes marins (poissons, invertébrés,	Dinoflagellés Diatomées	<i>Alexandrium sp</i> <i>Pseudo-nitzschia australis</i>

**Tableau 04.** Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température.

Température	Qualité	Classe
<20°C	Normale	1A
20°C-22°C	Bonne	1B
22°C-25°C	Moyenne	2
25°C-30°C	Médiocre	3
30 >°C	Mauvaise	4

**Tableau 05.** Classification des eaux d'après leurs pH (Hakimi, 2002) :

pH	Nature de l'eau
pH<5	Acidité forte : présence d'acides minéraux organiques dans les eaux naturelles
pH= 7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée : majorité des eaux de surface
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense

**Tableau 06.** Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (Merzoug, 2009).

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

## Références Bibliographiques

- **Abeliovich A. & Weisman D., 1978.** Role of heterotrophic nutrition in growth of algae *Scenedesmus obliquus* in high rate oxidation ponds, *Appl. and environ. Microbiol.* 35pp: 32-37
- **Aberkan M., Harkat R. & Mkhalfi M., 2011.** Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux d'un écosystème lacustre cas de Garaet Hadj Tahar (Skikda). Mémoire de Master. Université 08 Mai 1945 Guelma.
- **Aib A. & Yakhlef K., 2014.** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et phytoplanctonique des eaux du Lac Tonga (Nord-est Algérien). Mémoire du master. Université 8 Mai 1945 Guelma.
- **Amzil Z. & Motteau L., 2000.** Toxines amnésiantes en France. Rapport interne IFREMER/ DEL/RST/00/07. Nantes. pp: 37.
- **Anderson D.M. & White A.W., 1992.** Bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species in the northeastern U. S. *Limnol. Oceanogr.* **42** (5)pp : 1009-1022.
- **ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydrauliques . 2001.** Banque de données pluviométriques et hydrologiques d'Algérie.
- **Arrignon J., 1991 :** Aménagement piscicole des eaux douces. 4<sup>ème</sup> éd ED : Lavoisier. 631p.
- **Aune T. & Yndestad M., 1993.** Diarrheic shellfish poisoning. *In* : Falconer I (ed). Algal toxins in seafood and drinking water. *Academic Press. London.* pp: 85-104.
- **Baden D.G. & Trainer V.L., 1993.** Mode of action of toxins of seafood poisoning. *In*: Falconer (I edit). Algal toxins in seafood and drinking water. *Academic Press. London.* pp : 49-74
- **Bagnis R., Spiegel A., N'guyen L. & Plichard R., 1992.** Trente ans de surveillance sanitaire et épidémiologique de la ciguatera à Tahiti .*In*: Deditus C., Amade P., Laurent D. & Cosson J.P (eds). Actes du troisième symposium sur les substances naturelles d'intérêt biologique de la région pacifique–Asie, Nouméa. pp: 335-338.
- **Bates S.S., Bird C.J., De Freitas A.S.W., Foxall R., Gilgan M., Hanic L.A., Johnson G.R., Mc Culloch A.W. & Odense P., 1989.** Pennates diatom *Nitzschia pungens* the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island Canada. *Can. Jour. Fish. Aquat. Scie.* **45** (7) pp: 1203-1215.

- **Battisti C .,Luisell L .,Pantano D.,&Teofili C.,2008.**On threats analysis approach applied to Mediterranean remnant wetland :is the assessment of human-induced threats related to different level of expertise of respondents ? *Biodivers.Concerv.*17.pp :1529-1542.
- **Bartram. J., CarmichaelW.W., Chorus I., Jones J. &SkulbergO.M., 1999.** Introduction. *In* I. Chorus, J. Bartram [eds.], Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. WHO, New York.
- **Barnabé G. & Barnabé-Quet R., 1997.** Ecologie aménagement des eaux côtières. Lavoisier. pp: 131,135,138.
- **Becker E. W., 1983;** Limitations of heavy metal removal from waste water by means of algae. *Wat. Res.* 17(4)pp: 459-466.
- **Benamira M.&Halassi I., 2012.** Evaluation de la qualité micribiologique et physivochimique de l'eau du lac souterrain : Bir Osman hammam Dabagh-Guelma. Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 de Guelma, p 60.
- **Benchabane R.&Merzoug N., 2015.**Contribution a' l'étude bactériologique et phytoplantonique de l'eau du marais de Boussedra El- Bouni(Annaba). Mémoire du master. Université 8 Mai 1945 Guelma.
- **Bouchar F., 2010.** Mesure de Salinité- réalisation d'un conductimètre. TENUMToulouse.
- **Bouchaar S., 2006.** Les cyanobactéries dans le lac Tonga. Pathologie des écosystèmes. Université Badji Mokhtar, Annaba, 18 p.
- **Bourrelly P., 1985.** Les algues bleues ou Cyanophycées, 5ème partie. Edition Boubée Paris. pp: 297,303, 457-458,606.
- **Bourrelly P., 1972.**Les Algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome I : Les Algues vertes. *Edition N.Boubée & Cie*, 512 p.
- **Bourrelly P., 1968.** Les algues d'eau douces. Algues jaunes et brunes. Edition Boubée et Cie. Paris. pp : 438.
- **Bourrelly P., 1970.** Les algues d'eau douces. Algues bleues et rouges. Edition Boubée et Cie. Paris.

- **Brookes, J.D. & G.G. Ganf, 2001.** "Variations in the buoyancy response of *Microcystisaeruginosa* to nitrogen, phosphorus and light", *Journal of Plankton Research*, vol. 23, pp: 1399-1411.
- **Carmichael W.W. & Falconer I.R., 1993.** Diseases related to freshwater blue-green algal toxins and control measures. *In: Falconer I (edt) Algal toxins in sea food and drinking water. Academic. Press. London. pp : 187*
- **Carpenter, S.R., Ludwig D. & Brock W.A., 1999.** "Management of eutrophication for lakes subject to potentially irreversible change", *Ecol. Appl.*, vol. 9, pp: 751-771.
- **Cembella A.D., Milenkovic L., Douchette G. & Fernandez M., 1995.** *In vitro* biochemical methods and mammalian bioassays for phycotoxins. *In: Hallegraeff G.M., Anderson D.M. & Cembella A.D (eds). Manual on harmful microalgae. IOC Manuals and guides N°33. UNESCO. pp: 177-179.*
- **Champiat D. & Larpent J.P., 1994.** *Biologie des eaux: Méthodes & Techniques, 2ème tirage. pp : 24, 37, 39.*
- **Chan F., Pace M.L., Howarth R.W. & Marino R.M., 2004.** "Bloom formation in heterocystic nitrogen-fixing bacteria: The dependence on colony size and zooplankton grazing", *Limnology and Oceanography*, vol 49, pp: 2171-2178.
- **Chauvaud L., Jean F., Ragueneau O. & Thouzeau G., 2000.** Long-term variation of the Bay of Brest ecosystem benthic–Pelagic coupling revisited. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 200pp: 35-48.
- **Chiandani G., & Vighi M., 1974.** The N: P ratio and testes with *Selenastrum* to predict eutrophication in lakes. *Water Res.*, 8 pp: 1062-1069.
- **Codd G.A., Lindsay J., Young F.M., Morrison L.F. & Metcalf J.S., 2005.** Harmful Cyanobacteria: from mass mortalities to management measures. *In: Harmful cyanobacteria. Huisman J. Matthijs H.C.P. & Visser P.M (eds). Dordrecht. The Netherlands. Springer. pp: 124*
- **Compere P., 1991.** Contribution à l'étude des algues de Sénégal. Algues du lac de Guiers et du Bas Sénégal. *Bulletin du jardin botanique national de Belgique*, 61pp : 171-267.
- **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.*
- **Couté A. & Chauveau O., 1994.** Algae. *Encyclopaedia Biospeologica I, éd., Société de Biopédologie, ISSN 0398-7973, 3ème trimestre pp: 371-380.*

- **Dale B.&Yentsch C.M., 1978.** Red tide and paralytic shellfish poisoning. *Océanes*.21pp: 41-49.
- **Dauta A.& Feuillade., 1995.** Croissance et dynamique des populations algales. *IN* Pourriot R. et Meybeck M. (eds). *Limnologie générale*. Masson, Paris Milan Barcelone. Collection Ecologie. pp : 328 – 350.
- **De Reviers R., 2003.** Biologie et phylogénie des algues. Belin, Paris. Collection Sup Sciences .Tome 2. pp : 78, 255.
- **Domaizon I., Viboud S. & Fontvieille D., 2003.** Taxon-specific and seasonal variations in flagellates grazing on heterotrophic bacteria in the oligotrophic Lake Annecy - importance of mixotrophy. *FEMS Microbiology Ecology*. 46:317-329.
- **Dufour P. &Berland B., 1999.** Nutrient control of phytoplanktonic biomass in atoll lagoons and Pacific Ocean waters: Studies with factorial enrichmentbioassays. *Jou. Exp .Mar. Bio. Ecol.* **234** pp: 147-166.
- **Ergashev A.E.&Tajiev S.H., 1986.**Seasonal variation of phytoplankton in series of waste treatment lagoons (Chmkent, Central Asia): Artificial inoculation and role of algae in sewage purification. *Int. Res. Der. Ges. Hydrobiol.* 17 (4) pp: 545-555.
- **Ettl H.&Gärtner G., 1988.** Chlorophyta II (Tetrasporales, Chlorococcales,Gloeodendrales). Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H. etMollenhauer, D. (eds).*Süßwasserfloravon Mitteleuropa*. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- **Falconer I.R., 1993.** Mechanism of toxicity of cyclic peptide toxins from blue-green algae. *In:Falconer I (ed). Algal toxins in seafood and drinking water. Academic Press. London.* pp: 177-186.
- **Falconer I.R., 1996.** Potentiel impact on human health of toxic Cyanobacteria.*Phycologia* 35 supplpp: 6-11.
- **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.
- **FottB., 1969.** Studies in Phycology, E. Schweizerbart'scheVerlagsburchhandlung, Stuttgart.
- **Gailhard I., 2003.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le « Réseau de surveillance du Phytoplancton et des phycotoxines » (REPHY). Thèse de Doctorat. Université de la Méditerranée (Aix–Marseille II),pp: 1,14.

- **Ganf G.G. & Oliver R.L., 1982.** "Vertical separation of light and available nutrients as a factor causing replacement of green algae by blue-green algae in the plankton of a stratified.
- **Gleick P.H., 1993.** Water resources: A long-range global evaluation. *Ecology Law Quarterly* Vol.20, No.1, pp:141-149.
- **Goldman C.R. 1960.** Primary production and limiting factors in three lakes of the Alaskan peninsula. *Ecol. Monogr.*, 30 pp: 207-230.
- **Gorenflot R. & Guern M., 1989.** Organisation et Biologie des Thallophytes. Doin édité. Paris. pp: 196, 201.
- **Graziano L.M., Geider R.J., Li W.K.W. & Olaizola M., 1996.** Nitrogen limitation of North Atlantic phytoplankton: Analysis of physiological condition in nutrient enrichment experiments. *Aquat Microb Ecol.* **11** pp: 53-64.
- **Grossman A.R., Bhaya D. & HE Q., 2001.** "Tracking the Light Environment by Cyanobacteria and the Dynamic Nature of Light Harvesting". *The journal of biological chemistry*, vol. 276, pp: 11449-11452. Lake'', *Journal of Ecology*, vol. 70, pp: 829-844.
- **Hamilton D.p. ET Schladow S.G, 1997.** Prediction of water quality in lakes and reservoirs. Part I- Model description. *Ecological Modeling*, 96, (1-3), 91-110.
- **Hallegraeff G.M., 1998.** Transport of toxic Dinoflagellates via ship's ballast water. Bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **168** pp: 297-309.
- **Hansen G., Turquet J., Quod J.P., Ten Hage L., Lugomela C., Kyewalyanga M., Hurbungs M., Wawiye P., Ogongo B., Tunje S. & Rakotoarinjanahary H., 2001.** Potentially Harmful Microalgae of the Western Indian Ocean. *Manuals and Guides* 41. pp: 5, 79.
- **Harris G.J., 1986.** Phytoplankton ecology: Structure, function and fluctuation. Chapman and Hall, London
- **Humenik F.J. & Hanna G.P., 1971.** Algal-bacterial symbiosis for removal and conservation of wastewater nutrients, *J.W.P.C.F.*, 43 (4) pp: 580-594.
- **Hunter P.R., 1998.** Cyanobacterial toxins and human health. *The society for applied microbiology.* **84** pp: 35-41.
- **Hutchinson G. E., 1957.** A treatise on Limnology. Vol. 1. Geography, Physico and Chemistry. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1115 p.



- **Iltis A., 1980.** Les Algues 1. pp: 55.
- **Ishikawa., 2002.**Advances in botanical research; 27. pp.211-256.
- **Jean-claude D.&Frederic R., 2008.**Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement,dénombrement et biovolumes. INRA-Thonon, Rapport SHL 283 2008,96p.
- **Jean R. D. &Lévêque C., 1980.**Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahelosoudanienne. Tome 1. Édition de l'office de la recherche scientifique et technique. Outre-Mer. Collection Initiations – Documents Techniques n° 44. Paris. 389 p.
- **Kalisz I., 1973.**Role of algae in sewage purification .II. Nutrient removal, *Pol. Arch. Hydrobiol.* 20(3)pp: 413-434.
- **Krammer K. & Lange-bertalot H., (1986-2000).** Bacillariophyceae. In : Susswasserflora von Mitteleuropa (Ettl H., Gerloff J., Heynig H. &Mollenhauer D., eds ). SpektrumAkademischerVerlagHeidelberg, Berlin, pp :1-5.
- **Kugrens P. & Clay B.L., 2003.** Cryptomonas. *Dans: Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification.* Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris
- **Kuiper-Goodman T., Falconer I.R. & Fitzgerald J., 1999.** Human Health aspects. *In: Chorus I. Barttram J (eds) Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health, monitoring and management.* WHO E & FN SPON. London. pp: 113.
- **Larpent J.P.et Larpent- Gourgaud M., 1997.**Mémento technique de microbiologie.3<sup>ème</sup> edit.Paris.P:245,246.
- **Lassus P., Ledoux M., Bardouil M., Bohec M. & Erard E., 1994.** Kinetics of *Alexandrium minutum* halim toxin accumulation in mussels and clams.*Nat.Toxins.* 2 (5)pp: 329-333.
- **Lewis R.J., 2001.** The changing face of ciguatera. *Toxic on* 39 (1) pp: 97-106.
- **Lightfoot N. F., 2002.** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directives pour l'assurance qualité. France. 387p.
- **Lukac M. &Aegerter R., 1993.** Influence of trace metals on growth and toxin production of *Microcystisaeruginosa*. *Toxic on* 31pp: 293-305.
- **Gailhard I., 2003.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le « Réseau de surveillance du Phytoplancton et des phycotoxines »(REPHY). Thèse de Doctorat. Université de la Méditerranée (Aix–Marseille II).pp : 1,14.

- **Mann K.H. & Lazier J.R.N., 1966.** Dynamics of marine's ecosystems. Blackwell Science Inc. pp: 394.
- **Mara d D., 1980.** Sewage treatment in hot climates, Ed. John Wiley and Sons. 168p.
- **Matsuyama Y., Uchida T., Nagai K., Ishimura M., Nishimura A., Yamaguchi M. & Honjo T., 1996.** Biological and environmental aspects of noxious Dinoflagellate red tides by *Heterocapsa circularisquama* in the west Japan. In: Yasumoto T., Oshima Y. & Fukuyo (eds). Harmful and toxic algal bloom. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. pp: 247-250.
- **Merzoug S.E., 2009.** Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya de Skikda), mémoire de magister, université de Guelma .pp : 51,68.
- **Mortensen A.M., 1985.** Massive fish mortalities in the Faroe Islands caused by a *Gonyaulax excavate* red tide. In: Anderson D.M, White A.W & Baden D.G (eds). Toxic Dinoflagellates. Elsevier. New York. pp: 165-170.
- **Moss B., 1980.** Ecology of Freshwaters. Blackwell Scientific Publications, Oxford. NP
- **Mur L.R., Skumberg O.M. & Utkilen H., 1999.** Cyanobacteria in the Environment. In: Chorus, I. et Bartram, J 1999. (Eds.). Toxic Cyanobacteria in water. A guide to their public Health consequences, monitoring and management. WHO Ed. E & FN SPON, pp: 41-111.
- **Nasri A.B., Bouaïcha N. & Fastner J., 2004.** First Report of a Microcystin-Containing Bloom of the Cyanobacteria *Microcystis* spp in Lake Oubeira, eastern Algeria. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **46**. pp : 197-202.
- **Nicholls K.H., 1995.** *Chrysophytes* bloom in the plankton and neuston of marine and freshwater systems. pp: 181-216. In: Sandgren C.D., Smol J.P. et Kristiansen J. (eds). *Chrysophytes algae: Ecology, phylogeny and development*. Cambridge University Press.
- **Nürnberg, G. K., 1984.** "The prediction of internal phosphorus load in lakes with anoxic hypolimnia", *Limnology and Oceanography*, vol. 29, no 1, pp. 111-124.
- **Oliver R.L. & Ganf G.G., 2000.** Freshwater blooms, pp. 149-194. In Whitton B. A. & Potts M. [eds.]. *The Ecology of Cyanobacteria - Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers.
- **Ott D.W. & Oldham-Ott C.K., 2003.** Eustigmatophyte, Raphidophyte and Tribophyte Algae. Dans: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.

- **Oudra B., 1987.** Recherche d'une optimisation des méthodes d'étude de la biomasse algale dans les bassins expérimentaux de lagunage a' Marrakech, Mémoire de CEA, Université Cadi Ayyad, Marrakech.
- **Paerl H.W., 1988.** Nuisance phytoplankton blooms in coastal estuarine and inland waters. *Limn and Ocean* **33**pp: 823-84.
- **Paerl H.W., Fulton R.S., Moisander P.H. & Dyble J., 2001.** Harmful freshwater algal bloom with an emphasis on Cyanobacteria. *The Scientific. World. Journal.* **1**pp: 76-113.
- **Paloheimo J.E. & Zimmerman A.P., 1983.** Factors influencing phosphorus-phytoplankton relationships. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **40** pp: 1804-1812.
- **Parhad N.M. & Raon. U., 1974.** Effect of pH on survival of *Escherichia coli*. *Jourl. Water Poll. Control. Fed.*, **46** pp: 980-986.
- **Pearson H.W., Mara D.D., Mills S.W. & Smallman D.L., 1987.** Factors determining algal population in waste stabilization ponds and the influence of algae on pond performance. *Wat. Sci. Tech.* **19** (12)pp: 131-140.
- **Pestalozzi G.H., komarek T.J. & Fott B., 1983.** Das Phytoplankton des SuBwassers, Systematikundbiologie, E. Schweizerbart4sche Verlagsburchhandlung, Stuttgart.
- **Pierre J.F., 2001.** Bulletin de l'academie lorraine des sciences : catalogue des algues (du Nord –Est de la France et des régions attenantes 1959-2001). pp : 45-46.
- **Pouliot Y. & Delanoue J., 1985.** Mise au point d'une installation pilote d'épuration tertiaire des eaux usées par production de microalgues. *Rev. Franç. des sci. de l'eau*, **4** pp: 207-222.
- **Pourriot R. & Meybeck M., 1995.** Limnologie générale, Masson, Paris. 956 p. Redfield A.C., 1934. On the proportion of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton, James Johnston Memorial Volume pp: 176–192.
- **Quilliam M.A. & Wright J.L.C., 1995.** Methods for diarrheic shellfish poisons. *In:* Hallegraeff G.M. Anderson D.M. & Cembella A.D (edit) Manual on harmful microalgae. IOC Manuals and Guides N033. UNESCO. pp: 95-111.
- **Rafiqul I.M., Jalal K.C.A. & Alam M.Z., 2005.** Environmental Factors for Optimization of *Spirulina* Biomass in Laboratory Culture. *Biotechnology* **4**(1)pp: 19-22.
- **Rejsek F., 2002.** L'analyse des eaux technique et aspects réglementaires, Scérén CRDP Aquitaine, Bordeaux. 358 p.

- **Reynolds C.S., 1984.** The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press. pp: 384.
- **Reynolds C.S., 1987.** Cyanobacterial water-blooms. Adv. Bot. Res. pp: 13, 67-143.
- **Reynolds C.S., 1998.** What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status. *Hydrobiologia*. **11** (26) pp: 369-370.
- **Richardson K., 1997.** Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. *Adv. Mar. Biol.* **31** pp: 301-385.
- **Robarts R.D. & Southall G.C., 1977.** Nutrient limitation of phytoplankton growth in seven tropical man-made lakes, with special reference to Lake McIlwaine, Rhodesia. *Arch. Hydrobiol.*, 79 pp: 1-35.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L., 1996.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8<sup>ème</sup> édition. Dunod. Paris. 1383 p.
- **Rodier J., 1984.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition. Dunod. Paris.
- **Rodier J., 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer 8<sup>ème</sup> Edition. Dunod 1383p.
- **Rodier J., Legube B. & Marlet N., 2009.** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition. Dunod. Paris. 1579p.
- **Roger P.A., 1996.** Biology and Management of the Flood water Ecosystem in Rice fields. IRRI. Editor William H. Smith. pp: 132
- **Samraoui F. & Samraoui F., 2008.** An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* pp: 58:71-96.
- **Sanders R.W., Porter K.G. & Caron D.A., 1990.** Relationship between phototrophy and phagotrophy in the mixotrophic chrysophyte *Poteroiochromonas malhamensis*. *Microbial Ecology*. 19 pp: 97-109.
- **Satake M., Ofuji K., Naoki H., James K., Furey A., Mc Mahon T., Silke J. & Yasumoto T., 1998.** Azaspiracid, a New Marine Toxin Having Unique Soiro Ring Assemblies. Isolated from Irish Mussels. *Mytilus. Edulis. Jou. Am. Chem. Soc.* **120** (38) pp: 9967- 9968.

- **Sayad L., 2008.** Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'écosystème lacustre le lac des Oiseaux (Wilaya El Taref). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. pp: 110.
- **Schindler D.W., Armstrong F.A.J., Holmström S.K. & Brunskill G.J., 1971.** Eutrophication of Lake 227, Experimental Lakes Area, northwestern Ontario, by addition of phosphate and nitrate. *J. Fish. Res. Board Can.*, 28 pp: 1763-1782.
- **Schindler D.W., 1974.** Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. *Science*, 184 pp: 897-899.
- **Sevrin-Reyssac J., Blier R., Dumes A. & Ouelette Y., 1996.** Epuration du lisier de porcs par des cultures intensives de micro-algues. *Bull. Ecol.* 35 pp : 41-68.
- **Sivonen K., 1996.** Cyanobacterial toxins and toxin production. *Phycologia* 35 suppl pp: 1224.
- **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.
- **Smayda T.J., 1997a.** Harmful algal blooms: their ecophysiology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea, *Limnol. Oceanogr.* 42 (5), pp: 1137-1153.
- **Smayda T.J., 1997 b.** What is bloom? A commentary. *Limnol. Oceanogr.* 42 pp: 1132-1136.
- **Sonzogni W.C. & Chapra S.C., Armstrong D.E. & Logan T.J., 1982.** Bioavailability of phosphorus inputs to lakes. *J. Environ. Qual.*, 11 pp: 555-563.
- **Sournia A., 1968.** Diatomées planctoniques du canal de Mozambique et de l'île Maurice p 152.
- **Sournia A., 1995.** Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean: an inquiry into biodiversity. In: Lassus P., Arzul G., Erard E., Gentien P. & Marcaillou-Le Baut C (eds). *Harmful marine algal bloom*. Lavoisier Publishing. Paris. pp: 103-112.
- **Starmach K., 1974.** Cryptophyceae, Dinophyceae, Raphidophyceae. *Flora Słodkowodna Polski. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.*
- **Steidinger K. & Baden D.G., 1984.** Toxic marine dinoflagellates. In: Spector D.L (edit) *Dinoflagellates. Academic Press. Orlando.* pp: 201-261.
- **Stumm W. & Morgan J.J., 1996.** *Aquatic Chemistry: Chemical equilibrium and rates in natural waters. Wiley. Inter. Science. Publication. Third edition.* pp: 1024.

- **Talita SILVA, Bruno J .LEMAIRE et Brigitte VINCON-LETTE., 2011.** Suivi du phytoplancton dans les lacs urbains à l'aide d'une bouée instrumentée: le cas du lac d'Enghien- les-Bains; Université paris- Est, LEESU, Ecole des ponts paris Tech,6 et 8 avenue Blaise pascal, Cité Des cartes, 77455Marne la Vallée Cedex 2,2011.pp:2.
- **Teitelbaum J.S., Zatorre R.J., Carpenter S., Gendron D., Evans A.C.,Gjedde A. &Cashman N.R., 1990.** Neurologic sequelae of domoic acid intoxication dueto the ingestion of contaminated mussels. *New. Engl. Jour. Med.* **322**(25) pp: 1781-1787.
- **Travers M., 1964.** Diversité du microplancton du Golf de Marseille. Station Marine d'Endoume et Centre d'Océanographie, Marseille, France pp: 308-343.
- **Trégouboff G. &Rose M., 1957.** Manuel de planctonologie méditerranéenne. Tome 1. CNRS, pp: 128.
- **Turner P.C., Gamie A.J., Hallinrake K. &Codd G.A., 1990.** Pneumonia associated with contact with Cyanobacteria. *BMJ* **300**pp: 1440-1441.
- **Villeneuve V., Legare S., Painchaud J.& Vincent W., 2006.** Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Rev. Sci. Eau, géol*, pp: 259-274.
- **Vincent W.F., 1989.** "Cyanobacterial growth and dominance in two eutrophic lakes: Review and synthesis", *ArchivfürHydrobiologie*, vol. 32, pp: 239-254.
- **Walsby A.E. & McAllister G.K., 1987.** Buoyancy regulation by *Microcystis* in Lake Okaro, NewZealand *Journal of Marine and Freshwater Research* 21, pp: 521-524.
- **WelchE.B., 1980.** Ecological effects of waste water. Cambridge, Cambridge University Press, 337 p.
- **Wetzel R.G., 2001.** *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3rd Edition. Academic Press, London.
- **World Health Organization (WHO)., 1987.** Factors affecting treatment in ponds In *Wastewater Stabilization pond : Principles of Planning and Practice*, FMRO Technical Publication, 10, Alexandria
- **World Health Organization.,1998.** Guidelines for safe recreational waterenvironments: coastal and freshwaters. pp: 283.
- **Wright J.L.C. &Quiliam M.A., 1995.** Methods for domoic acid, the amnesic shellfish poisons. *In: Hallegraeff G.M., Anderson D.M. &Cembella A.D(eds).Manual on harmful microalgae.IOC.Manuals and Guides No.33. UNESCO.* pp:113-133.
- **Yasumoto T., Seino N., Murakami Y. & Murata M., 1978.**Toxins produced by benthic Dinoflagellates. *Biol.Bull.* **172**pp: 128-131.

- **Zingone A. & Enevoldsen H.O., 2000.** The diversity of harmful algal blooms challenge for science and management. *Ocean&Coastal Management*. **43** pp:725-748.

**SITES WEB:**

- [01] [docs.eclm.fr/pdf\\_livre/360LeManuelDuPlancton.pdf](http://docs.eclm.fr/pdf_livre/360LeManuelDuPlancton.pdf)
- [02] [biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/.../GHEDADDBIA-Missoum.pdf...](http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/.../GHEDADDBIA-Missoum.pdf)
- [03] [dominique.voisin.pagesperso-orange.fr/.../Sous%20famille%20Diatom..](http://dominique.voisin.pagesperso-orange.fr/.../Sous%20famille%20Diatom)
- [04] [biologyboom.com/oscillatoria-for-b-s-only/](http://biologyboom.com/oscillatoria-for-b-s-only/)
- [05] [www.sud-expert-plantes.ird.fr/.../734\\_316\\_Rapport\\_scientifique\\_no...](http://www.sud-expert-plantes.ird.fr/.../734_316_Rapport_scientifique_no...)
- [06] [www.univ-soukahras.dz/eprints/2013-966-5abbc.pdf](http://www.univ-soukahras.dz/eprints/2013-966-5abbc.pdf)
- [07] <https://en.wikipedia.org/wiki/Cryptomonas>
- [08] <https://en.wikipedia.org/wiki/Trachelomonas>
- [09] [http:// westernaditoms.colorado.edu/taxa/species/pinnularia\\_boralis.](http://westernaditoms.colorado.edu/taxa/species/pinnularia_boralis)
- [10] <http://garciajeanlouis9051.perso.neuf.fr/aaBXI.html>
- [11] <https://www.mpl.ird.fr/flag/programmes/temporaire.htm>
- [12] <http://craticula.ncl.ac.uk/EADiatomKey/html/Achnanthes.html>
- [13] Google Earth modifiée
- [14] [http://images.google.fr/images?imgurl=http://tpe-lac retba.comuf.com/cyanobacteril](http://images.google.fr/images?imgurl=http://tpe-lac-retba.comuf.com/cyanobacteril)