

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 et Sciences de la terre et de l'Univers



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

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences Biologiques

**Spécialité:** Microbiologie Appliquée

**Département:** Écologie et Génie de l'Environnement

---

### THÈME :

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

---

Présenté par :

- HARRIDI Amel
- DJOUAIBIA Abir
- GHADJATI Ibtisem

Devant le jury composé de :

<b>Président:</b>	ATHAMNIA Mohamed	MCB	Université de Guelma
<b>Examineur :</b>	RAMDANI Kamel	MAA	Université de Guelma
<b>Encadreur :</b>	ROUABHIA Kamel	MAA	Université de Guelma

Année universitaire 2019/2020

## *Remerciements*

Je 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. ATHAMNIA Mohamed**, maître de conférences de classe B au département d'Écologie et Génie de l'Environnement, Université 8 Mai 1945 Guelma, pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Nous tenons à remercier aussi **Mr. RAMDANI Kamel** maître assistant de classe A au département d'Écologie et Génie de l'Environnement, Université 8 Mai 1945 d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous vifs remerciement vont à notre encadreur **Mr. ROUABHIA Kamel**, maître-assistant de classe A au département de Biologie, Université 8 Mai 1945, de m'avoir encadré et suivi notre 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 remercier vont également à tous les ingénieurs de laboratoire pour leurs gentillesse et leurs patiences.

Nous ne saurons finir sans remercier toute la promotion sortante (**Microbiologie appliquée 2019/2020**), et tous ceux qui de près ou de loin ont participé à l'élaboration directe et /ou indirecte de ce modeste travail.

**Abir . Ibtissem et Amel**

## *Dédicaces*

*En premier lieu et avant tout, louange à dieu le miséricordieux qui m'a éclairé la voix de science et de la connaissance.*

*Je dédie cette mémoire, fruit de recherche et d'étude :*

♥ *A mon héros dans ma vie, mon très chère père « **Hocine** », qui m'a très bien élevé et ma pousser à devenir ce qui je suis et qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider a avancé dans la vie. Seul dieu peut vous gratifier de tout ce que vous avez fait pour nous. Que Dieu le protège et le garde pour m'avoir orienté et appris à être une femme respectable et responsable.*

♥ *A la femme que son amour est creusé dans mes fonds les plus profond depuis ma naissance, à ma mère «**NAKIBE Malika** » la source d'amour dans notre famille qui a œuvré pour ma réussite de par son amour, son soutien tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie. Merci pour ta très bien vaillance sur moi, et que dieu te garderas pour nous ma très douce maman*

♥ *Mes très chères sœurs : «**Insaf, Dounia et Oumaima**». Puisse dieu vous protéger, garder et renforcer notre fraternité. Je vous souhaite succès et réussite dans tout ce qu'ils entreprennent je vous aime beaucoup*

♥ *A mes chères amis «**Zahra, Hanane**» qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de Succès.*

♥ *A toute personnes qui m'ont encouragé au aidé au long de mes étude*

♥ *A tous ceux qui sont chères, proches de mon cœur, et à tous ceux qui m'aiment et qui aurait voulu partager ma joie*

**Amel**

# Dédicaces

*En premier lieu et avant tout, louange à dieu le miséricordieux qui m'a éclairé la voix de science et de la connaissance.*

*Je dédie cette mémoire, fruit de recherche et d'étude :*

*A L'âme pure de ma chère mère (**Rahwia djouaibia**) qui a quitter la vie avant de réaliser son rêve (j'ai appliqué ta volonté maman j'ai terminé mon master)  
Les mots me manquent pour vous qualifier, tout ce que j'aurais à dire ne saurait exprimer à fond tout le sacrifice et l'endurance que vous avez dû subir pour nous élever. Que dieu ait pitié de vous ma chère maman Que dieu vous assure le paradis*

*A mon respect et mon exemple dans ma vie, mon très chère père*

*«**Mouhamed**», qui m'a très bien élevé et ma pousser à devenir ce qui je suis.  
Vous avez fait d'énormes sacrifices pour vos enfants et vous n'avez jamais cessé de nous prodiguer des conseils pour le droit chemin malgré toutes les difficultés.  
Je ne saurais jamais vous remercier assez. Seul dieu peut vous gratifier de tout ce que vous avez fait pour nous. Que dieu vous garde pour nous.*

*A mes chères frères et sœurs, «**Abdelhak, Abdelkader, Diaa eddin, et Samia**».*

*A ma très chère amies «**Nesrine . Wafa . Houda .souaade**» qui sont plus que des amies pour moi, A **awaissia khawla** et sa sœur **achwak** qui participé à la finition de notre travail*

*A tous mes oncles, mes tantes **Radhia** et **Menana** qui sont plus qu'une tante pour moi, et qui m'ont soutenus durant toute ma vie. et à tout ma famille .*

*A mes collègues de promotion ; sans oublié mes collègues de travail. **Bassma** et **Amel***

*A mes enseignants de l'école primaire jusqu'à l'université*

**Abir**

# ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail à mes parents, qui n'ont jamais cessé de*

*m'encourager Pour mes études*

*A toute ma grande famille.*

*A mes chers binômes **Abir et Amel***

*A tous mes amis*

*A tous qui me souhaitent une bonne vie*

*A tous mes enseignants du primaire jusqu'aujourd'hui*

*A mes collègues de la promotion.*

***Bassma***

## Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

	Page
Introduction .....	1

### *Chapitre I : Etude bibliographique*

1. Généralités sur le phytoplancton .....	3
2. Systématique du phytoplancton.....	3
2.1. Clés d'identification du phytoplancton.....	4
2.2. Composante du phytoplancton.....	4
2.2.1. Les Cyanobactéries (algues bleues) .....	4
2.2.2. Les Chrysophytes (algues dorées) .....	5
2.2.2.1 Chrysophycées .....	5
2.2.2.2 Xanthophycées .....	6
2.2.2.3 Diatomophycées .....	6
2.2.3 Les Pyrrophytes (algues brunes) .....	6
2.2.3.1 Dinophycées .....	6
2.2.3.2 Cryptophycées .....	7
2.2.4 Les Chlorophytes (algues vertes) .....	7
2.2.5 Les Euglénophytes .....	7
3. L'habitat et écologie du phytoplancton .....	7
4. Cycle annuel du phytoplancton .....	9
5. La source du développement du phytoplancton .....	9
6. Ecophysiologie du phytoplancton .....	10
7. Rôle du phytoplancton dans l'eau .....	11
7.1. Photosynthétique .....	11
7.2. Chaîne alimentaire .....	12
7.3. Autres rôles du phytoplancton .....	12
7.4. Rôle du phytoplancton dans le traitement des eaux usées .....	13

8.	Le phytoplancton indicateur de qualité biologique .....	13
9.	Applications des microalgues .....	14
9.1.	Applications alimentaires .....	15
9.2.	Applications pharmaceutiques .....	15
9.3.	Applications cosmétiques .....	15
9.4.	Agrofournitures et traitement de l'eau.....	16
10.	Effet nuisible du phytoplancton.....	16
10.1.	Risque sur la santé humaine.....	17
10.1.1.	Intoxications amnésiantes par les fruits de mer.....	18
10.1.2.	Intoxications paralysantes par les fruits de mer.....	18
10.1.3.	Intoxications neurologiques par les fruits de mer.....	18
10.1.4.	Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer.....	18
10.1.5.	Intoxications de type ciguatériques.....	19
10.1.6.	Intoxications par les azaspiracides.....	19
10.1.7.	Toxines Cyanobactériennes.....	19
10.1.7.1.	Hépatotoxine .....	19
10.1.7.2.	Cyto-toxines.....	20
10.1.7.3.	Neuro-toxines.....	20
10.1.7.4.	Dermato-toxines.....	20
10.1.7.5.	Endotoxines lipopolysaccharidiques.....	20
10.2.	Risque sur les organismes marins.....	20
10.3.	Risque sur le fonctionnement de l'écosystème.....	21

## ***Chapitre II : Matériel et Méthodes***

1.	Description de site d'étude.....	22
1.1	Présentation de la Numidie Algérienn.....	22
1.1.1.	La Numidie orientale.....	22
1.1.1.1.	Les principales zones humides de la Numidie Orientale.....	22
1.1.2.	La Numidie occidentale.....	23
1.1.2.1.	Les principales zones humides de la Numidie Occidental.....	23
1.2	Les zones humides de la wilaya d'Annaba .....	23
2.	Description de l'étang Bousseadra.....	24
2.1.	Géologie et géomorphologie.....	25

2.2. Régime hydrique.....	25
2.3. Climat de site d'étude.....	26
2.3.1. La température.....	26
2.3.2. La précipitation .....	26
2.3.3. L'humidité .....	26
2.3.4. Les vents .....	27
2.3.5. Synthèse climatique.....	27
2.3.6. La flore et la faune.....	29
3. Méthodes de travail.....	31
3.1. Choix des stations de prélèvements.....	31
3.1.1. Prélèvement des échantillons.....	32
3.1.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons.....	32
3.1.3. Transport et conservation des échantillons .....	32
3.2. Analyse physico-chimique de l'eau du marais .....	33
3.2.1. Couleur apparente (examen visuel) .....	33
3.2.2. La température .....	34
3.2.3. Le potentiel hydrogène (pH) .....	34
3.2.4. La conductivité électrique .....	35
3.2.5. La salinité .....	35
3.2.6. L'oxygène dissous .....	36
3.2.7. Taux des sels dissous (TDS) .....	37
3.3. Analyses phytoplanctoniques .....	37
3.3.1. Analyse qualitative et identification des taxons .....	37
3.3.2. Analyse quantitative et richesse spécifique.....	38

### ***Chapitre 3 : Résultats et discussion***

1. Résultats des analyses physicochimiques .....	39
1.1. La température .....	39
1.2. Le pH .....	39
1.3. La conductivité électrique .....	40
1.3. L'oxygène dissous .....	41
1.4. La salinité .....	42
1.5. Le TDS .....	43



2. Résultats des analyses phytoplanctoniques .....	44
2.1. Analyse qualitative et identification des taxons .....	44
2.2. Analyse quantitative et richesse spécifique .....	48
<b>Conclusion.....</b>	<b>49</b>
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>50</b>
<b>Résumés</b>	

## Liste des figures

<b>Figure N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Schéma d'une cyanobactérie	<b>05</b>
<b>02</b>	Situation géographique de l'étang Boussedra	<b>25</b>
<b>03</b>	Etage bioclimatique de la région d'Annaba selon le climagramme d'Emberger (1954)	<b>28</b>
<b>04</b>	Diagramme pluviothermique de région d'Annaba 1990- 2013	<b>29</b>
<b>05</b>	Flore du marais de Boussedra	<b>29</b>
<b>06</b>	Oiseaux du marais de Boussedra	<b>30</b>
<b>07</b>	Localisation des points du prélèvement	<b>31</b>
<b>08</b>	Photo de Multi paramètre de terrain de marque WTW (Multi 1970i)	<b>33</b>
<b>09</b>	Variations de la température de l'eau du marais de Boussedra	<b>39</b>
<b>10</b>	Variations de pH de l'eau du marais de Boussedra	<b>40</b>
<b>11</b>	Variations de la conductivité électrique de l'eau du marais de Boussedra	<b>41</b>
<b>12</b>	Variations des teneurs en oxygène dissous de l'eau du marais de Boussedra	<b>42</b>
<b>13</b>	Variations de la salinité de l'eau du marais de Boussedra	<b>42</b>
<b>14</b>	Variations de TDS de l'eau du marais de Boussedra	<b>42</b>
<b>15</b>	Contribution des différents groupes dans la richesse de la population phytoplanctonique du marais de Boussedra	<b>48</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Effets nuisibles causés par le phytoplancton	<b>17</b>
<b>02</b>	Moyenne des données météorologiques d'Annaba (1991-2012)	<b>26</b>
<b>03</b>	Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	<b>34</b>
<b>04</b>	Classification des eaux selon leur pH	<b>35</b>
<b>05</b>	Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique	<b>35</b>
<b>06</b>	Classification des eaux selon la salinité	<b>36</b>
<b>07</b>	Classification des eaux selon l'oxygène dissous	<b>36</b>
<b>08</b>	Classification des taxons phytoplanctoniques du lac Boussedra au mois de mars 2020.	<b>44</b>

## Introduction

L'eau est indéniablement un élément vital et indispensable pour une vie normale, elle couvre 70% de la planète, c'est une molécule simple aux propriétés complexes qui existe dans la nature sous les trois formes « gaz, liquide et solide » et joue un rôle important dans tous les cycles biogéochimiques des éléments. Son importance pour l'économie ne cesse de croître, sa demande et son approvisionnement deviennent de plus en plus difficile à acquérir.

Tout le monde vivant est besoin d'eau, et pas uniquement pour boire. Nos rivières, lacs, eaux côtières et marine, ainsi que nos eaux souterraines, sont de précieuses ressources que nous devons protéger. 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 (CE, 2011).

La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle (Nsikak, 2008). 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 (CE, 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 leur 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 halieutique 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 est également un élément très important et 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 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 principal objectif de cette étude est d'avoir une idée de la composition du peuplement du phytoplancton d'un plans d'eau douce, le lac Tonga, par :

- 1- La caractérisation d'environnement physico-chimique des eaux du lac.
- 2- L'inventaire du phytoplancton au cours de la période d'étude.

Ce manuscrit est divisé en trois chapitres.

- Le premier chapitre, une étude bibliographique présente une généralité sur les phytoplanctons.
- Le deuxième chapitre, présente le site et l'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 manuscrit.

## Chapitre I : Etude bibliographique

### 1. Généralités sur le phytoplancton

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 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 (*Protoperidum 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 de 3444 à 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 (**Lauriers 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**).

### 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

Les eucaryotes (Du grec Eu: typique, véritable) sont des êtres vivant qui s'opposent aux procaryotes ; leur noyau est entouré d'une membrane nucléaire renferment chromatine et nucléoles ; ils possèdent des dictyosomes et de vrai mitochondries (**Boumlik M., 1995**).

Dans la systématique des algues vraies, les critères de classification proposée par **Bourrelly (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.

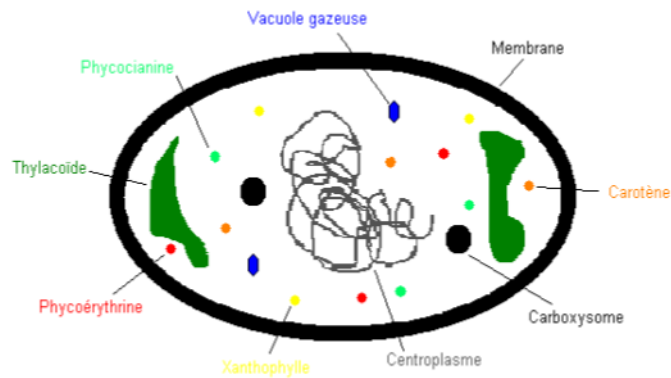
## 2.2. Composante du phytoplancton

### 2.2.1. Les Cyanobactéries (algues blues)

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**).



**Figure 01** : Schéma d'une cyanobactérie

### 2.2.2. Les Chrysophytes (algues dorées)

Les Chrysophycées sont caractérisées par des chromatophores bruns, jaunes ou vert jaunâtre. Ces algues ne possèdent jamais d'amidon, leurs réserves sont constituées de chrysolaminarine ou de laminarine (Amri, 2008) On en distingue 3 classes: les Chrysophycées, les Xanthophycées et les Bacillariophycées ou Diatomée.

#### 2.2.2.1 Chrysophycées

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

Les chrysophycées (1000 espèces connues) organisme riche en silice possède la chlorophylle a et c mais surtout des xanthophylles et caroténoïdes en abondance. La multiplication se fait par voie végétative asexuée (Oertli et Frossard, 2013).

#### 2.2.2.2 Xanthophycées

Regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte. Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente, La



paroi cellulaire est souvent absente et quand elle est présente, elle contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse chez plusieurs espèces. Les xanthophycées se divisent essentiellement par fission binaire mais peuvent également former des zoospores. La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (**Groga, 2012**).

### 2.2.2.3 Diatomophycées

Englobent plus de 100 000 espèces et on estime que seulement près de 15 000 ont été identifiées à ce jour. C'est un des groupes les plus importants du phytoplancton. Elles sont communément divisées en deux groupes : les diatomées centriques qui ont une symétrie radiale et les diatomées pennées qui ont une symétrie bilatérale (**Groga, 2012**). Elles possèdent plusieurs pigments photosynthétiques (chlorophylles a et c) et en particulière des xanthophylles pouvant donner une couleur brune à l'eau (**Oertli et Frossard, 2013**).

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

### 2.2.3 Les Pyrrophytes (algues brunes)

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

#### 2.2.3.1 Dinophycées

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

### 2.2.3.2 Cryptophycées

Les cryptophycées (200 espèces environ) toutes unicellulaires possèdent deux flagelles à insertion latérale elles se reproduisent par voie sexuée ou asexuée (**Oertli et Frossard, 2013**). Ils sont aussi flagellés unicellulaires (ryptomonas, rhodomonas) renfermant en plus de la chlorophylle d'autres pigments comme caroténoïdes et des biliprotéines. Cette composante du manoplancton (plancton dont la taille est égale ou inférieure à 20 µm) constitue une nourriture facilement ingérable pour les rotifères et les crustacés filtreurs (daphania, bosmina) (**Balvayt et Druart, 2009**).

### 2.2.4 Les Chlorophytes (algues vertes)

Les Chlorophytes ont des plastes d'un beau vert franc et mettant de l'amidon en réserve. Cet amidon est logé dans les plastes (Amidon intraplastidial). Il se colore en bleu noirâtre, et souvent même, en noir par la solution iodo-iodurée. Les cellules nageuses possèdent habituellement deux fouets de même taille, rarement quatre ou plus. Cet embranchement comporte quatre classes : Les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées et les Charophycées (**Bourrelly, 1972**).

### 2.2.5 Les Euglénophytes

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

## 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 «éco-stratégiques» 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 (Himoude et Brahim. 2016).

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**).

#### **4. 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 CO<sub>2</sub>. 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. (**Himoude et Brahim. 2016**).

#### **5. La source du développement du phytoplancton :**

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

- **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.

## **6. 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 phytoplanctonique. La demande exercée par les organismes est fonction de la composition de leurs tissus vivants. 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-eutrophies, l'augmentation du pH entraîne une diminution de la solubilité des bicarbonates dans l'eau pouvant créer une limitation de croissance du phytoplancton (**Sevrine-reyssac *et al.* 1996**). Par contre, l'azote peut être le facteur limitant du développement du phytoplancton (**Dufour et 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 que même une petite quantité de phosphore pouvait stimuler la production d'une façon considérable (**Paloheimo et Zimmerman, 1983**).

Les apports en carbone et en oligoélément sont 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 phytoplanctonique dont certaines sont prédisposées à la sédimentation et donc à terme être éliminées de la colonne d'eau (**Welch, 1980**).

## **7. Rôle du phytoplancton dans l'eau**

La prolifération du phytoplancton a un impact direct sur les écosystèmes aquatiques entraînant des modifications de la diversité et de la dynamique des populations. En outre, certaines espèces, dont les cyanobactéries, sont susceptibles de synthétiser des toxines à l'origine d'intoxications plus ou moins graves, représentant des risques important pour la santé humaine et animale (**Chorus et Bartram, 1999**). Les usages de l'eau peuvent ainsi être limités par ces contaminations.

Les eaux douces et particulièrement les eaux de surface, qui représentent une ressource vitale pour l'homme, sont menacées par des pollutions diverses, d'origine anthropique. Le phytoplancton réagit à ces altérations et peut être considéré comme un indicateur de la dégradation de la qualité des eaux continentales, proposé par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) comme élément de qualité biologique.

Des déverses rôles écologique et biologique sont met en évidence ont cité quelques unes :

### **7.1. 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 20.109 et 55.109 tonnes de carbone (**Mann et Lazier, 1966**).

## 7.2. 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**)

## 7.3. 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 *Chamaesiphonpolonius* et *Calothrixsp* sont caractéristiques des eaux non polluées, par contre *Oscillatoriachlorina* et *Spirulinajenneri* peuvent survivre dans les milieux très pollués et pauvres en oxygène. Cependant *Phormidiumsp* est présent dans les eaux moyennement polluées (**Champiat et Larpent, 1994**).

- Certains genres de phytoplancton comme : Euglène, Volvox et Spirogyre 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

*Oxillatoria* sont utilisées en culture semi-industrielles en vue d'obtenir des produits riches en protéines utilisables pour l'alimentation humaine ou animal (Iltis, 1980).

#### **7.4. 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, 1973; 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).

#### **8. Le phytoplancton indicateur de qualité biologique**

Qu'il s'agisse du phytoplancton, des macrophytes, des invertébrés ou des poissons, les indicateurs biologiques (bio-indicateurs) sont basés sur le même principe. La variété des taxons présents dans un prélèvement, leur assemblage, la présence ou l'absence de groupes sensibles (aux pollutions par exemple), donnent une indication sur la qualité des milieux.

Ainsi, Blandin (1986) a donné au terme bio-indicateur la définition suivante : «Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou Ecologiques permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un éco-complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées».



A cet effet, **Reynolds *et al.* (2002)** ont publié une description détaillée de 31 assemblages phytoplanctonique qui peuvent être vus comme des groupes fonctionnels, c'est à dire des groupes d'espèces avec une sensibilité plus ou moins grande pour différentes combinaisons de propriétés physiques, chimiques et biologiques internes au lac (profondeur de la zone de mélange, lumière, température, P, N, Si, CO et pression de prédation).

Le phytoplancton, qui est donc fortement influencé par les changements environnementaux (**Padisak *et al.* 2006; Salsamo *et al.*, 2006; Anneville *et al.*, 2008**), est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation, spécialement dans les lacs (**Solheim *et al.* 2005**). Ainsi, ce compartiment biologique a été proposé puis imposé par la DCE (directive cadre de l'eau ; directive européenne du 23 décembre 2000) comme élément de qualité biologique pour les lacs et est identifié aujourd'hui comme un bio-indicateur potentiel puisque répondant aux changements trophiques des masses d'eau. Trois paramètres relatifs au phytoplancton peuvent être utilisés pour l'évaluation de l'état écologique des lacs et la définition des statuts « très bon », « bon » et « moyen ». Il s'agit de :

- i) l'abondance et la composition phytoplanctonique,
- ii) la biomasse phytoplanctonique (via les estimations de la concentration de chlorophylle a et du biovolume moyen) et,
- iii) l'intensité et la fréquence des blooms planctoniques.

## **9. Applications des microalgues**

Les applications de ces microalgues sont multiples, de l'alimentation humaine, l'alimentation animale, les cosmétiques, la pharmaceutique. Chaque espèce des microalgues a des propriétés qui lui sont propres et toutes les microalgues produites n'ont pas une application unique. Il est possible de regrouper les espèces en fonction de leurs principales utilisations (**Filali, 2012**).

### **9.1. Applications alimentaires**

Certaines espèces des microalgues peuvent être consommées comme des légumes. Plusieurs processus de conservation des microalgues peuvent être utilisés, elles peuvent être séchées, congelées, mises en bocaux, salées ou servies fraîches, la consommation des microalgues est traditionnelle dans de nombreux pays asiatiques. Les principales espèces

consommées sont : *Undariapinnatifida*, *Laminariajaponica* et *Porphyra sp.* Les Japonais consomment actuellement 1,4 kg des microalgues (poids sec) par an et par habitant, les microalgues dans l'alimentation sont bénéfiques outre leurs propriétés épaississantes, gélifiantes ou stabilisantes, bien connues et largement utilisées par des industries agro-alimentaires, elles ont aussi des propriétés nutritionnelles intéressantes en alimentation humaine. L'eau de mer offre une composition remarquablement constante. Elle contient en solution tous les éléments nécessaires au maintien de la vie, éléments que les microalgues absorbent et concentrent dans leurs tissus (**Abadli et Harkati, 2015**).

## 9.2. Applications pharmaceutiques

Les extraits des microalgues sont également utilisés par le secteur pharmaceutique, les principes actifs extraits des micro-algues sont utilisés comme anti-inflammatoire œsophagien, pour lutter contre l'embonpoint, pour leur effet laxatif ou encore pour les pansements, les microalgues peuvent être utilisées dans une amélioration du confort des diabétiques. En effet certains polysaccharides issus des microalgues des côtes françaises peuvent moduler l'absorption intestinale du glucose et la réponse insulinique à l'alimentation. Par ailleurs, des oligosaccharides extraits des microalgues peuvent améliorer l'équilibre de la flore intestinale du colon, en favorisant la croissance des bactéries comme favorables pour la santé. Ces bactéries sont actuellement largement utilisées des préparations à base de lait peu caloriques, riches en vitamines et en minéraux. Les microalgues alimentaires sont source de polysaccharides divers, très différents de ceux provenant des végétaux terrestres. Ces polysaccharides représentent entre 30 % et 70 % du poids sec des microalgues, selon l'espèce (**Gana, 2014**).

## 9.3. Applications cosmétiques

Les microalgues utilisées par la filière cosmétique sont souvent les mêmes que celles utilisées pour les applications alimentaires. Cependant, les travaux de recherche mettent en évidence de nouvelles applications pour de nouvelles espèces. La filière cosmétique utilise les microalgues sous forme d'extraits de plantes, broyées (pour les gommages par exemple) ou en tant qu'agents de coloration. Étant donné que le marketing joue un rôle important dans l'industrie des cosmétiques, les microalgues sont souvent utilisées afin de véhiculer une image de produits naturels apportant les bienfaits de la mer (**Idealg, 2014**).

## 9.4. Agrofournitures et traitement de l'eau

En agriculture, les microalgues sont principalement utilisées comme engrais ou comme ingrédient dans la fabrication d'aliment pour le bétail. Concernant les engrais, les algues sont transformées en poudre, extraits liquides ou microbilles et sont épandues sur les terres. En effet, les microalgues favorisent la croissance des plantes, la résistance aux maladies et produisent des substances protectrices contre les agressions par les gastéropodes. Pour l'alimentation animale, les fuciales sont utilisées comme additifs alimentaires pour leurs qualités digestives. Elles sont transformées en farines mélangées à la nourriture (**Abadli et Harkati, 2015**).

## 10. 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 phytoplanctonique (**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**). Associées à la consommation de coquillages sont connues depuis plusieurs siècles (**Gaillard, 2003**).

Le phytoplancton nuisible est impliqué dans des efflorescences algales massives, dénommées «Algal Blooms» se traduisant par un phénomène d'eaux colorées aussi appelées marées rouges. D'autres espèces responsables de «Algal Blooms», sont productrices de phycotoxines causant la mortalité des animaux marins (mollusques, poissons, oiseaux, ...) via leur ingestion directe de microalgues toxiques (**Herzi, 2013**). Parmi les quelque 5000 espèces d'algues unicellulaires composant le phytoplancton, la plupart de ces microalgues toxiques font partie de la famille des dinoflagellés (**Mollo et Noury, 2013**). Leur impacte peut être résumé comme suit :

### 10.1. Risque sur la santé humaine

Certaines espèces phytoplanctonique 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. 01**), mais sont toxiques pour les consommateurs secondaires dont l'Homme (**Gaillard, 2003**).

Les symptômes associés à ces dangers sont essentiellement d'ordre digestif et/ou neurologique selon la nature chimique de chaque toxine élaborée (Abouabdelah, 2012).

**Tableau 01** : Effets nuisibles causés par le phytoplancton (Zingone et Enevoldsen, 2000modifiée).

	Impacts	Organismes responsables	
Ressources marines naturelles et exploitées	Intoxications paralysantes par les fruits de mer (PSP).	Dinoflagellés Cyanobactéries	Gymnodiniumcatenatum Anabaenacircinalis
	Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer (DSP).	Dinoflagellés	Prorocentrumsp
	Intoxications neurologiques par les fruits de mer (NSP).	Dinoflagellés	Kareniabrevis
	Intoxications amnésiantes par les fruits de mer (ASP).	Diatomées	Pseudo-nitzschiasp
	Intoxications par les azaspiracides (AZP).	inconnu	Inconnu
	Intoxications de Type ciguatérique (CFP).	Dinoflagellé	Gambierdiscustoxicus
	Hépto-toxines.	Cyanobactéries	Microcystissp
	Neuro-toxines	Cyanobactéries	Aphanizomenonsp
	Cyto-toxines.	Cyanobactéries	Cylindrospermopsisiraciborskii
	Dermato-toxines.	Cyanobactéries	Lyngbyamajuscula
	Lésions mécaniques.	Diatomées	Chaetocerossp
	Activités touristiques	Production d'écume, de mucilage, variation de la couleur de l'eau et odeurs nauséabondes.	Dinoflagellés Diatomées Cyanobactéries
Fonctionnement de l'écosystème	Toxicités pour les organismes marins (poissons, invertébrés, ...).	Dinoflagellés Diatomées	Alexandriumsp Pseudo-nitzschiaaustralis

### 10.1.1. 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**).

### 10.1.2. 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 Nsulfo-carbamoyl (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**).

### 10.1.3. 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**).

### 10.1.4. 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**).

### 10.1.5. 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**).

### 10.1.6. Intoxications par les azaspiracides

Un évènement 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**).

### 10.1.7. 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 pourrait être liée à une faible concentration en fer et une abondance en zinc (**Lukac et Aegerter, 1993**). Ces toxines peuvent être classées en :

#### 10.1.7.1. Hépatotoxine ;

Les hépatotoxines comprennent les micro-cystines (hepta peptidescycliques), et lanodulaire 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**).

### 10.1.7.2. Cyto-toxines

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

### 10.1.7.3. 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).

### 10.1.7.4. 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).

### 10.1.7.5. 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 ; Pitoiset 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 (W. H. O., 1998).

## 10.2. 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).

En eau douce tout comme en milieu marin, les efflorescences des microalgues sont le plus souvent mono- ou oligo-spécifiques et induisent une diminution de la biodiversité du milieu (Crossetti *et al.* 2008). De plus, les proliférations de microalgues peuvent avoir des conséquences sur la stabilité des paramètres physico-chimiques et donc des effets néfastes sur l'équilibre des écosystèmes. Ainsi, des anoxies, résultant de la décomposition des microalgues par des bactéries hétérotrophes sont parfois associées aux efflorescences, provoquant une forte mortalité de populations de poissons (Hudnell, 2008). *Karenia selliformis* outre sa toxicité recensée au niveau des coquillages, est aussi dotée d'un pouvoir hémolytique très important.

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

En milieu marin côtier, si les conditions sont favorables, les espèces phytoplanctoniques peuvent proliférer et former des efflorescences. Les facteurs présumés de ces proliférations sont d'origine anthropique (apports en nutriments liés aux pratiques agricoles, introduction d'espèces par les eaux de ballast) et climatique (ex. effets des pluies, des eaux de ruissellement, courantologie océanique). Le déterminisme de ces efflorescences fait l'objet d'un grand nombre de travaux et il semblerait qu'un certain nombre de paramètres conditionne l'apparition des efflorescences, en particulier des teneurs élevées en azote et phosphore, la température, l'éclairement et le pH (Ledreux, 2010).

Le développement d'efflorescences toxiques peut perturber le fonctionnement des écosystèmes notamment par inhibition des fonctions de croissance, d'alimentation et de reproduction des organismes (Wiegand et Pflugmacher, 2005). Le zooplancton peut consommer des dinoflagellés producteurs de phycotoxines des copépodes nourris avec des cultures de dinoflagellés toxiques voient leur taux de fécondité et leur croissance diminuer sans que l'on puisse pour autant attribuer ces effets aux toxines elles-mêmes ou à d'autres composés inhibiteurs. Les cyanotoxines en eau douce et les phytoxines en milieu marin sont donc susceptibles de gagner les réseaux trophiques supérieurs par accumulation dans le zooplancton phytophage puis par transfert dans des bivalves filtreurs (Ledreux, 2010).



## Chapitre II : Matériel et Méthodes

### 1. Description de site d'étude

Les zones humides de l'Est de l'Algérie, sont essentiellement réparties entre les Wilayas de Skikda, d'Annaba et d'El-Tarf, la plupart d'entre elles ont reçus à des dates différentes au moins un classement international dont le plus important est celui de la convention de **Ramsar** des zones humides d'importance internationale.

#### 1.1 Présentation de la Numidie Algérienne

La Numidie, situé dans le Nord-est algérien, est réputée pour ses zones humides réparties en deux grands complexes séparés par Oued Seybouse : la Numidie orientale composée des complexes d'Annaba et d'EL-Kala et la Numidie occidentale représentée par le complexe de Gurebes-Sahadja et lac Fetzara (**Samraoui et de Belair, 1997**).

##### 1.1.1. La Numidie orientale

Délimitée dans sa partie occidentale par Oued Seybouse, a pour limite septentrionale la Méditerranée et pour limite méridionale les collines de l'Atlas tellien, tandis que les frontières Algéro-tunisiennes, la délimitent à l'Est (**Samraoui et De Belair, 1998**). Cette région de l'Algérie qui renferme un grand nombre de sites humides exceptionnels possèdent une grande diversité d'écosystèmes marins, lacustres et forestières qui renferment une richesse animale et végétale élevée. Ces zones humides s'étendent sur une superficie de 156 000 ha.

##### 1.1.1.1. Les principales zones humides de la Numidie Orientale

Numidie orientale englobe des sites remarquables qui offrent une biodiversité unique dans son genre en comparaison avec les autres zones humides du pays.

- Le marais de la Mékhada
- Le lac Oubeira.
- Le Lac Mellah.
- Le Lac des Oiseaux.
- Le Lac Bleu.
- Le marais de Bourdime.
- Lac Tonga.
- Le Lac Noir.

- L'Aulnaie d'Ain Khiar.

### **1.1.2. La Numidie occidentale**

Représentée par le complexe de Guerbes-Sanhadja (site Ramsar depuis le 02 février 2001), est située au Nord-est de l'Algérie dans la Wilaya de Skikda et à l'Ouest de Annaba et de complexe de zones humides d'El-Kala. Elle est délimitée au nord par la Méditerranée, l'Est par la Wilaya d'Annaba, au Sud par la plaine de BEKKOUCHE Lakhdar et à l'Ouest par les forêts de Senhadja. La superficie totale de la zone homogène s'étend sur 42.100 ha. C'est une grande plaine littorale bordée à l'Ouest par des collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif côtier de CHITAIBI. Les altitudes de la zone se situent entre 0 et 200 m. 48,5 % des terres ont une pente inférieure à 3m (**Metlaoui et Houhamdi, 2008**).

#### **1.1.2.1. Les principales zones humides de la Numidie Occidentale**

- Garaet Hadj Tahar.
- Garaet Boumaïza.
- Garaet Ain-Magroune.
- Garaet Sidi Lakhdar.
- Garaet Beni M'hamed.
- Garaet El-Haouas.
- Nechaa Demnat Ataoua

## **1.2 Les zones humides de la wilaya d'Annaba**

Annaba est une ville côtière de l'Est d'Algérie, à l'extrême Est du pays, ouverte sur le littoral méditerranéen sur 80 km. Elle s'étend sur 1 439 km<sup>2</sup> soit 0,06 % du territoire national. La wilaya d'Annaba est limitée au Nord par la Mer Méditerranée, à l'Est par la Wilaya d'El –Tarf, à l'Ouest par la Wilaya de Skikda et au Sud par la Wilaya de Guelma. Le climat de la Wilaya est du type méditerranéen, humide en Hiver, chaud en été et la pluviométrie varie entre 650 et 1000 mm/an, la température moyenne varie entre 14° et 34° L'Étang de Boussedra est Situé au sud-ouest de la commune d'El Bouni. (**Belouahem A., 2012**).

Le recensement systématique des zones humides de la wilaya d'Annaba a permis de retenir des sites humides d'importance en plus du lac Fetzara. Ces milieux sont le plus

souvent des marécages, des marais, des gueltas, des estuaires. On retient également la présence d'une île au large de Chétaïbi.

Certains de ces milieux sont situés à proximité de zones urbaines et subissent de ce fait, des actions anthropiques qui risquent de les détruire complètement tel que les marécages de Sidi Achour et le marécage de Bousedra (**Allout, 2013**).

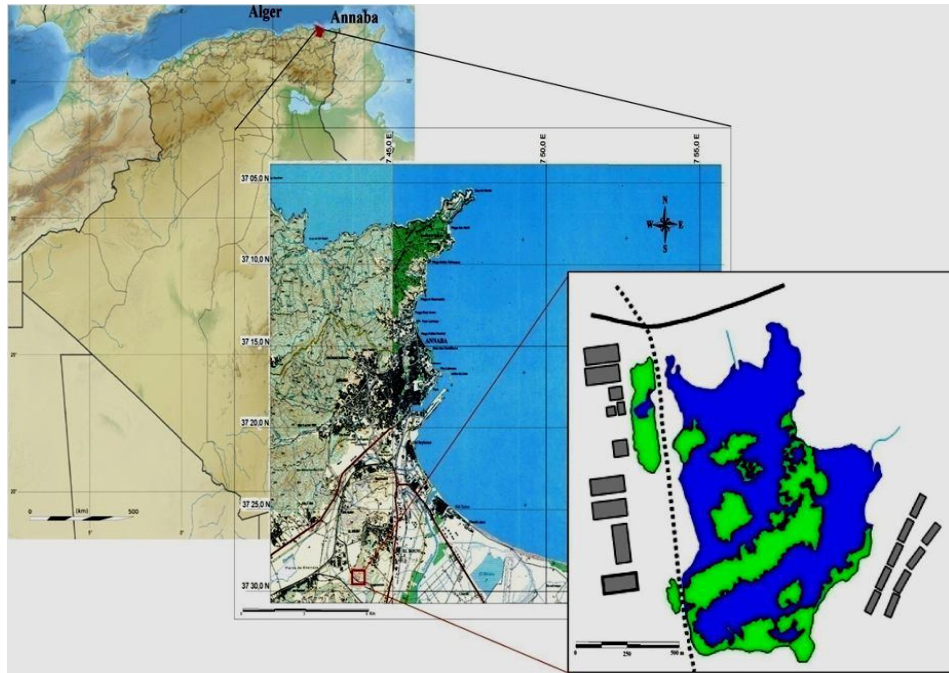
- **Lac Fetzara** : Le lac Fetzara (36° 43' et 36° 50' N 7°24' et 7°39' E) s'allonge sur 17 km d'est en ouest de la ville d'Annaba à l'extrême est de l'Algérie et sur 13 km dans sa partie la plus large.
- **Sidi Achour**: Ce marais qui est menacé à court terme de disparition (urbanisation accrue) s'est révélé être un site écologique important.
- **Boukhadra** : Un site anthropien (pollution importante), facile d'accès.
- **Salines** : Ce site grâce à la diversité de milieux qu'il recèle (bassins, canal et oued Boukhamira) compense la forte salinité de ses eaux. Ce site mérite d'être classé comme réserve naturelle car il joue un rôle important comme site d'hivernage pour les oiseaux migrateurs.
- **Bousedra** : Fortement anthropien, ce site est également menacé de disparition malgré une importance ornithologique certaine (**Allout, 2013**).

## 2. Description de l'étang Bousedra

Le marais de Bousedra situé au sud-ouest de la commune d'El Bouni, wilaya d'Annaba, il est situé entre latitude 36°51'259 N et longitude 7°43'819 E. Il s'étend sur une superficie de 20 hectares avec une profondeur moyenne de 1.5 m.

À l'extrême Nord-est de l'Algérie, il représente une cuvette recevant les eaux usées de la commune d'El- Bouni et des agglomérations limitrophes ( $\approx 600.000$  habitants). C'est un plan d'eau palustre qui occupe une superficie de 55 ha avec une profondeur variant entre 45 cm et 2 m). Les taux élevés d'éléments azotés (nitrates, nitrites et ions ammonium) favorisent le développement d'une flore très diversifiée. Ce couvert végétal très riche, est composé de 86 espèces appartenant à 42 familles. Les espèces principales sont *Veronica agrestis*, *Veronica ana*, *Galix aquatica*, *Typha angustifolia*, *Scirpus lacustris*, *Scirpus maritimus*, *Phragmites australis* et *Tamarix gallica* au sud du marais. (**Boudraa, 2014**). Ce qui a été remarqué durant les dix dernières années, c'est la dégradation considérable de la superficie de marais par les agriculteurs locaux. Près de 30% de l'étang a été ensevelie par des tonnes de terres qui sont devenue par la suite des vergers. Cette artificialisation de

l'étang a sans doute eu des répercussions considérables sur la biodiversité locale (Boucheker, 2002).



**Figure 02:** Situation géographique de l'étang Bousedra (Samraoui, 2012).

### 2.1. Géologie et géomorphologie

L'étang de Bousedra appartient administrativement à la wilaya d'Annaba, Daïra D'El Bouni et commune de cette dernière. Cette zone humide se trouve entourée de nombreux chantiers de construction et des bidonvilles de la commune d'El Bouni ainsi que des usines de construction agroalimentaire.

### 2.2. Régime hydrique

Bousedra 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 70 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 0.5m s'assèchent vers la fin du mois de juillet et s'émergent encore au début de la saison d'hivernage (Aberkane, 2013).

### 2.3. Climat de site d'étude

Le climat est un facteur déterminant de premier ordre pour une approche du milieu ; c'est un ensemble de phénomènes météorologiques qui sont principalement la température, les précipitations et les vents. Ce climat se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes écologiques (Hadeff, 2009). Comptant parmi les régions les plus arrosées de l'Algérie située en bordure de la mer Méditerranée, elle est donc soumise à un climat méditerranéen caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec et dont le régime dépend principalement de deux paramètres : les précipitations et de la température. (Hamzaoui, 2007 ; Belabed, 2010). Les données climatiques du marais Bousseadra sont fournies pour les 21 dernières années (1991-2012).

#### 2.3.1. La température

La température est un facteur très important, dans l'étude du climat de la région. Le climat 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 août et une température minimale de 7°C en janvier et en février (Tab.02) (Chettibi, 2014).

#### 2.3.2. La précipitation

Les précipitations sont abondantes, la totalité de la pluviométrie annuelle est de 600 mm. 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 (Tableau. 01)

**Tableau 02.** Moyenne des données météorologiques d'Annaba (1991-2012) (Station Météorologique d'Annaba, 2012).

	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Année
T min (°c)	7	7	8	10	13	16	19	20	18	15	11	8	12
T moy (°c)	11	12	13	15	18	21	24	25	23	20	15	12	17
T max (°c)	15	16	17	19	22	26	29	30	28	24	20	16	22
P (mm)	100	70	70	40	30	10	0	10	30	70	60	100	630

#### 2.3.3. L'humidité

L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la tension de vapeur réelle observée à la tension de vapeur saturante à la même température. 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 (**Mejelekh et El Ganaoui, 2012**).

De ces données et à un  $Q2 = 100.26$  et  $m = 6.58$  °C la région d'Annaba prend une place dans le climagramme d'Emberger dans l'étage bioclimatique subhumide tempérée, pluvieux en hiver et sec en été (de type méditerranéen).

L'insolation est considérable en été avec un maximum de 356 h en juillet et un minimum de 98,9 h en décembre. Les précipitations sont rares en été et sont importantes en hiver avec un maximum de 136,16 mm en décembre et un minimum de 4,22 mm en juillet (**Mejelekh et El Ganaoui, 2012**).

#### 2.3.4. Les vents

La direction dominante du vent est Nord-est et Sud-ouest (**Mejelekh et El Ganaoui, 2012**). Les vents les plus fréquents soufflent du secteur Nord-Ouest suivant une direction Nord-Ouest Sud-est avec une moyenne annuelle de 2.4 m/s et les moins fréquents sont ceux du Sud-est et du Sud-ouest avec une moyenne annuelle de 2 m/s la valeur la plus élevée de ce paramètre est enregistrée au mois de décembre et la plus faible au mois de février (**Lahlah, 2011**).

#### 2.3.5. Synthèse climatique

##### ➤ Climagramme d'Emberger

En 1955, Emberger a classé les climats méditerranéens en faisant intervenir deux facteurs essentiels : les précipitations et la température. Le climagramme d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule:  $Q2 = 2000P / M^2 - m^2$ , dont :

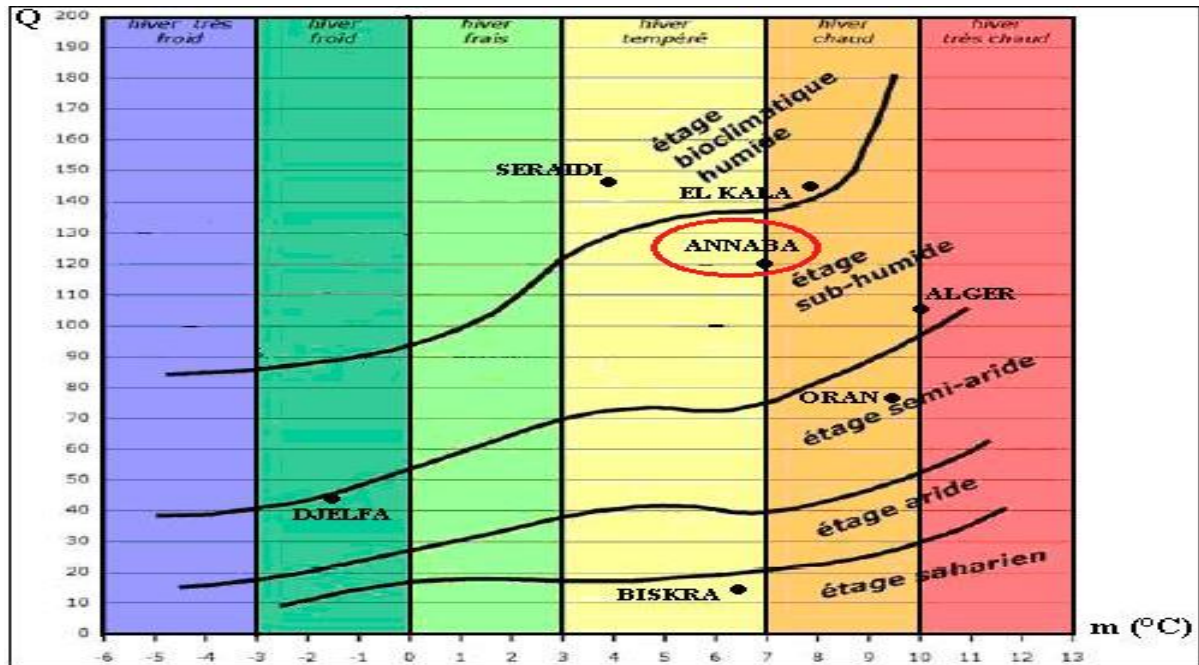
- P: précipitation annuelle moyenne (mm)
- M: la température maximale du mois le plus chaud en en kelvins.
- m: la température minimale du mois le plus froid en en kelvins.

En appliquant la formule suivante élaborée par Stewart pour l'Algérie et le Maroc, soit:  $Q2 = 3.43 (P/M-m)$  (**STEWART, 1968**).

- Q: le quotient pluviométrique d'Emberger
- P: Pluviométrie annuelle moyenne en mm.
- M: Moyenne maximale du mois le plus chaud en °C

- m: Moyenne minimale du mois le plus froid en °C

Le Q2 pour la période de 1991-2012 est de 87.98. Le quotient d'Emberger situe Annaba dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux.



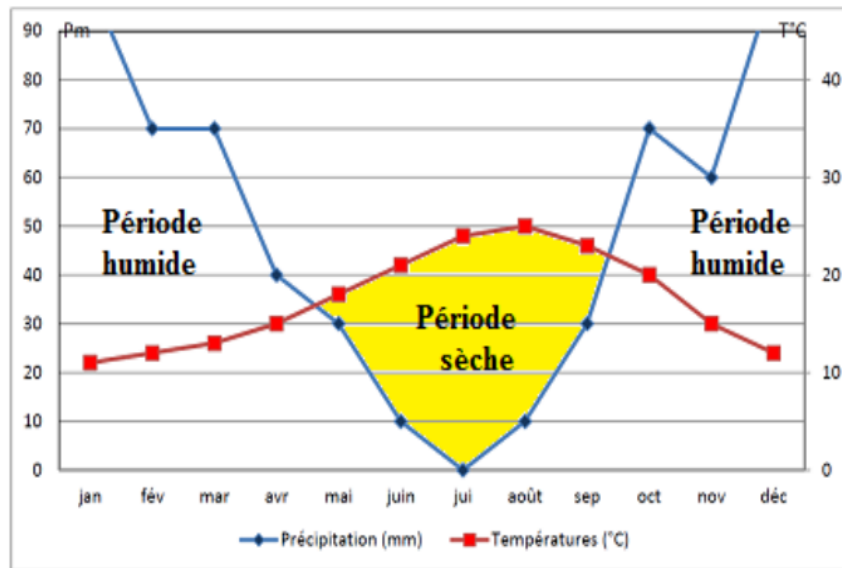
**Figure 03 :** Etage bioclimatique de la région d'Annaba selon le climagramme d'Emberger (1954) (Boudjemaa S., 2010).

### ➤ Diagramme pluviothermique de GAUSSEN

Le diagramme pluviothermique est une présentation du climat d'un point de vue naturaliste. Il fait des climats de latitudes moyennes, et plus particulièrement méditerranéens, la référence pour comparer les climats du monde entier. Il a franchi le temps à cause de sa simplicité et de son efficacité. Proposé par GAUSSEN et BAGNOULS, Le diagramme est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèche et humide de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T). Avec  $P=2T$  (Charre, 1997).

Le diagramme pluviothermique de Gausсен (Fig. 04) pour la période 1991-2012 montre que l'année est répartie en une saison sèche allant du début du mois d'avril à mi-septembre et une saison humide le reste de l'année.





**Figure : 04** Diagramme pluviothermique de région d'Annaba 1990- 2013.

### 2.3.6. La flore et la faune

Il existe plusieurs espèces qui dépendent des zones humides au moins pendant une partie de leur vie. Elles constituent l'une et les autres la biodiversité de ces écosystèmes riches en biomasse.

#### ➤ Flore :

L'étang est constitué essentiellement sur le plan végétatif de plusieurs végétation qui est le ressource trophique de beaucoup des espèces dans l'étang : *Typha angustifolia*, *Ranunculus baudotii*, *Scirpus lacustris*, et *Phragmites communis*. Ces plantes sont distribuées d'une manière hétérogène au bord, au centre et dans l'eau. C'est une végétation qui préfère l'eau. Dans la partie sud, on trouve une large bande de *Tamarix gallica*, qui est utilisé comme site de nidification pour une colonie mixte de hérons (environ 500 nids, de Héron garde-boeuf, Héron chevelu, Aigrette gazette et Héron bihoreau) (Chettibi, 2013)



**Figure 05.** Flore du marais de Boussedra (Photo prise par Benchabane et Merzoug, 2015).



➤ **La faune**

L'étang 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 minutus*, *Ardeola ralloides*, *Ardea ibis*, *Anas platyrhynchos*, *Aythya nyroca*, *Oxyura leucocephala*, *Gallinula chloropus*, *Porphyrio porphyrio*, *Fulica atra* et *Acrocephalus schoenobaenus* sont tous des espèces nicheuses à l'étang Boussedra (Samraoui et Samraoui, 2008 ; Samraoui et al., 2012).

Cette zone humide accueille de nombreuses espèces vulnérables et espèces classées sur la liste rouge de l'UICN et il est reconnu comme étant un site important pour l'hivernage et la reproduction de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau globalement en danger, soit l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, la Poule Sultane *Porphyrio porphyrio* (Samraoui et al., 2012).



**Figure 06:** Oiseaux du marais de Boussedra (Photo prise par ROUABHIA, 2015).

### 3. Méthodes de travail

#### 3.1. Choix des stations de prélèvements

Pour contribuer à l'étude de l'évolution de la qualité physicochimique et phytoplanktonique de l'eau du marais de Bussedra, nous avons choisis deux points de prélèvement. Les prélèvements sont effectués au mois de mars.

On a choisis les deux sites de prélèvement, car le marais de Bussedra est entouré des habitants aux cotés Nord, Est et l'Ouest. Nos sites de prélèvement sont situés au Nord-est et au Sud-ouest de la mare où se trouve une zone industrielle et chemin de fer ; donc il est exposé aux pollutions liées à l'activité humaine.

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**).



**Figure 07.** Localisation des points du prélèvement (**Google earth, 2020. modifiée**).

### 3.1.1. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vise métallique, mais dans notre recherche, nous avons utilisé des bouteilles en plastique propres.

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 flacons stériles sont prolongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels. Les flacons sont ouverts sous l'eau et sont remplis jusqu'au bord, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport (**Rodier, 1996**).

Pour l'analyse phytoplanctonique une quantité d'eau (environ 1L ou 1.5L) est prélevée aseptiquement dans la colonne d'eau, puis on a ajouté environ 5ml du Lugol pour fixer les phytoplanctons, les deux échantillons doivent être stockés à l'obscurité à +4 °C (**Jean – Claude et al., 2008**).

### 3.1.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables. 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).

### 3.1.3. Transport et conservation des échantillons

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière contenant des poches de glace. On conserve généralement les échantillons à une température inférieure ou égale à +4 °C (**Raymond, 1977 ; Mayat, 1994**). Et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante (**Rodier et al., 2009**) et transportés ensuite au laboratoire.

L'analyse phytoplanctonique a été réalisée au laboratoire de microbiologie du département de biologie université 08 mai 45 Guelma.

### 3.2. Analyse physico-chimique de l'eau du marais

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 de deux stations de prélèvement.
- L'identification des différentes espèces du phytoplancton au niveau du marais à partir de ces stations. Pour chaque prélèvement d'échantillons, des mesures in situ sont effectuées afin de déterminer certaines caractéristiques de l'environnement des prélèvements comme la couleur, la température, le pH, la conductivité, salinité, TDS. Ces paramètres sont très sensibles aux conditions de milieu, elles peuvent disparaître ou se modifier au cours du stockage et transport de l'échantillon au laboratoire (**Rodier, 1996**).

Les mesures des paramètres in situ : la température (°C), pH, conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), et oxygène dissous (mg/l) ont été effectuées au niveau de chaque station au moment du prélèvement à l'aide d'un multi paramètre (WTW Multi 1970i) (**fig.8**). L'opération consiste à faire plonger la sonde dans l'eau puis attendre quelques secondes avant de lire le résultat après la stabilisation de l'affichage de la valeur sur l'écran. Et la couleur, a été estimée à l'œil nue.



**Figure 08.** Photo de Multi paramètre de terrain de marque WTW (Multi 1970i).

Après prélèvement des échantillons destiné à la recherche des phytoplanctons, nous avons procédé à la mesure des paramètres physico-chimiques.

#### 3.2.1. Couleur apparente (examen visuel)

Le paramètre de la couleur apparente se fait par un examen visuel en observant la couleur de l'eau. C'est la seule qui puisse être utilisée sur le terrain de manière simple. La couleur des eaux de surface est due, généralement, à des substances colorées d'origine

variées ; (substance humique, algues, substance minérale et rejets) (**Rejsek., 2002**). La couleur apparente d'une eau c'est la couleur due aux substances dissoutes et aux matières en suspension (**Rejsek., 2002 ; Rodier et al., 1996**)

### 3.2.2. La température

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination de pH. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et de leur origine. (**Leclerc, 1996**).

La mesure de la température est effectuée sur terrain, on utilise souvent dans ce but un thermomètre ou un multi paramètres. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes. (**Rodier, 1996 ; Boukrouma, 2008**).

**Tableau 03** : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température.

[Monod., 1989]

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

### 3.2.3. Le potentiel hydrogène (pH)

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**). Donc le pH 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**). Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4.5 à 8.3 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés (**Bourrier, 2011**).

**Tableau 04** : Classification des eaux selon leur pH (Agrigon, 2000).

pH	Nature de l'eau
pH<5	Acidité forte : présence d'acides minéraux ou 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

On le peut être déterminé par diverses méthodes d'analyses, telle qu'un multi paramètres qui nous permet de mesurer le pH et d'autres paramètres physicochimiques. La mesure est réalisée selon les étapes suivantes :

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

### 3.2.4. La conductivité électrique

La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Elle est déterminée par l'utilisation d'un appareil de conductimètre. Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. L'unité de mesure de la conductivité est siemens/cm (s/cm) :  $1\text{ s/m} = 104\mu\text{s/cm} = 103\text{ s/m}$ .

La 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).

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

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

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

### 3.2.5. La salinité

La salinité est l'une des caractéristiques physico-chimique de l'eau, elle est mesure la concentration d'une eau en sels dissous au travers de la conductivité électrique de cette



eau [1]. La salinité moyenne mesurer est 0.3, elle arrive à un maximum de 0.7 pendant la période sèche, et à minimum de 0.1 due probablement à l'effet de dilution pendant la période pluvial (**Bousaaroura, 2011**).

En fonction de la salinité, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau suivant :

**Tableau 06** : Classification des eaux selon la salinité (**Chevallier, 2007**).

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

### 3.2.6. L'oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous dans l'eau est communément exprimée en milligramme par litre (mg/l) ou en pourcentage de saturation (**CRE Laurentides, 2013**). C'est l'un des paramètres les plus sensibles à l'apport de pollution organique dans un cours d'eau (**Bontoux, 1983**).

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques généralement le fonctionnement de cet écosystème. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeur. (**Rodier, 1996**). Il dépend essentiellement de la respiration et de la Photosynthèse des populations planctoniques et de la minéralisation de la biomasse (**Villeneuve et al., 2006**).

La concentration en oxygène est directement influencée par la température et la salinité, une eau moins salée est plus froide dissout relativement plus d'oxygène (**Sacchi et Testard, 1971**). D'après les normes de (**Rodier, 1976**) :

**Tableau 07** : Classification des eaux selon l'oxygène dissous (**Rodier, 1976**).

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

### 3.2.7. Taux des sels dissous (TDS)

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale des sels minéraux dissous dans l'eau qu'est appelée le TDS. (Rodier, 2005).

### 3.3. Analyses phytoplanctoniques

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

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

Un sous échantillonnage de 25 ml a été réalisé après agitation et homogénéisation, on la laisse se sédimer dans une éprouvette graduée pendant 24 h, on garde que 5ml se trouvent en bas et qui présente le sous échantillon, et on se débarrasse du reste, et à partir de cette petite quantité on fait notre analyse quantitative et qualitative en même temps selon la méthode de comptage d'UTERMÖHL (1958), mais entre lame et lamelle sans utilisation du microscope inversée.

#### 3.3.1. Analyse qualitative et identification des taxons

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

Après le dépôt des espèces lugolées au fond du flacon, un volume de l'eau (20  $\mu$ 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 (x100) suivant un parcours horizoout chevauchement ou erreur.

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

### **3.3.2. Analyse quantitative et richesse spécifique**

En tant que concept écologique, l'abondance est une composante importante de la diversité (**Hurlbert, 1971**). Suivant le type d'organismes, l'unité de comptage a été soit une cellule, une colonie ou un filament. Dans chaque champ, le nombre d'individus (ou unité de comptage) a été déterminé. Le comptage s'effectue à l'aide d'un objectif x100 avec des balayages de toute la surface de la lamelle.

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

## Chapitre 3 : 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). La température de l'eau de surface est utilisée pour évaluer sa qualité. Elle influence les processus biologiques dans les systèmes aquatiques (Kadlec et Reddy, 2001).

D'après la figure 09, la température mesurée de l'eau des marais au mois de mars est une température saisonnière comprise entre 17,3 °C dans la première station (S1) et 19,5 °C dans la deuxième station (S2), et cette différence entre les deux stations est due à la profondeur de la colonne d'eau dans la première station par rapport à la seconde, et aussi au moment de la prise d'échantillons. Cette température permet à certains phytoplanctons, en particulier les diatomées.

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température notre eau est de bonne qualité (17,3°C -19,5°C) (Sayad , 2008).

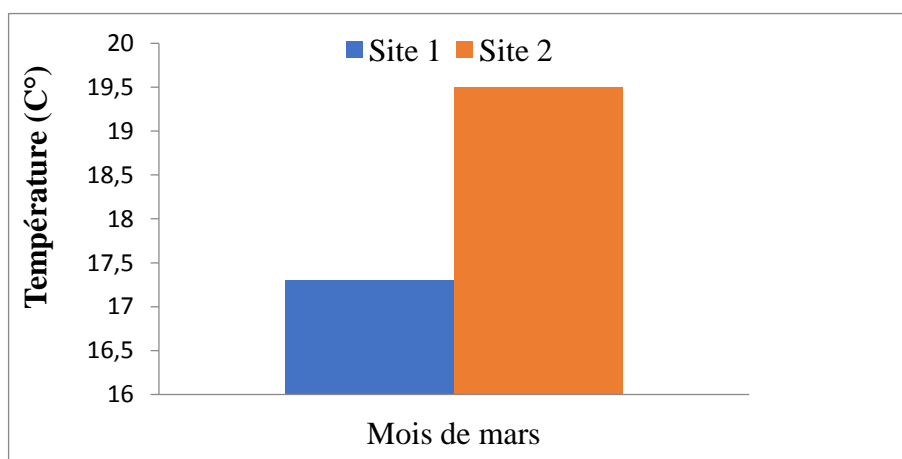


Figure 09 : Variations de la température de l'eau du marais de Bousedra

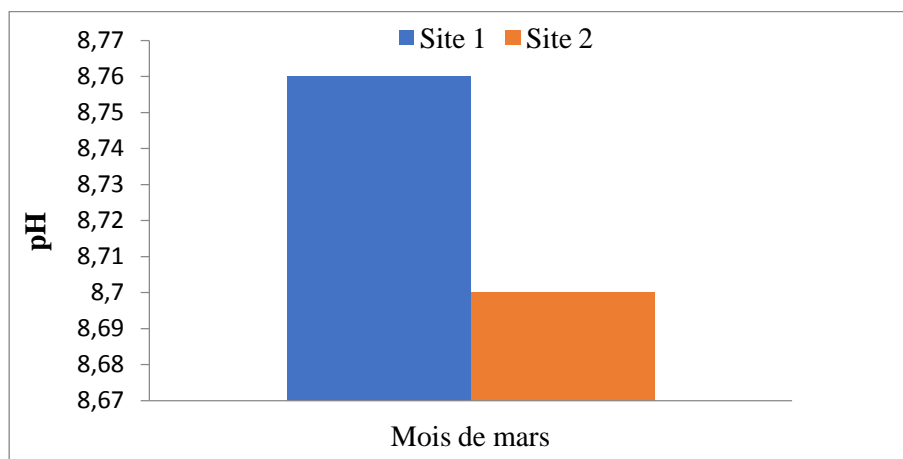
#### 1.2. Le pH

Le pH de l'eau influence la quantité de nutriments (ex. : phosphore, azote) et de métaux lourds (ex. : plomb, mercure, cuivre) dissous dans l'eau et disponibles pour les

organismes aquatiques. Dans des conditions acides, certains métaux lourds toxiques se libèrent des sédiments et deviennent disponibles pour l'assimilation par les organismes aquatiques [3].

Les valeurs du pH enregistrées pendant le mois d'étude sont généralement alcalines Dans la gamme d'environ 8,7 dans les deux stations (Fig. 10). On peut expliquer cette alcalinité par l'augmentation de la production primaire du phytoplancton et due à l'activité photosynthétique des plantes (**Dupont, 2004**). La photosynthèse tend à élever le pH alors que la respiration tend à l'abaisser (**Champiat et Larpent, 1988**).

Le pH influence fortement la diversité biologique des lacs. En effet, la majorité des organismes aquatiques ont besoin d'un pH voisin de la neutralité (6-9) afin de survivre. Des variations importantes de pH peuvent donc compromettre certaines de leurs fonctions essentielles telles que la respiration et la reproduction. Ainsi, les eaux acidifiées sont caractérisées par un déclin de la diversité biologique [3].



**Figure 10 :** Variations de pH de l'eau du marais de Boussedra

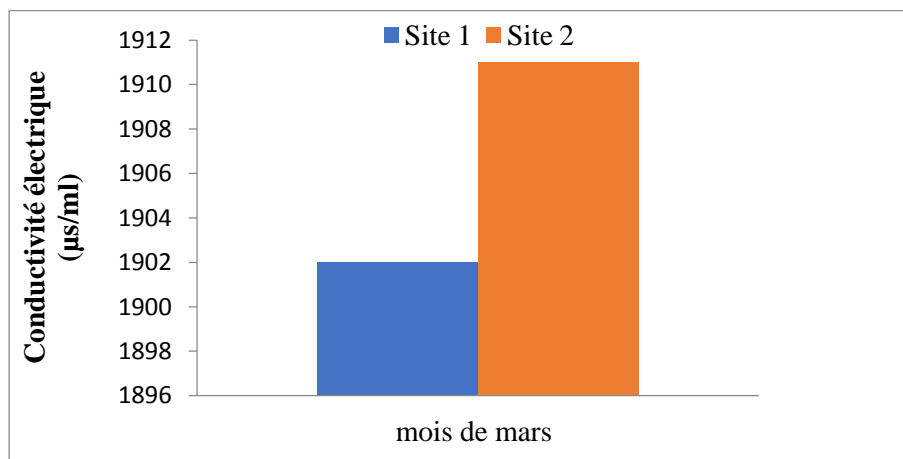
### 1.3. La conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions.

Elle est influencée par divers facteurs naturels et anthropiques dont : La géologie du bassin versant (la composition des roches), les apports d'eau souterraine, la température de l'eau, l'évaporation de l'eau du lac (qui augmente ou diminue la concentration d'ions dans l'eau), les variations de débit des ruisseaux et des rivières qui alimentent le lac (la conductivité augmente lorsque le débit est faible, car il y a une plus grande concentration

d'ions, et diminue lorsque le débit est élevé) et les apports d'eau contaminée provenant des activités humaines (déglacage des routes, agriculture, développement urbain, activités industrielles) [3].

La conductivité électrique (Fig. 11) La conductivité électrique de l'eau des marais est élevée dans la station S1 et S2, sa valeur variant respectivement entre 1902 et 1911  $\mu\text{s}/\text{ml}$ . Cette augmentation est principalement due aux eaux usées chargées de divers électrolytes et produits chimiques qui s'infiltrent fréquemment dans le marais, de manière continue et aléatoire sans traitement. ces eaux sont de qualité médiocre selon la grille de qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique de **Monod (1989)**, et elle ne permet pas à de nombreuses espèces phytoplanctoniques de se développer.



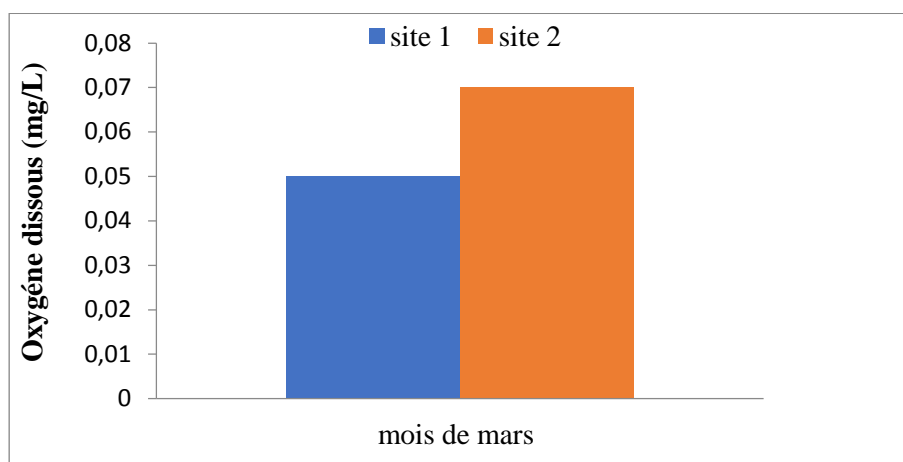
**Figure 11 :** Variations de la conductivité électrique de l'eau du marais de Bousseadra

### 1.3.L'oxygène dissous

La présence d'oxygène dissous dans les eaux est primordiale pour la vie aquatique. Elle favorise le processus d'autoépuration des cours d'eaux avec le concours des microorganismes, la concentration d'oxygène dissous dans un lac varie en fonction de la température de l'eau, de l'altitude, de la profondeur du lac, de l'heure de la journée, de la concentration de la matière organique et des nutriments dans le lac ainsi que de la quantité de plantes aquatiques, d'algues et de bactéries présentes dans le lac. Cependant, il existe deux principaux phénomènes par lesquels l'oxygène dissous se retrouve dans l'eau : Les échanges avec l'atmosphère (absorption - évaporation) et la photosynthèse[3].

Selon la figure 12, les teneurs en oxygène dissous enregistrés au mois de mars varient entre 0.05 et 0.07 mg/L. Ces faibles quantités d'oxygène dissous sont causées par les

processus métaboliques des bactéries présentes dans l'eau des marais, ainsi que par le fait que cette eau stagne et ne se mélange pas à l'air principalement en raison de la petite zone du marais et de son emplacement à l'écart du mouvement du vent fort qui affecte le mouvement de la colonne d'eau. De plus, les plantes du marais jouent un rôle dans le calme de ces eaux et repoussent le mouvement des vents. Donc la qualité de l'eau est médiocre ( $< 3 \text{ mg/L}$ ) selon **ANRH (2001)**.

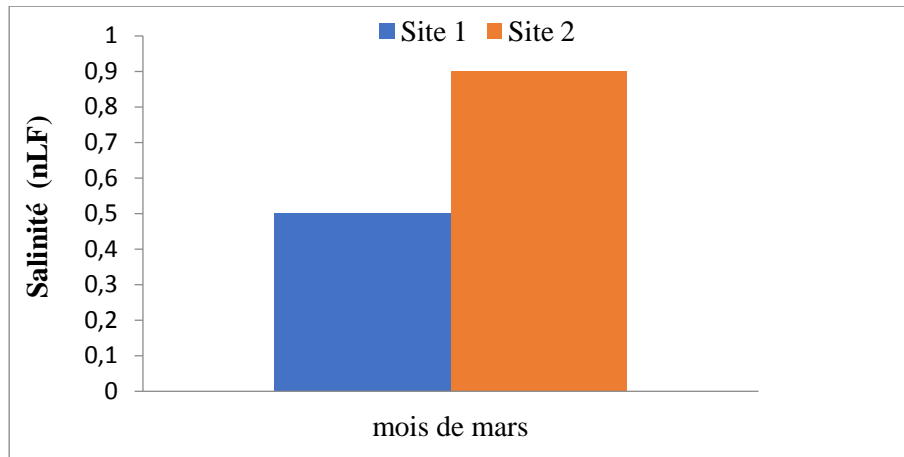


**Figure 12:** Variations des teneurs en oxygène dissous de l'eau du marais de Bousedra

#### 1.4.La salinité

L'eau est dite douce lorsque sa salinité est inférieure à  $1 \text{ g/L}$ . On retrouve majoritairement les eaux douces sur les continents. On estime qu'uniquement  $2,5 \%$  de l'eau retrouvée sur la terre est douce et donc susceptible de servir à notre consommation [3].

La figure 13 montre que le degré de salinité de ce marais variait entre  $0,5 \text{ nLF}$  enregistré dans la station S1 et  $0,9 \text{ nLF}$  enregistré dans la deuxième station (S2). Et en se référant à la classification de l'eau selon le degré de salinité, on peut dire que les eaux du marais de Bousedra sont des eaux légèrement saumâtres. Cette faible salinité est due aux eaux usées des habitants à proximité du marais



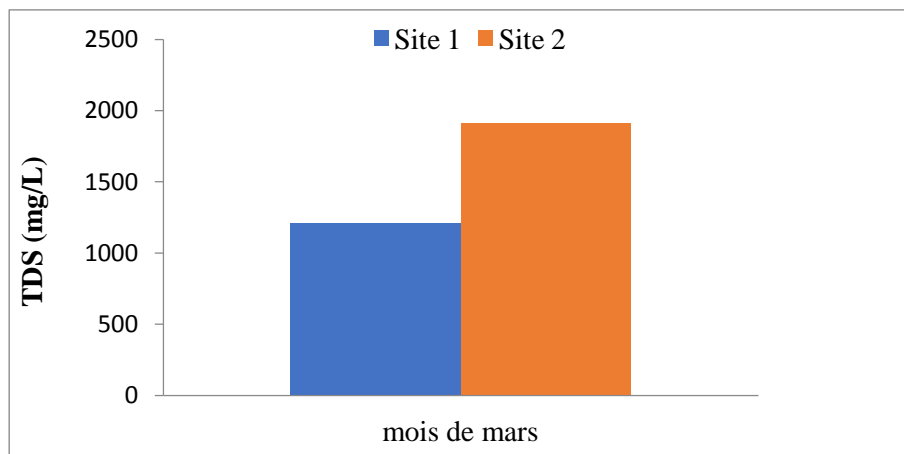
**Figure 13 :** Variations de la salinité de l'eau du marais de Boussedra

### 1.5.Le TDS

Le TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. Ces minéraux peuvent provenir d'un certain nombre de source naturelle autant que suite aux activités humaines [2].

Une haute concentration de solides dissous seules n'est pas dangereuse pour la santé. En fait, beaucoup de gens achètent de l'eau minérale qui a naturellement été prélevée dans des sources de forte concentration en solides dissous. [2].

Le TDS varie de 1209 mg/l à la station S1 à 1911 mg/l à la station S2 (Fig. 14). Les variations de TDS de l'eau du marais de Boussedra sont les mêmes que les variations de la conductivité car ils sont étroitement liés et sont dus aux mêmes raisons, principalement en raison des eaux usées chargées de divers éléments chimiques.






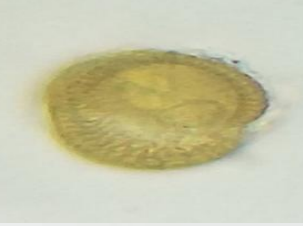

**Figure 14** : Variations de TDS de l'eau du marais de Boussedra

## 2. Résultats des analyses phytoplanctoniques

### 2.1. Analyse qualitative et identification des taxons

Le tableau 08 présente les résultats de l'analyse qualitative, qui est la définition des unités taxonomiques du phytoplancton qui ont été inventoriées dans les eaux du marais de Boussedra avec leurs identifications, leurs classifications et leurs aspects microscopiques après les avoir prises en photo sous microscope optique.

**Tableau 08** : Aspect microscopique du phytoplanctoniques du lac Boussedra au mois de mars 2020 (observation x100)

Classes	Genres	Espèces	Photos
<b>Chlorophycées</b>	Kirchneriella	<i>Kirchneriella diana</i>	
	Scenedesmus	<i>Scenedesmus armatus</i>	
<b>Chrysophycées</b>	Achnanthes	<i>Achnanthes minutissima</i>	
	Cyclotella	<i>Cyclotella comta</i>	
	Mallomonas	<i>Mallomonas acaroides</i>	















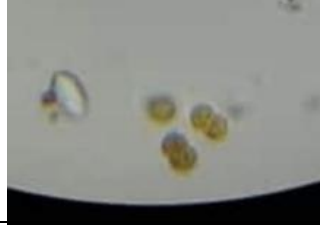
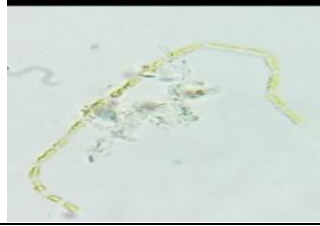
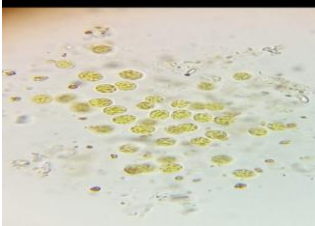






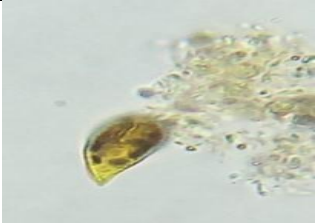
		<i>Mallomonas papillosa</i>	
	<b>Tableau 08 : (Suite)</b>		
	Navicula	<i>Navicula cryptotenella</i>	
		<i>Navicula gracilis</i>	
		<i>Navicula mutica</i>	
		<i>Navicula steckerae</i>	
		<i>Navicula trivialis</i>	
	Nitzschia	<i>Nitzschia filiformis</i>	
		<i>Nitzschia dissipata</i>	



Tableau 08 : (Suite)

		<i>Nitzschia palea</i>	
		<i>Nitzschia sigmaidea</i>	
		<i>Nitzschia subcurvata</i>	
	Stauroneis	<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	
	Surirella	<i>Surirella linearis</i>	
	Synedra	<i>Synedra ulna</i>	
<b>Cyanobactéries</b>	Chroococcus	<i>Chroococcus turgidus</i>	
	Pseudanabaena	<i>Pseudanabaena sp</i>	

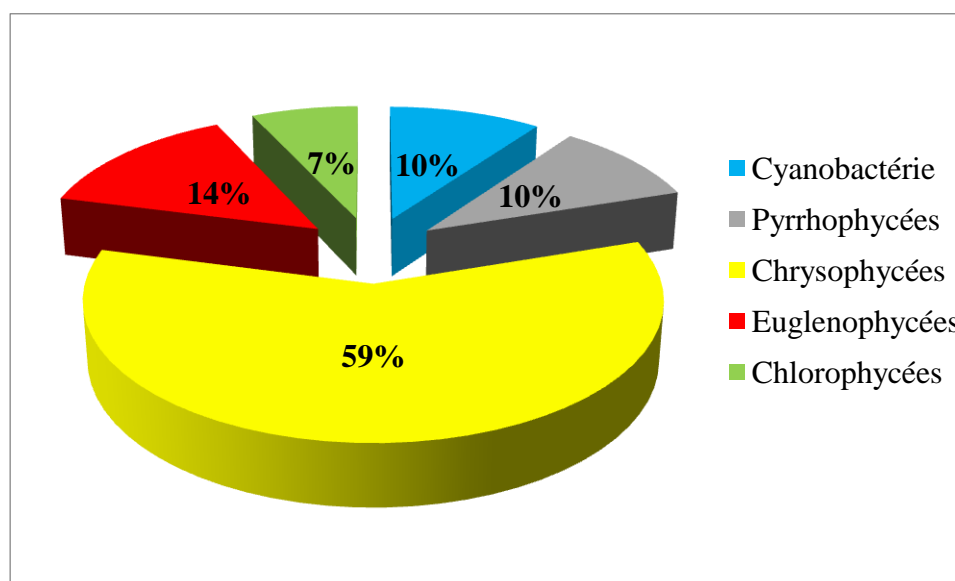
	Gomphosphaeria	<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	
<b>Tableau 08 : (Suite)</b>			
<b>Euglenophycées</b>	Trachelomonas	<i>Trachelomonas volvocina</i>	
	Lepocinclis	<i>Lepocinclis sp.</i>	
	Euglena	<i>Euglena clavata</i>	
		<i>Euglena limnophila</i>	
<b>Pyrrhophycées</b>	Gymnodinium	<i>Gymnodinium mirabile</i>	
	Cryptomonas	<i>Cryptomonas sp.</i>	
		<i>Cryptomonas marssoni</i>	

## 2.2. Analyse quantitative et richesse spécifique

L'analyse quantitative de la population phytoplanctonique dans les eaux du marais de Boussedra montre qu'il se compose de 29 espèces et 18 genres, répartis en 5 groupes, représentés par: Les Cyanobactéries, les Pyrrophytes, les Chrysophytes, les Euglenophytes et les Chlorophytes.

En termes de richesse spécifique, on constate que le groupe des chrysophytes comprend 17 espèces et 8 genres, qui est le groupe le plus riche, suivi des euglenophytes avec 4 espèces et 3 genres, puis les groupes cyanobactéries et pyrrophytes avec la même richesse spécifique avec 3 espèces et 3 genres et 3 espèces et 2 genres, respectivement, et dans le dernier et comme la plus faible richesse spécifique on retrouve le groupe des chlorophytes avec 2 espèces et 2 genres.

La figure 15 montre les pourcentages de la contribution des différents groupes dans la richesse de la population phytoplanctonique du marais de Boussedra, en fonction du nombre d'espèces. En premier lieu, les chrysophytes avec un pourcentage de 59 %, les euglenophytes par 14%, les cyanobactéries et les pyrrophytes par 10 % pour les deux, et dans le dernier les chlorophytes avec 7 % seulement.



**Figure 15 :** Contribution des différents groupes dans la richesse de la population phytoplanktonique du marais de Boussedra

La grande contribution des chrysophycées est due au fait que les espèces de ce groupe préfèrent les eaux stagnantes riches en éléments minéraux, notamment la silice et la présence des espèces des euglenophycées indique que cette eau est très polluée.

## 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 Boussedra (36° 50' 45' N, 7°43'47''E) appartient à la Wilaya d'Annaba, Commune d'El Bouni. Cette 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 deux points du marais de Boussedra dans le mois de Mars 2020 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 autour de 0.5 ppm, une conductivité électrique variée entre 1209 et 1911  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , et un pH plutôt alcalin Approximative du 8.

L'observation des caractères morpho anatomiques des taxons phytoplanctoniques récoltés dans la mare nous permis d'identifier 29 espèces et 18 genres repartis en cinq classes ; 08 genres pour les Chrysophytes, 03 pour les Cyanobactéries sont connus pour leur toxicité, 03 pour les Euglénophytes et 02 pour Les Chlorophytes, et 02 genres pour les Pyrrophytes. Le groupe des chrysophycées est le groupe le plus riche, il est considéré comme le groupe qui a le plus contribué à la richesse spécifique de la population de phytoplancton des marais, suivi par les euglenophycées, les cyanobactéries et pyrrophytées avec la même richesse spécifique et la plus faible richesse représenté par les chlorophycées par avec 2 espèces et 2 genres seulement.

En perspectives, ils seraient intéressant de :

- Etaler la période d'étude en un cycle annuel voir sur plusieurs années.
- Evaluer l'impact des paramètres physico-chimiques sur la dynamique mensuelle du phytoplancton.
- Suivre la dynamique du phytoplancton dans le marais Boussedra sur plusieurs stations même proches.

## Références bibliographiques

- **Abadli M. et Harkati G., 2015.** Contribution à l'inventaire des quelques micro-algues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued (Lac Ayata, Chott Merouane, Sife Lemnade, STEP Kouinine). Mémoire de Master. p : 7- 9.
- **Abeliovich A. et Weisman D., 1978.** Role of heterotrophic nutrition in growth of algae *Scene des musobliquus* in high rate oxidation ponds, *Appl. and environ. Microbiol.* 35: 32-37.
- **Abouabdellah R., 2012.** Étude des phycotoxines paralytiques et lipophiles chez les mollusques bivalves de l'Atlantique sub marocain. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Ibn Zohr. 174p.
- **Abrekane M., 2013.** Ecologie de la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* dans les zones humides de l'Est algérien. Diplôme de doctorat troisième cycle. Biologie Animale Biodiversité. évolution et écologie de la sante. Université badji mokhtar – Annaba. P: 45-48-72-74.
- **Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), 2001.** Banque de données pluviométriques et hydrologiques d'Algérie.
- **Allout I., 2013.** Etude de la biodiversité floristique de la zone humide de Boukhmira Sidi Salem – El Bouni –Annaba. Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 224p.
- **Amri S., 2008.** Inventaire des cyanobactéries potentiellement toxique dans la tourbière du lac Noir « PARC NATIONAL D'EL-KALA » ALGERIE. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar d'Annaba.122p.
- **Anderson D.M. et White A.W., 1992.** Bloom dynamics of toxic *Alexandrium* species in the northeastern U. S. *Limnol. Oceanogr.* 42 (5): 1009-1022.
- **Aune T. et Yndestad M., 1993.** Diarrheic shellfish poisoning. In: Falconer I(ed). *Algal toxins in seafood and drinking water.* Academic. Press. London. p: 85-104.
- **Baden D.G. et 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. p: 49-74.

- **Bagnis R., Spiegel A., N'guyen L. et Plichard R., 1992.** Trente ans de surveillance sanitaire et épidémiologique de la ciquatera à Tahiti .In: Deditus C., Amade P., Laurent D. & Cosson J.P (eds). Actes du troisième symposium sur les substances naturelles d'intéret biologique de la region pacifique–Asie,Nouméa. p: 335-338.
- **Balvayt G. et Druart J-C., 2009.** Le lac d'Annecy et son plancton. Edition Quae. P: 41.
- **Barnabé G. et Barnabé–Quet R., 1997.** Ecologie aménagement des eaux côtières. Lavoisier. p: 131, 135,138.
- **Becker W., 1983.** Limitations of heavy metal removal from waste water by means of algae. Wat. Res. 17(4) p: 459-466.
- **Belabed B., 2010.** La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba source de contamination des écosystèmes aquatique. Mémoire de Doctorat. université d'Annaba. p (42-43, 48-49).
- **Belouahem A., 2012.** Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans les régions de SKIKDA. ANNABA et EL TARF (Nord-Est algérien).Université Badji mokhtar. Annaba (Algérie). 320p.
- **Blandin P., 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Bulletin d'écologie. p (215-307).
- **Bontoux M., 1983.** Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. CEBEDOC. Edition. Lavoisier, p7.
- **Boucheker A., 2002.** Inventaire et dynamique des populations des laro-limicoles en Numidie. Mémoire d'ingénieur. Université Annaba.
- **Boudjemaa S., 2010.** Cartographie des relations sol-eau-végétation dans un milieu salé (lac Fetzara). Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Ecologie végétale. Université Badji Mokhtar Annaba. p.31.
- **Boudraa W. Bouslama Z. et Houhamdi M., 2014.** Inventaire et écologie des oiseaux d'eau dans le marais de Boussedra (Annaba, Nord-est de l'Algérie). Bull. Soc.zool. Fr, 139(1-4): 279-293.

- **Boukrouma N., 2008.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel: cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (W. d'Oum El-Bouaghi). Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945. Guelma. 64p.
- **Boulakoud Z., 2009.** Variations quantitatives et qualitatives des ressources en eau des nappes superficielles de la région d'Annaba. Mémoire de magister. Hydrogéologie. Université BADJI Mokhtar – Annaba. p 5-7.
- **Bourelly P., 1968.** Les algues d'eau douces. Algues jaunes et brunes. Edition Boubee et Cie. Paris. p : 438.
- **Bourelly P., 1970.** Les algues d'eau douces. Algues bleues et rouges. Edition Boubee et Cie. Paris.
- **Bourelly P., 1972.** Les algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome 1 : Les algues vertes. Edition N.Boubée & Cie. 512p.
- **Bourelly P., 1972.** Les Algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome I : Les Algues vertes. Edition N.Boubée & Cie. 512p.
- **Bourelly p., 1985.** Les algues bleues ou cyanophycées, 5ème partie. Edition Boubée.
- **Bourrier., 2011.** Techniques de la gestion et de la distribution de l'eau, édition du moniteur, Paris.
- **Bousaaroura A., 2011.** Etude de la qualité bactériologique et physico-chimique du lac Tonga.Mémoire de master II. (Université de 8Mai 1945 Guelma) p : 20 ,53 ,52.
- **Carmichael W.W. et 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. p: 187.
- **Carmichael W.W., 1994.** The toxins of cyanobacteria.Sci.Am.270 (1), 78-86.
- **Cembella A.D., Milenkovic L., Douchette G. et Fernandez M., 1995.** In vitro biochemical methods and mammalian bioassays for phycotoxins. Manual on harmful micro algae. IOC Manuals and guides N°33.UNESCO. p: 177-179.



- **Champiat D. et Larpent J.P., 1988.** Biologie des eaux. Méthodes et Techniques. Masson Paris Milan Barcelone Mexico. P : 347.
- **Champiat D. et Larpent J.P., 1994.** Biologie des eaux: Méthodes & Techniques, 2ème tirage. p : 24, 37 ,39.
- **Charre J., 1997.** Dessine-moi un climat que penser du diagramme ombrothermique ? .Mappe monde 2(97) :29-31.
- **Chettibi F., 2014.** Ecologie de l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* dans les zones humides de la Numidie algérienne (du Littoral Est de l'Algérie). Université Badji Mokhtar. Annaba. 126p.
- **Chettibi F., Khelifa R., Aberkane M., Bouslama Z. et Houhamdi M., 2013.** Diurnal activity budget and breeding ecology of the White-headed Duck *Oxyura leucocephala* at Lake Tonga (North-east Algeria). Zoology and Ecology, p: 183-190.
- **Chevallier H., 2007.** L'eau un enjeu pour demain. 352p.
- **Chiandani G. et Vighi M., 1974.** The N: P ratio and testes with Selenastrum to predict eutrophication in lakes. Water Res., 8: 1062-1069.
- **Chorus I. et Bartram J., 1999.** Toxic Cyanobacteria in Water: a Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon: London. 416p.
- **Christophe L-T., 2009.** Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en œuvre de la DCE édition Inra.
- **Commission européenne (CE), 2011.** L'eau, une ressource pour la vie Comment la directive-cadre sur l'eau contribue à protéger les ressources de l'Europe Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne 25 p.
- **Compère 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. 61: 171-267.
- **Couté A. et Chauveau O., 1994.** Algae. Encyclopaedia Biospeologica I, éd., Société de Biopédologie, ISSN 0398-7973, 3ème trimestre p: 371-380.

- **Couté A. et Bernard C., 2001.** Les cyanobactéries toxiques. In : Toxines d'algues dans l'alimentation, Frémy, J.M. & Lassus, P. (Ed), Ifremer, Brest, 21-37.
- **Crossetti L., Bicudo D., Bicudo C. et Bini L., 2008.** Phytoplankton biodiversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypertrophicatio process. *Brazilian d'écologie*, 17: 215-307.
- **Dale B. et Yentsch C.M., 1978.** Red tide and paralytic shellfish poisoning. *Océanes*.21: 41-49.
- **Dauta A. et Feuillade., 1995.** Croissance et dynamique des populations algales. IN Pourriot R. et Meybeck M. (eds). *Limnologie générale*. Masson, Paris Milan Barcelone Collection Ecologie. p: 328 – 350.
- **Dufour P., et 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: 147-166.
- **Dupont J., 2004.** La problématique des lacsacides au Québec, direction du suivi de l'état de l'ennvironnement, ministère de l'environnement, envirodoqno.ENV/2004/0151, collection no./145, 18 p.
- **Falconer I.R., 1996.** Potentiel impact on human health of toxic Cyanobacteria. *Phycologia* 35 suppl pp: 6-11.
- **Filali R., 2012.** Estimation et commande robustes de culture de micro-algues pour la valorisation biologique de CO2.thèse doctorat Sciences et Technologies de l'Information des télécommunications et des Systèmes, AUTOMATIQUE. HAL.221p.
- **Fogg G.E., Stewart W.D.P., Fay P. et Walsby A.E., 1973.** The blue-green algae.Academic Press-London and New York. p: 9-297.
- **Fott B., 1969.** *Studies in Phycology*, E. Schweizerbart'sche Verlagsburchhandlung, Stuttgart.
- **Gailhard I., 2003.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations Analyse microalgales côtières observées par le « Réseau de surveillance du Phytoplancton et des

phycotoxines » (REPHY) .Thèse de Doctorat .Université de la Méditerranée (Aix - Marseille II).P : 1-15.

- **Gana N., 2014.** Détermination de certains paramètres biochimiques urinaires chez le rat wistar recevant un régime cafeteria supplémenté en algues vertes. Mémoire Mastère physiopathologie cellulaire. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.41p.
- **Gleick P.H., 1993.** "Water resources: A long-range global evaluation." Ecology Law Quarterly Vol. 20, No. 1. pp. 141-149.
- **Conseil régional de l'environnement des Laurentides (CRE Laurentides), 2013.** Suivi complémentaire de la qualité de l'eau Programme Bleu Laurentides Volet 1 – Multisonde, Guide d'information pp.16
- **Costanza R., Darge R., Rudolf D.G., Stephen F.K., Monica G., Bruce H, Karin L. et Marjan B., 1997.** The value of the world's ecosystem services and natural capital in Nature's Services VOL 387.
- **Goffart A., 2010.** Les Indices De Composition Phytoplanktonique En Eaux Côtieres Synthèse Bibliographique, Université de Liège Belgique et STARESO Calvi Corse.
- **Groga N., 2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université de Toulouse .p 42.
- **Hadef A., 2009.** Cartographie de l'occupation du sol par la végétation à partir des données satellites dans la région d'Annaba (Chétaibi). Université Badji mokhtar. Annaba (Algérie). 115p.
- **Hakmi A., 2002.** Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer ORAN, Mémoire de magister. Université des sciences et de la technologie Oran.71p. \_\_ Agrigon A., 2000. Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments. DUNOD. 206p.
- **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.
- **Hamzaoui W., 2007.** Caractérisation de la pollution des eaux en milieu industriel et urbain. Cas de la plaine d'El-Hadjar, Mémoire de magistère, Univ. Annaba, 102. P.

- **Hansen G., Turquet J., Quod J.P., Ten Hage L., Lugomela C., Kyewalyanga M .Hurbungs M., Wawiye P., Ogongo B., Tunje S. et Rakotoarinjanahary H., 2001.** Potentially Harmful Microalgae of the Western Indian Ocean. Manuals and Guides 41: 5, 79.
- **Herzi F., 2013.** Caractérisation chimique des exsudats du dinoflagellé marin toxique *Alexandrium catenella* et de la diatomée marine *Skeletonema costatum* et étude de la réponse protéomique d'*Alexandrium catenella* en conditions de stress métalliques. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Université de Carthage (Tunisie) et de l'Université de Toulon (France).p : 14,24.
- **Hudnell H.K., 2008.** Cyan bacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs. Advances in Experimental Medicine and Biology (Vol. 619), Springer-Verlag, Berlin, Germany, 950 p.
- **Humenik F.J. et Hanna G.P., 1971.** Algal-bacterial symbiosis for removal and conservation of wastewater nutrients, J.W.P.C.F., 43 (4): 580-594.
- **Hurlbert S. H., 1971.** The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. Ecology, 52:577-586.
- **Hutchinson G.E., 1957.** A treatise on Limnology. Geography, Physical and Chemistry. John Wiley and Sons. Vol. 1. Inc., New York, 1115 p.
- **Idealg., 2014.** Étude de la consommation des algues alimentaires en France. Agrocampus Ouest. France.71p.
- **Iltis A., 1980.** Les algues 1. In : Durand Jean-René (ed.), Lévêque Christian (ed.). Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne : tome 1. **ORSTOM, 1980**, p: 9-61.
- **Jean-claude D. et Frederic R., 2008.** Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA-Thonon, Rapport SHL 283 2008,96p.
- **John D.M., Whitton B.A. et Brook A.J., 2001.**The Freshwater Algal Flora of the British Isles, An identification Guide to freshwater and terrestrial algae, Cambridge University Press, 710p.

- **Krammer K. et Lange-bertalot H., (1986-2000).** Bacillariophyceae. In: Susswasserflora von Mitteleuropa (Ettl H., Gerloff J. Heynig H. & Mollenhauer D., eds). Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, p: 1-5.
- **Lahlah N., 2011.** Trait d'histoire de vie et régime alimentaire chez les Hironnelles de fenêtre (*Delichon urbica meridionalis*) dans le Nord-est algérien. Mémoire de Doctorat en écologie des systèmes terrestres et aquatiques. Université Badji-Mokhtar, Annaba. p212.
- **Lassus P., Ledoux M., Bardouil M., Bohec M. et Erard E., 1994.** Kinetics of *Alexandrium minutum* toxin accumulation in mussels and clams. Nat. Toxins. 2 Lavoisier. p: 131,135,138.
- **Le Pimpec P., 2002.** Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatique. Pollution des milieux aquatiques. Edition Cemagref.
- **Leclerc., 1996.** Microbiologie générale. Doin. 368p.
- **Ledreux A., 2010.** Contribution à l'évaluation du risque pour l'homme lors de l'apparition de neurotoxines émergentes : analyse de réponses cellulaires et sélection de modèles expérimentaux de criblage. Thèse de Doctorat. AgroParisTech. P: 47- 43.
- **Lewis R.J., 2001.** The changing face of ciguatera. Toxic on 39 (1): 97-106.
- **Lightfoot N. F., 2002.** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directives pour l'assurance qualité. France. 387p.
- **Lukac M. et Aegerter R., 1993.** Influence of trace metals on growth and toxin production of *Microcystis aeruginosa*. Toxic on 31: 293-305.
- **Mann K.H. et Lazier J.R.N., 1966.** Dynamics of marine's ecosystems. Blackwell Science Inc. p: 394.
- **Mara 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. et Honjo T., 1996.** Biological and environmental aspects of noxious Dino flagellate 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. p: 247-250.
- **Mejelekh D. et EL Ganaoui M., 2012.** Evaluation climatique préliminaire à la position des problèmes de transferts de chaleur et de masse rencontrés dans le bâtiment XXXe Rencontres AUGC-IBPSA Chambéry, Savoie, 6 au 8 juin 2012
  - **Metallaoui S. et Houhamdi M., 2008.** Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est algérien). A.B.C. Bull., 15, 71-76.
  - **Mollo P. et Noury A., 2013.** Le Manuel du plancton. Edition: ECLM. Paris. 198P.
  - **Monod T., 1989.** Méharées géographie. France loisir. 233p.
  - **Mortensen A.M., 1985.** Massive fish mortalities in the Faroe Islands caused by a *Gonyaulax excavate* red tide. In: Anderson D.M, White A.W & Baden D.G (eds). Toxic natural Waters. Wiley. Inter. Science. Publication. Third edition. p: 1024.
  - **Nsikak B., 2008.** Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S. Philander. Vol 3. Thousand Oaks. CA: Sage Publications Inc. 3: 813-817.
  - **Oertli B. et Frossard P-A., 2013.** Mares et étangs: Ecologie, conservation gestion, valorisation. Edition. PPUR Presses polytechniques. p 72. Ouest. France.71p.
  - **Paloheimo J.E. et Zimmerman A.P., 1983.** Factors influencing phosphorus phytoplankton phosphorus phytoplankton relationships. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 1804-1812.
  - **Parhad N.M. et Raon U., 1974.** Effect of pH on survival of *Escherichia coli*. J. Water Poll. Control. Fed., 46: 980-986.
  - **Pestalozzi G.H., Komarek T.J. & Fott B., 1983.** Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematikundbiologie, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
  - **Pourriot R. et Meybeck M., 1995.** Limnologie générale, Masson, Paris. 956 p.
  - **Pourriot R. et Meybeck M.** Limnologie générale. Masson (eds), Paris Milan Barcelone. p : 49-74

- **Quilliam M.A. et 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. p: 95-111.
- **Rafiqul I.M., Jalal K.C.A. et Alam M.Z., 2005.** Environmental Factors for Optimization of Spirulina Biomass in Laboratory Culture. *Biotechnology* 4(1): 19-22.
- **Raymond., 1977.** Le traitement des eaux. 2ème édition. Dunod, France. 387p\_\_Mayat S., 1994. Techniques de traitement: aliments et eaux, 1ère édition, Edisem, 195p.
- **Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaire et techniques. Série : Sciences et techniques de l'environnement. Paris, 360p.
- **Reynolds C. S., 1987.**Cyanobacterial water-blooms. *Adv. Bot. Res.* 13, 67-143.
- **Reynolds C.S., 1998.** What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status.*Hydrobiologia.* **11** (26): 369-370.
- **Reynolds C.S., Huszar V., Kruk C., Naselli-flores L. et Melo S., 2002.** Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research.*
- **Richardson K., 1997.** Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. *Adv. Mar. Biol.* 31: 301-385.
- **Rodier J., 2005.** L'analyse de l'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer .8ème-Edition .Dunod. 1383p.
- **Rodier J., 1976.** L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 5ème édition Ed. Dunod, paris
- **Rodier J., 1984.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition. Dunod. Paris.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L., 1996.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris. 1383 p.
- **Rodier J., Leguebe B. et Merlet N., 2009.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Résiduaires. Eau de mer 9ème édition. Dunod. Paris, 1511p.

- **Roger P.A., 1996.** Biology and Management of the Flood water Ecosystem in Rice fields. IRRI. Editor William H. Smith. p: 132
- **Sacchi C.F. et Testard P., 1971.** Ecologie animale (organismes et milieu). Edition, Doin, p480.
- **Samraoui B. et De Belair., 1997.** The Guerbes-Senhadja wetlands: Part I. An overview. *Ecologie*, 28 (3): 233-250.
- **Samraoui B. et De Belair., 1998.** Les zones humides de la Numidie orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse (Numéro spécial) 4: 1-90.
- **Samraoui B. et Samraoui F., 2008.** An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* 58: 71–96.
- **Samraoui F., Nedjah R., Bouchecker A., Alfarhan A. H. et Samraoui B., 2012.** Breeding ecology of the Little Bittern *Ixobrychus minutus* in northeast Algeria. *Bird Study I First*, 1–8.
- **Satake M., Ofuji K., Naoki H., James K., Furey A., Mc Mahon T., Silke J. et Yasumoto T., 1998.** Azaspiracid, a New Marine Toxin Having Unique SoiroRing Assemblies. Isolated from Irish Mussels. *Mytilus. Edulis. Jou .Am.Chem. Soc.* 120 (38): 9967- 9968.
- **Sayad L., 2008.** Qualité physic-chimique et bactériologique des eaux de l'écosystème lacustre le lac des Oiseaux (Wilaya El Taref). Memoire de Magister. Université Badji Mokhtar. Annaba. p: 110
- **Schindler D.W., 1974.** Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. *Science*. 184: 897–899.
- **Schindler D.W., Armstrong F.A.J., Holmm3ren S.K. et 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: 1763.1782.
- **Sevrin-Reyssac J., Blier R., Dumes A. et Ouelette Y., 1996.** Epuration du lisier de porcs par des cultures intensives de micro-algues. *Bull. Ecol.* 35: 41-68.



- **Sivonen K., 1996.** Cyanobacterial toxins and toxin production. *Phycologia* 35 suppl.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. P: 131-148.
- **Solheim A.L., 2005.** Reference Conditions of European Lakes. Indicators and methods for the Water Framework Directive Assessment of Reference conditions. Version 5. REBECCA Working Group. 105 pp.
- **Sournia A., 1968.** Diatomées planctoniques du canal de Mozambique et de l'île Maurice p : 152.
- **Steidinger K. et Baden D.G., 1984.** Toxic marine dinoflagellates. In: Spector D.L (edit) *Dinoflagellates. Academic Press. Orlando.* p: 201-261.
- **Stumm W. et Morgan J.J., 1996.** Aquatic Chemistry: Chemical equilibrium and rates in natural Waters. *Wiley. Inter. Science. Publication. Third edition.* p: 1024.
- **Talita S., Bruno J .L. et Brigitte V-L., 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, 77455 Marne la Vallée Cedex 2, 2011. p:2.
- **Teitelbaum J.S., Zatorre R.J., Carpenter S., Gendron D., Evans A.C. et Gjedde A., 1990.** The composition of plankton, James Johnston Memorial Volume: 176–192. tirage. p: 24, 37, 39.
- **Travers M., 1964.** Diversité du microplancton du Golf de Marseille. Station Marine d'Endoume et Centre d'Océanographie, Marseille, France p: 308-343.
- **Trégouboff G. et Rose M., 1957.** Manuel de planctonologie méditerranéenne. Tome 1. CNRS, p: 128.
- **Villeneuve V., Legare S., Painchaud J. et Vincent W., 2006.** Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Rev. Sci. Eau, géol,* pp. 259-274.

- **Welch E.B., 1980.** Ecological effects of waste water. Cambridge, Cambridge University
- **Wiegand C. et Pflugmacher S., 2005.** Ecotoxicological effects of selected cyanobacterial secondary metabolites: a short review *Toxicol. Applied Pharmac.* 203: 201-218.
- **WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), 1987.** Factors affecting treatment in ponds In *Wastewater Stabilization pond: Principles of Planning and Practice*, FMRO Technical Publication, 10, Alexandria.
- **Wright J.L.C. et Quilliam 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. p: 113-133.*

#### **Les sites web**

- (1) : <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1342.aspx>
- (2) : <http://www.safewater.org>
- (3) : <http://crelaurentides.org>
- (4) : [http://images.slideplayer.fr/69/13343095/slides/slide\\_6.jpg](http://images.slideplayer.fr/69/13343095/slides/slide_6.jpg)

**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 deux stations de la mare le mois de mars 2020 pour mesurer les paramètres physico-chimiques et faire des analyses phytoplanctoniques. Les 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. Elles sont légèrement saumâtres et se caractérisent par une conductivité électrique élevée et de faible oxygénation. Des analyses phytoplanctoniques nous ont permis d'identifier 29 espèces appartenant aux 18 genres et 05 groupes : les Chrysophycées, les Cyanobactéries, les Euglénophycées, les Chlorophycées et les Pyrrophytes. Parmi les genres de cyanobactéries connus pour produire des toxiques, on trouve notamment les genres *Chroococcus*, *Pseudanabaena*, *Gomphosphaeria*. La composition phytoplanctonique du marais de Boussedra est dominée par les Chrysophycées suivies des Euglénophycées, et les Chlorophycées sont moins abondantes. La grande contribution des Chrysophycées est due au fait que les espèces de ce groupe préfèrent les eaux stagnantes riches en éléments minéraux, notamment la silice et la présence des espèces des Euglénophycées indique que cette eau est très polluée.

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

**Abstract**

**T**his study focuses on the phytoplankton composition of the Boussedra swamp or marshes, a peri-urban wetland belonging to the municipality of El-Bouni, wilaya of Annaba. Samples are taken from the two areas of the pond in March 2020 to measure the physicochemical parameters and to perform phytoplankton analyzes. Physicochemical analyzes show that the waters of the Boussedra swamp have the same characteristics as surface waters with an alkaline pH and a seasonal temperature. They are slightly brackish, and are characterized by high electrical conductivity and low oxygenation. phytoplankton analyzes allowed us to identify 29 species belonging to 18 genera and 05 groups Chrysophyceae, Cyanobacteria, Euglénophyceae, Chlorophyceae and Pyrrophyceae. Among the genera of cyanobacteria known to produce toxic, we find in particular the genera Chroococcus Pseudanabaena, Gomphosphaeria, The phytoplankton composition of the Boussedra swamp is dominated by Chrysophyceae followed by Euglénophyceae, and chlorophyceae are less abundant. The great contribution of chrysophyceae is due to the fact that the species of this group prefer stagnant waters rich in mineral elements, especially silica and the presence of euglenophyceae species indicates that this water is very polluted.

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

## الملخص

تركز هذه الدراسة على تكوين العوالق النباتية لمستنقع بوسدره ، وهي أرض رطبة شبه حضرية تابعة لبلدية البوني بولاية عنابة. تم أخذ عينات من منطقتين من المستنقع شهر مارس 2020 لقياس العوامل الفيزيائية والكيميائية وإجراء تحاليل للعوالق النباتية. تظهر التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن مياه مستنقع بوسدره لها نفس خصائص المياه السطحية ذات درجة حموضة قلوية ودرجة حرارة موسمية. فهي قليلة الملوحة وتتميز بموصلية كهربائية عالية وأكسجة منخفضة. سمحت لنا تحليلات العوالق النباتية بتحديد وتعريف وتصنيف 29 نوعاً تنتمي إلى 18 جنساً و 05 مجموعة هي Chrysophycées و Cyanobactéries و Euglénophyceae و Chlorophyceae و Pyrrhophyceae من بين الأجناس التي بها أنواع سامة تبين وجود كل من الجنسين Pseudanabaena و Gomphosphaeria، تركيبة العوالق النباتية في مستنقع بوسدره يهيمن عليها Chrysophyceae تليها Euglénophyceae و chlorophyceae أقل وفرة. ترجع المساهمة الكبيرة لـ chrysophyceae إلى حقيقة أن أنواع هذه المجموعة تفضل المياه الراكدة الغنية بالعناصر المعدنية ، وخاصة عنصر السيلييس ويشير وجود أنواع euglenophyceae إلى أن هذه المياه ملوثة للغاية.

**الكلمات المفتاحية:** العوالق النباتية ، العوامل الفيزيائية والكيميائية ، مستنقع بوسدره ، عنابة.