

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique  
Université Mohamed Seddik Benyahia- Jijel  
جامعة محمد الصديق بن يحي جيجل

Faculté des sciences de la nature et de la vie  
Département des sciences de l'environnement  
et des sciences agronomiques



كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master académique**

- ♣ Domaine : SNV
- ♣ Filière : **Hydrobiologie marine et continentale**
- ♣ Option : **Ecosystèmes aquatiques**

## *THEME*

**Dynamique et structure du phytoplancton des  
milieux lentiques et lotiques**

Jury :

**Président : Sebti M.**  
**Examineur : Boudjellal F.**  
**Encadreur : Bouldjedri M.**

présenté par :

**Boulefa wissame**

Numéro d'ordre : .....

Session : 1ere session 2020

## Remerciements

*Tout d'abord, je remercié Allah le tout puissant qui m'a guidé sur le bon chemin le long ma vie estudiantine, qui m'a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, et qui m'a donné la volonté de continuer mes études.*

*Je suis très reconnaissantes au Mr BOULDJEDRI Mohamed mon encadreur, pour sa disponibilité et surtout pour ses critiques pertinentes qui m'ont été très utiles dans la réalisation de la version finale de ce mémoire.*

*Je tiens également à remercier Mr SEBTI Mohamed pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider mon jury de soutenance.*

*Toutes mes sincères gratitudees et mon profond respect sont adressés également à Mr BOUDJELAL Ferhat pour avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Enfin, je remercié toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce modeste travail.*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

- ✿ *Ma jolie mère, Kribaa Rabiha qui a œuvrée 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, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*
  
- ✿ *A Mon père, Ahcen, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.*
  
- ✿ *A mes frères et sœurs ; Hakim, Mourad, Merouane, Walid, Nadia et Sabrina , qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.*
  
- ✿ *A toutes personnes dont il/elle a une place dans mon cœur, que je connais, que j'estime et j'aime.*

	<b>Sommaire</b>	<b>Pages</b>
	Liste des figures.....	iii
	Liste des tableaux.....	iv
	<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I :</b>	<b>Généralités et état des connaissances sur le phytoplancton</b>	
1	Définition du phytoplancton.....	2
2	Taille du phytoplancton.....	2
3	Différentes formes du phytoplancton.....	2
3.1	• Les formes unicellulaires.....	2
3.2	• Les formes coloniales.....	3
3.3	• Les formes filamenteuses .....	3
3.4	• Les formes pseudo-filamenteuses.....	4
4	Reproduction.....	4
4.1	• Reproduction asexuée.....	4
4.2	• Reproduction sexuée.....	4
5	Diversité et Classification du phytoplancton.....	5
5.1	• Cyanobactéries.....	6
5.2	• Diatomées (bacillariophycée).....	7
5.3	• Dinoflagellé (Dinophycée).....	9
5.4	• Chlorophycées .....	10
5.5	• Chrysophycées.....	11
5.6	• Rhodophycées.....	11
5.7	• Euglénophytes.....	12
5.8	• Haptophytes (Les coccolithophores).....	12
5.9	• Xanthophycées.....	13
5.10	• Glaucophytes.....	13
5.11	• Cryptophytes.....	13
<b>Chapitre II :</b>	<b>Dynamique et structure des populations du phytoplancton</b>	
1	Les écosystèmes aquatiques continentaux.....	14
1.1	Milieux lentiqes.....	14
1.2	Milieux lotiques.....	14
2	Habitat du phytoplancton.....	14
3	Facteurs influençant la dynamique du phytoplancton.....	14
3.1	Les facteurs chimiques.....	15
3.1.1	L'oxygène dissous.....	15
3.1.2	Les Nutriments.....	15
3.1.3	Le pH le potentiel hydrogène.....	15
3.2	Les facteurs physiques.....	15
3.2.1	La température.....	15
3.2.2	Lumière.....	16
3.2.3	Hydrodynamisme.....	16
3.2.4	Transparence et Turbidité.....	16
3.3	Les facteurs climatiques	16
3.3.1	Vent.....	16
3.3.2	Précipitations.....	16
3.4	Les facteurs biotiques.....	17
4	Exemples sur la dynamique du phytoplancton.....	17

4.1	Dans un milieu lentique ( lac noir ).....	17
4.2	Dans un milieu lotique cas de la rivière (La Bia).....	18
5	Diversité fonctionnelle.....	18
6	Organisation des groupes fonctionnels.....	18
6.1	1 <sup>er</sup> groupe : Plancton siliceux (les diatomées).....	19
6.2	2 <sup>eme</sup> groupe : Plancton calcifiant .....	19
6.3	3 <sup>eme</sup> groupe : Plancton Diazotrophes .....	19
7	Méthode d'échantillonnage du phytoplancton.....	19
8	Analyse qualitative de phytoplancton.....	20
8.1	Méthodes d'observation du phytoplancton.....	20
<b>Chapitre III :</b>	<b>Rôles et application du phytoplancton</b>	
1	Rôle et intérêt du phytoplancton.....	21
1.1	Phytoplancton, « poumon de la planète ».....	21
1.2	Phytoplancton, base de la chaîne alimentaire aquatique .....	21
1.3	Intérêt du phytoplancton dans le traitement des eaux usées .....	21
2	Différents domaines d'applications du phytoplancton.....	22
2.1	Domain agricole.....	22
2.2	Domaine alimentaire.....	22
2.3	Domaine cosmétique.....	23
2.4	Domaine pharmaceutiques.....	23
2.5	Domaine énergétique.....	23
2.6	Domaine de l'environnement.....	23
3	Effet nuisible du phytoplancton.....	24
3.1	Risque sur les organismes.....	24
3.2	Risque sur la santé humaine .....	24
	Conclusion.....	25
	Références bibliographiques.....	26

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 1.</b>	Les formes unicellulaires du phytoplancton d'eau douce.....	<b>2</b>
<b>Figure 2.</b>	Les formes coloniales du phytoplancton d'eau douce.....	<b>3</b>
<b>Figure 3.</b>	Les formes filamenteuses du phytoplancton d'eau douce.....	<b>4</b>
<b>Figure 4.</b>	Les formes pseudo filamenteuses du phytoplancton d'eau douce.....	<b>4</b>
<b>Figure 5.</b>	Photographie du phytoplancton procaryote , Cyanophycées.....	<b>7</b>
<b>Figure 6.</b>	Organisation d'une cellule de diatomée pennale.....	<b>8</b>
<b>Figure 7.</b>	A : Vue d'ensemble schématique des composants siliceux des parois cellulaires des diatomées centrales B : Différentes formes de diatomées pennées (à gauche) et une diatomée centrale du genre <i>Coscinodiscus</i> (à droite).....	<b>9</b>
<b>Figure 8.</b>	différents espèces des dinoflagellés.....	<b>10</b>
<b>Figure 9.</b>	Cycle de vie dinoflagellés ( <i>Alexandrium</i> sp).....	<b>10</b>
<b>Figure 10.</b>	Diversité taxonomique des Chlorophycées.....	<b>11</b>
<b>Figure 11.</b>	Photomicrographies d' <i>euglena gracilis</i> .....	<b>12</b>
<b>Figure 12.</b>	Cellules d'algues 1 Cyanophyte, 2 Glaucophyte.....	<b>13</b>
<b>Figure 13.</b>	Schéma d'un filet à plancton.....	<b>20</b>

<b>Tableaux</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 1.</b>	Différents Embranchements des microalgues.....	<b>5</b>

## **Introduction**

Le phytoplancton est composé d'organismes végétaux microscopiques (unicellulaires, filamenteux ou en colonies) en suspension dans la colonne des eaux lenticques et lotiques. 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). (Dauta et Feuillade, 1995). Ils sont caractérisés par la présence de pigments chlorophylliens dont majoritairement la chlorophylle a qui représente le pigment fondamentale. Ces microorganismes végétaux sont qualifiés de thallophytes, c'est à dire dépourvus de tige, racine et des vaisseaux conducteurs. En effet leur métabolisme est dominé par le mode de vie autotrophe basé sur la photosynthèse qui est la source principale voire unique de leur énergie et permettant la constitution des molécules organiques pour les cellules (Herga et al. 2015). Cependant, il existe des espèces qui combinent les modes de nutrition autotrophe et hétérotrophe et sont qualifiées de «mixotrophes » (Stickney et al, 2000).

En effet, ces perturbations d'origine anthropiques qui découlent essentiellement des pollutions ponctuelles et diffuses et de la modification des caractéristiques physico-chimiques des eaux ont une répercussion très forte sur la biodiversité aquatique. Dans la mesure où la distribution des organismes colonisant les milieux aquatiques est principalement dictée par des processus autoécologiques (Vannote et al, 1980). Les successions phytoplanctonique sont caractérisées par la composition spécifique des communautés, l'abondance relative des différentes espèces, ainsi que la dominance d'une population par rapport à une autre, ces phénomènes sont en constante évolution ; dans un écosystème naturel équilibré ; les perturbations anthropiques sont à l'origine de phénomènes atypiques tels que l'apparition d'efflorescences phytoplanctonique ou d'événements toxiques.

Le présent travail s'articule autour de trois points essentielles, rédigés en trois chapitres dont le premier est consacré à des généralités sur le phytoplancton d'un point de vu biologique, systématique et cycles de vie ; le deuxième se portera sur la structure et la dynamique des populations de phytoplancton et le troisième sera consacré au différents domaines d'utilisation du phytoplancton et son intérêt socio-économique, on termine par une conclusion.





*Chapitre I*

*Généralités et état des connaissances sur  
le phytoplancton*

## Chap I : Généralités et état des connaissances sur le phytoplancton

### 1. Définition du phytoplancton

Le phytoplancton est l'ensemble des microorganismes, procaryotes et eucaryotes, flottant librement dans les eaux de surface et ont une capacité de déplacement limitée et dérivée au gré des courants. A l'instar des végétaux terrestres, le phytoplancton est photo autotrophe et contient de la chlorophylle, ce qui lui permet d'effectuer la photosynthèse (Jeffrey et al, 1997).

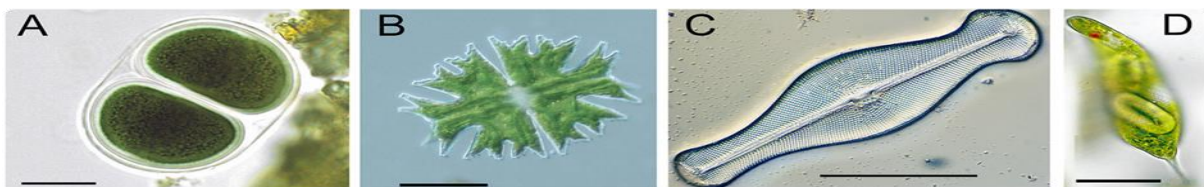
### 2. Taille du phytoplancton

Des critères de taille permettent classiquement de séparer les groupes de phytoplancton. On parle de picoplancton (inférieur à 2  $\mu\text{m}$ ), de nanoplancton (entre 2  $\mu\text{m}$  et 20  $\mu\text{m}$ ) et de microplancton au-delà et jusqu'à quelques millimètres (Alvain, 2005).

### 3. Différentes formes du phytoplancton

#### 3.1. Formes unicellulaires

Espèces qui se présentent sous forme de cellules solitaires qui peuvent être non mobiles ou mobiles, Ces dernières se déplaçant en utilisant un ou plus de flagelles ou glissant le long des surfaces via le mucilage ou d'autres moyens. Une grande variété de formes existe parmi les monocellules, y compris ceux contenus dans une gaine gélatineuse, (Figure 1.A) cellules avec des formes complexes, des murs et des marques (Figure 1.B.C), des cellules ayant des formes de cellules flexibles (Figure 1D).

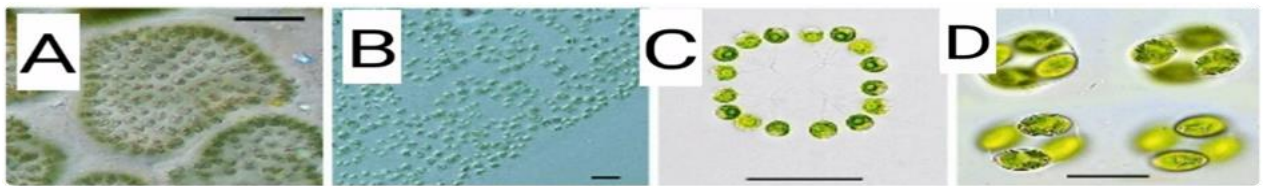


**Figure 1** : Les formes unicellulaires du phytoplancton d'eau douce.

A : *Chroococcus giganteus* (cyanobactérie coccoïde), un seul à petit groupe de cellules contenues dans des gaines gélatineuses en couches concentriques. B : *Micrasterias americana* (conjuguant algue verte, desmid), un unicellulaire avec une incision profonde (isthme) qui divise deux demi-cellules (la zone centrale claire est le noyau), chacune ayant plusieurs incisions profondes qui peuvent être subdivisé en une série de lobes et de lobules. C : *Didymosphenia geminata* (diatomée pennale), une grande cellule unique dont les parois sont en silice. D : *Euglena sp* (euglénoïde photosynthétique), un uni flagellé unicellulaire avec plusieurs chloroplastes verts (Sheath et Wehr, 2015).

### 3.2. Formes coloniales

Une agrégation de cellules qui sont maintenues ensemble soit dans un modèle lâche (Figures 2 A.B) ou bien organisé (Figures 2.C.D). Selon le taxon d'algue les colonies peuvent contenir un nombre variable de cellules ou elles peuvent être constantes tout au long de leur développement (coenobium). Les colonies peuvent être composées de cellules flagellées ou non flagellées et la base de la connexion cellulaire varie selon les colonies, y compris une matrice gélatineuse environnante (Figures 2 A.B), tiges gélatineuses (Figure 2 C) ou une paroi parentale commune (Figure 2 D).

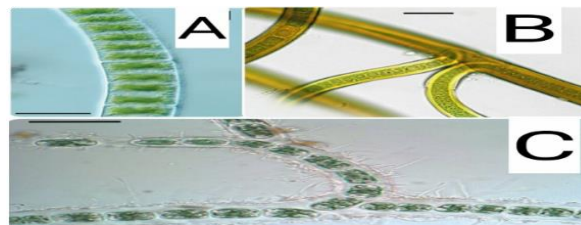


**Figure 2** : Les formes coloniales du phytoplancton d'eau douce.

A : *Woronichinia naegeliana* (cyanobactérie), une colonie à cellules sphériques ou ovoïdes disposées à la périphérie d'une matrice gélatineuse .B : *Tetraspora lubrifera* (algue verte coloniale non motile), une colonie en forme de sac de cellules spéciales irrégulièrement disposées à l'intérieur une matrice gélatineuse. C : *Dictyosphaerium granulatum*, algue verte coloniale non motile. D: *Oocystis lacustris* , algue verte coloniale non mobile (Sheath et Wehr , 2015 ).

### 3.3. Formes filamenteuses

Une chaîne ou une série de cellules dans laquelle les cellules sont disposées bout à bout avec des cellules adjacentes partageant une paroi transversale (Figures 3 A.B). Traditionnellement les colonies linéaires se distinguent des vrais filaments par le fait que les cellules coloniales contiguës possèdent chacune leurs propres parois entières, par exemple (Figure 3.C), alors que les vrais filaments ne le font pas (Figure 3 A ).

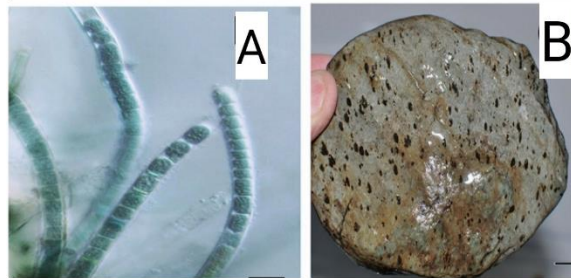


**Figure 3** : Les formes filamenteuses du phytoplancton d'eau douce.

A : *Zygnema sp* (Algue verte conjuguée), un filament non ramifié sans matrice gélatineuse. B : *Scytonema sp* (Cyanobactérie filamenteuse), un filament dans une gaine commune qui produit de doubles fausses branches résultant de la rupture et de la croissance supplémentaire de chaque fragment. C : *Chroodactylon sp* (algue rouge) (Sheath et Wehr ,2015 ).

### 3.4. Formes pseudo –filamenteuses

Une agrégation de cellules de bout en bout. Les cellules ne sont pas directement connectées les unes aux autres, ils sont plutôt espacés et peuvent être contenus dans une matrice ou une gaine gélatineuse commune (figures 4 A).quelques cyanobactéries pseudo filamenteuses forment des croûtes macroscopiquement reconnaissables sur les roches (Figure 4 B).



**Figure 4 :** Les formes pseudo filamenteuses du phytoplancton d'eau douce.

A : *Stichosiphon willei* (cyanobactérie), une série de cellules individuelles contenues dans une mucilagineuse commune gaine, formant un pseudo filament. B : *Chamaesiphon sp.* (cyanobactérie) formant des plaques de croûtes brunes sur un rocher provenant d'un ruisseau à écoulement rapide (Sheath et Wehr , 2015 ).

## 4. Reproduction

Les micro-organismes phytoplanctonique ont une capacité à se reproduire rapidement et leur cycle de vie est court (Abdennadher, 2014).

### 4.1. Reproduction asexuée

Elle peut être de 3 types : - fragmentation : le thalle se sépare en deux parties qui redonneront chacune un nouveau thalle. - sporulation : des spores peuvent être formées dans les cellules végétatives ordinaires ou dans des structures spécialisées appelées sporanges. - scission binaire : division du noyau puis du cytoplasme ( Kafi , 2017).

### 4.2. Reproduction sexuée

Dans la reproduction sexuée, il y a fusion de gamètes mâle et femelle pour produire un zygote diploïde. Des œufs se forment dans les cellules réceptrices identiques aux cellules somatiques (*Spirogyra*) ou dans des cellules végétatives femelles peu modifiées nommées oogones (*Fucus*). Les spores sont produits dans des structures mâles spécialisées appelées anthéridies (Kafi , 2017). Ce mode de reproduction augmenterait la variation génétique par recombinaison permettant ainsi aux organismes de s'adapter plus rapidement.

## 5. Diversité et classification du phytoplancton

Le phytoplancton forme un ensemble de microorganismes très diversifié en termes de taille (s'échelonnant du micromètre au 10e de millimètre) ; d'organisation (solitaire, coloniale, filament) et de forme. Il s'agit d'un groupe polyphylétique composé d'espèces qui appartiennent à différents groupes taxonomiques : les Bacillariophycées (encore appelés Diatomées), les Chlorophycées, les Chrysophycées, les Dinophycées, les Cryptophycées, les Chrysophycées, les Euglénophycées et les Cyanobactéries. Tous à l'exception des cyanobactéries sont des organismes eucaryotes (Falkowski et al, 1998).

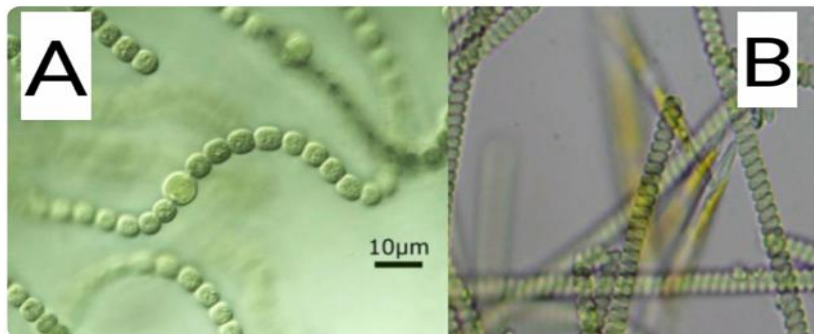
**Tableau 1** : Différents Embranchements des microalgues, d'après Jeffrey et al. (1997) ; Sharma et Rai (2011).

Taxons	Nombre d'espèces	Nom commun	Genres représentatifs
Cyanophytes	10 000	Algues bleu-vert – Cyanobactéries	<i>Anabaena, Nostoc, Microcystis</i>
Bacillariophytes	5 600	Diatomées	<i>Tabellaria, Nitzschia, Skeletonema</i>
Dinophytes	3 000	Dinoflagellés – Péridiniens	<i>Gymnodinium, Ceratium, Alexandrium</i>
Chlorophytes	7 500	Algues vertes	<i>Chlamydomonas, Chlorella, Spirogyra,</i>
Chrysophytes	200	Algues brunes	<i>Dinobryon, Phaeococcus</i>
Rhodophytes	200	Algues rouges	<i>Hildenbrandia, Batrachospermum, Cyanidioschyzon</i>
Euglenophytes	800	Les Euglènes	<i>Euglena, Phacus, Trachelmonas</i>
Haptophytes	300	Prymnesiophytes	<i>Phaeocystis, Dicronema, Coccolithus</i>
Glaucophytes	13	Algues bleus flagellées	<i>Cyanophora, Glaucocystis</i>
Xantophytes	600	Algues vert-jaune	<i>Tribonema, Goniochloris, Nephrodiella</i>
Cryptophytes	200	Cryptomonades	<i>Cryptomonas, Chilomonas Plagioselmis</i>

Peuplant les eaux douces comme marines, les micro-algues présentent une diversité plus grande que celle de toutes les plantes terrestres. Il existerait sur le globe au moins 200 000 espèces différentes. Certains auteurs avancent même des chiffres supérieurs à un million d'espèces. Ces organismes constituent un groupe polyphylétique et très diversifié de procaryotes (les algues bleues ou Cyanobactéries) et eucaryotes (où l'on retrouve les algues vertes, rouges et brunes). (Person, 2010).

### 5.1. Cyanobactéries

Les Cyanobactéries sont des algues bleues procaryotes (Figure5) dont la principale espèce cultivée est la spiruline. Apparues il y a environ 3,8 milliards d'années elles auraient permis la production d'oxygène dans l'atmosphère en réalisant la photosynthèse. Leurs cellules ont une structure procaryote typique des bactéries. La photosynthèse se produit directement dans le cytoplasme. Elles seraient à l'origine des chloroplastes des cellules eucaryotes, et auraient ainsi permis aux végétaux de réaliser la photosynthèse, à la suite d'une endosymbiose (Person ,2010).



**Figure 5** : Photographie du phytoplancton procaryotes, Cyanophycées.

A: *Nostoc sphaericum* , B: *Spirulina* (Djamai , 2019)

Plus de 1300 espèces de cyanophycées sont décrites en eau douce (Bourelly, 1985). Leur couleur très variable mais très homogène en raison de l'absence de plaste individualisé, reflète la proportion relative des pigments photosynthétiques : chlorophylle (verte), phycocyanine (bleue), phycoérythrine (rouge) et les pigments membranaires (marron) (John et al., 2001). Certaines cyanobactéries possèdent des vacuoles gazeuses qui leur permettent de réguler leur position dans la colonne d'eau et de se maintenir à une profondeur où la température, la lumière et les éléments nutritifs sont favorables à leur développement (Groga, 2012). Les cyanobactéries présentent une plus grande affinité pour l'azote (N) et le (P) que les autres organismes photo-synthétiques (Msagati et al., 2006). Cette grande affinité leur permet de se développer dans des conditions limitées en (P) et en (N) salinité (Villareal et Carpenter, 2003). Les cyanobactéries se développent



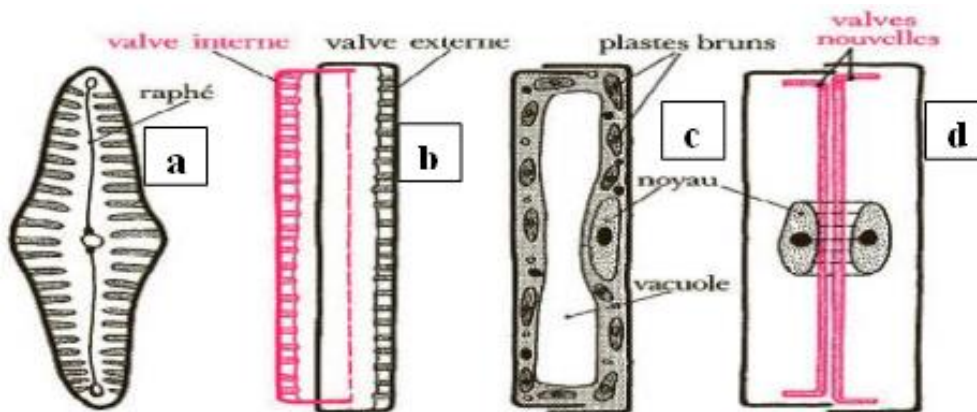
en masse et forment des "fleurs d'eau" qui constituent une couche plus ou moins épaisse d'algues flottant à la surface de l'eau. La décomposition de cette matière végétale peut ensuite entraîner une désoxygénation et, par conséquent, des mortalités de poissons (Kellali, 2011).

## 5.2. Diatomées (Bacillariophycées)

Les diatomées sont des algues unicellulaires appartenant à l'embranchement des Chrysophycées. Cet embranchement se divise en trois classes principales : les algues brun jaune, les algues vert-jaune et les diatomées (aussi appelées bacillariophycées). Selon la forme de leur frustule, les diatomées se divisent en deux types : les pennées (ordre des Bacillariales) de forme plus allongée et généralement de symétrie bilatérale (Figure 6) et les centriques (ordre des Biddulphiales) caractérisées par un frustule de symétrie radiale le plus souvent en forme de disque ou de boîte de Pétri (Burckle, 1998).

### 5.2.1 Organisation d'une cellule de diatomée pennale

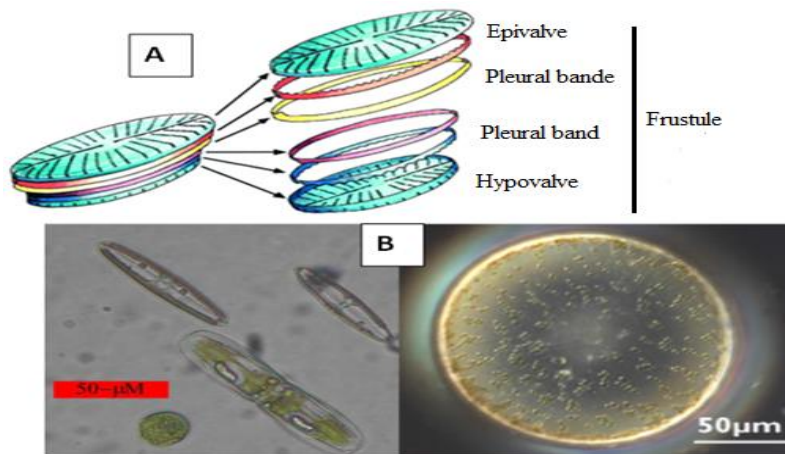
Les cellules de diatomées vivent soit sous forme indépendante soit associées au moyen d'un mucilage en chaînettes plus ou moins longues. Après la mort des cellules, les frustules résistent à la putréfaction et leur accumulation forme les « boues siliceuses » fréquentes au fond des océans (Roland et al ,2008). La cellule diatomées pennale a une organisation comme le montre la figure 6.



**Figure 6 :** Organisation d'une cellule de diatomée pennale .

- a.** Valve du frustule, **b.** Profil montrant l'emboîtement des valves, **c.** Contenu protoplasmique.  
**d.** Formation des nouvelles valves lors d'une division (Roland et al ,2008).

D'autre part la cellule des diatomées centrales prend la structure comme le montre la figure 7.



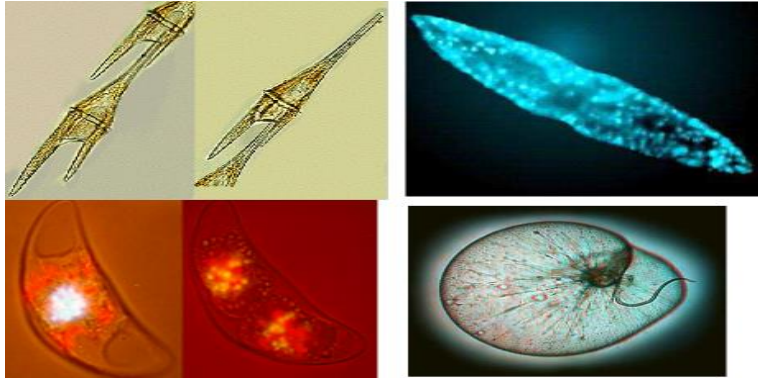
**Figure 7 :** **A :** Vue d'ensemble schématique des composants siliceux des parois cellulaires des diatomées centrales (d'après Zurzolo et Bowler, 2001). **B :** Différentes formes de diatomées pennées (à gauche) et une diatomée centrale du genre *Coscinodiscus* (à droite) (Ben mustapha , 2013).

Les diatomées se multiplient essentiellement par voie végétative, c'est-à-dire par mitoses successives, ou par reproduction sexuée. L'accroissement de la biomasse est réalisé par multiplication végétative des cellules, ce qui produit des populations monoclonales, Tous les individus d'une population possèdent alors le même génotype. Toutefois, ce type de multiplication a pour inconvénient d'entraîner la diminution de la taille des cellules des diatomées (Hermann, 2011).

### 5.3. Dinoflagellés (Dinophycées)

Les Dinophycées ou Dinoflagellés, regroupent près de 1 300 espèces (Figure 8). Les cellules de taille (10- 200 µm) peuvent être solitaires ou regroupées en colonies (Herzi , 2013). Les Dinoflagellés sont caractérisés par la présence de deux flagelles dissemblables : un flagelle transversal et un autre longitudinal qui sont logés dans deux sillons orthogonaux : le sulcus et le cingulum dont la jonction définit la face ventrale de ces organismes (Sournia, 1986). Ils peuvent coloniser les eaux douces ,saumâtres ou marines et peuvent être planctoniques, benthiques, épiphytiques, symbiotiques et parasites (Hansen et al., 2001). Ils sont généralement adaptés à la vie pélagique, cependant plusieurs genres présentent dans leurs cycle biologique une phase benthique (phase de repos sous forme enkystée déposée sur le fond) (Sournia ,1986).



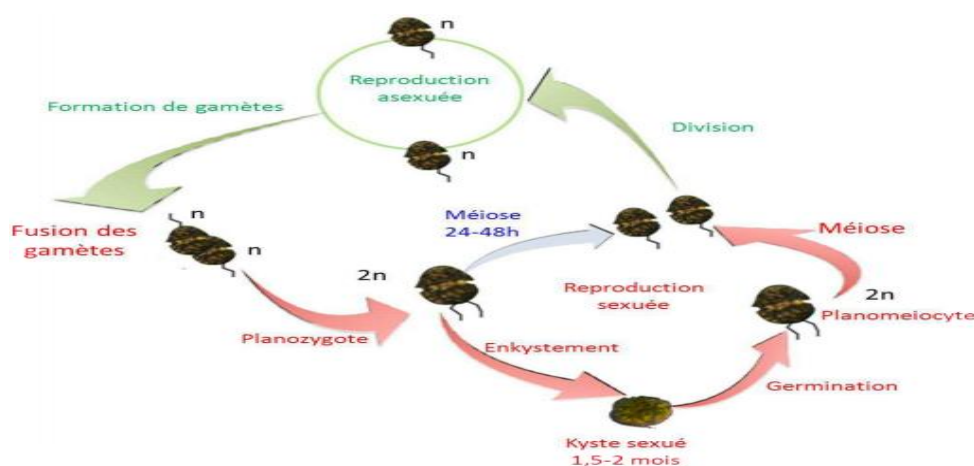


**Figure 8:** Différentes espèces des dinoflagellés.

1 : *Noctiluca scintillans* , 2 : *Dissodinium pseudolunula* , 3 : *Pyrocystis fusiformis* , 4 : *Ceratium furca* (Poupin et al, 1999).

La paroi cellulaire, appelée thèque, peut être fine et peu ornementée chez les dinoflagellés dits « nus », ou au contraire, épaisse, renforcée par des plaques internes de cellulose, chez les dinoflagellés dits « cuirassés » ou « armés ». Ces plaques sont variables par leurs nombres, leurs contours, leurs dimensions et leurs ornements (pores, épines, cornes, crêtes, ailettes, collerettes,...) (Herzi , 2013).

Parmi ces micro-algues toxiques, les dinoflagellés (Dinophycées) représentent 75 à 80% des espèces toxiques (Hallegraeff et al, 2004). Le cycle de vie des dinoflagellés inclue un stade végétatif haploïde, au cours duquel la cellule peut se diviser et être mobile dans la colonne d'eau grâce à des flagelles ; et un stade diploïde associé à la reproduction sexuée (Figure 9) (Haberkorn ,2009).



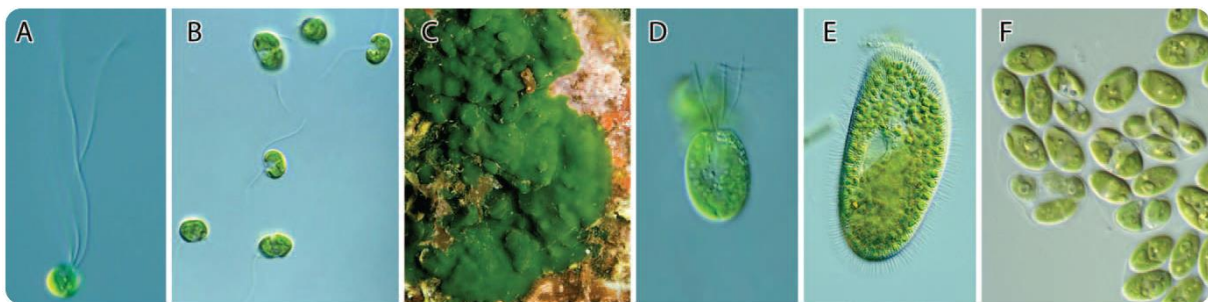
**Figure 9:** Cycle de vie dinoflagellés (*Alexandrium* sp.) (Figuroa et al. 2010).

Les efflorescences de dinoflagellés toxiques sont généralement des phénomènes ponctuels et saisonniers. Leur apparition est majoritairement influencée par les conditions physico-chimiques du milieu, bien que des facteurs biotiques puissent aussi réguler la dynamique des

efflorescences (e.g. parasites ou prédateurs.). Certaines espèces de dinoflagellés comme *Alexandrium* sp. ont adopté une stratégie d'enkystement qui leur confère une résistance aux conditions environnementales défavorables (Lassudrie, 2014).

#### 5.4. Chlorophycées

Il existe environ 6 000 à 8 000 espèces dans ce groupe (Figure 10), dont 10 pour cent sont Marin. Certains flottent librement, mais la plupart vivent sur les roches côtières ou en grandes agrégations sur eau stagnante, comme dans les étangs. Plusieurs espèces sont terrestres et poussent sur arbres et rochers dans les habitats humides. La présence de chlorophylle est évidente dans la coloration des algues vertes. Cependant, la présence d'autres pigments peut affecter la coloration de certaines espèces, de sorte qu'en fait, les individus espèces d'algues vertes de couleurs variées du vert jaunâtre au très foncé, presque vert noirâtre. Certaines espèces d'algues vertes se reproduisent asexuellement, généralement par simple fission ou fragmentation, cependant, certaines espèces libèrent des spores (Hollar ,2011).



**Figure 10 :** Diversité taxonomique des Chlorophycées.

A: *Pterosperma* (*Pyramimonadales*) , B: *Nephroselmis* , C:*Palmophyllum* , D : *Tetraselmis* .  
E: *Chlorella* , F: *Oocystis* (Leliaert et al ,2012).

#### 5.5. Chrysophycées

Les Chrysophycées sont des microalgues 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. Ce sont des microalgues pélagiques. Dotées de deux flagelles, elles peuvent se déplacer, sans toutefois contrer les courants, et occupent 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 Nourry, 2013).

## **5.6. Rhodophycées**

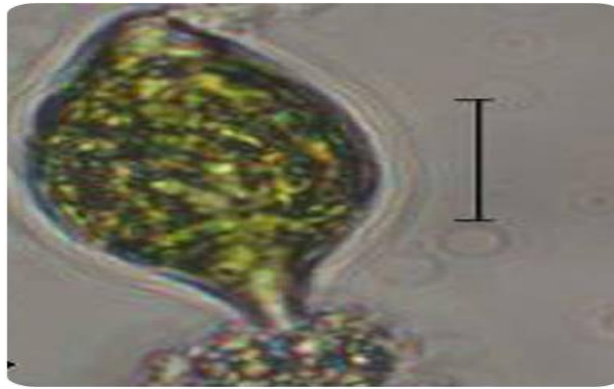
Communément appelées algues rouges et représentées par l'unique classe des Rhodophycées, elles sont souvent filamenteuses ; largement distribuées dans les mers et se réduisent, en eau douce à quelques genres (Bourrelly, 1972). Sur environ 600 genres connus, seuls 29 se rencontrent dans les eaux douces avec, approximativement, 180 espèces (Bourrelly, 1970).

La distinction avec les Cyanophycées sera souvent difficile à faire, car les pigments sont les mêmes : A côté de la chlorophylle a et d, on retrouve des pigments bleu et rouge: Phycoérythrine et Phycocyanine accompagnés de Xanthophylles et de Caroténoïdes. Cependant, et à la différence des Cyanobactéries, ces pigments seront portés par un ou plusieurs plastes. Les réserves sont constituées par de l'amidon floridéen ou rhodamylon qui est une amylopectine proche du glycogène prenant une teinte acajou avec la solution iodo-iodurée (Bourrelly, 1972).

Les rhodophycées ou algues rouges forment un groupe très diversifié. Ces algues doivent leur couleur à la présence de plastes roses dans lesquels un pigment rouge, la phycoérythrine, est associé à plusieurs autres pigments dont les chlorophylles. La plupart de ces algues rouges sont pluricellulaires et marines, mais il existe quelques formes unicellulaires et quelques-unes vivent également en eau douce. Les algues rouges sont divisées en deux groupes: celui des Bangiophycées (qualifiées de primitives) et celui des Floridéophycées (plus complexes). Elles se distinguent généralement par leur cycle de reproduction particulièrement complexe (Garon-Lardiere, 2004).

## **5.7. Euglénophytes**

Ils sont de petites algues flagellées, incolore ou possédant des chloroplastes, vivant en eau douce essentiellement. Elles sont classées dans le phylum des Euglenozoe (Faller, 2011). Elles sont réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces (Figure 11). Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, une vacuole contractile et un stigma orange à rouge composé de globules de caroténoïdes (Figure 10). Bien que certaines euglènes soient non pigmentées, phagotrophes (capable d'ingérer des particules solides) et par conséquent considérés comme des protistes animaux (ex protozoaires), la plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes (Gorga , 2012).



**Figure 11** : Photomicrographies d'*euglena gracilis* (Roy et Pal, 2016).

### 5.8. Haptophytes (Les coccolithophores)

Les coccolithophores appartiennent à l'embranchement des Haptophyta qui constitue, avec ceux des Dinophyta et des Ochrophyta un des trois grands groupes de producteurs primaires du milieu marin. Ses représentants sont surtout rencontrés dans les milieux océaniques oligotrophes mais sont susceptibles de coloniser tous les types de milieux aquatiques dans des proportions plus ou moins importantes (y compris des espèces d'eau douce comme la coccolithophore *Hymenomonas roseola*). Les Haptophytes sont unicellulaires et appartiennent majoritairement au nanoplancton et plus rarement au picoplancton, avec une seule exception, les colonies de *Phaeocystis* qui peuvent atteindre des tailles de l'ordre du millimètre. Cet embranchement compte environ 80 genres et près de 300 espèces rassemblées dans deux classes : les Pavlovophyceae et les Prymnesiophyce (Houdan, 2003).

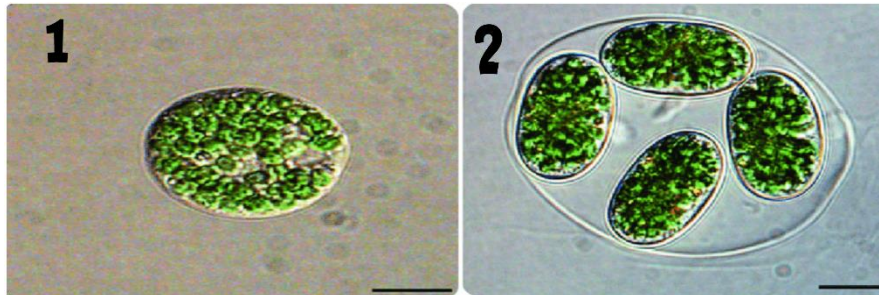
### 5.9. Xanthophycées

Les xanthophycées regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte. 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 (Rolland, 2009).

### 5.10. Glaucophytes

Les Glaucophytes (ou Glaucocystophytes) constitueraient le plus ancien groupe d'organismes photosynthétiques eucaryotes. C'est un petit groupe d'algues unicellulaires retrouvées en eaux douces et en environnements terrestres. Le plaste des glaucophytes est original

car il possède des caractéristiques structurales très proches de celles des cyanobactéries : paroi de peptidoglycanes de type procaryote autour du plaste, chlorophylle **a** et phycobilines comme unique pigment (Andersen, 2013). Les chloroplastes des Glaucophytes sont bleu-vert et présentent l'aspect apparent des chloroplastes des cyanobactéries (Figure 12).



**Figure 12 :** Cellules d'algues 1 Cyanophyte, 2 Glaucophyte (Price et al, 2017).

### 5.11. Cryptophytes

Les algues cryptophytes sont une évolution lignée eucaryote unicellulaire distincte et écologiquement importante habitant les environnements marins, saumâtres et d'eau douce. Les cryptophytes sont principalement photosynthétiques avec des plastes qui contiennent de la chlorophylle a et c ; ainsi que des phycobilines comme pigments accessoires. Ils sont composés de brun, rouge ou groupes photosynthétiques de couleur Bleu-vert (Kim et al. 2017).



*Chapitre II*

*Dynamique et structure des populations de  
phytoplancton*

## **Chap II: Dynamique et structure des populations de phytoplancton**

### **1. Les écosystèmes aquatiques continentaux**

Bien que les écosystèmes aquatiques continentaux (eau douce de surface) représentent moins d'un pourcent de l'hydrosphère sur la Terre, ce sont des milieux très diversifiés. Ces milieux peuvent être regroupés en deux grandes catégories que sont les systèmes lentiques et les systèmes lotiques en fonction du renouvellement de leurs eaux (Four, 2017).

#### **1.1. Milieux lentiques**

D'après Pinay et al, (2018), un système lentique est caractérisé par des eaux stagnantes ou à faible débit, comme les mares, les lacs ou même des cours d'eau à très faible débit.

#### **1.2. Milieux lotiques**

Selon Pinay et al, (2018), un système lotique est caractérisé par un plus fort débit, comme les fleuves, les rivières et les ruisseaux.

### **2. Habitat du phytoplancton**

Le phytoplancton peut vivre partout où il y a de l'eau. On le trouve aussi bien dans les eaux douces, marines que saumâtres (comme les estuaires). Les diatomées sont un des constituants majeurs du phytoplancton, et les Cyanophycées planctoniques sont assimilées à des algues phytoplanctoniques de très petite taille. Elles sont surtout caractéristiques des mers chaudes et des milieux oligotrophes (Alvain, 2005).

En outre, selon Sheath, (1984), les rhodophycées d'eau douce sont peu nombreuses et se rencontrent dans les eaux courantes et peu minéralisées. D'après Littler et al, (1985), ce groupe d'algues est généralement fixé sur les rochers, ces algues peuvent être épiphytes endophytes ou parasites d'autres espèces d'algues, mais il existe aussi quelques formes flottantes, elles peuvent vivre jusqu'à 250 m de profondeur (Littler, 1985, Raven, 2003). En générale, les dinoflagellés sont plus adaptés à des eaux chaudes à faible turbulence. En effet, il a été montré que les turbulences diminuent la capacité de nage suite à la rétractation des flagelles permettant une sédimentation (Chambouvet, 2009).

### **3. Facteurs influençant la dynamique du phytoplancton**

La dynamique des populations phytoplanctoniques est influencée par de nombreux facteurs environnementaux, qui agissent sur les populations et par conséquent sur la dynamique des espèces (Hutchinson, 1957).



### **3.1. Les facteurs chimiques**

#### **3.1.1. L'oxygène dissous**

L'oxygène dissous dépend essentiellement de la respiration et de la Photosynthèse des populations planctoniques et de la minéralisation de la biomasse. La teneur en oxygène dissous dans l'eau est étroitement liée au régime thermique du lac (Villeneuve et al, 2006). L'oxygène présent dans l'eau est également d'origine biologique par la fonction chlorophyllienne exercée par les végétaux. Il est considéré comme l'élément le mieux explicitée des variations de la densité de phytoplancton (Arrignon , 1991).

#### **3.1.2. Les Nutriments**

Les nutriments indispensables pour le développement du phytoplancton sont considérés comme des éléments chimiques pouvant être trouvé dans l'eau à différentes concentrations comme le phosphore, l'azote et le silicium. Les communautés phytoplanctonique sont directement influencées par la quantité de nutriments disponibles dans le milieu. Parmi les éléments essentiels, on retrouve l'azote sous toutes ses formes ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ) et le phosphore. En revanche, la forte concentration de ces éléments est responsable d'une eutrophisation du milieu (Boudjenah ,2019).

#### **3.1.3. Le pH ou potentiel hydrogène**

Le pH idéal doit être compris entre 5 et 8.5. Selon Dhib, (2015), lorsque le pH dépasse ces valeurs, il entraîne une diminution de la solubilité des bicarbonates dans l'eau pouvant créer une limitation de croissance du phytoplancton.

### **3.2. Facteurs physiques**

#### **3.2.1. Température**

La température influence plusieurs paramètres physicochimiques de l'eau tels que les concentrations en oxygène dissous et en nutriments. La croissance phytoplanctonique se trouvera ralentie dans les eaux froides par rapport à des eaux plus chaudes. D'après Hamici et Merabet (2019), l'élévation de la température de l'eau agit positivement sur la production primaire du phytoplancton en influençant le métabolisme des organismes par action sur la vitesse des réactions enzymatiques.



### 3.2.2. Lumière

La lumière est essentielle au développement du phytoplancton. Elle leur permet de réaliser la photosynthèse grâce aux pigments chlorophylliens. L'énergie lumineuse est alors convertie en énergie chimique. Un bon éclairage est donc indispensable pour une croissance cellulaire importante. Les dispositifs d'éclairage peuvent être naturels exploitants directement l'énergie solaire ou bien artificiels (Bellal et al, 2019).

### 3.2.3. Hydrodynamisme

L'hydrodynamisme est un facteur important de l'écosystème aquatique, il influence considérablement les organismes planctoniques qui sont soumis en permanence aux mouvements des masses d'eau (Richardson, 1997).

En effet, l'hydrodynamisme conditionne la position des microalgues dans la colonne d'eau et donc la lumière qu'elles reçoivent. Celles-ci doivent en permanence adapter leur système photosynthétique à une lumière qui fluctue en fonction de leur vitesse de déplacement, de la turbidité du milieu, et de l'intensité lumineuse en surface. Ainsi le mélange vertical de la colonne d'eau influence la dynamique des populations phytoplanctonique (Feki- sahnoun, 2013).

### 3.2.4. Transparence et Turbidité

La transparence des eaux dépend de la quantité des matières en suspensions (MES), qui peuvent être constituées de micro-organismes vivants, de débris organiques et minéraux (Deltreil et al, 1974). Elle varie en fonction de la vitesse des vents (Chaocachi et al , 2002). La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence, c'est un signe de pollution des eaux car elle baisse la lumière et le pouvoir absorbant (Gaujous, 1995).

## 3.3 Facteurs climatiques

### 3.3.1 Vent

Les études de fluctuation des vents sont nécessaires afin de comprendre le fonctionnement de l'écosystème. En effet, le vent a une grande influence sur la transparence de l'eau et le déplacement des espèces (Herrera-Silveira et Comin , 1995).

### 3.3.2. Précipitations

Les pluies jouent un rôle capital dans la dynamique planctonique puisqu'elles apportent une quantité non négligeable de nutriments par le biais des ruissellements et participent à l'initiation des efflorescences phytoplanctonique automnales et printanières (Feki-sahnoun, 2013).

### 3.4. Facteurs biotiques

Autre que les facteurs physiques et chimiques, il existe des facteurs biotiques qui affectent la croissance des phytoplanctons telle que la compétition entre les espèces de microalgues. La compétition entre les espèces des microalgues est un des facteurs biotiques régulateur de la croissance algale. Par exemple, il existe des cyanobactéries qui libèrent des toxines ayant des effets inhibiteurs sur la croissance d'autres espèces de phytoplancton. Les genres de Cyanobactéries tel que *Microcystis* ont une grande capacité à acquérir de l'énergie lumineuse, ils s'accumulent en surface grâce à leurs vésicules à gaz pour former un Bloom, qui leur permet d'éliminer leurs compétiteurs en leur limitant l'accès à la lumière. Il faut noter aussi qu'il existe quelques espèces de microalgues qui peuvent libérer des substances antibactériennes (El hifnawy, 2016).

Pour résumer, les facteurs les plus importants dans la répartition, la dynamique et la diversité du phytoplancton d'un cours d'eau (milieu lotique) sont les suivants :

#### a) Apports :

- Apports de la rivière et échanges latéraux avec les bassins reliés au cours d'eau
- Remise en suspension et transports des espèces benthiques

#### b) Facteurs de contrôle de la répartition spatiale :

- Courant, stratification de densité dans la colonne d'eau
- Gradient de salinité et tolérance des espèces

#### c) Facteurs de contrôle de croissance :

- Concentrations en nutriments (N, P, Si)
- Disponibilité en lumière (turbidité, MES)
- Température de l'eau

## 4. Exemples sur la dynamique du phytoplancton

### 4.1. Dans un milieu lentique (lac noir)

Au niveau du lac Noir (Nord– Est Algérien), il est situé sur le chemin de wilaya N°109, reliant la ville d'Annaba à El-Kala .Le pH est légèrement acide, ainsi que les eaux sont pauvres en ortho-phosphates. Durant la période d'étude réalisée par Amri , (2008 ) , le lac Noir évolue vers un état d'hyper-eutrophie et le phytoplancton est majoritairement composé par les Chlorophycées, suivit des Chrysophycées. Les classes des Euglénophycées, Cryptophycées, Dinophycées, Cyanophycées et les diatomées présentent des taux plus ou moins faibles. L'auteur de ce travail

conclue que la répartition des classes phytoplanctonique au niveau du lac Noir est influencée par le pH.

#### **4.2. Dans un milieu lotique cas de la rivière (La Bia)**

En aval de la rivière Bia (Sud-Est ivoirien) les minimums des densités phytoplanctonique sont enregistrés durant les mois de décembre à mars, les Diatomées restent le groupe le plus important du peuplement examiné pendant la période indiquée, les Cyanophycées sont absentes. Toutefois, elles sont bien représentées en avril (69 %), en juin (59 %) et en septembre (57%). Il en est de même avec les Chlorophycées qui sont très peu abondantes. En effet, les communautés phytoplanctonique ont une variation temporelle en fonction des conditions favorables à leur développement (Ouattara et al ,2001).

#### **5. Diversité fonctionnelle**

La diversité phénotypique observée au sein du phytoplancton implique une grande variabilité des caractéristiques physiologiques, métaboliques et écologiques, cette variabilité éco-physiologique présentent de larges gammes de variabilité au sein desquelles se répartissent les organismes qui composent les communautés. Cette diversité impacte donc la façon dont les organismes interagissent avec leur environnement et joue un rôle clé dans la stabilité, la résilience et le fonctionnement des écosystèmes limniques (Ptacnik et al., 2008).

#### **6. Organisation des groupes fonctionnels**

Le concept de groupe fonctionnel a ainsi d'abord été défini en écologie terrestre. Pour ce qui nous intéresse, on peut donc définir au sein du plancton, en se basant sur la taille et les interactions chimiques existant entre les espèces planctoniques et leur environnement, un certain nombre de groupes fonctionnels, également appelés 'guildes' ou 'types fonctionnels en anglais (*Plankton Functional Type*)' (Lavorel et al , 1997).

La classification en groupes fonctionnels au sein du phytoplancton, apparaît comme une approche utile pour comprendre les liens entre le fonctionnement des écosystèmes et la composition des assemblages microbiens ainsi que leurs éventuelles modifications futures sous l'effet de changements environnementaux (Lavorel et al , 1997).

Le critère distinctif des groupes fonctionnels concerne la taille et la forme. En effet, la gamme de taille du phytoplancton comme il est déjà décrit au premier chapitre, il s'étend de moins d'un micromètre (cyanobactéries) jusqu'à des organismes dont la taille atteint plusieurs centimètres (grosses diatomées). Ces différences sont à l'origine de disparités en termes de réponses aux conditions environnementales comme l'acquisition des nutriments ou encore

l'efficacité photosynthétique (Chisholm et al., 1992). Les caractéristiques et fonctions écologiques au sein du plancton étant extrêmement variées, Cependant, il est possible de citer les principaux classiquement identifiés :

### **6.1. 1<sup>er</sup> groupe : Plancton siliceux (les diatomées)**

Ce groupe intervient dans le cycle du silicium. Les diatomées font partie du micro-phytoplancton. Elles sont généralement parmi les organismes dont la taille (diamètre >10 µm) est la plus importante des assemblages phytoplanctonique et sont reconnues comme ayant un taux de croissance rapide et une faible affinité pour les nutriments. Ces propriétés font des siliceux le groupe dominant dans les environnements côtiers, turbulents et enrichis en nutriments par des apports terrestres (Falkowski et al., 2004).

### **6.2. 2<sup>ème</sup> groupe : Plancton calcifiant**

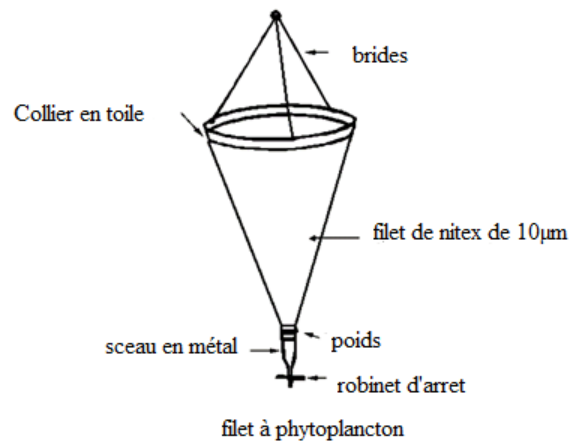
Ce deuxième groupe joue un rôle important sur le cycle des carbonates et sur l'alcalinité du milieu, en lien avec le changement climatique et en particulier l'acidification des milieux aquatiques. En effet, ces organismes utilisent les ions bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) pour former, par l'intermédiaire de la calcification ( $\text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$ ) des carbonates de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ). C'est le cas des coccoliphoridés dont fait partie l'espèce *Emiliana huxleyi* (Wolf-Gladrow et al., 1999).

### **6.3. 3<sup>ème</sup> groupe : Plancton Diazotrophes**

Certains organismes phytoplanctonique sont capables d'utiliser directement l'azote atmosphérique comme source d'azote additionnelle ou principale. Le plus connu des organismes diazotrophes est la Cyanobactérie du genre *Trichodesmium* (Zehr et al., 2001).

## **7. Méthode d'échantillonnage du phytoplancton**

Les prélèvements se font à l'aide d'un filet à phytoplancton (Figure 13), à la surface c'est-à-dire dans les premiers centimètres de la colonne d'eau, tout loin des rives et des bords. Environ un demi-litre est prélevé dans chaque point à l'aide d'une bouteille attachée au filet. Le contenu est récupéré dans des bouteilles transparentes en plastique, propres et rincées avec l'eau du milieu. On note la date, l'heure, le numéro de l'échantillon et celui du site afin d'assurer la traçabilité de l'échantillon. On ajoute quelques gouttes de la solution formol à chaque échantillon à des fins de conservation. Les flacons sont ramenés au laboratoire et conservés à 4°C et à l'abri de la lumière (Benaziza et Fafa, 2018).



**Figure 13** : Schéma d'un filet à plancton (Bensafia , 2005 ).

## 8. Analyse qualitative de phytoplancton

L'identification des taxons est basée sur l'observation des caractères morphologiques (forme, taille, couleur...) (Bourrelly, 1972), anatomique (disposition des chloroplastes, flagelles..) et à l'aide des clés de détermination (John et al, 2001).

### 8.1. Méthodes d'observation du phytoplancton

Plusieurs techniques existent pour analyser le phytoplancton, chacune possédant ses avantages et ses limites. Elles peuvent être réparties comme suit : La microscopie optique est la technique la plus ancienne. Elle permet l'identification et le comptage des cellules phytoplanctonique , la microscopie à épifluorescence qui est plus récente a permis de compter les cellules pico- et nano planctoniques ; il y'a aussi l'observation à l'aide du microscope électronique à balayage qui permet d'identifier de manière très précise le phytoplancton en analysant sa morphologie externe. Il permet aussi de différencier les espèces d'un même genre ou de distinguer les différents morphotypes d'un même taxon. La microscopie électronique permet par exemple d'identifier exactement les espèces potentiellement toxiques (Dormal , 2019).



*Chapitre III*

*Rôles et applications du phytoplancton*

## Chap III : Rôles et application du phytoplancton

### 1. Rôle et intérêt du phytoplancton

Le phytoplancton possède d'importants rôles dans le rétrocontrôle du climat global, notamment en pompant le CO<sub>2</sub> (gaz à effet de serre) de l'air.

#### 1.1. Phytoplancton, « poumon de la planète »

Les phytoplanctons eucaryotes et procaryotes ont en commun la photosynthèse. Cette réaction assure la transformation du carbone inorganique en énergie chimique en captant l'énergie lumineuse (Sialve et Steyer, 2013). Par la photosynthèse, le phytoplancton produit une grande quantité d'oxygène nécessaire à la vie dans l'eau, mais aussi, grâce aux échanges gazeux à la surface des océans, il fournit les deux tiers de l'oxygène de l'air de notre planète, le dernier tiers provenant des végétaux terrestres (Mollo et Nourry, 2013).

#### 1.2. Phytoplancton, base de la chaîne alimentaire aquatique

Le phytoplancton constitue le premier maillon de la chaîne alimentaire d'un écosystème aquatique ; il est absorbé par les organismes microscopiques (zooplancton) et les animaux de petite taille. Ces derniers constituent eux-mêmes la nourriture de consommateurs des niveaux trophiques supérieurs. Par ailleurs ; les microalgues ne sont pas appréciées exclusivement par le zooplancton, elles sont un aliment de choix pour des espèces filtreuses de plus grande taille comme les huîtres, les moules, à leur stade larvaire et durant toute leur vie d'adulte (Mollo et Nourry, 2013).

#### 1.3. Intérêt des phytoplancton dans le traitement des eaux usées

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

a) 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). Comme elles peuvent même contribuer directement à l'élimination de certains dérivés organiques (Pearson et al, 1987).

b) Elles assurent l'élimination, en partie, des sels nutritifs excédentaires dans les eaux résiduaires (Ergashev et Tajiev, 1986).

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

d) Par leur activité biologique, elles influencent négativement les conditions de vie de certaines bactéries pathogènes, conduisant ainsi à leur réduction en nombre et voire leur disparition (Pearson et al, 1987).

## 2. Différents domaines d'applications du phytoplancton

Au vu de leur biodiversité et leurs propriétés physiologiques et biochimiques, les phytoplanctons se révèlent très prometteuses pour de nombreuses applications dans des domaines variés.

### 2.1. Domaine agricole

Outre l'intérêt écologique considérable comme agents épurateurs des eaux usées. En agriculture, les micro-algues sont principalement utilisées comme engrais biologique pour la fertilisation des sols pauvres, les algues sont transformées en poudre épandues sur le sol. En effet, les micro-algues favorisent la croissance des plantes, la résistance aux maladies et produisent des substances protectrices contre les agressions par les gastéropodes. En outre les microalgues sont utilisées comme ingrédient dans la fabrication d'aliment pour le bétail, les fucales sont utilisées comme additifs alimentaires pour leurs qualités digestives. Elles sont transformées en farines mélangées à la nourriture des animaux d'élevage (Abadli et Harkati, 2015).

### 2.2. Domaine alimentaire

Parmi les espèces d'algues riches en protéines et en acides gras essentiels, à intérêt agroalimentaire, nous citerons tout particulièrement les spirulines : algue halotolérante extrême du groupe des Cyanobactéries et deux Chlorophytes : *Chlorella* et *Scenedesmus*. Certaines espèces des micro-algues peuvent être consommées comme des légumes. En l'occurrence les espèces: *Undariapinnatifida*, *Laminariajaponica* et *Porphyra* sp. Les micro-algues dans l'alimentation sont bénéfiques, outre leurs propriétés épaississantes, gélifiantes ou stabilisantes, bien connues et largement utilisées par des industries agroalimentaires, elles ont aussi des propriétés nutritionnelles intéressantes en alimentation humaine ; Les micro-algues produisent aussi une certaine catégorie de produits chimiques qui leurs sont propres: Agaragar, Alginates, Carraghénanes et bien d'autres polysaccharides (Chader et Touzi,2001 ; Becerra-Celis, 2009).

### 2.3. Domaine cosmétique

Les micro-algues 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 micro-algues 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 micro-algues sont souvent utilisées afin de véhiculer une image de produits naturels apportant les bienfaits de la mer (Le et al, 2014).



#### 2.4. Domaine pharmaceutiques

Les principes actifs extraits des micro-algues sont utilisés comme anti-inflammatoire œsophagien, pour lutter contre l'embonpoint, pour leurs effets laxatifs ou encore pour les pansements, pour les micro-algues peuvent être utilisées dans une amélioration du confort des diabétiques. En effet certain polysaccharides issus des micro-algues peuvent moduler l'absorption intestinale du glucose et la réponse insulinique à l'alimentation d'autres produisent des antibiotiques comme *Stichochrysis* (Gana, 2014).

#### 2.5. Domaine énergétique

Les micro-algues sont des espèces aquatiques à structures relativement molles. Elles sont totalement dépourvues de lignines, ce qui pourrait en faire une biomasse très avantageuse pour un certain nombre de fermentations telles que la production de méthane ou même d'alcools à des fins énergétiques. Les micro-algues fabriquent des hydrocarbures comme *Botryococcus*, *Dunaliella*, des lipides comme *Neochloris*, *Chlorococcum* (Chader et Touzi, 2001).

#### 2.6. Domaine de l'environnement

Les principales applications environnementales du phytoplancton sont traitement des eaux usées (capacité assimilation de nombreux nutriments nécessaires à leur croissance les microalgues représentent une solution intéressante pour éliminer ces éléments). Certains genres des Cyanobactéries peuvent être utilisés comme engrais naturels dans les rivières grâce à leurs capacités de fixation de l'azote atmosphérique par des hétérocystes (Roger, 1996).

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

Par ailleurs ; on trouve l'indice biologique diatomées (IBD), qui est un indice de l'état des écosystèmes lotiques, sa détermination se base sur la communauté de diatomées présente dans les peuplements phytoplanctonique des cours d'eau. Cet indice permet d'évaluer la qualité des eaux, Il a été mis au point en 1996 et normalisé par l'AFNOR en 2000 (Afnor, 2000).

### **3. Effet nuisible du phytoplancton**

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 importants pour la santé humaine et animale surtout au niveau des eaux de baignade (Aib et Yakhlef, 2014).

#### **3.1. Risque sur les organismes**

En eau douce tout comme en milieu marin, les efflorescences du phytoplancton induisent une diminution de la biodiversité du milieu (Crossetti et al, 2008). De plus, leur prolifération peut 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).

Certaines espèces phytoplanctoniques produisent des phycotoxines, qui sont accumulées par les organismes phytoplanctonophages «les mollusques bivalves, gastéropodes, crustacés, ainsi que certains poissons » et constituent un risque potentiel aux consommateurs (Gailhard, 2003).

#### **3.2 Risque sur la santé humaine**

Comme déjà signalé au paragraphe précédent, les phycotoxines élaborées par les phytoplanctons sont souvent accumulées chez les espèces à régime filtreurs comme les moules, les coquilles, les huîtres.... La consommation des organismes marins ayant bio-accumulés ces phycotoxines représente de sérieux problèmes sanitaires pour l'homme. Les symptômes associés à ces dangers sont essentiellement d'ordre digestif et/ou neurologique selon la nature chimique de chaque toxine élaborée (Abouabdelah, 2012).

## **Conclusion**

La dynamique spatio-temporelle des populations phytoplanctonique est contrôlée par l'interaction de paramètres hydrodynamiques, physico-chimiques et biologiques. L'instabilité des paramètres environnementaux (salinité, concentrations en nutriments, stratification, turbidité, apports d'eau douces et d'eau salées, température etc...) entraîne une grande variabilité de la composition taxonomique et de la dynamique phytoplanctonique. Cependant et vu la conjoncture sanitaire (Covid-19) qui nous a empêché de faire un travail pratique au laboratoire pour ce sujet ; nous proposons des perspectives pour les travaux futures sur le même thème si les conditions le permettent ; c'est de faire un suivi sur au moins un cycle annuel du phytoplancton des eaux courantes et stagnantes et d'évaluer l'impact des paramètres physico-chimiques (nitrate, azote ammoniacal, silice) sur leur dynamique mensuelle.

Enfin est en guise de synthèse de la littérature du 3eme chapitre, les microalgues peuvent devenir une source idéale de biomasse convertissable en biocarburants et en source de protéines. Par conséquent leur valorisation pourrait éventuellement favoriser la stabilité géopolitique et le développement social dans plusieurs régions du monde. D'autre part, le phytoplancton est fortement influencé par les changements environnementaux, il est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation et aux changements du milieu. Aujourd'hui il est considéré comme un bio-indicateur potentiel puisque répondant aux changements trophiques des masses d'eau.

Références bibliographiques

**A**

**Abadli M et Harkati G. 2015.** Contribution à l'inventaire des quelques microalgues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilaya d'El Oued ( Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade , STEP Kouinine) . spécialité : Biologie et valorisation des plantes. Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued. p 79.

**Abdennadher M. 2014.** Étude Taxonomique & Écophysiologique des dinoflagellés toxiques du Golfe de Gabès : *Alexandrium minutum*, *Prorocentrum lima*, *Coolia* spp. & *Ostreopsis ovata*. Thèse de doctorat. Discipline : Sciences Biologiques. Université de Sfax (Tunisie).p 328.

**Abouabdellah R . 2012.** Étude des phycotoxines paralytiques et lipophiles chez les mollusques bivalves de l'Atlantique sub marocain. Spécialité Sciences Thèse de doctorat.Université Ibn Zohr . p 174.

**Afnor . 2000.** Norme française NF T 90-354. Qualité de l'eau. Détermination de l'Indice Biologique Diatomées (IBD) . p 63.

**Aib A.F et Yakhlef K . 2014.** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et phytoplanctonique des eaux du Lac Tonga (Nord-est Algérien) . Spécialité/Option : Santé, Eau et Environnement/ Microbiologie de l'environnement. Université 8 mai 1945 Guelma. p 74.

**Alvain S. 2005.** Étude de la distribution des principaux groupes de phytoplancton par télédétection satellitaire: Développement de la méthode PHYSAT à partir des données GeP et CO et application à l'archive SEAWIFS entre 1998 et 2004.thèse de doctorat . Spécialité : Climatologie. Université Paris-Diderot .p. 217.

**Amri S . 2008 .** Dynamique mensuelle du phytoplancton dans le lac Oubeira et le lac Noir « Parc National EL-Kala ». Mémoire de Magister. Option: Microbiologie Moléculaire . Université Badji Mokhtar-Annaba .p.93.

**Andersen R.A .2013.** The Microalgal Cell, In: Richmond A et Hu Q , Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology 2nd Edition , Wiley-Blackwell , pp. 1–20.

**Arrignon J , 1991 :** Aménagement piscicole des eaux douces . [éd] *Lavoisier. Paris .p. 631 .*

**B**

**Becerra-Celis G . 2009 .** Proposition de stratégies de commande pour la culture de microalgue dans un photobioréacteur continu. Thèse doctorat. Spécialité : Génie des Procédés . Ecole Centrale Paris.p.242.

**Becker E. W. 1983.** Limitations of heavy metal removal from waste water by means of algae. *Wat. Res.* vol. 17, 4, pp.459-466.

**Bellal C, Dardar Z et Mosbah S. 2019.** Approche qualitative et quantitative du phytoplancton du Lac Noir .Option: Microbiologie Appliquée. Université 8 Mai 1945 Guelma. p 51.

**Benaziza A et Fafa Z. 2018.** Evolution spatiotemporelle des communautés des microalgues des milieux lenticques de la région de Jijel . Option : Ecosystèmes aquatiques. Université Mohammed Seddiki Benyahia. p. 64 .

**Ben mustapha Z. 2013.** Télédétection des groupes phytoplanctoniques via l'utilisation conjointe de mesures satellites, in situ et d'une méthode de classification automatique. Spécialité : Océanographie. Université du Littoral Côte d'Opale. p 161.

**Bensafia N. 2005.** Les peuplements de cyanobactéries de deux plans d'eau douce (lac Oubeira, lac Tonga) inventaire et dynamique spatiotemporelle. Mémoire de Magister. Spécialité : Biologie et physiologie des organismes marins. Université Badji-Mokhtar Annaba .p111.

**Boudjenah M . 2019.** Etude de la composition et de l'évolution de la biodiversité des peuplements phytoplanctoniques de la côte algérienne (mer d'Alboran et Bassin Algérien) et influence des zones d'enrichissement. Thèse doctorat. Spécialité : Ecologie Marine. université Abdelhamid Ibn Badais Mostaganem . p 130.

**Bourrelly P .1970.** Algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome III : Les Algues bleues et rouges, les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. [éd] N.Boubée & Cie . p 572 .

**Bourrelly P. 1972 .** Les Algues d'eau douce ; Initiation à la systématique. Tome I : Les Algues vertes. [éd] N.Boubée & Cie . p 512.

**Bourrelly P. 1985 .** **Algues d'eau douce : Algues bleues et rouges.** [éd] N.Boubée & Cie . p 606.

**Burckle L. H. 1998.** In Introduction to marine micropaleontology. [éd] B. U. Haq et A. Boersma .p.376.

## C

**Chader S. et Touzi A. 2001.** Biomasse Algale : Source Energétique et Alimentaire. Laboratoire de Bioinasse . Centre de Développement des Energies Renouvelables, pp. 47-50.

**Chambouvet A. 2009.** Les amoebophryidae (Syndiniales) parasitoïdes de dinoflagellés :cycle de vie, dynamique et spécificité in situ. Thèse de doctorat. Spécialité :Océanologie biologique et environnement marin. Université Pierre et Marie Curie .p 172.

**Champiat D et Larpent J.P . 1994.** Biologie des eaux: Méthodes & Techniques . [éd] Elsevier Masson .p. 374.

**Chaocachi B., Ben Hassine O.K. et Lemoalle J. 2002.** Impact du vent sur la transparence des eaux de la lagune de l'ICHKEUL .Bull. Inst. Natu. Scien. Tech. Mer de Salammbö .Vol. 29, pp 87-93.

**Chisholm S. W. 1992.** "Phytoplankton Size Primary Productivity and Biogeochemical Cycles" in the Sea. Springer US, pp. 213-237.

**Crossetti L , Bicudo D , Bicudo C et Bini L . 2008.** Phytoplankton biodiversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypertrophicatio process. Brazilian Journal of Biology .Vol 68, p. 1061-1067.

## D

**Dauta A et Feuillade J .1995 .** Croissance et dynamique des populations algales. In : Pourriot R et Meybeck M , Limnologie générale , Elsevier Mason SAS , Paris ,P 328-350 .ISBN 2-225-84687-1.

**Deltreil J.P, Feuillet M, Gras P, Marin J. et Marteil L. 1974.** Le milieu physicochimique. Revue des travaux de l'institut des pêches martines. Vol 38,3, p. 227-282.

**Dhib A. 2015.** Contribution à l'étude des successions écologiques du phytoplancton dans la lagune de Ghar El Melh . Thèse de doctorat. Spécialité : Biodiversité et Ecologie. Université de Franche-Comté. p 232.

**Djamai W. 2019.** Valorisation des microalgues par extraction et séparation des molécules bioactives. *Thèse de doctorat.* Spécialité : Chimie Physique et Analytique. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen .p 94.

**Dormal E. 2019.** Impact de l'aquaculture sur le phytoplancton des eaux côtières méditerranéennes. Spécialité : Océanologie. Université de Liège .p. 50.

## E

**El hifnawy C. 2016.** Identifier des microalgues pour le traitement des eaux usées et la production de biocarburant. Spécialité : Energies renouvelables. Université libanaise. p 57.

**Ergasheva E et Tajievs H . 1986.** Seasonal variation of phytoplankton in series of waste treatment lagoons (Chmkent, Central Asia) ; artificial inoculation and role of algae in sewage purification. Hydrobiology. Vol. 17, 4, pp. 545-555.

## F

**Falkowski P.G, Barber R.T, Smetacek V. 1998.** Biogeochemical Controls and Feedbacks on Ocean Primary Production .Science .vol. 281, pp.200–206.

**Falkowski G.P , Katz E .M , Knoll H.A , Quigg A , Raven A.J , Schofield O et Taylor R.J.F .2004 .** "The Evolution of Modern Eukaryotic Phytoplankton." *Science*.Vol 305, pp. 354-360.

**Faller H. 2011.** Les applications et la toxicité des algues marines. *Thèse de doctorat* .Spécialité : Pharmacie .Université de Limoges .p 131.

**Feki-sahnoun W, 2013.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations phytoplanctoniques observées dans le réseau national de surveillance du phytoplancton dans le golfe de Gabés. Thèse doctorat, Discipline : Sciences Biologiques. université de Sfax .p 115.

**Figuroa R.I, Garcés E et Camp J.2010** .Reproductive plasticity and local adaptation in the host parasite system formed by the toxic *Alexandrium minutum* and the dinoflagellate parasite *Parvilucifera sinerae*. *Harmful Algae* .vol 10 ,1, pp.56-63.

**Four B. 2017.** Effet des étangs de barrage à vocation piscicole sur le fonctionnement écologique des cours d'eau de tête de bassin dans des contextes environnementaux différents. Thèse doctorat. Discipline : Ecotoxicologie, Biodiversité, Ecosystèmes. Université de Lorraine. p 207.

## G

**Gailhard I. 2003.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le « Réseau de surveillance du Phytoplancton et des phycotoxines » (REPHY). Thèse de Doctorat. Spécialité : Sciences de l'Environnement Marin .Université de la Méditerranée (Aix– Marseille II) .p 284.

**Gana N.2014.** Détermination de certains paramètres biochimiques urinaires chez le ratwistar recevant un régime cafeteria supplémenté en algues vertes. Mémoire master. Spécialité :physiopathologie cellulaire. Université Abou Bakr Belkadi.Tlemcen .p 41.

**Garon-Lardiere S. 2004.** Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). *Thèse de doctorat* .Spécialité :chimie .Université de Bretagne Occidentale .p 226.

**Gaujous D. 1995.** La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. [éd] Lavoisier : Tec et Doc. Paris .p . 220.

**Groga N . 2012 .** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). *Ecologie Fonctionnelle*. Université de Toulouse. p224.

## H

**Haberkorn H .2009.** Impact du dinoflagellé toxique, *Alexandrium minutum*, sur l'huître creuse, *Crassostrea gigas* : approche intégrative. Thèse de Doctorat. Spécialité : *Océanologie biologique* .Université de Bretagne occidentale.p.187.

**Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D . 2004.** Manual on harmful marine microalgae, [éd] UNESCO , *France .p . 793.*

**Hamici B et Merabet M. 2019.** approche qualitative et quantitative du phytoplancton du lac Bleu(PNEK) pendant la saison printanière . Option: Microbiologie appliquée . Université 8 Mai 1945 Guelma . p 98.

**Hansen G , Turquet J , Quod J.P, Ten-Hage L, Lugomela C , Kyewalyanga M , Hurbungs M , Wawiye P , Ogongo B , Tunje S , Rakotoarinjanahary H .2001 .**Potentially Harmful Microalgae of the Western Indian Ocean-a guide based on a preliminary survey . [éd] UNESCO . Paris . p. 108 .

**Herga H , Bouchahdane S , Maarmria M . 2015.** Contribution a l'étude de la qualité bactériologique et phytoplanctonique de l'eau de la Garaet Hadj Taher ( Skikda). Spécialité: Hydro-écologie . université 8 mai 1945 Guelma.p 56.

**Hermann D. 2011.** Caractérisation d'éléments transposables de type marinier chez les microalgues marines. Thèse de doctorat .Spécialité : Biologie des Organismes. Université du Maine .p 264.

**Herrera-Silveira J.A et Comin F. A . 1995.** Nutrient fluxes in a tropical coastal lagoon. *Ophelia*. Vol.42,pp.127-146.

**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. Spécialité : Sciences agricoles. Université de Toulon. p 308.

**Hollar S . 2011 .**A Closer Look at Bacteria, Algae, and Protozoa (Introduction to Biology).[éd] Britannica Educational Publishing et Rosen Education Service. p. 88.

**Houdan A. 2003.** Cycle biologique et stratégies de développement chez les coccolithophores (Prymnesio- phyceae, Haptophyta). Implications écologiques. *Thèse de doctorat* .Spécialité : Biologie des organismes. Université de Caen . p 246.

**Hudnell H.K., 2008.** Cyan bacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs. *Advances in Experimental Medicine and Biology* . [éd] Springer-Verlag . Berlin . Germany . p 950.



**Humenik J et Hanna G.P . 1971.** Algal-bacterial symbiosis for removal and Conservation of wastewater nutrients . J.W.P.C.F. vol. 43, 4, pp .580-594.

**Hutchinson G.E . 1957.** A treatise on Limnology. Vol 1. Geography, Phsico and Chemistry. [éd] John Wilcy and Sono. . New York . p . 1115.

## **J**

**Jeffrey S.W , Mantoura R.F.C et Wright S.W. 1997.** Phytoplankton Pigments in Oceanography: Guidelines to Modern Methods. *Monographs on Oceanographic Methodology*. p. 661.

**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. [éd] Cambridge University Press .p 710.

## **K**

**Kafi S . 2017.** Etude de la diversité et la structure du peuplement de phytoplanctons au niveau du barrage de Tilesdit (wilaya de Bouira). Spécialité : Eau, santé et environnement. Université Akli Mohand Oulhadj Bouira .p 30

**Kellali Y. 2011.** Elimination des micro-algues des eaux du Barrage Ghrib (Ain Defla) par coagulation améliorée, et étude physicochimique et algologique des Barrages Boukerdène (Tipaza) et Lakhel (Bouira) . Spécialité : Génie de l'environnement. Université Saad Dahlab-Blida .p 82.

**Kim J.I , Moore C.E , Archibald J.M , Bhattacharya D , Yi G , Yoon, H.S et Shin W . 2017** . Evolutionary Dynamics of Cryptophyte Plastid Genomes . *Genome Biol* . Vol. 9, 7, pp. 1859–1872.

## **L**

**Lassudrie M , 2014** .Effets combinés des dinoflagellés toxiques du genre *Alexandrium* et d'agents pathogènes sur la physiologie des bivalves . *Thèse de doctorat* . Spécialité Biologie marine .Université de Bretagne occidentale . p 191.

**Lavorel S , McIntyre S , Landsberg J et Forbes T.D.A .1997** . "Plant Functional Classifications: From General Groups to Specific Groups Based on Response to Disturbance». *Ecology & Evolution* .Vol. 12, 12, pp. 474-478.

**Le B.Q, Ritter L, Fasquel D, Lesueur Marie, Lucas S, Gouin S. 2014.** Etude de la consommation des algues alimentaires en France. [éd] IDEALG .p. 72.

**Leliaert F , Smith D.R , Moreau H , Herron M.D , Verbruggen H , Delwiche C.F et Clerck O.D . 2012 .** Phylogeny and Molecular Evolution of the Green Algae .Taylor & Francis .Vol 31, pp.1-46.

**Littler M.M, Littler D.S , Blair S.M et Norris J.N . 1985.** Deepest known plant life discovered on an uncharted seamount. Science. vol. 227, pp. 57-59.

## **M**

**Mollo P et Nourry A. 2013.** Le manuel du plancton. [éd] Charles Léopold Mayer. p.197.

**Msagati, T.A.M. Siame B.M et Shushu, D.D. 2006.** Evaluation of methods for the isolation, detection and quantification of cyanobacterial hepatotoxins. Aquat Toxicol.vol.78, pp.382-397.

## **O**

**Ouattara A , Podoor N et Gourène G . 2001.** Études préliminaires de la distribution spatio-temporelle du phytoplancton dans un système fluvio-lacustre africain (Bassin Bia ; Côte d'Ivoire) . Hydroécologie Appliquée. Vol. 1, pp.113- 132.

## **P**

**Pearson H.W , Mara D. D , MILLS S. W et Smallman D.L . 1987 .** Factors determining algal population in waste stabilization ponds and the influence of algae on pond performance. Wat. Sci. Tech. vol .19,12 , pp. 131-140.

**Person J. 2010.** LIVRE TURQUOISE Algues, filières du futur. s.l.: Adebitech, Romainville, 2010. p. 182.

**Pinay G , Gascuel C , Ménesguen A , Souchon Y , Moal M.L , Levain A , Étrillard C , Moatar F , Pannard A et Souchu P . 2018.** L'eutrophisation. Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité . [éd] Quæ . France .p .176 .

**Poupin J, Cussatlegras A.S et Geistdoerfer P. 1999.** Plancton Marin Bioluminescent: inventaire documenté des espèces et bilan des formes les plus communes de la mer d'Iroise.[éd] Laboratoire d'Océanographie de l'École Navale LOEN .France .p.64.

**Price D.C, Steiner J.M, Yoon H.S et Bhattacharya D. 2017 .** Glaucophyta . In : Archibald J.M , Simpson A.G.B et Slamovits C.H , Handbook of the Protists , Springer , pp. 1-65.

**Ptacnik R , Solimini A.G , Andersen T , Tamminen T , Brettum P , Lepisto L, Willen E et Rekolainen S . 2008.** Diversity Predicts Stability and Resource Use Efficiency in Natural Phytoplankton Communities. The National Academy of Sciences of the USA, Vol.105, 13, pp.5134-5138.

## R

**Raven P.H., Evert R.F et Eichhorn S.E . 2003.** Biologie végétale. [éd] De Boeck Supérieur, 1re édition. p. 968.

**Richardson K . 1997.** Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. *Advances in Marine Biology* .Vol . 31, pp. 301-385.

**Roger P.A. 1996.** Biology and Management of the Flood water Ecosystem in Rice Fields . [éd] William H. Smith. p. 132.

**Roland J.C ,Bouteau H.E.M et Bouteau F. 2008 .** Atlas Biologie végétale 1 Organisation des plantes sans fleurs. algues et champignons.[éd] Dunod .Paris.p.142.

**Rolland A. 2009.** dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir marine ( bassin versant de la seine ) . *Thèse de doctorat* .Spécialité : biologie des populations et des écosystèmes . université de Savoie . p 241.

**Roy A S et Pal R. 2016.** Fresh Water Euglenophytes from East Kolkata Wetlands - A Ramsar Site. *phytomorphology* .vol.66,pp. 113-121.

## S

**Sharma N.K et Rai A.K. 2011.** Biodiversity and biogeography of microalgae: Progress and pitfalls. *Environmental Reviews*. Vol. 19, 1,pp. 1-15.

**Sheath R.G . 1984.** The biology of freshwater red algae. *Prog. Phycol. Res* . vol. 3, pp .89-157.

**Sheath R.G et Wehr J.D. 2015.** Introduction to the Freshwater Algae. In: Wehr J.D , Sheath R.G et Kociolek J.P , *Freshwater Algae of North America* , Academic Press, San Diego , pp. 1-11. ISBN: 978-0-12-385876-4 .

**Sialve B et Steyer J.P . 2013 .** Les microalgues, promesses et défis . *Innovations Agronomiques* . Vol. 26, pp.25-39.

**Sournia A., 1986.** Atlas du phytoplancton marin. Vol. I : Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées . [éd] C.N.R.S, Paris. p .220.

**Stickney H.L., Hood R.R et Stoecker D.K. 2000.** The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecological Modelling*. Vol. 125, pp. 203-230.

## V

**Vannote R , Minshall W , Cummins K., Sedell J et Cushing C. 1980.** The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aqua. Sci.* Vol. 37, pp. 130-137.

**Villareal T.A et Carpenter E.J. 2003.** Buoyancy regulation and the potential for vertical migration in the oceanic cyanobacterium *Trichodesmium* .*Microb Ecol.*vol 45, pp.1-10.

**Villeneuve V, Legare S, Painchaud J et Vincent W. 2006.** Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. *Revue des Sciences de l'eau.* Vol. 3, 2, pp.259-274.

## W

**Wolf-Gladrow D.A. 1999.** Direct effects of CO<sub>2</sub> concentration on growth and isotopic composition of marine plankton. *Tellus.* Vol. 51, pp. 461-476.

## Z

**Zehr J. P , Waterbury J.B , Turner P.J , Montoya J. M , Omoregie E , Steward G.F , Hansen A et Karl D.M . 2001.** Unicellular Cyanobacteria Fix N<sub>2</sub> in the Subtropical North Pacific Ocean. *Nature.* Vol.412, pp.635-638

**Zurzolo C et Bowler C. 2001.** Exploring bioinorganic pattern formation in diatoms. story of polarized trafficking. *Plant Physiol.* .vol.127, pp.1339-1345.

## Résumé :

Cette étude a pour objectif d'expliquer la dynamique et la structure du phytoplancton des milieux lentiques et lotiques. Après une revue de la littérature spécialisée, nous déduisons que le phytoplancton présente une diversité aussi bien spécifique que fonctionnelle liée aux caractéristiques physiologiques, métaboliques et écologiques. En effet, la quantité de biomasse produite par le phytoplancton peut être valorisée à plusieurs fins comme source alimentaire, énergétique ; voire comme bioindicateurs de la qualité des milieux aquatiques; le phytoplancton est qualifié par certains auteurs comme poumon de la planète.

**Mots clés :** Phytoplancton, Structure, Dynamique, lentique , lotique, facteur écologique.

## Abstract:

The aims of this study are to explain the dynamics and structure of phytoplankton in lentic and lotic environments. After a review of the specialized literature, we deduce that phytoplankton exhibits both specific and functional diversity linked to physiological, metabolic and ecological characteristics. The quantity of biomass produced by phytoplankton can be valued for several purposes as a food and energy source; or even as bioindicators of the quality of aquatic environments; phytoplankton is qualified by some authors as the lung of the planet.

**Key words:** Phytoplankton, Structure, Dynamics, lentic, lotic, ecological factor.

## مخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى شرح ديناميكيات وبنية العوالق النباتية في البيئات المياه الراقدة و الجارية. بعد الاطلاع على مختلف المراجع المتخصصة ، نستنتج أن العوالق النباتية تعرض تنوعاً نوعي تنوع وظيفي مرتبطاً بالخصائص الفسيولوجية والتمثيل الغذائي والبيئية. يمكن استغلال كمية الكتلة الحيوية التي تنتجها العوالق النباتية لعدة أغراض كمصدر للغذاء والطاقة ؛ أو حتى كمؤشرات حيوية لنوعية البيئات المائية ؛ و لقد تم تصنيف العوالق النباتية من قبل بعض المؤلفين على أنها رئة الكوكب.

**الكلمات المفتاحية:** عوالق نباتية، التنوع ، الديناميكية، عوامل بيئية.