



FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Diversité Microbienne

Option: Microbiologie Moléculaire

### Thème

# Dynamique mensuelle du phytoplancton dans le lac Oubeira et le lac Noir « Parc National EL-Kala »

Présenté Par M<sup>elle</sup> : AMRI Sandra

Devant le jury :

Présidente :	OUARTSI	Akila	M.C	Université d'Annaba
Directeur de mémoire :	BRANES	Zidane	M.C	Université d'Annaba
Examineurs:	KIRANE	Djamila	Prof.	Université d'Annaba
	FREHI	Hocine	M.C	Université d'Annaba

# Remerciements

Je remercie Mme : OUARTSI Akila (maître de conférences à l'université d'Annaba), pour le grand honneur qu'elle me fait en acceptant de présider le jury.

Je suis très reconnaissante à Mr : BRANES Zidane (maître de conférences à l'université d'Annaba), le directeur de ce mémoire qui m'a guidé tout au long de ce travail, ainsi que sa disponibilité pour la réalisation des prélèvements pendant toute la période d'étude.

Je remercie chaleureusement Mme : KIRANE Djamila (professeur à l'université d'Annaba), non seulement pour avoir accepté d'examiner ce travail, mais aussi et surtout de m'avoir accueilli dans son laboratoire.

Je tiens à remercier vivement Mr : FREHI Hocine (maître de conférences à l'université d'Annaba), qui a bien accepté d'examiner ce travail.

Je remercie chaleureusement Mr : ROUABHIA Kamel, pour son aide lors des prélèvements.

# Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents, qui n'ont jamais cessé de m'encourager pour mes études.



# Liste des symboles

° C	:	degré Celsius
cm	:	Centimètre
DO	:	densité optique
g	:	Gramme
ind. L <sup>-1</sup>	:	individu par litre
km	:	Kilomètre
L	:	Litre
m	:	Mètre
mg	:	Milligramme
min	:	Minute
ml	:	Millilitre
mm	:	millimètre
mS	:	milli siemens
N	:	Normal
nm	:	Nanomètre
T	:	Température
tr	:	Tour
µl	:	Microlitre



# Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>
<b>1</b>	Effets nuisibles causés par le phytoplancton (Zingone et Enevoldsen., 2000).

## Listes des figures

Figure	Titre de la figure
<b>1</b>	Schématisation des réseaux trophiques en milieu aquatiques.
<b>2</b>	Variation de la production du phytoplancton en fonction de l'intensité lumineuse.
<b>3</b>	Variation du nombre de cellules phytoplanctoniques / mm <sup>3</sup> en fonction de la quantité de phosphates.
<b>4</b>	Variation du nombre de cellules phytoplanctoniques / mm <sup>3</sup> en fonction de la quantité de nitrates.
<b>5</b>	Evolution inverse de la vitesse moyenne du vent et de la transparence dans la lagune de l'Ichkeul (Tunisie) du 14 au 31/03/1992.
<b>6</b>	Variation de la biomasse phytoplanctoniques et de l'abondance du zooplancton, dans la côte Sagres (Portugal).
<b>7</b>	Localisation des stations de prélèvement dans le lac Oubeira.
<b>8</b>	Localisation de la station de prélèvement dans le lac Noir.
<b>9</b>	Variations mensuelles de la température dans le lac Oubeira (Janvier à juin 2007).
<b>10</b>	Variations mensuelles du pH dans le lac Oubeira (Janvier à juin 2007).
<b>11</b>	Variations mensuelles de la conductivité dans le lac Oubeira (Janvier à juin 2007).
<b>12</b>	Variations mensuelles des teneurs en ortho-phosphates dans le lac Oubeira (Janvier à juin 2007).
<b>13</b>	Variations mensuelles des matières en suspension dans le lac Oubeira (Janvier à juin 2007).
<b>14</b>	Variations mensuelles de la chlorophylle <i>a</i> dans le lac Oubeira (Janvier à juin 2007).
<b>15</b>	Distribution spatio-temporelle du phytoplancton total dans le lac Oubeira (Janvier à juin 2007).
<b>16</b>	Distributions temporelles des classes phytoplanctoniques (ind.L <sup>-1</sup> ) dans les trois stations d'étude du lac Oubeira (Janvier à juin 2007).
<b>17</b>	Répartition spatiale du phytoplancton total (%) dans les trois stations d'études du lac Oubeira (janvier à juin 2007).
<b>18</b>	Répartition spatiale des classes phytoplancton (%) dans les trois stations d'étude du lac Oubeira.
<b>19</b>	Variation mensuelle de la température dans le lac Noir (janvier à juin 2007).
<b>20</b>	Variation mensuelle du pH dans le lac Noir (janvier à juin 2007).
<b>21</b>	Variation mensuelle de la conductivité dans le lac Noir (janvier à juin 2007).
<b>22</b>	Variation mensuelle des ortho-phosphates dans le lac Noir (janvier à

	juin 2007).
<b>23</b>	Variation mensuelle des matières en suspension dans le lac Noir (janvier à juin 2007).
<b>24</b>	Variation mensuelle de la chlorophylle <i>a</i> dans le lac Noir (janvier à juin 2007).
<b>25</b>	Distribution temporelle du phytoplancton total dans le lac Noir (janvier à juin 2007).
<b>26</b>	Distribution temporelle des classes phytoplanctoniques (Ind.L <sup>-1</sup> ) dans le lac Noir (janvier à juin 2007).
<b>27</b>	Répartition spatiale des classes phytoplanctoniques (%) dans le lac Noir.

# Sommaire



# Table des Matières

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Liste des symboles

Liste des tableaux

Liste des figures

## Sommaire

Introduction générale

### Chapitre I : Synthèse bibliographiques

1. Généralités sur le phytoplancton
2. Systématique du phytoplancton
  - 2.1. Clés d'identification du phytoplancton
    - 2.1.1. Cas des algues vraies
    - 2.1.2. Cas des Cyanobactéries
  - 2.2. Composante du phytoplancton
    - 2.2.1. Cyanobactéries
    - 2.2.2. Chlorophytes
    - 2.2.3. Euglénophytes
    - 2.2.4. Chrysophytes
      - 2.2.4.1. Chrysophycées
      - 2.2.4.2. Xanthophycées
      - 2.2.4.3. Diatomophycées
      - 2.2.4.4. Raphidophycées
    - 2.2.5. Pyrrophytes
      - 2.2.5.1. Cryptophycées
      - 2.2.5.2. Dinophycées
3. Rôle du phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques
  - 3.1. Photosynthétique.
  - 3.2. Chaîne alimentaire
  - 3.3. Autres rôles
4. Ecophysiologie du phytoplancton.
5. Facteurs influençant le développement du phytoplancton.
  - 5.1. Facteurs climatiques.
    - 5.1.1. Vent.
    - 5.1.2. Lumière.
  - 5.2. Facteurs physico-chimiques.
    - 5.2.1. pH et CO<sub>2</sub>.
    - 5.2.2. Température
    - 5.2.3. Macroéléments
    - 5.2.4. Oligoéléments
    - 5.2.5. Oxygène dissous

- 5.2.6. Transparence et turbidité
- 5.3. Facteurs biologiques
  - 5.3.1. Contrôle de la position dans la colonne d'eau
  - 5.3.2. Broutage par le zooplancton
- 6. Effets nuisibles du phytoplancton
  - 6.1. Risque sur la santé humaine
    - 6.1.1. Intoxications amnésiantes par les fruits de mers (ASP)
    - 6.1.2. Intoxications paralysantes par les fruits de mer (PSP)
    - 6.1.3. Intoxications neurologiques par les fruits de mer (NSP).
    - 6.1.4. Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer (DSP).
    - 6.1.5. Intoxications de type ciguatériques (CFP)
    - 6.1.6. Intoxications par les azaspiracides (AZP).
    - 6.1.7. Toxines Cyanobactériennes.
      - 6.1.7.1. Hépto-toxines.
      - 6.1.7.2. Cyto-toxines
      - 6.1.7.3. Neuro-toxines
      - 6.1.7.4. Dermato-toxines
      - 6.1.7.5. Endotoxines lipopolysaccharidiques.
  - 6.2. Risque sur les organismes marins
  - 6.3 Risque sur le fonctionnement de l'écosystème

## **Chapitre II: Matériels & Méthodes**

- 1. Présentation des milieux d'études
  - 1.1. Lac Oubeira
    - 1.1.1. Coordonnées géographiques
    - 1.1.2. Description
    - 1.1.3. Caractères écologiques.
    - 1.1.4. Intérêts du lac
  - 1.2. Lac Noir
    - 1.2.1. Coordonnées géographiques
    - 1.2.2. Description
    - 1.2.3. Caractères écologiques
    - 1.2.4. Intérêt du lac
- 2. Choix des stations de prélèvement
  - 2.1. Lac Oubeira
  - 2.2. Lac Noir
- 3. Prélèvement.
- 4. Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau.
  - 4.1. Mesure des paramètres physiques
    - 4.1.1. Température.
    - 4.1.2. pH.
    - 4.1.3. Conductivité électrique
  - 4.2. Dosage des paramètres chimiques.
    - 4.2.1. Dosage des ortho-phosphates.
    - 4.2.2. Détermination des matières en suspension.
    - 4.2.3. Dosage de la chlorophylle *a*
- 5. Dénombrement et identification du phytoplancton

- 5.1. Dénombrement du phytoplancton
- 5.2. Identification du phytoplancton.

## **Chapitre III: Résultats & Discussion**

### 1. Lac Oubeira

#### 1.1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

- 1.1.1. Température
- 1.1.2. pH
- 1.1.3. Conductivité électrique
- 1.1.4. Ortho-phosphates
- 1.1.5. Matières en suspension
- 1.1.6. Chlorophylle *a*

#### 1.2. Distribution spatio-temporelle du phytoplancton total

#### 1.3. Distribution temporelle des classes phytoplanctoniques

#### 1.4. Répartition spatiale du phytoplancton total

#### 1.5. Répartition spatiale des classes phytoplanctoniques

#### 1.6. Identification du phytoplancton

### 2. Lac Noir

#### 2.1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

- 2.1.1. Température
- 2.1.2. pH
- 2.1.3. Conductivité électrique
- 2.1.4. Ortho-phosphates
- 2.1.5. Matières en suspension.
- 2.1.6. Chlorophylle *a*

#### 2.2. Distribution temporelle du phytoplancton total

#### 2.3. Distribution temporelle des classes phytoplanctoniques

#### 2.4. Répartition spatiale des classes phytoplanctonique

#### 2.5. Identification du phytoplancton

## **Conclusion & Perspectives**

### **Résumés**

Français

Arabe

Anglais

### **Références Bibliographiques**

### **Annexe**

## Introduction

Au sein du système solaire, la terre est la seule planète qui dispose d'une réserve importante d'eau liquide, essentielle à la vie. C'est pourquoi l'Homme, puisqu'il prétend être la seule espèce à la fois intelligente et consciente, aurait dû inscrire au premier rang des priorités, la protection du système hydrologique : lacs, fleuves, mers et rivières, tous indispensables à sa survie (Abrams, 1980). L'importance de la ressource d'eau a émergée devant le constat que de nombreux pays souffrent actuellement de pénuries d'eau. Hélas l'Algérie n'est pas à l'abri de cette pénurie d'eau, car les ressources en eaux dépendent majoritairement des précipitations (Tabet Helal et Ghellal, 2004).

Le lac Oubeira et le lac Noir représentent une des richesses naturelles du parc national d'El- Kala « P.N.E.K » aux potentialités économiques incontestables. Cependant, l'accroissement rapide des activités humaines, ainsi que les apports hydriques par les oueds, auxquelles s'ajoutent les conditions climatiques, favorisent l'apparition du phénomène d'eutrophisation à phytoplancton (Wetzel et Likens, 2000), qui est considéré comme une conséquence de l'enrichissement excessif des eaux en sels nutritifs et en matières organiques « issus des rejets urbains et agricoles » (Barth et Fegah, 1990). De plus, il représente une menace, car il constitue le premier stade vers un état pathologique des milieux aquatiques (Aubert et Aubert, 1986), qui incluent : une turbidité élevée, une réduction de l'aspect esthétique « visuel et odeur », une diminution de la potabilité de l'eau, ainsi que la transition dans la composition spécifique du phytoplancton vers la dominance des Cyanobactéries (Dokulil et Teubner, 2000). Ceux-ci impliquent une perturbation puis un dysfonctionnement de l'écosystème (Falconer, 1999), ainsi que des pertes économiques et des risques sur la santé humaine et animal (Lacaze, 1996).

De nombreux travaux ont été réalisés sur la dynamique mensuelle des Cyanobactéries ou du phytoplancton dans le lac Oubeira, tels que : Souissi *et al.*, (2004), Bensafia (2005), Branes (2007), et Boussadia (2008). Cependant aucun travail sur le phytoplancton n'a été réalisé au niveau du lac Noir.

Les objectifs de cette étude sont :

- ✿ Déterminer les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau, ainsi que le niveau d'enrichissement à travers l'estimation du degré d'eutrophisation.
- ✿ Suivre la dynamique mensuelle du phytoplancton dans le lac Oubeira et le lac Noir.
- ✿ Répartition spatiale du phytoplancton, ainsi que l'inventaire des genres identifiés dans les deux lacs.

# Chapitre I

## Synthèse bibliographique



## 1. Généralités sur le phytoplancton

Le phytoplancton du grec *phyton* : plante et *planktos* : errant, rassemble les organismes aquatiques flottant librement (Prescott *et al.*, 1995). Il est constitué d'un ensemble hétérogène de micro-algues unicellulaires pouvant être solitaires ou groupées en colonies (Stickney *et al.*, 2000), leur forme est extrêmement variée (Zeitzschel, 1978). La taille des cellules phytoplanctoniques varie de quelques microns jusqu'à quelques centaines de microns. Caractérisé par la présence de pigments chlorophylliens majoritairement la chlorophylle *a*, leur métabolisme est dominé par le mode de vie autotrophe basé sur la photosynthèse, qui est la source principale voir unique de leur énergie (Dauta et Feuillade, 1995). Certaines espèces « principalement les Dinoflagellés » peuvent temporairement être hétérotrophes, donc ils sont qualifiés de « mixotrophes » (Stickney *et al.*, 2000). Ces organismes phytoplanctoniques sont à la base de la chaîne trophique pélagique.

## 2. Systématique du phytoplancton

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

### 2.1. Clés d'identification du phytoplancton

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

#### 2.1.1. Cas des algues vraies

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.

## 2.1.2. Cas des Cyanobactéries

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

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

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

### ✨ Sous classe des *Coccogonophycidées*

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

### ✨ Sous classe des *Hormogonophycidées*

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

## 2.2. Composante du phytoplancton

Le phytoplancton est un groupe hétérogène d'organismes, divisés en:

### 2.2.1. Cyanobactéries

Dénommées également Algues bleues (Ozenda, 2000), les Cyanobactéries ne possèdent pas de noyau à membrane définie, ce sont des bactéries à Gram négatif « procaryotes » (Hoek *et al*, 1995). Les pigments présents dans la cellule sont nombreux : chlorophylle *a* et *c*, phycocyanine, phycoérythrine, et les pigments

d'accompagnements -carotène et des xanthophylles. Certaines espèces ne possèdent que de la chlorophylle. Ces pigments ne sont pas portés par des plastes mais sont diffusés dans le cytoplasme et donnent aux cellules une coloration homogène généralement bleu-vert (Bourrelly, 1966). Les Cyanobactéries sont dépourvues de flagelles et leur appareil végétatif peut être unicellulaire, colonial ou filamenteux. Les réserves sont constituées par du glycogène, de la cyanophycine et des gouttelettes lipidiques. La multiplication s'effectue principalement par division cellulaire et par fragmentation chez les formes filamenteuses (De Reviers, 2003).

### **2.2.2. Chlorophytes**

Les *Chlorophytes* ou algues vraies, constituent un groupe relativement homogène, malgré la diversité morphologique (Pierre, 2001). Ces algues sont unicellulaires, à thalle massif pluricellulaires ou coenocytiques. Elles possèdent des plastes d'un vert franc, contenant de la chlorophylle *a* et *b* associée à l' et -carotène et des xanthophylles (Gorenflot et Guern, 1989). Les cellules mobiles sont isokontées et les réserves sont constituées d'amidon intraplastidial (Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997).

### **2.2.3. Euglénophytes**

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

### **2.2.4. Chrysophytes**

Les *Chrysophytes* sont des algues vraies, caractérisées par des plastes bruns, jaunes ou vert-jaunâtres. Elles ne possèdent jamais d'amidon (Pierre, 2001), leurs réserves sont constituées de chrysolaminarine ou de laminarine, selon le cas (Ba, 2006). Les cellules mobiles sont hétérokontées (Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997). Les *Chrysophytes* peuvent être divisés en :

#### **2.2.4.1. Chrysophycées**

Les *Chrysophycées* peuvent être unicellulaires ou coloniaux, rarement filamenteux à plastes jaunes ou bruns, renfermant des chlorophylles *a* et *c*, du

-carotène et diverses xanthophylles, Elles forment souvent des logettes ou kystes siliceux plus ou moins sphériques (Bourrelly, 1968 ; Gorenflot et Guern, 1989). Les cellules mobiles sont hétérokontées (Larpen et Larpen-Gourgaud, 1997).

#### **2.2.4.2. Xanthophycées**

Les *Xanthophycées* sont des algues unicellulaires, pluricellulaires ou coenocytiques. Ils possèdent des plastes vert-jaune ou vert à peine jaunâtre où les chlorophylles *a* et *c*, sont associées à plusieurs xanthophylles et du -carotène. Les cellules mobiles sont hétérokontées (Larpen et Larpen-Gourgaud ,1997; Pierre, 2001).

#### **2.2.4.3. Diatomophycées**

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

#### **2.2.4.4. Raphidophycées**

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

#### **2.2.5. Pyrrhophytes**

Les *Pyrrhophytes* sont des algues vraies, le plus souvent unicellulaires (Larpen et Larpen-Gourgaud ,1997), avec des plastes bruns, rarement rouges ou bleu-vert. Contenant des chlorophylles *a* et *c*, du -carotène et parfois des biliprotéines, leurs réserves sont constituées par de l'amidon extraplastidial. Les cellules mobiles possèdent deux flagelles (Gorenflot et Guern, 1989). On distingue deux classes :

##### **2.2.5.1. Cryptophycées**

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

### 2.2.5.2. Dinophycées

Les *Dinophycées* sont majoritairement unicellulaires, cependant ils existent quelques rares formes filamenteuses, pourvues de deux flagelles dirigés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre, l'un longitudinal et l'autre transversal (De Reviere, 2003).

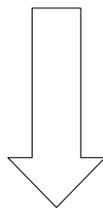
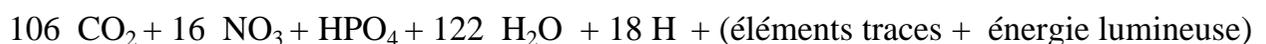
**NB** : Les *Rhodophytes* et les *Phéohycées* « *Chrysophytes* », sont plus évoluées comme l'attestent leurs morphologies et presque toutes marines (Gorenflot et Guern, 1989).

## 3. Rôle du phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques

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

### 3.1. Photosynthétique

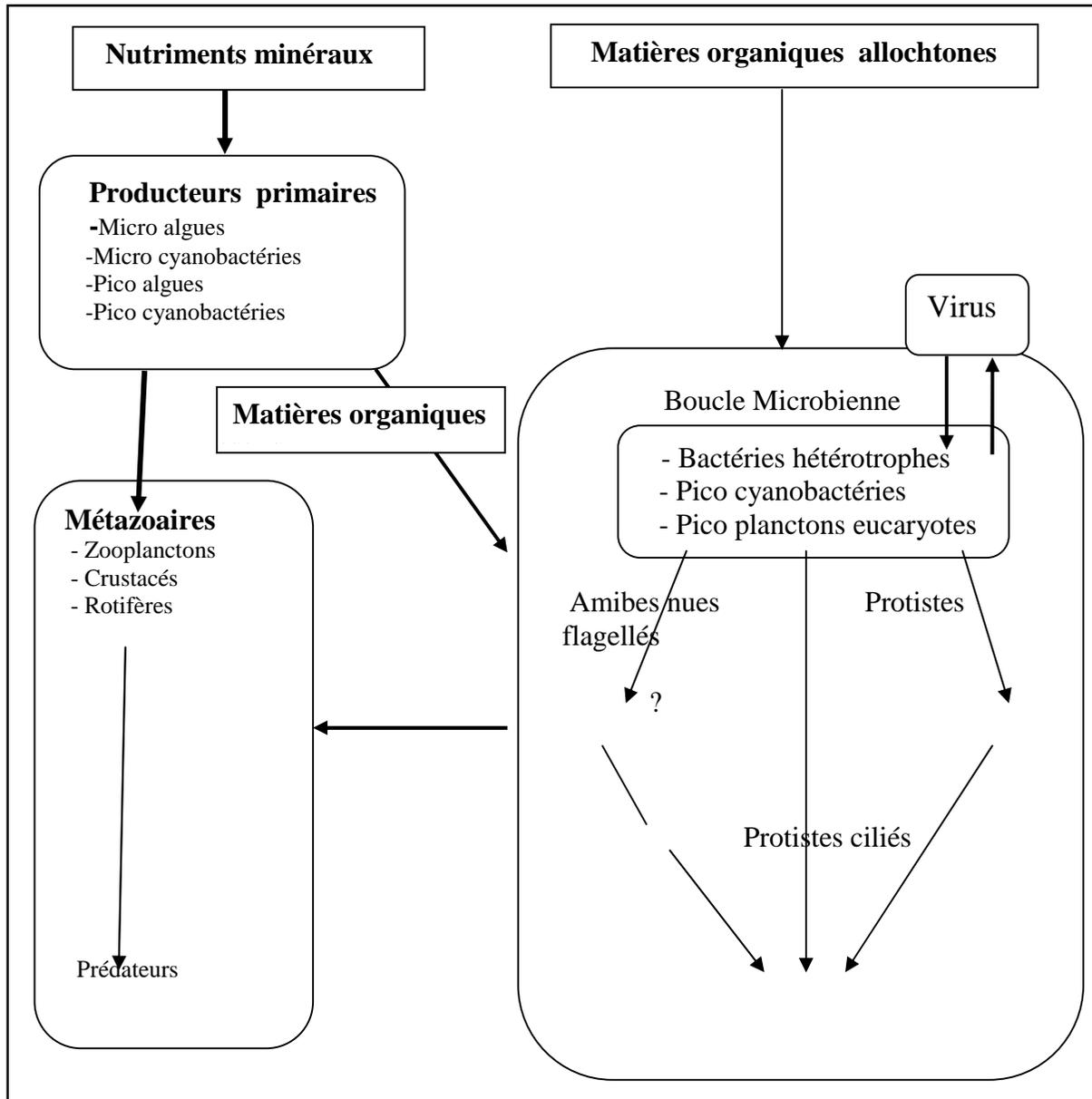
L'importance du phytoplancton dans les milieux aquatiques est due à leur capacité de synthétiser des hydrates de carbone et de l'oxygène, à partir des éléments minéraux dissous dans l'eau et de l'énergie lumineuse, selon l'équation de Redfield (Stumm et Morgan, 1996). Lors de la photosynthèse, le phytoplancton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



### 3.2. 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'huîtres, de crevettes et d'autres produits (Hansen *et al.*, 2001) (figure 1).



**Figure 1:** Schématisation des réseaux trophiques en milieux aquatiques (Amblard *et al.*, 1998).

### 3. 3. Autres rôles

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

✨ Certaines espèces du phytoplancton, peuvent être utilisées comme des indicateurs de pollution, ainsi *Chamaesiphon polonius* et *Calothris sp* sont caractéristiques des eaux non polluées, par contre *Oxillatoria chlorina* et

*Spirulina jenniferi* 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).

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

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

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

✨ *Spirulina sp* 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 B<sub>12</sub> (Rafiquil *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).

#### 4. Ecophysiologie du phytoplancton

Grâce à leurs diversités et à leurs exigences écologiques très variées, le phytoplancton est susceptible de peupler les biotopes les plus divers (eaux marines, douces, thermales et même glaciales). La plupart des Cyanobactéries sont autotrophes et peuplent des milieux très variés « sources thermales, milieux aquatiques, terres humides » (Des Abbayes *et al.*, 1978) et même dans le sable des déserts les plus arides (Bourrelly, 1985). D'autres sont saprophytes, parasites ou symbiotes d'organismes très divers (Ozenda, 2000). Le phytoplancton est ubiquiste et possède une grande adaptabilité à son environnement écologique, de ce fait la relation entre la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes est, une question écologique fondamentale. Pour comprendre la structure et le fonctionnement d'un

écosystème, il est indispensable de connaître les différents éléments qui le composent, exemple : la distribution des organismes dans le temps et dans l'espace (Bengtsson, 1998). La richesse spécifique d'un écosystème résulte, de l'interaction entre les stratégies biodémographiques des populations qui visent à maximiser leur succès reproductif et la sélection qu'opèrent les changements environnementaux qui tendent à favoriser « les génotypes les plus efficaces ». Il s'agit là d'un mécanisme complexe dans la mesure où les organismes vivants sont eux-mêmes partie intégrante de l'environnement et aux modifications auxquelles ils contribuent (Frontier et Etienne, 1990). Les conséquences éco-physiologiques associées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques sont nombreuses, car les différentes espèces ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu. Afin de faire face aux variations environnementales, les espèces phytoplanctoniques ont développé des stratégies adaptatives telles que (Gailhard, 2003) :

- ✱ Différents mécanismes favorisant la mobilité et la migration vers des zones riches en nutriments et en lumière.
- ✱ La compétition interspécifique et les mécanismes de défense contre la prédation, ainsi que le mode de nutrition mixotrophe.

## **5. Facteurs influençant le développement 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).

### **5.1. Facteurs climatiques**

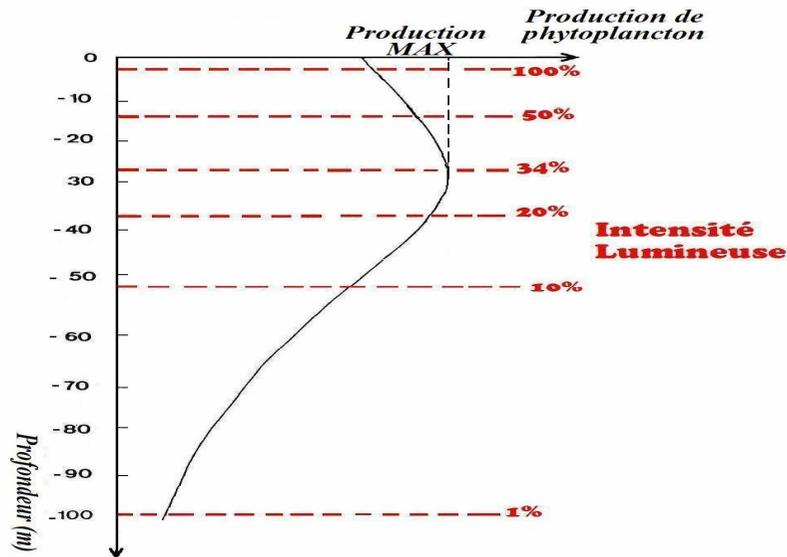
Les facteurs climatiques influencent le fonctionnement d'un écosystème, il s'avère que l'altération des caractères physico-chimiques de l'eau est doublée par une variabilité des conditions météorologiques (Chaocachi *et al.*, 2002).

#### **5.1.1. 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 (Demers *et al.*, 1987; Millet, 1989; Carrick *et al.*, 1993; Herrera-Silveira et Comin, 1995; De Casabianca et Kepel, 1999).

### 5.1.2. Lumière

La lumière est un facteur de très grande importance pour le phytoplancton, du fait qu'elle intervient dans la photosynthèse. Le phytoplancton requiert un éclairage minimal pour accomplir la photosynthèse (**figure 2**), cette dernière est inhibée à des intensités d'éclairages trop élevées (Gayral, 1975).



**Figure 2:** Variation de la production du phytoplancton en fonction de l'intensité lumineuse (Gayral, 1975).

Le phytoplancton a développé des stratégies photo-adaptatives pour faire face aux variations de l'éclairage telles que :

- ☀ Le phytoplancton exposé à des périodes de faible intensité lumineuse augmente la concentration en chlorophylle (Gailhard, 2003).

- ☀ Le phytoplancton exposé à des périodes de faible intensité lumineuse augmente la concentration en chlorophylle (Gailhard, 2003).

- ☀ La plupart des *Dinophycées* peuvent réagir aux variations de l'éclairage grâce à l'augmentation, ou à la réduction de la taille et/ ou du nombre de leur unité photosynthétique, ou par la quantité de peridinine « pigment caractéristique des Dinoflagellé » qui peut être régulée plus rapidement que celle de la chlorophylle (Smayda, 1997a).

☀ Le phytoplancton subit dans la journée des migrations verticales au cours desquelles, il s'enfonce pendant les heures de fort éclaircissement et remonte plus près de la surface au fur et à mesure de la décroissance du jour (Gayral, 1975).

☀ Les Cyanobactéries sont capables de croître à de très faibles intensités lumineuses en raison des faibles exigences énergétiques des cellules (Richardson *et al.*, 1983).

## 5.2. Facteurs physico-chimiques

Parmi les facteurs physico-chimiques les plus importants, on peut citer :

### 5.2.1. pH et CO<sub>2</sub>

En eau douce, les milieux naturels sont généralement tamponnés à un pH de 7 à 8, le pH influe sur la forme chimique du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) qui présente dans l'eau différentes formes en équilibre. A pH neutre, la forme dominante est l'ion bicarbonate (HCO<sup>-3</sup>), le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) ne se rencontre qu'à pH acide, cependant la forme carbonate (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) est pratiquement absente des eaux naturelles (Gaujous, 1995).

Les Cyanobactéries possèdent la particularité de croître dans des milieux à pH élevés ou à des faibles teneurs en carbone inorganique dissous (CO<sub>2</sub>) (Shapiro, 1990). Certaines espèces auraient même un mécanisme leur permettant d'utiliser le HCO<sup>-3</sup> à l'aide d'une enzyme (anhydrase carbonique) capable de le convertir en CO<sub>2</sub> (Talling, 1976), ces conditions sont généralement défavorables pour les autres communautés phytoplanctoniques (Shapiro, 1997).

En plus des *Cyanophycées*, les *Chlorophycées* plus particulièrement ne sont pas limitées dans leur développement par de très faibles teneurs de CO<sub>2</sub> dans les eaux. Les espèces adaptées à de telles conditions disposeraient d'un équipement enzymatique qui agirait comme une pompe au niveau de la membrane externe, extrayant le CO<sub>2</sub> de leur environnement immédiat et le concentrant à l'intérieur de la cellule (Carmouze *et al.*, 1994 b).

### 5.2.2. Température

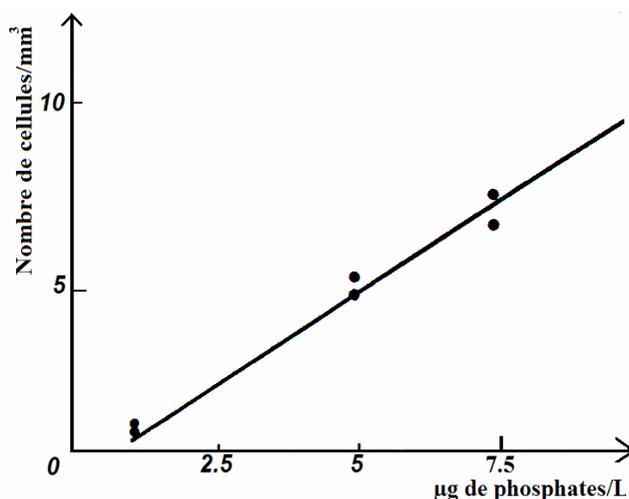
La température joue un rôle primordial, car elle exerce une action directe sur l'évaporation de l'eau et par conséquent sur la salinité (Belkheir et Hadj Ali, 1981). En plus, elle représente un facteur limitant de toute première importance, car

elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des espèces (Ramade, 1984).

### 5.2.3. Macroéléments

L'azote et le phosphore représentent des éléments essentiels à la croissance du phytoplancton, car ils rentrent dans le cycle métabolique (Ba, 2006). Ils sont généralement en carence dans l'eau (Wetzel et likens, 2000), un apport en ces éléments est habituellement associé à la croissance du phytoplancton.

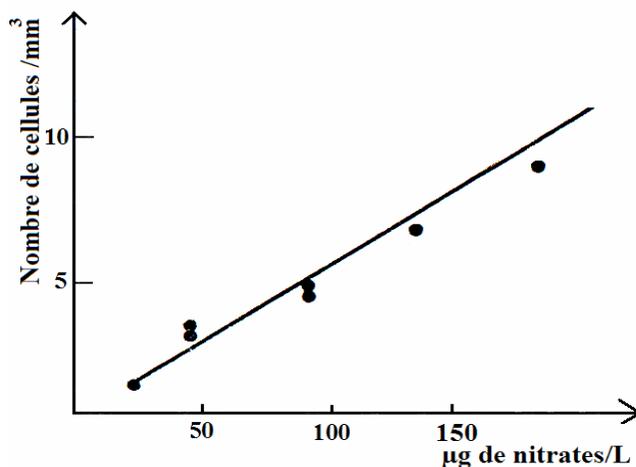
☀ Le phosphore : est un élément constitutif nécessaire à la matière vivante. Il rentre en particulier dans la composition de l'ATP, des acides nucléiques et des lipides phosphorés, donc le phytoplancton devra trouver une source de phosphate dans son milieu (Bougis, 1974). De ce fait, sa croissance est proportionnelle à la quantité de phosphate (**figure 3**). Le phytoplancton utilise le phosphate sous la forme d'ortho-phosphates; quelques-uns peuvent assimiler le phosphore organique (Gayral, 1975). Les Cyanobactéries sont capables de faire des réserves internes de phosphores sous forme de granules de poly-phosphates (Kromkamp, 1987), cela permet de l'accumuler et de l'utiliser, lorsque il est en faible quantité (Ishikawa *et al*, 2002).



**Figure 3:** Variation du nombre de cellules phytoplanctoniques /  $\text{mm}^3$  en fonction de la quantité de phosphates (Bougis, 1974).

☀ L'azote : est un élément qui rentre le cycle métabolique (Ba, 2006). Le phytoplancton devra trouver une source d'azote, sa croissance est proportionnelle à la quantité d'azote dans le milieu (**figure 4**) (Bougis, 1974). Les Cyanobactéries ont une préférence pour l'ammonium, les nitrates sont la forme préférentielle des cellules

eucaryotes du phytoplancton. Quelques Cyanobactéries peuvent fixer de l'azote atmosphérique grâce à des hétérocystes, qui leur confère un avantage lorsque l'azote inorganique devient l'élément limitant de la colonne d'eau. Aucun autre groupe du phytoplancton ne possède la capacité d'utiliser le di-azote (Blomqvist *et al*, 1994). Les nitrites sont toxiques à des concentrations élevées pour le phytoplancton (Sevrin-Reyssac *et al.*, 1995).



**Figure 4** : Variation du nombre de cellules phytoplanctoniques /mm<sup>3</sup> en fonction de la quantité de nitrate (Bougis, 1974).

☀ Le rapport azote / phosphore : le phosphore est l'élément clé qui régule la biomasse algale, de faibles attention sont donnés à l'azote, car il est souvent facilement contrôlé (Pick et Lean, 1987). De ce fait le rapport azote / phosphore (N/P) peut être déterminant pour certains auteurs (Smith, 1983). Les Cyanobactéries ont tendance à dominer dans les eaux lorsque N/P est inférieur à 29, par contre le phytoplancton maintient principalement la production lorsque le rapport est inférieur à 10 (Dillon et Rigler, 1974). Une baisse de ce dernier à 7 serait à l'origine de la dominance de *Chlorophycées* (Shapiro, 1973). Alors que la croissance des *Diatomophycées* est associée à un rapport inférieur à 12 (Sakamoto, 1966).

☀ La silice : les Diatomées, pour élaborer leurs enveloppes siliceuses, doivent trouver dans le milieu une quantité suffisante de silice. Celle-ci représente en effet, de 15 à 20 % de leur poids sec (Bougis, 1974).

#### 5.2.4. Oligoéléments

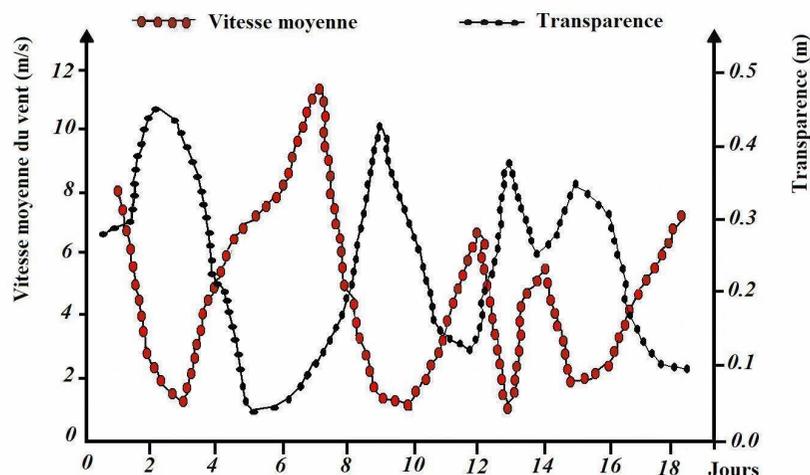
Les oligoéléments tels que le soufre et le chlore, ne sont jamais ou rarement liés à une limitation de la croissance du phytoplancton (Moss, 1980). Cependant le fer et le zinc pourraient être, à l'origine de la synthèse des toxines chez les Cyanobactéries (Lukc et Aegerter, 1993).

#### 5.2.5. Oxygène dissous

L'oxygène dissous ( $O_2$ ) est nécessaire à la respiration des algues et des animaux aquatiques, il existe toujours en quantité voisine de la saturation dans les eaux superficielles (Des Abbayes *et al.*, 1978). Le phytoplancton n'est pas gênée par des très faible concentration en  $O_2$ , car il peut être au contraire un inhibiteur de la photosynthèse, à de très fortes concentrations (Sevrin-Reyssac *et al.*, 1995).

#### 5.2.6. 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 (Lemoalle, 1983 b), la **figure 5** indique que l'évolution des vents est inversement proportionnelle à la transparence des eaux. Par contre 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).



**Figure 5:** Evolutions de la vitesse moyenne du vent et de la transparence de l'eau dans la lagune de l'Ichkeul « Tunisie » du 14 au 32/03/92 (Chaocachi *et al.*, 2002).

### 5.3. Facteurs biologiques

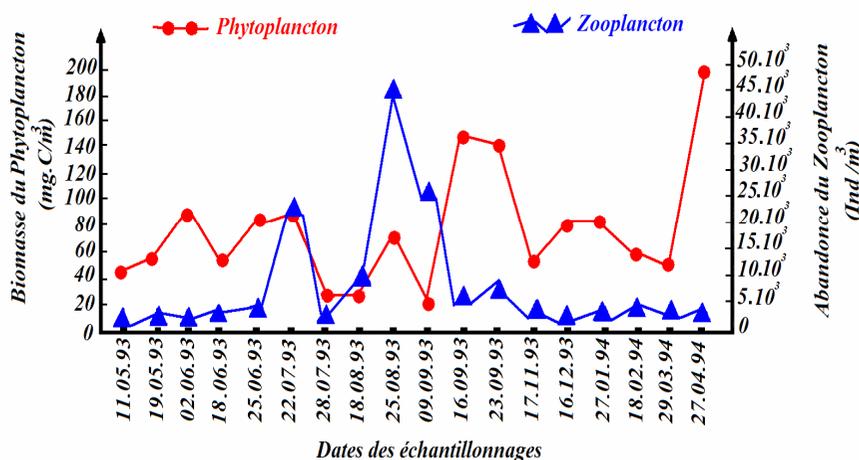
Parmi les facteurs biologiques les plus importants qui contrôlent le développement du phytoplancton, on peut citer :

#### 5.3.1. Contrôle de la position dans la colonne d'eau

La régulation de la position dans la colonne d'eau par l'intermédiaire de vacuoles gazeuses est l'une des caractéristiques des Cyanobactéries (Olivier et Ganf, 2000). Ce mécanisme leur permet d'exploiter les gradients opposés de lumière et de sels nutritifs qui peuvent apparaître (Reynolds, 1992).

#### 5.3.2. Broutage par le zooplancton

Le zooplancton est l'ensemble des organismes animaux incapables de lutter contre les courants d'eau (Henning *et al.*, 1991). Le broutage du phytoplancton par le zooplancton est l'un des facteurs de contrôle descendant (Lampert, 1987) (**figure 6**), car il influe sur la densité phytoplanctonique et la composition du phytoplancton (Henning *et al.*, 1991). Son impact sur le phytoplancton dépend surtout de sa composition spécifique et non de son abondance numérique (Sevrin-Reyssac, 1997).



**Figure 6 :** Variations de l'abondance zooplanctonique et de la biomasse phytoplanctonique dans la côte Sagres « Portugal » (Villa *et al.*, 1977).

Le broutage s'exerce peu sur les Cyanobactéries, car elles ont développé différents moyens de défense pour éviter leur consommation. Elles sont capables de libérer des composés chimiques qui leur procureraient « un mauvais goût » (Haney, 1987), ou bien leur association en colonies ou leur forme filamenteuse ne

permettent pas aux zooplanctons de réaliser leurs mécanismes de filtration ou de broutage (Lampert, 1987; Bouvy *et al.*, 2001). Ces mécanismes, en plus de les protéger, leur assurent un avantage compétitif envers les autres groupes du phytoplancton, car ceux-ci subiraient une plus grande pression de broutage (Bouchard, 2004).

## **6. Effets nuisibles du phytoplancton**

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

### **6.1. Risque sur la sante humaine**

Certaines espèces phytoplanctoniques produisent des phycotoxines, qui sont accumulées par les organismes phytoplanctonophages « 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, mais sont toxiques pour les consommateurs secondaires dont l'Homme (Gailhard, 2003).

#### **6.1.1. Intoxications amnésiantes par les fruits de mer (ASP)**

Les toxines amnésiantes 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).

#### **6.1.2. Intoxications paralysantes par les fruits de mer (PSP)**

L'identification d'intoxication paralysante est ancienne (Dale et Yentsch, 1978), les toxines responsables sont des dérivés hydrosolubles de tétrahydroputrescine qui peuvent être divisés en 3 groupes : les carbamates (les plus puissantes), les dérivés décarbamoyle (toxicité intermédiaire) et les N-

sulfocarbamoyl (faiblement toxiques) (Cembella *et al.*, 1995). Ces intoxications entraînent une paralysie musculaire et dans les cas les plus graves peuvent être mortelles, lorsque le système respiratoire est atteint (Lassus *et al.*, 1994; Amzil et Motteau, 2000).

### **6.1.3. Intoxications neurologiques par les fruits de mer (NSP)**

Les intoxications neurologiques sont provoquées par un groupe de toxines rassemblées sous l'appellation de brévétotoxines (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).

### **6.1.4. Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer (DSP)**

Les intoxications diarrhéiques 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).

### **6.1.5. Intoxications de type ciguatériques (CFP)**

Les ciguatéra connues depuis longtemps dans les zones tropicales, sous les noms de ma totoxine 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 ma totoxine (MTX) est une toxine poly-étherée hydrosoluble (Bagnis *et al.*, 1992), qui s'accumule dans les viscères des poissons herbivores (Hansen *et al.*, 2001).

### **6.1.6. Intoxications par les azaspiracides (AZP)**

Un événement d'intoxication alimentaire 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).

## 6.1.7. 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 :

### 6.1.7.1. Hépto-toxines

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

### 6.1.7.2. Cyto-toxines

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

### 6.1.7.3. 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).

### 6.1.7.4. Dermato-toxines

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

### 6.1.7.5. Endotoxines lipopolysaccharidiques

Les endotoxines de nature lipopolysaccharidique (LPS) sont des constituants de la membrane cellulaire des Cyanobactéries comme celles des autres bactéries à Gram négatif (Hunter, 1998; Chorus et Bartram, 1999; Pitois

*et al.*, 2001). Certaines études ont montré que les LPS des Cyanobactéries seraient dix fois moins toxiques que celles des autres bactéries à Gram négatif (Hunter, 1998; Codd *et al.*, 2005). Les LPS ont un effet toxique, lors d'un contact direct avec la peau (World Health Organization, 1998 a).

## **6.2. 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 : *Heterocapsa circularisquama* « Dinoflagellé » causant des mortalités massives d'huîtres 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 : *Chaetoceros sp* « Diatomées » (Gailhard, 2003).

## **6.3. Risque sur le fonctionnement de l'écosystème**

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

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

Parmi les différents groupes phytoplanctoniques capables de former des floraisons nocives en eau douce. Certaines espèces de *Dinophycées* et de *Chrysophycées*, mais ces floraisons sont moins fréquentes que celles des Cyanobactéries et sont associées à des conditions différentes. Les floraisons de *Dinophycées* sont généralement associées aux milieux salés (Paerl, 1988). Dans les lacs, elles préfèrent des milieux bien mélangés et riches en éléments nutritifs (Reynolds, 1984), alors que les *Chrysophycées* ont tendance à former des floraisons dans des lacs oligotrophes (Nicholls, 1995). Cependant les Cyanobactéries demeurent sans conteste le groupe principal capable de former des floraisons en eau douce (Paerl *et al.*, 2001) (**tableau 1**).

**Tableau 1:** Effets nuisibles causés par le phytoplancton (Zingone et Enevoldsen, 2000).

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

# Chapitre II

## Matériels & Méthodes



## **1. Présentation des milieux d'études**

L'Algérie est riche de 254 zones humides naturelles, dont 26 sont d'une importance internationale (Boumezbeur, 2002). Le parc national d'El-Kala (P.N.E.K), abrite une mosaïque de zones humides dont l'ensemble constitue un complexe considéré comme unique dans le bassin méditerranéen. L'écosystème marin, dunaire, lacustre et forestier lui confère une grande importance biologique et écologique. Le P.N.E.K est situé à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, limité au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les monts de Medjerda, à l'Est par la frontière Algéro-tunisienne et à l'Ouest par les plaines d'Annaba (Brahmia, 2002). Il présente une superficie d'environ 76 438 hectares. Le 4 novembre 1982, les lacs Tonga et Oubeira furent inscrits sur la liste Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale. En 1990, le P.N.E.K fut classé réserve de la biosphère par l'Unesco.

Le P.N.E.K comprend de nombreuses zones humides, dont les plus importantes : le lac Tonga, Oubeira, la lagune d'El-Mellah, le lac Bleu, la tourbière d'Ain-Khiar, le marais de Bouredim, et le lac Noir, qui fut ajouté en 2002 à la liste de Ramsar. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à deux plans d'eau du P.N.E.K, le lac Oubeira et le lac Noir.

### **1.1. Lac Oubeira**

#### **1.1.1. Coordonnées géographiques**

Le lac Oubeira est situé à une latitude de 36°50' Nord, une longitude de 08° 23' Est, et une altitude de 25 mètres (Marre, 1987). Il se situe à 3 km à l'Ouest de la ville d'El-Kala, entre le lac Tonga et la lagune d'El-Mellah (Bensafia, 2005).

#### **1.1.2. Description**

L'Oubeira est un lac endoréique d'eau douce d'origine naturelle de forme subcirculaire, d'une superficie d'environ 2 200 hectares et d'une profondeur maximale de 4 m (Boumezbeur, 2002). Délimité par un bassin versant de 9 900 hectares, ce dernier alimente le lac par quatre oueds dont le plus important : oued Messida au Sud-Est, oued Demnet Errihane au Nord, oued Bou Merchen au Nord-Est et oued Degrah à l'Est (Messerer, 1999).

### **1.1.3. Caractères écologiques**

Le lac Oubeira est le seul site du complexe de la région d'El-Kala, qui présente une organisation spatiale typique en ceinture de végétation (Boumezbeur *et al.*, 2003a). Ce plan d'eau est fréquenté par de nombreuses espèces d'oiseaux aussi bien sédentaires que migratrices (Brahmia, 2002). Par ailleurs, l'Oubeira a été utilisé comme exploitation piscicole par l'Office National de Développement et de Production Aquacole (O.N.D.P.A) qui a procédé à l'introduction de la carpe chinoise dans le cadre d'une opération de valorisation du lac en 1985 et 1991 (Bensafia, 2005).

### **1.1.4. Intérêts du lac**

Le lac Oubeira est d'un grand intérêt socio-économique par la production halieutique, ainsi que par l'exploitation de l'eau pour l'irrigation. Cependant, ce stock est aujourd'hui menacé par le pompage incontrôlé pour les cultures spéculatives et le déversement des eaux usées provenant des villages, constituent aussi une menace non négligeable dont les effets ne sont pas encore visibles (Boumezbeur, 2002; Boumezbeur *et al.*, 2003a).

## **1.2. Lac Noir**

### **1.2.1. Coordonnées géographiques**

Le lac Noir est situé au Nord– Est Algérien, à une latitude 36° 51' Nord et une longitude de 08°12' Est, et une altitude de 15 mètres. Il est situé sur le chemin de wilaya N°109, reliant la ville d'Annaba à El-Kala (Boumezbeur, 2002).

### **1.2.2. Description**

Le lac Noir est situé dans le complexe des zones humides d'El-Kala, c'est un lac asséché accidentellement par l'ouverture d'un forage important à proximité du site. Depuis, seule reste la tourbière sous-jacente, présentant une superficie de 5 hectares, formés de deux bassins. Le réseau hydrologique de la région, se limite à quelques ruisseaux à écoulement temporaire (Boumezbeur *et al.*, 2003b).

### **1.2.3. Caractères écologiques**

Le lac Noir a été recouvert, avant son assèchement, par de très beaux îlots de nénuphars jaunes. Il a été également entouré par une forêt très dense qui

protégeait le lac. Cependant cette forêt a été détruite par des incendies volontaires et involontaires en 1986 (Boumezbeur, 2002).

#### 1.2.4. Intérêt du lac

Le lac Noir est destiné à l'alimentation en eau potable la ville d'El-Kala, par l'ouverture de 4 forages en 1990 (Boumezbeur *et al.*, 2003b).

## 2. Choix des stations de prélèvement

### 2.1. Lac Oubeira

Le choix des stations de prélèvement, est un choix raisonné en fonction de l'accessibilité des stations. De ce fait trois stations (S.1, S.2 et S.3) sont retenues dans le lac Oubeira (**figure 7**).



**Figure 7** : Localisations des stations de prélèvement dans le lac Oubeira.

### 2.2. Lac Noir

Vu la superficie réduite du lac Noir, on s'est limité à une seule station de prélèvement (S.N) (**figure 8**). Le choix de la station de prélèvement, est fait en raison l'accessibilité de la station.



Figure 8 : Localisation de la station de prélèvement dans le lac Noir.

### 3. Prélèvement

Les prélèvements sont réalisés *in situ* mensuellement, durant une période de 6 mois s'étalant du mois de janvier à juin 2007, à une distance au delà de 30 cm de la surface, assez loin des rives ou des bords (Rodier *et al.*, 1996). Au niveau de chaque station deux bouteilles d'eau d'une capacité d'un litre et demi chacune, sont prélevées.

✱ La première bouteille, est remplie jusqu'au bord, le bouchon est placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air (Rodier *et al.*, 1996). Cette bouteille est réservée au dosage des ortho-phosphates, de la chlorophylle *a*, ainsi que la matière en suspension.

✱ La deuxième bouteille est destinée au dénombrement et l'identification du phytoplancton. Dans la quelle, un volume de lugol concentré est ajoutée, afin de fixer les structures phytoplanctoniques contenues dans l'échantillon (Druart *et al.*, 2005). Le volume de ce fixateur doit être suffisant pour donner à l'échantillon une légère coloration brune « thé claire » (Bourrelly, 1966; Thronsen, 1978).

Dès que l'échantillon est prélevé, chaque bouteille est munie d'une étiquette sur laquelle sont notés la date, le nom de la station, ainsi que le motif de

l'analyse, puis transporter à l'obscurité, ce qui permet d'assurer une conservation satisfaisante (Rodier *et al.*, 1996). L'analyse de la chlorophylle est effectuée dans un délai ne dépassant pas 6 heures après le prélèvement.

**NB** : La composition de la solution lugol concentré est rapportée en annexe.

## 4. Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau

### 4.1. Mesure des paramètres physiques

Les paramètres physiques de l'eau sont mesurés *in situ* au moment du prélèvement.

#### 4.1.1. Température

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre. La lecture est faite après avoir plongé le thermomètre dans l'eau pendant quelques secondes.

#### 4.1.2. pH

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre de terrain « PHWE », 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.

#### 4.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique traduit l'aptitude à laisser passer un courant, elle est exprimée en Siémens/cm (Gaujous, 1995). Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre de marque « JENWAY 4071 » (mêmes étapes de mesure, que le pH mètre).

## 4.2. Dosage des paramètres chimiques

Les paramètres chimiques de l'eau sont dosés au laboratoire.

### 4.2.1. Dosage des ortho-phosphates

Le dosage des ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) est réalisé selon la méthode décrit par Murphy et Riley (1962), qui reste jusqu'à présent une des plus rapides et des plus simples pour le dosage des ortho phosphates dans l'eau.

### ✦ Principe

Cette technique est basée sur la réaction, des ions phosphates avec le molybdate d'ammonium. En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates donnent un complexe phospho-molybdique, réduit par l'acide ascorbique, le complexe phospho-molybdique développe une coloration bleu susceptible d'être doser par la méthode colorimétrique.

### ✦ Mode opératoire

- ✦ Rincer d'abord l'éprouvette avec l'eau de l'échantillon.
- ✦ Verser 100 ml de l'échantillon dans cette éprouvette.
- ✦ Ajouter ensuite, 10 ml du mélange des réactifs.
- ✦ Attendre 5 min puis lire l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde = 885 nm.

### ✦ Expression des résultats

La concentration de l'eau en ortho-phosphates ( $\text{mg.L}^{-1}$ ), est déterminée à partir de la courbe d'étalonnage  $\text{DO} = f(\text{concentration en } \text{PO}_4^{-3})$ .

**NB** : La préparation du mélange des réactifs est détaillée en annexe.

## 4.2.2. Détermination des matières en suspension

L'étude des matières en suspension (MES) dans les milieux aquatiques est importante. Par le fait qu'elles réduisent la transparence de l'eau et par conséquent la production primaire. La détermination des MES est réalisé selon la méthode proposée par Aminot et Chaussepied (1983).

### ✦ Principe de la méthode

Le principe de la technique est basé sur la filtration de l'eau à travers un filtre en fibre de verre Whatman GF/F de  $47 \mu\text{m}$  (diamètre des pores). Le poids des matières retenues par le filtre, est déterminé par pesées différentielles.

### ✦ Mode opératoire

- ✦ Peser le filtre en fibre de verre ( $P_1$ ).
- ✦ Placer le filtre en fibre de verre en place sur l'équipement de filtration (pompe à filtration sous vide).
- ✦ Verser un volume précis de l'échantillon ( $V = 100 \text{ ml}$ ) sur le filtre.

- ✘ Récupérer le filtre, puis le faire sécher à l'étuve.
- ✘ Peser le filtre en fibre de verre, une deuxième fois (P<sub>2</sub>).

#### ✦ Expression des résultats

La concentration de l'eau en matières en suspension (mg. L<sup>-1</sup>), est calculée selon l'équation proposée par Aminot et Chaussepied (1983) :

$$\text{MES (mg. L}^{-1}\text{)} = \frac{(P_2 - P_1) \times 1000}{V}$$

P<sub>1</sub> = Le poids du filtre en fibre de verre avant filtration (mg).

P<sub>2</sub> = Le poids du filtre en fibre de verre après filtration et séchage (mg).

V = Le volume de l'échantillon filtré (V=100 ml).

### 4.2.3. Dosage de la chlorophylle *a*

La chlorophylle, est un composé chimique indispensable à la photosynthèse, elle est présente dans tous les organismes végétaux. Dans le milieu aquatique, la chlorophylle est considérée comme étant un indicateur de la biomasse et de la productivité algale. De ce fait, le phytoplancton peut être quantifié par l'extraction de la chlorophylle (Hallegraeff, 1977), qui s'avère une méthode rapide, satisfaisante et précise (Butterwick *et al.*, 1982). Dans notre étude, le dosage de la chlorophylle est réalisé selon la méthode monochromatique de Lorenzen (1967).

#### ✦ Principe de la méthode

La chlorophylle *a*, est rapidement transformée en phéophytine par acidification, ce qui entraîne une diminution de l'absorption. Alors qu'aucune modification n'intervient pour la phéophytine acidifiée, la différence d'absorbance avant et après acidification permet donc de déterminer la teneur en chlorophylle *a*.

#### ✦ Matériels

- ✘ Pompe de filtration sous vide.
- ✘ Filtre en fibre de verre Whatman GF/F de 47µm (diamètre des pores).
- ✘ Tube à centrifuger bouché de 15 ml.
- ✘ Centrifugeuse.
- ✘ Spectrophotomètre.

## ✱ Réactifs

- ✱ Acétone à 90%.
- ✱ Suspension de carbonate de magnésium ( $\text{Mg CO}_3$ ).
- ✱ Acide chlorhydrique.

## ✱ Mode opératoire

- ✱ Placer le filtre en place sur l'équipement de filtration.
- ✱ Recouvrir le filtre d'une fine couche, environ 1 ml de la suspension de carbonate de magnésium.
- ✱ Verser un volume ( $V_1 = 0,1 \text{ L}$ ) de l'échantillon à travers le filtre en fibre de verre.
- ✱ Récupérer le filtre, le placer dans un tube à centrifuger contenant un volume d'acétone ( $V_2 = 15 \text{ ml}$ ) à 90%.
- ✱ Agiter, puis déchiqueter le filtre à l'aide d'une baguette en verre à embout coupant.
- ✱ Placer le tube à l'obscurité pendant une vingtaine d'heures au réfrigérateur, de façon à permettre l'extraction de la chlorophylle.
- ✱ Après l'extraction, le tube est centrifugé à 4000 tr / min, pendant 5 min.
- ✱ Transférer le surnageant dans la cuve du spectrophotomètre.
- ✱ Effectuer les mesures d'absorbance aux longueurs d'ondes = 750 et 665 nm.
- ✱ Acidifier par addition 10  $\mu\text{l}$  d'HCL dans la cuve, agiter puis attendre 6 min.
- ✱ Mesurer les absorbances brutes des extraits acidifiés à la longueur d'ondes = 750 et 665nm.

## ✱ Expression des résultats

- ✱ Les absorbances lues à 665 nm et à 750 nm, doivent être corrigées en soustrayant les blancs des cuves.
- ✱ Soustraire les absorbances lues à 750 nm avant et après acidification, soit :

$E_1 = \text{Absorbance corrigée avant acidification.}$

$E_2 = \text{Absorbance corrigée après acidification.}$

La concentration de l'eau en chlorophylle *a* ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ), est calculée selon l'équation proposée par Lorenzen (1967):

$$\text{Chlorophylle } a (\mu\text{g. L}^{-1}) = \frac{26,7 \times (E_1 - E_2) \times V_2}{V_1 \times l}$$

$V_1$  = volume d'eau filtrée (0,1 L).

$V_2$  = volume de l'acétone (15 ml).

$l$  = longueur du trajet optique de la cuve de mesure (1 cm).

**NB** : La composition des réactifs est rapportée en annexe.

## 5. Dénombrement et identification du phytoplancton

### 5.1. Dénombrement du phytoplancton

Le dénombrement du phytoplancton se fait à l'aide d'un microscope inverse, selon la méthode d'Utermöhl (1958). Par contre dans notre étude, la numération du phytoplancton est effectuée à l'aide d'un microscope photonique « Motic B<sub>1</sub> séries », selon la méthode proposée par (Andersen Leitao *et al.*, 1983), dont le principe est le suivant :

Chaque échantillon est soigneusement homogénéisé; un volume précis de 20  $\mu\text{l}$  est prélevée à l'aide d'une micropipette, puis mis entre lame et lamelle. Le dénombrement au microscope est réalisé à l'objectif x 40, par un balayage de toute la surface de la lamelle. Afin de minimiser l'erreur, trois lames sont dénombrées pour chaque échantillon et seules les valeurs moyennes sont prises en considération.

### 5.2. Identification du phytoplancton

L'identification du phytoplancton est réalisée, selon les clés d'identification proposées par Bourrelly, basées sur les caractères morphologiques (Bourrelly, 1966, 1968, 1970 et 1985), ainsi que différents ouvrages et publications traitant la taxonomie du phytoplancton, ont aidé à réaliser l'identification tels que : Trégouboff et Rose (1978), Straub (1984), Nezan *et al.*, (1997), Hansen *et al.*, (2001), Pierre (2001), Straub *et al.*, (2004), et Bafu (2007).

# Chapitre III

## Résultats & Discussion

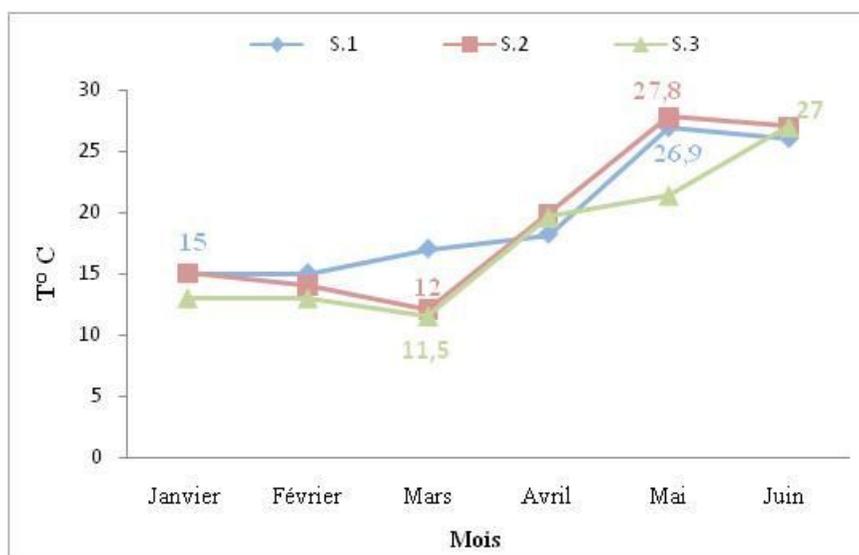


## 1. Lac Oubeira

### 1.1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

#### 1.1.1. Température

L'évolution de la température de l'eau est directement liée à celle de l'air, selon un rythme saisonnier. Les températures les plus faibles de (15 °C à S.1; 12 °C à S.2 et 11,5 °C à S.3) sont enregistrées durant les trois premiers mois (**figure 9**). A partir du mois d'avril, les températures présentent des augmentations appréciables, où le maximum de 27,8°C est noté dans la station S.2. Ceux-ci s'expliquent par le fait que la surface de l'eau des lacs est réchauffée par l'énergie solaire (Pourriot, 1982), ainsi que l'allongement des jours et la durée d'ensoleillement qui se produit à partir du printemps (Bougis, 1974).

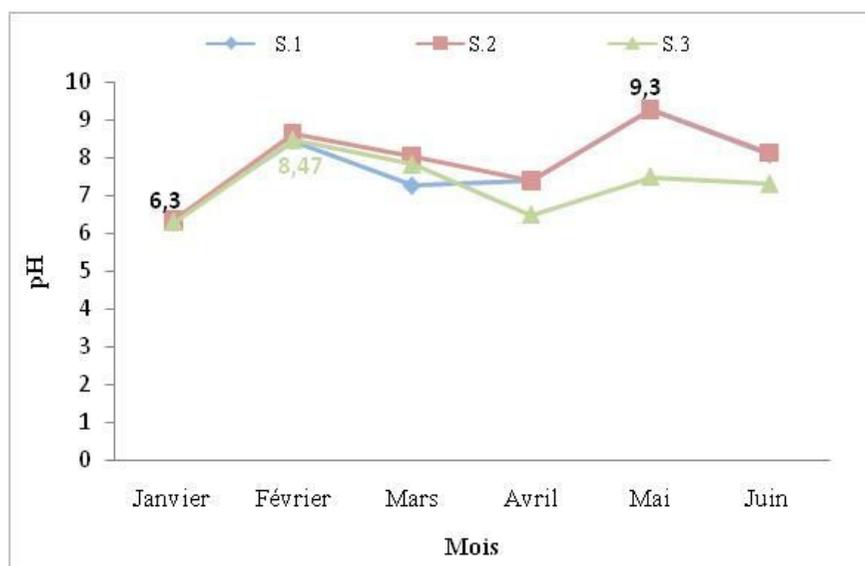


**Figure 9 :** Variations spatio-temporelles de la température dans le lac Oubeira (janvier à juin 2007).

#### 1.1.2. pH

Les valeurs moyennes de pH de l'eau des stations d'études sont légèrement alcalines; ceci a été déjà rapporté par (Miri, 1996; Bensafia, 2005). Le pH varie entre 6,3 et 9,3 (**figure 10**). La valeur la plus basse de 6,3 est relevée dans les trois stations au mois de janvier. Cependant à partir du mois de février, le pH présente une augmentation, où la valeur la plus élevée de 9,3 est enregistrée au mois de mai, dans la station S.1 et S.2. Cela s'expliquerait par

l'augmentation de la productivité algale (forte consommation du  $\text{CO}_2$  par le phytoplancton lors de la photosynthèse, avec transformation du bicarbonate en carbonate, ce qui engendre l'augmentation de pH) (Sevrin–Reyssac *et al.*, 1995).

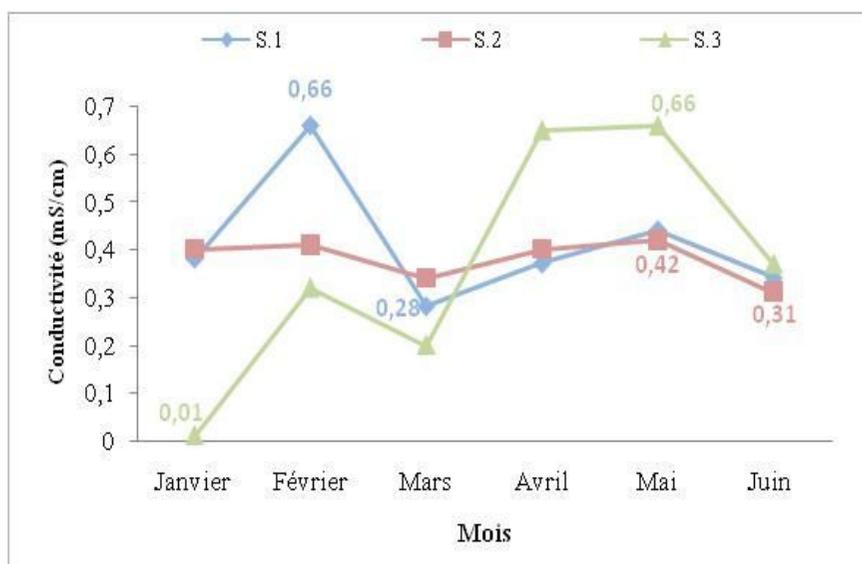


**Figure 10:** Variations spatio-temporelles de pH dans le lac Oubeira (janvier à juin 2007).

### 1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau des stations d'études oscille entre 0,01 et 0,66  $\text{mS.cm}^{-1}$  (**figure 11**). La valeur la plus élevée de 0,66  $\text{mS.cm}^{-1}$  est enregistrée dans la station S.1 et S.2 au mois février et mai respectivement. La faible valeur de 0,01  $\text{mS.cm}^{-1}$  enregistrée dans la station S.3 au mois de janvier, semble être due aux phénomènes de dilution sous l'effet des pluies (Khattabi, 2002).

Selon les normes proposées *in* Franck (2002), les trois stations d'études présentent une minéralisation moyennement accentuée, durant les six mois d'études.



**Figure 11** : Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique dans le lac Oubeira (janvier à juin 2007).

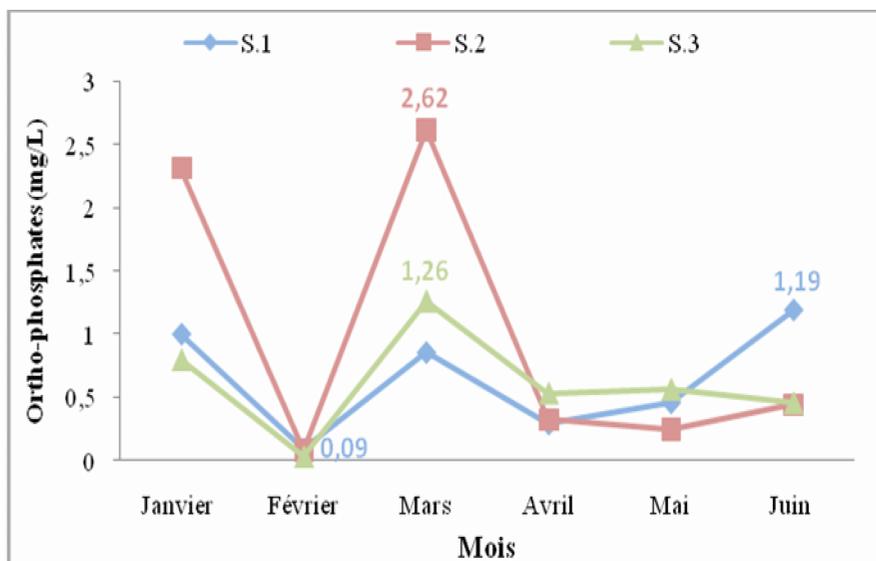
#### 1.1.4. Ortho-phosphates

Les concentrations de l'ortho-phosphate enregistrées au cours de la période d'étude, manifestent une évolution similaire dans les trois stations, durant les quatre premiers mois (**figure 12**). Les plus faibles concentrations « inférieures à  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  » enregistrées en février dans les trois stations, sont la résultante de l'assimilation rapide des ortho-phosphates (Somiya *et al.*, 1984).

À partir du printemps, des concentrations de l'ordre de  $1,26$  et  $2,62 \text{ mg.L}^{-1}$  sont enregistrées dans les stations S.3 et S.2 respectivement. Ceux-ci seraient dues essentiellement à la proximité des stations aux oueds « Bou Merchen et Demnet Errihane », dont le flux peut être chargé en matières diverses issues des rejets des agglomérations, ainsi que le lessivage du bassin versant par les eaux des pluies, ce qui a pour conséquence un apport non négligeable en engrais. Ou bien liée d'une façon indirecte à la régénération du phosphate par des voies biologiques telles que : la lyse des algues mortes (Florentz *et al.*, 1984), le recyclage du phosphate organique par les bactéries et les champignons (Dajoz, 1985), ou bien les excréments du zooplanctons (Premazzi et Marengo, 1988).

En juin, la concentration de  $1,19 \text{ mg.L}^{-1}$  notée dans la station S.1, pourrait avoir comme origine la remise en suspension du phosphate immobilisé dans les sédiments, lors de l'augmentation de la température (Souchu *et al.*, 1998). La

cause de la remise en suspension serait l'anoxie (Vallentyne, 1974), cependant des études récentes, ont montré que les mécanismes menant à l'émission du phosphore partir des sédiments, sont plus complexes et impliqueraient autant de processus chimiques que biologiques (Gachter et Muller, 2003).

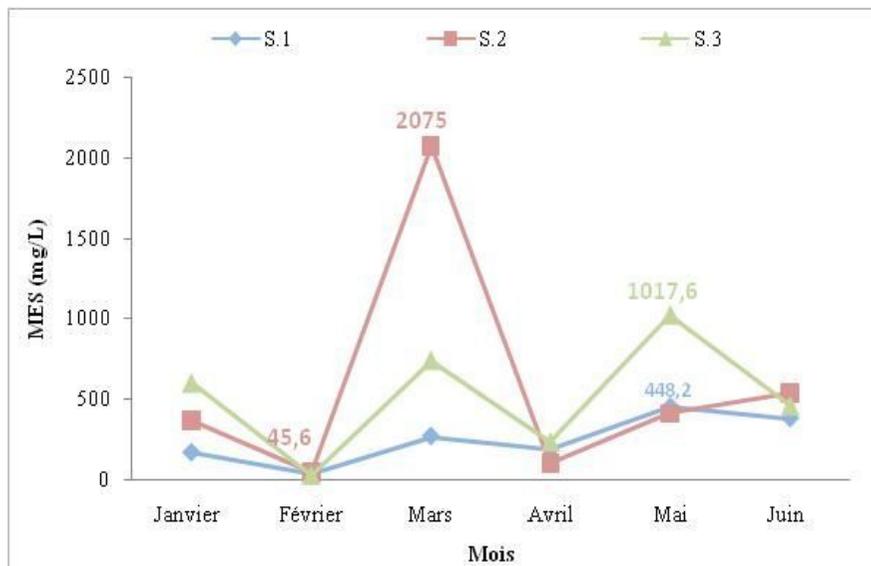


**Figure 12:** Variations spatio-temporelles des concentrations de l'ortho-phosphate dans le lac Oubeira (janvier à juin 2007).

### 1.1.5. Matières en suspension

Les concentrations de la matière en suspension (MES) dans les stations d'études indiquent une évolution similaire. Selon la **figure 13**, les concentrations, les plus faibles « inférieures à  $46 \text{ mg.L}^{-1}$  », sont enregistrées au mois de février, dans les trois stations. Cependant, à partir de la saison printanière, les concentrations de la matière en suspension présentent des hausses appréciables, où le maximum de  $2075 \text{ mg.L}^{-1}$  est enregistré dans la station S.2, au mois de mars.

L'augmentation des MES dans les trois stations d'études, pourrait s'expliquer par : l'augmentation de la productivité primaire (Khattabi, 2002), ainsi que les apports des oueds et le lessivage du bassin versant, dont les eaux sont chargées en matières allochtones divers.

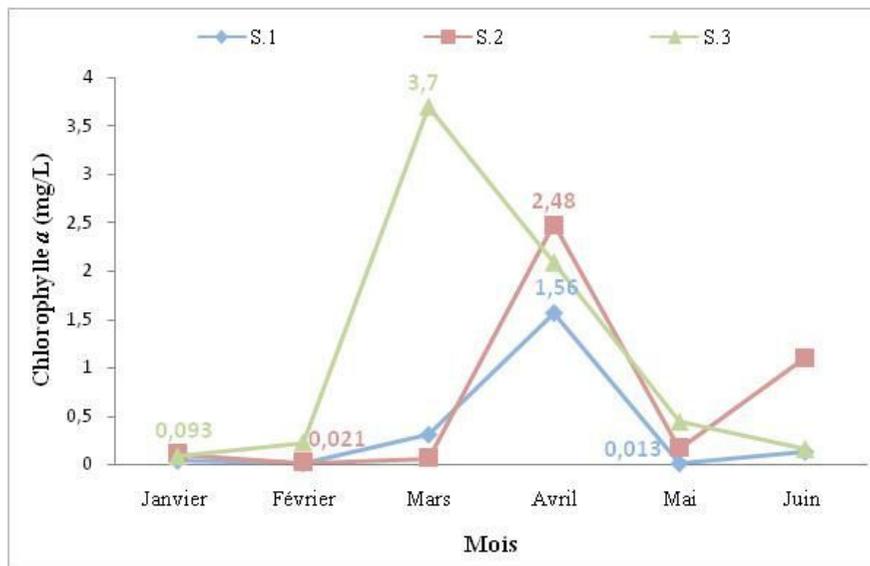


**Figure 13** : Variations spatio-temporelles des concentrations de la matière en suspension dans le lac Oubeira (janvier à juin 2007).

### 1.1.6. Chlorophylle *a*

Les concentrations de la chlorophylle *a*, enregistrées au cours de la période d'étude, indiquent que pendant la période hivernale « janvier et février », les concentrations de ce pigment, n'ont pas dépassé une valeur de  $0,23 \text{ mg.L}^{-1}$  (**figure 14**). Cependant à partir de la saison printanière, les concentrations de la chlorophylle *a*, manifestent des augmentations appréciables, ainsi une concentration de  $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$  est noté dans la station S.3, au mois de mars. Alors qu'au mois d'avril des concentrations de l'ordre de  $2,48$  et  $1,56 \text{ mg.L}^{-1}$  sont enregistrées dans les stations S2 et S1 respectivement.

La concentration de la chlorophylle *a*, peut nous renseigner sur l'état d'eutrophisation d'un écosystème aquatique. En se référant aux normes proposées par Galvez-Cloutier *et al.*, (2002), ce plan d'eau présente un état d'hyper-eutrophie.



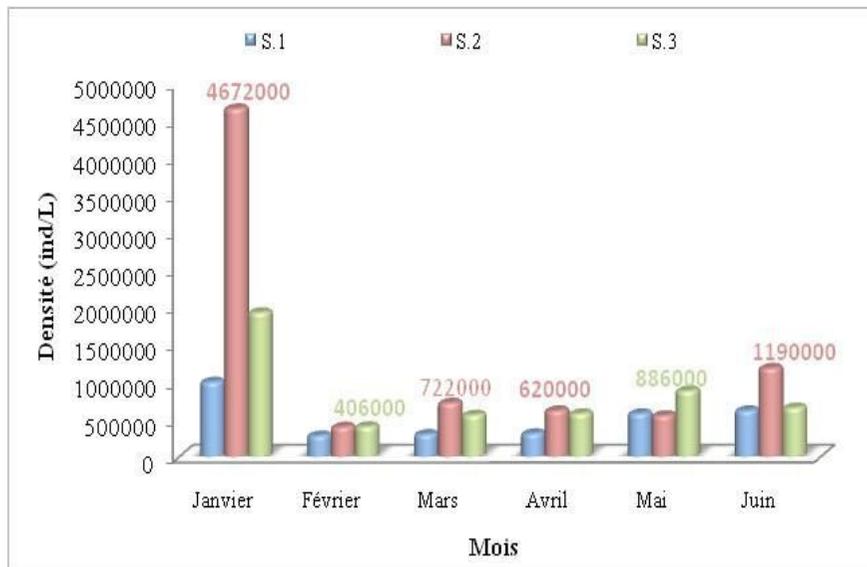
**Figure 14:** Variations spatio-temporelles des concentrations de la chlorophylle *a* dans le lac Oubeira (janvier à juin 2007).

## 1.2. Distribution spatio-temporelle du phytoplancton total

Les variations spatio-temporelles des densités phytoplanctoniques observées au cours de cette période étude, est une réponse logique au changement saisonnier et aux conditions physico-chimiques du milieu, en effet la croissance du phytoplancton dépend de la température (Burford et Pearson, 1998), des éléments nutritifs (Graneli *et al.*, 1999) et de la lumière (Levasseur *et al.*, 1984; Finkel, 2001).

Les densités les plus élevées sont enregistrées au mois de janvier, où le maximum de  $46,72 \cdot 10^5 \text{ ind.L}^{-1}$  est enregistré dans la station S.2 (**figure 15**). Ceci serait la cause des concentrations élevées en ortho-phosphates. Cependant une baisse importante des densités « inférieures à  $40,6 \cdot 10^4 \text{ ind.L}^{-1}$  » est observée au mois de février, dans les trois stations. Ceci serait la cause des faibles concentrations en ortho-phosphates, inférieures à  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ .

A partir du printemps, les densités phytoplanctoniques augmentent d'une manière appréciable, pour atteindre des densités comprises entre  $30,2 \cdot 10^4$  et  $11,9 \cdot 10^5 \text{ ind.L}^{-1}$ . Ainsi l'augmentation de la température et l'abondance des ortho-phosphates sont des conditions favorables au développement du phytoplancton.



**Figure 15** : Distributions spatio-temporelles des densités phytoplanctoniques dans le lac Oubeira (janvier à juin 2007).

### 1.3. Distribution temporelle des classes phytoplanctoniques

Les distributions temporelles des classes phytoplanctoniques dans les trois stations d'études sont représentées dans la **figure 16**.

La classe des *Cyanophycées* présente une nette dominance au mois de janvier dans les trois stations, la densité la plus élevée de  $36,2 \cdot 10^5$  ind.L<sup>-1</sup> est enregistrée dans la station S.2.

La classe des *Diatomophycées* manifeste à partir de la saison printanière, une augmentation des effectifs, atteignant des valeurs comprises entre  $66 \cdot 10^3$  et  $54,6 \cdot 10^4$  ind.L<sup>-1</sup>. La densité la plus élevée de  $54,6 \cdot 10^4$  ind.L<sup>-1</sup> est enregistrée au mois de juin dans la station S.2. Cela s'explique par l'élévation de la température au cours du printemps. Selon Daly Yahia-Kéfi (1998), Montagnes et Fanklin (2001), la croissance des *Diatomophycées* est corrélée positivement avec la température et l'intensité d'éclairement.

La classe des *Chlorophycées* manifeste des densités inférieures à  $12,2 \cdot 10^4$  ind.L<sup>-1</sup> dans les trois stations, durant les deux premiers mois. Cependant à partir du mois de mars, les densités des *Chlorophycées* augmentent dans les trois stations, le seuil de  $29,2 \cdot 10^4$  ind.L<sup>-1</sup> est enregistré au mois de juin dans la station S.3.

La classe des *Euglénophycées* présente des densités faibles durant les trois premiers mois, cependant des légères augmentations sont observées dès la saison

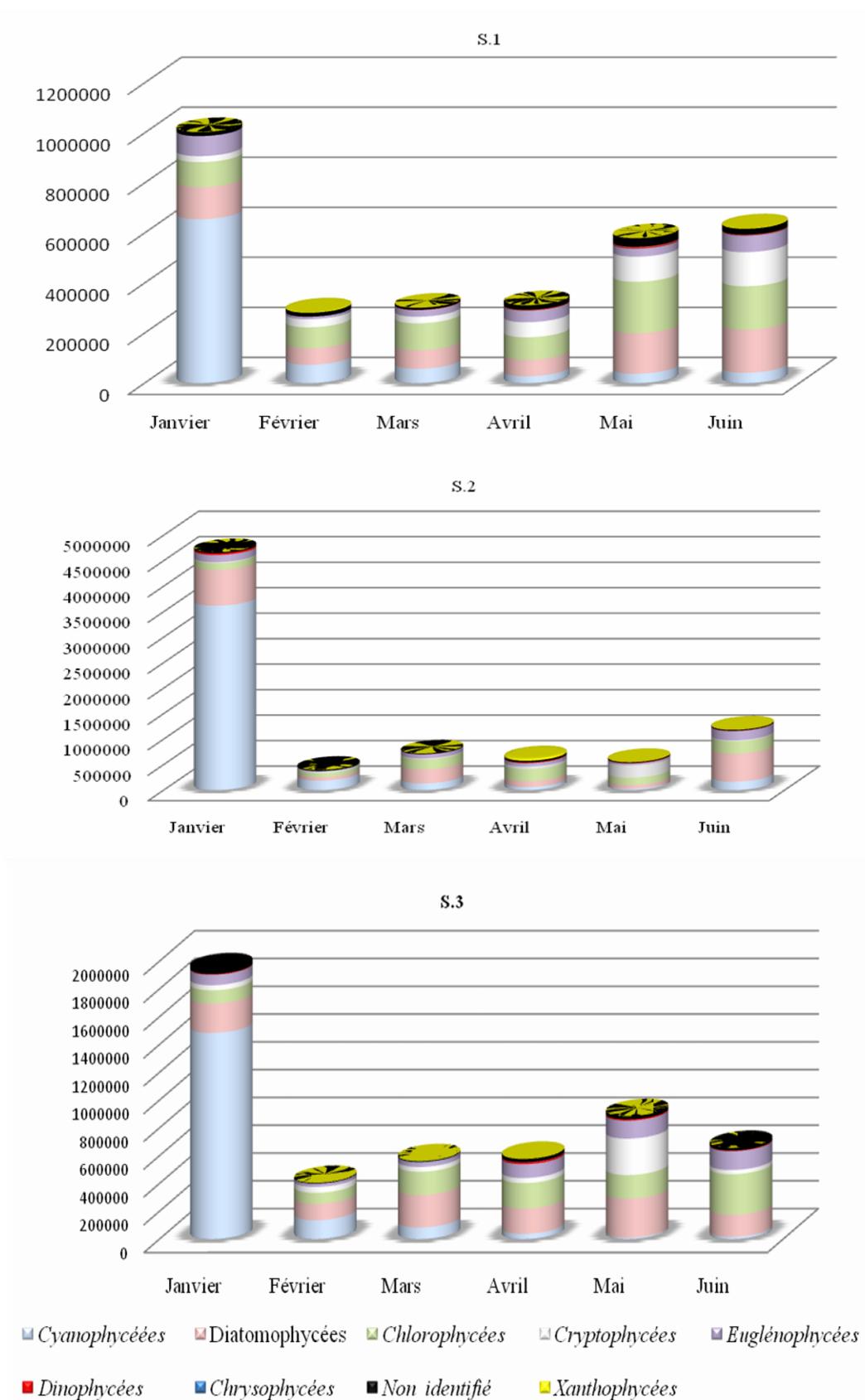
printanière, avec une densité maximale de  $18,2 \cdot 10^4 \text{ ind.L}^{-1}$  enregistrée dans la station S.2, au mois de juin. Leur présence révèle des conditions environnementales peu satisfaisantes, le plus souvent en raison des eaux de rejet urbain (Tolomio *et al.*, 1997).

La classe des *Dinophycées* typiquement marine (Tolomio *et al.*, 1999), est mois abondante. Cependant à partir du mois d'avril, des légères augmentations sont enregistrées dans les trois stations, la densité maximale de  $14 \cdot 10^3 \text{ ind.L}^{-1}$  est enregistrée au mois d'avril dans la station S.2. Alors que, la classe des *Chrysophycées* est totalement absente dans la station S.1 et on n'a pu dénombrer que  $4 \cdot 10^3$  et  $2 \cdot 10^3 \text{ ind.L}^{-1}$  dans la station S.2 et S.3, durant les mois d'avril et mars respectivement. Ceci reflète des conditions défavorables, notamment des concentrations élevées en matières en suspension et en ortho-phosphates, ainsi qu'au pH légèrement alcalin.

La classe des *Cryptophycées* manifeste des densités rapprochées durant les quatre premiers mois. Cependant à partir du mois de mai, des augmentations appréciables sont observées dans les trois stations. La densité la plus élevée de  $26,2 \cdot 10^4 \text{ ind.L}^{-1}$  est notée dans la station S.3, au mois de mai.

La classe des *Xanthophycées* présente des densités faibles, durant la période d'étude. La densité la plus élevée de  $40 \cdot 10^3 \text{ ind.L}^{-1}$  est enregistrée dans la station S.2 au mois d'avril .

**NB**: Le phytoplancton non identifié présente dans les trois stations d'études des densités inférieures à  $34 \cdot 10^3 \text{ ind.L}^{-1}$ , durant toute la période d'étude .

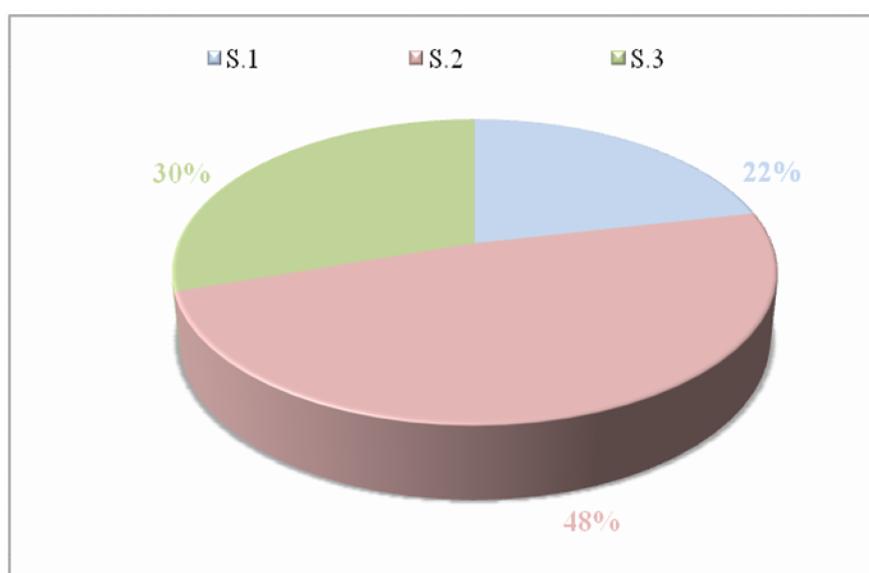


**Figure 16** : Distributions temporelles des classes phytoplanctoniques (ind.L<sup>-1</sup>) dans les trois stations d'études du lac Oubeira (janvier à juin 2007).

#### 1.4. Répartition spatiale du phytoplancton total

La répartition spatiale du phytoplancton lors de la période d'étude, telle que représente la **figure 17**, indique que : la station S.1 abrite le pourcentage le plus faible, soit 22 %. Alors que la station S.3 abrite un pourcentage de 30 %.

Cependant c'est la station S.2, qui abrite le pourcentage le plus haut de 48 %. Ceci est lié vraisemblablement à l'interaction de plusieurs facteurs tels que : la température (la valeur la plus élevée est notée dans cette station), l'abondance des ortho-phosphates (la concentration la plus élevée est enregistrée dans la station S.2), ainsi que la proximité de la station S.2 de l'oued Bou Merchen, qui assure un enrichissement des eaux en matières allochtones.



**Figure 17** : Répartition spatiale des taux phytoplanctoniques (%) dans les trois stations d'études du lac Oubeira.

#### 1.5. Répartition spatiale des classes phytoplanctoniques

Les proportions des classes phytoplanctoniques dans les trois stations d'études sont représentées dans la **figure 18**.

La classe des *Cyanophycées* domine d'une manière nette au niveau des trois stations, la portion la plus élevée de 51 %, est enregistrée au niveau de la station S.2. Le genre *Microcystis* est le plus abondant, il est observé d'une manière régulière quelque soit la station. Cependant certains genres n'ont pu être observés, que d'une manière sporadique. Il s'agit des genres tels que : *Spirulina* et *Eucapsis*.

La classe des *Diatomophycées* présente un pourcentage variant entre 21 et 23 %, durant la période d'étude. Le pourcentage le plus élevé, soit 23% est enregistré dans la station S.3. Les genres les plus recensés sont : *Navicula* et *Nitzschia*. Cependant la présence des genres tels que : *Diatoma*, *Denticula* et *Melosira*, est très irrégulière.

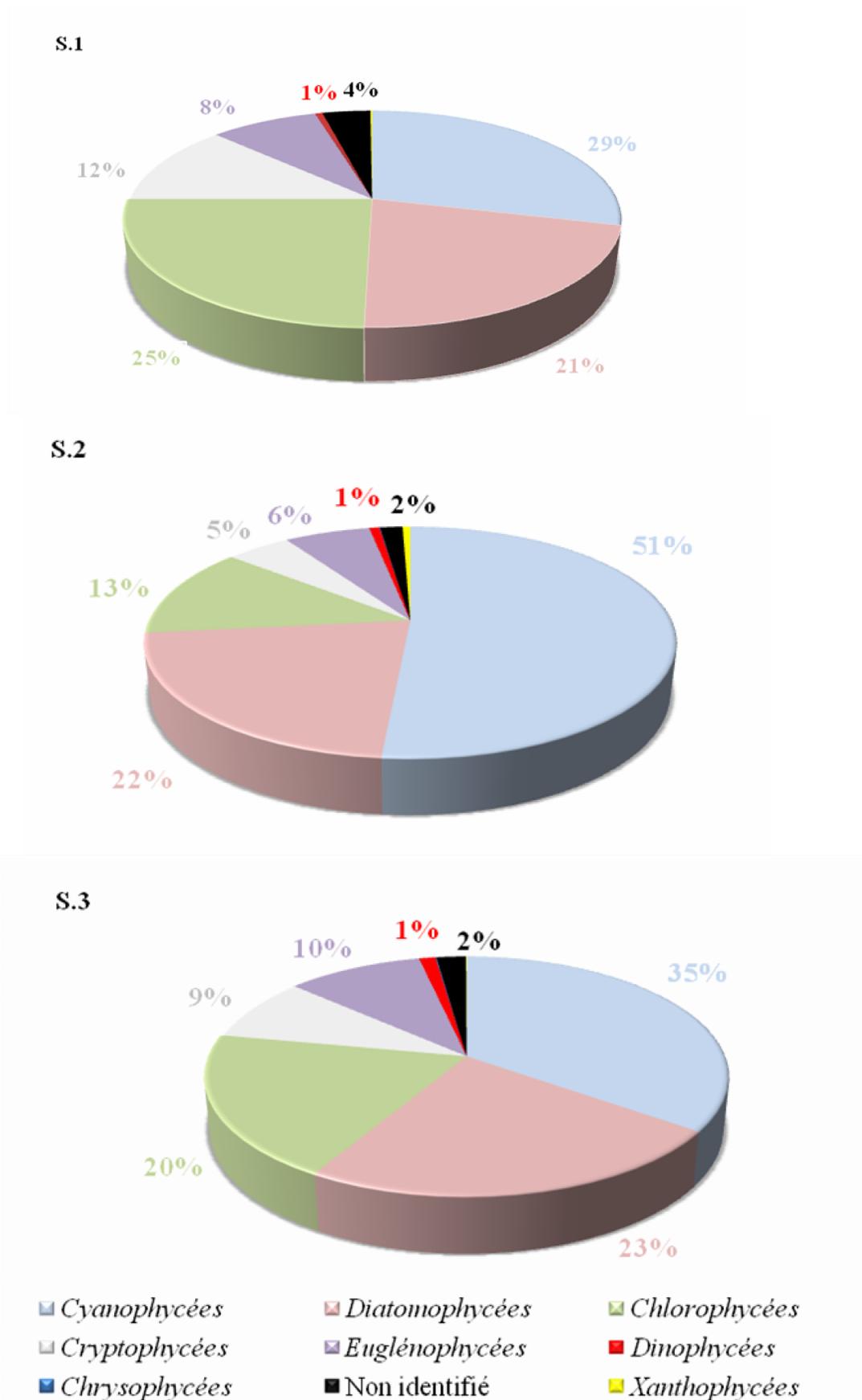
La classe des *Chlorophycées* manifeste des taux compris entre 13 et 25 %, le maximum est enregistré dans la station S.1. Le genre *Scenedesmus* est très fréquent, cela est dû à sa capacité de stocker le phosphate, lorsqu'il est en abondance et de l'utiliser, lorsqu'il devient limitant (Sevrin-Reyssac *et al.*, 1995). Contrairement au genre *Scenedesmus*, les genres *Spirogyra* et *Volvox* sont observés seulement en saison hivernale.

La classe des *Cryptophycées* présente la portion la plus élevée de 12% au niveau de la station S.1, avec la domination du genre *Cryptomonas*. Cependant, la contribution de la classe des *Euglénophycées* se situe entre 6 et 10%. Les genres les plus abondants sont : *Trachelomonas* et *Euglena*, le genre *Lepocinclis* est observé d'une manière irrégulière au cours de la période d'étude.

Le pourcentage de la classe des *Dinophycées* paraît très faible et constant autour de 1%, dans les trois stations. *Glenodinium* est le genre le plus fréquent, cependant *Alexandrium* et *Peridinium* sont présents surtout au printemps.

Par ailleurs, la classe des *Xanthophycées* représenté par le genre *Tribonema*, est très minoritaire et présente un pourcentage inférieure à 1%, dans les trois stations d'études. C'est également le cas de la classe des *Chrysophycées* avec une contribution inférieure à 1% dans les trois stations, dominé par le genre *Mallomonas*.

**NB**: Le phytoplancton non identifié représente dans les trois stations d'études un pourcentage inférieure ou égale à 4 %.



**Figure 18:** Répartitions spatiales des classes phytoplanctoniques (%) dans les trois stations d'études du lac Oubeira.

## 1.6. Identification du phytoplancton

Au cours de la période d'étude, 79 genres sont identifiés dans les trois stations. En terme de nombre de genres, les *Diatomophycées* représentent la classe la plus importante avec 26 genres, celle des *Chlorophycées* 24 genres, puis les *Cyanophycées* 13 genres, les *Euglénophycées* 5 genres, les *Cryptophycées* et les *Dinophycées* 4 genres chacun. Enfin, les *Chrysophycées* et les *Xanthophycées* ne sont représentés que par 2 et 1 genres respectivement. L'inventaire des genres identifiés est indiqué en annexe.

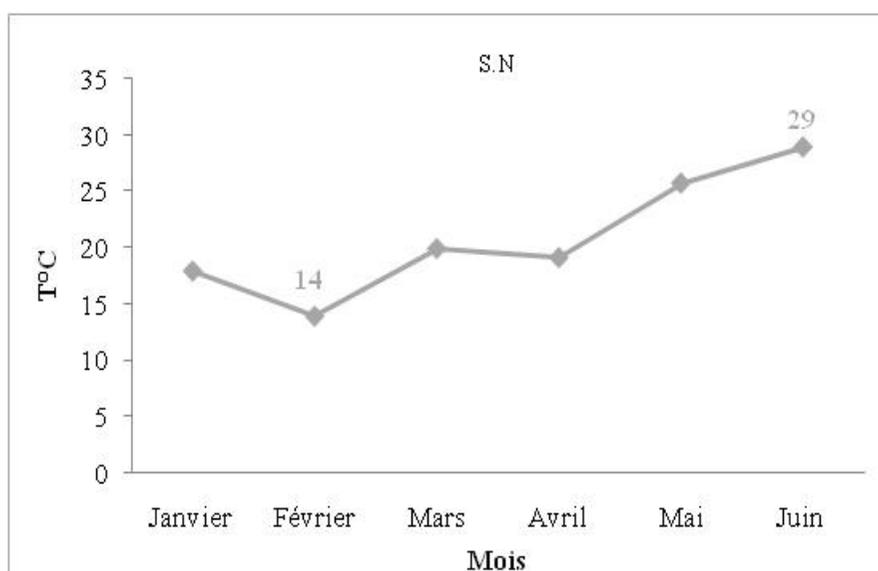
## 2. Lac Noir

### 2.1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

#### 2.1.1. Température

Les fluctuations de la température de l'eau, sont en relations avec les conditions climatiques, les températures les plus faibles sont enregistrées en saison hivernal (janvier et février), où une température de 14 °C est notée au mois de février (**figure 19**).

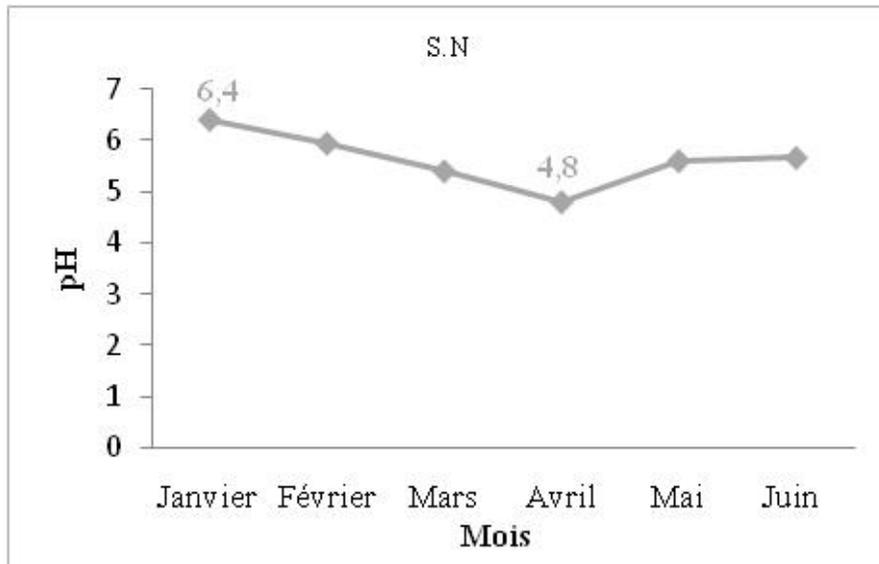
À partir de la saison printanière, la température augmente d'une manière considérable atteignant un maximum de 29° C au mois de juin.



**Figure 19** : Variation mensuelle de la température dans le lac Noir (janvier à juin 2007).

### 2.1.2. pH

Le pH moyen de l'eau, reflète une légère acidité, déjà rapporté par (Boumezbeur *et al.*, 2003 b). Lors de la période d'étude, le pH oscillent entre 4,8 et 6,4 (**figure 20**). Ceci pourrait être liée à la tourbe, car d'après Boumezbeur (2002), la tourbe du lac Noir est acide avec un pH autour de 5 et dont la structure fibreuse est riche en minéraux.

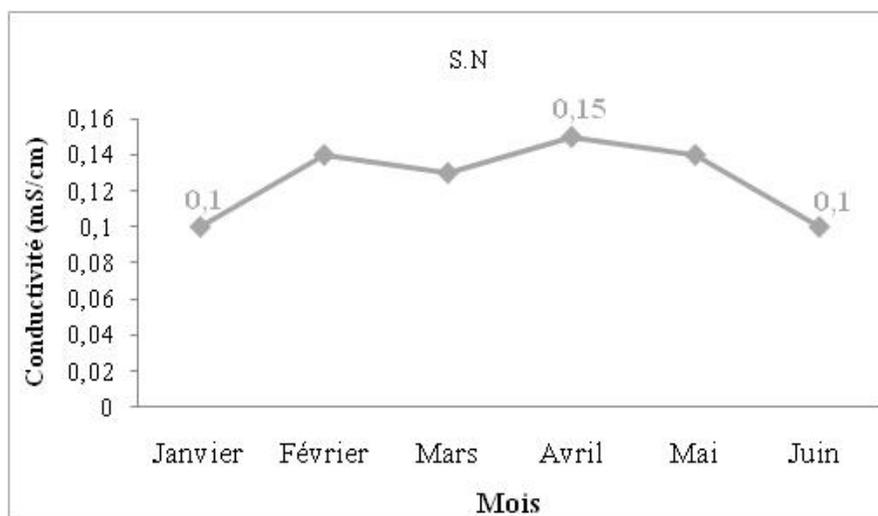


**Figure 20** : Variation mensuelle de pH dans le lac Noir (janvier à juin 2007).

### 2.1.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique de l'eau de la station d'étude varie très peu au cours de la période d'étude, avec des valeurs comprises entre 0,1 et 0,15 mS.cm<sup>-1</sup> (**figure 21**). La valeur la plus élevée de 0,15 mS.cm<sup>-1</sup> est notée au mois de mars. Alors que, la valeur la plus faible de 0,1 mS.cm<sup>-1</sup> est notée au mois de janvier et de juin.

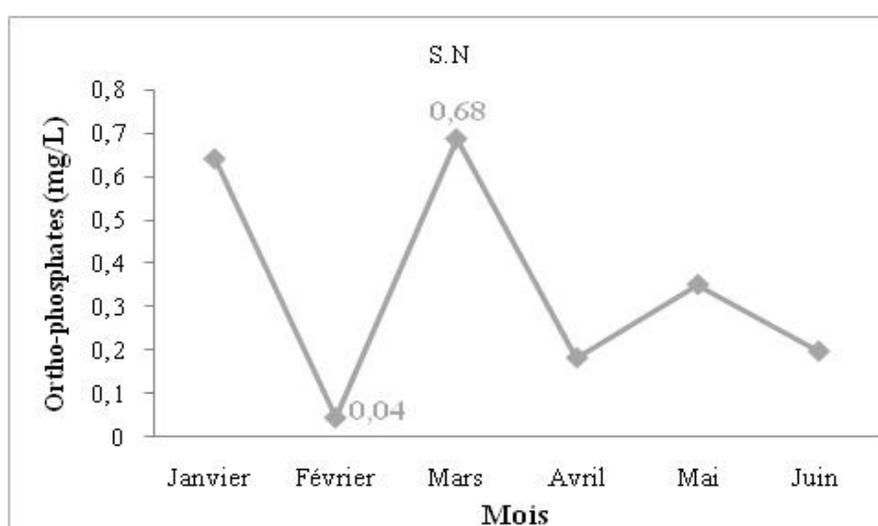
Selon les normes proposées *in* Franck (2002), la station d'étude présente une faible minéralisation, lors de la période d'étude.



**Figure 21 :** Variation mensuelle de la conductivité électrique dans le lac Noir (janvier à juin 2007).

#### 2.1.4. Ortho-phosphates

Les concentrations de l'ortho-phosphates dans la station d'étude, varient très peu, au cours de la période d'étude. Elles oscillent entre 0,04 et 0,68 mg.L<sup>-1</sup> (**figure 22**). La concentration la plus faible de 0,04 mg.L<sup>-1</sup> est enregistrée au mois de février. Des concentrations supérieures à 0,6 mg.L<sup>-1</sup> sont enregistrées au mois de janvier et de mars. La raréfaction de l'ortho-phosphates, pourrait être le fait que le temps de résidence, n'est que de quelques minutes, en raison d'une assimilation rapide par les bactéries et le phytoplancton (Van Den Broeck et Moutin, 2002).



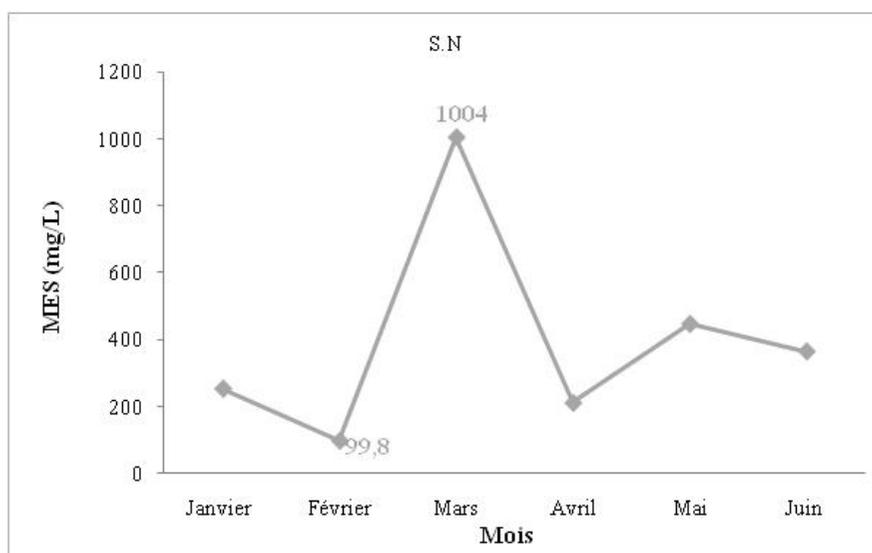
**Figure 22:** Variation mensuelle des concentrations de l'ortho-phosphate dans le lac Noir (janvier à juin 2007).

### 2.1.5. Matières en suspension

Les concentrations de la matière en suspension (MES) notées lors de la période d'étude, sont représentées dans la **figure 23**.

La concentration la plus faible de 99,8 mg.L<sup>-1</sup> est enregistrée au mois de février. À partir de la saison printanière, les MES augmentent d'une manière considérable, où la concentration maximale de 1004 mg.L<sup>-1</sup> est enregistrée au mois de mars. Cela pourrait s'expliquer : par le lessivage du bassin versant par les eaux de pluies, dont l'eau entrainerait la matière allochtone. Des concentrations de l'ordre de 448 et 366,5 mg /L<sup>-1</sup> sont notées au mois de mai et juin respectivement, ceux-ci seraient à l'origine de l'augmentation de la productivité algale.

L'origine des matières en suspension au niveau du lac Noir, est due essentiellement à l'existence d'une couche de tourbe de plusieurs mètres d'épaisseur, qui a conservé une grande quantité des débris organiques (Boumezbeur, 2002 b).



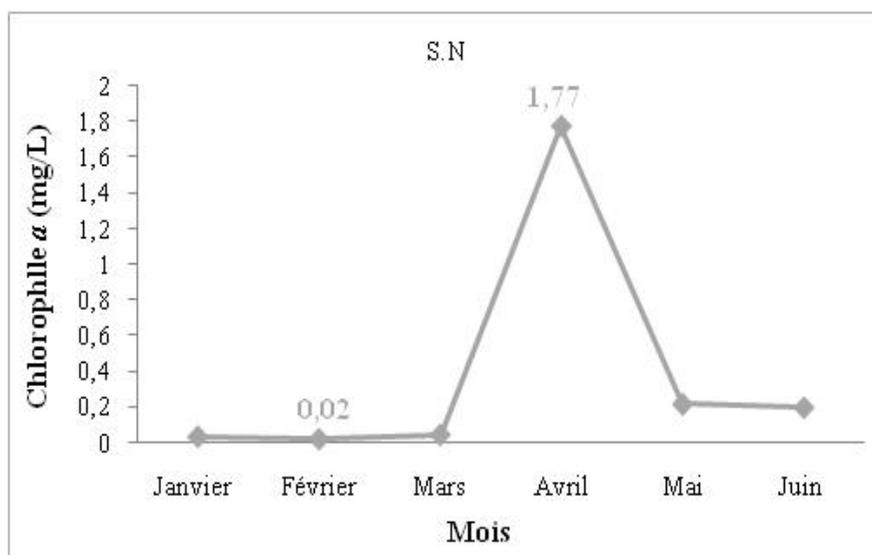
**Figure 23** : Variation mensuelle des concentrations de la matière en suspension dans le lac Noir (janvier à juin 2007).

### 2.1.6. Chlorophylle *a*

Les concentrations de la chlorophylle *a*, enregistrées au cours de la période d'étude, indiquent que : la concentration de ce pigment n'a pas dépassé le seuil de 0,045 mg.L<sup>-1</sup> durant les trois premiers mois. Cependant à partir du printemps,

la concentration de la chlorophylle  $a$ , augmente d'une manière considérable où le maximum de  $1,77 \text{ mg.L}^{-1}$  est noté au mois d'avril (**figure 24**).

Selon les normes proposées par Galver-Cloutier *et al.*, (2002), ce plan d'eau présente un état d'hyper-eutrophie, lors de la période d'étude.



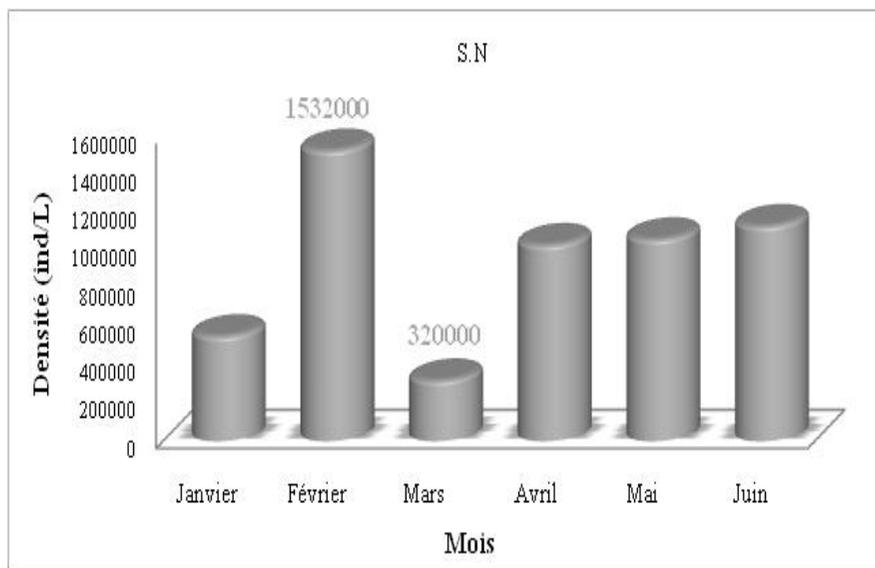
**Figure 24** : Variation mensuelle des concentrations de la chlorophylle  $a$  dans le lac Noir (janvier à juin 2007).

## 2.2. Distribution temporelle du phytoplancton total

La distribution temporelle des densités phytoplanctoniques suivit lors de la période d'étude, est représentée dans la **figure 25**.

La densité phytoplanctonique la plus élevée de  $15,32 \cdot 10^5 \text{ ind.L}^{-1}$  est enregistrée au mois de février. Cependant cette dernière chute au mois de mars, jusqu'à  $32 \cdot 10^4 \text{ ind.L}^{-1}$ , ceci est dû, aux conditions défavorables au développement de la communauté phytoplanctonique du lac Noir.

Malgré cela, durant les trois derniers mois, une augmentation considérable est observée, où des densités rapprochées comprises entre  $10,3 \cdot 10^5$  et  $11,3 \cdot 10^5 \text{ ind.L}^{-1}$  sont enregistrées.



**Figure 25** : Distribution temporelle de la densité phytoplanctonique dans le lac Noir (janvier à juin 2007).

### 2.3. Distribution temporelle des classes phytoplanctoniques

La distribution temporelle des classes phytoplanctoniques durant la période d'étude, est représentée dans la **figure 26**.

Le classe des *Chlorophycées*, présente des densités faibles inférieures à  $12,2 \cdot 10^3$  ind.L<sup>-1</sup>, durant la saison hivernale. Cependant à partir du printemps, la densité augmente considérablement, où le maximum de  $982 \cdot 10^3$  ind.L<sup>-1</sup> est enregistré au mois de mai.

La classe des *Chrysophycées* présente une densité élevée de  $12,1 \cdot 10^4$  ind.L<sup>-1</sup>, au mois de février. Cependant une baisse importante de la densité, est signalée au cours de la saison printanière. Ceci s'explique par le fait que les *Chrysophycées* ne tolèrent pas, des hautes teneurs en matières minérales et encore moins en matières organiques. En effet, ils ont une préférence pour les lacs oligotrophes, dont les eaux sont limpides et pures (Gayral, 1975; Nicholls, 1995).

La classe des *Dinophycées* présente durant toute la période d'étude des densités faibles inférieures à  $8 \cdot 10^3$  ind.L<sup>-1</sup>.

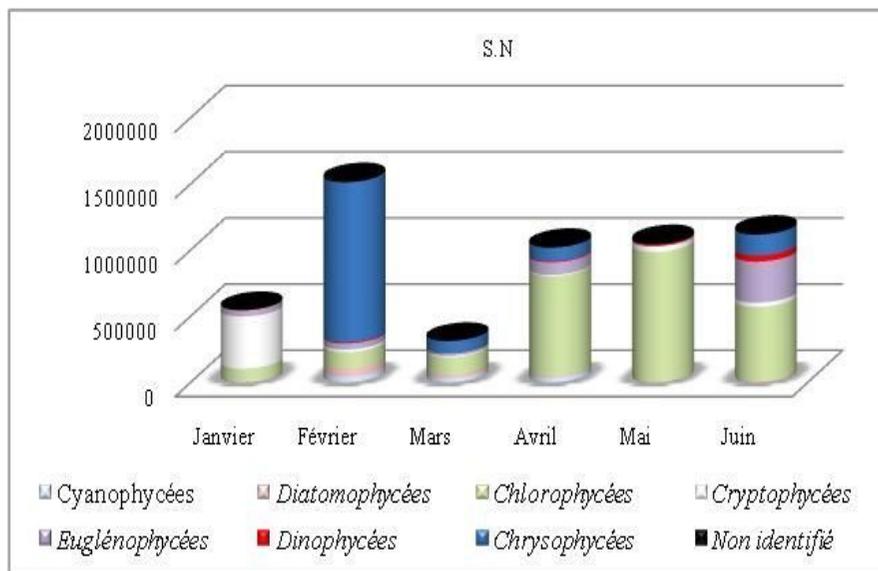
Les *Diatomophycées* et les *Cyanophycées* présentent durant toute la période d'étude, des densités inférieures à  $64 \cdot 10^3$  ind.L<sup>-1</sup>. Ceux-ci sont dus, aux faibles concentrations en ortho-phosphates et au pH acide, qui selon Brock (1973), un pH inférieur à 5, élimine la vie et la croissance des Cyanobactéries. Alors que

Carlsson et Granéli (1999), suggèrent que la dominance des *Diatomophycées* est associée à des milieux riches en sels nutritives, et un pH basiques (Reyssac, 1970).

Les *Cryptophycées* présentent un maximum au mois de janvier, avec une densité de  $39,3.10^4 \text{ ind.L}^{-1}$ . Par contre les *Euglénophycées* présentent des densités moyennement faibles durant la période d'étude, sauf exception au mois de juin où une densité de  $32.10^4 \text{ ind.L}^{-1}$  est notée. Les *Euglénophycées* préfèrent les eaux riches en matières organiques (Gayral, 1975).

Enfin les *Xanthophycées* présentent des densités nulles durant toute la période d'étude. Ceci pourrait être la cause des faibles teneurs en ortho-phosphates, ainsi qu'au  $\text{pH} < 6,5$  inhibant leur croissance.

**NB** : Le phytoplancton non identifié présente des densités inférieures à  $21.10^3 \text{ ind.L}^{-1}$ , durant toute la période d'étude .



**Figure 26:** Distribution temporelle des classes phytoplanctoniques ( $\text{ind.L}^{-1}$ ) dans le lac Noir (janvier à juin 2007).

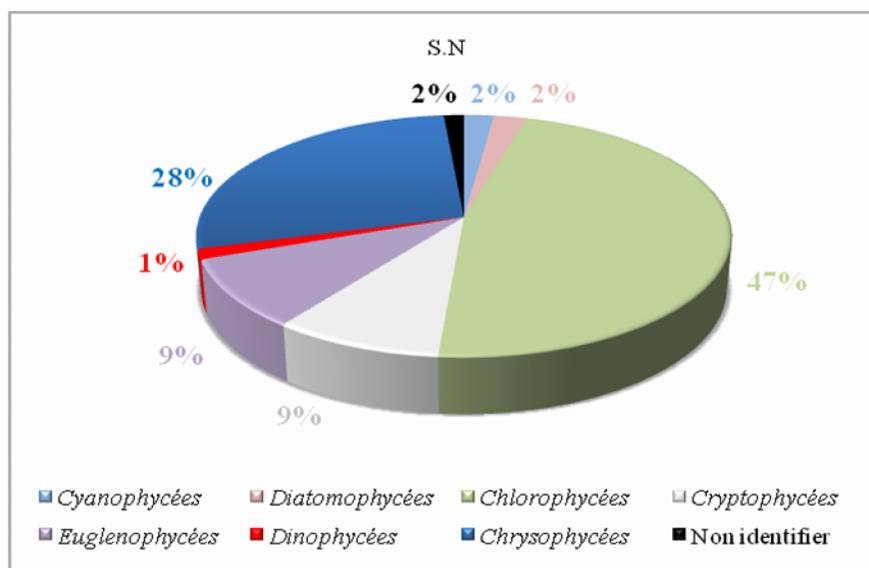
## 2.4. Répartition spatiale des classes phytoplanctoniques

La composition phytoplanctonique du lac Noir indique que, les flagellés (*Chlorophycées*, *Cryptophycées*, *Euglénophycées* et *Chrysophycées*) sont les plus abondants (**figure 27**), avec un pourcentage de 93%. Ceci s'explique par le fait, qu'ils sont plus compétitifs que les autres microalgues, lorsque le milieu est pauvre en éléments nutritifs (Sakka *et al.*, 2003), ainsi que leurs capacités à utiliser de faibles

concentrations en nutriments (Sommer, 1983). La classe des *Chlorophycées* présente un pourcentage de 47 %. L'abondance des *Chlorophycées*, est due au pH acide qui favorise leur croissance (Reyssac, 1970), les genres les plus abondants sont : *Scenedesmus*, *Monoraphidium* et *Cosmarium*, cependant *Selenastrum* est de moindre fréquence. La classe des *Chrysophycées* présente une portion de 28%, ceci est dû aux conditions favorables « faibles concentrations en ortho-phosphates, et au pH acide » à leur développement (Gayral, 1975). Le genre *Chromulina* est le plus recensé, cependant le genre *Mallomonas* est observé avec de très faible densité. La classe des *Euglénophycées* et des *Cryptophycées* contribuent d'une manière similaire soit 9%, et les genres les plus rencontrés sont : *Phacus*, *Euglena*, *Cryptomonas* et *Trachelomonas*.

Les classes des *Cyanophycées* et des *Diatomophycées* présentent des taux égaux de 2%, avec une abondance des genres *Microcystis*, *Navicula* et *Nitzschia*. Enfin les *Dinophycées* présente une portion de 1% seulement, le genre le plus abondant est *Glenodium*, les genres *Alexandrium* et *Peridinium* sont rares, et se rencontrent à des densités très faibles.

**NB:** Le phytoplancton non identifié présente un pourcentage de 2% dans la station d'étude.



**Figure 27:** Répartition spatiale des classes phytoplanctoniques (%) dans le lac Noir.

## 2.5. Identification du phytoplancton

Au cours de la période d'étude, 48 genres sont identifiés dans la station d'étude du lac Noir, 4 classes sont plus représentatives en termes de nombres de genres. Ce sont les *Chlorophycées* qui représentent la classe la plus importante avec 15 genres, suivie par celle des *Diatomophycées* 13 genres, les *Cyanophycées* et les *Euglénophycées* sont représentés par 7 et 6 genres respectivement.

Par contre les classes des *Dinophycées* et des *Chrysophycées* sont représentées par 3 genres chaque une, enfin les *Cryptophycées* sont représentés par 1 genre seulement. L'inventaire des genres identifiés est indiqué en annexe.

## Conclusion et perspectives

Au terme de cette étude, on peut tirer les conclusions suivantes :

Les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau mesurées, nous permettent de conclure que : le lac Oubeira présente des températures, dont les variations sont fonctions de la saison, un pH légèrement alcalin, ainsi que des eaux plus ou moins riches en ortho-phosphates et en matières en suspension, dont l'origine seraient dues essentiellement aux oueds, dont le flux peut être chargé en matières d'origines diverses. Par ailleurs, le lessivage du bassin versant par les eaux des pluies a pour conséquence, un apport non négligeable en matières organiques allochtones et en engrais. Les concentrations de la chlorophylle *a*, laissent à penser que l'Oubeira évolue vers un état d'hyper-eutrophie. Le phytoplancton du lac Oubeira est dominé par la classe des *Cyanophycées*, suivit des *Diatomophycées*. Selon Branes (2007), le phytoplancton du lac Oubeira est dominé par la classe des *Chlorophycées* suivit par les *Cyanophycées*.

Les *Chlorophycées*, *Euglénophycées*, *Cryptophycées*, *Chrysophycées*, *Dinophycées* et les *Xanthophycées* présentent des taux plus ou moins faibles selon les classes.

Au niveau du lac Noir, le pH est légèrement acide, ainsi que les eaux sont pauvres en ortho-phosphates. Durant la période d'étude, 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 *Diatomophycées* présentent des taux plus ou moins faibles. La répartition des classes phytoplanctoniques au niveau du lac Noir, paraît influencée par le pH.

En perspectives, ils seraient intéressant de :

- ✨ Etaler la période l'étude en un cycle annuel voir sur plusieurs années.
- ✨ Réaliser l'identification spécifique du phytoplancton.
- ✨ Evaluer l'impact des paramètres physico-chimiques (nitrate, azote ammoniacal, silice) sur la dynamique mensuelle du phytoplancton.

- ✿ Réaliser une étude bactériologique, vu que certaines bactéries interviennent dans le recyclage de l'azote et du phosphate.
- ✿ Suivre la dynamique du phytoplancton dans le lac Noir sur plusieurs stations même proches.



## Résumé

Cette étude porte sur la composition phytoplanctonique du lac Oubeira et du lac Noir qui appartiennent au parc national d'El-Kala (P.N.E.K). Des prélèvements mensuels sont réalisés entre le mois de janvier et juin 2007. Les variables physico-chimiques de l'eau sont mesurées, pour mieux souligner les différences hydrologiques entre les deux sites d'études.

La composition phytoplanctoniques du lac Oubeira est dominé par les *Cyanophycées* suivit des *Diatomophycées*.

Les *Chlorophycées*, *Euglénophycées*, *Cryptophycées*, *Dinophycées*, *Chrysophycées* et les *Xanthophycées* sont moins abondants. Nous avons identifiés 79 genres. Par contre au niveau du lac Noir, on a identifié 47 genres, et la communauté phytoplanctonique est dominée à 93 % par les flagellés.

**Mots clés :** Phytoplancton, lac Oubeira, lac Noir, et paramètres physico-chimiques de l'eau.

تناولت هذه الدراسة تركيب الطحالب المتواجدة في بحيرة "أوبيرا" والبحيرة "للحظيرة الوطنية (P.N.E.K). عينات شهريا خلال الفترة الممتدة بين شهر جانفي وجوان 2007. قياسات التغيرات الفيزيوكيماوية للماء من أجل ابرز الفوارق الايدرولوجية بين البحيرتين. لوحظ أن تركيب على مستوى بحيرة "أوبيرا" أغلبيتها *Cyanohycées* *Diatomophycées* *Chlorophycées* *Chrysophycées* *Dinophycées* *Cryptophycées* *Xanthophycées* أظهروا تواجد ضئيل. 79 نوع في هذه البحيرة على عكس البحيرة " 47 ، وتركيب الطحالب في هذه البحيرة أغلبيتها Flagellés 93 %.

الاساسية : بحيرة "أوبيرا" ، البحيرة " الفيزيوكيماوية

## Summary

This study relates to the phytoplanktonic composition of the lake Oubeira and the lake Black, which belong to the national park of El-Kala (P.N.E.K). Monthly taking away are carried out between June 2007 and January. The physicochemical variables of water are measured, for better underlining the hydrological differences between the two sites of studies.

The composition phytoplanktonic of the lake Oubeira is dominated by Cyanophyceae followed of Diatomophyceae.

The Chlorophyceae, Euglénophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae and the Xanthophyceae are less abundant. We identified 79 kinds. On the other hand on the level of the Black lake, one identified 47 kinds, and the phytoplanktonic community is dominated to 93 % by flagellate.

**Key words:** Phytoplankton, lake Oubeira, Black lake, and physicochemical parameters of water.

# Références bibliographiques



- Abrams H.N., 1980.** L'encyclopédie Cousteau. Le spectre de la pollution : Guide de la mer. Vol : 10. Alpha. Espagne. P : 9.
- Amblard C., Boisson C.J., Bourdier G., Fontvieille D., Gayte X. et Sime Ngando T., 1998.** Ecologie microbienne en milieu aquatique : des virus aux protozoaires. *Rev. Sci. Eau* n° spécial : 145-162.
- Aminot A. et Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO (édit). Brest. P : 395.
- Amzil Z. et Motteau L., 2000.** Toxines amnésiantes en France. Rapport interne IFREMER/ DEL/RST/00/07. Nantes. P : 37.
- 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.
- Andresen-Leitao M.P., Lassus P., Maggi P., La Baut C., Chauvin J. et Truquet P., 1983.** Phytoplancton des zones mytilicoles de la baie de vilaines et intoxication par les coquillages. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* **46** (3) : 233-266.
- Aubert M. et Aubert J., 1986.** Eutrophisation et dystrophie en milieu marin. Phénomènes planctoniques and bactériens, *Revue. Int. Océanogr. Méd.* (83-84). 1-302.
- Aune T. et Yndestad M., 1993.** Diarrheic shellfish poisoning. *In* : Falconer I(ed). Algal toxins in seafood and drinking water. *Academic. Press. London.* 85-104.
- Ba N., 2006.** La communauté Phytoplanctonique du lac de Guiers (Sénégal) : Types d'associations fonctionnelles et approches expérimentales des facteurs de régulation. (Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle. Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal). P: 10, 22.
- 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.
- Bafu B.F.U., 2007.** Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer. Kieselgen Stufe F (Flächendeckend).
- Bagnis R., Spiegel A., N'guyen L. et Plichard R., 1992.** Trente ans de surveillance sanitaire et épidémiologique de la ciguatera à Tahiti *.In*: Deditus C., Amade

- P., Laurent D. & Cosson J.P (eds). Actes du troisième symposium sur les substances naturelles d'intérêt biologique de la région pacifique-Asie, Nouméa. P : 335-338.
- Barnabé G. et Barnabé-Quet R., 1997.** Ecologie aménagement des eaux côtières. Lavoisier. P: 131,135,138.
- Barth H. et Fegah L., 1990.** Eutrophisation related phenomena in the Adriatic sea in other Mediterranean coastal zones proceeding of a workshop held in rome. 28-30 may 1990, water pollution. *Research Rapport*. **16**. C.E.C (EUR12978) : 1-255.
- Bates S.S., Bird C.J., De Freitas A.S.W., Foxa I.I.R., Gilgan M., Hanic L.A., Johnson G.R., Mc Culloch A.W. et Odense P., 1989.** Pennates diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island Canada. *Can. Jour. Fish. Aquat. Scie.* **45** (7) : 1203-1215.
- Belkheir A. et Hadj Ali S.M., 1981.** Contribution à l'étude des mécanismes d'eutrophisation dans le lac de Tunisie : évolution des paramètres physico-chimiques et biologiques. *Bull. Inst. Scient. Teck. Océanogr. pêche Salombo. Tunis*. P : 81-98.
- Bengtsson J., 1998.** Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. *Applied Soil Ecology*. **10** (3) : 191-199.
- Bensafia N., 2005.** Le peuplement des Cyanobactéries de deux plans d'eau douce (lac Oubeira, lac Tonga). Thèse de magister. Université d'Annaba. P : 4.
- Blomqvist P., Pettersson A. et Hyenstrand P., 1994.** Ammonium-nitrogen: A key regulatory factor causing dominance of non-nitrogen -fixing Cyanbacteria in aquatic systems. *Arch. Hydrobiol.* **72** : 331-340.
- Bouchard V.M., 2004.** Floraisons des Cyanobactéries au lac Saint-Augustin : dynamique à court terme et stratification .Université Laval.
- Bougis P., 1974.** Ecologie du Plancton marins, Tome 1 : Le Phytoplancton. P : 38,61, 81-84.
- Boumezbeur A., 2002.** Atlas: des 26 zones humides Algériennes d'importance internationale 2002. P : 63-64, 80-81.

- Boumezbeur A., Ameur N. et Bakaria F., 2003 a.** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve Intégrale du Lac Oubeïra. Wilaya d'El-Tarf. P : 2-5.
- Boumezbeur A., Bouteldji A. et Bahroune M., 2003 b.** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Lac Noir. Wilaya d'El-Tarf. P: 2-6.
- Bourelly P., 1966.** Les algues d'eau douces, Algues Vertes. Édition Boubée et Cie. Paris. P : 511.
- Bourelly P., 1968.** Les algues d'eau douces. Algues jaunes et brunes. Edition Boubée et Cie. Paris. P : 438.
- Bourelly P., 1970.** Les algues d'eau douces. Algues bleues et rouges. Edition Boubée et Cie. Paris.
- Bourelly P., 1985.** Les algues bleues ou Cyanophycées, 5<sup>ème</sup> partie. Edition Boubée Paris. P : 297,303, 457-458,606.
- Boussadia M.I., 2008.** Les Cyanobactéries peuplant les lacs Tonga et Oubeira « Inventaire et distribution spatio-temporelle ». Thèse de magister. Université d'Annaba.
- Bouvy M., Pagano M. et Troussellier M., 2001.** Effects of a Cyanobacteria bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*), on bacteria and zooplankton communities in ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquat. Microb. Ecol.* **25** (3): 215-227.
- Brahmia Z., 2002.** Rôle fonctionnel du lac El Mellah (Parc national d'El-Kala) pour les Oiseaux marines .Thèse de magister .Université d'Annaba. P: 88.
- Branes Z., 2007.** Contribution à l'étude bactériologique et phytoplanktonique de la lagune Mellah et du lac Oubeira (Parc national d'El-Kala, Algérie).Thèse de Doctorat d'état. Université d'Annaba. P : 77.
- Brock T.D., 1973.** Lower pH limit for the existence of bleu green algae: evolutionary and ecological implication. *Science.* Vol : 179. P: 480-483.
- Butterwick C., Heaney S.I. et Talling J.F., 1982.** A comparison of eight methods for estimating the biomass and growth of planktonic algae. *Br. phycol. Jour.***17**: 69-79.

- Burford M.A. et Pearson D C., 1998.** Effect of different nitrogen sources on phytoplankton composition in aquaculture ponds. *Aquat Microb Ecol.* **15** : 277-284.
- Carlsson P. et Granéli E., 1999.** Effects of N: P: Si ratios and zooplankton grazing on phytoplankton communities in the northern Adriatic Sea II. Phytoplakton species composition. *Aquat Microb Ecol.* **18** : 55-65.
- 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.
- Carmouze J.P., Élia Sampaio C.D. et Domingos P., 1994 b.** Évolution des stocks de matière organique et de nutriments dans une lagune tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poisons. *Rev. Hydrobiol.Trop.* **27(3)**: 217-234.
- Carrick H.J., Alfdige F.J. et Schelske C.I., 1993.**Wind influence phytoplankton biomass and composition in a shallow productive lake. *Limnol. Oceanogr.* **38**: 1179-92.
- Cembella A.D., Milenkovic L., Douchette G. et Fernandez M., 1995.** *In vitro* biochemical methods and mammalian bioassays for phycotoxins. *In :* Hallegraeff G.M., Anderson D.M. & Cembella A.D (eds). Manual on harmful microalgae. IOC Manuals and guides N°33.UNESCO. P: 177-179.
- Champiat D. et Larpent J.P., 1994.** Biologie des eaux: Méthodes & Techniques, 2<sup>ème</sup> tirage. P : 24, 37, 39.
- Chauvaud L., Jean F., Ragueneau O. et Thouzeau G., 2000.** Long-term variation of the Bay of Brest ecosystem benthic–Pelagic coupling revisited. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **200**: 35-48.
- 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 .P:* 87-93.
- Chorus I. et Bartram J., 1999.** Toxic Cyanobacteria in Water : a Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon. P: 416.
- Codd G.A., Lindsay J., Young F.M., Morrison L.F et Metcalf J.S., 2005.** Harmful Cyanobacteria: from mass mortalities to management measures. *In :* Harmful

- cyanobacteria. Huisman J. Matthijs H.C.P. & Visser P.M (eds). *Dordrecht. The Netherlands. Springer*.P: 1-24.
- Coute A. et Chauveau O., 1994.** Algae. Encyclopedia Biospeologica. I éd. Société de Biopédologie. ISSN 0398 7973, 3<sup>ème</sup> trimestre : 371-380.
- Dajoz R., 1985.** Précis d'écologie. 5<sup>ème</sup> édit. Edition Dunod. P : 320.
- Dale B. et Yentsch C.M., 1978.** Red tide and paralytic shellfish poisoning. *Océanes*. **21**: 41-49.
- Daly Yahia-Kéfi O., 1998.** Le phytoplancton de la baie de Tunis (Analyse systématique, quantitative et synécologique des Diatomées et des Dinoflagellés .Doc. Univ. Tunis II.P : 332.
- Dauta A. et Feuillade J., 1995.** Croissance et dynamique des populations algales. *In* : Limnologie générale. Pourriot R. et Meybeck M., Paris. *Masson .Coll . Ecol.* **25** : 328 -350.
- De Casabianca M.L. et Kepel R.C.H., 1999.** Impact of dominant Wind on hydrological variables in a Mediterranean lagoon (Than Lagoon-France) *Oebalia*. Vol : XXV: 3-16.
- Deltreil J.P., Feuillet M., Gras P., Marin J. et Marteil L., 1974.** Le milieu physico-chimique. *In* : Maurin C., (Publ.). Revue des travaux de l'institut des pêches maritimes. **38** (3) : 227-282.
- Demers S., Therriault T., Bourget E. et Bah A., 1987.** Resuspension in the shallow sub littoral zone of a macrotidal estuarine environment: Wind influence. *Limnol. Oceanogr.* **32**: 327-39.
- De Reviers R., 2003.** Biologie et phylogénie des algues. Belin, Paris. Collection Sup Sciences .Tome 2. P : 78, 255.
- Des Abbayes H., Chadefaud M., Feldmann J., De Ferre Y., Gausson H., Grasse P.P. et Prévot A.R., 1978.** Précis de botanique : 1 végétaux inférieurs. 2<sup>ème</sup> édit. Masson, paris. 302,303p.
- Dillon P.J. et Rigler F.H., 1974.** The phosphorus chlorophyll relationship in lakes. *Limnology and oceanography* **19**: 767-773.

- Dokulil M.T et Teubner K., 2000.** Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia* **438**: 1-12.
- Druart J.C., Robert M. et Tadonleke R., 2005.** The phytoplankton of lake Geneva. *Rapp. Comm. Int. prot. Eaux Léman contre pollut.* 89-100.
- Dufour P. et Berland B., 1999.** Nutrient control of phytoplanktonic biomass in atoll lagoons and Pacific Ocean waters: Studies with factorial enrichment bioassays. *Jou. Exp. Mar. Bio. Ecol.* **234** : 147-166.
- Falconer I.R., 1993 b.** Mechanism of toxicity of cyclic peptide toxins from blue-green algae. In:Falconer I (ed). *Algal toxins in seafood and drinking water.* Academic Press. London. P: 177-186.
- Falconer I.R., 1996.** Potentiel impact on human health of toxic Cyanobacteria. *Phycologia* 35 suppl: 6-11.
- Falconer I.R., 1999.** An overview of problems caused by toxic blue-green algae (cyanobacteria) in drinking and recreational water. *Environ.Toxicol.* **14** : 5-12.
- Finkel Z V., 2001.** Light absorption and size scaling of light-limited metabolism in marine diatoms. *Limnol Oceanogr.* **46** : 86-94.
- Florentz M., Hartmann P. et Gilles P., 1984.** Expérimentation sur pilote à alternance de phase portant sur l'élimination biologique du phosphore. *Rev. Sci. Eau.* **3** : 1-17.
- Franck R., 2002.** Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques.collection biologie technique. Bordeaux. P : 71.
- Frontier S. et Etienne M., 1990.** Etude de la diversité spécifique par le moyen des diagrammes rangs-fréquences : modélisation, variabilité d'échantillonnage. In: Biométrie et Océanographie. Société de Biométrie. Ifremer. Actes des colloques: 145-177.
- Gachter R. et Muller B., 2003.** Why the phosphorus retention of lakes does not necessarily depend on the oxygen supply to their sediment surface. *Limnology and Oceanography.* **48**: 929-933.
- Gailhard I., 2003.** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le « Réseau de surveillance du Phytoplancton et

des phycotoxines » (REPHY). Thèse de Doctorat. Université de la Méditerranée (Aix–Marseille II).P : 1,14.

**Galvez-Cloutier R., Ize S. et Arsenault S., 2002.** La détérioration des plans d'eau : Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation. Vecteur environnement. Vol 35. N°6. P : 18-37.

**Graneli E., Carlsson P., Turner J.T., Tester P., Bechemin C., Dawson R. et Funari E., 1999.** Effects of N: P: Si ratios and zooplankton grazing on phytoplankton communities in the northern Adriatic Sea.I. Nutrients, phytoplankton communities in the northern Adriatic Sea .I. Nutrients, phytoplankton biomass and polysaccharide production .*Aquat Microb Ecol.* **18** : 37-54.

**Graziano L.M., Geider R.J., Li W.K.W. et Olaizola M., 1996.** Nitrogen limitation of North Atlantic phytoplankton: Analysis of physiological condition in nutrient enrichment experiments. *Aquat Microb Ecol.* **11** : 53-64.

**Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2<sup>ème</sup> édit. Paris. P : 40-44.

**Gayral P., 1975.** Les Algues : morphologie, cytologie, reproduction et écologie. Doin édit. Paris. P: 52,133-138.

**Gorenflot R. et Guern M., 1989.** Organisation et Biologie des Thallophytes. Doin édit. Paris. P: 196, 201.

**Hallegraeff G.M., 1977.** A comparison of different methods used for quantitative evaluation of biomass of freshwater phytoplankton. *Hydrobiologia*, **55**: 145-165.

**Hallegraeff G.M., 1998.** Transport of toxic Dinoflagellates via ship's ballast water. Bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies. *Mar .Ecol. Prog. Ser.* **168** : 297-309.

**Haney J.F., 1987.** Field studies on Zooplankton–Cyanobacteria interactions. *New. Zealan .Journal of Marine and Freshwater. Research* **21** : 467-475.

**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. P: 5, 79.

- Henning M., Hertel H., Wall H. et Kohl J.G., 1991.** Strain-specific influence of *Microcystis aeruginosa* on food ingestion and assimilation of some cladocerans and copepods. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* **76**: 37-45.
- Herrera-Silveira J.A. et Comin F. A., 1995.** Nutrient fluxes in a tropical coastal lagoon. *Ophelia.* **42**: 127-146.
- Hutchinson G.E., 1957.** A treatise on Limnology. Vol 1. Geography, Phsico and Chemistry. *John Wilcy and Sono.* Inc. New York. P: 1115.
- Hunter P.R., 1998.** Cyanobacterial toxins and human health. The society for applied microbiology. **84**: 35-41.
- Hoek C.V.D., Mann D.G. et Jahns H.M (eds), 1995.** Algae. An Introduction to phycology. Cambridge University Press. Cambridge. P: 623.
- Iltis A., 1980.** Les Algues 1. P: 55.
- Ishikawa K., Kumagai M., Vincent W.F., Tsujimura S. et Nakahara H., 2002.** Transport and accumulation of bloom-forming Cyanobacteria in a large mid-latitude lake: The gyre –*Microcystis* hypothesis. *Limnology.* **3**: 87-96.
- Khattabi H., 2002.** Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et Hydro - biologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etueffont (Belfort, France).Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle. P: 66-67.
- Kromkamp K., 1987.** Formation and functional significance of storage products in Cyanobacteria. *New. Zealand of Marine and Freshwater. Research* **21**: 457- 465.
- Kuiper-Goodman T., Falconer I.R. et Fitzgerald J., 1999.** Human Health aspects. *In:* Chorus I. Barttram J (eds) Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health, monitoring and management. WHO E & FN SPON. London. P : 113.
- Lacaze J.C., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales. Edition Ellipse, Paris. P: 191.
- Lampert W., 1987.** Laboratory studies on zooplankton-Cyanobacteria interaction. *New. Zeal. Jour. Mar. Fresh. Res.* **21**: 483-490.

- Larpent J.P. et Larpent–Gourgaud M., 1997.** Mémento technique de microbiologie. 3<sup>ème</sup> édit. Paris. P: 245, 246.
- Lassus P., Ledoux M., Bardouil M., Bohec M. et Erard E., 1994.** Kinetics of *Alexandrium minutum* halim toxin accumulation in mussels and clams. *Nat.Toxins.* **2** (5) : 329-333.
- Lemoalle J., 1983 b.** L'Oued Tinja : Observation en 1981-1982. *Rap. Doc. Inst. Natn. Scient. Tech. Océanogr. Pêche Salammbö.***1** :3-12.
- Levasseur M.E., Therriault J.C. et Legendre L., 1984.** Hierarchical control of phytoplankton succession by physical factors. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **19**: 211-222.
- Lewis R.J., 2001.** The changing face of ciguatera. *Toxic on* **39** (1): 97-106.
- Lukac M. et Aegerter R., 1993.** Influence of trace metals on growth and toxin production of *Microcystis aeruginosa*. *Toxic on* **31**: 293-305.
- Lorenzen C.J., 1967.** Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: Spectrophotometric equations. *Limnol.Oceanogr.***12**. P: 343.
- Mann K.H. et Lazier J.R.N., 1966.** Dynamics of marine's ecosystems. Blackwell Science Inc. P: 394.
- Marre A., 1987.** Etude géomorphologique du tel oriental Algérien de Collo à la frontière Tunisienne. Université Aix-Marseille II. Uer de géographie. P : 559.
- Matsuyama Y., Uchida T., Nagai K., Ishimura M., Nishimura A., Yamaguchi M. et Honjo T., 1996.** Biological and environmental aspects of noxious Dinoflagellate red tides by *Heterocapsa circularisquama* in the west Japan. *In: Yasumoto T., Oshima Y. & Fukuyo (eds). Harmful and toxic algal bloom. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO.* P : 247-250.
- Messerer Y., 1999.** Etude morpho-métrique et hydrographique du complexe lacustre d'El-Kala : cas lac Oubeira et lac Mellah. Thèse de magister. Université d'Annaba. P : 199.
- Millet B., 1989.** Fonctionnement hydrodynamique du bassin de Thau. Validation écologique d'un modèle numérique de circulation (Programme Echothau). *Oceanologica Acta.* **12** (1) : 37- 46.

- Miri Y., 1996.** Contribution à la connaissance des ceintures de végétation du lac Oubeira (Parc national d'El-Kala). Approche phyto-écologique et analyse de l'organisation spatiales. Thèse Magister.INA.El-Harrach Alger. P : 99.
- Montagnes D.J.S. et Franklin D.J., 2001.** Effect of temperature on Diatom volume. Growth rate, and carbon and nitrogen content: Reconsidering some paradigms. *Limno. Occanogr.* **46**: 2008-2018.
- Mortensen A.M., 1985.** Massive fish mortalities in the Faroe Islands caused by a *Gonyaulax excavate* red tide. In: Anderson D.M, White A.W & Baden D.G (eds). Toxic Dinoflagellates. Elsevier. New York. P: 165-170.
- Moss B., 1980.** Ecology of Freshwaters. Blackwell Scientific Publications, Oxford .NP.
- Murphy J. et Riley J.P., 1962.** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Act.* **27**: 31-36.
- Nasri A.B., Boua cha N. et Fastner J., 2004.** First Report of a Microcystin-Containing Bloom of the Cyanobacteria *Microcystis spp* in Lake Oubeira, eastern Algeria. *Arch.Environ.Contam.Toxicol.***46**. 197-202.
- Nezan E., Piclet G. et Grossel H., 1997.** Guide pratique du Réseau National de Surveillance du phytoplancton.
- Nicholls K.H., 1995.** *Chrysophytes* bloom in the plankton and neuston of marine and freshwater systems. P: 181-216. In: Sandgren C.D., Smol J.P. et Kristiansen J.(eds). Chrysophytes algae: Ecology, phylogeny and development. Cambridge University Press.
- Oliver R. L. et Ganf G.G., 2000.** Freshwater Blooms. P: 149-194. In: Whitton B.A., & Potts M., The Ecology of Cyanobacteria .Their Diversity in Time and Space. *Kluwer. Academic. Publishers.*
- Ozenda P., 2000.** Les végétaux : Organisation et diversité biologique. 2<sup>ème</sup> Dunod éd. P: 9-13.
- Paerl H.W., 1988.** Nuisance phytoplankton blooms in coastal estuarine and inland waters. *Limn and Ocean* **33**: 823-84.
- Paerl H.W., Fulton R.S., Moisander P.H. et Dyble J., 2001.** Harmful freshwater algal bloom with an emphasis on Cyanobacteria. *The Scientific. World. Journal.* **1**: 76-113.

- Pick F.R. et Lean D.R.S., 1987.** The role of macronutrients (C.N.P) in controlling Cyanobacterial dominance in temperate lakes. *New. Zeal. Jour of Mari and Freshwate. Res.* Vol. **21**: 425-434.
- Pierre J.F., 2001.** Bulletin de l'académie lorraine des sciences : catalogue des algues (du Nord –Est de la France et des régions attenantes 1959-2001). P : 45-46.
- Pitois S., Jackson M. et Wood B., 2001.** Sources of the eutrophication problems associated with toxic algae: An overview. *Journal of Environmental Health.* **64**: 25-32.
- Pourriot R., 1982.** Ecologie du plancton des eaux continentales. *Masson.* Paris P:198.
- Premazzi G. et Marengo G., 1988.** Sedimentation rates in Swisse-Italian lake mesured with seity. *Press.* P: 384.
- Prescott L.M., Harley J.P. et klein D.A., 1995.** Microbiologie. 1<sup>er</sup> édit. Bruxelles. P: 536.
- 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.
- Ramade F., 1984.** Éléments d'écologie: écologie fondamentale. Édit Mc Graw-Hill. Paris. P: 61.
- Richardson K., Beardall J. et Raven J.A., 1983.** Adaptation of unicellular algae to irradiance: An analysis of strategies. *New. Phytologist.* **93**:157-191.
- Richardson K., 1997.** Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. *Adv. Mar. Biol.* **31**: 301-385.
- Reynolds C.S., 1984.** The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press. P: 384.
- Reynolds C.S., 1998.** What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status. *Hudrobiologia.* **11** (26): 369-370.

- Reynolds C.S., 1992.** Dynamics selection and composition of phytoplankton in relation to vertical structure in lakes. *Arch. Hydrobiol. Beih. Engeben. Limnol.* **35**: 13-31.
- Reyssac O., 1970.** Phytoplankton et production primaire au large de la Côte-d'Ivoire. *Bull. IFAN, Sér. A.* **32** (4): 869-981.
- Rodier J., Geoffray Ch., Kovacsik J., Laport J., Plissier M., Scheidhauer J., Verneaux J. et Vial J., 1978.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Chimie, physico-chimie et bactériologie. 6<sup>ème</sup> édit. Dunod. P: 198.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L., 1996.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>ème</sup> édit. Dunod. P : 4,6.
- Roger P.A., 1996.** Biology and Management of the Flood water Ecosystem in Rice fields. IRRI. Editor William H. Smith. P: 132.
- Sakamoto M., 1966.** Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. *Archiv. für. Hydrobiologie.* **62** :1-28.
- Sakka Hlaili A., Chikhaoui M.A., El Grami B. et Hadj Mabrouk H., 2003.** Variation hivernale de la communauté phytoplanctonique de la lagune de Bizerte en milieux naturel et fertilise en nutriments. *Reve F.S.B.* **2**: 37-49.
- 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 Soiro Ring Assemblies. Isolated from Irish Mussels. *Mytilus. Edu lis . Jou .Am. Chem. Soc.* **120** (38): 9967- 9968.
- Sevrin –Reyssac J., La Noüe J. et Proulx D., 1995.** Le recyclage du lisier de porc par lagunage. Lavoisier. Paris. P: 17.
- Sevrin Reyssac J., 1997.** Instabilité du phytoplancton dans les étangs de pisciculture. Le phénomène des eaux claires. *Exp. Environ. Bot.* **38**: 211-221.
- Shapiro J., 1973.** Blue–green algae: Why they become dominant. *Science* **179**: 382-384.

- Shapiro J., 1990.** Currents beliefs regarding dominance by blue –greens: the case for the importance of CO<sub>2</sub> and pH. *Verh. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.* **24** (1) : 38-54.
- Shapiro J., 1997.**The role of carbon dioxide in the initiation and maintenance of bleu–green dominance in lakes. *Freshw. Biol.* **37**: 307-323.
- Sivonen K., 1996.** Cyanobacterial toxins and toxin production. *Phycologia* 35 suppl : 12 -24.
- Smayda T.J., 1997 a.** Harmful algal blooms: Their ecophysiology and general relevance to phytoplankton bloom in the sea. *Limnol. Oceanogr.* **42** (5, Supp 2): 1137-1153.
- Smayda T.J., 1997 b.** What is bloom? A commentary. *Limnol. Oceanogr.* 42 (5,supp 2): 1132-1136.
- Smith V.H., 1983.** Low nitrogen to phosphorus ratios favors dominance by blue-green algae in Lake Phytoplankton. *Science.* **221**: 669- 671.
- Somiya I. Tsuno H. et Masuumoto M., 1984.** Phosphorus release-storage reaction and organic substrate behavior in biological phosphorus removal. *Wat. Res.* **22**: 49-58.
- Sommer U., 1983.** Nutrient competition between phytoplankton species in multispecies chemostat experiments. *Arch. Hydrobiol.* **96**: 399-416.
- Souchu P., Gasc A. et Collos Y., 1998.** Biogeochemical aspects of bottom anoxia in a Mediterranean lagoon (Thau, France). *Marg. Ecol. Prog. Ser.* **164**: 135-146.
- Souissi M., Chaibi R., Bouallag C., Melizi M. et Bensouilah M., 2004.** Les Cyanobactéries d'un plan d'eau douce (le lac Oubeira –El-Kala).Inventaire et répartition spatiale. *Science & Technologie C-N°22*.P: 38-42.
- Sournia A., 1995.** Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean: an inquiry into biodiversity. *In*: Lassus P., Arzul G., Erard E., Gentien P. & Marcaillou-Le Baut C (eds). Harmful marine algal bloom. Lavoisier Publishing. Paris. P: 103-112.
- Steidinger K. et Baden D.G., 1984.**Toxic marine dinoflagellates. *In*: Spector D.L (edit) Dinoflagellates. *Academic Press. Orlando.* P: 201-261.

- Stickney H.L., Hood R.R. et Stoecker D.K., 2000.** The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecol. Model.* **125** (2-3): 203-203.
- Straub F., 1984.** Note algologique I : Observation de quelques Diatomées (*Bacillariophyceae*). *Extrait du Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences naturelles* 1. **107**: 5-9.
- Straub F., Pokorni B., Miserez J.J. et Montandon P.E., 2004.** Note algologique III: Nuisances algales dans le Jura Suisse en 2003,2004. *Bulletin de la Société Neuchâteloise des sciences naturelles.* **127** : 57-67.
- Stumm W. et Morgan J.J., 1996.** Aquatic Chemistry: Chemical equilibrium and rates in natural Waters. *Wiley. Inter. Science. Publication. Third edition.* P: 1024.
- Tabet Helal M.A. et Ghellal N., 2004.** Caractérisation des eaux du barrage ‘‘Hamman Boughrara’’ (Algérie nord occidentale) destinées a la consommation humaine et à l’irrigation. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen. P: 260-270.
- Talling J.F., 1976.** The depletion of carbon dioxide from lake water by phytoplankton. *Journal of Ecology.* **64**: 79-121.
- Teitelbaum J.S., Zatorre R.J., Carpenter S., Gendron D., Evans A.C., Gjedde A. et Cashman N.R., 1990.** Neurologic sequelae of domoic acid intoxication due to the ingestion of contaminated mussels. *New. Engl. Jour. Med.* **322** (25): 1781-1787.
- Thronsen J., 1978.** Preservation and storage. *In: Sournia A (ed). Phytoplankton manual. Monographs on oceanographic methodology. UNESCO.* P: 67-74.
- Tolomio C., Andreoli C., Moro I., Scarabel L.R., Moschin E. et Masiero I., 1997.** Communautés phytoplanctoniques dans le bassin méridional de la lagune de Venise (fevrier 1991- janvier 1993). *Marine. Life.* **6**: 3-14.
- Tolomio C., Moschin E., Moro I. et Andreoli C., 1999.** Phytoplankton de la lagune de Venise I. Bassins Nord et Sud (Avril 1988-Mars 1989). *Vie et Milieu* **47** (7) : 33-44.
- Trégouboff G. et Rose M., 1957.** Manuel de planctonologie méditerranéenne. Tome 1. CNRS, P: 128.
- Trégouboff G. et Rose M., 1978.** Manuel de Planctonologie Méditerranéenne. Tome I.

- Turner P.C., Gamie A.J., Hallinrake K. et Codd G.A., 1990.** Pneumonia associated with contact with Cyanobacteria. *BMJ* **300** : 1440-1441.
- Vallentyne J.R., 1974.** The algal bowl lakes and man: Miscellaneous special publication 22 dept of the environment. Fisheries and Services. P : 185.
- Van Den Brock N. et Moutin T., 2002.** Phosphate in the sediments of the Gulf of Lion (N. W. Mediterranean sea) relations hip with input by the rive Rhome. *Hydrobiologia.* **472** : 85-94.
- Villa H., Quintela J., Coelho M.L., Icely J.D. et Andrade J.P., 1997.** Phytoplakton biomass and zooplankton abundance on the south coast of Portugal (Sagres). With special reference to spawning of *Loligo vulgaris*. *Scie. Mar.***61**(2). P: 126.
- Wetzel R.G. et Likens G. E., 2000.** Limnologica Analyses, 3rd edition. Springer–Verlag. P: 429.
- World Health Organization., 1998 a.** Guidelines for safe recreational water environments: coastal and freshwaters. P: 283.
- Wright J.L.C. et Quiliam M.A., 1995.** Methods for domoic acid, the amnesic shellfish poisons. *In* : Hallegraeff G.M., Anderson D.M. & Cembella A.D(eds). Manual on harmful microalgae.IOC.Manuals and Guides No.33. UNESCO. P: 113-133.
- Yasumoto T., Seino N., Murakami Y. et Murata M., 1978.**Toxins produced by benthic Dinoflagellates. *Biol.Bull.* **172** : 128-131.
- Zingone A. et Enevoldsen H.O., 2000.** The diversity of harmful algal blooms challenge for science and management. *Ocean & Coastal Management.* **43** :725-748.
- Zeitzschel B., 1978.** Phytoplankton manual: Monographs on oceanographic methodology-Unesco: 1- 6.

# Annexes



## ✳ Composition des réactifs

Lugol concentré, selon Bourrelly (1966).

Iodure de potassium.....	100 g
Iode cristalline.....	50 g
Eau distillée .....	1000 ml

Le mélange des réactifs, selon Rodier *et al.*, (1978).

### ✳ Solution d'acide sulfurique

Acide sulfurique (d=1,84).....	140 ml
Eau distillée.....	900 ml

### ✳ Solution de molybdates d'ammonium

Paramolybdate d'ammonium.....	15 g
Eau distillée.....	500 ml

### ✳ Solution d'acide ascorbique

Acide ascorbique.....	54 g
Eau distillée.....	500 ml

### ✳ Solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine

Oxytartrate de potassium et d'antimoine.....	0,34 g
Eau distillée.....	250 ml

### ✳ Mélanger les réactifs ci-dessus dans les proportions suivantes :

Solution de molybdates d'ammonium.....	100 ml
Acide sulfurique .....	250 ml
Solution d'acide ascorbique.....	100 ml
Oxytartrate de potassium et d'antimoine.....	50 ml

La suspension de carbonate de magnésium, selon Rodier *et al.*, (1996).

Carbonate de magnésium.....	1 g
Eau distillée.....	100 ml

L'acétone à 90%, selon Rodier *et al.*, (1996)

Acétone pure .....	1000 ml
Eau distillée.....	100 ml

## ✳ Inventaire des genres identifiés dans le lac Oubeira.

### Embranchement : *Cyanophytes*

*Chroococcus*

*Eucapsis*

*Gloeocapsa*

*Gomphosphaeria*

*Microcystis*

*Anabaena*

*Aphanizomenon*

*Cylindrospermum*

*Nostoc*

*Lyngbya*

*Oxillatoria*

*Spirulina*

*Phormidium*

**Embranchement : *Euglénophytes***

*Colacium*

*Euglena*

*Phacus*

*Lepocinclis*

*Strombomonas*

**Embranchement : *Chlorophytes***

*Chlamydomonas*

*Hiroseia*

*Tetraedron*

*Closterium*

*Cosmarium*

*Staurastrum*

*Staurodesmus*

*Micrasterias*

*Botryococcus*

*Dictyosphaerium*

*Ankistrodesmus*

*Kirchneriella*

*Monoraphidium*

*Nephrochlamys*

*Oocystis*

*Selenastrum*

*Crucigenia*

*Scenedesmus*

*Tetrastrum*

*Pediastrum*

*Ulothrix*

*Volvox*

*Spirogyra*

*Zygnema*

**Embranchement : *Pyrrhophytes***

**Classe : *Cryptophycées***

*Chilomonas*

*Chroomonas*

*Cryptomonas*

*Rhodomonas*

**Classe : *Dinophycées***

*Alexandrium*

*Peridinium*

*Ceratium*

*Glenodinium*

**Embranchement : *Chrysophytes***

**Classe : *Diatomophycées***

*Coscinodiscus*  
*Cocconeis*  
*Cyclotella*  
*Melosira*  
*Achnanthes*  
*Epithemia*  
*Rhopalodia*  
*Eunotia*  
*Cymatopleura*  
*Surirella*  
*Diatoma*  
*Fragilaria*  
*Synedra*  
*Tabellaria*  
*Denticula*  
*Hantzschia*  
*Nitzschia*  
*Pseudo-nitzschia*  
*Denticula*  
*Anomoconeis*  
*Cymbella*  
*Mastogloia*  
*Navicula*  
*Pinnularia*  
*Gyrosigma*  
*Guinardia*

**Classe : *Xanthophycées***

*Tribonema*

**Classe : *Chrysophycées***

*Mallomonas*  
*Synura*

☀ **Inventaire des genres identifiés dans le lac Noir.**

**Embranchement : *Cyanophytes***

*Microcystis*  
*Synechococcus*  
*Anabaena*  
*Cylindrospermum*  
*Lynguba*  
*Oscillatoria*  
*Phormidium*

**Embranchement : *Chlorophytes***

*Chlamydomonas*  
*Tetraedron*

*Closterium*  
*Cosmarium*  
*Botryococcus*  
*Dictyosphaerium*  
*Ankistrodesmus*  
*Kirchneriella*  
*Monoraphidium*  
*Nephrochlamys*  
*Oocystis sp*  
*Selenastrum*  
*Scenedesmus*  
*Ulothrix*  
*Volvox*

**Embranchement : *Pyrrhophytes***

**Classe : *Cryptophycées***

*Cryptomonas*

**Classe : *Dinophycées***

*Alexandrium*

*Peridinium*

*Glenodinium*

**Embranchement : *Chrysophytes***

**Classe : *Diatomophycées***

*Coscinodiscus*

*Cyclotella*

*Melosira*

*Achnanthes*

*Eunotia*

*Fragilaria*

*Synedra*

*Nitzschia*

*Pseudo-nitzschia*

*Cymbella*

*Navicula*

*Pinnularia*

*Guinardia*

**Classe : *Chrysophycées***

*Chromulina*

*Ochromonas*

*Mallomonas*

**Embranchement : *Euglénophytes***

*Colacium*

*Euglena*

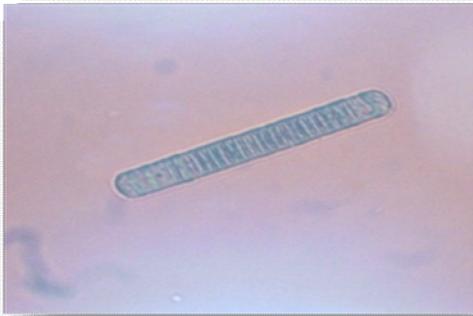
*Lepocinclis*

*Phacus*

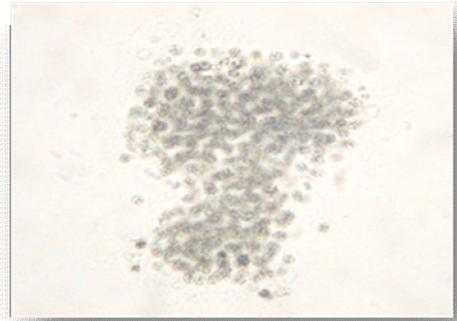
*Trachelomonas*

*Strombomonas*

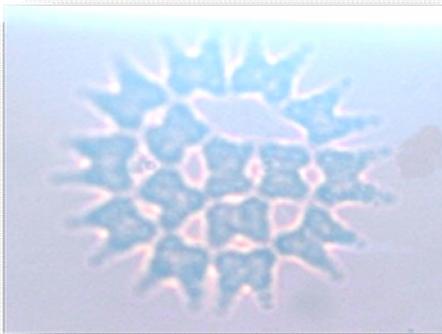
✦ Photographie de quelques genres identifiés dans le lac Oubeira et le lac Noir  
(prises par un appareil numérique HP E 327)



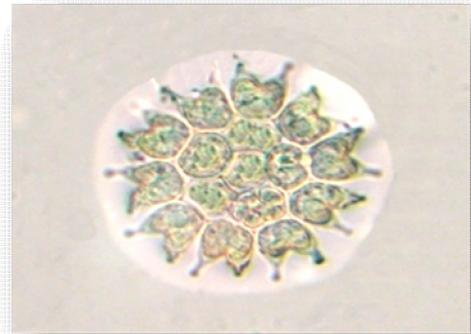
*Oscillatoria* (Grossissement x100)



*Microcystis* (Grossissement x100)



*Pediatrum* (Grossissement x100)



*Pediatrum* (Grossissement x100)



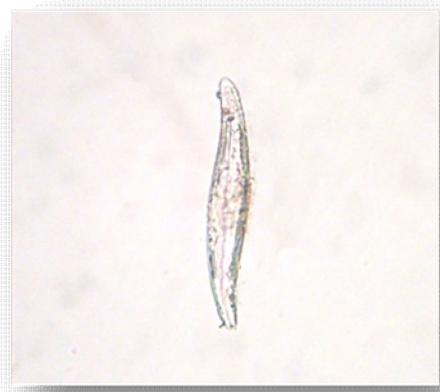
*Staurastrum* (Grossissement x100)



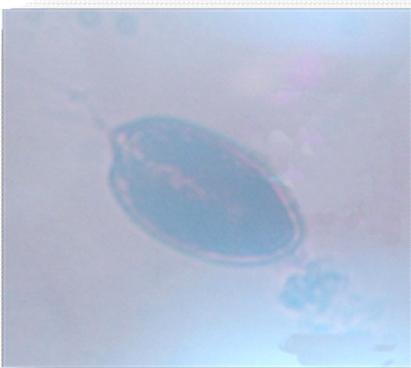
*Scenedesmus* (Grossissement x100)



*Melosira* (Grossissement x100)



*Gyrosigma* (Grossissement x 40)



*Cryptomonas* (Grossissement x100)



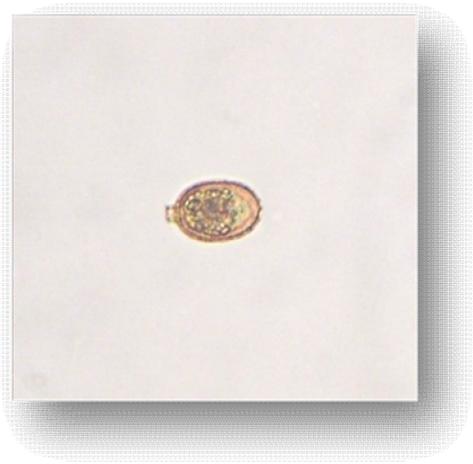
*Peridinium* (Grossissement x100)



*Phacus* (Grossissement x40)



*Trachelomonas* (Grossissement x100)



*Trachelomonas* (Grossissement x 40)



*Euglena* (Grossissement x 40)