

REPUBLIQUE AL GERIENNEDE MOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RERCHE  
SCIENTIFIQUE  
جامعة عمار تليجي بالأغواط  
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم  
FACULTE DES SCIENCES  
قسم البيولوجيا  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



## Mémoire

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

*Filière: Sciences Biologiques*

*Option: Microbiologie appliquée*

### THEME

---

**Ecologie et diversité de phytoplancton dans le  
barrage de Sidi Ibrahim deGueltat Sidi Saad,  
Laghouat(Algérie)**

---

**Présenté par :**

*KISSARI Aicha Rihem, BAKIRI Marwa et LALMI Habiba*

**Devant le jury:**

**Président(e) :** Djebli Ahmed, Maitre de conférences

**B.Rapporteur :** Dr Benaceur Farouk et Dr Bouazzara Houria.

**Examineur (rice) s:** Zarouki Houssine, Maitre-assistant B.

**Soutenu publiquement le: 26/06/2022.**

## ***Remerciements***

*Nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la santé et la volonté de commencer et de terminer ce modeste travail.*

*S'il a mis en œuvre ce travail, il demande beaucoup de motivation, de rigueur et d'enthousiasme, ce travail de recherche a besoin de la contribution de nombreuses personnes pour lesquelles nous tenons à les remercier!*

*Nous tenons à remercier Dr BENACEUR Farouk d'avoir accepté d'encadrer ce travail avec beaucoup de soutien et on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nos vifs remerciements vont au Dr BOUAZZARA Houria pour tous ses conseils précieux, sa disponibilité et ses encouragements.*

*Nous tenons à remercier Pr CHAIBIR Rachid le Chef du Département de Biologie, Ce qui nous a fournis les outils nécessaires à la réussite de nos études.*

*Nos remerciements vont aussi aux membres du jury d'avoir accepté d'examiner ce travail et participé à son amélioration.*

*Nous remercions également tous nos enseignants pour leur générosité et leur grande patience, malgré leurs charges académiques et professionnelles.*

*AM. El-Mashraoui. A Le Responsable du laboratoire d'analyses de l'eau - ADE - Laghouat) et à M. Henech Ahmed, ingénieur au laboratoire d'analyses physico-chimiques de l'eau - ADE -*

*Laghouat pour son aide précieuse et tous ces collaborateurs pour leur autorisation et facilitations pour effectuer nos analyses.*

*Un grand merci aux ingénieurs du laboratoire de biologie.*

*A la fin nous tenons à exprimer notre gratitude et à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.*

## **Dédicaces**

*Avec un cœur courageux, rien de difficile quiisait at  
tendre quand il y a le courage de prévenir à la déte  
rmination de tout, il devient facile d'atteindre nos o  
bjectifs malgré les*

*obstacles qui s'y opposent et les difficultés.*

- *A nos parents pour leurs sacrifices,  
leurs amours, leurs tendresses, leur  
soutien  
et leur prière tout au long de nos études.*
- *A nos chères sœurs et nos chers frères  
pour leurs encouragements, permanents, et le  
ur  
soutien moral.*
- *À tous nos amis qui étaient à nos côtés.*

## Résumé:

Le peuplement phytoplanctonique des eaux douces de barrage de Sidi Ibrahim dans lacommune de Gueltat Sidi Saad, se compose essentiellement de 5 Classe qui sont dominées par les Bacillariophyceae qui comptabilisent un taux de 97.34% de la biomasse algale. En revanche, la classe des Chlorophyceae 1.85% et après Cyanophyceae 0.50% et les 2 classes plus faiblement représentés qui sont Zygnematophyceae 0.3% et Euglenophyceae 0.01%. Ainsi l'Indice phytoplanctonique de Shannon Weiner (H') calculés pour les différentes stations, elles varient entre 2.5 et 3.4 et l'indice de régularité (J') calculés pour les différentes stations varient entre 0.5 et 0.7, avec un moyenn générique totale de 0.63 pour l'ensemble de stations. L'ensemble des paramètres physicochimique permet d'estimer la quantité de matière organique présente dans l'eau, parmi les principaux paramètres qui influe la diversité des espèces phytoplanctoniques, le pH,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{PO}_4^{2-}$  ont un impact direct sur les phytoplanctons. Ceci est expliqué à partir de l'analyse des corrélations de Pearson. Par conclusion la qualité physicochimique de l'eau analysée conditionne le développement de la population phytoplanctoniques.

**Mots clés:** Phytoplancton, analyses physico-chimique, Diversité, barragesidi Ibrahim, écosystème aquatique.

## Abstract:

The phytoplanktonic population of the freshwater of Sidi Ibrahim dam in the municipality of Gueltat Sidi Saad, is essentially composed of 5 classes which are dominated by Bacillariophyceae which account for a rate of 97.34% of the algal biomass. On the other hand, the class of Chlorophyceae 1.85%, Cyanophyceae 0.50% and the 2 other classes are Zygnematophyceae 0.3% and Euglenophyceae 0.01%. Thus, the Shannon Weiner phytoplankton index (H') calculated for the different stations varies between 2.5 and 3.4 and the regularity index (J') calculated for the different stations varies between 0.5 and 0.7, with a total generic average of 0.63 for all the stations. The physicochemical parameters allow to estimate the quantity of organic matter present in the water, among the main parameters that influence the diversity of phytoplanktonic species, pH,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{PO}_4^{2-}$  have a direct impact on phytoplankton. This is explained from the Pearson correlation analysis. By conclusion the physicochemical quality of the analyzed water conditions the development of the phytoplankton population.

**Key words:** Phytoplankton, physico-chemical analysis, diversity, Sidi Ibrahim dam, aquatic ecosystem.

## المخلص:

تتكون أعداد العوالق النباتية في المياه العذبة لسدي إبراهيم ببلدية كلة سيدي سعد من 5 أصناف تغلب عليها Bacillariophyceae والتي تمثل 97.34% من الكتلة الحيوية الطحلبية. من ناحية أخرى، صنف Chlorophyceae بنسبة 1.85% و Cyanophyceae بنسبة 0.50% والفتتان الأقل تمثيلاً هما (0.3%) Zygnematophyceae و Euglenophyceae (0.01%). المعلمات (H') Shannon المحسوب للمحطات المختلفة، يتراوح بين 2.5 و 3.4 ويتراوح مؤشر الانتظام (J') المحسوب للمحطات المختلفة بين 0.5 و 0.7، بمتوسط إجمالي 0.63 لكل المحطات. جميع المعلمات الفيزيائية والكيميائية تجعل من الممكن تقدير كمية المواد العضوية الموجودة في الماء. من بين العوامل الرئيسية التي تؤثر على تنوع أنواع العوالق النباتية، الأس الهيدروجيني، النترات والفوسفات التي لها تأثير مباشر على العوالق النباتية. هذا موضح من تحليل ارتباط بيرسون. في الختام، فإن الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه التي تم تحليلها تلائم تطور تنوع وتوزيع العوالق النباتية.

الكلمات المفتاحية: العوالق النباتية، المؤشرات الفيزيائية والكيميائية، التنوع، سد سيدي إبراهيم، النظام البيئي المائي

## Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1

## Partie bibliographique

### Chapitre 01: Dynamique de phytoplancton dans l'eau douce

1.1. Généralités	3
1.2. Clés d'identification du phytoplancton	3
1.3. Habitat et écologie	4
1.4. Ecostratégies des phytoplanctons et leurs adaptations avec les autres éléments	4
1.5. Classification taxonomique du phytoplancton	5
<b>1.6. Indicateur de qualité biologique</b>	<b>7</b>
1.7. Conditions de développement du phytoplancton	8
1.7.1. Les facteurs abiotiques	8
1.7.1.1. Température	8
1.7.1.2. Salinité	8
1.7.1.3. Vent	8
1.7.1.4. La lumière	9
1.7.1.5. Précipitations	9
1.7.1.6. Nature géologique du bassin versant	9
1.7.2. Facteurs biotiques	9
1.8. Action des algues sur le milieu	10
1.9. Rôle et importance écologique	11

1.10.	Rôle du phytoplancton dans l'écosystème aquatique.....	11
1.12.	Croissance du phytoplancton.....	13
1.13.	Dynamique des communautés phytoplanctoniques.....	14

## **Partie expérimentale**

### **3. Matériel et méthodes**

2.1.	Cadre de l'étude.....	16
2.1.1	Présentation de la région d'étude.....	16
2.1.2.1.	La commune de Gueltat Sidi Saad.....	16
2.1.2.2.	Carte d'identité de Barrage de Sidi Brahim.....	17
2.1.2.3.	Description des sites d'échantillonnage.....	18
2.2.	Caractérisation de la qualité de l'eau.....	19
2.2.1.	Les facteurs abiotiques.....	19
2.2.2.	Les facteurs biotiques.....	18
2.2.2.1.	Dosage de la Chlorophylle- a et des Phéopigments dans l'eau (Méthode monochromatique de LORENZEN (1967) solvant: acéto- ne à 90%).....	22
2.2.2.2.	Méthode d'étude de phytoplancton.....	23
2.3.	Exploitation des données.....	25
2.3.1.1.	Indice de diversité de SHANNON.....	25
2.3.1.2.	Indice d'équitabilité.....	25
2.3.1.3.	La constance ou la fréquence en nombre.....	25
2.3.2.	Analyses statistiques.....	26
2.3.2.1.	Analyse univariées.....	26
2.3.2.2.	Analyses bivariées.....	26

### **4. Résultats et Discussions**

3.1.	Caractérisation physicochimique et qualité de l'eau.....	27
3.1.1.	Paramètres physicochimiques de l'eau et leurs variations mensuelles.....	27
3.1.1.1.	Température.....	27
3.1.1.2.	Le potentiel d'hydrogène (pH).....	28
3.1.1.3.	La conductivité électrique.....	29
3.1.1.4.	TDS.....	30
3.1.1.5.	La Turbidité.....	31
3.1.1.6.	La salinité.....	

3.1.1.7. Matière en suspension .....	32
3.1.2. Paramètres nutritifs de l'eau et leurs variations mensuelles .....	33
3.1.2.1. Ammonium ( $\text{NH}^+4$ ) .....	33
3.1.2.2. Le Nitrate ( $\text{NO}^{-3}$ ) .....	34
3.1.2.4. Le Phosphate ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) .....	35
3.1.2.5. Le Sulfate ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) .....	36
3.2. Caractérisation biologique et qualité de l'eau .....	37
3.2.1. Inventaire et variations spatio-temporelles de la composition phyto-planctonique .....	37
3.2.1.1. Composition globale du phytoplancton .....	37
3.2.1.2. Distributions spatiales de phytoplancton dans le barrage de GSS .....	39
3.2.1.3. Distribution temporelle de phytoplancton dans le barrage de GSS .....	41
3.2.2. Etude de la biomasse .....	42
3.2.2.1. Teneurs en chlorophylle- a et pigments moyens en fonction de la densité moyenne phyto-planctonique .....	42
3.2.3. Indices de diversité .....	43
3.2.4. Corrélation entre les paramètres physico-chimiques et les principales classes de phytoplancton	44
<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>45</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>47</b>

## Listedesfigures:

<b>Figure01:</b> Dynamique desphytoplanctonsdansl’eaudouce .....	15
<b>Figure02:</b> SituationgéographiquedelawilayadeLaghouat. ....	16
<b>Figure03:</b> Lastationgéographiquede GueltatSidiSaad.....	17
<b>Figure04:</b> BarragedeSidiBrahim deGueltat SidiSaad.....	18
<b>Figure05</b> .:Situationdequatrestationsd’échantillonnageauniveauleBarragedesidiBrahim(Original,2022). .....	19
<b>Figure06:</b> .Mesuredelachlorophylle-aetlesPheopigmentsparspectrophotomètre .....	23
<b>Figure07:</b> .Schémareprésenteunfiletàplancton .....	24
<b>Figure08:</b> Schémareprésentatifd’identificationetdenombrementduphytoplanctonaulaboratoire .....	24
<b>Figure09:</b> .Variationsmensuellesdelatempérature(°C)del’eaudesquatrestationsdelarégionprosp ectée.....	28
<b>Figure 10 :</b> . Variations mensuelles du pH de l’eau des quatre stations dans le barrage de SidiBrahimpendantlapérioded’étude. ....	29
<b>Figure11 :</b> Variationsmensuellesdela conductivitédel’eaudesquatrestationsdusite d’étude. ....	30
<b>Figure12:</b> VariationsmensuelleladelatDSdel’eau .....	31
<b>Figure 13:</b> Variations mensuelles de la Turbidité de l’eau des quatre stations dans le barragedeSidiBrahim pendantlapérioded’étude. ....	31
<b>Figure14:</b> Variationsmensuelleladelasalinitédel’eau.....	32
<b>Figure 15 :</b> Variations mensuelles de la valeur de la matière en suspension de l’eau des quatre <b>Figure16:</b> Variationsmensuellesdelavaleur d’ammoniumde l’eaudesquatre stationsdusited’étude. ....	33
<b>Figure 17 :</b> Variations mensuelles de la valeur des nitrates de l’eau des quatre stations du sited’étude. ....	34
<b>Figure18 :</b> Variations mensuelles de la valeur des Nitrites de l’eau des quatre stations du sited’étude. ....	35
<b>Figure19 :</b> Variations mensuelles de la valeur des ortho phosphates de l’eau des quatrestationsdusited’étude. ....	36
<b>Figure 20 :</b> Variations mensuelles de la valeur des sulfates de l’eau des quatre stations du sited’étude. ....	36

<b>Figure 21</b> : Richesse spécifique par classes de phytoplancton récentes dans le barrage de Gueltat Sidi Saad (Fevrier 2022-Mai 2022). .....	39
<b>Figure22</b> : Répartition stationnelle de la densité phytoplanctonique en fonction de classes pendant la période d'étude.....	40
<b>Figure23</b> : Densité moyenne globale par station des micro-algues recensées dans le barrage de Gueltat Sidi Saad.....	40
<b>Figure24</b> : Variations spatio-temporelles de la densité globale du phytoplancton de barrage de Gueltat Sidi Saad.....	41
<b>Figure25</b> : Variation mensuelle de la densité globale phytoplanctonique de barrage de GSS. ....	41
<b>Figure26</b> : Variation temporelle de la densité moyenne globale des classes quatre de phytoplancton recensées dans le barrage de Gueltat Sidi Saad.....	42
<b>Figure27</b> : Variations mensuelles moyennes de la teneur en chlorophylle-a et des pigments en fonction de la densité moyenne du phytoplancton de barrage de Gueltat Sidi Saad.....	43
<b>Figure 28</b> : Corrélation de Pearson (r) entre les paramètres physicochimiques de l'eau et les principales classes de phytoplancton. ....	44

## Listedestableaux

<b>Tableau01:</b> Principalesclassesdephytoplanctondifférenciéesselondescritèresmorphologiques,cytologiques,biochimiquesetreproductifs .....	05
<b>Tableau02:</b> Actionsdesalguessurlesconditionsphysico-chimiquesd'unécosystèmeaquatique .	10
<b>Tableau03:</b> DescriptiondelastationdeBarrageGueltatSidisaad.....	18
<b>Tableau04:</b> Méthodesetmatérielsutilisés pour l'analysephysicochimique.....	21
<b>Tableau05:</b> Analysesdescriptivesdesparamètresphysicochimiquesdel'eau .....	25
<b>Tableau06:</b> RelationentrelaminéralisationdeL'éauetlaconductivitémesurée.....	29
<b>Tableau07:</b> Analysesdescriptivesdesparamètresnutritifsdel'eau.....	33
<b>Tableau08:</b> Listerécapitulativede37espècesrecenséesauniveaudubarrageentrenovembre2022et octobre2022(Fréquencesd'occurrence(C%),etéchelledeconstance(EC)(C: constante; A: accessoire;(+) : présence;(-):absence;(*): toxique) .....	37
<b>Tableau 09:</b> Indice phytoplanctonique de Shannon-Weiner (H') et indice de régularité (J')pourchaquestationd'échantillonnage.....	43

## Listedesabréviations

<b>C°:</b>	DegrésCelsius.
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Dioxydedecarbone.
<b>E.D</b>	Eaudistillée.
<b>L / l :</b>	Litre.
<b>m:</b>	Mètre.
<b>Km<sup>2</sup> :</b>	Kilomètrecarré.
<b>µm :</b>	Micromètre.
<b>ml :</b>	Millilitre.
<b>min:</b>	Minute.
<b>O<sub>2</sub>:</b>	Oxygène.
<b>%:</b>	Pourcentage.
<b>pH:</b>	Potentielhydrique.
<b>T° :</b>	Température.
<b>Chla</b>	Chlorophyllea.
<b>Cd</b>	Cadmium.
<b>Nm</b>	Nanomètre.
<b>Indiv</b>	Individu
<b>Chl-a</b>	Chlorophyllea

# **Introduction**

## **Introduction**

---

Pour toutes les écosystèmes des estuaires, des plans d'eau font partie intégrante et leur état de santé peut être une indication de celle des zones humides adjacentes et éco-système dans l'eutrophisation générale dans les eaux côtières peut être définie comme la cadence de production primaire ou débit d'alimentation en matière organique dans l'écosystème (Nixon, 1995), où une quantité excessive de matières nutritives, en particulier provoque l'azote et de phosphore croissance excessive des algues (Anderson et *al.*, 2002, Art, 1993, Nixon, 1995). Quand meurent algues excessives, la décomposition subséquente et des niveaux élevés de matières organiques raison de l'épuisement de l'oxygène dans l'eau. Efflorescences algales nuisibles ont augmenté au cours des dernières décennies dans les régions côtières du monde entier (Anderson et al. 2002) menaçant l'intégrité écologique (Paerietal, 2011).

Les eaux douces et particulièrement les eaux de surface, qui représentent une ressource vitale pour l'homme, sont menacées par des pollutions diverses, d'origine anthropique. La prolifération du phytoplancton a un impact direct sur les écosystèmes aquatiques entraînant des modifications de la diversité et de la dynamique des populations. Le phytoplancton réagit à ces altérations et peut être considéré comme un indicateur de la dégradation de la qualité des eaux continentales. En outre, certaines espèces, dont les cyanobactéries, sont susceptibles de synthétiser des toxines à l'origine d'intoxications plus ou moins graves, représentant des risques importants pour la santé humaine et animale (Chorus et Bartram, 1999). Les usages de l'eau peuvent ainsi être limités par ces contaminations (Groga, 2011). Parmi les groupes vivants les plus abordés dans les études limnologiques, nous citons le phytoplancton.

Ce dernier appelle le plancton végétal, regroupe les algues unicellulaires photosynthétiques dont le rôle est essentiel au sein des cycles biogéochimiques et dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques puisqu'il est, entre autres, à la base des chaînes trophiques. On le trouve aussi bien sous forme de colonies, qu'en cellule libre, ou en symbiose et il peut être marin ou continental (Sournia, 1978).

En Algérie, malgré la présence d'une multitude de plans d'eau et des oueds caractérisés par des richesses indéniables, peu d'études ont été consacrées à ce jour à la limnologie de nos eaux. Le présent travail vise à la réalisation d'une étude dans un plan d'eau naturel dans la région de Laghouat, Algérie qui est le barrage de Sidi Brahim dans la province de Gueltat Sidi Saad. Cette étude a pour objectif particulier de comprendre la structure de la communauté phytoplanctonique et sa diversité dans cet écosystème aquatique, et la mise en valeur de sa richesse naturelle et de sa potentialité tant bioécologique qu'économique. Par conséquent nos questions sont :

## Introduction

---

- Quelles sont les variables qui déterminent la dynamique du phytoplancton ?
- Le phytoplancton peut-il être considéré comme un bon indicateur de l'état trophique de l'eau ?

Par conséquent le travail de cette étude a pour objectif de :

1/ Évaluer qualitativement et quantitativement les populations phytoplanctoniques.

2/ Identifier les facteurs déterminant la diversité phytoplanctonique dans quatre stations au niveau du barrage étudié.

3/ Relier les caractéristiques environnementales aux communautés phytoplanctoniques en utilisant un ensemble défini de descripteurs physico-chimiques.

Ce manuscrit de mémoires s'organise en 3 parties :

**La première partie** est une synthèse bibliographique qui est consacrée à la dynamique du phytoplancton dans les eaux douces. **La deuxième partie** est consacrée aux différents matériels et méthodes utilisés dans ce travail y compris : la présentation de la région d'étude, de sites d'étude et de site d'échantillonnage et de barrage infero-flux de Sidi Ibrahim dans le Gueltat de Sidi Saad, les méthodes d'échantillonnage et l'étude de phytoplancton. **La troisième partie** est consacrée aux principaux résultats et discussion menés dans notre étude. Et en fin une conclusion et perspective.

# **Synthèse bibliographique**

**Chapitre 01**  
**: Dynamique**  
**de phytoplancton dans les**  
**eaux douces.**

# **Chapitre01:DynamiquedephytoplanctondansleseaXdouces.**

## **1.1. Généralités**

Phytoplancton (du grec phyton ou plante et planktos) ou plancton du règne végétal, représente l'ensemble des microorganismes photosynthétiques qui sont libres, passifs et en suspension dans la colonne d'eau (Grogg, 2012). La diversité morphologique des phytoplanctons montre qu'il s'agit de cellules solitaires, regroupés en colonies ou en filaments représente une forme d'adaptation à la mobilité, en effet ces organismes se déplacent soit par le mouvement des courants aquatiques (flottaison) ou bien par des structures motiles tel que les flagellés ou les ciliés (mouvement verticaux restreint). Certaines espèces peuvent aussi se déplacer dans la colonne d'eau grâce à des glissements, à des mouvements hélicoïdaux ou à la présence de vésicules à gaz. Ces éléments leur permettent d'aller se positionner au niveau de leur optimum lumineux dans la zone euphotique ou de descendre dans les couches inférieures chercher les nutriments par leurs capacités de stockage importantes (Cadier, 2016).

## **1.2. Clés d'identification du phytoplancton**

Le phytoplancton est un assemblage microscopique hétérogène et sont des systèmes aquatiques plus mobiles ou moins selon les courants d'eau (Kudela et Peterson, 2009). Il représente le principal composant du plancton primaire

dans les écosystèmes aquatiques. Déterminé par un certain nombre de facteurs comme la salinité, la température, la lumière (affectée par la turbidité) et les nutriments, la dynamique de l'eau et la composition du bassin versant. Aussi, la formation de phytoplancton affecte divers processus tels que le recyclage des nutriments, le pâturage, le naufrage des particules et les réseaux trophiques (Citinic et al., 2006)

Par ailleurs, de nombreuses cellules phytoplanctoniques (les chrysophycées par exemple) sont capables de réaliser la mixotrophie, c'est-à-dire qu'elles possèdent des capacités hétérotrophes et elles utilisent des substances organiques à la base de leur métabolisme ou sont même capables d'ingérer des bactéries (Domaizon et al., 2003; Zubkoy et Tarran 2008). Leur forme est extrêmement variée, la diversité morphologique étant souvent liée à une adaptation à la mobilité (flottaison, et mouvements verticaux) (Zeitzschel, 1978). La chlorophylle-a, un des pigments chlorophylliens, est le pigment majoritaire impliqué dans le processus de photosynthèse. Le phytoplancton se situe le plus souvent dans la couche supérieure éclairée des masses d'eau, dite zone euphotique dont la limite inférieure correspond à la profondeur recevant 1% de la lumière incidente.

Si les organismes phytoplanctoniques représentent seulement 1% de la biomasse des organismes photosynthétiques sur Terre, ils assurent 45% de la production primaire

## **Chapitre01:Dynamiquedephytoplanctondansleseauxdouces.**

(Chisholm, 1995 ; Behrenfeld et al, 2001). Ils sont ainsi à la base de la chaîne trophique pélagique (Azam et Malfatti, 2007) et sont donc responsables d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques. Les eaux douces et particulièrement les eaux de surface, qui représentent une ressource vitale pour l'homme et sont menacées par des pollutions diverses, d'origine anthropique.

### **1.3. Habitat et écologie**

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

### **1.4. Eco stratégie des phytoplanctons et leurs adaptations avec les autres éléments**

Le phytoplancton comporte des organismes autotrophes qui possèdent, suivant les espèces, en plus de leurs remarquables possibilités d'adaptation à la température, une excellente adaptabilité aux variations lumineuses grâce à une composition pigmentaire qui leur permet d'utiliser une large gamme du spectre lumineux. Certaines espèces peuvent aussi se déplacer dans la colonne d'eau grâce à des glissements, à des mouvements hélicoïdaux ou à la présence de vésicules à gaz. Ces éléments leur permettent d'aller se positionner au niveau leur optimum lumineux dans la zone euphotique ou de descendre dans les couches inférieures chercher des concentrations plus importantes en nutriments. D'autres peuvent s'affranchir partiellement des éléments nutritifs de par leurs capacités de stockage ou de transformation de l'azote atmosphérique. Selon Chorus et Bartram (1999), dans le phytoplancton il y a des organismes « écostratégiques » pouvant adopter plusieurs comportements qui les conduisent à dominer les communautés algales : « *Ecostratégiques dispersés ou stratifiants* ». C'est le cas des genres

## Chapitre01:Dynamiquedephytoplanctondansleseauxdouces.

*Planktothrix*et*Limnothrix*. Cesontdesespècesfilamenteusesensiblesauxfortesintensitéslumineuses.

### 1.5. Classificationtaxonomiqueduphytoplancton

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytotologique par la présence ou non d'un noyau cellulaire (ADN confiné dans une enveloppe nucléaire) (Prescott et al., 2003). Les individus qui sont munis d'un noyau sont classés sous le nom d'eucaryotes ou algues vraies et ceux qui sont dépourvus de celui-ci sont les procaryotes ou cyanobactéries. A l'heure actuelle, la phylogénie est en pleine évolution, grâce notamment aux avancées technologiques en biologie moléculaire (Iglesias-Rodriguez et al., 2006 ; Not et al., 2007; Saez et al., 2008). A ce jour quatre phylums avec huit principales classes différenciées selon des critères morphologiques, cytotologiques, biochimiques et reproductifs sont recensés dans les milieux aquatiques qui sont représentés dans le tableau 01.

**Tableau01:** Principales classes de phytoplancton différenciées selon des critères morphologiques, cytotologiques, biochimiques et reproductifs.

Classe	Descriptions	Exemples
Les Bacillariophycées	<p><b>Caractéristiques morphologiques:</b></p> <p>- Paroi cellulaire siliceuse appelée frustule (Germain, 1981).</p> <p>- Le pourtour des valves est connecté avec des bandes qui constituent la ceinture de la cellule. (Canter-Lund et Lund, 1995).</p> <p><b>Pigments :</b> chlorophylles: a, c1, c2 et c3; <b>Xanthophylles:</b> fucoxanthine, diatoxanthine, diadinoxanthine.</p> <p><b>Substance de réserve:</b> chrysolaminarine, lipides.</p>	<p><i>Pinnularia.sp;</i>  <i>Cyclotella meneghiniana ;</i>  <i>Melosira varians</i>  <i>Asterionella forinosa;</i>  <i>Nitzschia sp.</i>  <i>Amphoras sp ;</i>  <i>Amphiprora alata</i></p>
Les Chlorophycées (algues vertes)	<p>- Possèdent une paroi cellulaire glycoprotéique pourvue de 2, 4 ou 8 flagelles de même taille, un noyau et deux vacuoles contractiles localisées à la base des flagelles.</p> <p><b>-Pigments:</b> chlorophylles ; a et b; xanthophylles Lutéine, violaxanthine.</p> <p><b>Substance de réserve:</b> amidon intraplastidial</p> <p><b>Paroi cellulaire:</b> principalement cellulose.</p> <p><b>Morphologie:</b> unicellulaire, coloniale, filamenteuse, cénobiale, formes avec ou sans flagelles.</p> <p><b>Reproduction:</b> asexuée (fission binaire) et sexuée (isogamie, anisogamie et oogamie).</p>	<p><i>Ulothrix zonata;</i>  <i>Micrasterias radiosa;</i>  <i>Scenedesmus acuminatus;</i>  <i>Pediastrum boryanum.</i></p>

## Chapitre01:Dynamiquedephytoplanctondansleseaouxdouces.

LesCyanophycéesoualguesbleues	<p><b>Pigments:</b> chlorophylle a ; Phycobiline(Phycocyanine,Allofiocyanine,Phycocérythrine).<b>Substancederéserve:</b>glycogène,nacrée).</p> <p><b>Reproduction:</b>asexuéeetsexuée.</p> <p><b>Paroi cellulaire :</b>peptidoglycane.</p> <p><b>Morphologie:</b>unicellulaire,coloniale,filamenteuse<b>R</b></p> <p><b>eproduction:</b> asexuée(fission binaire,fragmentation).</p>	<p><i>Microcystisaeruginosa</i> ;<i>Planktothrixrubescens</i> ;<i>Oscillatorialimos</i>a.</p>
LesCryptophycées	<p><b>Pigments:</b>chlorophylles:aetc2;Phycobiline:Phycocyanine,phycoérythrine.</p> <p><b>Substancederéserve:</b>amidon extraplastidial.</p> <p><b>Paroi cellulaire :</b> généralement absente.<b>Morphologie:</b>cellulesnues,ovalesetaplaties, avec2flagelles inégaux.</p> <p><b>Reproduction:</b>principalementasexuée(fission binaire).</p>	<p><i>Rhodomonas salina</i> <i>Chilomonas paramecium</i> <i>Cryptomonas serosa</i></p>
LesDinophycées	<p><b>Pigments:</b>chlorophylles:aetc2;xanthophylles:Pyridine,diadinoxanthine.</p> <p><b>Substancederéserve:</b>amidon,lipides.</p> <p><b>Paroi cellulaire:</b> si présente, constituée de cellulose.<b>Morphologie:</b> principalement unicellulaire, cellulesnues ou renforcées par des plaques polygonales, avecflagellesperpendiculaires.</p> <p><b>Reproduction:</b>asexuée(fissionbinaire,formation d'aplanospores)etsexuée (isogamie,anisogamie).</p>	<p><i>Ceratiumfurca</i> <i>Ptychodiscus brevis</i> <i>Protogonyaulax attenuella</i></p>
LesChrysophycéesoualguesdorées	<p><b>Pigments:</b>chlorophylles:a,cl etc2;xanthophylles:fucoxanthine,diatoxanthine,diadinoxanthine.</p> <p><b>Substancederéserve:</b>chrysolaminarine,lipides.</p> <p><b>Paroi cellulaire:</b> écailles de silice et cellulose.<b>Morphologie:</b> unicellulaire ou coloniale (rarementfilamenteuse).</p> <p><b>Reproduction:</b>asexuée(fissionbinaire, zoonsporulation)etsexuée(isogamie).</p>	<p><i>Dinobryonsp</i> <i>Uroglenaapiculata</i></p>
LesXanthophycéesoualguesjaunes	<p>-Ellesviventàl'étatunicellulaire,colonialoudefilament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes(<math>\beta</math>-carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte (Ettl, 1978).</p> <p>-Laparoicellulaire est souvent absente et quand elle</p>	<p><i>Botrydiumgranulatum</i></p>

## Chapitre01:DynamiquedephytoplanctondansleseaXdouces.

	<p>est présente.</p> <p>-</p> <p>La division: fission binaire mais peut également former des zoospores.</p> <p>- La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (Ott et Oldham-Ott, 2003).</p>	
Les Euglénophytes	<p>-</p> <p>Des algues unicellulaires flagellées rarement coloniales.</p> <p><b>Pigments:</b> chlorophylles «a» et «b».</p> <p>- sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, une vacuole contractile et un stigma orange à rouge composé de globules de caroténoïdes (Rosowski, 2003).</p> <p>- Photosynthétiques et parfois hétérotrophes.</p>	<p><i>Euglena</i> sp.</p> <p><i>Phacus</i> sp.</p>

### 1.6. Indicateur de qualité biologique

Il s'agit du phytoplancton, des macrophytes, des invertébrés ou des poissons, les indicateurs biologiques (bio-indicateurs) sont basés sur le même principe. La variété des taxons présents dans un prélèvement, leur assemblage, la présence ou l'absence de groupes sensibles (une pollution par exemple), donnent une indication sur la qualité des milieux. Ainsi, Blandin (1986) a donné au terme bio-indicateur la définition suivante : « Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques - permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème complexe et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées ».

A cet effet, Reynolds et al. (2002) ont publié une description détaillée de 31 assemblages phytoplanctoniques qui peuvent être vus comme des groupes fonctionnels, c'est-à-dire des groupes d'espèces avec une sensibilité plus ou moins grande pour différentes combinaisons de propriétés physiques, chimiques et biologiques internes au lac (profondeur de la zone de mélange, lumière, température, P, N, Si, CO<sub>2</sub>, et pression de prédation).

Le phytoplancton, qui est donc fortement influencé par les changements environnementaux (Padisak et al. 2006 ; Salsamo et al. 2006 ; Anneville et al. 2008), est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation, spécialement dans les lacs (Solheim et al. 2005). Ainsi, ce compartiment biologique a été proposé puis imposé par la DCE (directive cadre de l'eau: directive européenne du 23 décembre 2000) comme élément

## **Chapitre01:Dynamiquedephytoplanctondansleseaouxdouces.**

dequalitébiologiquepourleslacsetestidentifiéaujourd'aujourd'huicommeunbio-indicateur.

Ainsi, ce compartiment biologique a été proposé puis imposé par la DCE (directivecadredel'eau;directiveeuropéennedu23décembre2000)commeélémentdequalitébiologique pour les lacs et est identifié aujourd'hui comme un bio-indicateur potentiel puisquerépondantauxchangementsstrophiquesdesmassesd'eau.Troisparamètresrelatifsauphytoplanctonpeuventêtrereutiliséspourl'évaluationdel'étatécologiquedeslacsetladéfinitiondesstatuts«très bon»,«bon»et «moyen».Ils'agit de:

- 1) l'abondanceetlacomposition phytoplanctoniques.
- 2) labiomassephytoplanctoniques(vialesestimationsdelaconcentrationdechlorophylleaetdubiololumemoyen).
- 3) l'intensitéetlafréquencedesbloomspanctoniques.

### **1.7. Conditionsdedéveloppementduphytoplancton**

#### **1.7.1. Lesfacteursabiotiques**

D'aprèsFindleyetKlingh(1994),lespopulationsphytoplanctoniquesvarientaveclesaisonssetdépendentdefacteursàla foisphysiques et chimiquesquisont :

##### **1.7.1.1. Température**

La température est au nombre des facteurs les plus importants qui permettent à une espèce d'apparaître, d'atteindre un développement maximal, enfin de disparaître à des époques de l'année bien déterminées (Gayral, 1975). En fonction du degré de perturbation de la température, les variations peuvent être notées au niveau du déplacement des espèces ou enregistrées dans les évolutions physiologiques des organismes (ex. problèmes de croissance, de reproduction,...) (Feki, 2013).

##### **1.7.1.2. Salinité**

La salinité est un facteur qui conditionne l'aire de répartition des espèces vivantes dans un milieu donné en fonction de leur préférence. Si la salinité varie, la survie des organismes sera fonction de leur tolérance. La salinité influence également la densité des eaux entraînant un gradient vertical à l'origine d'une stratification des eaux (principalement aux environs du front de salinité) (Feki, 2013).

##### **1.7.1.3. Vent**

Il joue un rôle important dans le cycle de l'eau, il augmente l'évaporation consommant de l'énergie et adonc un pouvoir de refroidissement considérable (Rickliff et Miller, 2005). Dans les systèmes aquatiques le vent détermine la profondeur maximale à laquelle se fait sentir l'action du vent. L'eau brassée devient homogène sur toute la hauteur d'une couche de

## **Chapitre01:Dynamiquedephytoplanctondansleseauxdouces.**

mélange. Par ailleurs ce processus y assure une bonne oxygénation dans les lacs profonds. D'autre part dans les lacs moins profonds on observe une remise en suspension du sédiment avec comme conséquences, une augmentation de la turbidité, réduction de la transparence

et de la pénétration de la lumière. La limitation de la croissance des organismes photosynthétiques entraîne progressivement une anoxie de la masse d'eau au fond du lac (Pourcher, 1990).

### **1.7.1.4. La lumière**

D'après Angelier (2000), Les hautes intensités lumineuses ont une action inhibitrice sur le mécanisme photosynthétique ainsi que sur l'activité fixatrice des microorganismes photosynthétiques fixateurs d'azote. La répartition spatiale des cyanobactéries est localisée préférentiellement en zones ombragées dans les milieux terrestres ou à quelques millimètres au-dessous de la surface du sol. En milieu aquatique, Horne et Fogg (1970) ont observé une dominance des Chlorophycées filamenteuses en surface et des cyanobactéries en profondeur. De ce fait ce groupe phytonctonique évite les surfaces trop exposées (Houari, 2009).

### **1.7.1.5. Précipitations**

Les pluies jouent un rôle capital dans la dynamique planctonique puisqu'elles apportent une quantité non négligeable de nutriments et participent à l'initiation de séquences phytonctoniques automnales et printanières (Zingone *et al.*, 1995; Jamet *et al.*, 2005).

### **1.7.1.6. Nature géologique du bassin versant**

Les bassins versants constituent un système dynamique d'érosion, de transport et de sédimentation. C'est un système ouvert qui est le siège d'entrée et de sortie et transfert des flux de matières et d'énergie (Leveque, 2001). Il est donc évident pour cet auteur que les facteurs géolithologiques, la nature des terrains traversés, la couverture végétale, les activités anthropiques ainsi que la profondeur, la morphométrie de la cuvette et la stratification thermique exercent une influence importante sur la composition de la communauté phytonctonique en imposant la qualité physico-chimique de l'eau.

### **1.7.2. Facteurs biotiques**

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

## Chapitre01:Dynamiquedephytoplanctondansleseaouxdouces.

**a/** Lesfacteursphysico-

chimiquesd'originebiotiqueconséquencesdesactivités métaboliquesetparlessecrétionsdanslemilieu des substances favorables ou toxiques pour les autres espèces.

**b/** Lesfacteurs trophiquesdenaturebiologique,à l'exemple dessels nutritifs libérés dans le seaux (ou le sol) sous l'action de la décomposition.

**c/** Lesfacteurs intraspécifiques, qui regroupent les interactions se déroulant à l'intérieur d'une même espèce (entre individus).

### **1.8. Actiondesalguesurlemilieu**

Lesalguesduphytoplanctonontuneinfluencedirectesurlesconditionsphysico-chimiquesd'unécosystème aquatique (Tab.02)(Barroin,1999).

**Tableau02:** Actionsdesalguesurlesconditionsphysico-chimiquesd'unécosystèmeaquatique.

<p><b>Oxygénation</b></p>	<p>-L'oxygène est présent dans l'eau sous forme dissoute ou gazeuse. A une température donnée et à une pression donnée, il existe une quantité maximale d'oxygène sous forme dissoute. C'est la teneur en O<sub>2</sub> pour laquelle l'eau est saturée à 100% (Dabadie, 1992). La présence de l'oxygène dans l'eau est le fait de la diffusion de l'air dans l'eau à partir de la surface et surtout de l'activité photosynthétique. D'après Valyron (1989), dans un milieu contenant beaucoup d'algues et peu de consommateurs (bactéries, zooplancton, poissons), la teneur en O<sub>2</sub> varie au cours de la journée, minimale le matin, elle peut atteindre ou dépasser les 100% de saturation le soir.</p>
<p><b>Consommation du dioxyde de carbone</b></p>	<p>La consommation de CO<sub>2</sub> par les algues au cours de la photosynthèse va principalement se traduire par une augmentation du pH, Cette augmentation de pH due à la mobilisation du CO<sub>2</sub> par l'activité photosynthétique peut induire à l'ionisation de certains ions. Ainsi la forme toxique de l'ammoniac NH<sub>3</sub> devient de plus en plus élevée quand le pH s'élève. L'incidence peut être fatale pour divers organismes aquatiques tels que le zooplancton (rotifères et daphnies) (Dabadie, 1992).</p>

<b>Actionantibactérienn</b>  <b>e</b>	Diversfacteurspeuventl'expliquer: - L'augmentationdupHestdéfavorablepourlesbactériespathogènescomp étition pour lesnutriments. - libérationdesubstancesinhibitricesantibactériennes, oncitelachlorellineprod uite par l'algue Chlorellavulgaris, la scenedesmine par <i>Scenedesmusquadricauda</i> , la pandorinine par <i>Pandorinamorum</i> , et laphormidinepar <i>Phormidium</i> spp(Houari, 2009).
---	---

### 1.9. Rôleetimportanceécologique

Les organismes phytoplanctoniques sont à la base des chaînes trophiques pélagiques et doncresponsables d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques.Lorsque certaines conditions sont favorables (températures élevées associées à des conditionsmétéorologiquescalmes,niveauxélevésd'élémentsnutritifs d'origineanthropiqueounat urrelle), certaines espèces peuvent proliférer de manière significative (Reynolds, 1988).Selon McQueen et *al.*, (1986), la structure de toute communauté aquatique est sous le contrôlededifférentsfacteursquiinteragissent simultanément entreeux:

- Les facteurs ascendants (« bottom-up » en anglais) qui se définissent en particulier parla dynamique des ressources nutritives (apports endogènes et exogènes) et qui vontdéterminerletypedepeuplementalgal.
- Lesfacteursdescendants(«top-down»enanglais)quisontdéfinisenparticulierparla pression de prédation exercée par les herbivores et qui vont en retour modifier lastructure du réseau trophique. Ainsi les organismes photosynthétiques se ront broutéspar du zooplancton herbivore, lui-même consommé par du zooplancton de plus grandetaille, oupardespoissonsbrouteurs.Danstouslescas,lespoissons carnivoresreprésent ent le niveau trophique supérieur des écosystèmes aquatiques. Chaque étapegènèredes détrituss de matière organique particulaire et dissoute dont les bactériesassurent la minéralisation en bouclant ainsi le système. Au sein du phytoplancton, lastabilisation de la colonne d'eau (relation avec le vent, le courant...) provoque unremplacement des espèces non motiles comme les diatomées présentes au cours despériodes de brassage et de crue, par des espèces flagellées (comme les Dinophycées etChrysophycées)etcertainesCyanophycées(JonesetPoplawski,1998).Cesdernièresédép lacentdanslacolonne d'eaupouroptimiserleuractivitéphotosynthétiqueen

## **Chapitre01:DynamiquedephytoplanctondansleseaXdouces.**

fonction de l'éclairage et des concentrations en sels nutritifs, ce qui justifie la mention d'écologie de Chorus et Bartram en 1999.

Le phytoplancton est la partie végétale du plancton contrairement au zooplancton qui correspond à la partie animale. Comme toute plante, elle est autotrophe. Le phytoplancton a joué un rôle important dans la formation de l'atmosphère en convertissant le dioxyde de carbone dissous dans l'eau en oxygène, dans les premiers instants de l'émergence de la vie sur Terre. Aujourd'hui encore, c'est le poumon inattendu de la planète, à l'image des jungles immaculées de l'Amazonie. La production de biomasse (20 tonnes de carbone organique par an, soit à peu près l'équivalent de la production terrestre) est à la base de la chaîne alimentaire (Morales, 2014).

Le phytoplancton, principal producteur des milieux aquatiques, est également exploité « naturellement » comme source de nutriments pour l'aquaculture (Spolaore et al., 2006). Dans ce secteur majeur de la production mondiale, les microalgues sont utilisées directement pour répondre aux besoins des stades larvaires des mollusques et crustacés bivalves (Muller-Feuga et al., 2003) ou indirectement comme complément alimentaire et substrat du zooplancton, comme base de nourriture pour de nombreux types d'aquaculture. À l'exception de la spiruline, la digestibilité réduite de ces cellules, due à la paroi en pseudo-cellulose, rend difficile la consommation de cette ressource protéique par les animaux terrestres (Baker, 1994).

C'est aussi la principale source de nourriture pour les huîtres et les mollusques en général. Pour s'en nourrir, les huîtres filtrent une masse d'eau jusqu'à « 1500 fois le poids de la nourriture qu'elles contiennent » (Robigo, 2005). Cette capacité à filtrer l'eau de leur environnement en fait des capteurs naturels, ou bioaccumulateurs, qui retiennent les métaux lourds et autres polluants. Leurs glandes digestives jusqu'à de très fortes concentrations sans provoquer leur mort (Auby et Maurer, 2004).

Les microalgues sont toujours considérées comme une source intéressante parmi les matières premières renouvelables, elles contiennent de grandes quantités de protéines, d'huiles et de substances bioactives et se trouvent donc à la croisée des chemins des filières industrielles de l'agro-alimentaire et de la cosmétique Chimie, pharmacologie, bioénergie. Il existe encore des doutes sur la rentabilité de leur production, et on constate de plus en plus que les algues produisent des composants encore méconnus (Becerra Celis, 2009 ; Silber Steyer, 2013 ; Rastwin, 2014)

### **1.10. Rôleduphytoplanctondansl'écosystèmeaquatique**

Les microalgues peuvent aussi être utilisées pour la protection de l'environnement en utilisant leur capacité à fixer le dioxyde de carbone et certains métaux lourds lors de leur croissance (traitement des eaux usées, réduction des gaz à effet de serre) et à produire de l'énergie sans dégagement de gaz à effet de serre (production de biofuel) (Becerra Celis, 2009; Doré-Deschênes, 2009). Les plus étudiées aujourd'hui, notamment pour la production de biocarburants, sont les microalgues vertes (*Chlorella*, *Chlamydomonas*...) (Villay, 2013). En plus du domaine énergétique, les microalgues sont utilisées en industrie dans les domaines pharmaceutique, nutraceutique, cosmétique et alimentaire (Sirois, 2013). Sans ce premier maillon de la chaîne trophique, la diversité des espèces aquatiques ne serait pas ce qu'elle est, et nous non plus, puisqu'il produit la moitié de l'oxygène que nous respirons. Et pourtant le plancton végétal, composé d'organismes microscopiques, est en train de disparaître dans les océans. D'après une étude menée par une équipe de chercheurs internationaux, depuis 1899 la masse de phytoplancton a en moyenne baissé à un rythme de 1% par an (Peltier, 2010)

### **1.11. Diversitédephytoplancton**

Malgré le rôle fondamental du phytoplancton, sa diversité est encore mal connue. Bien que les océans couvrent 71 % de la surface de la planète, la biodiversité marine a été bien moins étudiée que celle présente en milieu terrestre. Andersen (1992) souligne la difficulté d'accès et le caractère dispersif du milieu marin pélagique. Sournia et *al.* (1991b) et Norton et *al.* (1996) ont estimé à plus de 5 000 les espèces appartenant au phytoplancton, seulement pour le milieu marin. Si le nombre d'espèces décrites du phytoplancton marin apparaît faible au regard de la diversité des plantes terrestres (Briggs, 1994), de nouvelles analyses sur la diversité génétique d'assemblages naturels ont révélé une diversité insoupçonnée à différents niveaux taxinomiques (Simon et *al.*, 2009). Des études récentes menées dans les domaines tels que la systématique, l'écologie, la physiologie et la génomique du phytoplancton ont dévoilé une diversité insoupçonnée, en particulier dans la fraction de taille pico planctonique. Ces résultats ont des impacts majeurs sur notre compréhension de l'évolution du phytoplancton. Comprendre et évaluer la diversité phytoplanctonique, en définissant avec précision davantage d'entités taxonomiques, sera essentiel pour appréhender et prédire l'impact de l'environnement sur ce compartiment majeur.

### **1.12. Croissanceduphytoplancton**

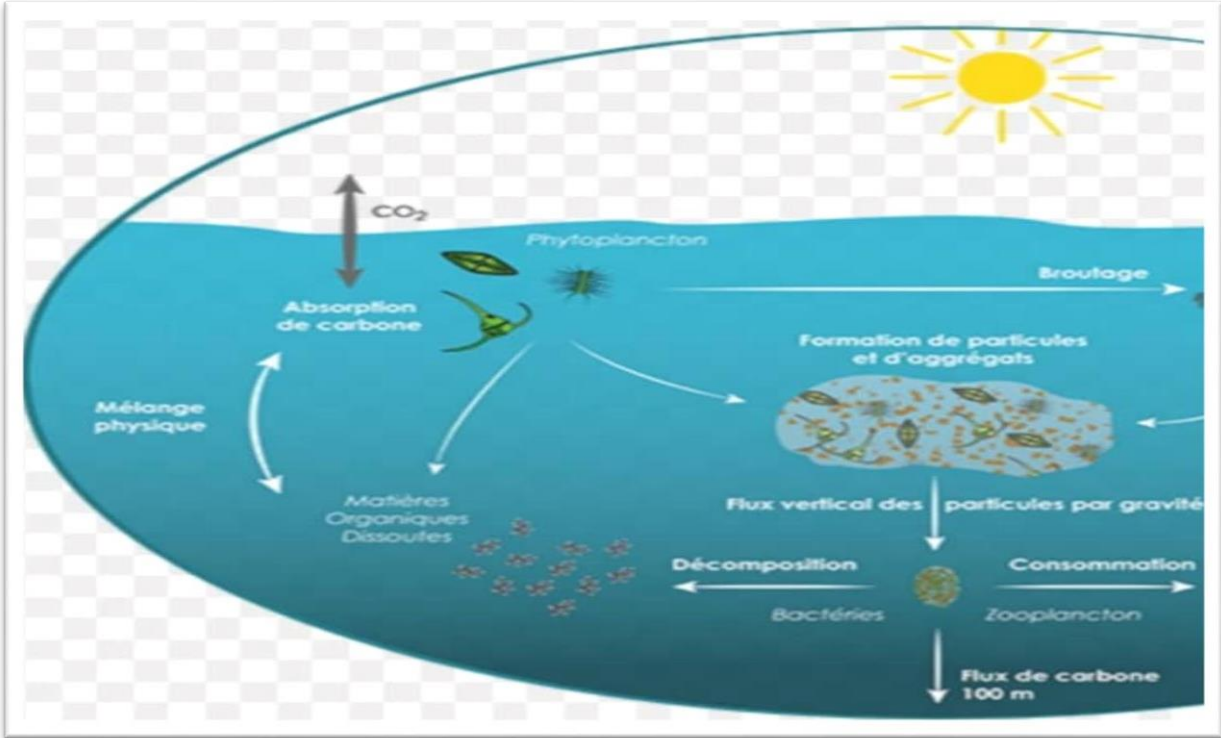
Limité par différents facteurs (Cloern, 1999); en effet, selon l'échelle de temps des variations physico-chimiques, le phytoplancton s'adapte par des modifications des

## **Chapitre01:Dynamiquedephytoplanctondansleseaouxdouces.**

communautés ou diverses adaptations physiologiques des individus. Certaines espèces sont capables de se diviser plusieurs fois par jour (Furnas, 1991). Des efflorescences (proliférations massives phytoplanctoniques) peuvent se produire lorsque les conditions environnementales (température, luminosité et nutriments) sont favorables (Smayda, 1997a ; Cloern, 1996). Parfois ces efflorescences peuvent être associées à des organismes producteurs de toxines (Paerl, 1988) et sont connues sous le terme Harmful Algal Blooms (=HAB ; Smayda, 1997b). Ce sont des phénomènes sporadiques dont la fréquence semble être en augmentation depuis quelques années et connaît une expansion inquiétante notamment dans les zones côtières. Toutefois, les connaissances actuelles montrent que seulement 5 % des espèces phytoplanctoniques sont capables de produire des toxines (Zingone et Enevoldsen, 2000) et 75 % d'entre elles, sont représentées par des Dinophyceae (Smayda, 1997b). Leur toxicité a été démontrée vis-à-vis notamment du zooplancton, des poissons et de l'homme (Beveridge et al., 1993; Boon et al., 1994). Le phytoplancton a également une influence majeure dans les cycles biogéochimiques et dans le fonctionnement global des écosystèmes aquatiques (Falkowski, 1984 ; Cloern et al., 1997). Par exemple, l'étude menée par Gibson et al. (1990) a mis en évidence que la classe des Prymnesiophyceae contribuait pour plus de 30% au flux des sulfures sur Terre.

### **1.13. Dynamique des communautés phytoplanctoniques**

Rien n'est statique. Les organismes interagissent, durant leur cycle de vie, avec leur environnement (biotique et abiotique). Toutes ces activités, accomplies par les communautés, déterminent leur dynamique. La dynamique du phytoplancton est étudiée donc les variations d'abondance spatio-temporelle de ce dernier et les facteurs qui en sont responsables. La production et la composition des communautés phytoplanctoniques évoluent de façon saisonnière et interannuelle (Cloern, 1996), aussi bien en milieu marin (Margalef, 1958), qu'en milieu lacustre (Amblard, 1987). Dans les écosystèmes océaniques hauturiers, la production primaire est contrôlée par différents facteurs et phénomènes physiques (Fig. 01).



**Figure01:**Dynamique desphytoplanctonsdans l’eau douce.

# **Partie expérimentale**

## Matérielsetméthodes

### 2.1. Cadredel'étude

#### 2.1.1 Présentationdelarégiond'étude

La wilaya de Laghouat, de par sa position géographique et ses caractéristiques climatiques, fait partie du groupe des neuf wilayas pastorales et des treize wilayas du sud du pays (MADR, 2006). Sur le plan écologique, la wilaya de Laghouat constitue avec d'autres wilayas, une zone tampon entre l'Algérie du Nord (le Tell et les régions côtières) et l'Algérie saharienne, sa superficie est de 25.052 km<sup>2</sup> et la population est estimée à 603.878 habitants. La wilaya de Laghouat est limitée au Nord et à l'Est par la wilaya de Djelfa, au sud par la wilaya de Ghardaïa et à l'ouest par les wilayas de Tiaret et El Bayadh (DPSB, 2017). Sur le plan naturel, elle est constituée de trois zones agro-écologiques distinctes (DSA, 2016).

- Les hautes plaines steppiques et les piémonts et montagnes atlasiques et le plateau saharien découlant du relief, la wilaya de Laghouat est influencée par trois types de climats, le semi-aride au nord, l'aride au centre et le saharien à l'extrême sud de la wilaya le climat semi-aride et le climat aride et le climat saharien (Mahi, 2014; Mechraoui, 2016) (Fig.02).

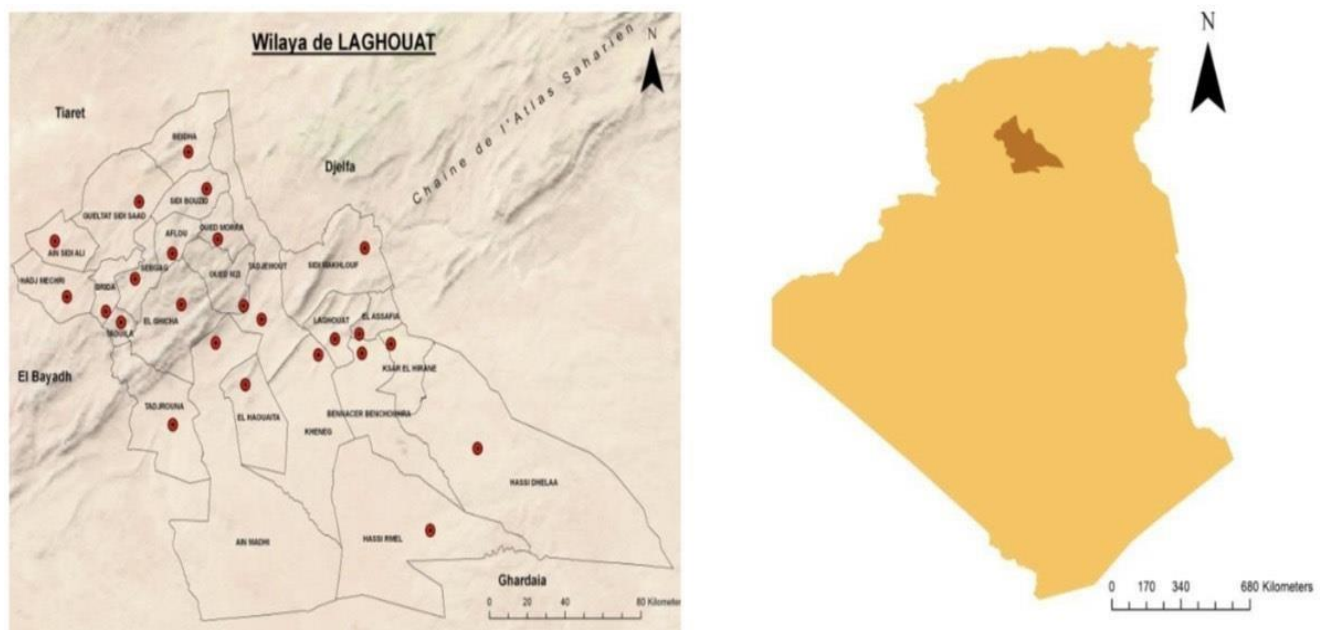


Figure02 : Situation géographique de la wilaya de Laghouat.

#### 2.1.2. Présentation des sites d'étude

##### 2.1.2.1. La commune de Gueltat Sidi Saad

Gueltat Sidi Saad est une commune de la wilaya de Laghouat en Algérie. Elle fait partie des hauts plateaux algériens donc c'est une zone steppique, là où on rencontre un climat semi-aride caractérisé par un hiver très froid et un été chaud. Le relief est essentiellement constitué

## Matérielsetméthodes

par de larges plaines, de collines et de montagnes. Elle est délimité au Nord, par la commune d'AinDeheb de la wilaya de Tiaret; à l'Est, par la commune de El Beidha; au Sud, par lescommunesdeSidiBouزيد,SebgagetBrida.à l'ouest,parlescommunesd'AïnSidiAlietHadjEl Mechri(Fig.03).



**Figure03:**La stationgéographiquede GueltatSidi Saad.

### 2.1.2.2. Carted'identité deBarragedeSidiBrahim

Barrage Sidi Ibrahim dans la commune de Ouest Gueltat Sidi Saad une façon 12km (N34°12,39 ; 35.1036 " E 1°52,39 ; 15.3912"). Il a été construit à un coût 420 million périmètrede ce barrage sur une surface de 600 hectares, alors La raison de sa construction était larévolution agricole à l'époque du président Houari Boumediene qui Finance de plus de 500millionsDA,commeutilisationdeBarrage,arroserlaterreetpâturage,boiredubétail(Fig.04).

## Matérielsetméthodes

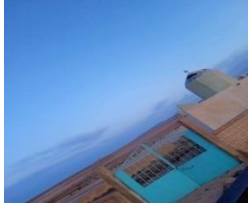





**Figure04:** BarragedeSidiBrahimdeGueltatSidi Saad.

### 2.1.2.3. Descriptiondessitesd'échantillonnage

Nousavonsréaliséplusieurs sortiessurterrainpendanttoutelapériodes'étendantentreFévrier et Mai 2022.Le choix des quatre stations a été fait selon : la topographie du milieu, lamorphométrie(lesprincipauxcours'd'eauquidéversentauniveaubarrage),laprofondeurlanature delacouverturevégétale,les activitésagricoleset lepâturage(Tab.03).

**Tableau03:**DescriptiondelastationdeBarrageGueltatSidisaad.

Sites	Station1	Station2	Station3	Station4
				
<b>Description</b>	PrèsdutombeaudeSidiIbrahimIbnAdjal(proche des touristes).Exposé au traficroutier.	Collinedesable ;Quelquesalgues ;Desvégétauxaquatiques etterrestre.	Prèsd'administrationdebarrage ;Quelquealgues.	Àcôtéd'unpeud'herbe ;Petite plantes ;Des végétaux ; Quelquealgues.
<b>Coordonnées GPS</b>	N 34° 12'17.8956"E1°52'12.846"	N 34°12' 25.5744"E1°52'16.5396"	N34°12'34.2144" E1°52'16.23"	N 34°12'31.2192"E 1°52'18.2208"
<b>Altitude</b>	1174m	1142m	1151m	1145m

L'échantillonnage a été réalisé pendant 4 mois dans quatre stations qui sont montrées dans

## **Matérielsetméthodes**

---

la(Fig.05),durantlesheuresdumatin.Leprélèvementd'eauétéfaitenprofondeurde50

## Matérielsetméthodes

cm, un échantillon représentatif d'une colonne d'eau et posée dans une bouteille plastique, et il est maintenu en glacière à 4°C jusqu'à l'analyse ultérieure.



**Figure 05:** Situation de quatre stations

d'échantillonnage au niveau du Barrage de Sidi Brahim (Original, 2022).

## 2.2. Caractérisation de la qualité de l'eau

### 2.2.1. Les facteurs abiotiques

La mesure des paramètres physico-chimiques en vue de la caractérisation de la qualité de l'eau des sites prospectés, nous sommes intéressés à 11 paramètres physico-chimiques. Ils s'agit de la température d'eau ( $T^{\circ}$ ), le pH, la conductivité électrique (CE), la salinité (S%), le total des solides dissous (TDS), la turbidité (Turb), l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), le phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), le nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), le nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) et la matière en suspension (MES).


Ces paramètres ont été étudiés au niveau du laboratoire de l'Algérienne des Eaux. Les détails concernant tous ces paramètres sont notés dans le tableau 04 ci-dessous.

**Tableau 04:** Méthodes et matériels utilisés pour l'analyse physico-chimique.





Paramètres mesurés	Unités	Matériel utilisé	Mode opératoire
--------------------	--------	------------------	-----------------

## Matérielsetméthodes

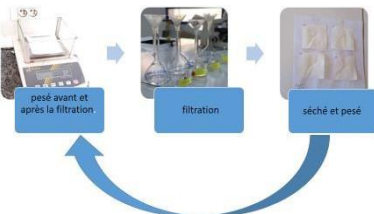
---

(T°)	°C	Thermomètreàmercure. 	<ul style="list-style-type: none"><li>- Enfoncerlethermomètredansl'eau.</li><li>- Attendrequelquesminutesetlirelavaleurindiquée.</li></ul>
------	----	---	--

## Matérielsetméthodes

<b>pH</b>	/	<p>PHmètre</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Prendreunequantitéd'échantillon àmesurer.</li> <li>- Immergerl'électrodedanslebéchercontenantl'eauàanalyser.</li> <li>- LaisserstabiliserunmomentetnoterlepHindiqué.</li> </ul>
<b>CE</b>	$\mu\text{s/cm}$	<p>Conductimètre(HACHCOMPANY)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rincel'échantillonàlaconductivité</li> <li>- Faire la mesure dans un récipient contenant de l'eau à examiner en prenant soin que les électrodes soient bien immergées.</li> </ul>
<b>S%</b>	mg/L		Apartirdela conductimètre(lecture directe).
<b>TDS</b>	mg/L		- Immerger l'électrode dans le bécher contenant l'eau à analyser.
<b>Turb</b>	NTU	<p>Turbidimètre</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Prendreunequantitéd'échantillon àmesurerapartirdelaturbidimètre.</li> <li>-Attendrequelquesminutesetlirelavaleurindiquée.</li> </ul>
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	mg/L	<p>Spectrophotomètre</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10ml d'échantillon dans chaque bécher + 4 goutte acide acétique + 0.5 salicylate de na + 8 goutte nitrate desodium (séchage à 166c° pendant 1h30min).</li> </ul>
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	mg/L		<ul style="list-style-type: none"> <li>10ml d'échantillon dans chaque bécher.</li> <li>+ 1ml réactif ammonium.</li> </ul>

## Matérielsetméthodes

<p><math>\text{PO}_4^{-3}</math></p>	<p>mg/L</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Prendre 10 mldel'échantillon.</li> <li>- Ajouter 1 mld'acideascorbique(10%).</li> <li>- lecture à 699 nm.(LegubeetMerlet,2009).</li> </ul>
<p>Sulfate (<math>\text{SO}_4^{-2}</math>)</p>	<p>mg/L</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-utilisé4 bécherdanschaquebécher (50 mlechantillon)</li> <li>+ 1 mlsolutionstabilisante.</li> <li>+ 1 mlsolution dechloruredebaryumAgiter 1 mn.</li> </ul>
<p><math>\text{NO}^{-2}</math></p>	<p>mg/L</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prendre 10 mld'eauàanalyser.</li> <li>- Ajouter 4 gouttesd'acideacétique.</li> <li>- Ajouter 8 gouttesdenitrurede sodium (<math>\text{NaN}_3</math>)</li> <li>- Attendre 5 minutes.</li> <li>- ajouterunepincéedesalicylatedesodium.</li> <li>- sécheràl'étuveà 200°cavecventilation etlaisserrefroidir.</li> <li>- Reprendrele résiduavec 16 gouttesd'acidesulfuriquecon centré(8N).</li> <li>- laisserreposer 15 mnpuisajouter 10 mldeNaOH(20 %).</li> </ul> <p>(LegubeetMerlet,2009).</p>
<p>MES</p>	<p>mg/L</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouladéterminationdessolidesensuspensiondansl'eau en appliquant une méthode de poids différentielaprès filtration sur un filtre en fibre de verreWHATMAN GF/C 47 <math>\mu\text{m}</math> afin de retenir toutes lesparticulesdetaille variable.</li> <li>-Lefiltreest séchéetpeséavantetaprès lafiltration.</li> <li>-Ladifférencedepoidspermetdeconnaîtrelepoidssectotal de matière en suspension dans le volume filtrécorrespondant(Aminotetchaussepied,1983).</li> </ul> $MES(\text{mg/l}) = \frac{P_2 - P_1}{V}$ <p>P1=poidsdufiltreavantfiltration(mg). P2=poidsdufiltreaprèsfiltrationetséchage(mg).V= volumefiltré (litre).</p>

## **Matérielsetméthodes**

---

### **2.2.2. LesFacteursbiotiques**

#### **2.2.2.1. DosagedelaChlorophylle-**

#### **aetdesPhéopigmentsdansl'eau(MéthodemonochromatiqueLORENZEN(1967)solvant:acétoneà90%)**

La mesure de la chlorophylle-a est utilisée comme indicateur de la biomasse phytoplanctonique dans les eaux naturelles. Elle représente le plus important pigment chez les organismes photosynthétiques aérobies (excluant les cyanobactéries). Pour cela, une estimation de la biomasse phytoplanctonique par voie chimique (par extraction et détermination des pigments photosynthétiques) s'avère satisfaisante, plus simple et plus rapide que des méthodes basées par exemple, sur le comptage des cellules. L'analyse des principaux pigments chlorophylliens comme le chlorophylle a. Méthode de LORENZEN (1967) solvant: acétone à 90%) La détermination quantitative globale de la fraction particulière vivante dans les milieux aquatiques est importante pour l'étude et la compréhension des phénomènes écologiques. Pour cela, une estimation de la biomasse phytoplanctonique par voie chimique (par extraction et détermination des pigments photosynthétiques) s'avère satisfaisante, plus simple et plus rapide que des méthodes basées, par exemple, sur le comptage des cellules. L'analyse des principaux pigments chlorophylliens (*chlorophylles a, b*, et leurs phéopigments) et celle des caroténoïdes nécessite l'extraction.

#### **a) Principedela méthode:**

- ✚ Filtration d'un l d'eau (sur filtre WHATMANGF/C0.47 μm) en présence de carbonate de magnésium.
- ✚ Introduction des membres filtration dans les tubes contenant 10 ml
- ✚ d'acétone Déchiqueter le filtre à l'aide d'un embout coupant. Boucher et agiter pour disperser les fibres puis l'agitation pendant 1 min.
- ✚ il est bon d'envelopper les tubes dans du papier aluminium et peuvent être conservés au congélateur un 24H.
- ✚ Après 24h: Centrifuger à nouveau 5 min à 3600.
- ✚ La mesure de la chlorophylle dans
- ✚ spectrophotomètre Remplacer la cuve d'acétone à 90% pour faire un rinçage.
- ✚ transférer le surnageant de centrifugation dans la cuve du spectrophotomètre: éviter l'entraînement de fibres de verre en aspirant lentement.
- ✚ Mettre la cuve en place et s'assurer de son positionnement correct, lire les absorbances brutes

## **Matérielsetméthodes**

---

des extraits non acidifiés aux longueurs d'onde de 665 et 750 nm. ( $A_{665}$  et  $A_{750}$ )

Acidifier par addition de 15  $\mu$ l d'acide chlorhydrique (HCL) 0.3 mol l<sup>-1</sup> pour 1 ml et attendre 2 à 3 min.

## Matérielsetméthodes

✚ Mesurer les absorbances brutes des extraits acidifiés à 665 et 750 nm ( $A_{0665}$  et  $A_{0750}$ ). Les concentrations, exprimées en  $\text{mg.m}^{-3}$ , en chlorophylle ( $Chl-a$ ) et en phéopigments (Phéo) ont été calculées selon les équations de Jeffrey et Humphrey (Jeffrey and Humphrey, 1975).

$$Chl-a = 27 * [(A_{0665} - A_{0750}) - (Aa_{665} - Aa_{750})] * (v / (L * V))$$
$$Phéo = 27 * [1.7 * (A_{0665} - A_{0750}) - (A_{665} - A_{750})] * (v / (L * V))$$

Où :

- $A_{0665}$  et  $A_{0750}$  = Absorbances à 665 et 750 nm avant acidification.
- $Aa_{665}$  et  $Aa_{750}$  = Absorbances à 665 et 750 nm après acidification.  $V$  = Volume du solvant utilisé pour l'extrait en millilitres.
- $V$  = Volume d'eau filtrée en Litres.
- $L$  = Parcours optique de la cuve utilisée en centimètres.
- 27 = Facteur déterminé expérimentalement (Constant) (Fig. 06).



Figure 06: Mesure de la chlorophylle-a et des phéopigments par spectrophotomètre.

### 2.2.2.2. Méthode D'étude de phytoplancton

#### a) Isolement:

Ce protocole d'échantillonnage du phytoplancton en cours d'eau, mais il doit également permettre d'obtenir les données indispensables à la mise au point d'un indice national basé sur cet élément biologique en grands cours d'eau. Pour cette raison, il est indispensable, au moins dans un premier temps, de disposer dans le même temps d'analyses des peuplements phytoplanctoniques et des teneurs en chlorophylles associées. La chlorophylle est en effet le paramètre d'estimation de la biomasse, qui a été inter-étalonné en plans d'eau et qui est susceptible de l'être en grands cours d'eau pour l'élément "phytoplancton". Pour la réalisation de l'étude

## **Matérielsetméthodes**

---

qualitative du phytoplancton, l'échantillonnage du phytoplancton a été réalisé dans les eaux de surface, où un volume 50L d'eau a été filtré à l'aide d'un filet à plancton de 20micromètres( $\mu\text{m}$ )de maille (Fig.07) puis conservé du formaldéhyde 4% (Lietal., 2019).



**Figure07:**Schéma représenteunfiletà plancton.

### b) Identificationetdénombrementduphytoplanctonaulaboratoire:

1. AjoutdequelquesgouttesdeLugolaufiltratafin defixeretsédimer lesespècesphytoplanctoniques (Fig.08).
2. Traçaged'unechambredecomptagede2Cm<sup>2</sup>.
3. Observationmicroscopiqueàl'objectifGr.\*40.

✚ L'identificationestbasesurlescaractèresmorphologiquesenutilisantlesdifférents guides d'identification du phytoplancton optique (Bourrelly, 1985 ;Michel,1987et Gregoireet al.,1978)).Lesprincipauxcritères retenussont :

- Laforme dela colonieoudutrichome.
- Latailleet lacouleur.



**Figure08:**Schémareprésentatif

d'identificationetdénombrementduphytoplancton

aulaboratoire.

### 2.3. Exploitationdesdonnées

#### 2.3.1. Indicesdediversité

##### 2.3.1.1. IndicodediversitédeSHANNON :

Cetindicerenseignesurladiversitédesespècesd'unmilieuétudié.SelonMagurran(1988),la valeur de cet indice varie généralement entre 1,5 et 3,5. Il dépasse rarement 4,5. Lorsquetous les individus appartiennent à la même espèce, l'indice de diversité est égal à 0 bits. Cetindice est indépendant de la taille de l'échantillon et tient compte de la distribution du nombre d'individus par espèce(Dajoz, 2003). L'indicede diversité de SHANNON dérive d'unefonctionétablieparSHANNONetWIENER.CetindicesymboliséparlalettreH'.Ladiversité estfonctiode la probabilité deprésencedechaque espècedansunensemble d'individus.LavaleurdeH'représentéeenunitésbinairesd'informationoubitsetdonnéeparlaformulesuivante(Dajoz,2003).

$$H' = -\sum P_i \log_2 P_i = \sum n_i/N$$

Où:  $P_i$  représente le nombre d'individus de l'espèce  $i$  par rapport au nombre total d'individus recensés:

##### 2.3.1.2. IndicedeEquitabilité:

L'indice d'équitabilité ou d'équipartition (E) est le rapport entre la diversité calculée (H') et la diversité théorique maximale (H'max) qui est représentée par le log2 de la richesse totale (S)(Blondel,1979).

$$E = H' / H'max$$

Où : H' est l'indice de Shannon :  $H'max = \log_2 S$  Cet indice varie de zéro à un. Lorsqu'il tend vers zéro ( $E < 0,5$ ), cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être concentrée sur une seule espèce. Il est égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Barbault,1981).

##### 2.3.1.3. Laconstanceoulafréquenced'occurrence

Laconstance(C)d'untaxondonnéeestlerapportdunombrederelevéscontenantcetaxon ( $P_i$ ) au nombre total de relevés (P) exprimé en pourcentage (Dajoz, 2006). La fréquence d'occurrence estcalculée autant pourle peuplement de la flore micro-algale que pourceluides items retrouvés dans le tube digestif (étude de régime alimentaire).BigotetBodot(1973),distinguentdesgroupesd'espècesenfonctiondeleurfréquenced'occurrence:

- Lesespèces constantessont présentesdans 50%ou plus desrelevés effectués.
- Les espèces accessoires sont présentes dans 25 à 49% des prélèvements.

## **Matérielsetméthodes**

---

- Les espèces accidentelles sont celles dont la fréquence est inférieure à 25% et supérieure à 10%.
- Les espèces très accidentelles qualifiées de sporadiques, ont une fréquence inférieure à 10%.

### **2.3.2. Analyses statistiques**

#### **2.3.2.1. Analyse univariées**

En analyse statistique univariée, nous avons calculé pour chaque variable les paramètres de base qui sont les statistiques descriptives : la moyenne, l'écart-type (s), les valeurs max et min (Dagnelie, 2000).

#### **2.3.2.2. Analyses bivariées**

L'analyse statistique bivariée consiste à calculer les corrélations linéaires simples entre les différentes variables deux à deux (Dagnelie, 2000). Ce coefficient est compris entre -1 et +1, il est en valeur absolue, d'autant plus proche de 1 que la liaison entre les deux séries d'observation est nette, pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire. Au contraire, si le coefficient est nul ou approximativement nul c'est que les deux variables ne sont pas corrélées entre elles. D'autre part, le signe de coefficient de corrélation indique si la relation entre les deux variables (séries d'observations) est croissante ou décroissante. En effet, lorsque le coefficient de corrélation est positif, les valeurs élevées d'une variable correspondent, dans l'ensemble, aux valeurs élevées de l'autre variable et vice-versa.

- Si  $p > 0.05$  → il n'existe pas de corrélation.
- Si  $p \leq 0.05$  → il existe une corrélation significative → \*
- Si  $p \leq 0.01$  → il existe une corrélation hautement significative → \*\*
- Si  $p \leq 0.001$  → il existe une corrélation très hautement significative → \*\*\*

P : C'est la probabilité qui met en évidence les différences significatives entre la valeur du coefficient de corrélation «r» et la valeur zéro.

Tous les calculs des analyses univariées et bivariées ont été exécutés avec le logiciel Past d'analyse et de traitement statistique des données.

# **Résultats et Discussion**

### 3.1. Caractérisationphysicochimique etqualitédel'eau

#### 3.1.1. Paramètresphysicochimiquesdel'eauetleursvariationsmensuelles

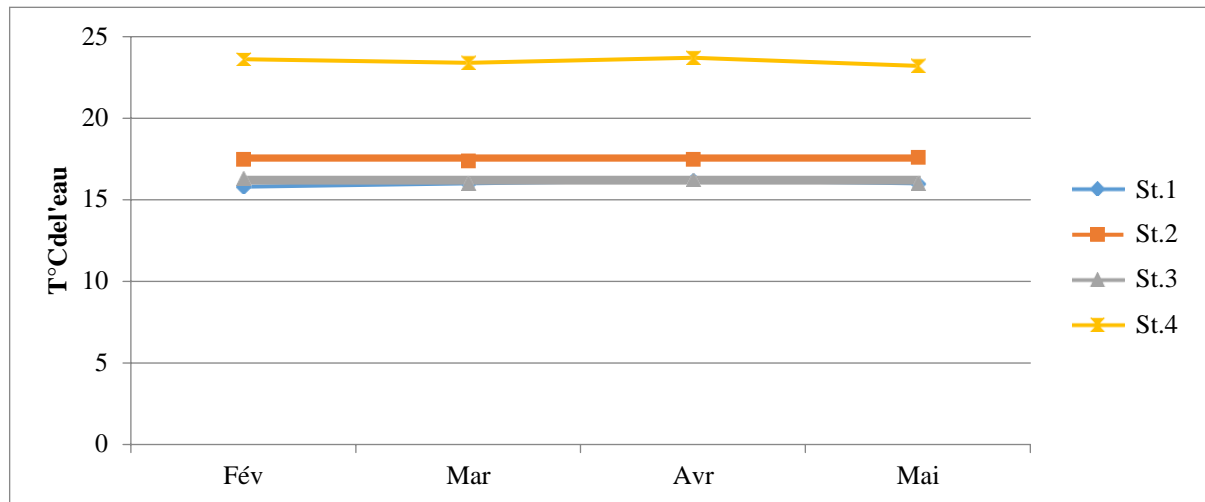
Lesdonnéescaractérisantlanaturephysico-chimiquedel'eaumesuréesselonlesméthodesdécritesplushaut,ainsiquesavariationmensuellesont rapportéesdansletableau05.Ilmontre l'analyse descriptive des paramètres physicochimiques de l'eau de notre site d'étude.**Tableau05** :Analyses descriptivesdesparamètresphysicochimiques del'eau.

	St.1				St.2				St.3				St.4			
	Min	Max	Mo y	SD±	Mi n	Max	Moy	SD±	Mi n	Ma x	Moy	SD±	Mi n	Max	Moy	SD ±
<b>T</b>	15,8	16,2	16	0	17,4	17,6	17,5	0	16	16,3 3	16,125	0	23,2	23,7	23,475	0
<b>pH</b>	7,3	7,7	7,46 5	0,47	7,28	9,5	8,365	0,547	7,32	7,53	7,4225	0,1775	6,96	7,2	7,0675	0
<b>CE</b>	1235	1279	1260	0	1237	1477	1260	0	1024	1094	1260	0	1085	1447	1260	0
<b>TDS</b>	617	639	624, 75	51,975	624	637	629,5	54,523	403	547	500,25	46,875	506	630	594	0
<b>Turb</b>	5,11	9,33	6,50 25	23,642 06	21,7	62,9	41,425	14,007 146	36,8	51	45,65	13,687 5	72,1	74,5	73,025	0
<b>S%</b>	0,617	0,639	0,62 475	0	0,62 4	0,637	0,6295	0,0545 2306	0,51 2	0,40 3	0,5002 5	0,0468 75	0,63	0,625	0,594	0
<b>MES</b>	20	91	60,5	0	21	120	52,75	0	60	180	92,5	0	50	120	72,5	0

##### 3.1.1.1. Température

La figure 09 présente les variations temporelles de la température dans les quatre stations de barrage Sidi Brahim pendant toute la période d'étude (4 mois). La valeur la plus basse est enregistrée à Février avec (15,8°C) pour St.1 et (16°C) pour St.3, tandis que la valeur la plus élevée est enregistrée au mois de Mai avec (17,6°C) pour St.1 et au mois de Avril avec (23,7°C) pour St.4. La température, considérée par les scientifiques le paramètre clé et le stimulateur de toute activité biologique, influe sur cette dernière dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces (Hamdi et Aitkaci, 2008). La composition du phytoplancton, dépend de la température de l'eau. Selon Goffart (2012) quand les eaux sont froides, les diatomées sont nombreuses. Ce sont des composantes du phytoplancton intéressantes car elles ont une valeur nutritive élevée pour le zooplancton. En coulant, elles

exportent du CO<sub>2</sub> vers les couches profondes. Comme la température moyenne hivernale de l'eau augmente, nous constatons qu'il y a moins de diatomées dans l'eau (Beans *et al.*, 2008).



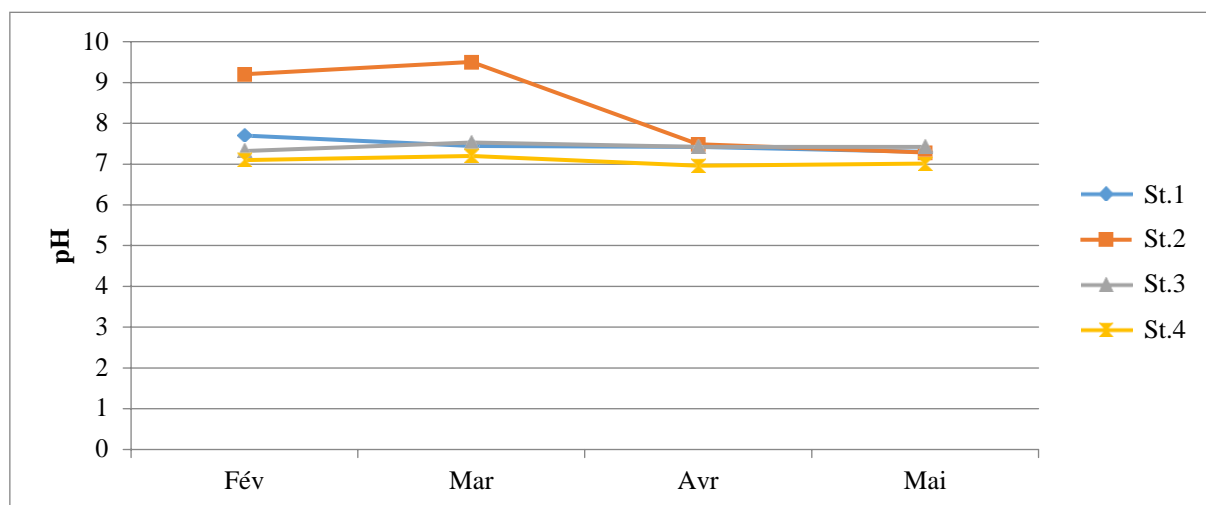
**Figure 09:** Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau des quatre stations de la région prospectée.

### 3.1.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

La figure 10, Présente la variation temporelle du pH du milieu dans barrage Sidi Brahim durant la période d'étude. Selon le graphe ci-dessus, nous avons constaté que les valeurs du pH les plus élevées sont observées à Février ou le pH=7,7 pour St.1 à Mars ou le pH =9,5 et 7,53 pour St .2 et S3 et à Mars ou le PH=7,2 pour la station 4. Cependant les valeurs les plus faibles sont obtenues au mois de Mai avec (7,3) pour St.1 et (6,96) pour St.4. Les valeurs moyennes du pH enregistrées dans les quatre stations du site de barrage Sidi Brahim sont respectivement 7,28 et 7,32 (Fig.10). Ces valeurs montrent que l'eau des quatre stations est alcaline. Ceci est dû à la présence de carbonates qui permettent de tamponner les eaux qui s'écoulent vers l'oued Sidi Brahim .Le changement croissant de pH au cours de la période d'étude qui s'étend du mois de Février jusqu'au mois de Mai 2022 (Fig.10) s'explique par le mouvement des cours d'eau durant la période hivernale sous l'effet des pluies et la stagnation de ces derniers pendant la période sèche. Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H<sup>+</sup> contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonate (Ezzaouaq, 1991; El Blidi *et al.*, 2003; Himmi *et al.*, 2003). Le pH de l'eau dépend de la géologie, de la géochimie des roches et de l'activité biologique des sols du bassin versant (Hade, 2002). Le pH de l'eau permet de classer celle-ci en trois catégories selon l'échelle adoptée par (Hecker *et al.*, 1996). Eau acide (pH < 5,5), eau neutre (pH = 5,5 à 7,4),

## RésultatsetDiscussion

eau alcaline ( $\text{pH} > 7,4$ ). En pratique, les eaux ayant un pH supérieur à 8 ou inférieur à 6 sont rares mais on peut en rencontrer des pH plus élevés dans des situations d'eutrophisation d'eau.



**Figure 10:** Variations mensuelles du pH de l'eau des quatre stations dans le barrage de Sidi Brahim pendant la période d'étude.

### 3.1.1.3. La conductivité électrique

La conductivité suit le rythme de la salinité dans l'ensemble des mois prospectés, La valeur la plus basse pour les quatre stations est enregistrée en février, avec ( $1235 \mu\text{S/cm}$ ) pour S1 et ( $1237 \mu\text{S/cm}$ ) pour St.2 et ( $1024 \mu\text{S/cm}$ ) pour St.3, ( $1085 \mu\text{S/cm}$ ) pour St.4. la valeur maximale est celle du mois de Mars avec ( $1477 \mu\text{S/cm}$ ) pour St.2 et du mois de Mai avec ( $1447 \mu\text{S/cm}$ ) pour St.4. La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Si l'eau très pure est un isolant qui oppose une grande résistance au passage de l'électricité, il n'en est plus de même lorsqu'elle est chargée en sels minéraux d'origine naturelle (calcium, magnésium, sodium, potassium). A cette minéralisation naturelle liée à la nature des sols s'ajoutent aussi les polluants. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (Rejsek, 2002). Dans le tableau 06 nous rapportons la relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité.

**Tableau 06:** Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée (Rejs, 2002).

Conductivité en $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation de l'eau	Conductivité moyenne mesurée
<100	Très faible	/
Entre 100 et 200	Faible	/
Entre 200 et 333	Moyenne	/
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée	/
Entre 666 et 1000	Importante	/
>1000	Elevée	Barrage Sidi Brahim

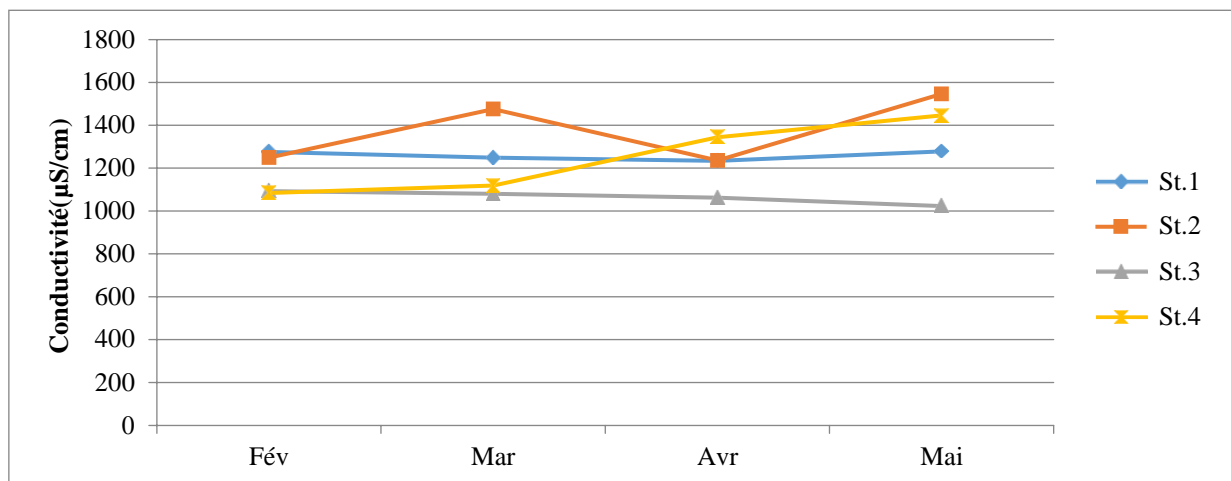
## RésultatsetDiscussion

La plupart du temps, la conductivité a une origine naturelle due au lessivage des terrains. Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux. Elle peut également avoir pour origine l'activité humaine.

Nous citons le cas de la dégradation de la qualité des eaux littorales dans certaines baies au lac Tanganyika (Burundi) est due selon (Ogutu et *al.*, 1997; Branchu et *al.*, 2005; Egermons et Verschueren, 2003) aux activités humaines.

Selon (Hade, 2002) la conductivité est influencée par divers paramètres tels que :

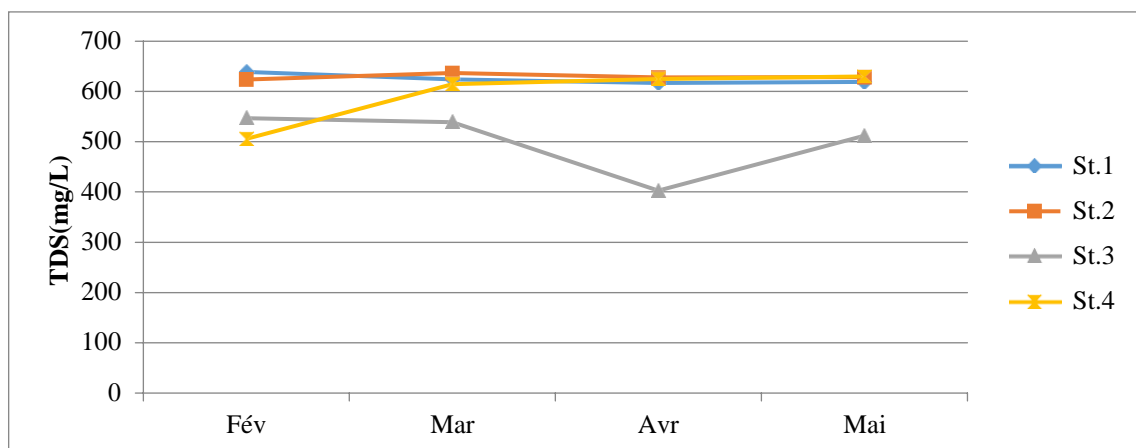
- La température de l'eau.
- Les variations de débit des ruisseaux et des rivières qui alimentent l'Oued (la conductivité augmente lorsque le débit est faible, car il y a une plus grande concentration d'ions, et diminue lorsque le débit est élevé).
- Les apports d'eau contaminée provenant des activités humaines (déglaçage des routes, agriculture, développement urbain, activités industrielles).



**Figure 11:** Variations mensuelles de la conductivité de l'eau des quatre stations de l'étude.

### 3.1.1.4. TDS

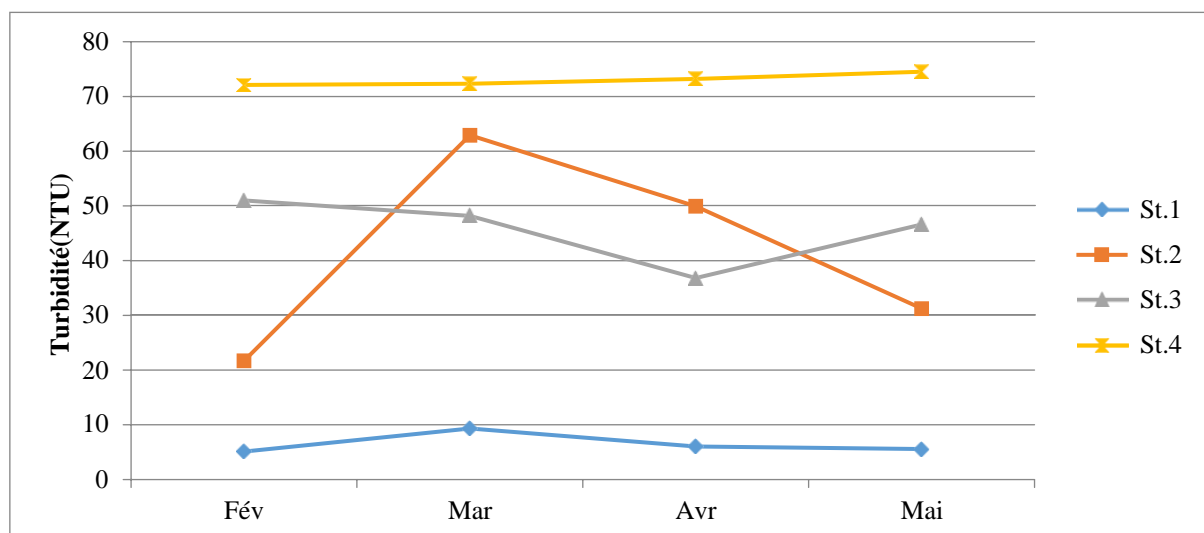
Les valeurs de la TDS enregistrées présentent des variations mensuelles avec une valeur maximale au moins de Février, Mars, Avril, Mai avec 600 mg/L pour St.1 et St.2. Les concentrations les plus faibles sont observées pendant les mois de Avril avec 400 mg/L pour St.3.



**Figure12:** Variations mensuelles de la TDS de l'eau

### 3.1.1.5. La Turbidité

Les valeurs de la turbidité enregistrées présentent des variations mensuelles avec une valeur maximale au mois de Mars, Avril, Mai avec 62,9 NTU pour St.2 et avec 48,2 NTU pour St.3, 72,3 NTU pour St.4. Les concentrations les plus faibles sont observées pendant les mois de Février avec 5,56 pour St.1 et avec 31,2 pour St.2.



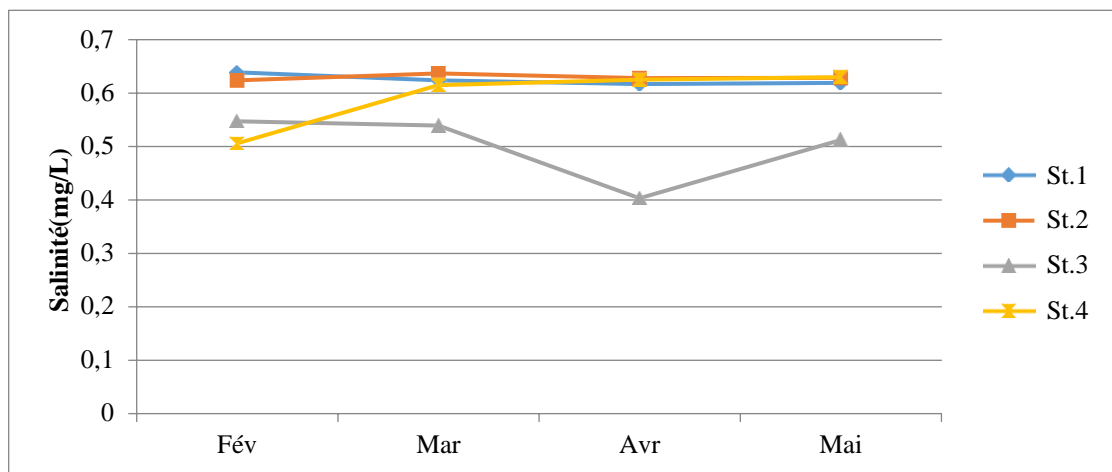
**Figure13:** Variations mensuelles de la Turbidité de l'eau des quatre stations dans le barrage de Sidi Brahim pendant la période d'étude.

### 3.1.1.6. La salinité

Nous notons, que la salinité enregistrée le long de la période d'étude avec un moyen minimale de 0,617% pour St.1 et 0,624% pour St.2 et de 0,512% pour St.3, 0,63% pour St.4.

La moyenne maximale de 6,39% pour St.1 et les trois stations entre (0,637% et 0,625%). Le degré de salinité permet de classer l'eau selon les catégories suivantes: Eau douce ( $S‰ < 0,5$

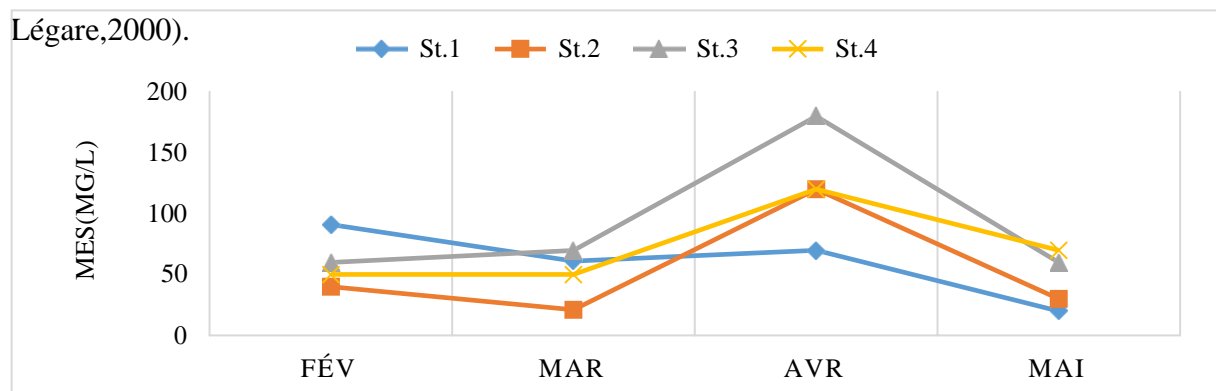
g /l), eau douce à saumâtre (0,5 à 5 g/l), eau saumâtre à salée (18 à 30 g/l) et eau salée (S%>30g/l)(Heckeretal.,1996) (Fig.14).



**Figure14:**VariationsmensuelledelaSalinitédel'eau.

### 3.1.1.7. Matièreen suspension

Les valeurs de la MES enregistrées présentent des variations mensuelles avec une valeur maximale au mois de Avril pour St.3 plus de (150g/l) et pour St.2 et St.4 plus de (100 g/L). Ces charges fortes peuvent être attribuées à la présence des formes de pollutions (rejets urbains, engrais agricoles...etc.) et des teneurs faibles en particules minérales et organiques (Fig. 15). Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Rodier, 1984). Les teneurs élevées en matière en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (Hébertet



**Figure15:**Variationsmensuellesdelavaleurde lamatièreen suspensiondel'eau des quatre stations du site d'étude.

## RésultatsetDiscussion

### 3.1.2. Paramètres nutritifs de l'eau et leurs variations mensuelles

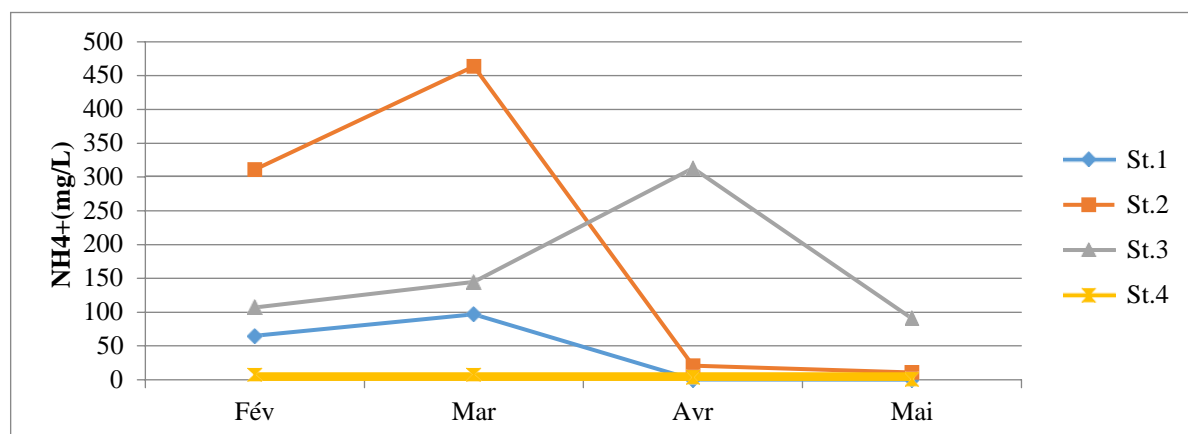
Les données caractérisant la nature chimique de l'eau mesurées selon les méthodes décrites plus haut, ainsi que sa variation mensuelle sont rapportées dans le tableau 07. Il montre l'analyse descriptive des paramètres chimiques de l'eau de notre site d'étude.

**Tableau 07:** Analyse descriptive des paramètres nutritifs de l'eau.

	St.1				St.2				St.3				St.4			
	Min	Max	Moy	SD±	Min	Max	Moy	SD±	Min	Max	Moy	SD±	Min	Max	Moy	SD±
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	0,1	96,73	40,437 5	82,05303 07	10,7 2	463, 77	201,55 75	85,165	90,65	313, 21	163,8 475	79,416 25	0,86	7,78	5,015	0
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	0,83	1,16	1,005	0,386593 7	0,53	1,16	0,815	0,318	0,2	0,46	0,265	0,1025	0,04	0,11	0,06	0
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	0	0	0	0,007577 72	0	0	0	0,008	0,01	0,02	0,017 5	0,0087 5	0	0	0	0
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	0,02	0,03	0,025	0,020728 9	0,02	0,04	0,025	0,020	0,03	0,08	0,05	0,0125	0,04	0,16	0,075	0
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	157,3	218,0 3	175,39 75	48,17149 51	140, 7	204, 25	174,38 25	50,37050 63	170,5	238, 91	201,2 775	45,417 5	98,4 1	372,27	292,11 25	0

#### 3.1.2.1. Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):

Présente les variations temporelles des concentrations d'ammonium pendant la période d'étude au niveau des quatre stations de barrage Sidi Brahim selon le graphique ci-dessus les concentrations les plus élevées sont en mois de Mars, Avril pour St.2. Les concentrations les plus faibles sont observées pendant les quatre mois pour St.4.



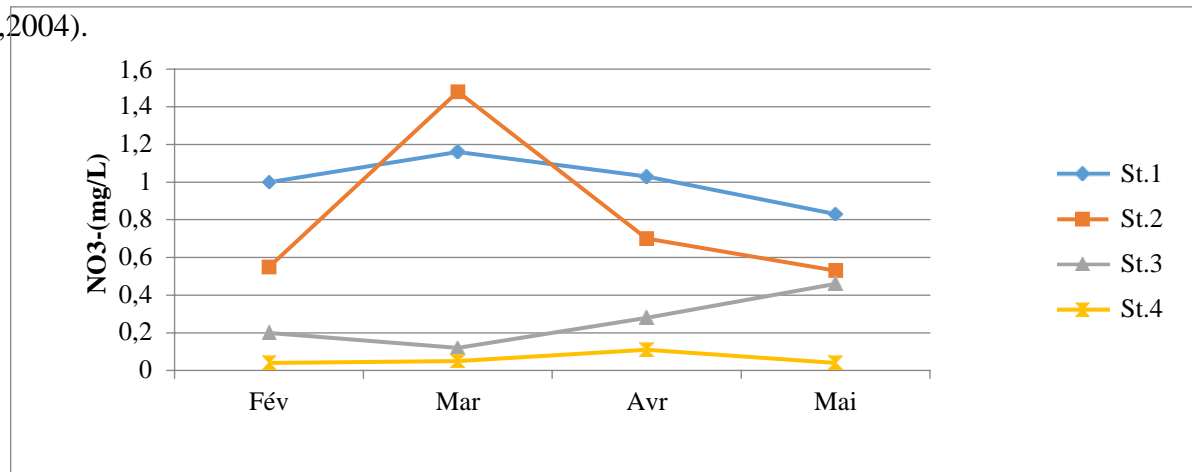
**Figure 16:** Variations mensuelles de la valeur d'ammonium de l'eau des quatre stations du site d'étude.

### 3.1.2.2. LeNitrate(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):

La figure 17, présente les variations temporelles des concentrations des nitrates pendant lapériode d'étude au niveau des quatre stations de barrage Sidi Brahim selon le graphe ci-dessus les concentrations les plus élevées sont en mois de Mars avec 1,4 mg/l pour St.2 et 1mg/l S1. Les concentrations les plus faibles sont observées pendant les mois de février, Mars, Avrilavec (0-0,2) mg/l pour St.3 et St.4. On peut conclure que les eaux étudiées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates. Les nitrates constituent le stade final del'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1

et 10mg/l. Cependant leursteneurs dans leseaux usées non traitées sont faibles (UNEP/MAP/MEDPOL

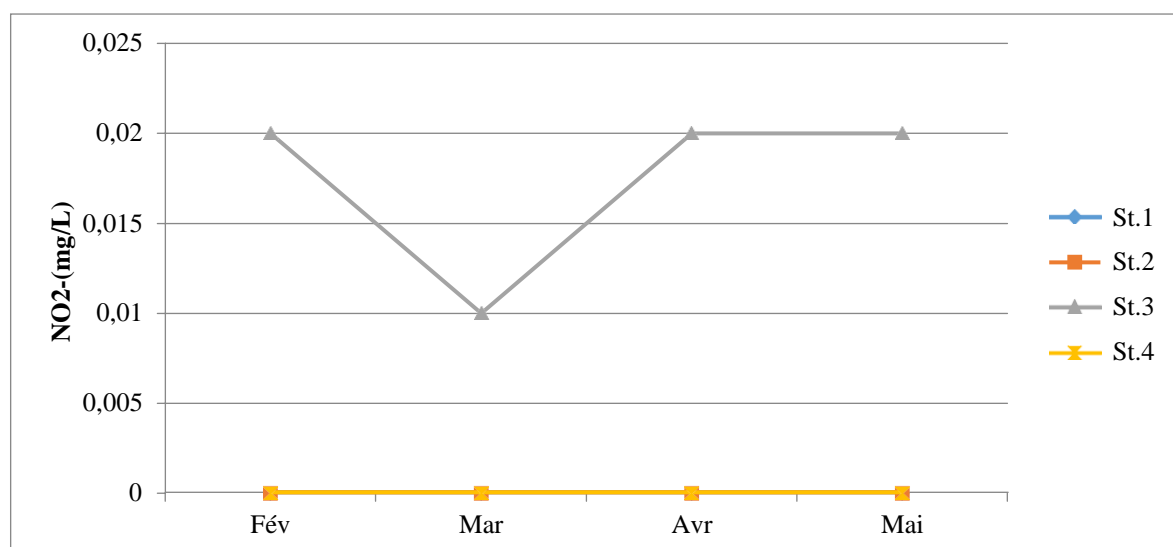
,2004).



**Figure 17 :** Variations mensuelles de la valeur des nitrates de l'eau des quatre stations du sited'étude.

### 3.1.2.3. LeNitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):

La figure 18, Présente les variations temporelles des concentrations des nitrites pendant lapériode d'étude au niveau des quatre stations de barrage Sidi Brahim selon le graphe ci-dessus les concentrations les plus élevées sont en mois de Février, Avril, Mai avec 0,02mg/L pourSt.3. Les concentrations les plus faibles sont observées pendant les quatre mois avec 0 mg/LpourSt.1,St.2et St .4.



**Figure 18:** Variations mensuelles de la valeur des Nitrites de l'eau des quatre stations du site d'étude.

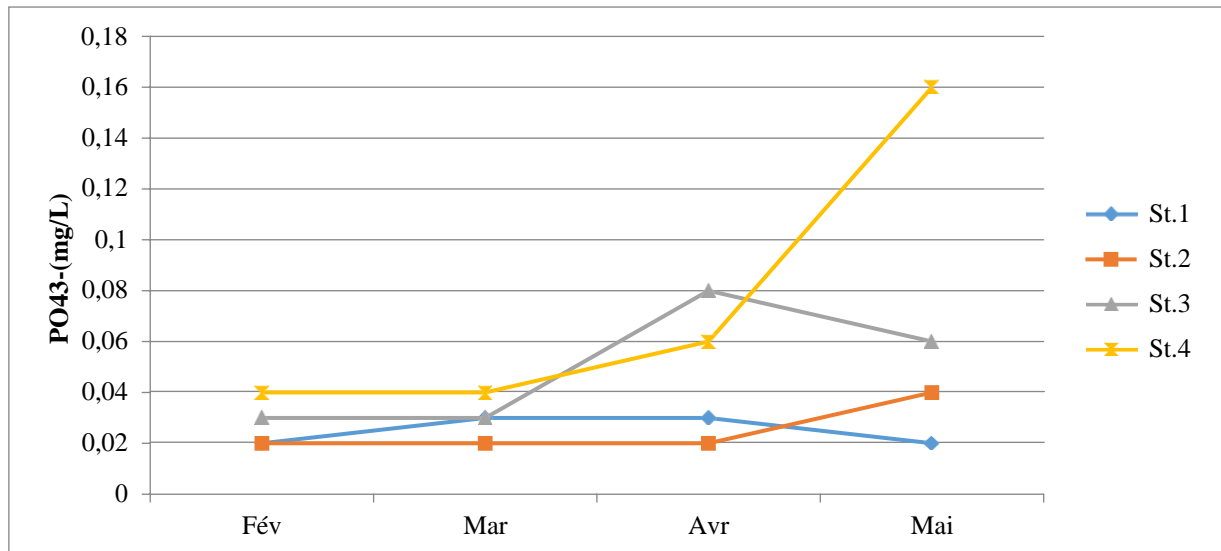
### 3.1.2.4. Le phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

La figure 19, Présente les variations temporelles des concentrations des phosphates durant la période d'étude. D'après le graphe nous observons une forte augmentation de la concentration de phosphate au mois de Avril avec  $> 0,05$  pour St.3 et moins de Mai avec 0,17 pour St.4, la concentration la plus faible est enregistrée au mois de février et Mars avec  $< 0,05$  mg/l pour les quatre stations et le moins de Avril et Mai pour St.1 et St.2.

Les teneurs d'ortho phosphates supérieures à 0,5 mg / l permettent de suspecter la pollution d'eau. Les eaux de surface peuvent être contaminées par des rejets domestiques ou par

le lessivage de terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains Pesticides. Cette contamination entraîne un développement important des algues microscopiques mais aussi macroscopiques, qui caractérise le phénomène d'eutrophisation. On considère généralement que les phosphates constituent l'élément limitant des phénomènes d'eutrophisation (Rejsek, 2002).

En règle générale le phosphate est peu abondant dans les eaux naturelles non polluées (Lacaze, 1995) et (Barroin, 1999), car il est immédiatement stocké par les végétaux, algues et plantes aquatiques ou bien fixé par les sédiments de fond. Les algues planctoniques stockent très facilement le phosphate et sont capables de se multiplier dans les eaux presque complètement dépourvues en cet élément (Severin-Reyssac, 1995).

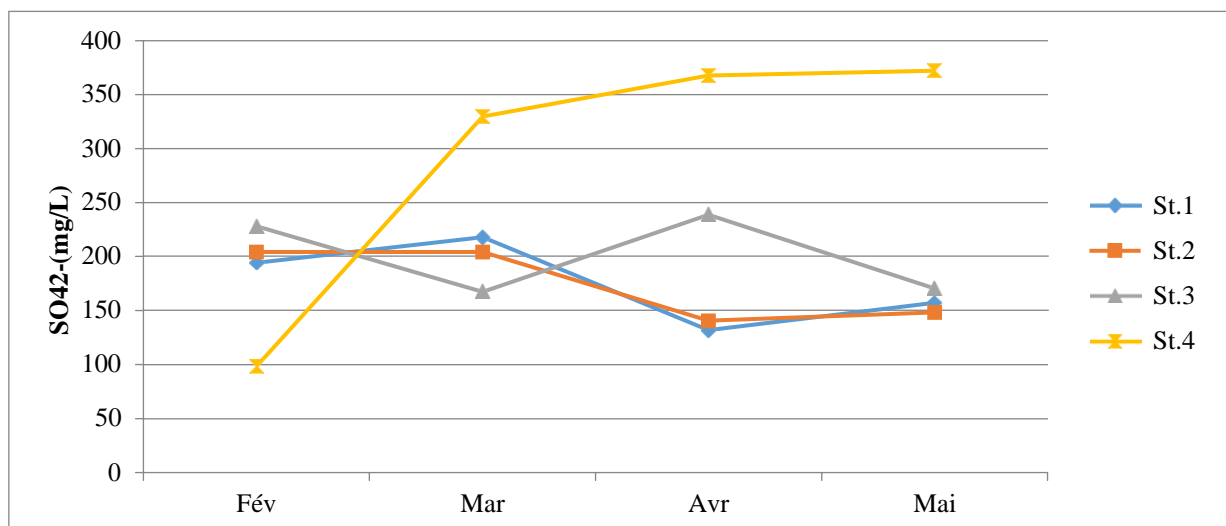


**Figure19:** Variations mensuelles de

la valeur des orthophosphates des eaux de quatre stations du site d'étude.

### 3.1.2.5. Le Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

La figure 20, Présente les variations temporelles des concentrations de phosphate pendant la période d'étude au niveau des quatre stations de barrage Sidi Brahim selon le graphe ci-dessus les concentrations les plus élevées sont en mois de Mars, Avril, Mai pour St.4 avec 300 à 350 mg/L et le moins de Avril pour St.3 avec 250 mg/L. La concentration la plus faible est enregistrée au mois de Avril et Mai avec 150 mg/L pour St.2 et St.1.



**Figure20:** Variations mensuelles de la valeur des sulfates des eaux de quatre stations du site d'étude.

### 3.2. Caractérisationbiologiqueetqualitédel'eau

#### 3.2.1. Inventaireetvariationsspatio-temporelledelacompositionphyto-planctonique.

##### 3.2.1.1. Compositionglobaleduphytoplancton

Après l'examen microscopique des échantillons d'eau prélevés nous présentons dans le tableau 08. La liste systématique du phytoplancton identifiée suivant la classification établie par Bourrelly (1985) et Sournia (1978). Nos données montrent que la flore micro-algale recensées présente 37 espèces dans les 4 stations de barrage Gueltet Sidi Saad qui sont réparties en 25 familles et 5 classes (21 espèces appartenant aux Bacillariophyceae, 10 espèces au Chlorophyceae, 4 espèces au Cyanophyceae, et une seule espèce au Euglenophyceae et Zynematophyceae). Parmi les espèces présentes 89.2% sont considérées comme constantes, 10.8% sont accessoires.

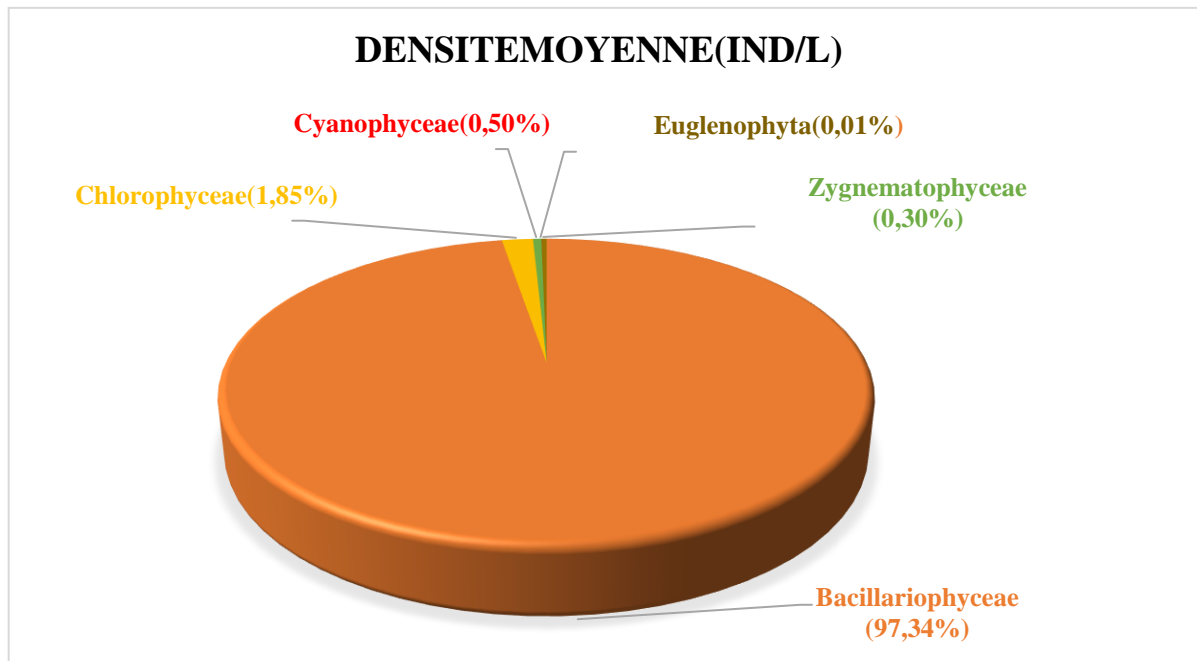
**Tableau 08:** Liste récapitulative de 37 espèces recensées au niveau du barrage entre novembre 2022 et octobre 2022 (Fréquences d'occurrence (C%), et échelle de constance (EC) (C: constante; A: accessoire; (+) : présence; (-): absence; (\*): toxique).

Classes	Famille	Espèces	St.1	St.2	St.3	St.4	C%	EC
		<i>Achnantheidium minutissimum</i>	+	+	+	+	100	C
<b>Bacillariophyceae</b>	<i>Amphipleuraceae</i>	<i>Amphiproraalata</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Coscinodiscaceae</i>	<i>Coscinodiscussp.</i>	+	-	+	+	75	C
	<i>Cymbellaceae</i>	<i>Amphoraspsp.</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Fragilariaceae</i>	<i>Diatomaspsp.</i>	+	+	+	+	100	C
		<i>Synedraspsp.</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Gomphonemataceae</i>	<i>Gomphonemaspsp.</i>	-	+	+	+	75	C
	<i>Melosiraceae</i>	<i>Melosiraspsp.</i>	+	-	-	-	25	A
	<i>Naviculaceae</i>	<i>Caloneispsp.</i>	+	+	+	+	100	C
		<i>Naviculaspsp.</i>	+	+	+	+	100	C
		<i>Diploneispsp.</i>	+	+	+	+	100	C
		<i>Pinnulariaspsp.</i>	+	+	+	+	100	C
		<i>Gyrosigmaspsp.</i>	+	+	+	+	100	C
		<i>Pleurosigmaspsp.</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Nitzschiaceae</i>	<i>Nitzschiaspsp.</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Rhopalodiaceae</i>	<i>Epithemiaspsp.</i>	-	+	-	-	25	A

## RésultatsetDiscussion

		<i>Rhopalodiasp.</i>	-	+	+	+	75	C
	<i>Surirellaceae</i>	<i>Cymatopleurasolea</i>	+	+	+	+	100	C
		<i>Surirellasp.</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Tabellariaceae</i>	<i>Tabellariasp</i>	+	+	-	+	75	C
	<i>Thalassiosiraceae</i>	<i>Thalassiosiraweissflogii</i>	+	+	+	+	100	C
<b>Chlorophyceae</b>	<i>Chlorellaceae</i>	<i>Chlorellasp</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Chlorococcaceae</i>	<i>Tetracyctis</i>	-	+	+	-	50	C
	<i>Desmidiaceae</i>	<i>Cosmariumsp</i>	-	+	+	+	75	C
	<i>Oocystaceae</i>	<i>Oocystissp.</i>	+	+	-	-	50	C
	<i>Scenedesmaceae</i>	<i>Scenedesmuscarinatus</i>	+	+	+	+	100	C
		<i>Scenedesmusdimorphus</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Selenastraceae</i>	<i>Monoraphidiumsp</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Volvocaceae</i>	<i>Eudorinasp</i>	+	-	+	-	50	C
	<i>Zygnemataceae</i>	<i>Spirogyrasp.</i>	+	+	+	+	100	C
		<i>Zygnemasp</i>	+	+	+	-	75	C
<b>Cyanophyceae</b>	<i>Chroococcaceae</i>	<i>Gloeocapsasp</i>	+	+	+	+	100	C
	<i>Nostocaceae</i>	<i>Anabaenasp.</i>	-	+	+	+	75	C
	<i>Oscillatoriaceae</i>	<i>Lyngbya*</i>	+	-	-	+	50	C
		<i>Oscillatorialimosa.*</i>	-	-	-	+	25	A
<b>Euglenophyceae</b>	<i>Euglenaceae</i>	<i>Euglenasp.</i>	-	+	-	-	25	A
<b>Zygnematophyceae</b>	<i>Closteriaceae</i>	<i>Closteriumsp</i>	+	+	+	+	100	C

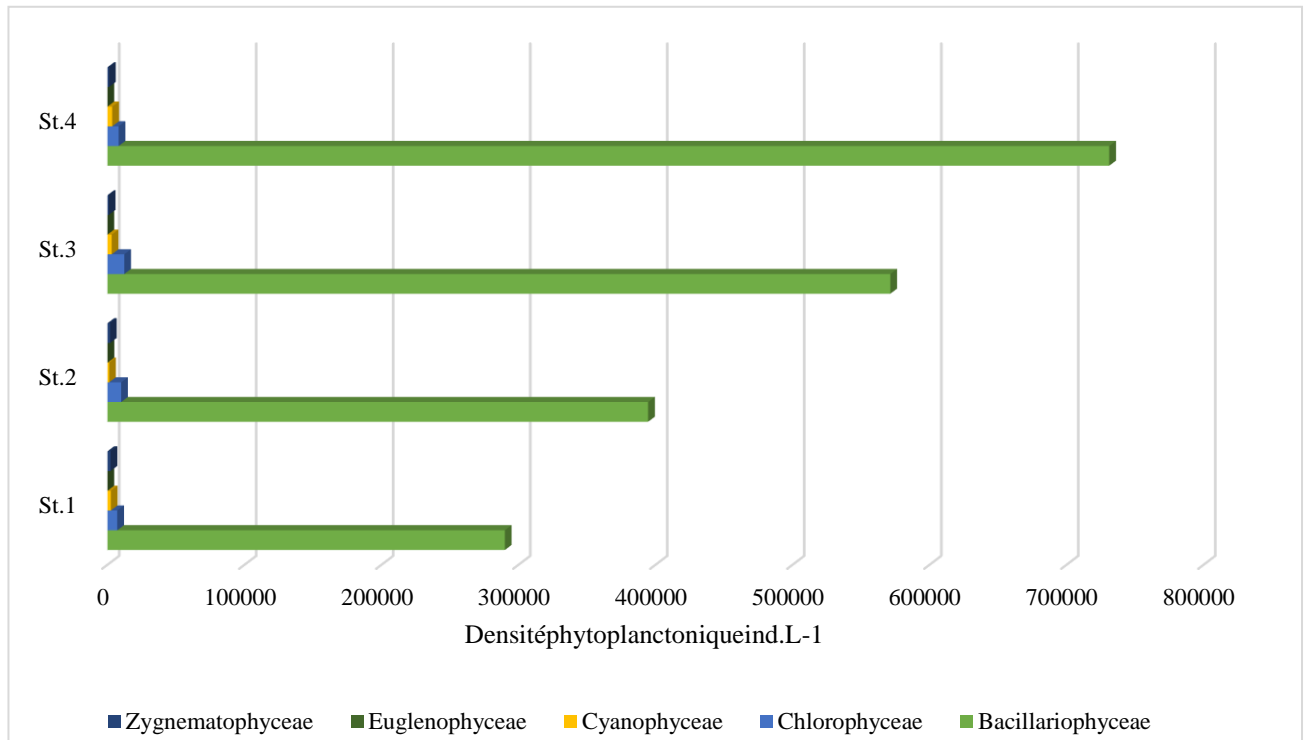
La figure 21 représente la richesse spécifique par classes de phytoplancton récentes dans le barrage de Gueltat Sidi Saad. Ou nous avons observé que la classe de Bacillariophyceae qui comptabilisent un taux de 97.34% de la biomasse algale. En revanche, la classe des Chlorophyceae 1.85% et après Cyanophyceae 0.50% et les 2 classes plus faiblement sont Zygnematophyceae 0.3% et Euglenophyceae 0.01%.



**Figure21:** Richesses spécifique par classes de phytoplancton recensées dans le barrage de Guelat Sidi Saad (Février 2022-Mai 2022).

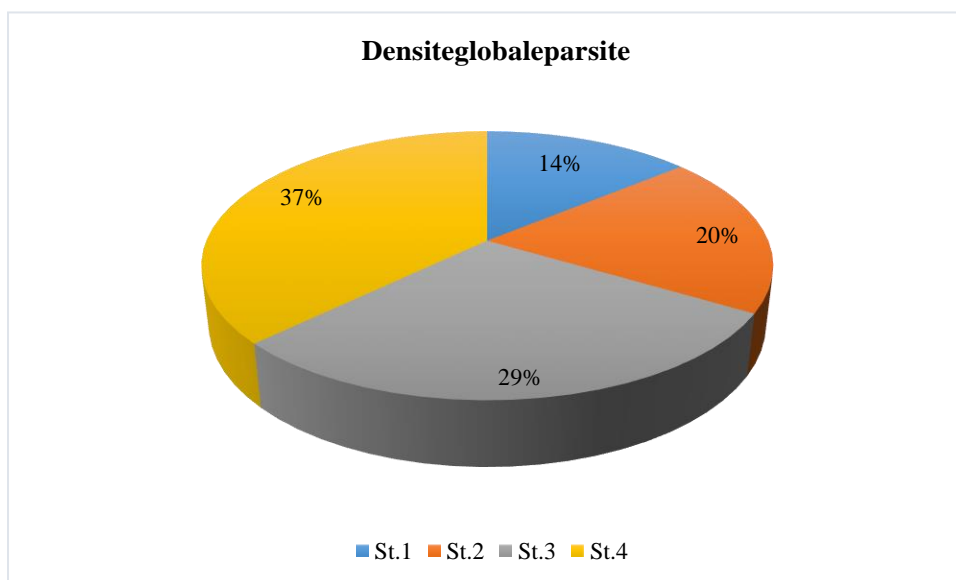
### 3.2.1.2. Distribution spatiale de phytoplancton dans le barrage de GSS

La figure 22 représente la répartition stationnelle de la densité phytoplanctonique en fonction de classes pendant la période d'étude, où nous remarquons que la classe de Bacillariophyceae est la plus dominante avec une densité maximale (743993.16). En revanche la densité minimale est avec (280553.76) dans la station 4. Elle est suivie par la station 3 avec (587771,8) et après la station 2 avec (394625.6) ind/L. Par ailleurs les autres quatre classes (Chlorophyceae, Cyanophyceae, Zygnematophyceae, Euglenophyceae), comme le Chlorophyceae la densité maximale (12297.8) dans la station 3 et minimale (7163.8) dans la station 1, pour les Cyanophyceae la valeur maximale (3485.4) dans la station 4 et minimale (1224.6) dans la station 2, les Zygnematophyceae maximale (2260.4) dans la station 1 et minimale (942) dans la station 3, et la dernière classe des Euglenophyceae avec un maximum (94.2) dans la station 2 et minimum (0) dans les stations 1, 3, 4.



**Figure 22:** Répartition stationnelle de la densité phytoplanctonique en fonction de classes pendant la période d'étude.

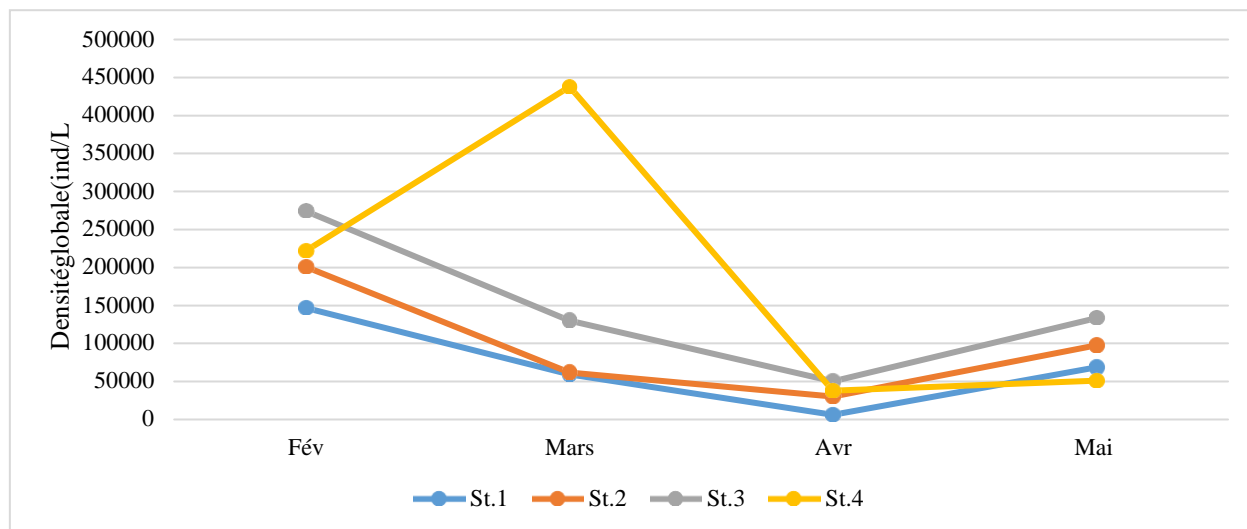
La figure 23 représente la densité moyenne globale par station des micro-algues recensées dans le barrage de Gueltat Sidi Saad nous avons observé que la station 4 a le pourcentage le plus élevé avec 37% suivie par la station 3 avec 29%, puis la station 2 avec 20% et en fin la station la plus faible est la station 1 avec 14%.



**Figure 23:** Densité moyenne globale par station des micro-algues recensées dans le barrage de Gueltat Sidi Saad.

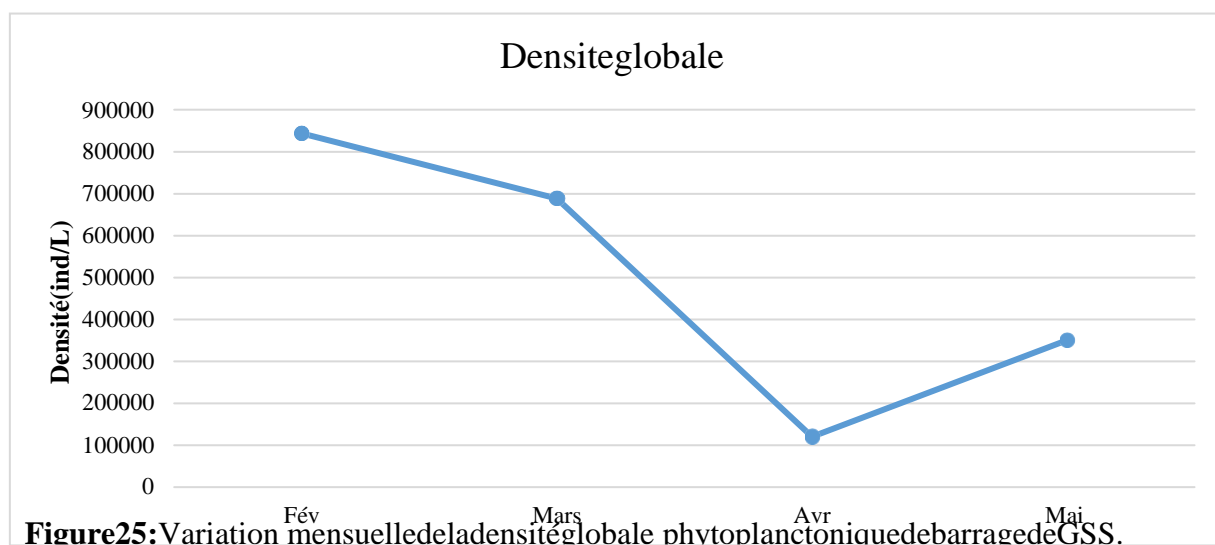
### 3.2.1.3. DistributiontemporelleduphytoplanctondanslebarragedeGSS

La figure 24 représente la variation spatio-temporelle de la densité globale du phytoplancton de barrage de Gueltat Sidi Saad. Nous avons observé un changement de la densité globale dans les quatre mois (Février-mai), la station 4 est la plus élevée (450000 ind/L) en Mars, alors qu'en avril, les quatre stations ont montré des densités faibles (50000 ind/L).



**Figure 24:** Variations spatio-temporelles de la densité globale du phytoplancton de barrage de Gueltat Sidi Saad.

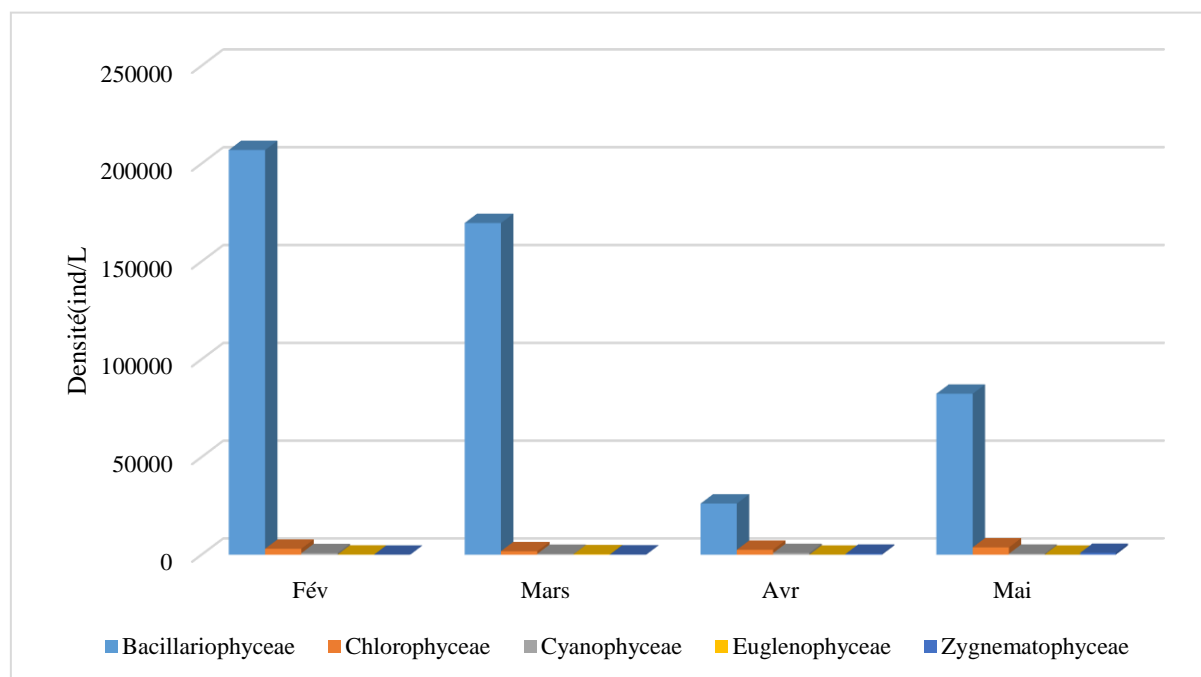
La Figure 25 représente la variation mensuelle de la densité globale du phytoplancton de barrage de Gueltat Sidi Saad. Sur le plan quantitatif, la densité moyenne mensuelle du phytoplancton s'échelonne entre 800000 à 1000000 ind/L. Les densités sont relativement faibles en printemps (100000 ind/L) et élevées en été ou elles se maintiennent à plus de 400000 ind/L.



**Figure 25:** Variation mensuelle de la densité globale du phytoplancton de barrage de GSS.

## RésultatsetDiscussion

Dans le temps la variation temporelle de la densité moyenne globale des classes de phytoplancton recensées varie d'un mois à un autre où les mois de février et mars sont représentés par les plus grandes densités de la classe de Bacillariophyceae suivis par le mois mai. Le mois d'avril révèle les valeurs les plus faibles (Fig. 26). C'est les mois février et mars qui permettent le développement d'un peuplement plus diversifié en nombre de classe. Pour les autres classes de Chlorophyceae et Cynophyceae et Euglenophyceae et Zygnematophyceae ont montrées des valeurs faibles dans tous les mois d'études.

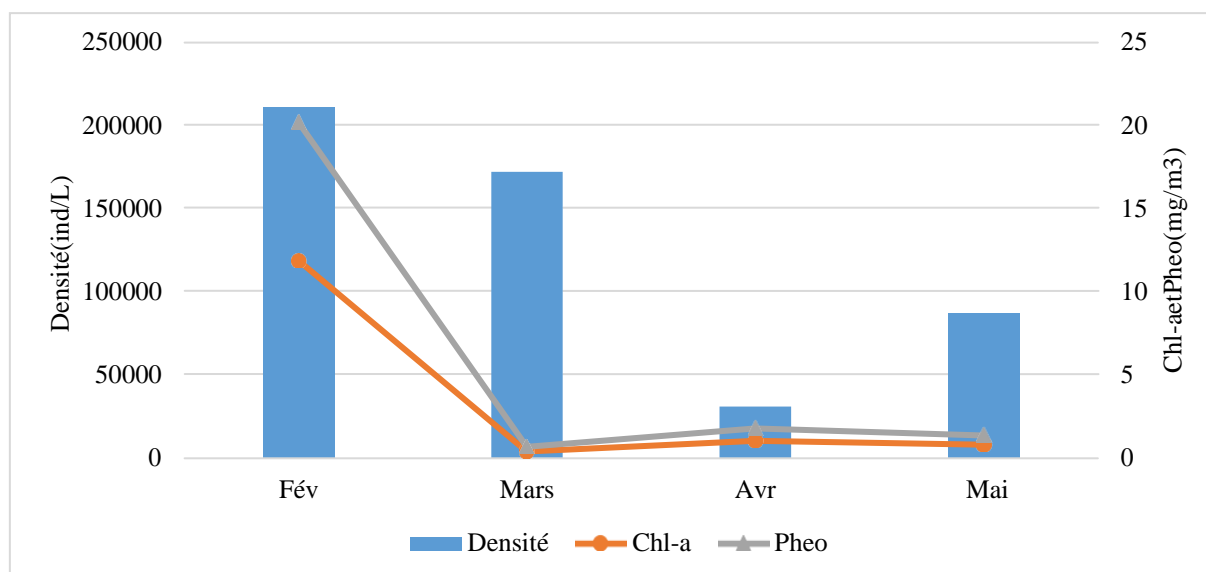


**Figure 26:** Variation temporelle de la densité moyenne globale des classes quatre de phytoplancton recensées dans le barrage de Gueltat Sidi Saad.

### 3.2.2. Etude de la biomasse

#### 3.2.2.1. Teneurs en chlorophylle-*a* et phéopigments moyenne en fonction de la densité moyenne phytoplanctoniques

La figure représente la variation mensuelle moyenne de la teneur en chlorophylle-*a* et les phéopigments en fonction de la densité moyenne du phytoplancton de barrage de Gueltat Sidi Saad. On nous a observé que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au mois de février. Les valeurs de phéopigment sont toujours supérieures aux valeurs de chlorophylle-*a* ou il a montré une concentration maximale de 11,88 ind/L. De même on observe que la densité phytoplanctonique varie dans le temps et les valeurs les plus élevées sont enregistrées au mois de février avec une valeur de 20.196 ind/L. Les concentrations en chlorophylle sont évoquées par de nombreux pays comme critère synthétique permettant d'évaluer le niveau d'eutrophisation en zone côtière ou estuarienne.



**Figure 27** : Variations mensuelles moyennes de la densité du phytoplancton, de la chlorophylle-a et des phéopigments en fonction de la densité moyenne du phytoplancton de barrage de Gueltat Sidi Saad.

### 3.2.3. Indices de diversité

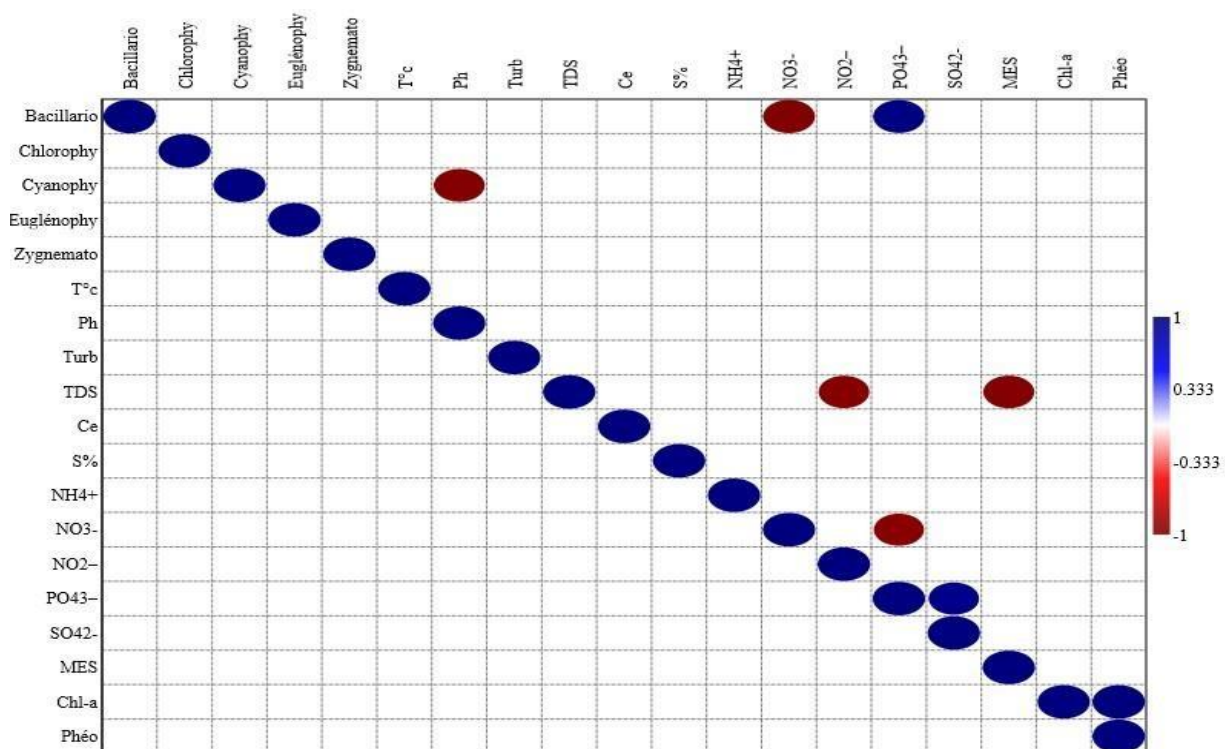
Afin d'évaluer la composition du peuplement de phytoplancton étudié, nous avons calculé la, pour les quatre stations et pour les quatre mois d'étude, l'indice de diversité de SHANNON ( $H'$ ) calculés pour les différentes stations, elles varient entre 2.5 et 3.4, La valeur la plus faible est enregistrée au niveau de la station 4 et La valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station 03, avec une moyenne générique totale 3.12. L'indice de régularité ( $J'$ ) calculés pour les différentes stations varient entre plus élevé 0.7 et plus faible 0.5. Avec une moyenne générique totale de 0.63. Les valeurs des indices de diversité indiquent la bonne qualité du milieu et le peuplement est diversifié.

**Tableau 09** : Indice phytoplanctonique de Shannon-Weiner ( $H'$ ) et indice de régularité ( $J'$ ) pour chaque station d'échantillonnage.

	Indice de Shannon-Weiner ( $H'$ )	Indice de régularité ( $J'$ )
<b>St. 1</b>	3,21880673	0,65299846
<b>St. 2</b>	3,2999064	0,65698469
<b>St. 3</b>	3,44932304	0,71425175
<b>St. 4</b>	2,51513057	0,5208084
<b>Moyenne</b>	3,120791685	0,636260825

### 3.2.4. Corrélacion entre les paramètres physicochimique et les principaux Classe de phytoplancton

TestedecorrélationdePearsonexpliquelescorrélacionpositiveetnégativeentrelesclassesde phytoplancton et les paramètres physicochimique où nous avons observé que le pH,  $\text{NO}_3^-$   $\text{PO}_4^{3-}$  sont les principaux paramètres influe la diversité des espèces phytoplanctoniques. Apartir des résultats du corrélacionily'aunecorrélacionpositivesignificativeentrelesBacillariophycée et la turbidité et le  $\text{PO}_4^{2-}$  avec ( $r = 0.92$ ,  $r = 0.97$ ) respectivement. Lorsqu'elleprésenteunecorrélacionnégativeavecleNitrated( $r=-0,98$ ).D'autrepartunecorrélacion positive hautement significative entre Chlorophyceae et le Nitrite avec ( $r=0,85$ ).CorrélacionnégativehautementsignificativeentrecyanophycéeetlepH avec( $r=-0.97$ ).CorrélacionpositivehautementsignificativeentreEuglénophyceaeetle pH avec( $r=0.94$ ).Corrélacion positive hautement significative entre Zygnematophyceae et le Nitrite et le TDSavec ( $r=0.94$ ,  $r=0.81$ ) et une corrélacion négative significative entre Zygnematophyceae et le  $\text{PO}_4^{3-}$ ,MES avec( $r=-0,81$ ,  $r=-0,84$ ),respectivement.



**Figure28:**Corrélacion

dePearson( $r$ )entrelesparamètresphysicochimiquesdel'eau et les principales classes de phytoplancton.

# **Conclusion et perspectives**

## Conclusion et perspectives

À l'issue de notre étude, nous avons pu mettre en évidence la composition des communautés phytoplanctoniques de ces eaux douces, les classifications, les identifications, les caractéristiques, les facteurs de croissance les plus importants, la position dans le réseau trophique de différents écosystèmes aquatiques, son impact sur son environnement, ses dommages et son importance pour l'homme et l'environnement en général. Nous avons également discuté des moyens et méthodes les plus importants pour étudier ces phytoplanctons quantitativement et qualitativement.

Les populations d'algues microscopiques ou de phytoplancton vivant dans les écosystèmes aquatiques douce se compose de cinq grands groupes, qui sont dominées par les Bacillariophyceae, qui sont des organismes microscopiques les plus utilisés comme indicateur de la qualité de l'eau, les Chlorophytes sont des microorganismes typiquement thermophiles, photophiles et ont une préférence pour les milieux riches en nutriments azotés, et les cyanophycées qui ont comme caractéristique comme procaryotes et même sécrétrice de cyanotoxine et elles peuvent donner un état eutrophe de milieu. Les Euglénophytes qui sont caractéristiques des milieux pollués en matière organique.

Le phytoplancton peut être considéré comme un indicateur de la dégradation de la qualité des eaux la présence ou l'absence de groupes sensibles (aux pollutions par exemple), donnent une indication sur la qualité des milieux. Certaines espèces, dont les Cyanobactéries, sont susceptibles de synthétiser des toxines à l'origine d'intoxications plus ou moins graves, représentant des risques importants pour la santé humaine et animale. La croissance du phytoplancton varie avec les saisons et dépendent de facteurs physicochimiques tels que la température, le pH, l'oxygène dissous et la salinité de l'eau. Ils jouent des rôles clés dans le traitement biologique des eaux usées par lagunage. La prolifération de phytoplancton a un impact direct sur la dynamique et la structure des populations et des communautés au niveau des écosystèmes aquatiques. Certaines espèces des microalgues comme *Oscillatoria limosa* et *Anabaena* sp.

L'étude du phytoplancton est menée de manière et des méthodes nombreuses et variées et commence par le prélèvement d'échantillons qui sont fixés directement à l'aide de solutions, dont la plus importante est le Lugol. Parallèlement à l'échantillonnage, certains facteurs physico-chimiques de l'eau tels que la température, la salinité, le pourcentage de substances dissoutes, la conductivité électrique sont mesurés. Tous les facteurs du milieu nous donnent des indications sur les changements intervenus dans la population de phytoplancton après étude des corrélations de Pearson entre eux. L'observation des phytoplanctons se fait par microscopie optique inversée selon la méthode (Utermöhl, 1958). Ou par la méthode

## **Conclusion et perspectives**

---

classique entre lame et lamelle. L'identification des espèces dépend des caractéristiques morphologiques et structurelles des individus, de la forme de la cellule, de la présence de certains pigments ou de détails fins internes ou externes tels que la présence de flagelles.

L'étude de la diversité totale de la population de phytoplancton dans un Environnement donné est réalisée en calculant plusieurs facteurs et indicateurs dont le plus important qui sont les indices de diversité comme l'indice de Shannon et l'indice d'équitabilité qui ont montré une bonne qualité de milieu.

# Références

## Références bibliographiques

---

1. **Andersen R.A., 1992.** Diversity of eukaryotic algae. *Biodiversity and Conservation* 1:267-292.
2. **Angelier E., 2000.** Ecologie des eaux courantes. Edit : Tecet Doc, Paris, p.-
3. **Anneville, O., Kaiblinger, C., Tadonlélé, R.D., Druart, J.C. et Dokulil, M.T., 2008.** Contribution of Long - Term Monitoring to the European Water Framework Directive Implementation. *Proceedings of Taa 2007: The 12th World Lake Conference*. Sengupta, M. et Dalwani, R. (eds). pp 1122-1131
4. **Barroin G., 1999.** Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau. I.N.R.A. Thonon-les-Bains, 119p.
5. **Beveridge M.C.N., Baird D.J., Rahmatullah S.M., Lawton L.A., Beattie K.A., Codd G.A., 1993.** Grazing rates on toxic and non-toxic strains of cyanobacteria by *Hypophthalmichthys molitrix* and *Oerochromis niloticus*. *Journal of Fish Biology* 43:901-907.
6. **Blandin P., 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'écologie*, 17: 215-307.
7. **Cetinic et al., 2006.** Cetinic, Z. Vilicic, Z. Buric, G. Olujic. Phytoplankton seasonality in a highly stratified karstic estuary (Krak, Adriatic Sea) *Hydrobiologia*, 555(2006), pp.31-4.
8. **Chorus, I. and Bartram, J. (1999)** Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring, and Management. E&FN Spon; London, UK. N. and **Young, W.F. (2001).** A comparative study of MR imaging profile of titanium pedicle screws. *Acta Radiologica*, 42, 291-293.
9. **Dabadie L., 1992.** Cultures intensives de microalgues sur lisier de porc Performance, contraintes, utilisation de biomasse. D.A.A. E.N.S.A., Montpellier. Dip. DEA. 125p.
10. **Dajoz, R. (2003)** Précis d'écologie. Paris, France, Dunod, 615p.-
11. **DCW, 2016.** Données du secteur du commerce. Wilaya de Laghouat. 9p.-
12. **-Domaizon, I., Viboud, S. et Fontvieille, D. 2003.** Taxon-specific and seasonal variations in flagellates grazing on heterotrophic bacteria in the oligotrophic Lake Annecy - importance of mixotrophy. *FEMS Microbiology Ecology*. 46: 317-329.
13. **Doré - Deschênes F., 2009.** Utilisation des microalgues comme source d'énergie durable. Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.) Université De Sherbrooke,

## Références bibliographiques

---

14. **DPSB, 2017.** Monographie de la wilaya de Laghouat .87p.-
15. **Ergashev A.E. et Tajiev S.H., 1986.** Seasonal variation of phytoplankton in series of waste treatment lagoons (Chmkent, Central Asia): Artificial inoculation and role of algae in sewage purification. *Int. Res. Der. Ges. Hydrobiol.* 17(4)pp:545-555.
16. **Falkowski P., 1984.** Physiological responses of phytoplankton to natural light regimes. *Journal of Plankton Research* 6: 295-307.
17. **Feki Sahnoun W., 2013.** Analyse de la variabilité spatio - temporelle des populations phytoplanctoniques observées dans le réseau national de surveillance du phytoplancton dans le golfe de Gabès.
18. **Findley D.L., Klingh H.J., 1994.** Protocole de mesure de la biodiversité: Le phytoplancton d'eau douce . Ministère des pêches et océans Institut des eaux douces .501 University Crescent Winnipeg (Manitoba) R3T2N6 Canada. 17P 10000
19. **Furnas M.J. , 1991.** Net in situ growth rates of phytoplankton in an oligotrophic , tropical shelf ecosystem . *Limnology and Oceanography* 36: 13-29.
20. **Gayral P., 1975.** Les algues: Morphologies , Cytologie , Reproduction, Ecologie- ed :DOIN, Paris , p.12,49,52.
21. **Giesen W.B.J.T. , Katwijk Van M.M. , Hartog Den C. , 1990.** Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany* 37: 71-85.
22. **Houari A , 2009.** Diversité saisonnière des assemblages phytoplanctoniques dans la retenue de barrage de Sidi - Yacoub ( Chlef ) . Impact des facteurs biotiques et abiotiques sur l'évolution de la qualité de l'eau .64 p .Univ Hassiba Ben Bouali, Chlef.
23. **Jamet , J.L. , Bogé , G. , Richard , S. , Geneys , C. , Jamet , D. , 2001.** The zooplankton community in bays of Toulon areas ( northwest Mediterranean Sea , France).
24. **JONES , G - J . et POPLAWSKI , W. ( 1998 ) .** Understanding and management of cyanobacterial blooms in subtropical reservoirs of Queensland , Australia . *Water Sci . Technol.*, 37: 161-168p.
25. Jones G.J. and Poplawski W. 1998 Understanding and management of cyanobacterial blooms in sub - tropical reservoirs of Queensland , Australia . *Wat . Sci . Tech .* 37 :161-168.
26. **Kudela and Peterson, 2009** R.M. Kudela, T.D. Peterson Influence of a buoyant river plume on phytoplankton nutrient dynamics: what controls standing stocks and productivity? *J. Geophys. Res.*, 114(2009), p.15.

## Références bibliographiques

---

27. **Leveque C., 2001.** Del'écologie à la biosphère. Dunod. Paris 502p. Loreau M. Oteng Yeboah A Arrave MTK Rabin D Parhault D Donoghue.
28. **Ludwig, J.A. and Reynolds, J.F. (1988)** Statistical Ecology A Primer on Methods and Computing. Wiley, New York, 85-106
29. **MADR, 2006.** Politique du Renouveau Rural. 159p.-
30. **Magurran A.E. , ( 1988 )** - Ecological diversity and its measurement . Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
31. **-Mahi B , 2014.** Apport de la géomatique dans l'identification des zones d'agriculture . Cas des zones à haut potentiel céréalier de wilaya de Laghouat. Mémoire de Master en Amélioration et production des plantes. Université de Djelfa. 152 pages.
32. **Margalef R. , 1985.** Environmental control of the mesoscale distribution of primary producers and its bearing to primary production in the western Mediterranean. In: --- **-Moraitou Apostolopoulou, M., Kiortsis, V. , Ed.,** Mediterranean Marine Ecosystems. Plenum Press, New York: 213-229.
33. **McQueen, J.D., Post, J.R. and Mills, E.L. (1986)** Trophic Relationships in Freshwater Pelagic Ecosystems. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 43, 1571-1581.
34. **Mechraoui C , 2016.** Dynamique socio - économique des espaces steppiques des communes d'El Kheneg et Ksar El Hiranel wilaya de Laghouat. Mémoire de Master . Université de Laghouat. 115p.
35. **Norton T.A., Melkonian M., Andersen R.A., 1996.** Algal biodiversity. Phycologia 35: 308-
36. **Padisák , J. , Borics , G. , Grigorszky , I. et Soróczki - Pinter , E., 2006.** Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive the assemblage index. Hydrobiologia. 553: 1-14.
37. **Paerl H.W., 1988.** Nuisance phytoplankton blooms in coastal , estuarine and inland waters. Limnology and Oceanography 33: 823-847.
38. **Peltier C., 2010.** La disparition du phytoplancton menace les océans [//www.nouvelobs.com/rue89/rue89-planete/20100806.RUE7883/la-disparition-du-phytoplancton-menace-les-océans.html](http://www.nouvelobs.com/rue89/rue89-planete/20100806.RUE7883/la-disparition-du-phytoplancton-menace-les-océans.html). (Consulté le 16/09/2018).
39. **Peperzak L., Colijn F., Koeman R., Gieskes W.W.C., Joordens J.C.A., 2003.** Phytoplankton sinking rates in the Rhine region of fresh water influence. J. Plankton. Res. 25: 365-383.
40. **Ramade P., 2005.** Eléments d'écologie appliquée. Edit Dunod.

## Références bibliographiques

---

41. **REYNOLDS , C – S., (1988)** .Functional morphology and the adaptive strategies of freshwater phytoplankton. In Sandgren, C.D. éd. Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. Cambridge University Press. Cambridge. pp .388-433.
42. **Reynolds, C.S., 1987.** Cyanobacterial water-blooms. Adv. Bot. Res. 13, 67-143.-
43. **Rickliff et Miller., 2005.** Ecologie. Edit. De Boeck. 821 p-
44. **Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L., 1996.** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>ème</sup> édition. Dunod. P :4,6.
45. **Salsamo, N., Morabito, G., Buzzi, F., Garibaldi, L., Simona, M. et Mosello, R. 2006.** Phytoplankton as an indicator of the water quality of the deep lakes south of the Alps. Hydrobiologia. 563: 167-187.
46. **Simon N. , Cras A.L. , Foulon E. , Lemée R. , 2009.** Diversity and evolution of marine phytoplankton. Comptes Rendus de Biologies 332: 159-170.
47. **Sireis L. , 2013.** Changements physiologiques chez les microalgues vertes menant à la biosynthèse de caroténoïdes. Exigence partielle de la maîtrise en Sciences de l'Environnement; Université du Québec à Montréal , 117p.
48. **Smayda T., 1997a.** What is a bloom? A commentary. Limnology and Oceanography 42 ( 5 ) : 1132-1136 . Smayda T. , 1997b . Harmful algal blooms : their ecology and general relevance to phytoplankton blooms in the sea . Limnology and Oceanography 42,5, part 2: 1137-1153.
49. **Solheim, A.L., 2005.** Reference Conditions of European Lakes. Indicators and methods for the Water Framework Directive Assessment of Reference conditions . Version 5. REBECCA Working Group. 105 pp..
50. **Sournia A. , Chrétiennot - Dinet M.J. , Ricard M. , 1991b .** Marine phytoplankton : how many species in the world ocean? Journal of Plankton Research 13: 1093-1099.
51. **Valyron F., 1994.** mémento gestionnaire de l'alimentation neuve et de l'assainissement. Tome 1. Edit .tec.&Doc. Paris. 375p.
52. **Villay A. , 2013.** Production en photobioréacteurs et caractérisation structurale d'un exopolysaccharide produit par un micro-algue rouge, *Rhodella violacea*: application à l'obtention d'actifs antiparasitaires. Alimentation et Nutrition. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II. Thèse de doctorat , 179p.
53. **Zeitzschel B. , 1978.** Why study phytoplankton ? In : Sournia A ( ed ) Phytoplankton manual. Monographs on oceanographic methodology-UNESCO: 1-6.

## **Références bibliographiques**

---

54. **Zingone A. ,Casotti R. , d'Alcala M.R. , Scardi M. et Marino D., 1995.** St Martin's Summer: the case of an autumn phytoplankton bloom in the Gulf of Naples (Mediterranean Sea). *J. Plankton Res.* 17:575-593.
55. **Zingone A. ,Enevoldsen H.O., 2000.** The diversity of harmful algal blooms : a challenge for science and management. *Ocean and Coastal Management* 43:725-748

## Références bibliographiques

---