



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عمار تليجي بالأغواط

UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

كلية العلوم

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

## *Mémoire de MASTER*

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière :** Ecologie et environnement  
**Option :** Ecologie végétale et environnement  
Steppes et oasis

**Par:**

*Belarbi Lahcen*

*Belgacemi Mohamed Lamine*

**THEME**

---

# **Evaluation de la qualité physicochimique et phytoplantonique des cours d'eau de la région de Laghouat et Djelfa**

---

*Dirigé par :*

*Mr. Boumedienne Abdelmadjid*

*Mr. CHAIBI Rachid*

**Année Universitaire 2015/2016**

## *REMERCIEMENT*

*Nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donnés la force et la patience pour mener à biens ce modeste travail.*

*Au terme de ce travail, nous voudrions en premier lieu MR CAIBI RACHID Maître assistant, ET Chef département de biologie à L'université de Laghouat, pour avoir accepté de diriger ce travail, sa disponibilité constante associées à son esprit critique, ont largement contribué à l'orientation et à la réalisation du contenu de ce manuscrit, Nous lui en garde une profonde gratitude.*

*Nous remercions profondément tout l'étudiant de 2eme Master écologie végétale, au département de biologie à l'université de Laghouat, l'expression de notre profonde gratitude.*

*Et enfin nous remercions toutes les personnes qui de près ou de loin ont contribué à ce travail.*

## *Dédicaces*

### *Dédicaces*

*Avec l'aide d'Allah, j'ai pu réaliser ce modeste travail  
que je dédie :*

*A mon père mon professeur de toujours, et ma très  
chère mère*

*Pour leurs soutien et encouragements.*

*A mes proches et toute ma famille.*

*A mes amis et tous les gens qui m'aiment.*

*A tous ceux qui sont proches de mon cœur et dont je  
n'ai pas cité le nom.*

*Au bonheur des plus chers.*

**LAMINE**



# **Dédicace**

**Je dédié le fruit de ce modeste  
travail à:**

***Vous qui m'avez bien éduqué;***

***Instruit et m'avez tracé un  
chemin plein de lumière***

***Sans obstacle;***

***C'est pour vous montrer ma  
gratitude et ma reconnaissance,  
pour de que vous avez fait pour  
moi et pour ce que vous avez fait  
de moi: cher parents .***

***A tout mes frère et me sœur et tout  
mes amis***

**LAHCEN**



## Résumé

### ملخص

اهتمت هذه الدراسة بالخصائص البيولوجية و الايكولوجية للعناصر اللاحياتية (خصائص المياه) و الحياتية(العوالق الطحلبية)لكل من واد الغيشة وواد تعظमित حيث يعتبر كل منهما واد طبيعي دائم الجريان.

أعطت نتائج التحاليل الفيزيائية و الكيميائية وكذلك البيولوجية للمياه في الأوساط المدروسة ما يلي:

الدراسة النوعية و الكمية للطحالب المجهرية تبين أنها تتوفر على 21جنس, موزعة على 5 أقسام وهي:

*Chlorodendrophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae*

أغلبها تنتمي الى قسم الدياتومات, كما تشير الى حضور بعض الأنواع السامة وهي كالأتي: *Oscillatoria\**,

*Anabaena\*, Gymnodinium\*, Peridinium\**

ان دراسة المؤشرات البيئية بينت لنا بأن كلتا المستعمرتين تمتاز بتنوع ايجابي, حيث قدرت قيمة التنوع

ب 0,74 و 0,78. مما يدل على أن التواجد العددي للأنواع متقارب في كلا المنطقتين.

بينت الدراسة الاحصائية بأن هناك تجانس ايجابي بين بعض الطحالب فيما بينها, وكذلك بين

الطحالب و بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية.

**الكلمات المفتاحية:** طحالب, دراسة كمية ونوعية, مؤشرات التنوع, الغيشة, تعظमित.

# Résumé

## Résumé

La présente étude vise à la caractérisation de quelques aspects biotiques et abiotiques de deux hydro systèmes permanents ; oued Ghaicha et Oued Taadmit pendant une période de quatre mois (Décembre, Janvier, Février, Mars, 2016).

Les résultats des différentes analyses à savoir physico-chimiques et biologiques nous a permis de constater :

La qualité des eaux des oueds prospectés est acceptable sur le plan physico-chimique. L'observation microscopiques des différentes formes des cellules algales révèle la présence de 21 genres appartenant de 05 classes (*Chlorodendrophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cyanophyceae*, *Dinophyceae*). Nous notons aussi la présence de quelques genre toxique (*Oscillatoria\**, *Anabaena\**, *Gymnodinium\**, *Peridinium\**) ce qui rend notre sites vulnérables et susceptibles d'aller vers l'état d'eutrophisation.

Le calcul des indices écologiques montre que deux colonies (O.Ghaicha et O.Taadmit) sont distinctes par une diversité positive, avec une valeur estimée de 0,74 et 0,78 respectivement. Les résultats de l'équitabilité montre que les la quasi-totalité des espèces ont la même densité numérique.

L'étude statistique révèle l'existence d'une corrélation positive dans la communauté algale, d'une part, et entre quelques espèces d'algues et les paramètres physiques et chimiques, d'une autre part.

**Mots clés:** oued, étude qualitative et quantitative, Microalgues, Toxique, diversité, Ghaicha, Taadmit.

# Résumé

## Summary

This research work focus on an analytic treatment of biological and ecological particularities of abiotic elements (properties of water) and biotic (phytoplanktons) located at two regions of study :El Ghaicha and Taadmaït ;both of them is considered as resources of running rivers .

The results of the physico- chemical and biological aquatic analysis of prospected fields explain that:

Qualitative and quantitative study of phytoplanktons showed that the microalguaes consists of 21 genera belonging to 5 classes , which are:*Chlorodendrophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae* , *Cyanophyceae* ,*Dinophyceae* .,Most classes belong to a main class :Diatoms and indicate the presence of some toxic species : *Oscillatoria\** , *Anabaena\**, *Gymnodinium\**, *Peridinium\**.

the study of indicators show that the two colonies are distincts by a positive diversity ,with estimate value of 0,74 and 0,78.We note the approximative numerous existence of observable species in the two regions. The statistical study reveals, in the one hand, the presence of a positive homogeneity between certains algae ; in the other hand, the same character with the physico-chemical properties .

**Keywords** :Oued, algae, qualitative and quantitative study,the indicators of diversity, El Ghaicha, Taadmaït.

## Liste d'abréviations

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de Carbone

**DSP** :Diarrhéiques

**PSP** :Paralysantes

**ASP** :Amnésiantes

**D.P.A.T** : Direction de la planification et de l'aménagement du territoire de la wilaya de Laghouat

**ONM** :Office nationale de la météorologie

**Gr** : Grandissement

**log<sub>2</sub>** : Logarithme à base 2

**T°C** : Température par Degré *Celsius*

**Ph** : Potentiel Hydrogène

**MES** : matière en suspension

**T°C** : Température

**Cond** : Conductivité

**Cel/l** :Cellule par litre

## SOMMAIRE

Dédicace .....	I
Remerciements .....	II
Liste des tableaux .....	III
Liste des figures .....	IV
Introduction.....	1
CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE PHYTOPLANCTON .....	3
1. Définitions.....	3
1.1.Le plancton .....	3
1.2.Le phytoplancton .....	3
2. Les principales classes de phytoplancton .....	4
3. Rôle du phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques.....	12
3.1. Photosynthétique .....	12
3.2. Chaîne alimentaire.....	12
3.3. Autres rôles.....	12
4. Habitat et écologie .....	13
5. Diversité spécifique et diversité éco physiologique.....	14
6. Le phytoplancton, indicateur de qualité biologique .....	15
7. L'importance des micro-algues.....	15
8. Le phénomène d'eutrophisation .....	17
CHAPITRE II : Matériel et méthodes.....	
1. Présentation des régions d'étude.....	20
1.1. Situation géographique des régions d'étude .....	20
1.2. Caractéristiques climatiques .....	22
1.3. La synthèse climatologique .....	26
1.3.1. Le diagramme ombrothermique.....	26
1.3.2. Climagramme d'EMBERGER .....	27
2. Méthodes d'études .....	30
2.1. Choix des sites et fréquences d'échantillonnage .....	30
2.1.1. Fréquence d'échantillonnage.....	30
2.2. Méthodes de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau.....	31
2.2.1. Méthode de prélèvement de l'eau.....	31
2.2.2. Analyses physico-chimiques.....	31

2.3.Méthodes et techniques d'étude du phytoplancton.....	33
2.3.1. Prélèvement du phytoplancton.....	33
2.3.2. Etude qualitative et quantitative .....	33
CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS .....	
1. Paramètres physicochimiques de l'eau et leurs variations mensuelles .....	38
1.1.Température .....	38
1.2.Le potentiel d'hydrogène (pH) .....	39
1.3.Conductivité .....	40
1.4.MES(mg/l) .....	42
2. Etude qualitative et quantitative du peuplement du phytoplancton .....	43
2.1.composition taxonomique de la flore micro-algale recensée .....	43
2.2.Evolution de l'abondance relative par classes de phytoplancton recensées .....	47
2.3.Variation des paramètres de diversité de la communauté phytoplanctonique .....	50
3. Résultats des analyses spastiques du corrélation entre les deux stations.....	52
CONCLUSION .....	
Références bibliographiques .....	
Annexe .....	

## LISTE DES FIGURES

<b>Figures</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure 1</b>	différentes formes des cyanobactéries filamenteuses et sphériques	05
<b>Figure 2</b>	cycle de vie des diatomées	08
<b>Figure 3</b>	Schéma de la reproduction sexuée des Diatomées.	
<b>Figure 4</b>	diatomées pennées	09
<b>Figure 5</b>	diatomées centrique.	
<b>Figure 6</b>	Les classes algales et leurs caractéristiques principales basées sur des aspects morphologiques et cytologiques.	11
<b>Figure 7</b>	Domaines d'application des algues microscopiques.	16
<b>Figure 8</b>	schéma présente les différentes étapes de Le phénomène d'eutrophisation	18
<b>Figure 9</b>	Situation géographique de Laghouat.	20
<b>Figure 10</b>	Situation géographique de la station d'étude « oued Elghaicha » Laghouat	21
<b>Figure 11</b>	Situation géographique de la station d'étude « O. Taadmit »Djelfa.	22
<b>Figure 12</b>	schéma présente le changement du précipitation à Laghouat (2002-2014).	23
<b>Figure 13</b>	schéma présente le changement du Température à Laghouat (2002-2014).	24
<b>Figure 14</b>	schéma présente le changement du précipitation à Djelfa (1999-2010).	25
<b>Figure 15</b>	schéma présente le changement du température à Djelfa (1999-2010).	26
<b>Figure 16</b>	Diagrammes ombrothermiques de GAUSSEN de la région de la région de Laghouat 2002-2014 (A) et de la région de Djelfa 1999-2010 (B)	27
<b>Figure 17</b>	Climagramme pluviométrique d'Emberger	29
<b>Figure 18</b>	La situation géographique des sites d'étude	30
<b>Figure 19</b>	. Image montre méthode de mesure de Ph	32
<b>Figure 20</b>	Image montre méthode de mesure par le Conductimètre	
<b>Figure 21</b>	images des autres matériels utilisés	
<b>Figure 22</b>	Schéma représentatif d'un filet a plancton	33
<b>Figure 23</b>	Schéma synthétique de la technique de comptage du phytoplancton.	34
<b>Figure 24</b>	Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau des deux stations prospectées.	39
<b>Figure 25</b>	Variations mensuelles du pH des deux stations prospectées	40
<b>Figure 26</b>	Variations mensuelles de la conductivité de l'eau des deux stations d'étude	41

<b>Figure 27</b>	Variations mensuelles du (MES) des deux stations prospectées	42
<b>Figure 28</b>	distributions des classes à oued Taadmit	45
<b>Figure 29</b>	distribution des classes à oued Elghaicha	45
<b>Figure 30</b>	fréquence en nombre des deux station	47
<b>Figure 31</b>	fréquence des taux d'existence des espèces phytoplanctoniques dans les deux stations (Elghaicha- Taadmit)	48
<b>Figure 32</b>	Richesse générique totale «St» dans les stations étudiées.	51

#### IV

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Laghouat en 2002-2014.	23
Tableau2	Les températures moyennes mensuelles enregistrées à Laghouat (2002-2014).	24
Tableau3	Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Djelfa en 1999-2011.	25
Tableau4	Températures moyennes mensuelles enregistrées à Djelfa en 1999-2010.	25
Tableau5	Les fréquences d'échantillonnage du phytoplancton	30
Tableau6	Protocoles de mesures des paramètres physico-chimiques	31
Tableau7	Analyses descriptives des paramètres physicochimiques de l'eau	38
Tableau8	Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée.	42
Tableau9	Inventaire taxonomique de répartition par station du phytoplancton recensé	44
Tableau10	Les principaux genres phytoplanctoniques reconnus potentiellement toxiques	46
Tableau 11	Indise de Similitude de 4 mois à station de Taadmit.	49
Tableau12	Indise de Similitude de 4 mois à station de Elghaicha.	49
Tableau13	Indise de Similitude de 4 mois à station de( Elghaicha- Taadmit).	49
Tableau14	Les paramètres de diversité de la communauté phytoplanctonique	50
Tableau15	représente les différents résultats de liens obtenus dans oued Taadmit.	52
Tableau16	représente les résultats divers liens obtenus à Wad El Ghicha	53

## Introduction

Au sein du système solaire, la terre est la seule planète qui dispose d'une réserve importante d'eau liquide, essentielle à la vie. Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. Environ 98% de ces eaux forment les océans et les mers. Les 2% restant constituent les eaux continentales représentées par les fleuves, les rivières, les lacs, les étangs... etc. La dégradation de la ressource eau découle essentiellement des pollutions ponctuelles, des diffuses et de la modification des caractéristiques physico-chimiques (Malmqvist et Rundle, 2002). Dans la mesure où la distribution des organismes colonisant les milieux aquatiques est principalement dictée par des processus autoécologiques (Vannote *et al.*, 1980; Dolédec *et al.*, 1999), les perturbations anthropiques ont une répercussion très forte sur la biodiversité aquatique (Sweeney *et al.*, 2004).

Dans ces eaux continentales, Le phytoplancton est situé à la base de la chaîne trophique pélagique, il est responsable d'une part essentielle de la production primaire dans les milieux aquatiques (Reynolds, 1998). De ce fait il conditionne la production de poissons, de moules, d'huîtres, de crevettes et d'autres produits (Hansen *et al.*, 2001)

Ce phytoplancton peut former des efflorescences par suite de prolifération d'une ou de quelques espèces dans des conditions hydroclimatiques favorables et en particulier le déséquilibre du contrôle par la ressource nutritive ou par le broutage.

Ainsi, l'apparition de ces efflorescences est liée à plusieurs facteurs, notamment

- aux concentrations élevées en nutriments (Kilham et Kilham, 1984),
- à la stabilité hydrodynamique (Reynolds *et al.*, 1993),
- à la température (Reynolds, 1998)
- à la lumière (Dusenberry *et al.*, 1999).

Ces efflorescences peuvent avoir de nombreuses conséquences sanitaires, écologiques et économiques.

Le phytoplancton est constitué de l'ensemble des micro-organismes végétaux en suspension dans l'eau, capables d'élaborer par photosynthèse leur propre substance organique, à partir de l'énergie solaire, de l'eau, de l'oxygène et des sels nutritifs.

De ce fait, les variations de la production biologique ont des conséquences majeures sur les flux de matières à l'intérieur de l'écosystème. La composition spécifique des communautés phytoplanctoniques, l'abondance relative des différentes espèces, ainsi que la dominance d'une population par rapport à une autre sont autant de traits et de phénomènes en constante évolution qui caractérisent les successions phytoplanctoniques

(Smayda, 1980). Suivant cette conception, la dynamique des populations phytoplanctoniques est examinée à travers la réponse globale de la communauté aux variations environnementales, à l'aide de variables synthétiques telles que la biomasse phytoplanctonique totale.

En Algérie, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation des populations et de l'industrie. Cependant, ces eaux de surface sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre. Elles peuvent contenir des quantités non négligeables en matières organiques naturelles telles que les substances humiques mais aussi des composés organiques issus de divers rejets polluants ou de pratiques agricoles intensives (Achour, 2001). La croissance «massive» de certaines populations phytoplanctoniques peut entraîner des nuisances ou présenter un risque pour la santé publique ; certaines espèces phytoplanctoniques produisant des substances toxiques qui, lorsqu'elles sont accumulées par des organismes (*poissons, crevettes, ...*), sont dangereuses pour l'homme qui en est consommateur.

Cette approche «holistique» est essentielle pour comprendre le rôle des producteurs autotrophes dans le fonctionnement de l'écosystème pélagique, et plus particulièrement l'influence de l'activité biologique. En revanche, elle ne permet pas de répondre à d'autres problématiques. En particulier, lorsque l'on s'intéresse à la caractérisation des phénomènes atypiques, tels que l'apparition d'efflorescences phytoplanctoniques "massives" ou d'événements toxiques, le phytoplancton ne peut plus être considéré comme un ensemble homogène.

Dans le cadre d'une étude pluridisciplinaire nous avons défini comme thème :

***Evaluation de la qualité physicochimique et biologique des cours d'eau de la région de Laghouat et de Djelfa.***

Dans l'objectif de répondre aux questions suivantes :

- La caractérisation de l'environnement physico-chimique du milieu aquatique ;
- L'élaboration d'un inventaire du phytoplancton;
- L'identification des facteurs déterminant la diversité phytoplanctonique des stations étudiées.
- 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'oued ?

## CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE PHYTOPLANCTON

### 1. Définitions

Dans toutes les pièces d'eau, on trouve de minuscules cellules photosynthétiques et de très petits animaux qui forment le plancton (Blandin P. 1986).

#### 1.1. Le plancton

Il désigne l'ensemble des êtres vivants, animaux et végétaux, évoluant dans l'eau et ne pouvant pas lutter contre les courants. (Chorus et Bartram, 1999).

#### 1.2. Le phytoplancton :

Le phytoplancton (du grec *phyton* plante et *planktos* errant) est constitué par l'ensemble du plancton végétal, c'est-à-dire des microorganismes photosynthétiques qui sont libres, passifs et en suspension dans la colonne d'eau (Rolland, 2009). Il s'agit de cellules, colonies ou filaments (i) qui ne peuvent nager et dont les mouvements dépendent de ceux de l'environnement aquatique et/ou (ii) qui sont motiles (flagellés ou ciliés) mais dont les déplacements sont restreints (Guiselin, 2010). 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 (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. De manière générale, cinq groupes caractéristiques appartenant à deux règnes différents sont à distinguer :

· Des Eucaryotes :

\_ Les Diatomées,

\_ Les Péridiniens ou Dinophycées,

\_ Les Prymnésiophycées ou Coccolithophoridés,

\_ Les Silicoflagellés ou Chrysophycées

· Des Eubactéries ou vraies bactéries (Procaryotes) : Les Cyanobactéries

- **Les algues eucaryotes** : (Du grec Eu: typique, véritable).

Ce sont des êtres vivants qui s'opposent aux procaryotes ; leur noyau est entouré d'une membrane nucléaire renfermant chromatine et nucléoles ; ils possèdent des dictyosomes et de vraies mitochondries. (Carty, S. 2003.,).

- **Les algues Procaryotes :**

(Du grec portos : primitif et crayon : noyau).

Ce sont des êtres vivants dont le noyau n'est pas entouré de membrane nucléaire ; ils sont dépourvus de nucléoles et ne possèdent ni dictyosomes ni mitochondries. On y distingue 3 embranchements : bactéries, algues bleues (cyanophycées), actinomycètes. (Carty, S. 2003.).

## 2. Les principales classes de phytoplancton

A ce jour, 8 principales classes différenciées selon des critères morphologiques, cytologiques, biochimiques et reproductifs sont recensées dans les milieux aquatiques.

- ❖ **Les cyanobactéries**

Organismes procaryotes, regroupent plus de 110 genres et environ 1000 espèces dulçaquicoles (Blais, 2008). La plupart des cyanobactéries sphériques appartiennent à la famille des Chroococcacées et les filamenteuses aux familles des Nostocacées et Oscillatoriacées (Bourrelly, 1985a). Les cellules appartenant à cette classe se caractérisent par l'absence de noyau, de plaste et de reproduction sexuée. Les cyanobactéries (ou « algues bleues ») se distinguent des procaryotes hétérotrophes par la présence de chlorophylle *a* et de pigments accessoires (phycocyanine, phycoérythrine, caroténoïdes) (Ganfet *al*, 1991 ; Schagerl et Donabaum, 2003; Colyeret *al*, 2005).

Certaines cyanobactéries possèdent des vacuoles gazeuses qui leur permettent de réguler leur position dans la colonne d'eau et de se maintenir à une profondeur où la température, la lumière et les éléments nutritifs sont favorables à leur développement. Un bon exemple de cette propriété physiologique est fourni avec l'espèce *Planktothrix rubescens* (Schanz et *al*, 1997 ; Bright et Walsby, 1999 ; Walsby et *al*, 2004 ; Walsby, 2005). D'autres cyanobactéries, également filamenteuses comme la précédente, possèdent deux types de cellules particulières : des hétérocystes et des akinètes. C'est par exemple le cas des genres *Anabaena* et *Nostoc* (Stewart, 1973 ; Mur et *al*, 1999). Les hétérocystes sont des cellules à membrane épaisse, à contenu cellulaire homogène et très clair, capables de fixer l'azote atmosphérique. Ces cyanobactéries sont donc avantagées en milieu limitant en azote assimilable.

Les akinètes sont des spores durables et chargées de réserves qui, une fois détachées en conditions favorables, forment un nouveau filament (Bourrelly, 1985a). Les cyanobactéries se divisent essentiellement par fission binaire ou division végétative, c'est à dire que la membrane cellulaire s'invagine et sépare la cellule mère en deux cellules filles

isomorphiques. Généralement, cette division a lieu dans un, deux ou trois plans qui sont plus ou moins perpendiculaires les uns aux autres entre générations successives (Komárek, 2003). La diversité des cyanobactéries a été moins étudiée en milieu marin que dans les milieux d'eau douce. Cette différence résulte de l'occurrence de fortes efflorescences de cyanobactéries en milieu d'eau douce et du fait que les cyanobactéries marines sont constituées de deux principaux genres unicellulaires de petite taille (*Synechococcus* et *Prochlorococcus*) plus difficilement étudiables. *Prochlorococcus*, découverte en 1988 (Chisholm et al. 1988), est le genre photosynthétique le plus abondant de la biosphère (Partensky et al. 1999). Elle contribue jusqu'à 84% de la fixation du CO<sub>2</sub> dans certaines eaux oligotrophes.



**Figure 01** : différentes formes des cyanobactéries filamenteuses et sphériques

#### ❖ Les chlorophycées

Forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricées et les Charophycées. Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces (John, 1994). Toutefois, la plupart des algues vertes planctoniques lacustres appartiennent à l'ordre des Volvocales et à celui des Chlorococcales qui font partie de la classe des Euchlorophycées (Bourelly, 1985b).

Les cellules des Volvocales possèdent une paroi cellulaire glycoprotéique pourvue de 2, 4 ou 8 flagelles de même taille, 1 noyau et 2 vacuoles contractiles localisées à la base des flagelles. Les chloroplastes de la plupart des volvocales sont en forme de U et les chlorophylles *a* et *b* sont les pigments majeurs (Ettl, 1983). Les Chlorococcales sont unicellulaires ou coloniales avec une membrane bien définie, parfois de formes filamenteuses (Ettl et Gärtner, 1988). L'état végétatif est sous forme immobile et les flagelles sont absents au stade adulte. On distingue comme précédemment un noyau par

cellule et les mêmes pigments majeurs (Bourrelly, 1985b). Pour assurer leur reproduction, les Volvocales et les Chlorococca les forment des zoospores à l'intérieur de la paroi cellulaire de la cellule mère. On distingue 3 types de zoospores : celles avec membrane et 2 fouets égaux, celles sans membrane et à fouets égaux et celles sans membrane et à fouets légèrement inégaux mais de même structure (Bourrelly, 1985b).

Dans les formes coloniales, chaque cellule de la colonie se divise par division végétative en  $n$  cellules formant  $2 \times n$  cellules filles. On retrouve également 3 types de reproduction sexuée : isogamie (2 gamètes de même taille), anisogamie (gamète male plus petit que gamète femelle) et oogamie (gamète femelle non flagellé et gamète mâle flagellé) (Nozaki, 2003).

#### ❖ Les xanthophycées

Regroupent plus de 100 genres et environ 600 espèces dulçaquicoles. Elles vivent à l'état unicellulaire, colonial ou de filament et sont caractérisées par une plus grande proportion de pigments caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) que de chlorophylle, ce qui peut expliquer leur couleur jaune-verte (Rolland, 2009). Les cellules mobiles possèdent deux flagelles de taille différente. La paroi cellulaire est souvent absente et quand elle est présente, elle contient une grande quantité de pectine et peut être siliceuse chez plusieurs espèces. Les xanthophycées se divisent essentiellement par fission binaire mais peuvent également former des zoospores. La reproduction sexuée, quand elle a lieu, est le plus souvent isogame (Ott et Oldham, 2003).

#### ❖ Les chrysophycées

Sont des algues unicellulaires ou coloniales (rarement filamenteuses), dont certaines vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique (Rolland, 2009).

Leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en xanthophylles (lutéine, fucoxanthine, diadinoxanthine) et caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) masquant la couleur due aux chlorophylles *a* etc. (Wetzel et al., 2001). La plupart de ces cellules obtiennent leur énergie par mixotrophie, c'est à dire qu'elles sont capables d'autotrophie et d'hétérotrophie. Dans le dernier cas, elles se nourrissent en consommant de la matière particulaire comme des bactéries ou des protistes (phagotrophie) ou bien en absorbant des molécules organiques complexes (osmotrophie) (Sanders et al., 1990 ; Domaizon et al., 2003). Le nombre de flagelles est variable. La plupart des cellules sont uniflagellées mais d'autres possèdent deux flagelles généralement de même taille. Beaucoup des espèces appartenant à cette classe n'ont pas de paroi cellulaire mais sont juste entourées d'une membrane cytoplasmique. D'autres possèdent une surface cellulaire

couverte de plaques ou d'écailles siliceuses ou calcaires. La multiplication se fait par fission binaire ou par zoosporulation. Les phénomènes sexuels, rarement signalés, sont de nature isogamique. En période de repos, la formation endogène de kystes siliceux, globuleux, percés d'un pore obstrué par un bouchon, est caractéristique des Chrysophycées (Rolland, 2009).

#### ❖ Les diatomées (*Bacillariophycées*)

Sont des algues unicellulaires ou coloniales, quelquefois filamenteuses, à plastes bruns ou jaunes contenant de la chlorophylle a carotène et plusieurs xanthophylles (Andere, 1975). Elles se caractérisent par une paroi rigide faite de silice hydratée insérée dans une matrice organique, le frustule. Cette paroi finement ornementée (pores, excroissances, épines, etc.) est divisée en deux valves emboîtées de taille différente :

L'hypothèque, la plus petite des deux valves, vient s'emboîter dans l'épithèque (à la façon d'une boîte de Pétri). La bordure verticale de l'épithèque, appelé l'épicingulum, recouvre et cache le bord de l'hypothèque, ou hypocingulum.

Chez de nombreuses espèces, les deux valves présentent également des ornements différents (Cyril, 2006).

Les Diatomées occupent à l'heure actuelle la zone photique des eaux marines fraîches et froides, mais aussi les eaux douces et les sols. En milieu marin, on en connaît des espèces planctoniques et benthiques. (Cyril, 2006).

#### • Cycle de vie du diatomophycées :

Les Diatomées ont un cycle de vie essentiellement diplophasique. Les cellules diploïdes se multiplient par mitose pendant plusieurs mois, voire plusieurs années.

Chacune des valves de la cellule parente devient l'épithèque d'une cellule-fille, qui secrète l'hypothèque correspondante. En conséquence, l'une des deux diatomées-filles est de taille inférieure à la diatomée initiale, alors que l'autre fille est de même taille. Par conséquent, au cours des divisions successives, des Diatomées plus petites apparaissent et l'une des lignées de descendantes voit sa taille diminuer à chaque génération (Fig 02).

Cette diminution ne dure pas indéfiniment. En dessous d'un certain seuil (30% de la taille initiale), ces cellules entrent en méiose et produisent des gamètes (le gamète mâle est la seule.

Cellule flagellée du cycle), dont la paroi cellulaire ne comporte pas de frustule siliceux. Le zygote issue de la fusion des gamètes (auxospore) croît jusqu'à la taille maximale propre à l'espèce ou à la population avant de former un nouveau frustule (fig 02). (Cyril, 2006).

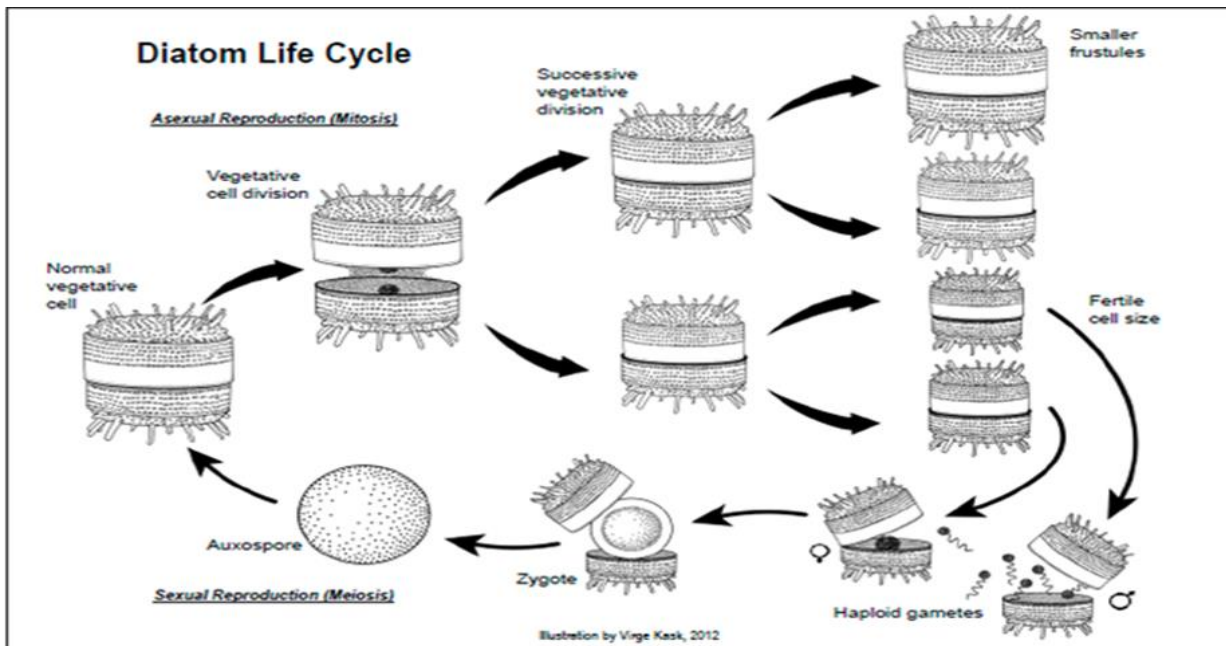
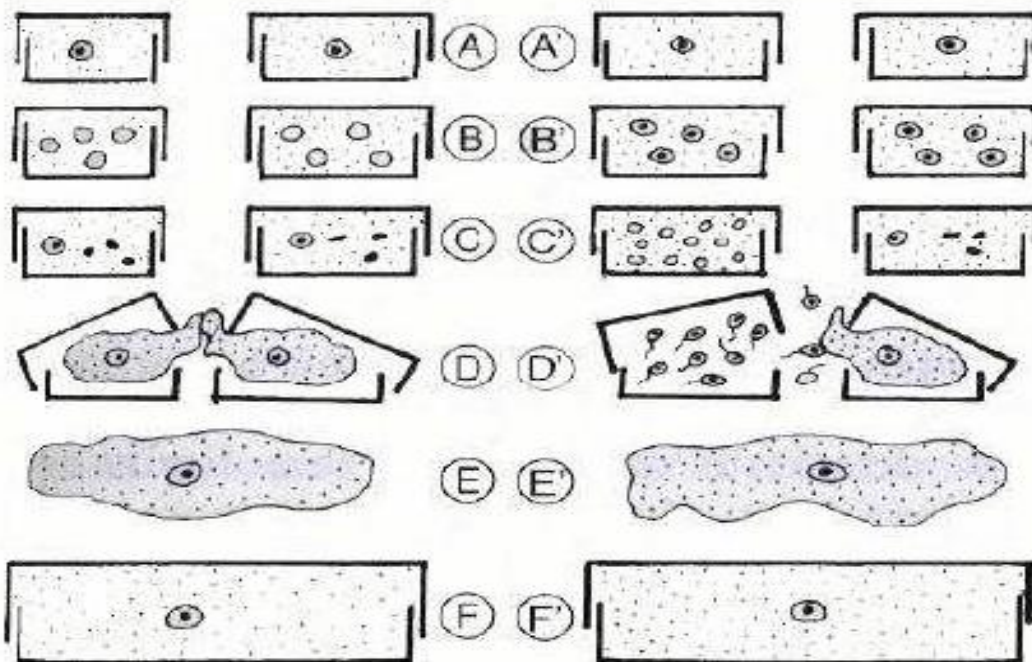


Figure 02 : Cycle de vie des diatomées



A-F : EX d'une ou chaque cellule donne naissance, après méiose à un seul gamète

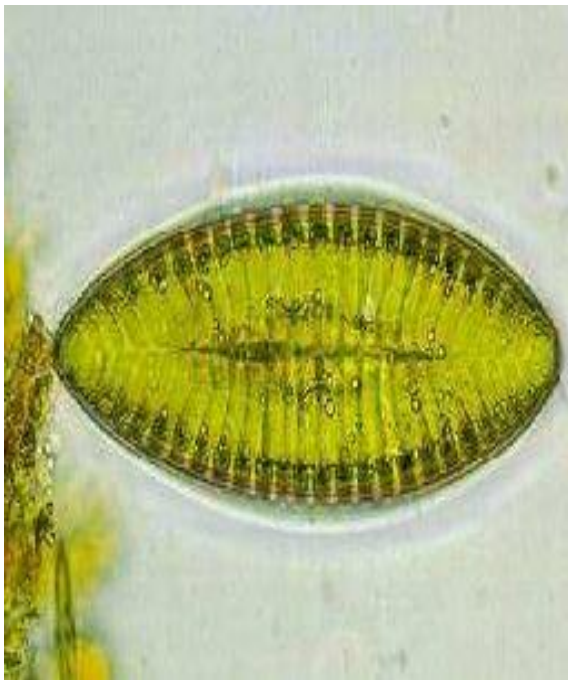
\*A'-F : EX d'une espèce oogame.

Figure03 : Schéma de la reproduction sexuée des Diatomées.

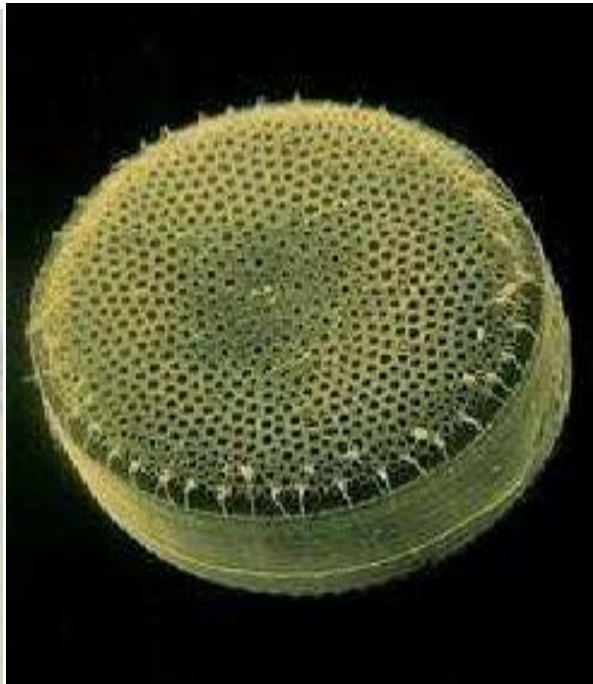
- **Classification des diatomophycées:**

On distingue deux grandes catégories de Diatomées selon la géométrie de leur frustule:

- **Les Diatomées centrales**, à symétrie radiale (fig 05) : le frustule circulaire porte des stries, rayonnant depuis un point ou une aréole (qui n'est pas forcément situé au centre de la valve), ou une réticulation.
- **Les Diatomées pennales**, à symétrie bilatérale (fig 04) : le frustule allongé présente des stries disposées autour d'un plan de symétrie bilatérale.



**Figure04:** diatomées pennées



**Figure05:** diatomées centrique.

- ❖ **Les cryptophycées**

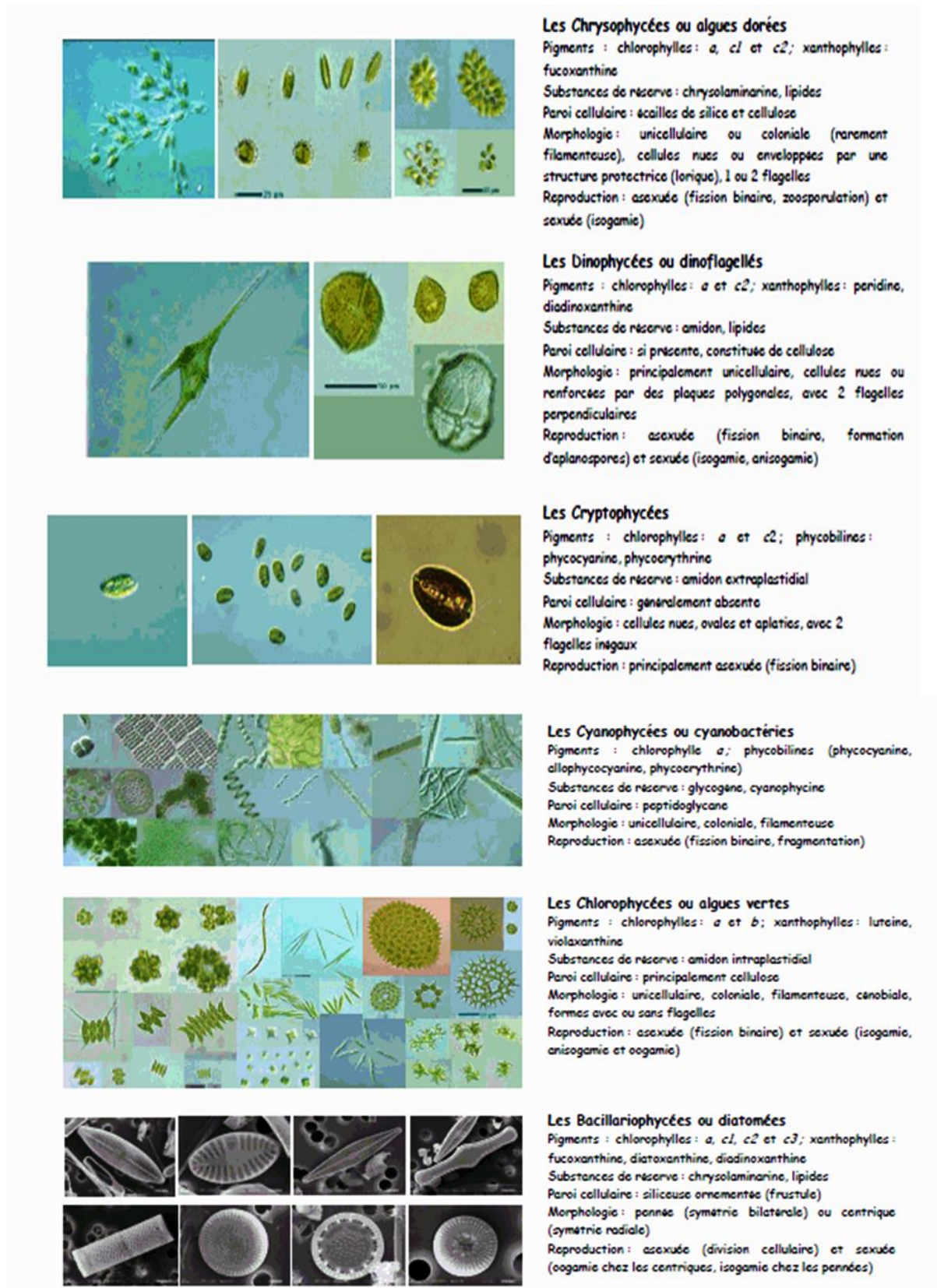
Sont unicellulaires, mobiles de par la présence de deux flagelles (de taille égale) et dépourvues de paroi cellulaire. En effet, l'enveloppe qui les entoure est appelée périplaste et est composé de deux couches distinctes, le périplaste interne (succession de plaques protéiques) et le périplaste externe (membrane protéique unique) qui entourent la membrane plasmique (Kugrens et Clay, 2003). Les cellules sont aplaties dorso-ventralement et sont pourvues d'une invagination antérieure qui porte les deux flagelles. Les cellules contiennent une variété de pigments dont la phycoérythrine qui leur donne une couleur rougeâtre caractéristique. La reproduction se fait par fission binaire (Starmach 1974, Bourelly 1985a).

### ❖ Les dinoflagellés

Regroupent environ 300 espèces et sont des algues flagellées unicellulaires dont la plupart sont mobiles. Une ceinture transversale, le cingulum, encercle la cellule et la divise en une épithèque et une hypothèque alors qu'une invagination longitudinale, le sulcus, définit la face ventrale de la cellule. Ils possèdent des plaques de cellulose sur la partie externe de la membrane et la taxonomie de ces microorganismes est basée sur le nombre et l'arrangement de ces plaques (Rolland, 2009). Ces plaques peuvent être très fines et sont parfois difficiles à voir par microscopie optique. Des pores apicaux, des extensions de plaques et des épines peuvent aussi apparaître chez certaines espèces. La chlorophylle a et c2 sont deux pigments photosynthétiques majeurs des cellules de dinoflagellés. La péridinine qui fait partie des pigments accessoires de type caroténoïdes est responsable de la couleur dorée bien que les cellules puissent apparaître jaunâtre voire marron. Bien que la reproduction sexuée se produise de temps en temps, la reproduction asexuée par la formation d'aplanospores (spores non flagellés) prédomine. En période de diapause, la formation de kystes peut s'accroître considérablement (Carty, 2003).

### ❖ Les euglènes

Sont répartis en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, une vacuole contractile et un stigma (« eyespot ») orange à rouge composé de globules de caroténoïdes (Rosowski, 2003). Bien que certaines euglènes soient non pigmentées, phagotrophes (capable d'ingérer des particules solides) et par conséquent considérées comme des protistes animaux (ex protozoaires), la plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes. Il reste que même si la phagotrophie peut constituer le mode d'assimilation de carbone principal, aucune de ces espèces n'en dépend uniquement. Ce dernier est toujours combiné à l'absorption de composés organiques dissous. En ce qui concerne leur mode de reproduction, la division cellulaire semble être la règle pour cette classe du phytoplancton.



(Saez et al. 2008).

**Figure 06** : Les classes algales et leurs caractéristiques principales basées sur des aspects morphologiques et cytologiques.

### 3. Rôle du phytoplancton dans les écosystèmes aquatiques

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

#### 3.1. Photosynthétique

L'importance du phytoplancton dans les milieux aquatiques est due à leur capacité de synthétiser des hydrates de carbone et de l'oxygène, à partir des éléments minéraux dissous dans l'eau et de l'énergie lumineuse, selon l'équation de Redfield (Stumm et Morgan, 1996). Lors de la photosynthèse, le phytoplancton est capable de fixer en milieu marin entre 20.109 et 55.109 tonnes de carbone (Mann et Lazier, 1966).

#### 3.2. Chaîne alimentaire

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

#### 3.3. Autres rôles

Certaines espèces du phytoplancton, peuvent être utilisées comme des indicateurs de pollution, ainsi *Chamaesiphonpolonius* et *Calothrix* sont caractéristiques des eaux non polluées, par contre *Oxillatoriachlorina* et *pirulinajenneri* peuvent survivre dans les milieux très pollués et pauvres en oxygène. Cependant *Phormidium* est présent dans les eaux moyennement polluées (Champiat et Larpent, 1994). Certains genres de phytoplancton comme : *Euglena*, *Volvox* et *Spirogyra* sont des bio accumulateurs d'éléments radioactifs. Ils sont utilisés pour lutter contre ce type particulier de pollution (Champiat et Larpent, 1994). Certains genres des Cyanobactéries peuvent être utilisés comme engrais naturels dans les rizières grâce à leurs capacités de fixation de l'azote atmosphérique par des hétérocystes (Roger, 1996). Le phytoplancton est connu pour libérer dans le milieu des substances antibactériennes (Barnabé et Barnabé -Quet, 1997). Certaines espèces appartenant aux genres *Scenedesmus* et *Chlorella*, ont un effet inhibiteur sur *Bacillus cereus* et *Pseudomonas* sp, tandis que d'autres espèces présentent un effet biocide marqué vis à vis des Coliformes et des Salmonelles (Champiat et Larpent, 1994). *Spirulina* est une Cyanobactérie qui possède des qualités intéressantes pour l'alimentation et la santé, tant pour l'Homme que pour les animaux car elle est riche en protéine et en vitamine B12 (Rafiqul *et al.*, 2005). Alors que *Scenedesmus*, *Chlorella* et *Oxillatoria* sont utilisées en

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

#### 4. Habitat et écologie

Les organismes qui constituent le phytoplancton sont d'une extrême plasticité écologique. Ces espèces très ubiquistes colonisent les biotopes terrestres et aquatiques (Fogg et al, 1973), et se retrouvent dans l'eau douce, saumâtre ou salée. Quelques espèces sont recensées dans les eaux thermales tandis que d'autres tolèrent les basses températures des lacs arctiques et antarctiques (Skulberg, 1996). Certaines espèces vivent en association avec des animaux comme des protozoaires, des éponges ou des ascidies (endozoïques), ou avec des végétaux comme des fougères aquatiques ou des angiospermes (endophytiques) (Couté et Bernard, 2001). Elles peuvent encore vivre en symbiose avec des champignons et des algues vertes comme dans le cas des lichens.

Au cas où elles sont strictement aquatiques, elles peuvent être planctoniques, vivant dans la colonne d'eau, ou benthiques, fixées ou très proches des divers substrats (roches, coraux, algues, animaux) et se développent même à l'intérieur des sédiments (Mur et al, 1999 ; Couté et Bernard, 2001).

Le phytoplancton comporte des organismes autotrophes qui possèdent, suivant les espèces, en plus de leurs remarquables possibilités d'adaptation à la température, une excellente adaptabilité aux variations lumineuses grâce à une composition pigmentaire qui leur permet d'utiliser une large gamme du spectre lumineux. Certaines espèces peuvent aussi se déplacer dans la colonne d'eau grâce à des glissements, à des mouvements hélicoïdaux ou à la présence de vésicules à gaz. Ces éléments leur permettent d'aller se positionner au niveau de leur optimum lumineux dans la zone euphotique ou de descendre dans les couches inférieures chercher des concentrations plus importantes en nutriments. D'autres peuvent s'affranchir partiellement des éléments nutritifs 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 *Planktothrix* et *Limnothrix*. Ce sont des espèces filamenteuses sensibles aux fortes intensités lumineuses. La régulation de la flottabilité est moins efficace chez ces espèces qui se retrouvent alors dispersées dans l'épilimnion, arrivant parfois à éliminer les

autres organismes phytoplanctoniques par simple ombrage. Cependant, ces espèces peuvent aussi adopter une stratégie différente en se développant au niveau de la thermocline où leur richesse en phycoérythrine leur permet d'absorber efficacement la lumière dans les longueurs d'ondes 490 à 570 nm (bleu et vert).

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

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

## 5. Diversité spécifique et diversité écophysiological

Les conséquences écophysiological associées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques sont nombreuses. Les différentes espèces ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu, en particulier la turbulence. Leurs taux de croissance, ainsi que leur dépendance vis-à-vis des nutriments, sont également variables. En outre, afin de faire face aux variations environnementales, les espèces phytoplanctoniques ont développé des stratégies adaptatives, telles que i) différents mécanismes favorisant leur mobilité, et leur migration vers des zones riches en nutriments et en lumière (phototaxisme, migration verticale, nage, agrégation), ii) le mode de nutrition mixotrophe, iii) la compétition interspécifique par production de substances allélochimiques, iv) des mécanismes de défense contre la prédation (allélopathie). Le cycle biologique de chaque espèce phytoplanctonique participe ainsi à un réseau complexe de relations interspécifiques à l'intérieur d'un assemblage d'espèces (Grogan, 2012). Actuellement, 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 et Rolland, 2009).

## 6. Le phytoplancton, indicateur de qualité biologique

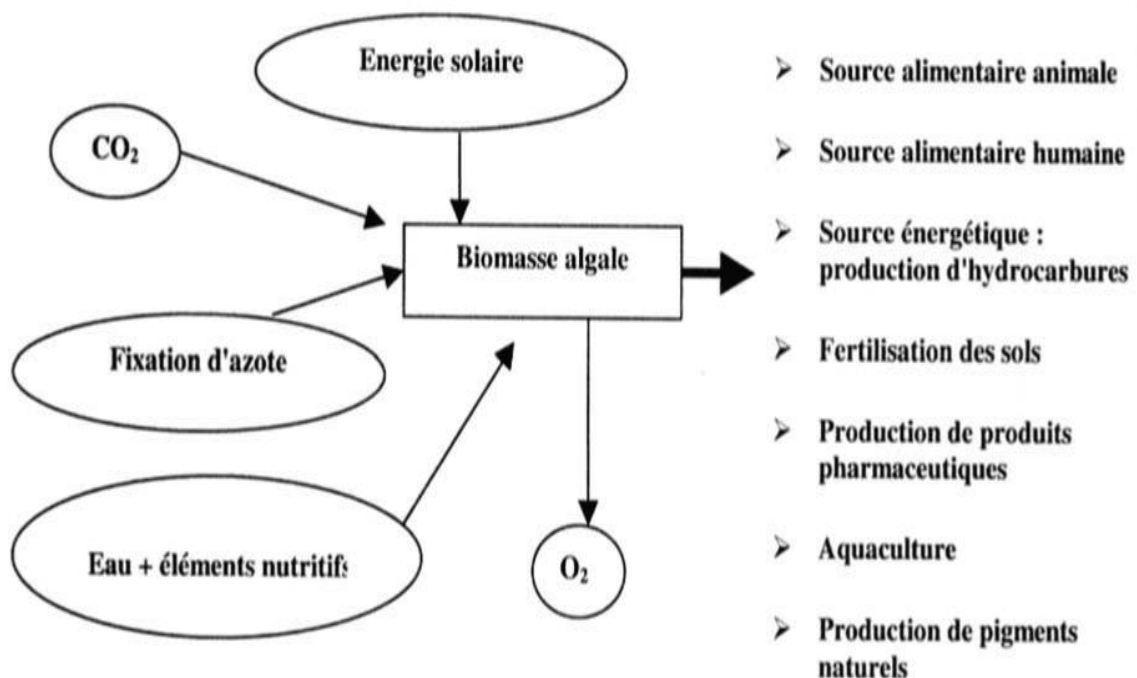
Qu'il s'agisse du phytoplancton, des macrophytes, des invertébrés ou des poissons, les indicateurs biologiques (bio-indicateurs) sont basés sur le même principe.

La variété des taxons présents dans un prélèvement, leur assemblage, la présence ou l'absence de groupes sensibles (aux pollutions par exemple), donnent une indication sur la qualité des milieux. Ainsi, Blandin (1986) a donné au terme bio-indicateur la définition suivante : « *Un indicateur biologique (ou bio-indicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui – par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques – permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème 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 de qualité biologique pour les lacs et est identifié aujourd'hui comme un bio-indicateur potentiel puisque répondant aux changements trophiques des masses d'eau. Trois paramètres relatifs au phytoplancton peuvent être utilisés pour l'évaluation de l'état écologique des lacs et la définition des statuts « très bon », « bon » et « moyen ». Il s'agit de i) l'abondance et la composition phytoplanctonique, ii) la biomasse phytoplanctonique (via les estimations de la concentration de chlorophylle *a* et du biovolume moyen) et iii) l'intensité et la fréquence des blooms planctoniques.

## 7. L'importance des micro-algues

La biodiversité des micro-algues est énorme puisqu'on estime qu'il y a entre 200. 000 et plusieurs millions d'espèces. Une telle diversité non exploitée constitue un réel potentiel pour la recherche et l'industrie (Cadoret et Bernard, 2008). Outre l'intérêt écologique considérable comme agents épurateurs des eaux usées, les algues microscopiques jouent un rôle important dans de nombreux domaines elles sont utilisées en agriculture comme

engrais biologique pour la fertilisation des sols pauvres, en particulier les sols sahariens squelettiques dont la structure est amoindrie par l'abondance des ions sodium dans l'eau d'irrigation, ce qui engendre des conditions asphyxiantes très défavorables, ainsi l'apport d'algues microscopiques riches en azote à ce type de sol, peut corriger l'insuffisance en matière organiques (Chader et Touzi, 2001). Par ailleurs, ces mêmes algues représentent une source potentielle de protéines alimentaires non négligeable (50 à 60 % du poids sec) pour l'homme et l'animal qu'il soit terrestre ou aquatique. En effet, ces organismes sont considérés comme le premier maillon de la chaîne alimentaire (phytoplancton) pour les producteurs secondaires (poissons, crustacés, ...), elles représentent indéniablement le nutriment essentiel en aquaculture (croissance et développement des poissons).



(Chader et Touzi, 2001).

**Figure 07:** Domaines d'application des algues microscopiques

Les micro-algues fabriquent aussi une certaine catégorie de produits chimiques qui leurs sont propres : agaragar, alginates, carraghénanes et bien d'autres polysaccharides. Certaines sont capables de s'adapter à des salinités importantes en accumulant dans leurs cellules du glycerol (*Dunaliella*), du sorbitol (*Stichococcus*), du mannitol (*platymonas*).

Les micro-algues sont des espèces aquatiques à structures relativement molles. Elles sont totalement dépourvues de lignines, ce qui pourrait en faire une biomasse très avantageuse pour un certain nombre de fermentations telles que la production de méthane

ou même d'alcools à des fins énergétiques. D'autres fabriquent des hydrocarbures (*Botryococcus*, *Dunaliella*), des lipides (*Neochloris*, *Chlorococcum*), d'autres encore des antibiotiques (*Stichochrysis*) (Chader et touzi, 2001).

## 8. Le phénomène d'eutrophisation

Au cours des années 1970, le problème environnemental de l'accroissement de la pollution suscita un intérêt pour ce qui détermine la productivité primaire des lacs, des égouts et le ruissellement des engrais provenant des fermes et des jardins ajoutent des nutriments aux lacs. Dans de nombreux lacs, des communautés de phytoplancton où régnait Diatomées « Bacillariophycées » et Algues vertes « Chlorophycées » finissent par être dominées par les Cyanobactéries. Ce processus est appelé eutrophisation (Campbell et al, 2006).

Certains écologistes font le lien entre cette augmentation et la diminution, à l'échelle du globe, de la qualité des eaux provoquée par la croissance démographique. Quand l'homme pollue les systèmes aquatiques, certaines algues peuvent se libérer de ces contraintes et leurs populations s'accroître jusqu'à prendre des proportions indésirables « elles fleurissent » (Raven et al, 2003).

Merceron (1999), déclare que l'extrême abondance du phytoplancton « des millions, voire des dizaines de millions de cellules par litre » obscurcit alors l'eau, empêchant toute photosynthèse sur une épaisseur de plusieurs mètres au-dessus du fond et provoquant une intense respiration puis une dégradation aérobie du phytoplancton (Campbell et al, 2006). Selon les conditions physiques et chimiques du plan d'eau, on peut observer soit la formation d'une masse bleu-verdâtre laiteuse à la surface de l'eau, soit une coloration uniforme « bleu-vert, jaune, rouge, verte ..... » de la colonne d'eau (Fremy et Lassus, 2001). D'après Fremy et Lassus (2001), la plus ancienne mention d'un tel phénomène a été faite par De Candolle (1825), propos d'une prolifération d'*Oscillatoria rubescens*, colorant en rouge vif le lac de Morat « Suisse », évènement connu sous le nom de « sang des bourguignons ». Aussi La couleur verdâtre de certains ours polaires dans les zoos est due à la présence de colonies de cyanobactéries qui se développent à l'intérieur des poils creux de leurs fourrures (Ravenetal, 2003).

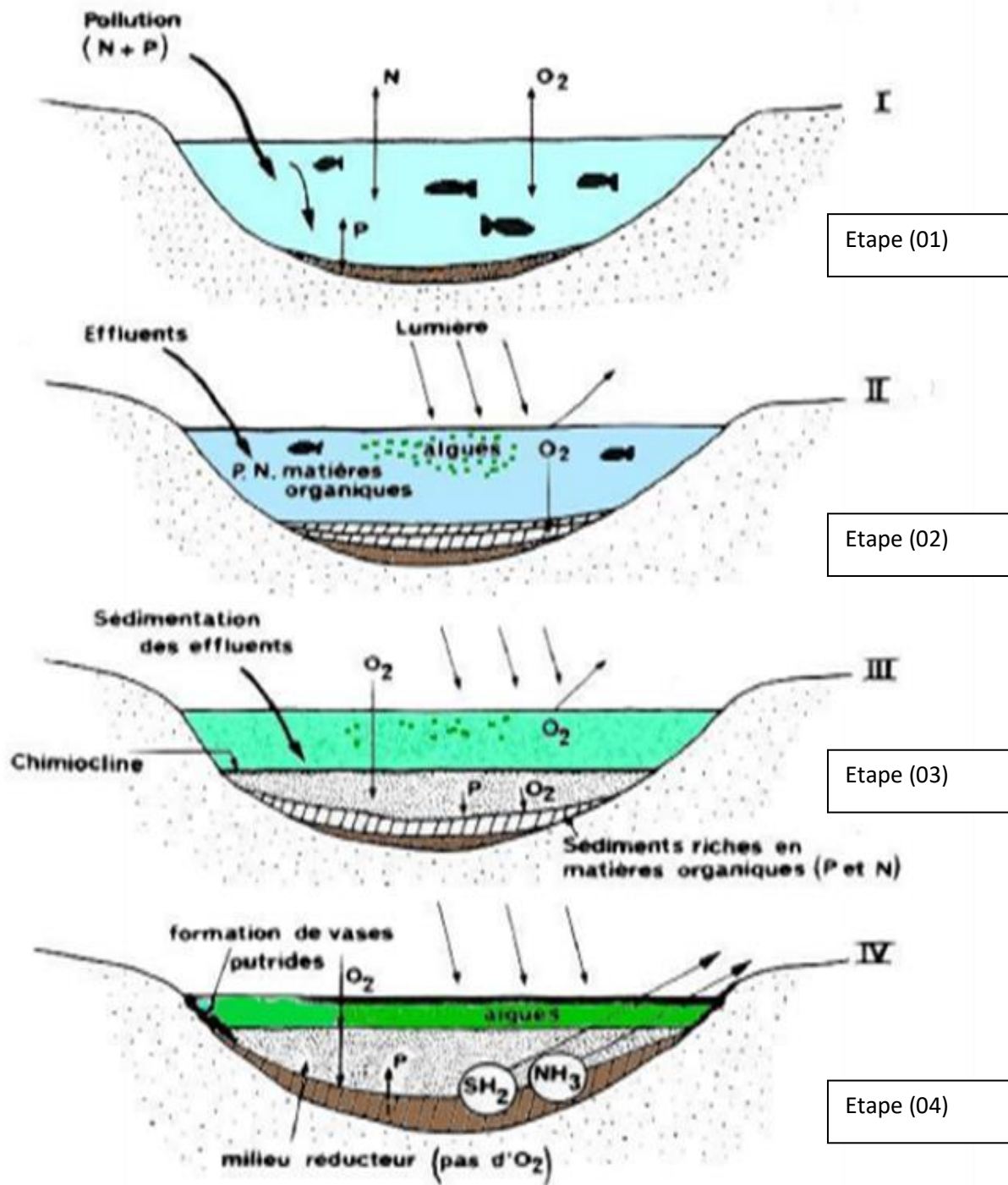


Figure 08 : schéma présente les différentes étapes de Le phénomène d'eutrophisation

Ce phénomène d'eutrophisation, a généralement des conséquences indésirables pour les humains notamment la perte possible des poissons dans les lacs (Campbell et *al*, 2006).

➤ **Impact sur les écosystèmes aquatiques**

Les liens entre les nutriments, l'eutrophisation, l'hypoxie et les proliférations d'algues nuisibles ainsi que leurs impacts sur les écosystèmes marins sont multiples et difficiles à quantifier. Les "zones mortes" désignent des régions marines où la concentration en oxygène dissout est déficitaire (hypoxie). La plupart sont dépourvues de toute vie aquatique, elles sont connues dans le monde entier et entraînent un déclin de la diversité biologique. Les algues microscopiques mortes se décomposent au fond des océans sous l'action bactérienne qui consomme une bonne part de l'oxygène dissout des eaux profondes. Les eaux océaniques estivales étant stratifiées, les eaux profondes ainsi isolées demeurent hypoxiques et deviennent inhospitalières. Dans certains cas l'oxygène se raréfie si rapidement que la faune n'a pas le temps de fuir et provoque une mortalité massive de poissons (Puiz et *al*, 2008).

Ce sont des cyanophycées qui sont responsables de la couleur verte du Nil vert (*Oscillatoriaerythraea*, *Aphanizomenonkaufmanni*), de la couleur rouge de la mer rouge et des lacs de Morat (Suisse) ou de Nantua (France) (*Oscillatoryarubescens*) (Jaag, 1953 *in* Dussart, 1992).

La biodiversité côtière est la plus élevée parmi les biotopes océaniques, mais aussi la plus touchée par la pollution. Les proliférations d'algues nuisibles côtières ont ainsi un effet dévastateur sur les écosystèmes marins les plus riches – un impact difficilement quantifiable en terme monétaire. A travers la chaîne alimentaire, ces "blooms" nuisent aux mammifères marins tels que les baleines, les dauphins, les otaries et les lamantins. Il est clair que la perte de ressources marines non-commerciales peut avoir de graves conséquences (Piuz et *al*, 2008).

## ETUDE DU BIOTOPE ET PRESENTATION GENERALE DES REGIONSD'ETUDE

### 1. Présentation des régions d'étude

#### 1.1. Situation géographique des régions d'étude

Les prélèvements effectués le long de toute la période d'étude appartiennent à deux régions distinctes du point de vue climatique et écologique. La station de l'oued Elghaicha dans la wilaya de Laghouat et la station de l'oued Taadmit dans la wilaya de Djelfa.

#### ❖ *Laghouat*

La wilaya de Laghouat est située au cœur du pays à 400 km au sud de la capitale Alger, la wilaya s'étend sur une superficie de 25.052 km<sup>2</sup>. Située à plus de 750 mètres d'altitude sur les hauts plateaux, la wilaya de Laghouat est traversée par la chaîne de l'Atlas Saharien avec des sommets qui dépassent les 2.000 mètres ("Djebel AMOUR" 2.200 mètres).

Laghouat est limitée au Nord et à l'Est par la Wilaya de Djelfa, au Nord-Ouest par les Wilayas de Tiaret et El Bayadh et au Sud par la wilaya de Ghardaïa (D.P.A.T 2010).

Notre site d'étude, Oued Elghaicha est un type naturel, c'est un oued d'eau douce à écoulement permanent.(Fig09-10).



**Figure 09** : Situation géographique de Laghouat.



**Figure 10** : Situation géographique de la station d'étude « oued Elghaicha » Laghouat.

### ❖ Djelfa

La Wilaya de Djelfa est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord au-delà des piémonts Sud de l'Atlas Tellien. Le chef-lieu de Wilaya est à 300Km au Sud de la capitale Alger. La wilaya est limitée, au Nord par les wilayas de Médéa et Tissemsilt, au Sud Ouargla, El Oued et Ghardaïa, à l'Est : M'sila et Biskra, à l'Ouest : Laghouat et Tiaret.

La wilaya de Djelfa a 36 communes. La commune de Taadmit est située à 60 km au sud-ouest de Djelfa (Guermiti ; 2005), à la limite de la wilaya de Laghouat. Djelfa couvre une superficie de 788.58 Km<sup>2</sup>, elle fait partie du territoire de l'Atlas Saharien.

L'écoulement des eaux de pluies dans la commune de Taadmit se fait par un réseau hydrographique représenté par un ensemble d'oueds permanents, les plus importants sont Oued Taadmit (notre zone d'étude) qui traverse l'agglomération chef-lieu, Oued Taadmit est un type naturel d'eau douce à écoulement permanent. Le débit est variable en fonction des saisons, la profondeur de l'oued est variable entre quelques centimètres en période chaude et 2 à 3 mètres en période pluvieuse.

Le site d'étude est un site qui subissant plusieurs phénomènes de coloration d'eau en fonction de l'augmentation de la température.

Cet oued traverse la commune de Taadmit et subit l'influence des différents rejets anthropiques riches en N et P (Fig.11).



**Figure 11:** Situation géographique de la station d'étude « O. Taadmit » Djelfa.

## 1.2. Caractéristiques climatiques

- **Laghouat**

Pour caractériser l'état climatique de la région et mettre en évidence les impacts probables de ces facteurs sur la bio écologie des organismes vivants, on a pris en considération les observations homogènes sur une période de 12ans (du 2002 à 2015) recueillies au niveau de la station météorologique d'El khenég(ONM, 2015).

### a) La pluviométrie

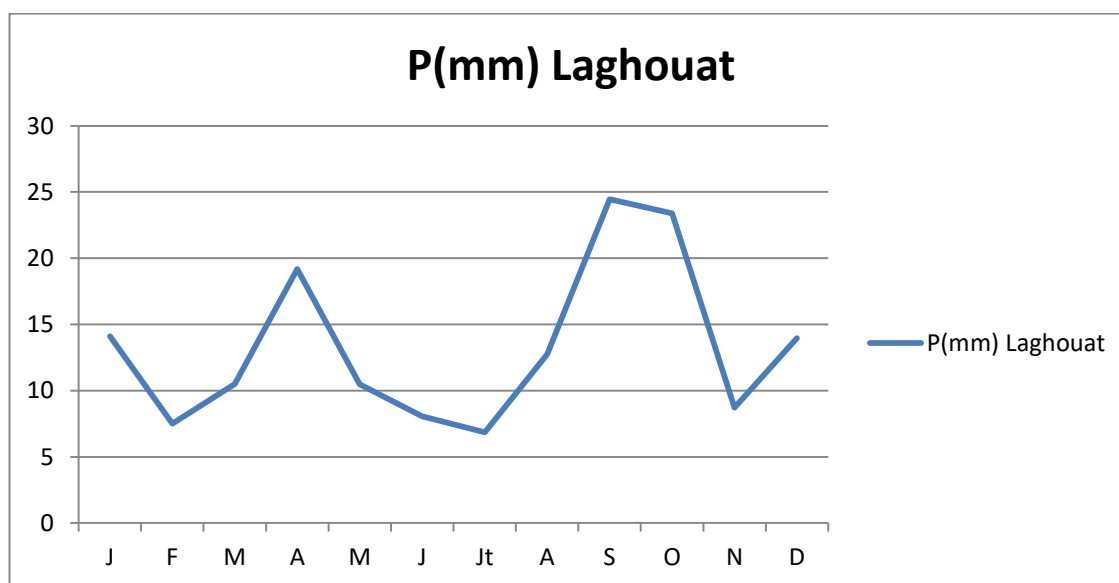
La pluviométrie annuelle varie selon plusieurs paramètres locaux caractéristiques de chaque région dont l'altitude, l'exposition et l'orientation jouent le rôle principal.

A partir des données enregistrées sur une période de 12 ans (2002-2014). La précipitation moyenne annuelle est d'environ 159,93mm. Les mois de Septembre et Avril sont les plus pluvieux avec des moyennes de 24,45 et 19.19 mm. On enregistre une valeur inférieure au mois de juillet. (Tab.1)

**Tableau 1:** Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Laghouat en 2002-2014.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Cumul
P(mm) Laghouat	14.1	7.5	10.5	<u>19.19</u>	10.47	8.05	6.84	12.75	<u>24.45</u>	23.4	8.71	13.97	159,93

(ONM; Laghouat, 2015)



**Figure 12 :** schéma présente le changement du précipitation à Laghouat (2002-2014).

### b) La température

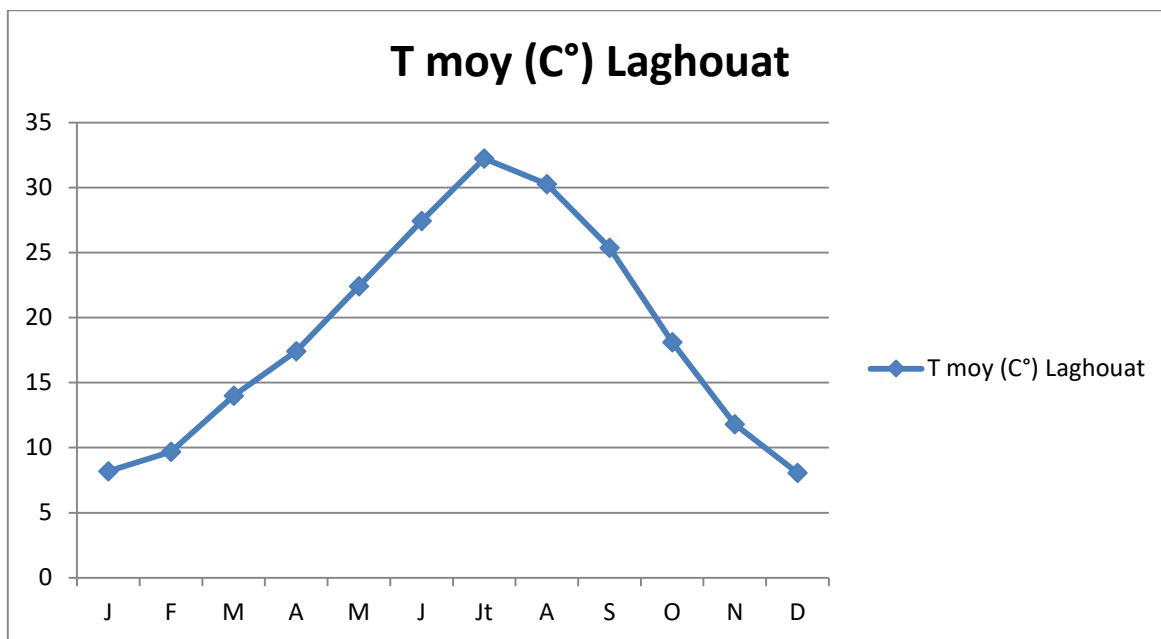
Les données thermométriques caractérisant la région de Laghouat durant la période 2002-2015 sont reportées dans le (Tab.2).

En analysant les données nous constatons que janvier est le mois le plus froid avec une température de 8,2 °C ainsi que juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de 32.23°C. Les valeurs maximales dépassent 30°C pour les mois de juillet et aout. Les valeurs thermiques comprises entre 20 et 30°C sont enregistrées en mai, juin et septembre.

**Tableau 2:** Les températures moyennes mensuelles enregistrées à Laghouat (2002-2014).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Moy
T moy (C°)													
Laghouat	<u>8.2</u>	9.68	14.01	17.42	22.42	27.44	<u>32.23</u>	30.27	25.38	20.1	11.82	8.06	<b>18.91</b>

(ONM; Laghouat, 2015)



**Figure 13:** schéma présente le changement du précipitation à Laghouat (2002-2014).

- **Djelfa**

Pour caractériser l'état climatique de la région et mettre en évidence les impacts probables de ces facteurs sur la bio écologie des organismes vivants, on a pris en considération les observations homogènes sur une période de 12 ans (1999 à 2010).

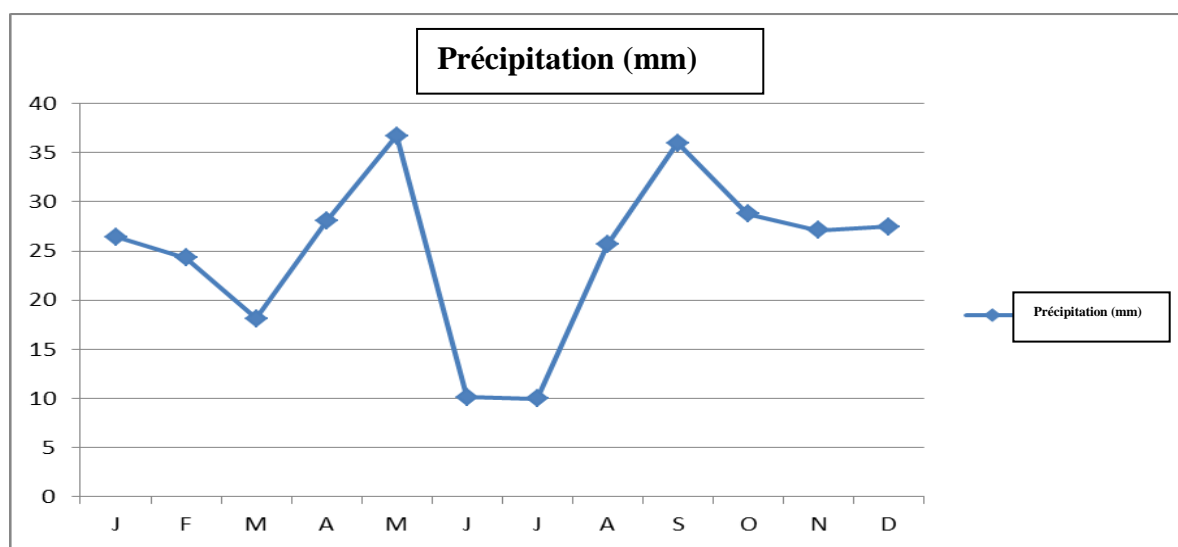
**a) La pluviométrie**

A partir des données enregistrées sur une période de 12 ans (1999-2010), La précipitation moyenne annuelle est d'environ 299 mm. Les précipitations atteignent une valeur maximale de 36,74 mm pour le mois de Mai. On enregistre des moyennes de 28,76 et 28,03 mm pour les mois d'octobre et avril respectivement. La valeur minimale est enregistrée au mois de juillet avec 10 mm.(Tab.03).

**Tableau 3:** Les précipitations moyennes mensuelles enregistrées à Djelfa en 1999-2011.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	Cumu
P (mm)	26,45	24,32	18,11	28,03	36,74	10,15	10,0	25,68	36,01	28,76	27,13	27,55	299

(O.N.M; Djelfa, 2010)



**Figure 14 :** schéma présente le changement du précipitation à Djelfa (1999-2010).

**b) Les températures**

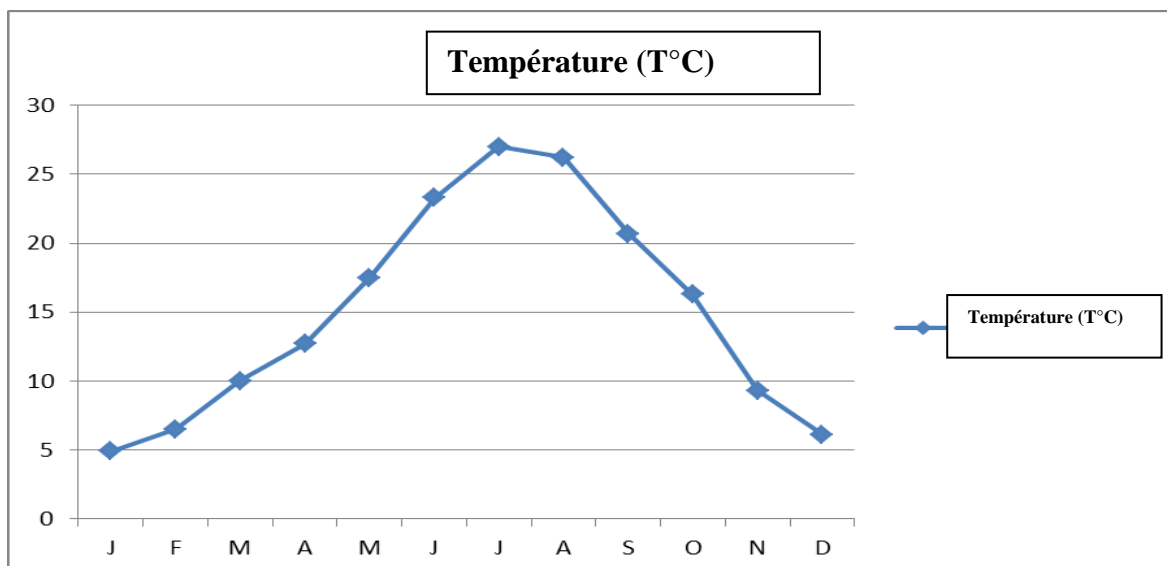
Les données enregistrées de la région de Djelfa révèlent que juillet est le mois le plus chaud avec une moyenne de 27°C et janvier est le mois le plus froid avec une moyenne de 4,9°C.

De juin à septembre les moyennes varient entre 20°C et 30°C ainsi les moyennes entre 10°C et 20°C sont enregistrées de mars à mai et le mois d'octobre. Les moyennes enregistrées sont inférieures à 10°C pour les mois de janvier, février et novembre, décembre (Tab. 4).

**Tableau 4:**Températures moyennes mensuelles enregistrées à Djelfa en (1999-2010).

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
T (°C)	4.9	6.5	10	12.7	17.5	23.3	27	26.2	20.7	16.3	9.3	6.1

(O.N.M; Djelfa, 2011)



**Figure 15 :** schéma présente le changement du température à Djelfa (1999-2010).

### 1.3. La synthèse climatologique

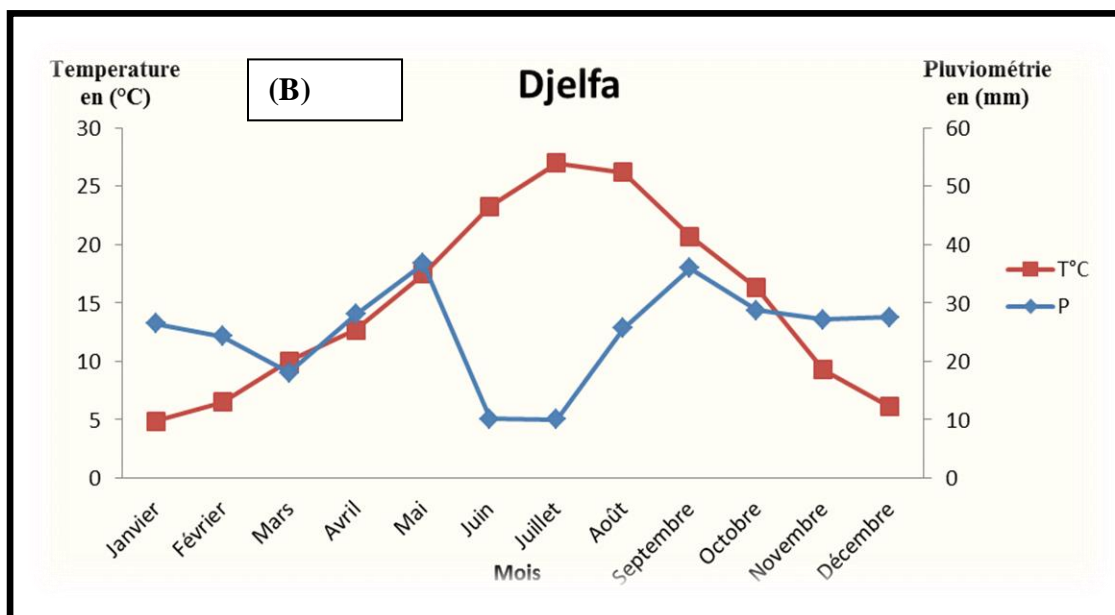
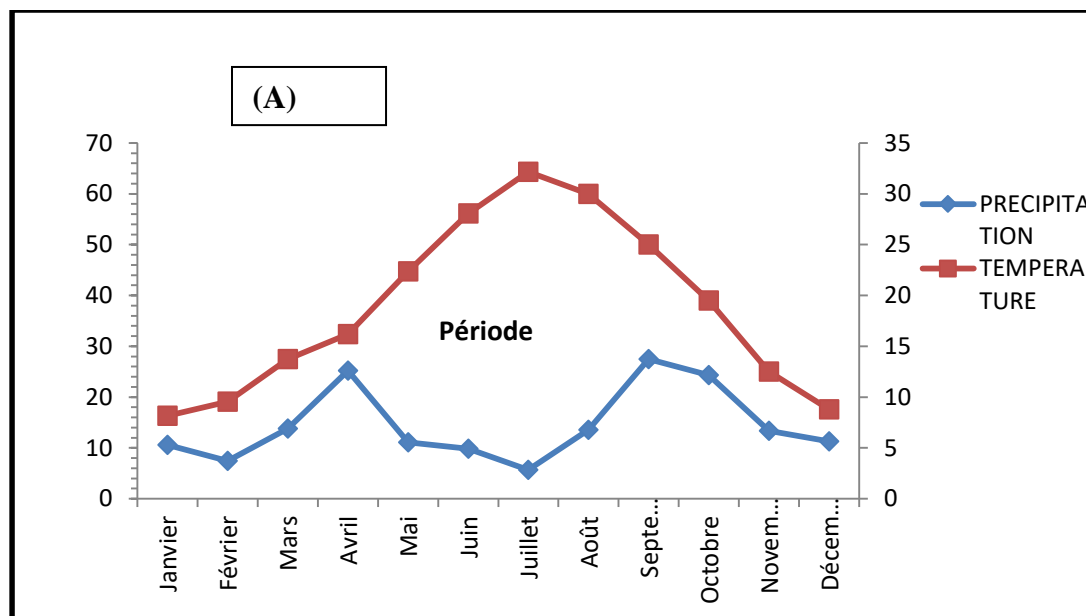
#### 1.3.1. Le diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles (Dajoz, 2003).

D'après Frontier et *al*, (2004), les diagrammes ombrothermique de GAUSSEN sont constitués en portant en abscisses les mois et en ordonnées, à la fois, les températures moyennes mensuelles en (°C) et les précipitations mensuelles en (mm). L'échelle adoptée pour les pluies est double de celle adoptée pour les températures dans les unités choisies. Un mois est réputé «sec» si les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne, et réputé «humide »dans le cas contraire (Frontier et *al*, 2004).

Pour localiser les périodes humides et sèches des deux sites d'étude, nous avons tracé deux diagrammes ombrothermiques pour les périodes allant de (2002-2014) pour la région de Laghouat et (1999-2010) pour la région de Djelfa.

Le diagramme ombrothermique de la région de Laghouat (Fig.16 « A ») pour la période allant de 2002 à 2014, fait apparaître une seule période sèche s'étalant sur les 12 mois de l'année. Cependant la période sèche et chaude a Djelfa dure 6 mois en allant de Mai jusqu'à Octobre, alors que la période humide et froide s'étale sur les mois allant de Janvier jusqu'à Mai et de Novembre à Décembre (Fig.16 « B »)



**Figure 16:** Diagrammes ombrothermiques de GAUSSEN de la région de la région de Laghouat 2002-2014 (A) et de la région de Djelfa 1999-2010 (B).

**1.3.2. Climagramme d'EMBERGER :**

Le système d'EMBERGER permet la classification des différents climats méditerranéens (Dajoz, 2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviothermique Q en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en abscisses. Il est défini par la formule simplifiée suivante (Stewart, 1969) :

$$Q = 3.43 \times \frac{P}{M - m}$$

P : pluviométrie annuelle en mm.

M : température moyenne maximale de mois le plus chaud en °C.

m : température moyenne minimale du mois le plus froid en °C.

Le quotient pluviothermique est d'autant plus élevé que le climat est plus humide (Dajoz, 2003). Cet indice n'est vraiment établi que pour la région méditerranéenne et qu'en fonction de la valeur de ce coefficient on distingue les zones suivantes :

Humides pour :  $Q > 100$  ;

Tempérées pour :  $100 > Q > 50$  ;

Semi arides pour :  $50 > Q > 25$  ;

Arides pour :  $25 > Q > 10$  ;

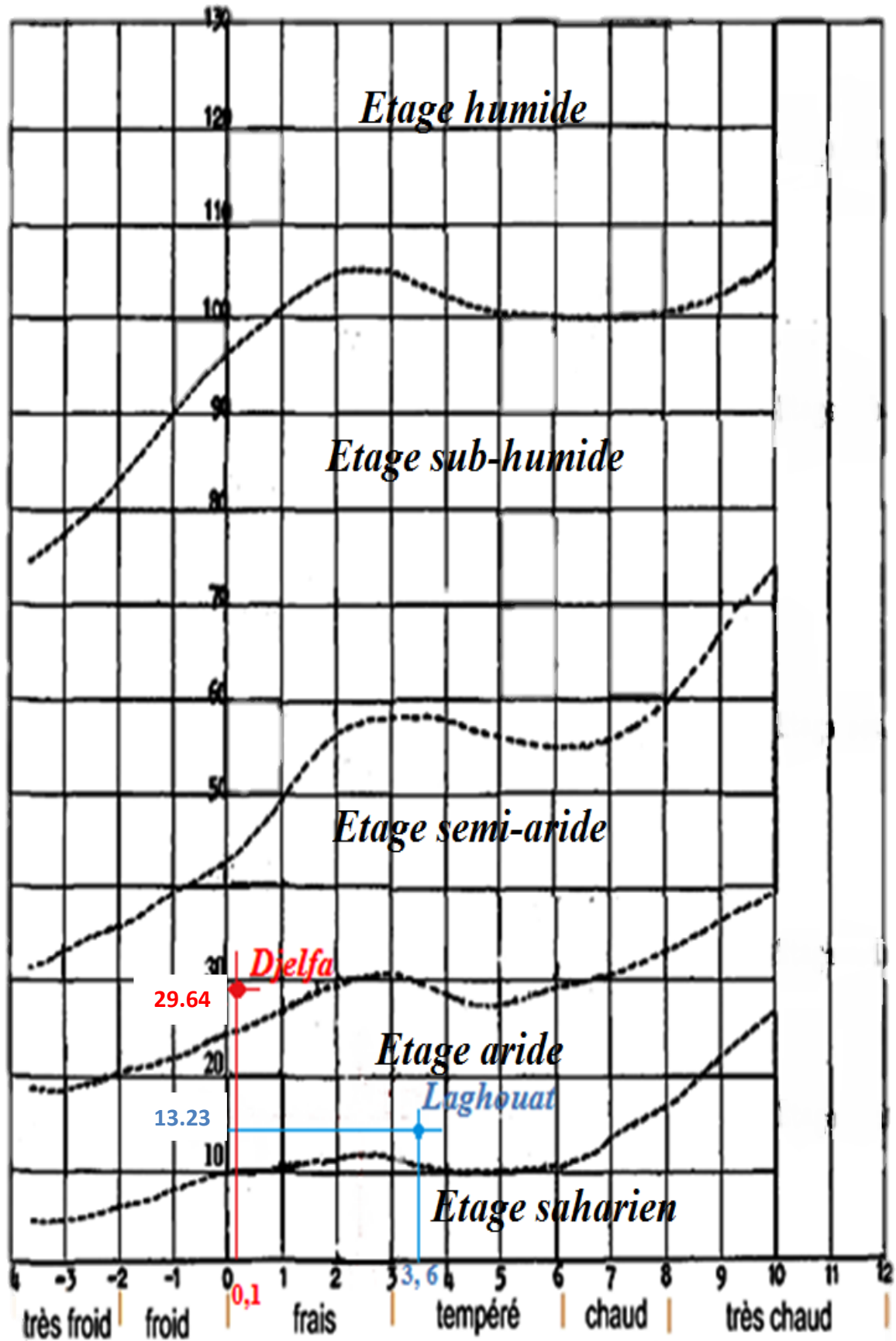
Désertiques pour :  $Q < 10$ .

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région de Laghouat et Djelfa et les situer dans le climagramme d'EMBERGER, nous avons calculé le quotient pluviothermique Q avec les données climatiques calculées sur deux périodes, de 15ans Q1 (2002-2014) et de 12 ans Q2 (1999-2010).

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{159,93}{(39,54 - 1,9)} = 13,23$$

$$Q_2 = 3,43 \times \frac{299}{(34,7 - 0,1)} = 29,64$$

La région de Djelfa est toujours classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais ( $Q_2 = 29,64$ . moyenne des températures minimales du mois le plus froid janvier est de  $0,1$  °C pour la période 1999-2010), cependant la région de Laghouat est classée dans l'étage bioclimatique aride ( $Q_1 = 13,23$ )(Fig.17).



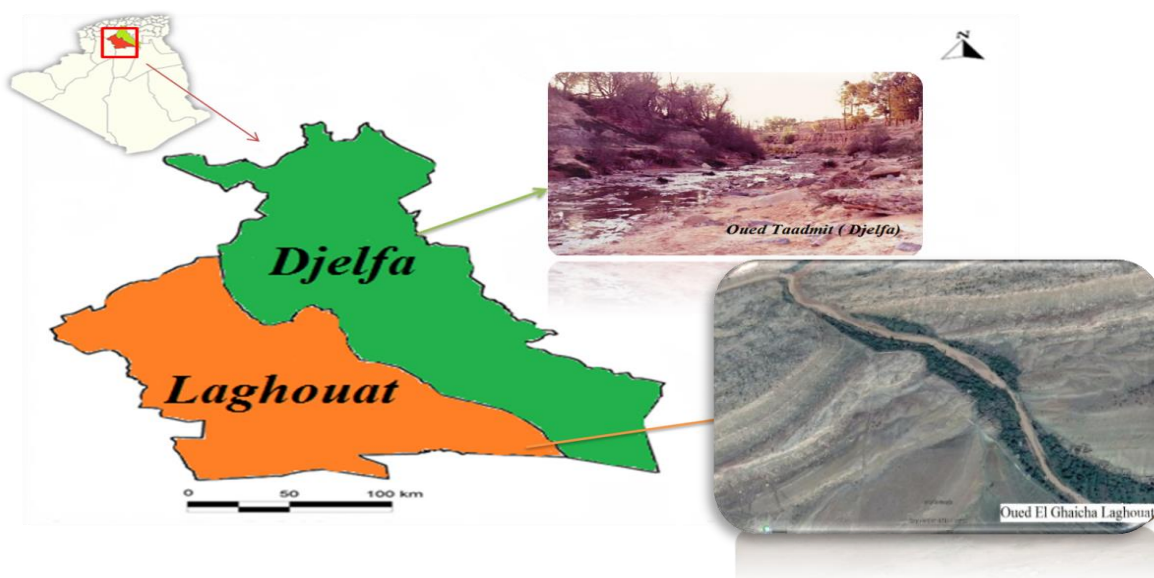
(Emberger., 1950).

Figure 17: Climagramme pluviométrique d'Emberger.

## 2. Méthodes d'études

### 2.1. Choix des sites et fréquences d'échantillonnage

Afin de choisir des stations les plus représentatives, tant du point de vue naturel que du point de vue pression humaine, nous avons opté à la prospection au niveau de 2 sites d'étude : oued Elghaicha Laghouat et oued Taadmit Djelfa(Fig.18).



**Figure 18** : La situation géographique des sites d'étude.

#### 2.1.1. Fréquence d'échantillonnage

Les sorties du terrain sont étalées sur une période de quatre mois allant de Décembre à Mars 2016- avec une chronologie résumée dans le tableau ci-dessous (tableau 05).

**Tableau 05** : Les fréquences d'échantillonnage du phytoplancton.

		Mesures physico-chimiques		Etude phytoplanctonique	
		O.Taadmit	O.Elghaicha	O.Taadmit	O. Elghaicha
P1	12/12/2015	+	-	+	-
	14/12/2015	-	+	-	+
P2	10/01/2016	+	-	+	-
	16/01/2016	-	+	-	+
P3	11/02/2016	+	-	+	-
	15/02/2016	-	+	-	+
P4	14/03/2016	+	-	+	-
	16/03/2016	-	+	-	+

## 2.2. Méthodes de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau

### 2.2.1. Méthode de prélèvement de l'eau

Le prélèvement consiste à réaliser un échantillon représentatif d'une colonne d'eau, d'un litre et demi d'eau brute de surface dans une bouteille en plastique.

### 2.2.2. Analyses physico-chimiques

En vue de la caractérisation de la qualité de l'eau de deux sites prospectés, nous nous sommes intéressés à 7 paramètres physico-chimiques. Il s'agit de : la température, le pH, la conductivité électrique, la salinité, les nitrites, les nitrates et les Ortho phosphate. 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 ci-dessous (tableau 06).

**Tableau 06:** Protocoles de mesures des paramètres physico-chimiques

Paramètre mesuré	Unité	Matériel utilisé	Mode opératoire
Température	°C	Thermomètre a Mercure	- Enfoncez le thermomètre dans l'eau - Attendez quelques minutes et lisez la valeur indiquée.
Ph	/	pH mètre (Baroid, petrium industries)	- Prendre environ 100 ml de l'échantillon à mesurer - Immerger l'électrode dans le bécher contenant l'eau à analyser - Laisser stabiliser un moment et noter le pH indiqué
Conductivité	µS/cm	Conductimètre (HACH COMPANY)	- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité - Faire la mesure dans un récipient contenant de l'eau à examiner en prenant soin que les électrodes soient bien émergées.
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (Ortho phosphate)	mg/l	Spectrophotomètre (modèle HACH ODYSSEY)	-Prendre 10 ml de l'échantillon. - Ajouter 1 ml d'acide ascorbique (10%). - lecture à 699 nm.

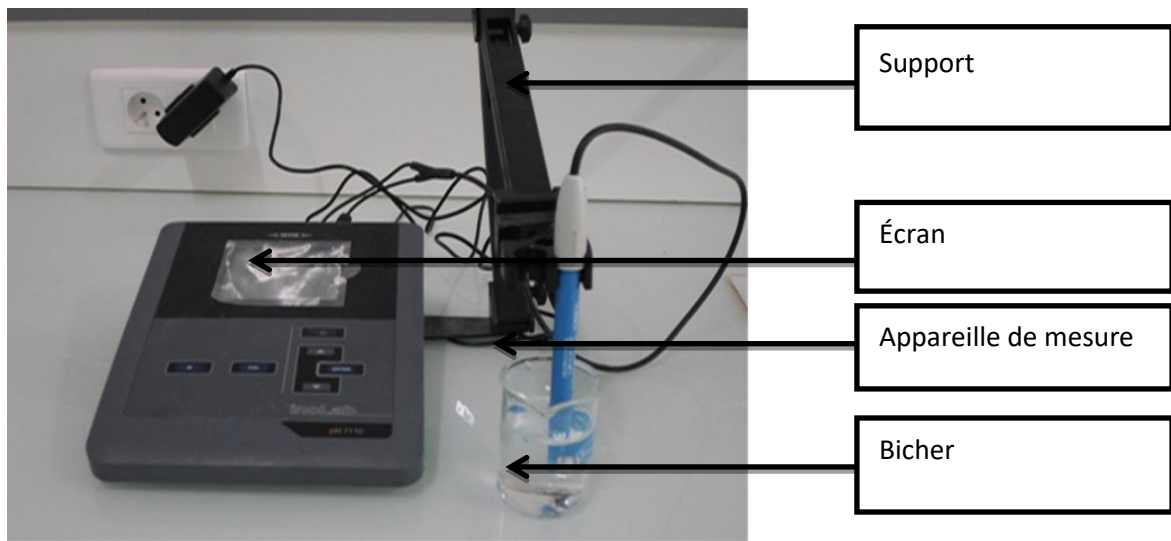


Figure 19: Image montre méthode de mesure de Ph

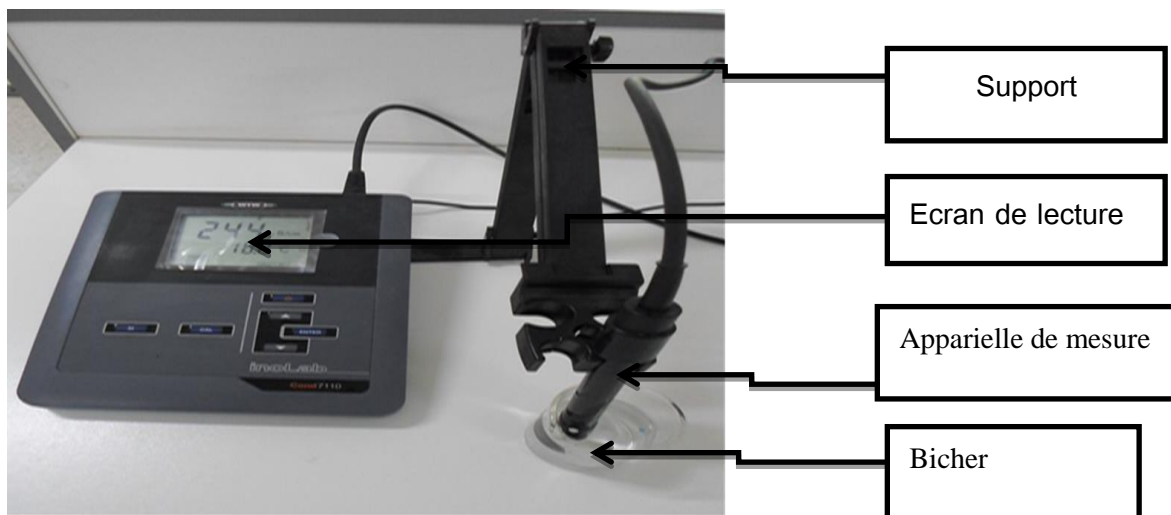


Figure 20: Image montre méthode de mesure par le Conductimètre.

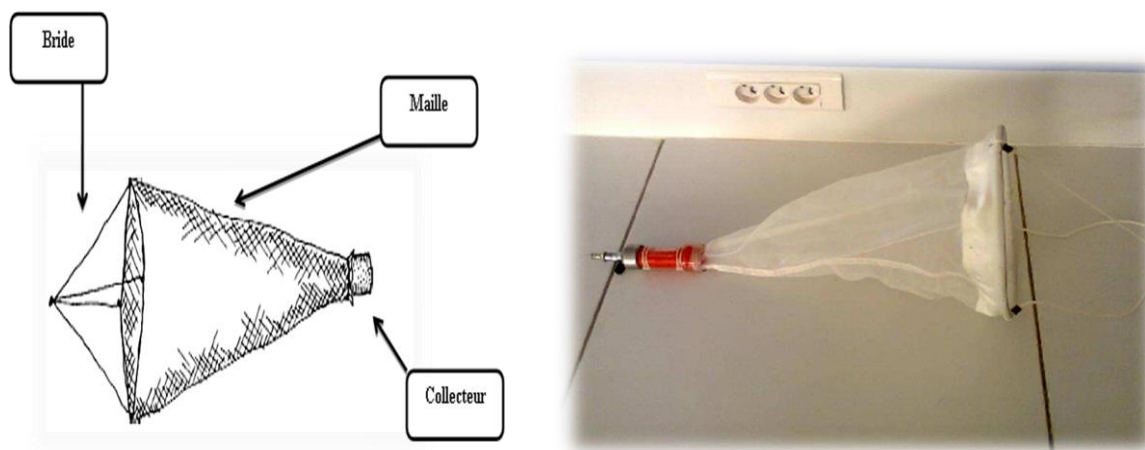


Figure 21 : images des autres matériels utilisés

## 2.3. Méthodes et techniques d'étude du phytoplancton

### 2.3 Prélèvement du phytoplancton

Afin d'obtenir des données d'ordre qualitatives et quantitatives de la communauté micro-algale des deux plans d'eau, nous avons utilisé un filet à plancton fabriqué traditionnellement (Fig.22) dont le principe de fonctionnement est de faire passer une quantité d'eau à plusieurs reprises (une dizaine de litres) afin de récupérer un volume de (100 ml) appelé le filtrat. Puis, le filtrat est versé dans des flacons ambrés en ajoutant 10 ml de formol a 10% afin d'assuré une meilleure fixation et de faciliter la décantation des espèces phytoplanctoniques pour une investigation microscopique ultérieure. Une autre méthode de fixation d'ordre qualitative adopté par Sournia (1978), dans laquelle, une quantité de 20 ml de formol aldéhyde (10 %) est ajoutée à chaque flacon d'un litre d'eau.



**Figure22:**Schéma représentatif d'un filet a plancton.

#### 2.3.2. Etude qualitative et quantitative

Plusieurs classes d'algues ont fait l'objet de notre étude telles que, les diatomées, les cyanophycées, Zygnophycées, Zygnematophycées.

##### ❖ Identification et dénombrement du phytoplancton au laboratoire

Au laboratoire, l'échantillon est immédiatement fixé avec du Lugol. Au minimum 8 gouttes pour 100 ml sont ajoutées. L'idéal étant d'obtenir une couleur orangée (mais pas brun foncé). En fonction du type de milieu (acidité de l'eau), la couleur orangée est obtenue avec un nombre nettement supérieur de gouttes (Druart et Rimet, 2008).

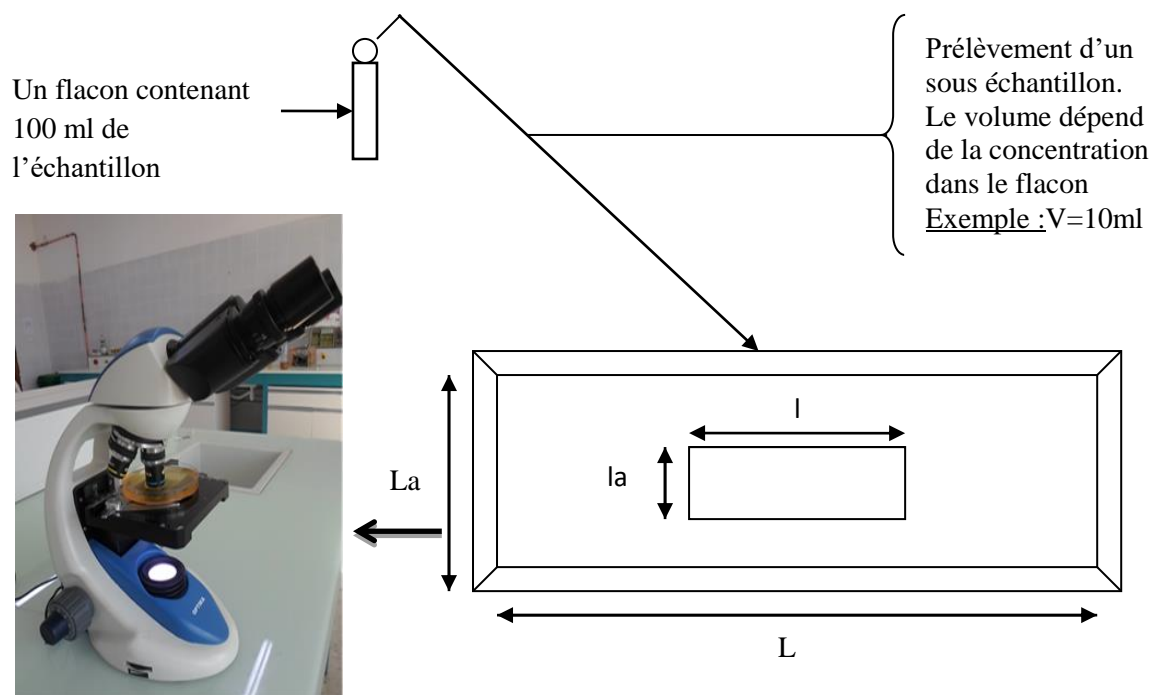
L'identification des genres de chaque récolte est réalisée à l'aide d'un microscope optique par l'observation des caractères morpho anatomiques (la forme de la colonie ou du trichome ainsi que la taille et la couleur) représentant les clés d'identification de différents genres.

La détermination de toutes les espèces observées s'est arrêtée au niveau des genres en se basant sur les clés (Guide d'identification des diatomées des rivières de l'est du Canada, guide d'identification des fleurs d'eau des cyanobactéries...).

Le dénombrement du phytoplancton se fait suivant les étapes suivantes :

- Agiter le flacon pour assurer l'homogénéité de l'échantillon.
- Prélever un sous échantillon d'eau (le volume est choisi en fonction de la densité algale) et le déposer dans une chambre de comptage.
- Observer à l'aide d'un microscope optique, en utilisant l'objectif (Gr x 40).
- Compter les micro-algues rencontrées sur les parcours horizontaux effectués sur toute la longueur de la bande. Cette opération est répétée 3 fois.

Le comptage ne concerne pas l'ensemble de la surface de la chambre, mais seulement une « sous chambre » de superficie de  $2 \text{ cm}^2$  ( $1 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ ) (Fig.23).



**Figure 23:** Schéma synthétique de la technique de comptage du phytoplancton.

## A. Exploitation des résultats par des indices écologiques

### I. Application d'indices de structure et d'organisation

#### a) Fréquence en nombre (abondance relative)

La fréquence centésimale (Fc), représente l'abondance relative et correspond au pourcentage d'individus d'une espèce (ni) par rapport au total des individus recensés (N) d'un peuplement. Elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l'ensemble des prélèvements d'une biocénose (Dajoz, 2003).

$$F_c \% = \frac{ni}{N} \times 100$$

#### b) Constance ou indice d'occurrence :

La constance (C) est le rapport du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée (Pi) au nombre total de relevés (P) exprimé en pourcentage (Dajoz, 2003).

$$C\% = \frac{Pi}{P} \times 100$$

Bigot et Bodot (1973), distinguent des groupes d'espèces en fonction de leur fréquence d'occurrence :

- Les espèces constantes sont présentes dans 50 % ou plus des relevés effectués.
- Les espèces accessoires sont présentes dans 25 à 49 % des prélèvements.
- Les espèces accidentelles sont celles dont la fréquence est inférieure à 25 %.
- Les espèces très accidentelles qualifiées de sporadiques, ont une fréquence inférieure à 10%.

### 1. Application d'indices de diversité des peuplements :

La diversité des peuplements vivants s'exprime généralement par la richesse spécifique totale qui est le nombre total (S) d'espèces dans un biotope et la richesse moyenne (Sm) qui est la moyenne du nombre d'espèces observées dans une série de prélèvements. Elle peut être également représentée par des indices différents.

#### a) Richesse générique totale

Par définition ; la richesse totale (S) est le nombre d'espèces contractées au moins une seule fois au terme de N relevés effectués.

L'adéquation de ce paramètre à la richesse réelle est bien entendu d'autant meilleure que le nombre de relevés est plus grand (Blondel, 1979).

**b) Richesse générique moyenne :**

La richesse spécifique moyenne ( $S_m$ ) est utile dans l'étude de la structure des peuplements. Elle est calculée par le nombre moyen d'espèces présentes dans un échantillon (Ramade, 1984).

$$S_m = \frac{\text{nombre total d'espèces recensées lors de chaque relevé}}{\text{nombre de relevés réalisés}}$$

**c) Indice de diversité de SHANNON :**

L'indice de diversité de SHANNON dérive d'une fonction établie par SHANNON et WIENER. Cet indice symbolisé par la lettre  $H'$ . La diversité est fonction de la probabilité de présence de chaque espèce dans un ensemble d'individus. La valeur de  $H'$  représentée en unités binaires d'information ou bits et donnée par la formule suivante (Dajoz, 2003)

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

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

$$P_i = \frac{ni}{N}$$

Cet indice renseigne sur la diversité des espèces d'un milieu étudié. Selon Magurran (1988), la valeur de cet indice varie généralement entre 1,5 et 3,5. Il dépasse rarement 4,5. Lorsque tous les individus appartiennent à la même espèce, l'indice de diversité est égal à 0 bits. Cet indice est indépendant de la taille de l'échantillon et tient compte de la distribution du nombre d'individus par espèce (Dajoz, 2003).

**d) Indice d'équirépartition des populations (équitabilité) :**

L'indice d'équitabilité ou d'équirépartition ( $E$ ) est le rapport entre la diversité calculée ( $H'$ ) et la diversité théorique maximale ( $H'_{max}$ ) qui est représentée par le  $\log_2$  de la richesse totale ( $S$ ) (Blondel, 1979).

$$E = \frac{H'}{H'_{max}}$$

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).

## **b. Analyses statistiques**

### **I. Analyses statistiques 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, la médiane...etc (Dagnelie, 2000).

### **II. Analyses statistiques 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 MINITAB d'analyse et de traitement statistique des données.

## CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 1. Paramètres physicochimiques de l'eau et leurs variations mensuelles

Les données caractérisant la nature physico-chimique de l'eau mesurées selon les méthodes décrites plus haut, ainsi que sa variation mensuelle sont rapportées dans le tableau. Le tableau (07) montre l'analyse descriptive des paramètres physicochimiques de l'eau.

**Tableau07** : Analyses descriptives des paramètres physicochimiques de l'eau.

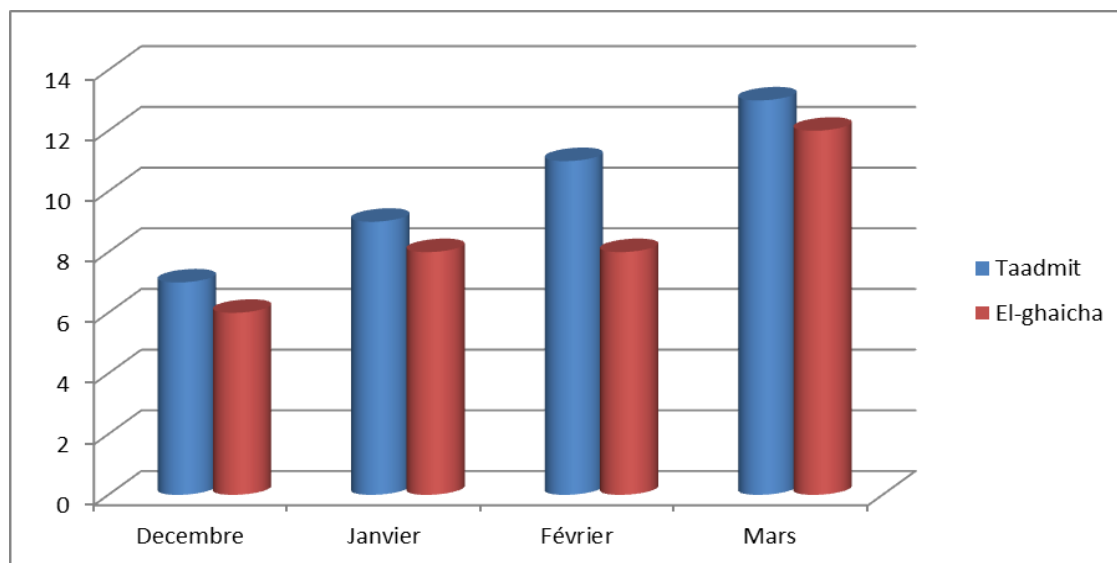
<b>Région</b> <b>Paramètres</b>	<b>Oued Elghaicha</b>	<b>Oued Taadmit</b>
<b>T°C</b>	6 = min 8.5 = moy 12 = Max	7=min 10 =moy 13 = Max
<b>Ph</b>	7.95 =min 8.26 =moy 8.72 = Max	7.67 =min 8.31 =moy 8.91 = Max
<b>Cond (µs/cm)</b>	377 =min 463.75 =moy 507 = Max	1465=min 1849.5 =moy 2050= Max
<b>MES(mg/l)</b>	0,00029= min 0,00031=moy 0,0004= Max	0,00013=min 0.00027=moy 0,0006= Max

#### 1.1.Température

La température de l'eau présente des variations tout le long de la période d'étude, pour oued Taadmit, la valeur la plus basse est enregistrée au mois de Décembre (7°C) et la plus élevée au mois Mars (13°C). Les relevés de la température font apparaitre l'existence de deux périodes : l'une froide et l'autre chaude.

Au niveau de la station d'oued Elghaicha la température la plus basse est enregistrée au mois de Décembre (6°C), alors qu'au mois après, une augmentation légère de la température est enregistrée. La valeur maximale enregistrée est celle du mois Mars avec (12°C).

Des résultats similaires, ont été rapportés par de nombreux auteurs qui signalent l'existence de périodes chaude et froide (Lahziel, 2007 dans le barrage de Tadjmout, Nadjem et Ladjreb, 2011 à oued el Ghaicha).



**Figure 24 :** Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau des deux stations prospectées.

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 Ait kaci, 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).

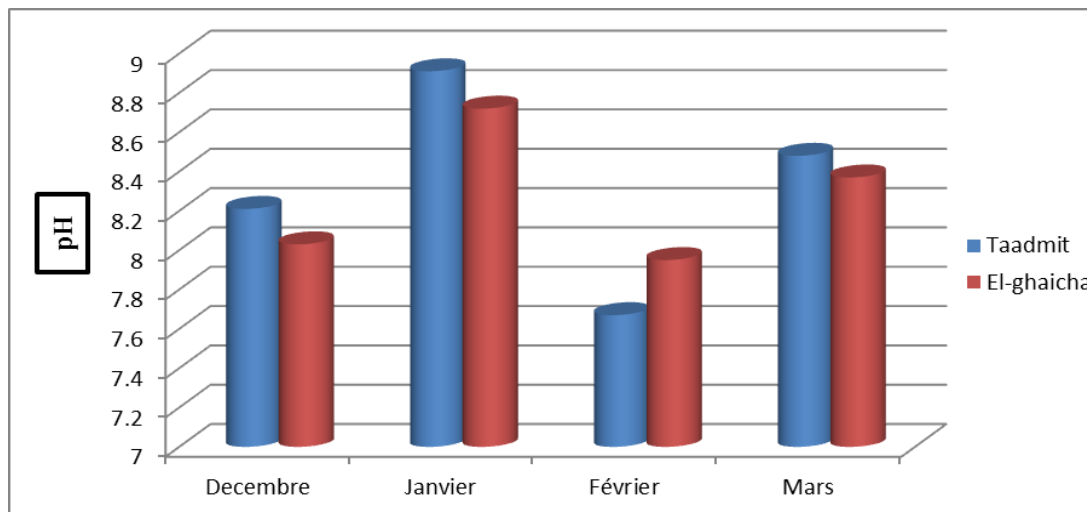
### 1.2. Le potentiel d'hydrogène (Ph)

Les valeurs moyennes du Ph enregistrées dans les sites de Taadmit et de Elghaicha sont respectivement 8.31 et 8.23 (fig. 25). Ces valeurs montrent que l'eau des deux stations est légèrement alcaline. Les valeurs du Ph le plus sont enregistrées en Février (7.6), à oued Taadmit et (7.81) à oued Elghaicha, ce qui correspond à des dépôts incrustants. Cette alcalinité serait en relation avec la circulation des eaux et l'absence d'une source de pollution réelle comme les eaux usées par exemple.

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). Ce paramètre permet de classer l'eau

en trois catégories selon l'échelle adoptée par (Hecker *et al.* 1996) : Eau acide ( $\text{Ph} < 5,5$ ), eau neutre ( $\text{Ph} = 5,5$  à  $7,4$ ), 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 rencontrer des Ph plus élevés dans des situations d'eutrophisation d'eau.

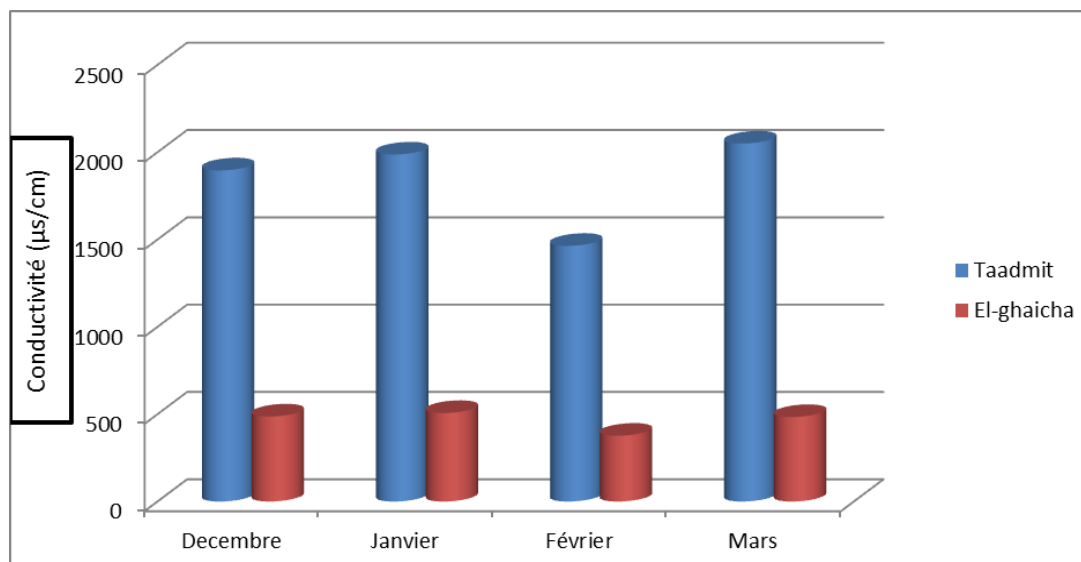
Selon (Mauguit, 2012) et (Scott *et al.*, 2005) l'augmentation de l'acidité du milieu aquatique influence la croissance des phytoplanctons dont elle est fortement ralentie puisque la calcification est entravée, et pourrait à terme causer la perte de nombreuses espèces algales. En revanche (Thorsten *et al.*, 2012) viennent de déclarer que les résultats d'une année d'expériences menées sur du phytoplancton exposé à diverses concentrations en  $\text{CO}_2$ , montre que certaines algues unicellulaires peuvent très bien s'adapter à l'acidification du milieu.



**Figure 25** : Variations mensuelles du Ph des deux stations prospectées.

### 1.3. Conductivité

Pour les deux sites, ce paramètre présente des fluctuations remarquables d'un site à un autre et d'un mois à l'autre. Les valeurs les plus basses à oued Taadmit sont enregistrées au mois Février, avec  $1465 \mu\text{s}/\text{cm}$ , la valeur maximale est celle du mois de mars (soit  $2050 \mu\text{s}/\text{cm}$ ). La station d'oued Elghaicha enregistre une valeur maximale au mois de Janvier  $507 \mu\text{s}/\text{cm}$  et minimale au mois février  $377 \mu\text{s}/\text{cm}$ , (Fig.26).



**Figure 26 :** Variations mensuelles de la conductivité de l'eau des deux stations d'étude.

La plus part 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 causée par les effluents agricoles, industriels ou domestiques qui contiennent des sels contribuant eux aussi à l'accroissement de la conductivité.

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

- ✓ La géologie du bassin versant.
- ✓ Les apports d'eau souterraine.
- ✓ 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).

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (Rejsek, 2002). Le tableau (08) exprime une relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité.

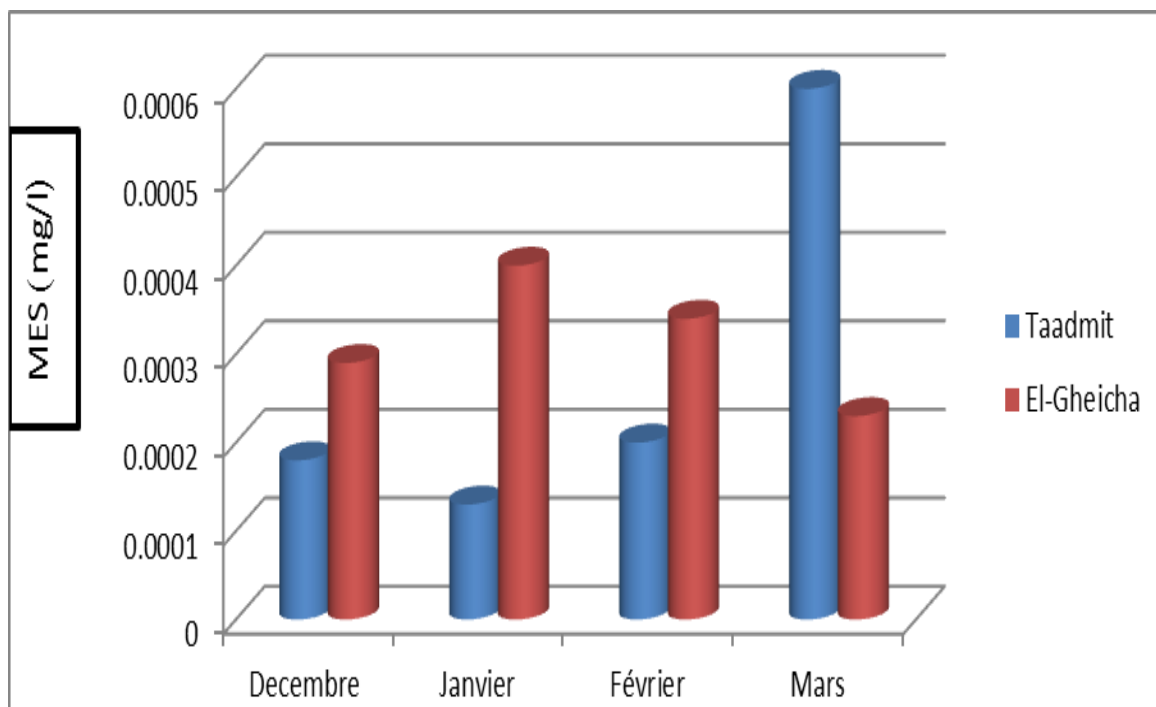
**Tableau 08** : Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée.

Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	Minéralisation de l'eau	
<100	Très faible	
entre 100 et 200	Faible	
200 et 333	Moyenne à forte	
333 et 666	Moyenne accentuée	Elghaicha
666 et 1000	Importante	
> 1000	Elevée	Taadmit

En effet, Egborge (1974) a trouvé que la production de phytoplancton est étroitement liée à la conductivité et à la transparence des eaux (Welcomme, 1975).

#### 1.4 MES

Un petit matériau comprenant la taille est difficile de précipitations. Et contenant des molécules organiques ou des métaux sont utiles quand ils sont disponibles en milieu aqueux comme polluants ou conduisent à la pollution de l'eau quand ils contiennent des substances toxiques (Phyllis et Lawrence, 2007)

**Figure 27** : Variations mensuelles du (MES) des deux stations prospectées

Les résultats ont montré que les valeurs rapportées dans oued ElGhaicha relativement proche au cours de la période d'étude, qui a également été observée dans une vallée Taadmit au cours des trois premiers mois, tandis qu'une différence significative de la valeur enregistrée est observée au cours du mois de Mars. On a pour la valeur la plus élevée était au mois de Mars (0,06 mg / l), alors qu'il a atteint sa valeur minimale (0.013mg / l).

Au cours du mois de Janvier, où les deux valeurs sont enregistrées dans une zone (oued Taadmit). Lorsque cela est possible, noter l'impact du travail trimestriel grâce à la flambée des matières particulaires de masse entrant dans le ressort.

Les résultats ont montré l'existence de différences entre les sites d'étude au cours d'un mois, le plus important était en Mars. concentrations MLSS retour élevées durant le mois de Mars dans une vallée Taadmit à la présence de phytoplancton et de plantes aquatiques qui sont fortement à cet endroit et le candidat en cours d'exécution pour les matériaux pesés et conduisent à des polluants de maintien et de la poussière, ne pas dériver vers le centre de la vallée et déposé plus tard dans le fond du corps de l'eau, en plus de la vitesse le débit d'eau qui affectent le transfert des nutriments d'un endroit à un autre, et de travailler sur le mélange eau du fond à la surface conduit à une forte concentration de particules, ce qui explique la différence dans les milieux stagnants pour l'animation.

## 2. Etude qualitative et quantitative du peuplement du phytoplancton

### 2.1. Composition taxonomique de la flore micro-algale recensée

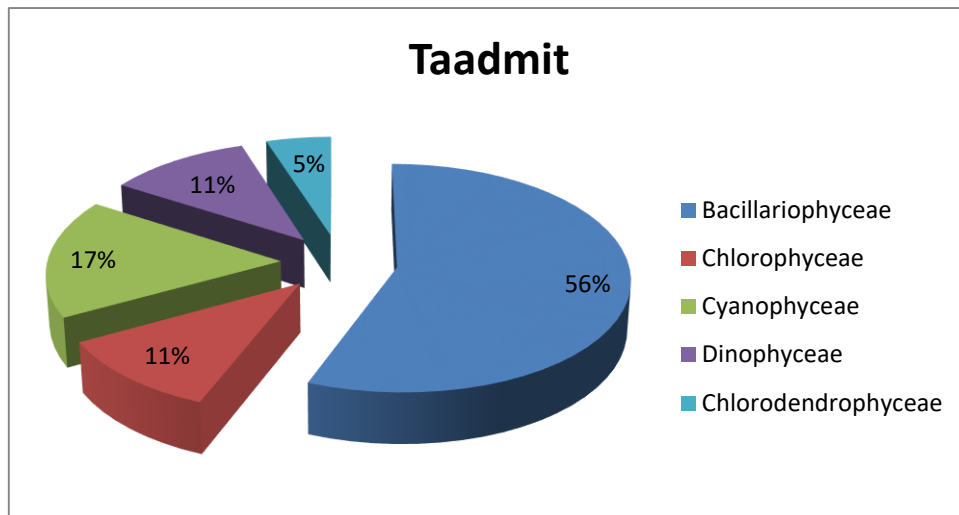
Après l'examen microscopique des échantillons d'eau prélevés, nous présentons dans le tableau (09) la liste systématique du phytoplancton identifié suivant la classification établie par Bourrelly (1970) et Sournia (1986).

Nos données montrent que la flore micro-algale recensée, dans les deux stations prospectées, est composée de 20 genres, appartenant à 18 familles, 16 ordres et 5 classes qui sont : Les *Bacillariophyceae*, les *Chlorophyceae* les *Cyanophycées* et *Dinophyceae* et les *Chlorodendrophyceae*.(Tab.09)

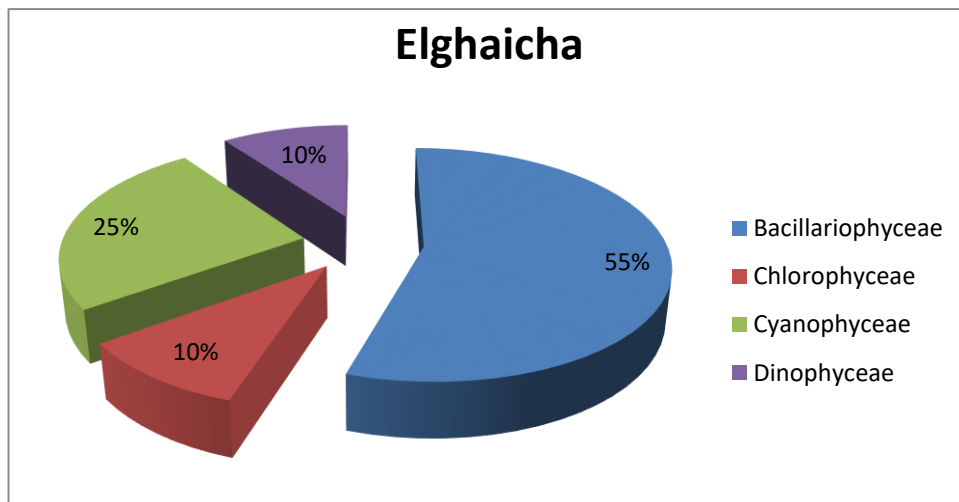
**Tableau 09** : Inventaire taxonomique de répartition par station du phytoplancton recensé

(+ : espèce présente;(-) : espèce absente; (\*) : espèce toxique.)

Ghaicha	Taamit	Genres	Familles	Ordres	Classes
+	+	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbellaceae</i>	<i>Naviculales</i>	<i>Bacillariophyceae</i>
+	+	<i>Navicula</i>	<i>Naviculaceae</i>		
+	+	<i>Caloneis</i>			
+	-	<i>Cymatopleura</i>	<i>Surirellaceae</i>	<i>Surirellales</i>	
+	+	<i>Nitzschia</i>	<i>Bacillariaceae</i>	<i>Bacillariales</i>	
+	+	<i>Hantzschia</i>			
+	+	<i>Melosira</i>	<i>Melosiraceae</i>	<i>Melosirales</i>	
+	+	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeidaceae</i>	<i>Achnanthes</i>	
+	+	<i>Synedra</i>	<i>Fragilariaceae</i>	<i>Fragilariales</i>	
+	+	<i>Tabellaria</i>	<i>Tabellariaceae</i>	<i>Tabellariales</i>	
+	+	<i>Amphora</i>	<i>Catenulaceae</i>	<i>Thalassiophysales</i>	
+	+	<i>Chlamydomonas</i>	<i>Chlamydomonadaceae</i>	<i>Chlamydomonadales</i>	<i>Chlorophyceae</i>
+	+	<i>Scenedesmus</i>	<i>Scenedesmaceae</i>	<i>Chlorococcales</i>	
+	+	<i>Oscillatoria</i> *	<i>Oscillatoriaceae</i>	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Cyanophyceae</i>
+	+	<i>Pseudanabaena</i>	<i>Pseudanabaenaceae</i>		
+	+	<i>Merismopedia</i>	<i>Merismopediaceae</i>	<i>Synechococcales</i>	
+	-	<i>Anabaena</i> *	<i>Nostocaceae</i>	<i>Nostocales</i>	
+	-	<i>Aphanizomenon</i>			
+	+	<i>Gymnodinium</i> *	<i>Gymnodiniaceae</i>	<i>Gymnodiniales</i>	<i>Dinophyceae</i>
+	+	<i>Peridinium</i> *	<i>Peridiniaceae</i>	<i>Peridiniales</i>	
-	+	<i>Tetraselmis</i>	<i>Chlorodendraceae</i>	<i>Chlorodendrales</i>	<i>Chlorodendrophyceae</i>



**Figure 28:** distribution des classes à oued Taadmit



**Figure 29:** distribution des classes à oued Elghaicha

Pour la station de Taadmit la classe des *Bacillariophyceae* regroupe les proportions les plus importantes du peuplement phytoplanctonique avec 10 genres (soit 56%), 10 familles et 7 ordres, Après la classe de *Cyanophyceae* avec (17%), puis les classes des *Chlorophyceae* et *Dinophyceae* avec (11%), et en fin la classe, des *Chlorodendrophyceae* la plus faiblement représentée avec un seul genre (soit 5%), un ordre et une famille.

A oued Elghaicha la classe des *Bacillariophyceae* domine avec 20 genres (soit 55%), 9 familles et 8 ordres. la classe de *Cyanophyceae* avec (25%), (tab.10) La présence des *Chlorophyceae* et *Dinophyceae* est faible avec 2 genres (soit 10%), et 2 familles et 2 ordre, (Fig. 29)

**Tableau 10:** Les principaux genres phytoplanctoniques reconnus potentiellement toxiques

Neurotoxique	Hépatotoxique	
	*	<i>Oscillatoriasp</i>
*		<i>Gymnodiniumsp</i>
*		<i>Peridiniumsp</i>
	*	<i>Anabaenasp</i>

Les *Cyanophycées* présentent deux formes de toxicité : hépatotoxiques tel le cas d'*Anabaena sp* et *Oscillatoria sp* leur effet toxique sur le foie (Benoufella et al, 1995 in Messamah, 2009).

Les *Cyanophycées* présentent deux formes de toxicité : hépatotoxiques tel le cas de *Gymnodinium sp* et *Peridinium sp* leur effet toxique sur les nerfs.

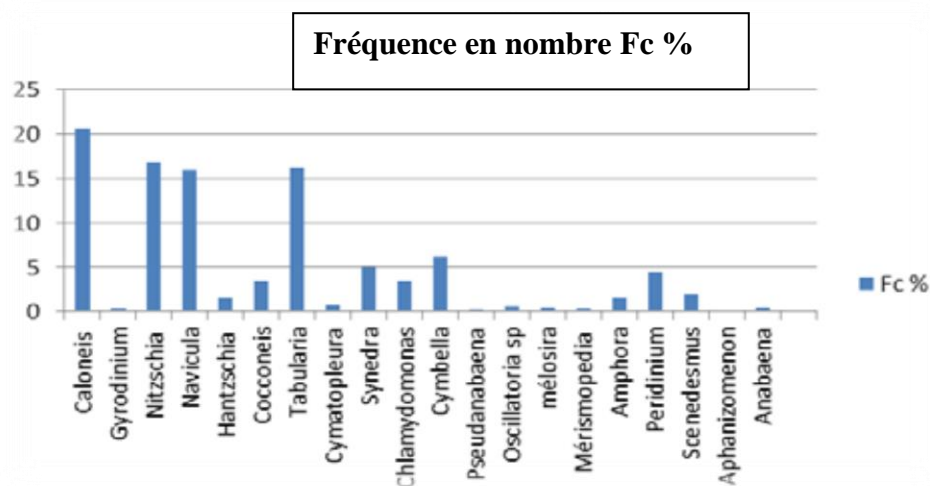
Selon (Sournia et al. (1990), le phytoplancton aquatique se compose de plus de 6.000 espèces d'algues unicellulaires. Parmi elles, près de 600 espèces sont connues pour provoquer occasionnellement, par leur pullulation, une modification de la couleur de l'eau ; d'autre part, une quarantaine d'espèces provoquent des nuisances diverses telles que des intoxications pour l'homme ou la mortalité.

La majorité des micro-algues répertoriées dans les deux oueds sont des espèces cosmopolites à large spectre écologique qui peuplent aussi le barrage de Timgad et le lac Oubeira (l'un des grands lacs d'abondance relative par classes de phytoplancton recensés dans les lacs d'eau douce en Algérie) telles que *Cocconeis sp.*, *Navicula sp.*, *Merismopedia sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Navicula sp* et *Pinnularia sp.*

## 2.2 Evolution de l'abondance relative par classes de phytoplancton recensées

### 2.2.1 Fréquence en nombre

#### Elghaicha



#### Taadmit

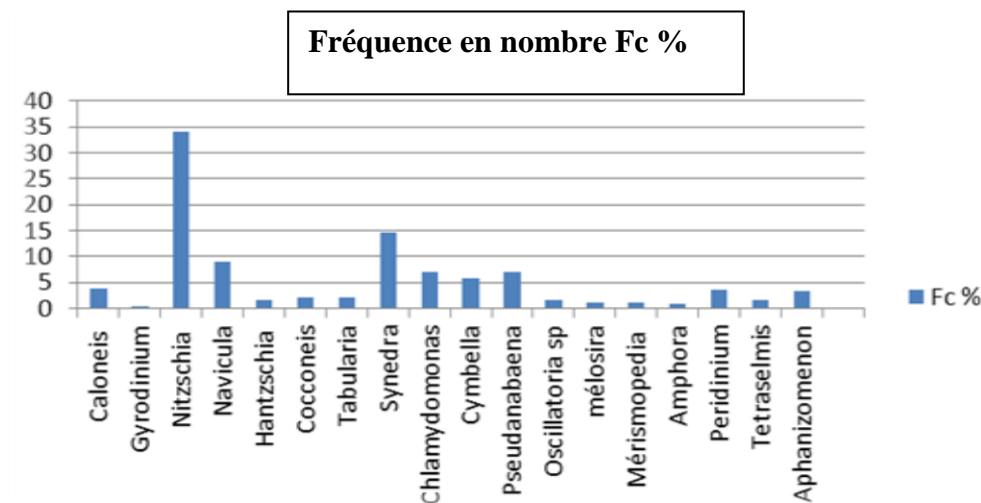
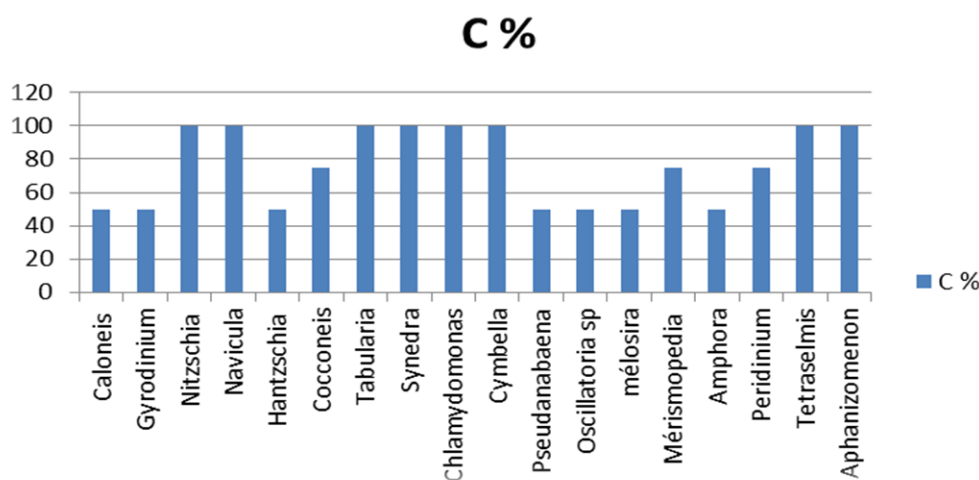


Figure 30: fréquence en nombre des deux station

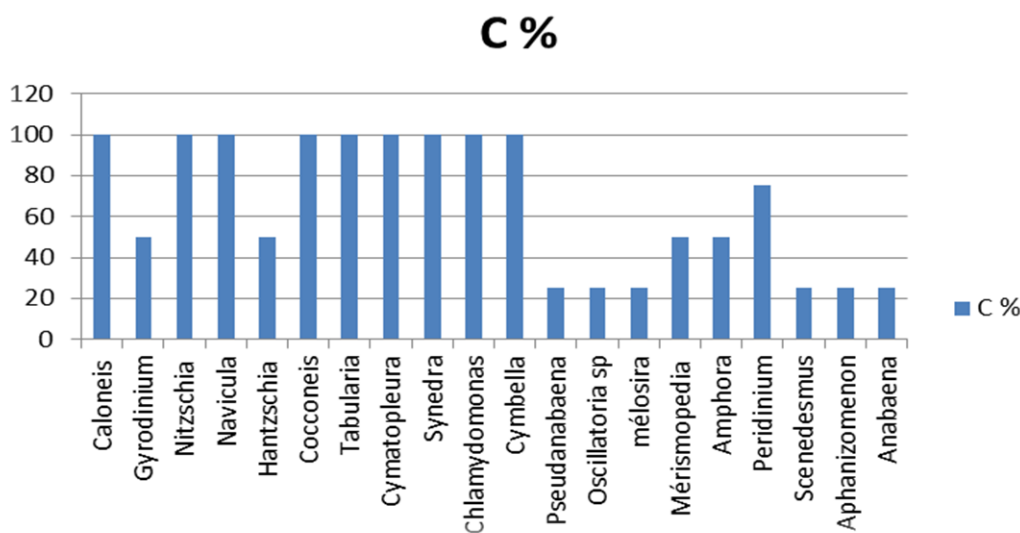
Depuis la comparaison entre le fréquence en nombre des résultats de notre comptage des deux stations Oued Taadmit et Oued Elghaicha font apparaître la prédominance des individus de la classe des *Bacillariophyceae* et faiblement présences des autres classes ladominance des de la classe des *Bacillariophyceae* est expliqué par la présences des conditions favorables et l'absences des condition limitatives qui est la cause de la compitition entre les différents classe.

### 2.2.2 Constance ou indice d'occurrence(C)

#### Elghaicha



#### Taadmit



**Figure 31:** fréquence des taux d'existence des espèces phytoplanctoniques dans les deux stations (Elghaicha- Taadmit)

Apartir des résultats des deux stations on remarque que les pourcentages d'existence du plupart des espèces est entre 50% et 100% et les plupart de ces espèces sont des *Bacillariophyceae* et sont constant mais le reste des espèces sont équitable 25% .

### 2.2.3 Indise de Similitude de SORENSE (Qs)

En se basant sur la présence ou l'absence des espèces, nous avons comparé à l'aide du calcul de l'indice de similitude de SORENSEN, la composition du peuplement phytoplanctonique des deux stations, ainsi que des 4 mois explorés pris deux à deux. Cet indice est obtenu à partir des espèces communes entre les relevés pris deux à deux.

**Tableau11** : Indise de Similitude de 4 mois à station de Taadmit.

Taadmit				
	Decembre.2015	Janvier.2016	Février.2016	Mars.2016
Mars.2016	76.92	83.87	92.85	100
Février.2016	83.33	75.86	100	
Janvier.2016	81.48	100		
Decembre.2015	100			

**Tableau 12:** Indise de Similitude de 4 mois à station de Elghaicha.

El-Gheicha				
	Decembre.2015	Janvier.2016	Février.2016	Mars.2016
Mars.2016	96.29	70.96	81.48	100
Février.2016	90.90	76.92	100	
Janvier.2016	84.61	100		
Decembre.2015	100			

**Tableau13** : Indise de Similitude de 4 mois à station de( Elghaicha- Taadmit).

	Decembre.2015 (Taadmit)	Janvier.2016 (Taadmit)	Février.2016 (Taadmit)	Mars.2016 (Taadmit)
Decembre.2015 (El-Gheicha)	90,90	96,77	83,33	53,84
Janvier.2016 (El-Gheicha)	76,92	96,77	57,14	
Février.2016 (El-Gheicha)	54,54	59,25		
Mars.2016 (El-Gheicha)	66,66			

### ❖ Similitude dans l'espace

L'indice de similitude calculé est égal à 66,66 %, cette similitude entre les deux stations s'explique par le fait qu'elles offrent généralement les mêmes conditions écologiques au peuplement du phytoplancton présent.

### ❖ Similitude dans le temps

La valeur maximale de l'indice de similitude, à la station de Taadmit, est notée entre les mois de février, mars. (soit 92.85%).

Par ailleurs la station d'Elghaicha enregistre deux valeurs maximales de similitude en mois de décembre et mars (soit 96.29%).

Dans les deux stations d'étude, le mois de mars présente le plus de similitude avec les autres mois de l'étude prises deux à deux avec des taux supérieurs à 70 %.

La ressemblance dans le temps n'est trop importante qu'en mois de janvier qui représenterait un mois modèle, cela est en relation avec la variation des conditions climatiques (saisonnalité).

## 2.3 Variation des paramètres de diversité de la communauté phytoplanctonique

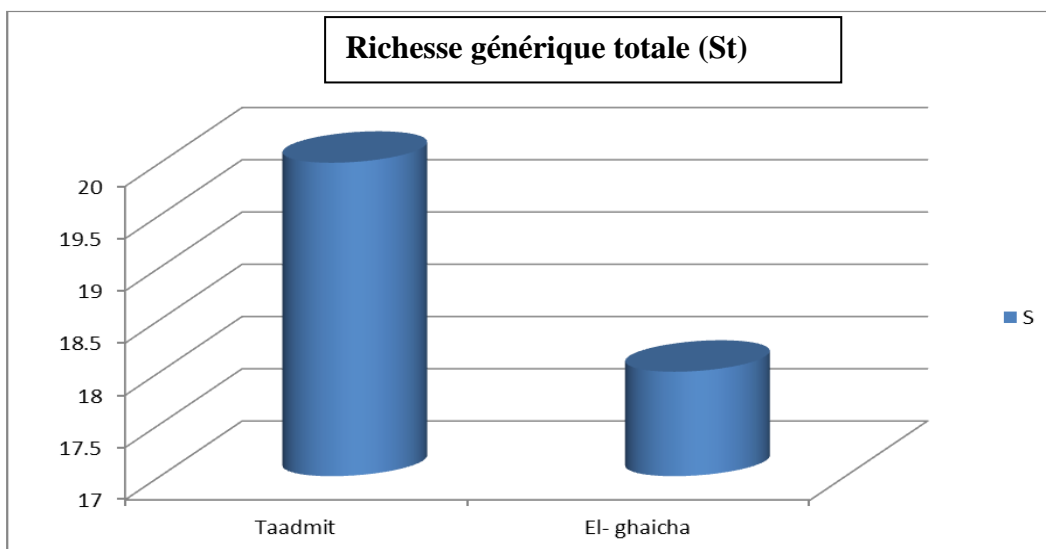
Afin d'évaluer la composition du peuplement du phytoplancton, nous avons calculé la richesse spécifique totale ( $St$ ) et moyenne ( $Sm$ ), l'indice de diversité de SHANNON et celui de l'équitabilité pour les deux stations d'étude.

**Tableau 14 :** Les paramètres de diversité de la communauté phytoplanctonique

O.Taadmit	O.Elghaicha	
18	20	«St»
13.75	13.25	«Sm»
3.27	3.29	«H'»
4.18	4.41	«H max»
0.78	0.74	«E»

### 2.3.1 Richesse générique totale «St»

La plus grande valeur de la richesse totale est notée dans la station de **Elghaicha** avec 20 genres et 18 genres pour la station de **Taadmit** (Fig. 32). De même pour la richesse moyenne (Sm), il n'existe pas de différence entre les deux stations (soit 13,75 et 13,25 pour les stations de **Taadmit** et **Elghaicha** respectivement).



**Figure 32:** Richesse générique totale «St» dans les stations étudiées.

### 2.3.2 Indice de diversité de SHANNON (H')

L'indice de diversité de Shannon  $H'$  calculé des deux stations d'étude indique que le peuplement du phytoplancton n'est pas diversifié avec des valeurs de 3,27 à Taadmit et 3,29 à Elghaicha.

### 2.3.3 Indice d'équitabilité (E)

Les valeurs d'indice d'équitabilité obtenues pour la station de Taadmit et Elghaicha sont respectivement 0,78 et 0,74, ces résultats tendent vers 0 ( $E > 0,5$ ), cela signifie que la quasi-totalité des effectifs tend à être Similitude.

### 3. Résultats des analyses spastiques du corrélation entre les deux stations

Afin de montrer la possible corrélation existant entre les paramètres physicochimiques entre eux et avec la densité phytoplanctonique étudiés, nous avons réalisé une analyse des corrélations. Les résultats obtenus sont démontrés dans les tableaux ci-dessous.

#### ❖ Oued Taadmit

**Corrélations:** *Caloneis*; *Gyrodinium*; *Nitzschia*; *Navicula*; *Hantzschia*; *Cocconeis*.

**Tableau 15:**représente les différents résultats de liens obtenus dans oued Taadmit.

	<i>Caloneis</i>	<i>Nitzschia</i>	<i>Hantzschia</i>	<i>Cocconeis</i>	<i>Synedra</i>	<i>Cymbella</i>	<i>Chlamydomonas</i>	<i>Merismopedia</i>	<i>Peridinium</i>	<i>Amphora</i>	<i>Tetraselmis</i>
<i>Gyrodinium</i>	0.996 0.004										
<i>Hantzschia</i>	-0.968 0.032										
<i>Synedra</i>		0.974 0.026									
<i>Cymbella</i>			-0.965 0.035								
<i>Peridinium</i>				0.961 0.039			0.996 0.004	0.996 0.004			
<i>Scenedesmus</i>					0.995 0.005						
<i>Pseudanabaena</i>						0.997 0.003					
<i>Merismopedia</i>							0.992 0.008				
<i>Tetraselmis</i>							0.997 0.003	0.995 0.005	1.000 0000		
Cond							-0.968 0.032		-0.951 0.049		-0.955 0.045
MES										0.996 0.004	

Etude statistique de la zone Taadmit conclure ce qui suit:

**A).** Proposer des coefficients positifs d'homogénéité (+) que la plupart des algues poussent dans une cohérence positive est les facteurs de motivation pour l'autre.

**B).** Nous trouvons le type de gagner la compétition entre les espèces, ce qui lui indique un relation à la coefficient d'uniformité *Hantzschia* et *Caloneis*, *Cymbella*, comme suit: (0.968-) et (0.965-) et sait ce type de relation avec Amensalisme qui est connu comme une interaction biologique entre un groupe de partenaires (pour le même type ou différents types), qui remontent à l'une des parties par effet négative.

❖ **El-Ghaicha.**

**Correlations:** Caloneis; Gyrodinium; Nitzschia; Navicula; Hantzschia; Cocconeis

**Tableau 16:**représente les résultats divers liens obtenus à Oued El Ghaicha.

	<i>Gymnodinium</i>	<i>Nitzschia</i>	<i>Hantzschia</i>	<i>Cymatopleura</i>	<i>Navicula</i>	<i>Synedra</i>	<i>Cymbella</i>	<i>Merismopedia</i>	<i>Amphora</i>	<i>Chlamydomonas</i>
<i>Cocconeis</i>	0.988 0.012									
<i>Cymatopleura</i>		0.975 0.025								
<i>Merismopedia</i>		0.954 0.046								
<i>Amphora</i>			0.983 0.017							
<i>Scenedesmus</i>			0.999 0.001						0.987 0.013	
<i>Aphanizomenon</i>			0.999 0.001						0.987 0.013	
<i>Anabaena</i>			0.999 0.001						0.987 0.013	
Ph		0.967 0.033		0.971 0.029		0.979 0.021		0.984 0.016		
Cond					0.988 0.012					
<i>Cymbella</i>						0.951 0.049				
<i>Pseudanabaena</i>							0.997 0.003			
<i>Oscillatoria</i>							0.997 0.003			
MES										0.957 0.043

### C. Etude statistique de la zone Elghaicha conclure ce qui suit:

La relation compte d'hétérogénéité entre les différentes espèces de la croissance des algues et modifier les propriétés physiques et chimiques a constaté que le coefficient de conductivité (Cond) est inversement proportionnelle à la croissance de certaines algues (*Chlamydomonas*, *Peridinium*, *Tetraselmis*) dans ce cas est considéré comme un inhibiteur, et notez également que le taux du genre "*Amphora*" homogène positif de la croissance du plancton avec la valeur de matières en suspension dans l'eau.

## CONCLUSION

Dans le but de caractériser l'environnement physico-chimique du milieu aquatique; l'élaboration d'un inventaire du phytoplancton; ainsi que l'identification des facteurs déterminant l'état de qualité des eaux des oueds Taadmitet Elghaicha, le suivi de quatre mois des stations nous a permis de déduire les conclusions suivantes :

- L'analyse physico-chimique indique la légère alcalinité des eaux des deux oueds, malgré la localisation de la deuxième station (O.Taadmit) sous l'influence anthropique.
- L'analyse des aspects qualitatifs du peuplement phytoplanctonique, révèle la présence de 21 genres repartis en 18 ordres, 16 familles et 5 classes qui sont : *Bacillariophyceae*, *Cyanophyceae*, *Zygnematophyceae*, *Chlorodendrophyceae* et les *Dinophyceae*
- La quasi-totalité de la diversité algale, soit 56% des genres recensés, appartient à la classe *Bacillariophyceae*,

Sur les 21 genres identifiés, 10% sont connus potentiellement toxiques : *Gymnodinium* \*

*Peridinium* \*, *Oscillatoria* \*, *Anabaena* \*

Cela indique que ces écosystèmes ne sont pas à l'abri d'éventuelles activités anthropiques.

L'étude de la distribution temporelle montre que la période printanière est la plus favorable au développement des phytoplanctons (en particulier les *Bacillariophyceae*) à l'Oued Taadmit, dont la densité est maximale au mois de Mars.

Cependant à Oued Elghaicha la densité est concentrée en période hivernale au mois de février.

L'analyse des indices écologiques montre que la population algale n'est pas diversifiée avec des valeurs de 3.27 à Taadmit et 3.29 à Elghaicha. Les classes identifiées sont constantes à Oued Elghaicha ce qui le rend plus stable et favorable au développement des micro-algues par rapport à Oued Taadmit.

La qualité physicochimique de l'eau analysée conditionne le développement de la population algale. A partir de l'analyse des corrélations on déduit que la conductivité, la potentiel d'hydrogène, les Matière en suspensions sont les paramètres clés au développement des classes phytoplanctoniques. Cette analyse indique que les classes

phytoplanctoniques identifiées possèdent des relations de corrélations généralement négatives ce qui entrainerait la présence des phénomènes de compétitions.

Donc, d'une manière générale, les activités anthropiques affectent la qualité physico-chimique d'oued Taadmit et influent généralement sur la distribution des phytoplanctons ainsi que sur l'équilibre de l'écosystème, par ailleurs l'oued Elghaicha est la station la plus stable et la plus favorable pour le développement, la reproduction et la propagation des espèces.

Ce travail vient pour de mieux connaître la qualité tant physico-chimique que biologique de l'eau, notamment par la connaissance de quelques aspects relatifs à la vie aquatique.

Toutefois, il serait intéressant de compléter ces résultats dans l'avenir par des études spécifiques concernant le phytoplancton, ainsi que d'autres éléments de la biocénose qui présentent de grands intérêts surtout du point de vue écologique.

Ces recherches devraient être menées sur des périodes plus longues et plus régulières afin d'assurer un suivi rigoureux et de pallier à d'éventuelles perturbation bioécologiques des eaux des oueds.

- **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 Taal2007 : The 12th World Lake Conference. Sengupta, M. et Dalwani, R. (eds). pp 1122-1131
- **Behrenfeld M. J., Randerson J.T., McClain C.R., Feldman G.C., Los S.O., Tucker C.J., Falkowski P.G., Field C.B., Frouin R., Esaias W.E., Kolber D.D et Pollack N.H. 2001.** Biospheric primary production during an ENSO transition. *Science*. 291 : 2594–2597.
- **Azam, F. et Malfatti, F. 2007.** Microbial Structuring of marine ecosystems. *Nature Reviews Microbiology*. 5 : 782-791.
- **Blandin P. 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. *Bulletin d'écologie*, 17 : 215-307.
- **Bourrelly P. 1985a.** Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique. Tome I: Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris.
- **Bright D.I. et Walsby A.E. 1999.** The relationship between critical pressure and width of gas vesicles in isolates of *Planktothrix rubescens* from lake Zurich. *Microbiology*. 145 : 2769-2775.
- **Cadoret J. P. & BERNARD O. 2008.** La production de biocarburants lipidiques avec des microalgues : promesses et défis. *Journal de la société de biologie*. 202(3). pp 201-
- **Campbell N.A., REECE J.B. & MATHIEU R. 2006.** *Biologie*. Ed. De Boeck Université. 2ième édition. Belgique. 1482 p.
- **Carty, S. 2003. Dinoflagellates. Dans Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification.** Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- **Chader S. et A. Touzi . 2001.** Biomasse Algale : Source Energétique et Alimentaire. *Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse, (2001) 47-50.* Laboratoire de Bioinasse, Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger.
- **Chisholm S.W. 1995.** The iron hypothesis : Basic research meets environmental policy. *Reviews of Geophysics*. 33 : 95RG00743.
- **Chisholm S.W., Olson R.J., Zettler E.R., Goericke R., Waterbury J.B. et Welschmeyer N.A. 1988.** A novel free-living prochlorophyte abundant in the oceanic euphotic zone. *Nature*. 6180 : 340-343.
- **Chorus I., Bartram J., 1999.** Toxic Cyanobacteria in Water: a Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon: London. 416 p. (Reynolds 1987).

- **Chorus I., Bartram J. 1999.** Toxic Cyanobacteria in Water: a Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. E & FN Spon: London. 416 p.
- **Colyer. C.L., Kinkade, C.S., Viskari, P.J. et Landers, J.P. 2005.** Analysis of cyanobacterial pigments and proteins by electrophoretic and chromatographic methods. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 382 : 559-569.
- **Conservations des forets (C.D.F., 1998).** Présentation de sous-secteur des forets Laghouat, 35p.
- **Couté A., Bernard C. 2001.** Les cyanobactéries toxiques. In: Toxines d'algues dans l'alimentation, Frémy, J. M. & Lassus, P. (Ed), Ifremer, Brest, 21-37.
- **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.
- **Druart J.C. & RIMET F. 2008.** Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes. INRA-Thonon, Rapport SHL 283, 96 p.
- **Dusenberry J. A., Olson R. J., Chisholm S. W. 1999.** Frequency distributions of phytoplankton single cell fluorescence and vertical mixing in the surface oceans. Limnol. Oceanogr.; 44:431-435.
- **Dussart B .1992 .**Limnologie ; L'étude des eaux continentales. Ed. N. Boubée& Cie, 2ieme édition, Paris, 736 p.
- **Ettl H. et Gärtner G. 1988.** Chlorophyta II (Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales). Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H. etMollenhauer, D. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart
- **Ettl H. 1983.** Chlorophyta I (Phytomonadina). Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H. etMollenhauer, D. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- **Fogg G.E., Stewart W.D.P., Fay P., Walsby A.E. 1973.** The blue-green algae. Academic Press-London and New York. pp. 9-297.
- **Fremy J.M & LASSUS P. 2001 .**Toxine d'algues dans l'alimentation. Ed. Quae. 553p.
- **Goffart A., Hecq J.H. and Legendre L. 2012.** How is phytoplankton of the oligotrophic Bay of Calvi (Corsica, Northwestern Mediterranean) responding to ongoing global change.
- **Groga N. 2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire).
- **Guermi Lotfi. TAÂDMIT (DJELFA) Une ferme-pilote... et des gravures rupestres** Source : Liberté, Lundi 25 Juillet 2005.

- **Guiselin N.2010-** Etude de la dynamique des communautés phyto-planctoniques par microscopie et cytométrie en flux, en eaux côtières de la Manche orientale
- **HadeA. 2002.** Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, 360 p.
- **Iglesias-Rodriguez M.D., Schofield O.M., Batley J., Medlin L.K. et Hayes P.K.2006.** Intraspecific genetic diversity in the marine coccolithophore *Emiliania huxleyi* (Prymnesiophyceae): The use of microsatellite analysis in marine phytoplankton population studies. *Journal of phycology*. 42 : 526-536.
- **John, D.M. 1994.** Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. *Biology Review*. 69: 275-291.
- **Kai T. Lohbeck, Ulf Riebesell & Thorsten B. H. Reusch. 2012.** Adaptive evolution of a key phytoplankton species to ocean acidification. *Publication Nature Geoscience* 5, 346–351.
- **Komárek, J. 2003.** Coccoid and colonial cyanobacteria. Dans : *Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- **Kugrens, P. et Clay, B.L. 2003.** Cryptomonads. Dans : *Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- **Mur L.R., Skumberg O.M., et Utkilen H. 1999.** Cyanobacteria in the Environment. In: Chorus, I. et Bartram, J. (eds.). *Toxic Cyanobacteria in water. A guide to their public Health consequences, monitoring and management*. WHO Ed. E & FN SPON. pp 41-111.
- **Nozaki H. 2003.** Flagellated Green Algae. Dans : *Freshwater Algae of North America Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- **Office National de la Météorologie (O.N.M).2011 :** Bulletin d'information climatique. Centre climatique national, Khneg, Laghouat.3p.
- **Ott, D.W. et Oldham-Ott, C.K. 2003.** Eustigmatophyte, Raphidophyte and Tribophyte Algae. Dans : *Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- **Padisak J. 2004 Phytoplankton.** In : Anne Rolland, 2009. *Dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir marne (bassin versant de la seine)*.
- **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.

- **Partensky F., Hess W.R. et Vaultot D. 1999.** Prochlorococcus, a marine photosynthetic prokaryote of global significance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 63 : 106-124. planktonic marine ecosystems. *Ecol. Model.*, 125 (2-3): 203-230.
- **Puiz A., Kluser S. et Peduzzi P. 2008** Les activités humaines causant la prolifération d'algues nuisibles. *Bulletin d'Alerte Environnementale* 12.
- **Raven P.H., Evert R.F., Echlon S.E et Bouharmont J. 2003.** *Biologie végétale*. Ed. De Boeck, Belgique, 968 p.
- **Reynolds C. S. et Melo S. (2000).** Hydroecology of river plankton: the role of variability in channel flow *Hydrol. Process.* 14, 3119±3132.
- **Reynolds C.S., Padisák J.; Sommer U. 1993.** Intermediate disturbance in the ecology of phytoplankton and the maintenance of species diversity: a synthesis. *Hydrobiologia* 249: 183-188.
- **Rolland A. 2009.** dynamique et diversité du phytoplancton dans le réservoir marne (bassin versant de la seine) , thèse de doctorat, université de Sa Voie
- **Rosowski J.R. 2003.** Photosynthetic Euglenoids. Dans : *Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification*. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.
- **Saez A.G., Zaldivar-Riveron A. et Medlin L.K. 2008.** Molecular systematics of the Pleurochrysidaceae, a family of coastal coccolithophores (Haptophyta). *Journal of Plankton Research*. 30 : 559-566.
- **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.
- **Sanders R.W., Porter K.G. et Caron D.A. 1990.** Relationship between phototrophy and phagotrophy in the mixotrophic chrysophyte *Poterioochromonas malhamensis*. *Microbial Ecology*. 19 : 97-109.
- **Schagerl M. et Donabaum K. 2003.** Patterns of major photosynthetic pigments in freshwater algae. 1. Cyanoprokaryota, Rhodophyta and Cryptophyta. *Annales de Limnologie*. 39 : 35-47.
- **Skulberg O.M. 1996.** Toxins produced by cyanophytes in Norwegian inland waters health and environment. In : *Chemical data as a basis of geomedical investigations*. ed. Lag. J., the Norwegian Academy of Sciences and Letters, Oslo. pp. 131-148.
- **Solheim A.L. 2005.** Reference Conditions of European Lakes. Indicators and methods for the Water Framework Directive Assessment of Reference conditions. Version 5. REBECCA Working Group. 105 pp.

- **Sournia A., erard-le dennE., Grzebyk D., Lassus P., Partensky F. 1990.** Plancton nuisible sur les côtes de France. *Pour la Science* 153, 60-67.
- **Sournia A. 1978.** *Phytoplankton Manuel. Manographes en océanographique méthodologie - N°6.* UNESCO, Paris, p337.
- **Starmach K. 1974.** *Cryptophyceae, Dinophyceae, Raphidophyceae. Flora Slodkowodna Polski. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.*
- **Stewart P. 1969.** Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Int. Nati. Agro. El Harrach* : 24 – 25.
- **Walsby A.E., Ng G., Dunn C. et Davis P.A. 2004.** Comparison of the depth where *Planktothrix rubescens* stratifies and the depth where the daily insolation supports its neutral buoyancy. *New Phytologist*. 162 : 133-145.
- **Walsby. A.E. 2005.** Stratification by cyanobacteria in lakes: a dynamic buoyancy model indicates size limitations met by *Planktothrix rubescens* filaments. *New Phytologist*. 168 : 365-376.
- **Welcomme, R.L. 1975.** L'ÉCOLOGIE DES PÊCHES DANS LES PLAINES INONDABLES AFRICAINES. *Doc.Tech.CPCA*, (3):51 p.
- **Wetzel, R.G. 2001.** *Limnology: Lake and River Management.* London: Academic Press.
- **Zeitzschel B. 1978.** Why study phytoplankton ? In: Sournia A (ed) *Phytoplankton manual. Monographs on oceanographic methodology - UNESCO*: 1-6.
- **Zohary, T., Pais-Madeira, A.M., Robarts, R. and Hambright, K.D., 1996.** Interannual phytoplankton dynamics of a hypertrophic african lake. *Arch Hydrobiol*, 136: 105 – 126

## Annexe

---

- Les espèces communes entre les deux sites (Taadmit–Elghaicha).



*Gymnodinium*



*Nitzschia\**



*Colonies*



*Hantzschia*



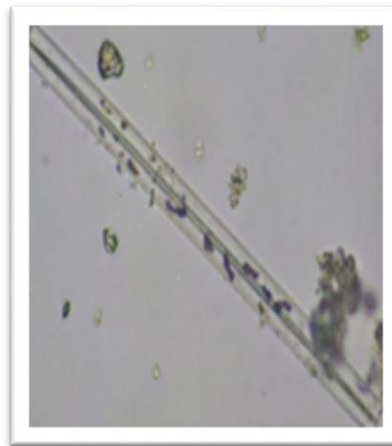
*Navicula*



*Cocconeis*



*Chlamydomonas*



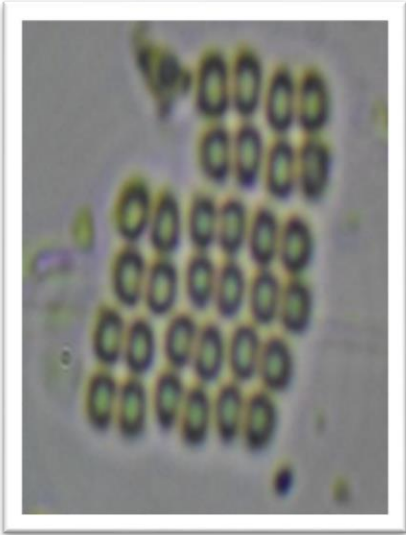
*Synedra*



*Tabellaria*

## Annexe

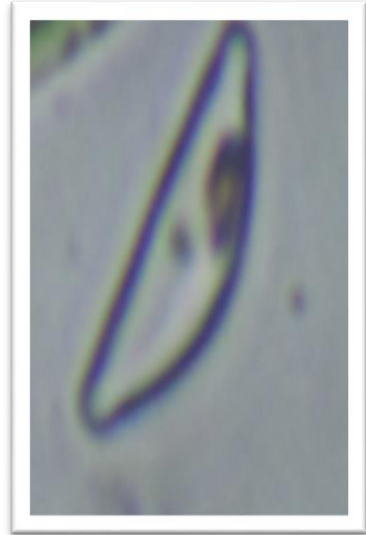
---



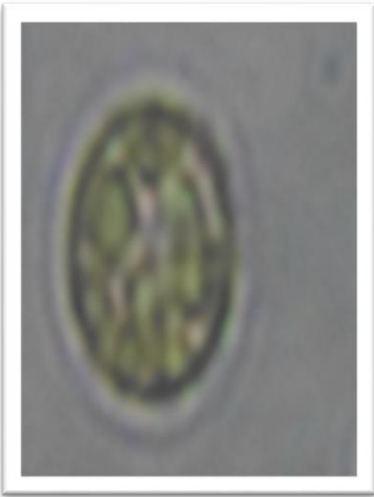
*Merismopedia*



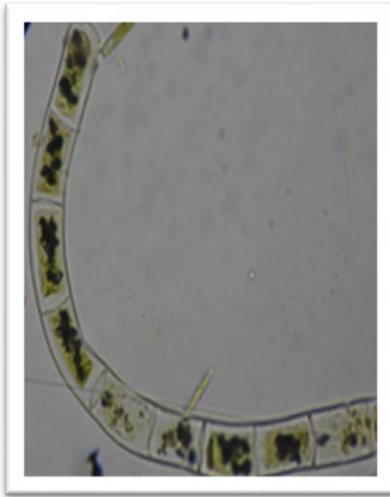
*Pseudanabaena*



*Cymbella*



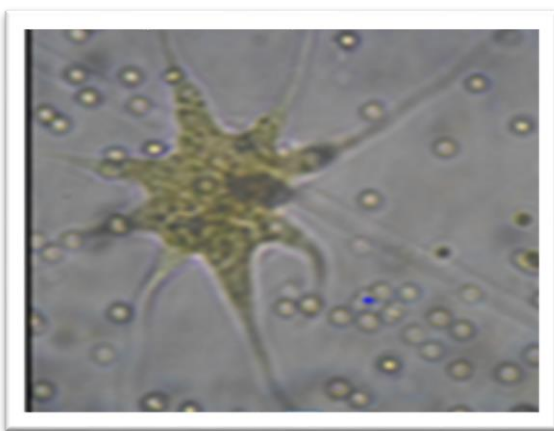
*Peridinium*



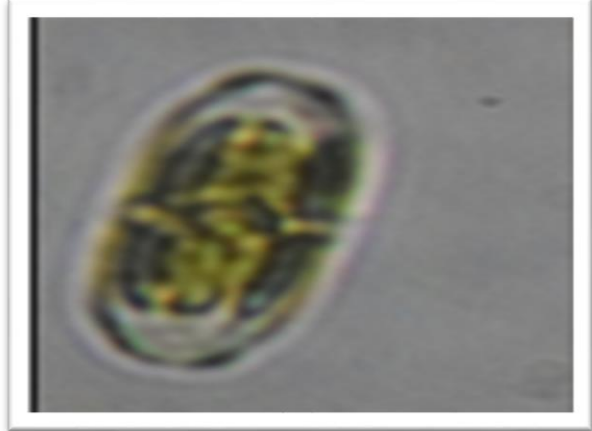
*Melosira*



*Oscillatoria*



*Scenedesmus*

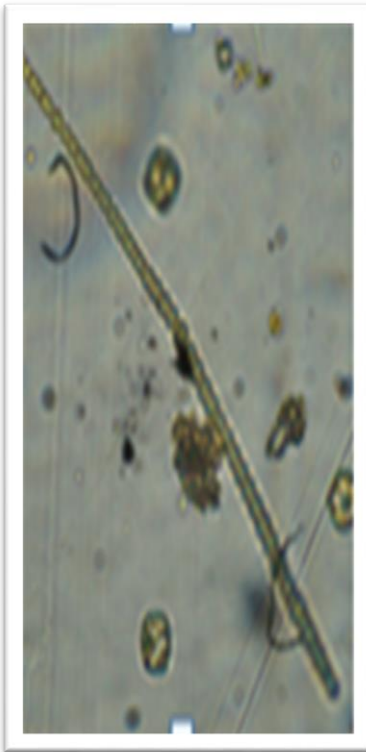


*Amphora*

## Annexe

---

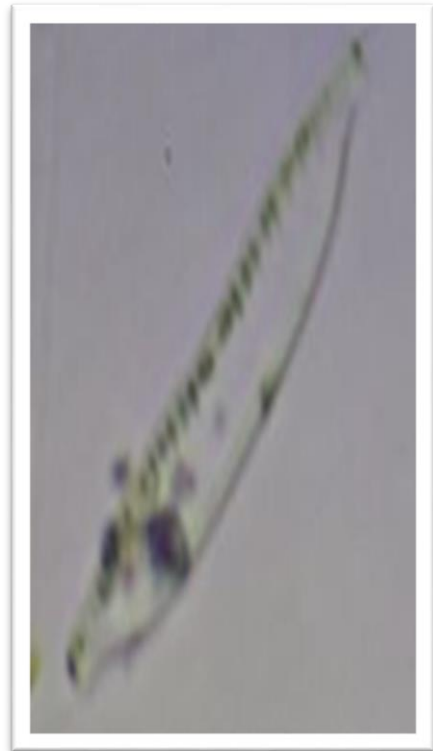
- Les espèces de oued Elghaicha.



*Anabaena*

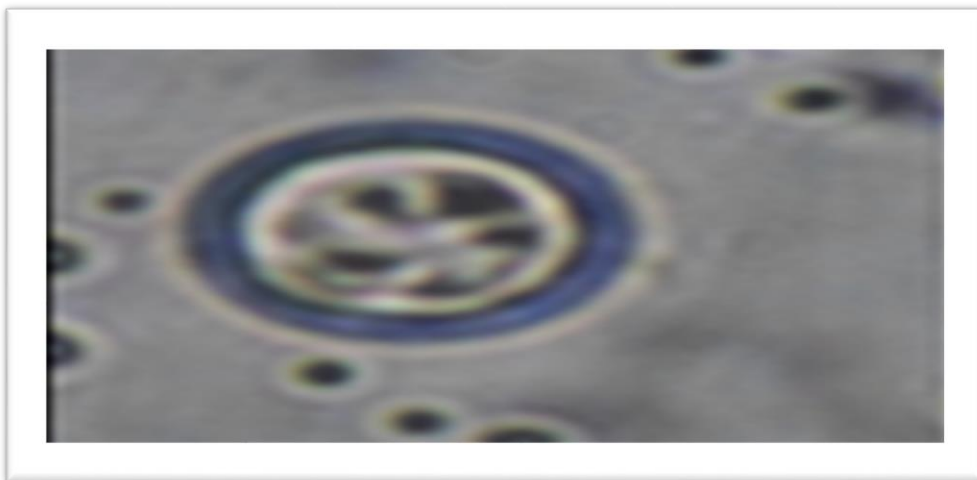


*Aphanizomenon*



*Cymatopleura*

- Les espèces de oued Taadmit.



*Tetraselmis*

## Annexe

### TAADMIT

#### Corrélations : *Caloneis*; *Gyrodinium*; *Nitzschia*; *Navicula*; *Hantzschia*; *Cocconeis*;

	Caloneis	Gyrodini	Nitzschia	Navicula	Hantzsch	Cocconeis	Tabulari	Synedra		
Gyrodini	0,996									
	0,004									
Nitzschia	0,798	0,849								
	0,202	0,151								
Navicula	0,814	0,780	0,427							
	0,186	0,220	0,573							
Hantzsch	-0,968	-0,942	-0,625	-0,855						
	0,032	0,058	0,375	0,145						
Cocconeis	-0,809	-0,792	-0,568	-0,450	0,845					
	0,191	0,208	0,432	0,550	0,155					
Tabulari	0,688	0,626	0,155	0,665	-0,844	-0,819				
	0,312	0,374	0,845	0,335	0,156	0,181				
Synedra	0,694	0,754	0,974	0,388	-0,491	-0,368	-0,036			
	0,306	0,246	0,026	0,612	0,509	0,632	0,964			
Chlamydo	-0,560	-0,547	-0,406	-0,111	0,602	0,935	-0,685	-0,191		
	0,440	0,453	0,594	0,889	0,398	0,065	0,315	0,809		
Cymbella	0,871	0,824	0,400	0,869	-0,965	-0,794	0,935	0,255		
	0,129	0,176	0,600	0,131	0,035	0,206	0,065	0,745		
Pseudana	0,833	0,780	0,332	0,869	-0,943	-0,763	0,945	0,187		
	0,167	0,220	0,668	0,131	0,057	0,237	0,055	0,813		
Oscillat	0,352	0,268	-0,281	0,606	-0,573	-0,440	0,874	-0,417		
	0,648	0,732	0,719	0,394	0,427	0,560	0,126	0,583		
mélosira	-0,465	-0,479	-0,453	-0,720	0,371	-0,143	0,040	-0,576		
	0,535	0,521	0,547	0,280	0,629	0,857	0,960	0,424		
Mérismop	-0,652	-0,644	-0,509	-0,199	0,676	0,965	-0,696	-0,301		
	0,348	0,356	0,491	0,801	0,324	0,035	0,304	0,699		
Amphora	-0,628	-0,611	-0,379	-0,923	0,618	0,104	-0,333	-0,431		
	0,372	0,389	0,621	0,077	0,382	0,896	0,667	0,569		
Peridini	-0,622	-0,607	-0,436	-0,195	0,667	0,961	-0,734	-0,221		
	0,378	0,393	0,564	0,805	0,333	0,039	0,266	0,779		
Tetrasel	-0,614	-0,598	-0,424	-0,190	0,663	0,959	-0,737	-0,207		
	0,386	0,402	0,576	0,810	0,337	0,041	0,263	0,793		
Scenedes	0,631	0,695	0,945	0,355	-0,418	-0,271	-0,125	0,995		
	0,369	0,305	0,055	0,645	0,582	0,729	0,875	0,005		
T°C	-0,945	-0,949	-0,795	-0,888	0,881	0,573	-0,508	-0,760		
	0,055	0,051	0,205	0,112	0,119	0,427	0,492	0,240		
pH	0,386	0,325	-0,072	0,246	-0,564	-0,780	0,888	-0,294		
	0,614	0,675	0,928	0,754	0,436	0,220	0,112	0,706		
Cond	0,355	0,332	0,172	-0,053	-0,437	-0,836	0,649	-0,049		
	0,645	0,668	0,828	0,947	0,563	0,164	0,351	0,951		
MES	-0,608	-0,583	-0,308	-0,934	0,622	0,108	-0,384	-0,351		
	0,392	0,417	0,692	0,066	0,378	0,892	0,616	0,649		



## Annexe

### El-Ghaicha

#### Corrélatons : *Caloneis*; *Gyrodinium*; *Nitzschia*; *Navicula*; *Hantzschia*; *Cocconeis*;

	Caloneis	Gyrodinium	Nitzschia	Navicula	Hantzschia	Cocconeis	Tabularia	Cymatopl		
Gyrodinium	0,305									
	0,695									
Nitzschia	0,884	-0,061								
	0,116	0,939								
Navicula	0,819	0,463	0,812							
	0,181	0,537	0,188							
Hantzschia	-0,384	-0,376	0,032	0,091						
	0,616	0,624	0,968	0,909						
Cocconeis	0,183	0,988	-0,148	0,419	-0,254					
	0,817	0,012	0,852	0,581	0,746					
Tabularia	0,910	0,666	0,683	0,872	-0,402	0,573				
	0,090	0,334	0,317	0,128	0,598	0,427				
Cymatopl	0,776	-0,123	0,975	0,818	0,251	-0,179	0,586			
	0,224	0,877	0,025	0,182	0,749	0,821	0,414			
Synedra	0,766	-0,360	0,943	0,571	0,014	-0,455	0,453	0,909		
	0,234	0,640	0,057	0,429	0,986	0,545	0,547	0,091		
Chlamydo	0,744	0,188	0,462	0,247	-0,863	0,034	0,617	0,256		
	0,256	0,812	0,538	0,753	0,137	0,966	0,383	0,744		
Cymbella	0,856	-0,219	0,894	0,526	-0,294	-0,347	0,565	0,795		
	0,144	0,781	0,106	0,474	0,706	0,653	0,435	0,205		
Pseudana	0,881	-0,159	0,885	0,539	-0,352	-0,292	0,608	0,775		
	0,119	0,841	0,115	0,461	0,648	0,708	0,392	0,225		
Oscillat	0,881	-0,159	0,885	0,539	-0,352	-0,292	0,608	0,775		
	0,119	0,841	0,115	0,461	0,648	0,708	0,392	0,225		
mélosira	0,881	-0,159	0,885	0,539	-0,352	-0,292	0,608	0,775		
	0,119	0,841	0,115	0,461	0,648	0,708	0,392	0,225		
Mérismop	0,780	-0,332	0,954	0,601	0,024	-0,425	0,478	0,923		
	0,220	0,668	0,046	0,399	0,976	0,575	0,522	0,077		
Amphora	-0,507	-0,501	-0,077	-0,084	0,983	-0,375	-0,559	0,138		
	0,493	0,499	0,923	0,916	0,017	0,625	0,441	0,862		
Peridini	0,068	-0,608	0,524	0,304	0,813	-0,563	-0,158	0,680		
	0,932	0,392	0,476	0,696	0,187	0,437	0,842	0,320		
Scenedes	-0,384	-0,413	0,041	0,076	0,999	-0,292	-0,419	0,258		
	0,616	0,587	0,959	0,924	0,001	0,708	0,581	0,742		
Aphanizo	-0,384	-0,413	0,041	0,076	0,999	-0,292	-0,419	0,258		
	0,616	0,587	0,959	0,924	0,001	0,708	0,581	0,742		
Anabaena	-0,384	-0,413	0,041	0,076	0,999	-0,292	-0,419	0,258		
	0,616	0,587	0,959	0,924	0,001	0,708	0,581	0,742		
T°C	-0,357	-0,719	0,120	-0,076	0,912	-0,628	-0,542	0,308		
	0,643	0,281	0,880	0,924	0,088	0,372	0,458	0,692		
pH	0,748	-0,308	0,967	0,673	0,178	-0,379	0,475	0,971		
	0,252	0,692	0,033	0,327	0,822	0,621	0,525	0,029		

## Annexe

Cond	0,747 0,253	0,370 0,630	0,812 0,188	0,988 0,012	0,244 0,756	0,344 0,656	0,784 0,216	0,851 0,149
MES	0,612 0,388	-0,092 0,908	0,412 0,588	0,047 0,953	-0,803 0,197	-0,244 0,756	0,389 0,611	0,214 0,786

SynedraChlamydoCymbellaPseudanaOscillatmélosiraMérismopAmphora  
Chlamydo 0,491  
0,509

Cymbella	0,951 0,049	0,735 0,265						
Pseudana	0,930 0,070	0,776 0,224	0,997 0,003					
Oscillat	0,930 0,070	0,776 0,224	0,997 0,003	1,000 *				
mélosira	0,930 0,070	0,776 0,224	0,997 0,003	1,000 *	1,000 *			
Mérismop	0,999 0,001	0,484 0,052	0,948 0,073	0,927 0,073	0,927 0,073	0,927		
Amphora	-0,040 0,960	-0,884 0,116	-0,343 0,657	-0,405 0,595	-0,405 0,595	-0,405 0,595	-0,036 0,964	
Peridini	0,581 0,419	-0,421 0,579	0,304 0,696	0,241 0,759	0,241 0,759	0,241 0,759	0,585 0,415	0,789 0,211
Scenedes	0,036 0,964	-0,853 0,726	-0,274 0,667	-0,333 0,667	-0,333 0,667	-0,333 0,956	0,044 0,013	0,987
Aphanizo	0,036 0,964	-0,853 0,147	-0,274 0,726	-0,333 0,667	-0,333 0,667	-0,333 0,667	0,044 0,956	0,987 0,013
Anabaena	0,036 0,964	-0,853 0,726	-0,274 0,667	-0,333 0,667	-0,333 0,667	-0,333 0,956	0,044 0,013	0,987
T°C	0,232 0,768	-0,693 0,937	-0,063 0,868	-0,132 0,868	-0,132 0,868	-0,132 0,772	0,228 0,055	0,945
pH	0,979 0,021	0,344 0,656	0,882 0,118	0,856 0,144	0,856 0,144	0,856 0,144	0,984 0,016	0,100 0,900
Cond	0,581 0,419	0,118 0,882	0,488 0,512	0,491 0,509	0,491 0,509	0,491 0,509	0,612 0,388	0,073 0,927
MES	0,536 0,464	0,957 0,243	0,757 0,217	0,783 0,217	0,783 0,217	0,783 0,481	0,519 0,222	-0,778

## Annexe

---

Peridini	Scenedes	Aphanizo	Anabaena	T°C	pH	Cond	
Scenedes	0,829 0,171						
Aphanizo	0,829 0,171	1,000 *					
Anabaena	0,829 0,171	1,000 *	1,000 *				
T°C	0,907 0,093	0,927 0,073	0,927 0,073	0,927			
pH	0,686 0,314	0,194 0,806	0,194 0,806	0,194 0,667	0,333		
Cond	0,437 0,563	0,230 0,770	0,230 0,770	0,230 0,770	0,078 0,922	0,703 0,297	
MES	-0,314 0,686	-0,783 0,217	-0,783 0,217	-0,783 0,217	-0,531 0,469	0,363 0,637	-0,062 0,938

Contenu de la cellule : corrélation de Pearson  
Valeur de p