

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمّار تليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
En vue de l'obtention du diplôme Master LMD

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Biologiques

Option : Ecologie végétale et environnement

Présenté par :

Mlle : RAKHROUR JOMANA

THEME

**Le phytoplancton dans les cours d'eau de Laghouat ; inventaire
et dynamique ; cas d'oued El-Ghabek - Laghouat**

Membres de jury :

| | | | |
|----------------------|-----------|-----|---------------|
| Mr : RABAH khedim | Examineur | MAB | UATL |
| Mr : LEBOUKHE mourad | Président | MCA | ENS Ouargla |
| Dr. Chaibi Rachid | Encadreur | MCA | Univ-Laghouat |

Année Universitaire 2019/2020

Sommaire

Dédicace

Remerciement

Liste des Tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction01

CHAPITRE I : étude bibliographique sur le phytoplancton

| | |
|--|----|
| 1. Définition | 03 |
| 1.1 Le phytoplancton..... | 03 |
| 2. Habitat et écologie | 04 |
| 3. Diversité spécifique et diversité écophysiological | 07 |
| 4. Le phytoplancton, indicateur de la qualité biologique | 13 |
| 5. L'importance des micro-algues | 14 |
| 6. Source de nuisance des phytoplancton | 17 |

Chapitre II matériels et méthodes

| | |
|--|----|
| 1. Présentation générale de la wilaya de Laghouat | 22 |
| 1.1 Facteurs abiotiques | 22 |
| 1.2 Facteurs biotiques | 23 |
| 1.3 Caractères climatiques | 23 |
| 2. Présentation de site d'étude | 29 |
| 3. Matériels et méthodes | 30 |
| 3.1 Méthode de mesure des paramètres physico-chimiques | 30 |
| 3.1.1. Méthode de prélèvement de l'eau | 30 |
| 3.1.2. Analyses physico-chimiques | 30 |
| 4. Méthode de prélèvement du phytoplancton | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 5. Etude qualitative et quantitative du phytoplancton | 32 |
| 5.1 Etude qualitative du phytoplancton | 32 |
| 6. Exploitation des résultats par des indices écologiques | 33 |
| 6.1 Application d'indice de structure et d'organisation | 33 |

Chapitre III : Résultats et discussions

| | |
|---|-----------|
| 1. Paramètres physicochimiques de l'eau et leurs variations mensuelles | 36 |
| 2. Etude qualitative et quantitative du peuplement du phytoplancton | 41 |
| 2.1. Composition taxonomique de la flore micro-algale recensée | 41 |
| 2.2. Variation des paramètres de diversité des communautés phytoplanctoniques..... | 44 |
| 2.3. Densité moyenne globale | 45 |
| Discussion | 46 |

Conclusion.

Références bibliographiques.

Résumé.

DEDECACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents pour leurs soutiens, leurs patiences, leurs encouragements qui m'ont toujours soutenue et encouragée durant ces années d'études.

Mes frères et mes sœurs.

Mes collègues.

Mes amis.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour ce que projet soit possible.

Je vous dis merci.

Jomana

Remerciement

*Tout d'abord, je remercie DIEU tout puissant, de m'avoir
donner la force et la patience de pouvoir mener ce travail à
terme.*

*Je tiens à remercier mon encadreur Dr Chaibi Rachid, chef de
département de biologie à l'université de Laghouat, pour sa
patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, son
aide, ses commentaires éclairés dans la réalisation de ce
mémoire.*

*J'adresse mes sincères remerciements aux membres de jury qui
ont accepté d'évaluer ce travail.*

*Je remercie les enseignants du département de biologie de
l'université AMAR TELIDJI.*

*Et en fin à toute personne qui de près ou de loin a participé et
contribuer à la réalisation de ce travail.*

Liste des Tableaux

| Tableaux | Titre | Page |
|----------|---|------|
| 01 | Températures mensuelles moyennes, maximales et minimales de la région de Laghouat (2003-2018). | 23 |
| 02 | Précipitations moyennes mensuelles de la région de Laghouat (2003-2018) | 23 |
| 03 | Vitesse du vent (m/s) moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2003-2018). | 24 |
| 04 | Indice d'aridité de Demartonne | 27 |
| 05 | Présente les différents paramètres physico-chimiques. | 29 |
| 06 | Analyses descriptives des paramètres physicochimiques de l'eau | 35 |
| 07 | Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée. | 39 |
| 08 | Inventaire taxonomique de répartition par station du phytoplancton recensé | 41 |
| 09 | Richesse générique totale (S), richesse générique moyenne (Sm), indice de diversité de Shannon (H') et équirépartition (E) du peuplement phytoplanctonique. | 43 |

Liste des Figures

| Figures | Titres | Pages |
|----------------|--|--------------|
| 01 | . Les classes algales et leurs caractéristiques principales basées sur des aspects morphologiques et cytologiques. | 13 |
| 02 | Domaines d'application des algues microscopiques | 15 |
| 03 | Situation géographique de la wilaya de Laghouat. | 21 |
| 04 | Températures moyennes mensuelles de la région de Laghouat (2003-2018). | 23 |
| 05 | Précipitations de la région de Laghouat (2003-2018). | 24 |
| 06 | Vitesse annuelle du vent dans la région de Laghouat (2003-2018) | 24 |
| 07 | Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Laghouat. | 25 |
| 08 | Climagramme pluviothermique d'Emberger pour la région de Laghouat. | 26 |
| 09 | La situation géographique de site d'étude. | 28 |
| 10 | Appareil multi paramètre de mesure WTW. | 30 |
| 11 | Schéma représente un filet à plancton. | 30 |
| 12 | Schéma synthétique de la technique de comptage du phytoplancton. | 31 |
| 13 | Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau de la station étudiée. | 35 |
| 14 | Variations mensuelles du pH de l'eau de la station étudiée | 36 |
| 15 | Variations mensuelles de la Salinité de l'eau. | 37 |
| 16 | Variations mensuelles de la conductivité de l'eau. | 38 |
| 17 | Variations mensuelles du taux de la MES de la station étudiée | 39 |
| 18 | : Pourcentages en nombre de genres, d'ordres et de familles des classes de phytoplancton identifiées. | 42 |
| 19 | La densité moyenne globale par classe et par genre de phytoplancton recensées. | 44 |

Liste des abréviations

CDF : Conservation des forêts

Cnd : Conductivité.

CO2 : Dioxyde de Carbone

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

DSP : Directeur de santé publique

FIG : figure.

MES : Matière en Suspension.

ONM : Office nationale de la météorologie.

Ph : Potentiel Hydrogène.

PSP : Paralytic shellfish poisons

S : Salinité.

T : Température.

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius.



Introduction

Introduction

Introduction

Les écosystèmes d'eau douce couvrent moins de 1 % de la surface terrestre, ils abritent près de 12 % des animaux et 2,4 % de toutes les espèces connues sur Terre (Revenga et al., 2000).

La limnologie peut être définie comme la science des eaux continentales et des organismes qui y vivent. De nos jours, la limnologie s'intéresse à toutes les eaux intérieures, qu'elles soient douces ou saumâtres, stagnantes (lacs, étangs...), courantes (ruisseaux, rivières...) ou souterraines (nappes, rivières souterraines...) et aux organismes de la flore et de la faune qui y sont liés ; elle examine l'ensemble des interactions entre les caractéristiques des milieux et ces organismes (Dussart, 1966).

La surveillance de l'écosystème aquatique basée exclusivement sur la mesure de la concentration de polluants dans l'eau ne permet pas de mesurer la qualité de l'habitat. Elle ne permet pas non plus d'évaluer l'effet des polluants non mesurés ou présents à des seuils inférieurs aux limites de détection des méthodes analytiques, ni les effets synergiques, additifs et antagonistes de différents polluants, etc. C'est pourquoi des mesures au niveau de l'organisation du vivant sont nécessaires (Cainrs et Dickson, 1971 ; Gammon, 1980 ; OHIO Epa 1988 ; Oberdoff et Hughes 1992).

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

L'érosion de la biodiversité observée depuis ces dernières décennies est principalement attribuée à l'influence des activités humaines (Ramade, 1999). La question des effets de l'anthropisation est désormais centrale de l'Ecologie (Loreau et al., 2006) et au cœur du concept d'anthropocène défini par Revkin (1992) puis repris par Crutzen et Stoemer (2000) pour désigner une nouvelle ère géologique succédant à l'Holocène : celle des deux derniers siècles écoulés au cours desquels l'homme a acquis la capacité de modifier son environnement à grande échelle via l'agriculture ou l'urbanisation par exemple (Zalasiewicz et al., 2008).

Introduction

En Algérie, malgré la présence d'une multitude de plans d'eau et des Oued caractérisés par des richesses indéniables, peu d'études ont été consacrées à ce jour à la limnologie de nos eaux.

Le présent travail vise à la réalisation d'une étude dans un plan d'eau naturel de la région de Kser-El Hirane " station de Ghabek". Cette étude a pour objectif particulier de comprendre la structure de la communauté phytoplanctonique dans cette station, et la mise en valeur de sa richesse naturelle et de sa potentialité tant bioécologique qu'économique.

Cette étude vise à :

- ❖ La détermination des genres de différents groupes du phytoplancton au niveau de l'Oued Ghabek
- ❖ Connaître les principaux taxons du phytoplancton considérés comme potentiellement toxique ;
- ❖ Favoriser la prise de conscience de la vie dans les eaux douces.
- ❖ Montrer l'importance des paramètres physico-chimiques dans le cycle de vie de ce peuplement.

Chapitre I

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 (Messamah, 2009).

Selon Dussart (1992), le terme plancton a été défini par Hensen (1887) comme l'ensemble des formes animales et végétales vivant en suspension dans les eaux, sans mouvements propre suffisants pour lutter efficacement contre les mouvements de ces eaux (vagues, courants ...). Les organismes planctoniques peuvent être regroupés selon leur taille, leur nature, les caractéristiques biologiques de leur cycle de développement, leur répartition verticale sur la colonne d'eau ou le type d'environnement qu'ils peuplent (Rossi, 2008).

1.1 Le phytoplancton :

Le phytoplancton (du grec phyton pour plante et planktos, errante) 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). La principale source d'acquisition de l'énergie s'effectue par phototrophie chez ces organismes, à partir de la lumière (photosynthèse = processus d'absorption des sels minéraux et du carbone sous forme de CO₂ et de rejet d'oxygène sous l'effet de la lumière). Les organismes qui se procurent l'énergie nécessaire à leur croissance et à leur reproduction en combinant les modes de nutrition autotrophe et phagotrophe sont qualifiés de « mixotrophes » (Stickney et al, 2000). Par ailleurs, de nombreuses cellules phytoplanctoniques (les chrysophycées par exemple) sont capables de réaliser la mixotrophie, c'est-à-dire qu'elles possèdent des capacités hétérotrophes et elles utilisent des substances organiques à la base de leur métabolisme ou sont même capables d'ingérer des bactéries (Domaizon et al, 2003 ; Zubkoy et Tarran 2008). Leur forme est extrêmement variée, la diversité morphologique étant souvent liée à une adaptation à la mobilité (flottaison, et mouvements verticaux) (Zeitzschel, 1978). La chlorophylle *a*, un des pigments chlorophylliens, est le pigment majoritaire impliqué dans ce processus. 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.

Les eaux douces et particulièrement les eaux de surface, qui représentent une ressource vitale pour l'homme, sont menacées par des pollutions diverses, d'origine anthropique.

Le phytoplancton réagit à ces altérations et peut être considéré comme un indicateur de la dégradation de la qualité des eaux continentales, proposé par la DCE comme élément de qualité biologique. La prolifération du phytoplancton a un impact direct sur les écosystèmes aquatiques entraînant des modifications de la diversité et de la dynamique des populations. En outre, certaines espèces, dont les cyanobactéries, sont susceptibles de synthétiser des toxines à l'origine d'intoxications plus ou moins graves, représentant des risques importants pour la santé humaine et animale (Chorus et Bartram, 1999). Les usages de l'eau peuvent ainsi être limités par ces contaminations (Grogan, 2012).

2. 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 (NO_3^- ou 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).

2.1. Distribution spatiale

2.1.1. Distribution horizontale

D'après (Padisák, 2004) la répartition horizontale du phytoplancton de manière non homogène « patchiness » entraîne des différences majeures dans les assemblages en milieu marin ou d'eau douce. Cette distribution peut être due aux variations des conditions physiques et chimiques en lien avec les systèmes de courants majeurs. La vitesse du

courant est elle-même dépendante de la vitesse du vent et, par conséquent, les différences dans les assemblages sur le plan horizontal peuvent perdurer tant que le vent influe. Comme, de plus, le vent fluctue en intensité et en direction, il provoque de nouveaux schémas de distribution qui se superposent aux anciens. Ainsi, aucun organisme individuel n'adopte une position permanente et chaque individu est susceptible de se faire transporter. (Rolland, 2009).

Dans les petits lacs, des variations significatives dans la distribution horizontale des espèces planctoniques sont généralement observables sur de courtes périodes de temps, ces discontinuités étant souvent associées à l'interaction de la force et de la direction du vent avec la stabilité thermique de la colonne d'eau. En effet, le morcellement horizontal du phytoplancton peut se produire à de très petites échelles (de 1 à quelques mètres) mais il est très changeant et les schémas de répartition peuvent être très fréquemment modifiés ou supprimés avec le vent. La persistance temporelle de cette discontinuité est directement reliée à la dimension spatiale à l'intérieur de laquelle elle fluctue (Rolland, 2009). Ainsi, il est possible de subdiviser un habitat en plusieurs micro-habitats, formant ainsi une mosaïque de fragments qui contribuent ensemble à la formation d'une communauté phytoplanctonique pour un seul et même lac.

2.1.2. Distribution verticale

Les discontinuités dans la distribution spatiale du phytoplancton, celles qui persistent des heures ou des jours, voire de manière continue, sont mieux connues sur le plan vertical.

La distribution du phytoplancton peut en effet varier significativement avec la profondeur, le temps et la ségrégation physique de la colonne d'eau. Les schémas de distribution peuvent devenir encore plus complexes quand les gradients de lumière ou d'éléments nutritifs s'y rajoutent (Rolland, 2009). L'intensité lumineuse diminue avec la profondeur et sa composition spectrale change.

La concentration des éléments nutritifs augmente avec la profondeur. A cela s'ajoute aussi la migration verticale du zooplancton qui peut aussi avoir une influence sur la répartition verticale du phytoplancton. Ainsi, beaucoup d'espèces « cherchent » à atteindre une position optimale dans la colonne d'eau favorisant leur développement et s'adaptent de manière à coexister avec d'autres espèces pour former une communauté structurée. La stabilité physique des espèces dans le milieu dépend donc de la stabilité de la colonne d'eau ainsi que de la disponibilité et du taux de régénération des ressources dans les

différentes strates (Padisak, 2004). Les éléments nutritifs (azote, phosphore, silice) sont consommés dans la zone euphotique, si bien que leur concentration va chuter jusqu'à une concentration qui va limiter la croissance algale.

Ainsi, les strates inférieures vont devenir plus riches en éléments nutritifs que les strates supérieures même si pour l'azote, par exemple, les concentrations qui permettent la croissance algale peuvent être restaurées grâce aux cyanobactéries fixatrices d'azote.

Cependant, l'oxygénation de la couche inférieure de la colonne va profondément affecter la forme, la quantité et la disponibilité des nutriments. Il en résulte que la stratification thermique va amener à une séparation entre une couche de surface bien illuminée, oxygénée mais dont les concentrations en éléments nutritifs diminuent rapidement et une couche profonde moins lumineuse, plus hypoxique et riche en éléments nutritifs. Dans de telles circonstances, l'assimilation des éléments nutritifs dans les couches profondes couplée à la photosynthèse dans les couches superficielles est une stratégie qui demande aux algues de changer périodiquement leur position verticale soit grâce à leurs vacuoles gazeuses soit grâce aux mouvements de leurs flagelles. Suivant les espèces, l'amplitude maximale de migration périodique peut varier entre 2,5 et 18 m sachant que les espèces flagellées de grande taille peuvent migrer sur de plus longues distances que les espèces flagellées de plus petite taille.

3. 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 (Groga, 2012).

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytologique essentiellement par la présence (eucaryotes) ou non (procaryotes) d'un noyau cellulaire (ADN confiné dans une enveloppe nucléaire) (Prescott et al. 2003).

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).

3.1. 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. Nous en donnons une description sommaire ci-après (Fig. 1)

3.1.1. 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, les filamenteuses aux familles des Nostocacées et Oscillatoriacées (Bourrelly, 1985). 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) (Ganf et al, 1991 ; Schagerl et Donabaum, 2003 ; Colyer et 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 ; Muret 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, 1985). 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 CO₂ dans certaines eaux oligotrophes.

3.1.2. Les chlorophycées

Forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 classes : les Euchlorophycées, les Ulothricophycées, les Zygothricophycées 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 (Bourrelly, 1985).

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, 1985). Pour assurer leur reproduction, les Volvocales et les Chlorococcales 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, 1985).

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).

3.1.3. 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 (β -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-Ott, 2003).

3.1.4. 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 (β -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).

3.1.5. Les diatomées (*Bacillariophycées*)

Engloberaient plus de 100 000 espèces et on estime que seulement près de 15 000 ont été identifiées à ce jour (Rolland, 2009). C'est un des groupes les plus importants du phytoplancton même si beaucoup d'espèces sont sessiles ou associées aux substrats littoraux. Leur caractéristique principale est la présence d'une paroi cellulaire siliceuse appelée frustule (Germain, 1981 et Rossi, 2008). Le pourtour des valves est connecté avec des bandes qui constituent la ceinture de la cellule. Ces microorganismes sont unicellulaires ou coloniaux et sont communément divisés en deux groupes : les diatomées

centriques qui ont une symétrie radiale et les diatomées pennées qui ont une symétrie bilatérale (Lavoie et *al*, 2008). Les valves des diatomées pennées présentent des parties de cellules plus épaisses et dilatées. Chez certaines espèces, une fente, nommée raphé, traverse une partie ou la cellule entière alors que chez d'autres espèces, on observe une dépression de la paroi cellulaire appelée pseudoraphé. Quatre groupes de diatomées pennées sont différenciés sur la base de ces structures : les Araphidées, les Raphidioidées, les Monoraphidées et les Biraphidées (Rolland, 2009). La reproduction végétative par division cellulaire est le mode le plus commun de multiplication (Canter-Lund et Lund, 1995).

3.1.6. Les cryptophycées

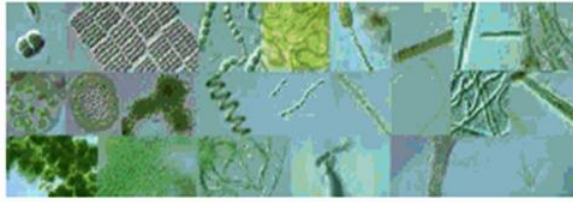
Sont unicellulaires, mobiles de par la présence de deux flagelles (de taille égale) et dépourvues de paroi cellulaire. En effet, l'enveloppe qui les entoure est appelée périplaste et est composée de deux couches distinctes, le périplaste interne (succession de plaques protéiques) et le périplaste externe (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 1985).

3.1.7. 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).

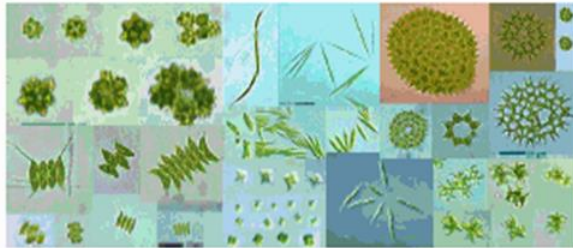
3.1.8. Les euglènes

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 considérés 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.



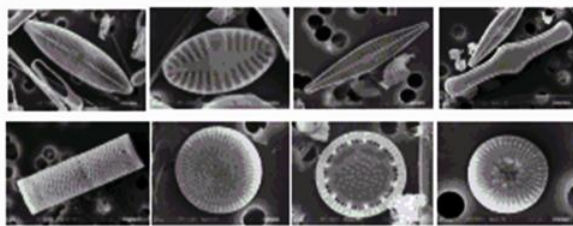
Les Cyanophycées ou cyanobactéries

Pigments : chlorophylle *a*; phycobilines (phycocyanine, allophycocyanine, phycoerythrine)
 Substances de réserve : glycogène, cyanophycine
 Paroi cellulaire : peptidoglycane
 Morphologie : unicellulaire, coloniale, filamenteuse
 Reproduction : asexuée (fission binaire, fragmentation)



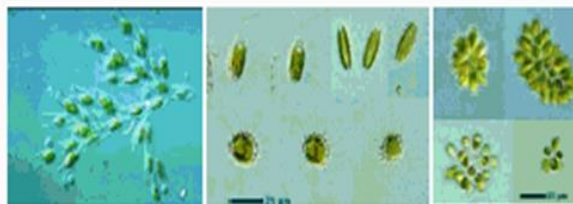
Les Chlorophycées ou algues vertes

Pigments : chlorophylles : *a* et *b*; xanthophylles : lutéine, violaxanthine
 Substances de réserve : amidon intraplastidial
 Paroi cellulaire : principalement cellulose
 Morphologie : unicellulaire, coloniale, filamenteuse, cénobiale, formes avec ou sans flagelles
 Reproduction : asexuée (fission binaire) et sexuée (isogamie, anisogamie et oogamie)



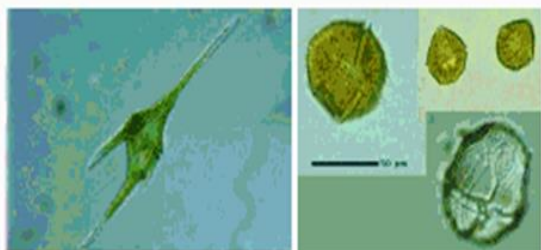
Les Bacillariophycées ou diatomées

Pigments : chlorophylles : *a*, *c1*, *c2* et *c3*; xanthophylles : fucoxanthine, diatoxanthine, diadinoxanthine
 Substances de réserve : chrysolaminarino, lipides
 Paroi cellulaire : siliceuse ornementée (frustule)
 Morphologie : pennées (symétrie bilatérale) ou centrique (symétrie radiale)
 Reproduction : asexuée (division cellulaire) et sexuée (oogamie chez les centriques, isogamie chez les pennées)



Les Chrysophycées ou algues dorées

Pigments : chlorophylles : *a*, *c1* et *c2*; xanthophylles : fucoxanthine
 Substances de réserve : chrysolaminarine, lipides
 Paroi cellulaire : écailles de silice et cellulose
 Morphologie : unicellulaire ou coloniale (rarement filamenteuse), cellules nues ou enveloppées par une structure protectrice (lorique), 1 ou 2 flagelles
 Reproduction : asexuée (fission binaire, zoosporulation) et sexuée (isogamie)



Les Dinophycées ou dinoflagellés

Pigments : chlorophylles : *a* et *c2*; xanthophylles : peridino, diadinoxanthine
 Substances de réserve : amidon, lipides
 Paroi cellulaire : si présente, constituée de cellulose
 Morphologie : principalement unicellulaire, cellules nues ou renforcées par des plaques polygonales, avec 2 flagelles perpendiculaires
 Reproduction : asexuée (fission binaire, formation d'aplanospores) et sexuée (isogamie, anisogamie)



Les Cryptophycées

Pigments : chlorophylles : *a* et *c2*; phycobilines : phycocyanine, phycoerythrine
 Substances de réserve : amidon extraplastidial
 Paroi cellulaire : généralement absente
 Morphologie : cellules nues, ovales et aplaties, avec 2 flagelles inégaux
 Reproduction : principalement asexuée (fission binaire)

(Saez et al. 2008).

Figure (1). Les classes algales et leurs caractéristiques principales basées sur des aspects morphologiques et cytologiques.

4. 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, CO₂ et pression de prédation). Le phytoplancton, qui est donc fortement influencé par les changements environnementaux (Padisaket al, 2006 ; Salsamoet al, 2006 ; Annevilleet al, 2008), est considéré comme étant la première communauté biologique à répondre à l'eutrophisation, spécialement dans les lacs (Solheimet 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.

5. 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).

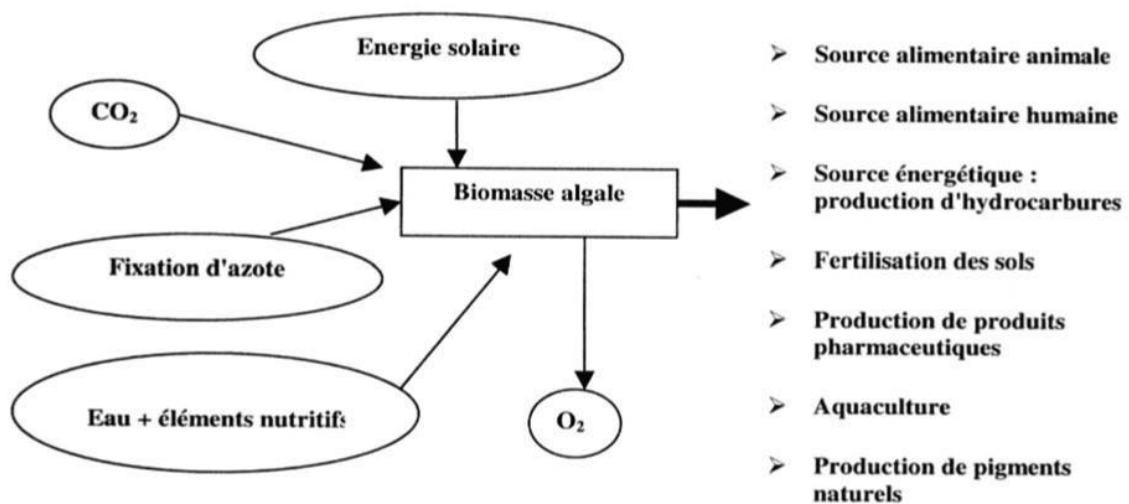


Figure (2) : Domaines d'application des algues microscopiques (Chader et Touzi, 2001).

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).

6. Sources de nuisance des phytoplanctons

Les aspects positifs du phytoplancton en milieu piscicole « mobilisation des substances azotées, oxygénation de l'eau, source de nourriture pour de très nombreux organismes » l'emportent largement sur les aspects négatifs, ces derniers étant surtout liés aux proliférations d'algues bleues (Billard, 1998).

Il y aurait environ 4.000 espèces constituant la flore phytoplanctonique marine mondiale dont quelques 40 espèces toxiques (Sournia et al, 1990 ; Sournia, 1995 in Therriault et al, 1999).

Certaines toxines produites par les micro-algues sont libérées dans l'eau et sont directement nocives, voire mortelles, pour les animaux qui vivent dans le milieu aquatique. D'autres toxines s'accumulent dans les animaux aquatiques se nourrissant de phytoplancton, ceux-ci n'en sont pas affectés, mais ils deviennent eux-mêmes toxiques pour qui les consomme.

La sensibilité aux toxines varie en fonction de la taille et du poids de l'animal mais aussi selon les espèces et plus particulièrement selon leurs capacités de bio transformation des toxines ainsi que du degré de résistance acquis vis-à-vis de ces dernières (adaptation génétique) (Thébaud et al, 2005).

Pour ce qui est des facteurs externes, outre la toxicité intrinsèque de l'espèce incriminée, interviennent la densité cellulaire d'algues toxiques, le ratio avec les micro-algues accompagnatrices non toxiques, et enfin la durée de l'épisode de prolifération.

Trois types d'évènements toxiques sont actuellement observés en France et ne doivent pas être confondus car ils sont liés à trois genres différents de micro-algues (*Dinophysis*, *Alexandrium*, et *Pseudo-nitzschia*) produisant trois types de toxines différentes (DSP, PSP et ASP) les toxines (diarrhéiques, paralysantes ou amnésiantes).

6.1. Effets sur le zooplancton

Kumayer et Juttner (1999), suggèrent qu'il peut exister des phénomènes de coévolution biochimiques entre le zooplancton brouteur et les cyanobactéries toxiques. Ainsi la présence de zooplancton sélectif vis-à-vis des toxines, favoriserait la production de celles-ci par les cyanobactéries du milieu (Demott et Moxter, 1991).

6.2. Effets sur les poissons

Outre les effets indirects possibles des cyanobactéries sur le poisson à travers leur impact sur le zooplancton, il convient aussi de ne pas oublier que les périodes de blooms provoquent également des phénomènes d'anoxie dans le milieu qui peuvent avoir des conséquences mortelles pour les peuplements piscicoles.

Les mortalités de poissons liées aux cyanobactéries sont, en fait, surtout imputables à une désoxygénation résultante de la décomposition d'une fleur d'eau. En plus les cyanobactéries libèrent des substances geosmines donnant ce désagréable goût de vase à la chair du poisson. Ce type de nuisances apparaît aussi en hiver avec le développement d'une espèce *Phormidium* qui vit à la surface de la vase. (Billard, 1998).

6.3. Intoxications humaines

Les toxines de cyanobactéries sont essentiellement des endotoxines qui s'accumulent à l'intérieur des cellules algales. Elles agissent soit après ingestion de ces microalgues, soit après libération de la lyse algale. L'ingestion des fruits de mer ayant concentré des toxines d'algues dans leurs tissus peut provoquer des symptômes neurologiques, digestifs et musculaires pouvant entraîner la mort. En eau douce également, lorsque les conditions sont favorables, des microalgues toxiques prolifèrent, provoquant des morts massives d'animaux et pouvant nuire à la santé des baigneurs, les troubles allant de la simple affection dermatologique à des lésions neurologiques ou hépatiques irréversibles (Fernandez, 2002).

➤ Cas d'allergie de contact

Elder et al (1993) ; Falconer, (1996) ; Jochimsen et al (1998), déclarent que chez les humains, les réactions d'allergie aux cyanobactéries, après des baignades dans des eaux contaminées, sont relativement fréquentes. Les symptômes développés après un contact avec des eaux contenant des toxines de cyanobactérie incluent éruption cutanées, oedème, irritation de la peau, conjonctivites, inflammation des oreilles et de la gorge, problèmes respiratoires de type asthme allergique, rhume des foins, pneumonie, associés à des vertiges importants. Parfois, des signes digestifs de type gastro-entérite viennent s'ajouter au tableau clinique.

En revanche, pour Falconer (1996), des deux principaux groupes de toxines, neurotoxines et hépatotoxines, il est en général impossible de déterminer lequel est responsable de ces symptômes, et ceux-ci pourrait aussi être complètement sans relation avec les toxines des cyanobactéries car, dans certains cas, l'allergie responsable des symptômes était un pigment, la phycocyanine.

➤ **Intoxication par ingestion**

➤ **Intoxication aiguë**

L'absorption de faibles doses d'hépatotoxines par ingestion accidentelle d'eau de boisson contaminée est à l'origine de maux d'estomac et de troubles intestinaux « diarrhées, vomissements, gastro-entérites » (Turner et al 1990),

le premier cas d'intoxication humaine liée aux cyanobactéries a été rapporté par Tisdale en 1931. Un important bloom hépatotoxique de *Microcystis sp.*, dans les rivières Ohio et Potomac « USA » ayant provoqué l'intoxication de plusieurs milliers de personnes ayant consommé l'eau de ces rivières. De même, en 1966, un bloom de *Microcystis sp.*, dans un réservoir d'eau potable à Harare (Zimbabwe) a provoqué de nombreux troubles gastro-intestinaux chez des enfants ayant consommé l'eau de réservoir d'eau potable, ou des cyanobactéries s'étaient accumulées, ont été identifier dans le monde.

➤ **Intoxications chroniques**

Les expositions chroniques et subchroniques aux hépatotoxines favorisent l'apparition de tumeurs chez les animaux (Carmichael et Falcorner, 1993).

Chez les humains, les dégâts provoqués par la consommation répétée de faibles quantités de toxines sont probablement plus fréquents que les intoxications aiguës. En effet, de nombreux aspects concernant ces toxines restent inconnus, notamment ceux relatifs à l'effet cancérogène de microcystines (Carmichael, 1994).

6.4. 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 (Ravenet *al.*, 2003).

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 (*Oscillatoria erythraea*, *Aphanizomenon kaufmanni*), de la couleur rouge de la mer rouge et des lacs de Morat (Suisse) ou de Nantua (France) (*Oscillatoria rubescens*) (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).

Chapitre II

1. Présentation générale de la wilaya de Laghouat

La Wilaya de Laghouat occupe une superficie de 25 052 km² et fait partie du groupe des neuf wilayat pastorales du pays. Elle se situe à 400 Km au sud de la capitale Alger, Elle est limitée au Nord et à l'Est par la wilaya de Djelfa, au Nord –ouest par les wilayas de Tiaret et El-Bayad et au sud par wilaya de Ghardaïa (D.P.A.T). fig. (03).

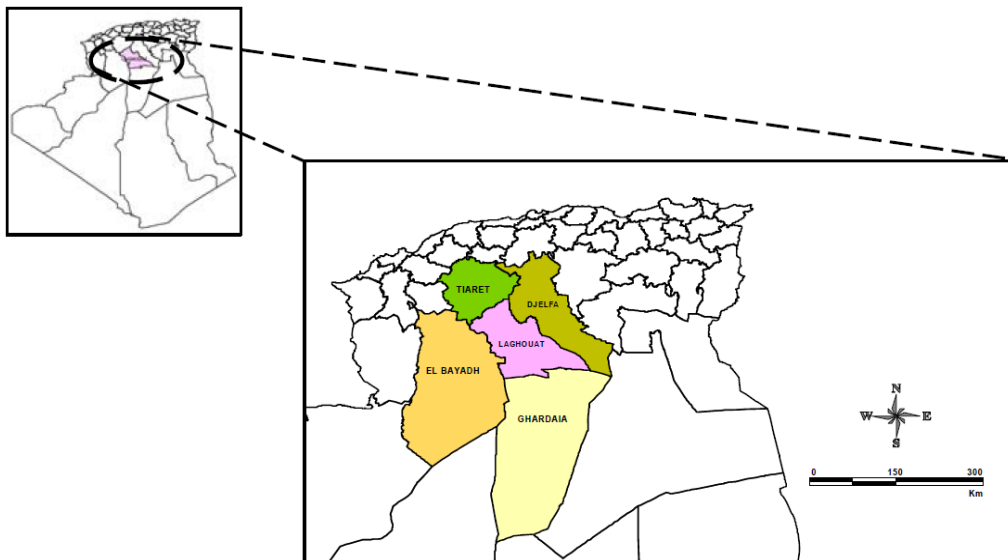


Figure (03) : Situation géographique de la wilaya de Laghouat

Source (SALEMKOUR et al 2013)

1.1. FACTEURS ABIOTIQUES

1.1.1. Relief

La wilaya est caractérisée par un relief et des formations de hautes plaines steppiques semi-aride frais à doux avec une prédominance des parcours sur une superficie de 1 082 292ha soit 89 % de la superficie de la wilaya.

Le reste des terres comprend Terres forestières sur 100 665 ha soit un taux de boisement de 8 % ; Terres agricoles sur 27 548 ha soit 2% occupé par différentes cultures à savoir : culture céréalière (orge, blé dur, blé tendre, avoine), culture fourragère (luzerne), culture maraichère (pomme de terre, tomate, oignon) et arboriculture.

En fin, les terres improductives (dunes, dépressions et agglomérations) sur 5650 ha soit 1%. (SALEMKOUR N et al 2013).

1.1.2. Sol et Géologie

Sols de Laghouat ont une texture légère, recouverts dans les espaces non cultivés de végétation d'alfa et d'armoïse. Au Sud, les sols sont souvent sableux et dunaires. Au Nord dans les bas-fonds, ils sont plus structurés et plus lourds avec une proportion d'argile qui les constitue. (Insid.dz)

1.1.3. Réseau hydrographique

La région est alimentée principalement par trois Oueds à savoir Oued M'zi, Oued Djedi et Oued Messaad et par les eaux de la nappe. (Insid.dz)

1.2. Facteur biotique

1.2.1. La faune

La faune qui constitue notre patrimoine cynégétique se trouve aujourd'hui menacé d'extinction et si on n'intervient pas dans l'immédiat sa disparition est quasi-certaine, victime du braconnage des calamités naturelles et des maladies, la faune sauvage diminue et se raréfie.

Aujourd'hui on constate une disparition totale de certains gibiers qui peuplaient nos régions il y a une vingtaine d'années (Gazelle de montagne, le mouflon à manchettes, l'Hyène Rayée, l'aigle) et une réduction accélérée de ce qui reste (La gazelle dorcas, Le fennec, l'outarde, etc.). (BENMESSAOUD, 2016).

1.2.2. La flore

L'agriculture est considérée comme l'un des secteurs principaux dans la wilaya avec une superficie agricole totale (SAT) de 2008706 Ha.

La superficie agricole utile (SAU) Totalisé 77732 Ha qui représentent 3.86% de la SAT et 1.85% est irriguée avec une superficie de l'ordre de 37332 Ha. (D.P.S.D 2018)

1.3. Caractères climatiques de la région d'étude

1.3.1. Température

Les données climatiques de la température moyenne, (°C) recueillis de la station météorologique d'El-Khneg sont représentées dans le tableau 01.

Tableau (01) : Températures mensuelles moyennes, maximales et minimales de la région de Laghouat (2003-2018).

| Mois Paramètres | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai. | Jun. | Jut. | Août. | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| M(°C) | 12.95 | 14.22 | 19.03 | 22.67 | 27.51 | 32.41 | 36.54 | 35.17 | 28.43 | 24.21 | 17.19 | 13.33 |
| m(°C) | 5.94 | 6.30 | 9.00 | 12.44 | 16.46 | 20.64 | 25.43 | 23.53 | 20.38 | 16.75 | 9.04 | 6.80 |
| T(M+m)/2 | 9.50 | 10.46 | 14.21 | 17.59 | 22.46 | 26.63 | 31.85 | 29.53 | 25.62 | 20.48 | 13.29 | 10.15 |

Source (C.D.F.2019)

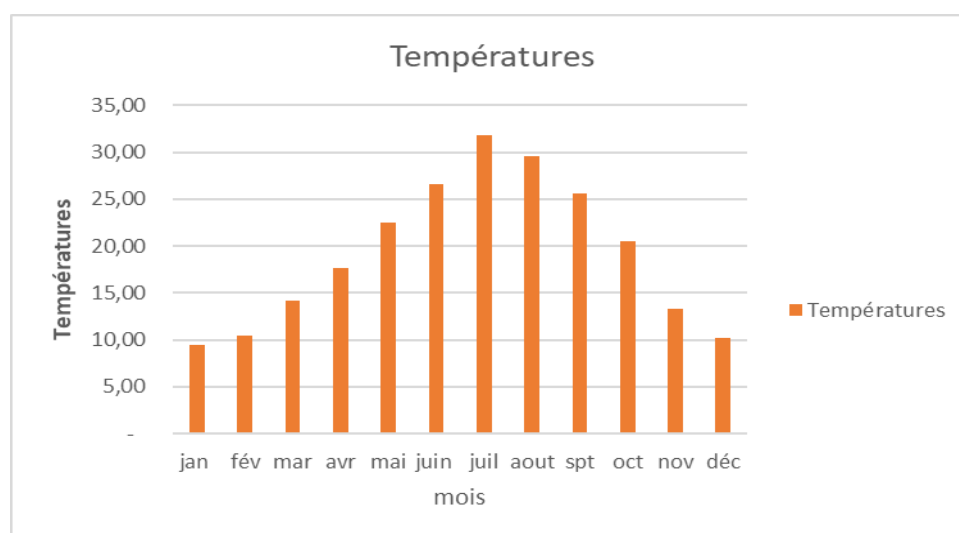


Figure (04) : Températures moyennes mensuelles de la région de Laghouat (2003-2018).

1.3.2. Précipitations :

L'unité de mesure utilisée est le millimètre (mm) de hauteur de pluie, qui correspond à un volume d'eau de 1 litre par mètre carré.

Les précipitations mensuelles et annuelles sont présentées dans le tableau 02

Tableau (02) : Précipitations moyennes mensuelles de la région de Laghouat (2003-2018)

| Mois | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai. | Jun. | Jut. | Août. | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. | Moy. Ann. |
|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| P (mm) | 9,39 | 7,84 | 8,48 | 15,23 | 11,01 | 8,54 | 4,59 | 14,52 | 23,84 | 19,44 | 12,31 | 15,63 | 151.27 |

Source (C.D.F. 2019)

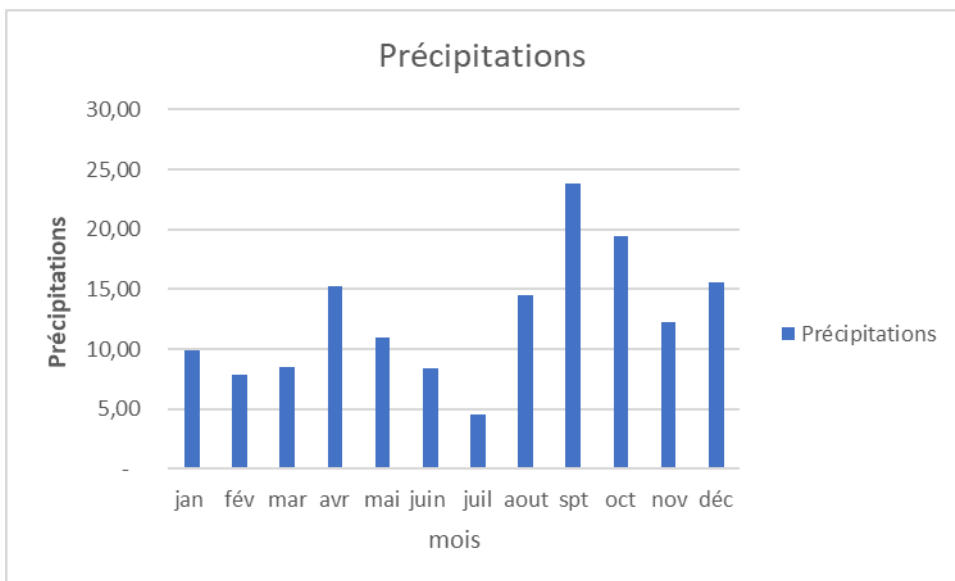


Figure (05) : Précipitations de la région de Laghouat (2003-2018).

1.3.3. Le vent

On remarque que la vitesse moyenne du vent pendant la période (2003-2018) est de 3.65 m/s avec une valeur maximum en mois d'Avril 4.67 m/s. Tableau 03

Tableau (03) : Vitesse du vent (m/s) moyenne mensuelle de la région de Laghouat (2003-2018).

| Mois | Jan. | Fev. | Mar. | Avr. | Mai. | Jun. | Jut. | Aou. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec | Moy. |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Vitesse du vent (m/s) | 3,07 | 3,93 | 3,86 | 4,22 | 3,78 | 3,71 | 3,24 | 3,02 | 3,01 | 2,49 | 2,72 | 2,63 | 39,66 |

Source (C.D.F. 2018)

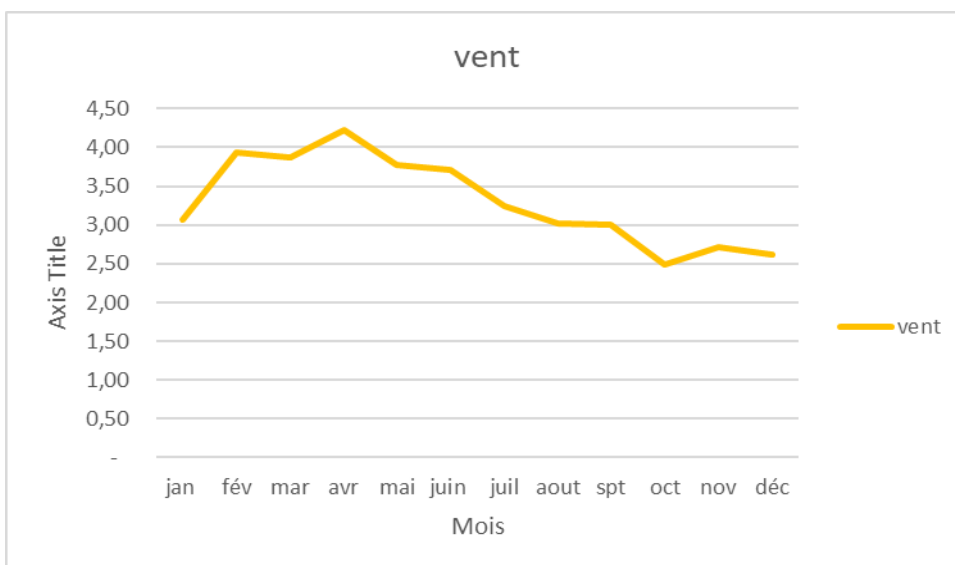


Figure (06) : Vitesse annuelle du vent dans la région de Laghouat (2003-2018)

1.3.4 Diagramme Ombrothermique

D’après BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est sec lorsque les précipitations en millimètres sont inférieures ou égales au double de la température moyenne mensuelle en degré ($P (mm) \leq 2T (°c)$).

Le diagramme Ombrothermique de la région de Laghouat (fig.07) révèle que la région est caractérisée par une période sèche qui s’étale durant toute l’année (2003-2018).

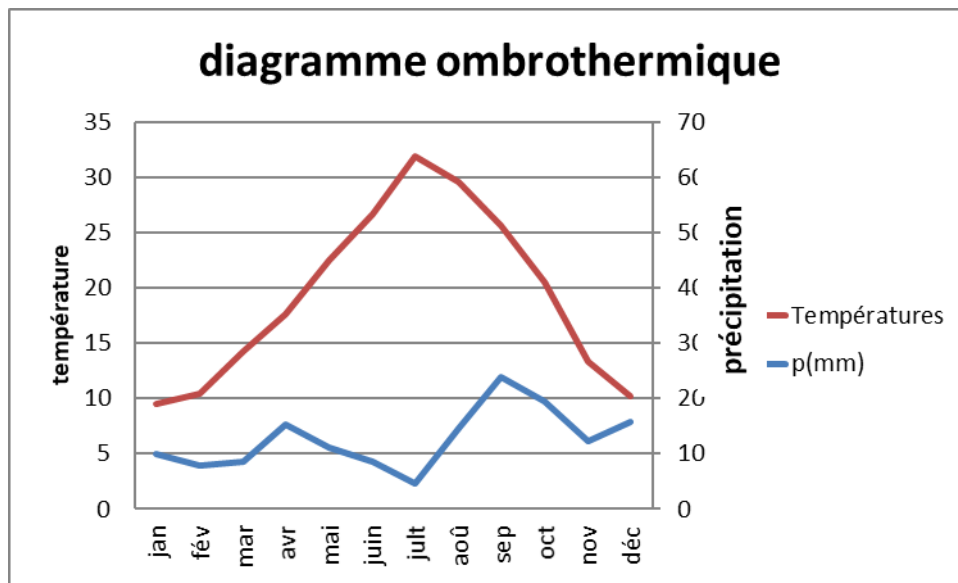


Figure (07) : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Laghouat

1.3.5. Climagramme d’Emberger

Il permet de situer la région d’étude dans l’étage bioclimatique qui lui correspond (DAJOZ, 1971). Le quotient pluviométrique d’Emberger est déterminé selon la formule suivant (STEWART, 1969). (Voir figure06).

$$Q_3 = (3.43 \times P) / (M - m)$$

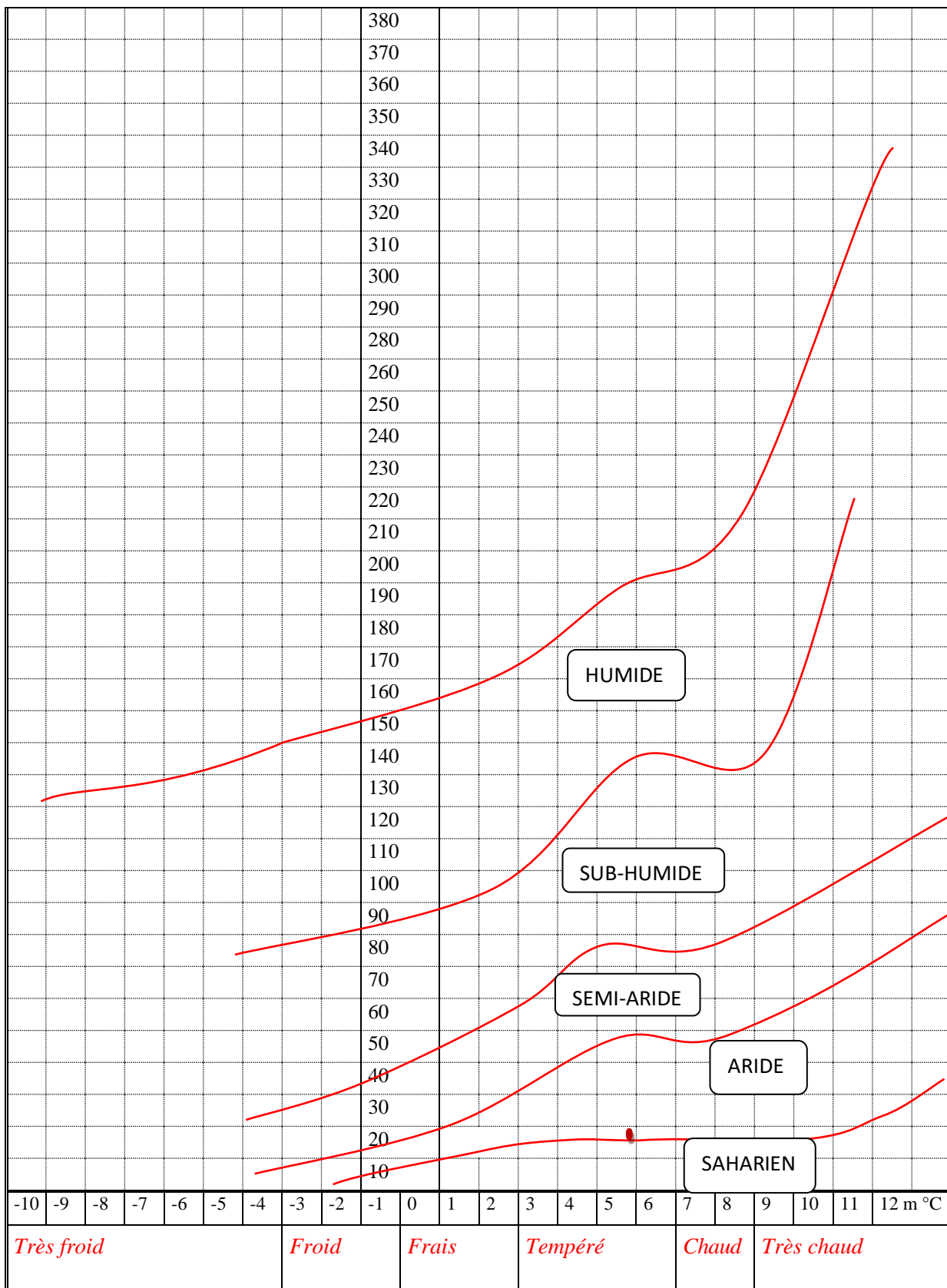
Q₃ : est le quotient pluviométrique d’Emberger.

P : est la somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : et la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C.

m : est la moyennes des températures minimal du mois le plus froid en °C. (Swainson,1931)

Formule de STEWART : $Q_3 = 3.43 P / M - m$



Source (O.N.M. 2017)

Figure (08) : Climagramme pluviothermique d'Emberger pour la région de Laghouat

Le quotient Q2 de la région d'étude est égal à une période qui s'étale sur 15 ans, de 2003 jusqu'en 2018. En rapportant cette valeur sur le Climagramme d'Emberger, on constate que la région du Laghouat se situe dans l'étage bioclimatique aride à hiver tempéré.

$$Q3=(3.43 \times p) / (M-m) = (3.43 \times 151.27) / (36.54-5.94) = 16,96$$

1.3.5. Indice de DEMARTONNE :

En 1923, DE MARTONNE moyenne annuelle des précipitations **P** (mm) et la moyenne annuelle des températures **T** (°C), tel que :

$$I=P/(T+10)$$

I : Indice d'aridité de Demartonne.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Tableau (04) : Indice d'aridité de Demartonne

| Station | P (mm) | T (°C) | I | Type de climat |
|----------|--------|--------|------|----------------|
| Laghouat | 151.27 | 19.31 | 5.16 | Aride |

D'après les calculs réalisés sur de moyennes de la période (2003-2018). On constate que

$$I=P/(T+10) = 151.27 / (19.31+10) = 5.16$$

I=5.16 cela indique que le climat de notre région d'étude est classé dans l'étage bioclimatique aride.

2. Présentation de site d'étude :

La région de Ksar el-Hirane est située à environ 30 km au sud-est de la ville de Laghouat sur le plain alluvial d'oued M'zi. Elle est limitée au Nord par la commune de Messaad. A l'est par la commune Hassi Delaa. A l'ouest par la commune El Assafia. Au sud la commune de Ben Nacer Ben Chohra. Elle est caractérisée par des altitudes faibles qui ne dépassent pas 700 m. fig. (09) Le site étudié est appelé Oued Ghabek, situé à 07 km de chef-lieu de la commune Ksar el-Hiran

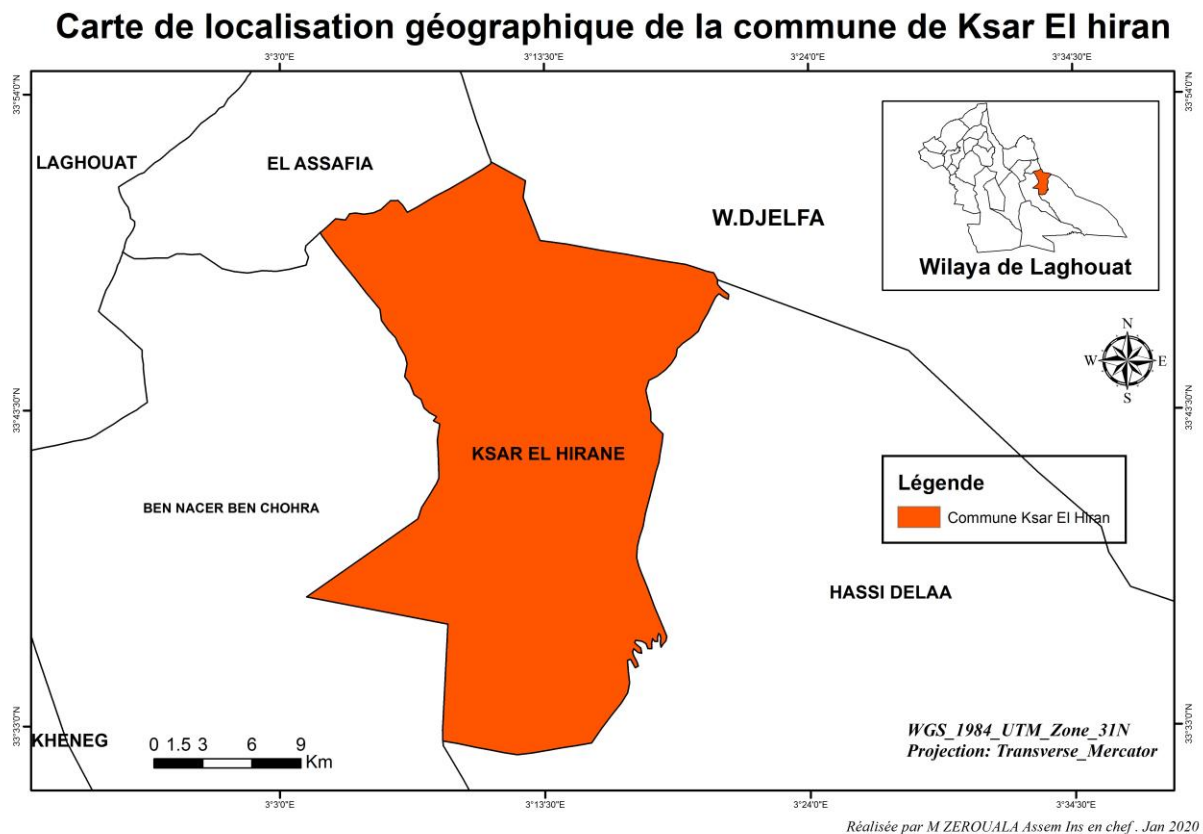


Figure (09) : La situation géographique de site d'étude.

- Le choix de station a été fait selon : la topographie du milieu, la morphométrie (les principaux cours d'eau qui déversent au niveau d'oued), la profondeur, la nature de la couverture végétale, les activités agricoles et le pâturage.

3. Matériel et méthode :

3.1. Méthode de mesure des paramètres physico-chimiques :

3.2. Méthode de prélèvement de l'eau :

Le prélèvement d'eau a été fait en subsurface (profondeur < 40 cm) au niveau d'oued en prélèvement directement de l'eau brute préalablement homogénéisée à la main, et posée dans une bouteille en plastique (1.5 litres).

3.3. Analyses physico-chimiques :

En vue de la caractérisation de la qualité de l'eau du site prospecté, nous sommes intéressés à 5 paramètres physico-chimiques. Il s'agit de la température, le PH, la conductivité électrique, matière en suspension et la salinité. Ces paramètres ont été étudiés au niveau du laboratoire de l'université. (Tableau 05).

Tableau (05) : présente les différents paramètres physico-chimiques.

| Paramètres mesuré | Unité | Matériel utilisé | Mode opératoires |
|------------------------|-------|----------------------------------|---|
| Température | °C | Multi paramètre thermomètre | <ul style="list-style-type: none"> ● Enfoncer le thermomètre dans l'eau. ● Attendre quelques minutes et lire la valeur indiquée. |
| PH | / | PH mètre | <ul style="list-style-type: none"> ● Enfoncez la sonde dans l'eau attendez quelques minutes et lire la valeur indiquée. |
| Conductivité | µs/cm | Multi paramètres conductimètre | <ul style="list-style-type: none"> ● Rincer l'électrode dans l'eau distillée. ● prolonger l'électrode dans le flacon contenant l'échantillon. ● lecture après la stabilisation de l'affichage numérique. |
| Matières en suspension | Mg/l | Spectrophotomètre (HACH COMPANY) | <ul style="list-style-type: none"> ● La méthode par filtration a été utilisée pour déterminer les matières en suspension l'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre a été déterminé par pesée différentielle |
| Salinité | g/l | Conductimètre (HACH COMPANY) | <ul style="list-style-type: none"> ● Calculée A partir la conductivité. |



Figure (10) : Appareil multi paramètre de mesure WTW.

4. Méthode de prélèvement du phytoplancton :

Nous avons utilisé un filet à plancton. fig. (11) Le principe de ce filet est de faire passer une quantité d'eau (quarante litres) afin de récupérer un volume (250 ml) appelé le filtrat.

Le filet utilisé présente un diamètre de 35 cm et une profondeur de 45 cm.

Les échantillons récoltés sont mis dans des bocaux en verre ou en plastique opaque. Préalablement lavés, étiquetés (date de la récolte, nom de la station d'étude et le point de Prélèvement), en ajoutant bien sûr quelques gouttes de formol aldéhyde (10%) ou Lugol acide (SOURNIA, 1978).

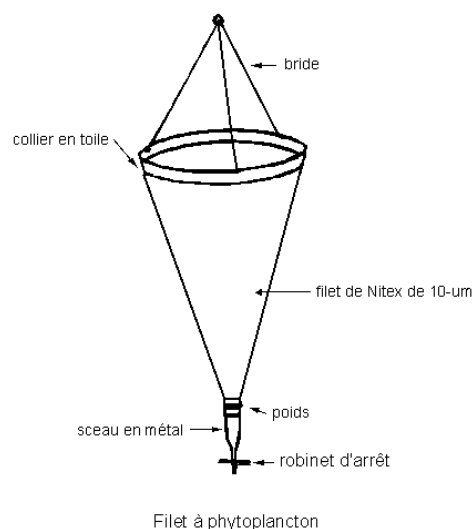


Figure (11) : Schéma représente un filet à plancton.

5. Etude qualitative et quantitative du phytoplancton :

5.1: Etude qualitative du phytoplancton :

● identification et dénombrement du phytoplancton :

La détermination des algues est poussée jusqu'au genre, l'identification est réalisée à partir de l'observation microscopique, des critères morpho-anatomiques cités dans les clés d'identification Bourrely, (1985) et Michel, (1987).

Les principaux critères retenus sont :

- La forme de la colonie ou du trichome.
- La taille et la couleur.
- la structure de la micro algue (cellulaire ou filamenteuse).

● Le dénombrement :

Le dénombrement des micro-algues se fait selon les étapes suivantes :

- Homogénéiser les échantillons d'eau fixés, par agitation du flacon.
- Prélever un sous échantillon (Le volume est choisi en fonction de la densité algale) et le déposer dans une chambre à sédimentation.
- Observer à l'aide d'un microscope optique, en utilisant l'objectif (Gr x 40).
- Compter les algues rencontrées sur les parcours horizontaux effectués sur toute la longueur de la bande ; cette opération est répétée plusieurs fois (3 observations).

Le comptage ne concerne pas l'ensemble de la surface de la chambre, mais seulement une « sous chambre » de superficie 2 cm². Fig. (12).

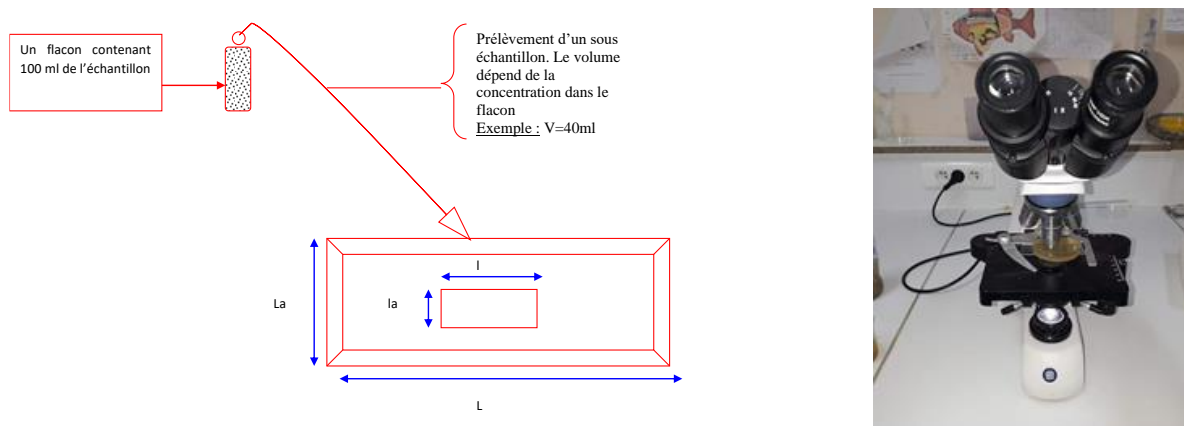


Figure (12) : Schéma synthétique de la technique de comptage du phytoplancton.

6. Exploitation des résultats par des indices écologiques

6.1. Application d'indice de structure et d'organisation

a) Fréquence en nombre (abondance relative)

La fréquence centésimale (F_c), représente l'abondance relative et correspond au pourcentage d'individus d'une espèce (n_i) 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).

$$F_c = \frac{n_i}{N} \times 100$$

b) Constance ou indice d'occurrence :

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

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

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 entre 10% et 24%.
- Les espèces très accidentelles qualifiées de sporadiques, ont une fréquence inférieure à 10%.

6.2. 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 (S_m) 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).

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

a) 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) :

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

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).

b) 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).



Chapitre III

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 leur variation mensuelle sont rapportées dans le tableau 06. Le tableau 06 montre l'analyse descriptive des paramètres physicochimiques de l'eau de notre site d'étude.

Tableau (06). Analyses descriptives des paramètres physicochimiques de l'eau.

| Variables | Mois | | |
|--------------|----------|---------|---------|
| | Décembre | Janvier | Février |
| PH | 6,98 | 6,59 | 6,2 |
| Cond μ s | 81,1 | 57,65 | 34,2 |
| Sal | 0,51 | 0,605 | 0,7 |
| T(°C) | 12 | 14,5 | 17 |
| Mes | 0,499 | 0,4675 | 0,436 |

1.1 Température

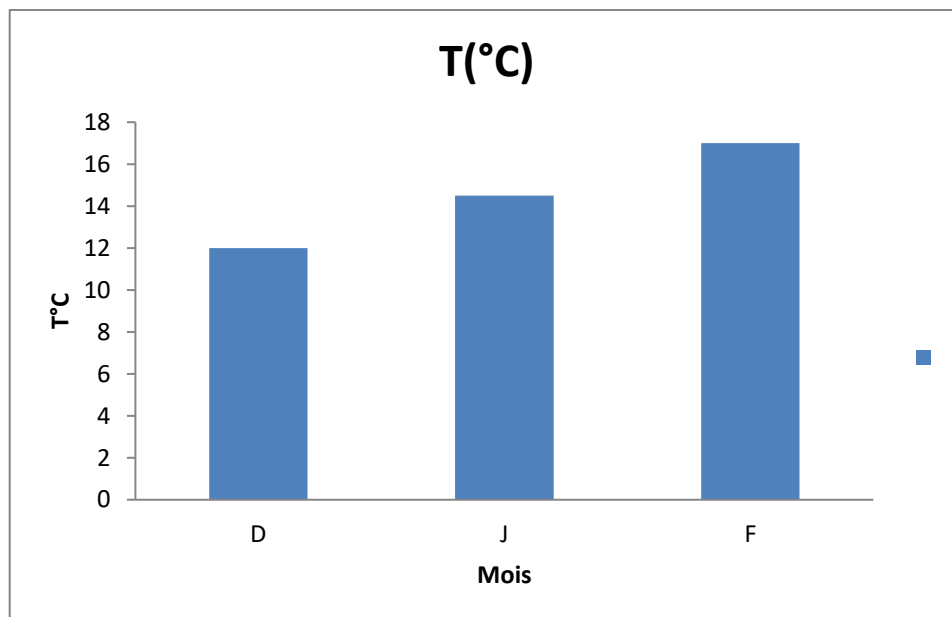


Figure (13) : Variations mensuelles de la température (°C) de l'eau de la station étudiée.

La figure (13) présente les variations temporelles de la température de la station d'El-Ghabek durant une période de trois (03) mois. L'évolution de ce paramètre suit une allure croissante à partir du mois de décembre (12°C) jusqu'à une valeur plus élevée (17).

Selon les scientifiques la température représente 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 CO₂ 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)

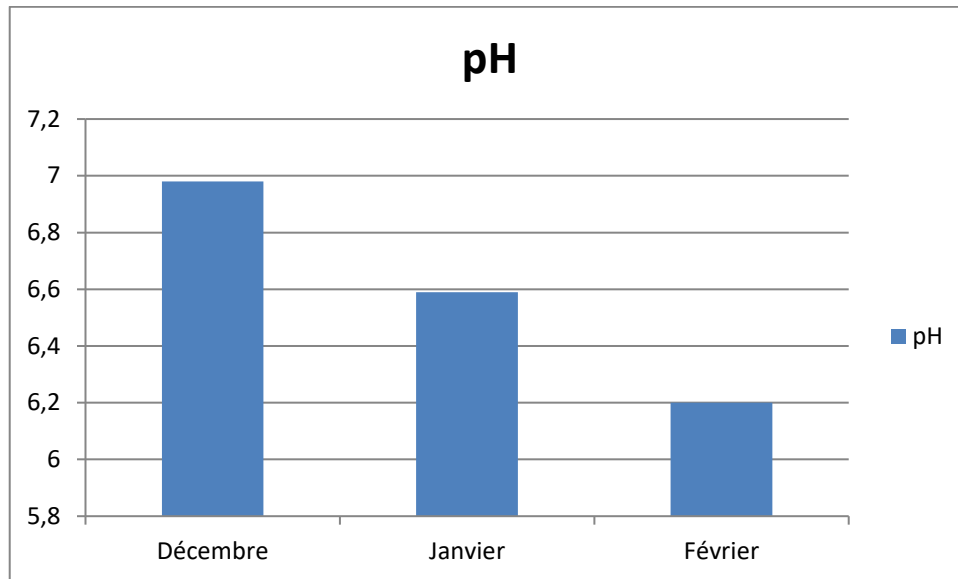


Figure (14) : Variations mensuelles du pH de l'eau de la station étudiée.

La figure (14) présente la variation temporelle du pH du milieu dans la station d'El-Ghabek durant la période d'étude. Selon le graphe ci-dessus, nous avons constaté que les valeurs de pH sont comprises entre 6,2 au mois de février et 6,98 pour le mois de décembre. Les valeurs du pH enregistrées dans cette station montrent que l'eau analysée présente un aspect neutre.

Le changement décroissant de PH au cours de la période d'étude qui s'étend du mois de Décembre 2019 jusqu'au mois de février 2020 (fig. 14) s'explique par le mouvement des cours d'eau durant la période hivernale sous l'effet des pluies et la stagnation.

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H⁺ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonate (Ezzaouaq, 1991 ; El Bliidi *et al.*, 2003 ; Himmi *et al.*, 2003). Le pH de l'eau dépend de la géologie, de la géochimie des roches et de l'activité biologique des sols du bassin versant (Hade,2002). Le pH de l'eau permet de classer celle-ci en trois catégories selon l'échelle adoptée par (Hecker *et al.*, 1996). Eau acide (pH < 5,5), eau neutre (pH = 5,5 à 7,4), eau alcaline (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.

1.3 La salinité

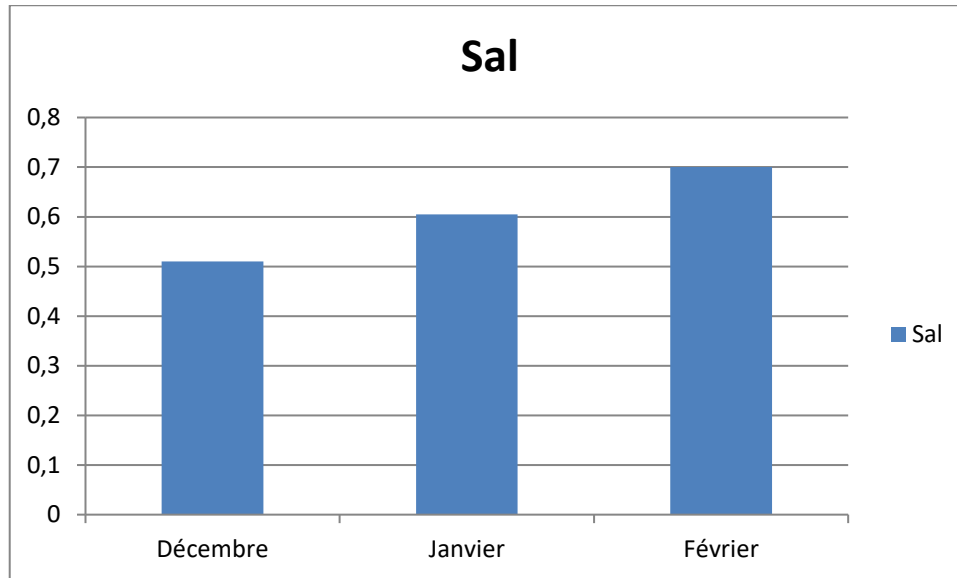


Figure (15) : Variations mensuelle de la Salinité de l'eau.

Nous notons, que la salinité enregistrée le long de la période d'étude ne présente pas de différences remarquables sachant que les teneurs notées varient de 0,5% à 0,7% (Fig.15). Le degré de salinité permet de classer l'eau selon les catégories suivantes : Eau douce ($S\% < 0,5$ g/l), eau douce à saumâtre (0,5 à 5 g/l), eau saumâtre à salée (18 à 30 g/l) et eau salée ($S\% > 30$ g/l) (Hecker et al., 1996).

Pour notre cas, les résultats de la salinité nous ont permis de classer le site dans la catégorie d'une eau douce à saumâtre. Il est clair de dire que cette dernière est directement liée au rapport évaporation/précipitation.

La salinité est définie à l'origine comme la quantité de sels dissous présents dans l'eau (Bouchar, 2010). Ce paramètre varie proportionnellement avec la conductivité (Terbah, 2007). L'eau est dure ou calcaire si elle est riche en sels de calcium, ou en sels minéraux en générale, au contraire elle est douce lorsqu'elle est pauvre en ces éléments (Rejsek, 2002).

1.4 La conductivité électrique :

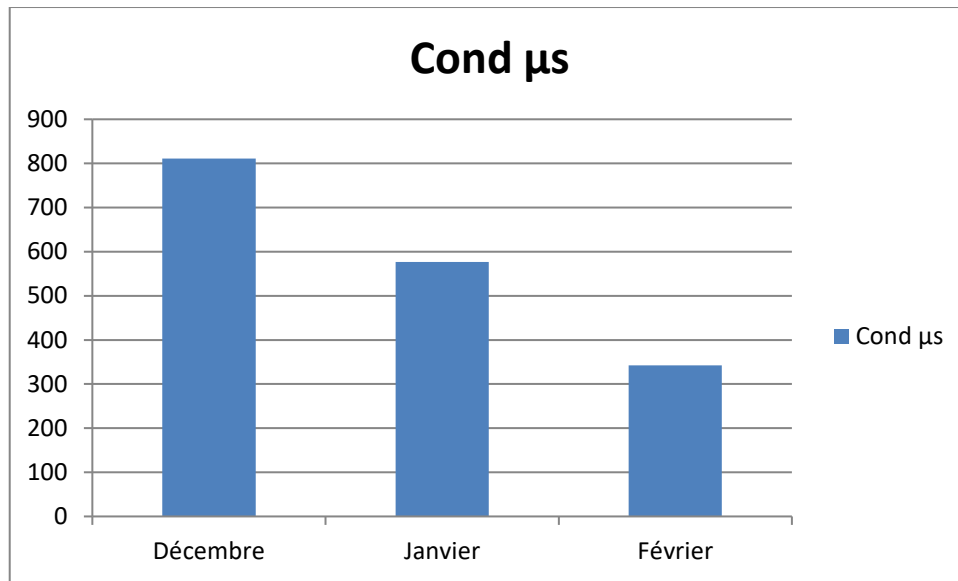


Figure (16) : Variations mensuelles de la conductivité de l'eau.

La conductivité suit le rythme de la salinité dans l'ensemble des mois prospectées, ce paramètre présente des fluctuations remarquables d'un mois à l'autre. La valeur la plus élevée pour la station est enregistrée au mois de décembre, avec (811 $\mu\text{s}/\text{cm}$) et la plus faible au mois de février avec (342 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Si l'eau très pure est un isolant qui oppose une grande résistance au passage de l'électricité, il n'en est plus de même lorsqu'elle est chargée en sels minéraux d'origine naturelle (calcium, magnésium, sodium, potassium). A cette minéralisation naturelle liée à la nature des sols s'ajoutent aussi les polluants.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (Rejsek, 2002). Dans Le tableau (07) nous rapportons la relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité.

Tableau (07) : Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée (Rejsek, 2002).

| Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Minéralisation de l'eau | Conductivité moyenne mesurée |
|---|-------------------------|------------------------------|
| < 100 | Très faible | |
| Entre 100 et 200 | Faible | |
| Entre 200 et 333 | Moyenne | |
| Entre 333 et 666 | Moyenne accentuée | Notre station El-Ghabek |
| Entre 666 et 1000 | Importante | |
| >1000 | Elevée | |

La plupart du temps, la conductivité a une origine naturelle due au lessivage des terrains. Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux. Elle peut également avoir pour origine l'activité humaine causée par les effluents agricoles, industriels ou domestiques qui contiennent des sels contribuant eux aussi à l'accroissement de la conductivité. 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).

1.5 Matières en suspension (MES)

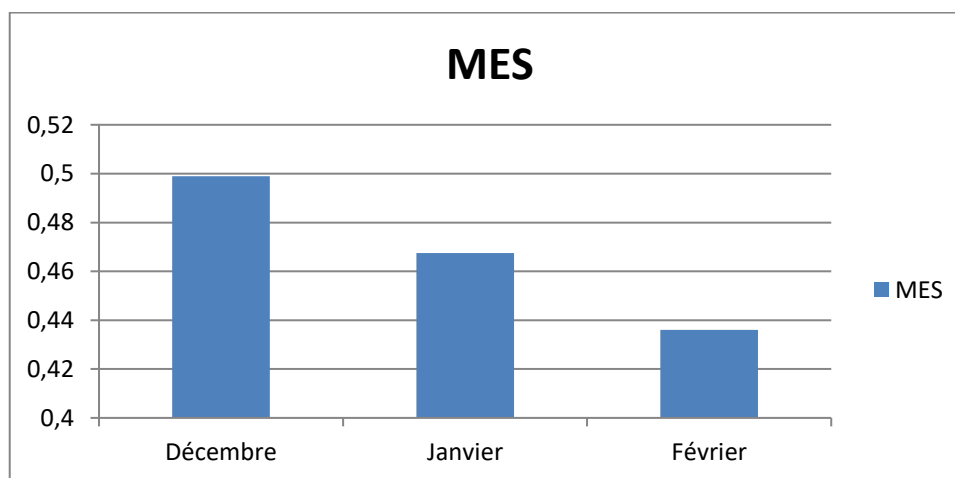


Figure (17) : Variations mensuelles du taux de la MES de la station étudiée.

Pour notre site d'étude les valeurs de la MES enregistrées présentent une faible variation mensuelle comprise entre 0,43 et 0,5 g/L. Ces charges faibles peuvent être attribuées à l'absence des formes de pollutions (rejets urbains, engrais agricole etc.) et des teneurs faibles en particules minérales et organiques (Fig. 17).

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrain traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Rodier, 1984). Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (Hébert et Légare, 2000).

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 08 la liste systématique du phytoplancton identifié suivant la classification établie par Bourelly (1985) et Sournia (1978).

Nos données montrent que la flore micro-algale recensée, dans la station de Ghabek est composée de 17 genres, appartenant à 13 familles, 11 ordres et 3 classes qui sont : *Bacillariophyceae les Cyanophyceae et les Chlorophyceae.*

Tableau (08) : Inventaire taxonomique de répartition du phytoplancton recensé

| Classes | Ordres | Familles | Genres |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| Bacillariophyceae | Surirellales | Surirellaceae | <i>Cymatopleura</i> |
| | Naviculales | Pleurosigmataceae | <i>Gyrosigma</i> |
| | | | <i>Pleurosigma</i> |
| | | Naviculaceae | <i>Cymbella</i> |
| | | | <i>Navicula</i> |
| | | | <i>Pinnularia</i> |
| | Nitzschiaceae | <i>Nitzschia</i> | |
| | Coscinodiscales | Coscinodiscaceae | <i>Melosira</i> |
| | Diatomales | Diatomaceae | <i>Synedra</i> |
| Achnanthes | Achnanthaceae | <i>Cocconeis</i> | |
| Thalassiosiphysales | Catenulaceae | <i>Amphora</i> | |
| Cyanophycées | Oscillatoriales | Oscillatoriaceae | <i>Oscillatoria*</i> |
| | Spirulinales | Spirulinaceae | <i>Spirulina</i> |
| Chlorophyceae | Chlamydomonadales | Chlamydomonadaceae | <i>Chlamydomonas</i> |
| | Sphaeropleales | Scenedesmaceae | <i>Scenedesmus</i> |
| | Desmidiiales | Desmidiaceae | <i>Cosmarium</i> |

(*) : Genre toxique.

Pour cette station c'est la classe des Bacillariophyceae qui domine avec 12 genres (soit 70%), 8 familles et 6 ordres. En revanche, la classe des Cyanophycées est la plus faiblement représentée avec un 2 genres (soit 12%), deux ordres et deux familles (Fig. 18)

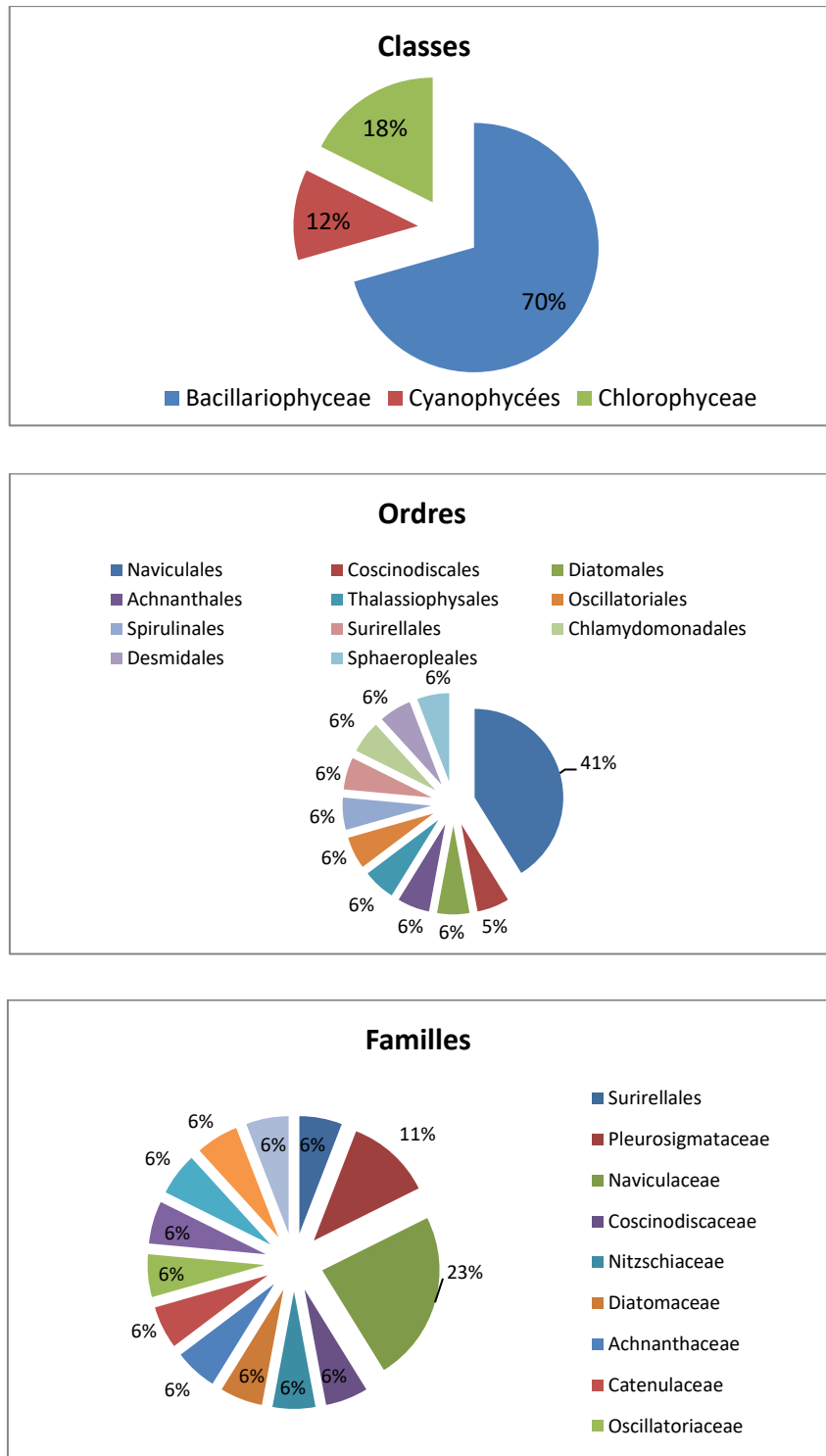


Figure 18 : Pourcentages en nombre de genres, d'ordres et de familles des classes de phytoplancton identifiées.

Nos données montrent que sur 17 genres identifiés, un seul genre (*Oscillatoria*) est potentiellement toxiques (dermatotoxique) appartenant à la famille des Cyanophycées. Selon Benoufella et al., (1995), Les *Cyanophycées* présentent trois formes de toxicité : hépatotoxiques tel *Oscillatoria*, avec le genre *Lyngbya* et neurotoxique tel que *Anabaena*.

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 microalgues répertoriées dans les deux stations sont des espèces cosmopolites à large spectre écologique qui peuplent aussi d'autres sites à savoir les barrages, les lacs, les oueds etc. (Chaibi, 2014).

2.2. Variation des paramètres de diversité des communautés phytoplanctoniques

Afin d'évaluer la diversité des peuplements du phytoplancton étudiés, nous avons calculé la richesse générique totale (S) et moyenne (Sm), l'indice de diversité de Shannon (H') et celui de l'équitabilité (E) (Tableau.09). D'après le tableau ci-dessous, le peuplement phytoplanctonique d'oued El-Ghabek est composé de 17 genres avec une richesse moyenne de 12.33 c'est-à-dire on a une probabilité de récolté 12.33 lors de chaque relevé. L'indice de diversité de Shannon est de 2.23 qui signifie que le peuplement de cette station est diversifié mais l'équitabilité est faible

Tableau 09 : Richesse générique totale (S), richesse générique moyenne (Sm), indice de diversité de Shannon (H') et équirépartition (E) du peuplement phytoplanctonique.

Ceci est interpréter par la quasi-totalité de la densité algale de ce site est présenté par un ou deux genres.

| Indice | O.Ghabek |
|-------------|----------|
| S | 17 |
| Sm | 12.33 |
| H' | 2,23 |
| Hmax | 4,106 |
| E % | 0,54 |

2.3.Densité moyenne globale

❖ Densité moyenne globale par classe et par genre :

Les résultats de notre comptage des microalgues de la zone d'étude font apparaître la prédominance des individus de la classe des Bacillariophyceae qui comptabilisent un taux de 98% de la biomasse algale. L'estimation de la densité algale par genre de phytoplancton montre que les deux genres *Nitzschia* et *Synedra* représentent respectivement 52% et 20% de la biomasse.

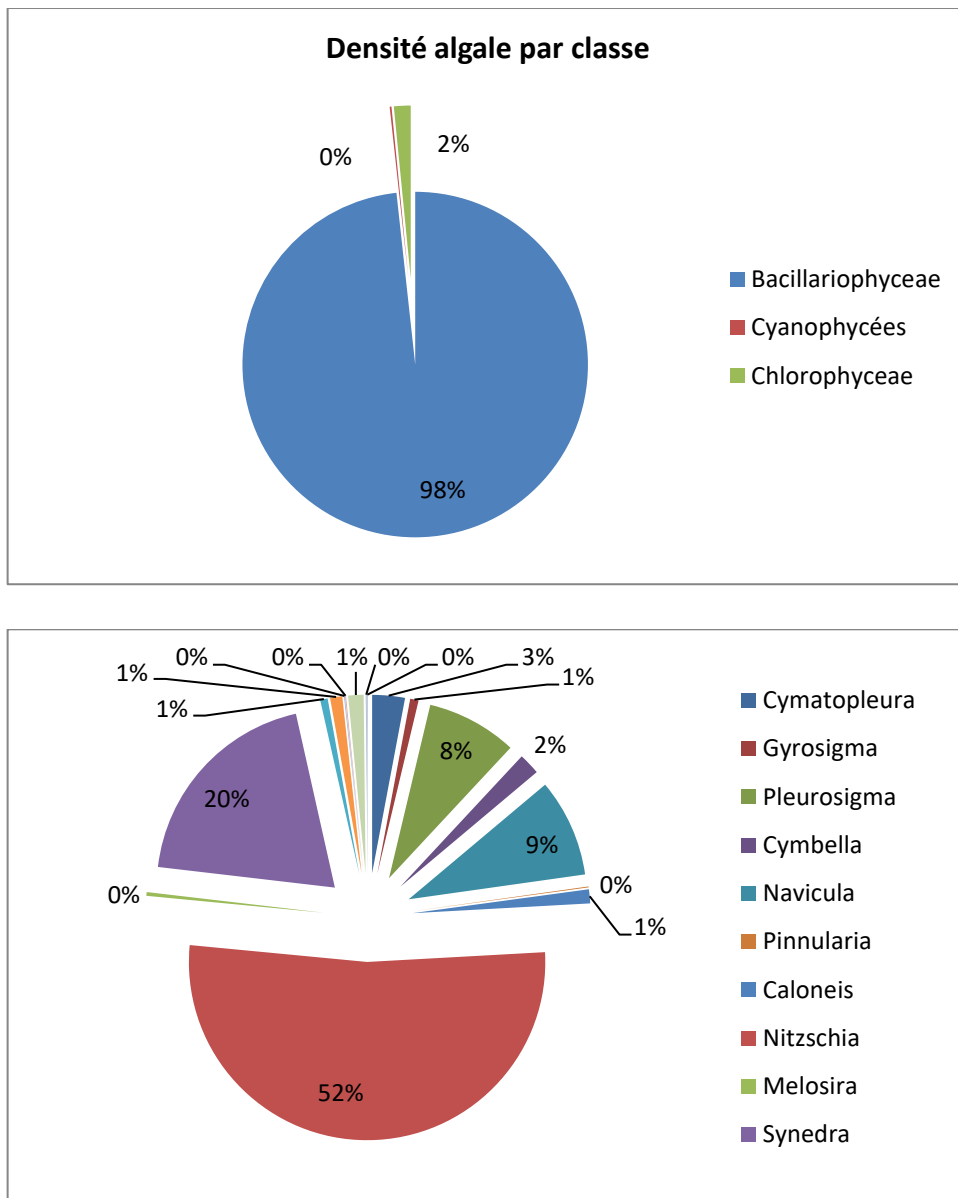


Figure (19). La densité moyenne globale par classe et par genre de phytoplancton recensées.

Discussion

La majorité des algues répertoriées sont des espèces cosmopolites à large spectre écologique qui se rencontrent aussi fréquemment dans la plupart des cours d'eau de l'Algérie.

Les communautés phytoplanctoniques sont constituées d'assemblages d'espèces présentant des caractéristiques morphologiques (taille, forme...) et physiologiques (mode de nutrition, taux de croissance...) très différentes dont l'organisation est une composante essentielle à la compréhension du fonctionnement d'un écosystème (Klug & Tiedje, 1993). Selon Karr (1991), la connaissance de la composition taxonomique des communautés constitue une source d'informations nécessaire. En effet, la composition taxonomique des communautés phytoplanctoniques permet d'établir de véritables outils de diagnostic et d'évaluation de la pollution, comme les indices diatomiques (Descy & Coste, 1990).

Les *Chlorophytes* et les *Cyanophycées* sont les principales classes après celle de *Bacillariophyceae*. Thomas (2003), montre que ces classes sont des groupes caractéristiques de milieux pollués riches en substances organiques provenant de leur environnement.

Sur les 17 genres phytoplanctoniques recensés, un seul genre *Oscillatoria* est connu pour être potentiellement toxique. Ce genre toxique présente une forme de toxicité hépatique.

Les résultats de notre évaluation des densités par classe de phytoplancton montrent, une nette prédominance de la classe des diatomées dans le site d'étude et c'est le cas dans la plupart des cours d'eau de l'Algérie. L'abondance des *Diatomophycées* au cours des différents mois serait en relation avec le maintien des conditions favorables à leur développement surtout pendant la période printanière (les diatomées sont des indicateurs de la qualité du milieu). Chaïbi (2004), rapporte la même constatation de dominance des diatomées dans la lagune Mellah El-Kala, Nord-Est d'Algérie) où Les densités les plus élevées sont enregistrées durant le mois de février et cette biomasse importante est due principalement à l'augmentation de la température de l'éclairement et des éléments nutritifs. Plusieurs travaux ont effectivement montré que la croissance phytoplanctonique dépend de la température (Burford et Pearson, 1998), des éléments nutritifs (Granlli *et al*, 1999) et des conditions de la lumière (Levasseur *et al*, 1984 ; Finkel, 2001). L'effet de la

température sur la croissance micro-algale a été décrit par de nombreux auteurs ; qui confirment la préférence micro-algale pour des températures comprises entre 15 et 30° C (Skulberg et *al*, 1984, Carmichael et *al*, 1990). Selon Grogan (2012), les explosions de biomasses d'algues interviennent 1 à 2 mois après les fortes pluies dont le ruissellement entraîne un enrichissement du milieu en phosphore et qui provoqueraient également un brassage complet des eaux.



Conclusion

Conclusion

Conclusion :

La présente étude vise à la caractérisation de la qualité des eaux superficielles d'un site naturel « Oued GHABEK » à partir de quelques paramètres abiotiques (physico-chimiques) et biotiques (phytoplanctoniques).

Les résultats de l'analyse physico-chimiques nous a permis de dire que la qualité physico-chimique de l'eau est en relation avec certains facteurs climatiques (Température, pH...), d'une part et d'autre part, avec l'activité biologique des organismes vivants qui peuplent le milieu.

Les observations et analyses de l'eau de la station, nous ont permis de répertorier 17 genres repartis en 11 ordres, 13 familles et 3 classes qui sont : Bacillariophyceae, Cyanophycées, Chlorophyceae.

La quasi-totalité de la diversité algale soit 98% des genres recensés, appartient à la classe Bacillariophyceae.

Sur 17 genres identifiés, un seul genre (*Oscillatoria*) est potentiellement toxiques (dermatotoxique) appartenant à la famille des Cyanophycées.

La dominance de la classe des diatomées dans les eaux de la station de Ghabek est en relation avec l'aspect cosmopolite des espèces qui représentent cette classe et de leurs capacités à supporter les conditions environnementales dans différents types de milieux.

Vu la présence des espèces nuisibles comme les Cyanophycées ainsi l'intensité des facteurs abiotiques comme la lumière, température et sels nutritifs, les chances d'apparition d'un phénomène d'eutrophisation sont susceptibles de se manifester.

Les indices de Shannon (H) et d'équitabilité (E) sont basés sur les proportions d'espèces observées. Dans l'ensemble des sites prospectés le peuplement phytoplanctonique observé est diversifié et dominé par une seule classe des Bacillariophycées.

En perspectives, il serait nécessaire de mettre l'accent sur certains points afin d'approfondir et d'acquérir de nouvelles connaissances bénéfiques et utiles particulièrement dans le domaine des eaux continentales.



Référence

Références bibliographiques

- **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 Taal 2007: The 12th World Lake Conference. Sengupta, M. et Dalwani, R. (eds). pp 1122-1131
- **Azam, F. et Malfatti, F. 2007.** Microbial Structuring of marine ecosystems. NatureReviews Microbiology. 5: 782-791.
- **Barbault C., (1981)** – Écologie des populations et des peuplements. Éd.Masson, Paris, 200 p.
- **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.
- **Benoufella F., Vezie C., Laplanche A. & Bertru G., (1995)** - Detection of the toxicity of cyanobacterial strains by Artemia Salina and Microtox assays. 1st international Congress on Toxic Cyanobacteria - Roskilde, Danemark.
- **Blandin P., 1986.** Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Bulletin D'écologie, 17 : 215-307.
- **Blondel, 1979,** Biogéographie écologie, Masson, Paris, 173.
- **Bouchar F ; (2010)** - Mesure de salinité- réalisation d'un conductimètre. Tenum Toulouse.
- **Bourelly, P. 1985.** 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.
- **BURFORD et PEARSON., (1998).** Effet of defferent nitrogrn sources on phytoplankton composition in aquaculture ponds. Aquat Microb Ecol 15 :277-284.
- **Bright D.I. et Walsby A.E. 1999.** The relationship between critical pressure and width of gas vesicles in isolates of planktothrixrubescens from lake Zurich. Microbiolgy.145: 2769-2775.
- **Cairns Jr, KL Dickson** - Journal (Fédération de lutte contre la pollution des eaux),
- **Chaibi R, (2004),** Caractéristiques physico-chimiques et évaluation du niveau trophique d'un écosystème lagunaire (la lagune el mellah).Thèse de magistère en écologie animale université de Annaba :99p.

Références bibliographiques

- **Chaibi 2014**, connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région des Aures et du Sahara septentrional avec sa mise en valeur, p 81.
- **Campbell N. A, REECE J. B & MATHIEU R.2006**.Biologie. Ed. De Boeck université. 2ieme édition, Belgique,1482p.
- **Canter-Lund, H et Lund, J.W.G. 1995**. Freshwater Algae : Their microscopic world explored. Biopres Limited, Bristol.
- **Carmichael, W.W. (1994)**. The toxins of cyanobacteria. Scientific American, vol. 270, n° 1, p. 78-86
- **Carmichael, W.W., Mahmood, N.A. and Hyde, E.G. (1990)**. Natural toxins from cyanobacteria (blue-green algae). In Hall, S. and Strichartz, G, Marine toxins: origins, structure and molecular pharmacology (p. 87-106). Washington, American Chemical Society.
- **Carty, S. 2003. Dinoflagellates. Dans: Freshwater Algae of North America : Ecology and Classification**. Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris. 1971704 pp.
- **Chader S et Touzi A., 2001**. Biomasse algale : source énergétique et alimentaire, pp.48-49.
- **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.**
- **Colyer, C-L; KINKADE, C-S; VISKARI, P-J (2005)**. Analysis of cyanobacterial pigments and proteins by electrophoretic and chromatographic methods. Analytical and bioanalytical chemistry. 382pp.559-569.
- **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.
- **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.
- **Dussart, B., 1992. Limnologie**. L'étude des eaux continentales. 2ème édition.

Références bibliographiques

Collection « faunes et flores actuelles ». 680 p.

- **DUSSART, B. 1966. Limnologie. L'étude des eaux continentales. 100 fig., 5 pl., 29 annexes. Paris :** Gauthier-Villars & Cie éd. (Collection Géobiologie, Ecologie, Aménagement) 1966.
- **Ettl, H. 1983.** Chlorophyta I (Phytomonadina). Ettl, H., Gerloff, J. Heynig, H. et Mollenhauer, D. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- **Ettl et Gärtner, 1988** Chlorophyta II (Tetrasporales, Chlorococcales, Gloeodendrales). Ettl, H, Gerloff, J. Heynig, H. et Mollenhauer, D. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart.
- **Finkel Z.V., (2001)** - Light absorption and size scaling of lightlimited metabolism in Marine diatoms. *Limnol Oceanogr* 46(1).
- **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.
- **Germain, H. 1981.** Flore des diatomées : eaux douces et saumâtres. Société nouvelle Des éditions Boubée, Paris.
- **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.
- **Graneli E., Carlsson P., Turner JT., Tester P., Becemin C., Dawson R. & Funari E., (1999)** - Effets of N:P:Si: ratios and zoo-plankton grazing en phytoplankton communities in the northern Adriatic Sea. I. Nutrients , phytoplankton biomass , and polysaccharide production . *Aquat Microb Ecol* 18:37-54.
- **Guiselin N.2010.** Etude de la dynamique des communautés phytoplanctoniques par microscopique et cytométrie en flux, en eaux cotières de la manche orientale.
- **Groga .2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac Taabo (Cote d'Ivoire).
- **Hade A, 2002.** Nos lacs- les connaître pour mieux les protéger. Editions Fides, 360p.

Références bibliographiques

- **Hecker N, Costa L, T, Farinha J, C, & Tomas Vives P, (1996)** – inventaire des zones humides Méditerranéennes: collecte des données. Publication medwet/wetlands internationales/Instituto da Consevacao da Natureza. Volume II, Lisbonne, 99p.
- **Iglesias-Rodriguez, M.D., Schofield, O.M., Batley, J., Medlin, L.K. et Hayes, P.K. 2006.** Intraspecific genetic diversity in the marine coccolithophore *Emiliana 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.
- **Komárek, J. 2003.** Coccoid and colonial cyanobacteria. Dans: *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Wehr, J.D. and 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.
- **Levasseur M., Therriault J.C. & Legendre L., (1984)** - Hierarchical control of phytoplankton succession by physical factors. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 19: 211–222.
- **Magurran A.E., (1988)** - Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- **Michel R, 1987.** Atlas du phytoplancton marin « DIATOMOPHYCEES Volume II Muséum National d'Histoire Naturelle.
- **Mur, L.R., Skumberg, O.M., & 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. 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.

Références bibliographiques

- **Padisák J, 2004. Phytoplankton. In : Anne Rolland, 2009.** Dynamique et diversité du phytoplancton dans les reservoir 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 Vaulot, D. 1999.** Prochlorococcus, a marine photosynthetic prokaryote of global significance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 63: 106-124.
- **Prescott, L.M., Harley, J.P. et Klein, D.A. 2003.** Microbiologie, 2ème édition. De boeck Université, Bruxelles.
- **Ramade F. 1984.** Eléments d'écologie : écologie fondamentale, Ed. Mc. Graw & Hill, Paris, 576 p. Krebs, 1989.
- **Rejsek F ; (2002)** Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques. Série : Sciences et techniques de l'environnement. Paris, 360p.
- **Reynolds, C.S., 1987.** Cyanobacterial water-blooms. *Adv. Bot. Res.* 13, 67-143.
- **Rodier J ; 1984.** L'Analyse de l'eau naturelles, Eaux résiduaires et Eaux de mer, 7 ème édition. Ed, Dulod, paris.
- **Rolland, 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.
- **ROSSI N., 2008.** Ecologie des communautés planctoniques méditerranéennes et l'étude des métaux lourds (cuivre, plomb, cladarium) dans différents compartiments de deux écosystèmes. Thèse de doctorat. Université de saude 20p.
- **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.
- **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.

Références bibliographiques

- **Sanders, R.W., Porter, K.G. et Caron, D.A. 1990.** Relationship between phototrophy and phagotrophy in the mixotrophic chrysophyte *Poteroiochromonas malhamensis*. *Microbial Ecology*. 19: 97-109.
- **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., (1978).** Phytoplankton manual. monographs on oceanographic methodology. N° 6, UNESCO. Paris p 337.
- 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.
- **Starmach, K. 1974.** Cryptophyceae, Dinophyceae, Raphidophyceae. *Flora Slodkowodna Polski*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- **Stickney et al, (2000).** Stickney HL, Hood RR, Stoecker DK (2000). The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. *Ecol. Model.*, 125 (2-3): 203-230.
- **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.
- **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.
- **Welschmeyer, N.A. 1988.** A novel free-living prochlorophyte abundant in the oceanic euphotic zone. *Nature*. 6180: 340-343.
- **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.

RÉSUMÉ :

La présente étude vise à la détermination des caractéristiques physicochimiques et biologiques des eaux de surface d'Oued Ghabek. Des prélèvements d'eau mensuels ont été réalisés entre décembre 2019 et février 2020.

Les résultats obtenus pour les caractéristiques physicochimiques ont montré que les températures ont varié entre 12 et 17 °C, les salinités entre 0.51 et 0.7g/l, PH variée entre 6.2 et 6.98, la conductivité entre 342 et 811 µs/cm, finalement les matières en suspensions est variée entre 0,43 et 0,5g/L.

Pour les analyses qualitatives et quantitatives phytoplanctoniques, nous ont permis d'identifier 17 genres de trois classes sont Bacillariophyceae, Cyanophycées, Chlorophyceae.

Mots clés : physicochimique, phytoplancton, genre, analyses qualitatives et quantitatives, Oued Ghabek,

ABSTRACT :

The present study aims to determine the physicochemical and biological characteristics of Oued Ghabek surface water. Monthly water withdrawals were carried out between December 2019 and February 2020.

The results obtained for the physicochemical characteristics showed that the temperatures varied between 12 and 17 ° C, the salinities between 0.51 and 0.7g / l, PH varied between 6.2 and 6.98, the conductivity between 342 and 811 µs / cm, finally the suspended matter is varied between 0.43 and 0.5 g / L.

For qualitative and quantitative phytoplankton analyzes, we have identified 17 genera of three classes are Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae.

Keywords: physicochemical, phytoplankton, genus, qualitative and quantitative analyzes, Oued Ghabek.

ملخص :

تهدف الدراسة الحالية إلى تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه واد غابك السطحية. تم إجراء عمليات سحب المياه الشهرية بين ديسمبر 2019 وفبراير 2020.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها للخصائص الفيزيائية والكيميائية أن درجات الحرارة تتراوح بين 12 و 17 درجة مئوية ، والملوحة بين 0.51 و 0.7 جم / لتر ، وتتراوح درجة الحموضة بين 6.2 و 6.98 ، والموصلية بين 342 و 811 ميكرومتر / سم ، وأخيرًا وتتراوح المادة المعلقة بين 0.43 و 0.5 جم / لتر.

بالنسبة لتحليلات العوالق النباتية النوعية والكمية ، فقد حددنا 17 جنسًا من ثلاث فئات هي Bacillariophyceae ، Chlorophyceae ، Cyanophyceae.

الكلمات المفتاحية: فيزيائية كيميائية ، عوالق نباتية ، جنس ، تحليلات نوعية وكمية، واد غابك.