

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Science de la nature et de la vie (S.N.V)

Filière : Science biologique

Spécialité : Biologie de la conservation

Intitulé du mémoire :

Connaissance de la Composition du périphytons Du Secteur Est Du Lac Sidi Mohamed Benali (Sidi Bel Abbès)

Présenté par : Melle NABI SABRINA

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : Mr Bachir Bouiadjra Salah Eddine

(Pr. UDL de Sidi Bel Abbès)

Examineur: Mr Mhamdia Mohamed Chafik

(MCA. UDL de Sidi Bel Abbès)

Promoteur: Mr Amar Youcef.

(Pr. UDL de Sidi Bel Abbès)

Année universitaire 2020 - 2021

Session : juillet 2021

Remerciements

Nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce modeste travail.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Dr. AMAR, Yousef, je le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant ma préparation de ce mémoire.

Je remercie tous les membres de jury pour l'honneur qu'ils ont fait en accepté de siéger à ma soutenance.

Mes remerciements s'adressent également à tous mes professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Mes profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous aidés de près ou de loin.

Enfin, je tiens à remercier profondément mes parents qui ma encouragés à aller de l'avant et de se lancer de nouveau défis.

Et

Remercie ma famille et tous mes amis pour leur soutien.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents :

Mon père : Nabi Mhamed

Ma mère : Bouderrise Fatima

Qu'ils êtres les plus chers qui ont sacrifiés leurs vies pour mon bonheur, qui ont été toujours à mes côtés, dans la joie comme la tristesse, que j'aime énormément, pour leur soutien durant toute ma vie, que Dieu les protège, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments pour leur encouragements continu.

A Mes grands parents et ma sœur Rima et ma tante Samira

Et mes frères Akrem et Abdelkader, a mon neveu Ahmed.

A Mes cousines Soso, Yato, Sahmouda.

A mes chères amies Nada, Anissa, Rachida, Saadia.

Wahiba, Khadidja.

A tous les étudiants de ma promotion.

Je vous dis merci.

Sabrina



Résumé

Résumé :

Les diatomées sont des algues microscopiques qui sont largement utilisées pour évaluer la qualité écologique des cours d'eau. Les méthodes utilisées se basent sur des modèles simplifiés de biologie des communautés, dans lesquels seules les réponses individuelles des espèces à l'environnement sont prises en compte.

Le présent travail s'oriente vers une voie de valorisation du périphyton dans le secteur "Est" du lac Sidi Mohamed Benali qui est considéré comme l'une des plus importantes réserves naturelles de l'Ouest algérien. Cette étude nous a permis de connaître la communauté périphytique du lac ainsi l'hétérogénéité temporelle des diatomées. Les résultats obtenus lors de notre inventaire permettent de mettre en évidence 07 familles regroupant 253 espèces, la famille la plus abondante est celles des baccilariophycées.

Ces résultats indiquent une richesse spécifique de Diatomées qui mérite d'être exploité au niveau du lac Sidi Mhamed Benali pour assurer un développement durables.

Mots clés : Périphyton – Lac Sidi Mhamed Benali – Hétérogénéité temporelle – Diatomées.

Abstract:

Diatoms are microscopic algae that are widely used to assess the ecological quality of rivers. The methods used are based on simplified models of community biology, in which only the individual responses of the species to the environment are taken into account.

The present work is oriented towards a way of valuing the periphyton in the "East" sector of Lake Sidi Mohamed Benali, which is considered to be one of the most important natural reserves in western Algeria. This study allowed us to know the periphytic community of the lake as well as the temporal heterogeneity of the diatoms. The results obtained during our inventory make it possible to highlight 07 families comprising 253 species, the most abundant family are those of the baccilariophyceae.

These results indicate a specific richness of diatoms which deserves to be exploited at the level of Lake Sidi Mhamed Benali to ensure sustainable development.

Key words: Periphyton - Lake Sidi Mhamed Benali - Temporal heterogeneity - Diatoms.

ملخص :

الدياتومات هي طحالب مجهرية تستخدم على نطاق واسع لتقييم الجودة البيئية للأنهار. تعتمد الأساليب المستخدمة على نماذج مبسطة لبيولوجيا المجتمع ، حيث يتم أخذ الاستجابات الفردية للأنواع تجاه البيئة بعين الاعتبار.

العمل الحالي موجه نحو طريقة تثمين المحيط في القطاع "الشرقي" لبحيرة سيدي محمد بن علي التي تعتبر من أهم المحميات الطبيعية في غرب الجزائر. سمحت لنا هذه الدراسة بمعرفة المجتمع المحيط بالبحيرة بالإضافة إلى عدم التجانس الزمني للدياتومات. تتيح النتائج التي تم الحصول عليها خلال جردنا تسليط الضوء على 07 عائلات تضم 253 نوعًا ، أكثر الأنواع وفرة هي تلك التي تنتمي لعائلة الباسيلاريوفيسي .

تشير هذه النتائج إلى ثراء معين من الدياتومات التي تستحق استغلالها في بحيرة سيدي محمد بن علي لضمان التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: بيريفيتونات- بحيرة سيدي محمد بن علي - عدم التجانس الزمني - الدياتومات.

Liste des figures

Figure 01 : Présentation du cycle de l'eau dans la nature (Aubourg et al, 2000).....	4
Figure 02 : Observation microscopique de quelques micro-algues (Nabi ,2021).....	24
Figure 03 : Facteur de répartition les algues marines (siteweb 1).....	27
Figure 04 : Représentation de quelques formes générales des diatomées. Langlois C. (2006).....	30
Figure 05 : Schéma du cycle de vie des diatomées centriques (Round et al, 1990).....	32
Figure 06 : Situation géographique du lac Sidi Mohamed Benali (Google Maps, 2016).....	35
Figure 07 : Localisation de la station du lac Sidi Mohamed Benali (Google Maps, 2016).....	36
Figure 08 : les cours d'eaux (Kerfouf et al, 2006).....	38
Figure 09 : climat de La région de Sidi Bel Abbes (FRIFRA Imane Majda et al, 2014).....	39
Figure 10 : Localisation de la station d'échantillonnage du périphyton du lac SMB (Nabi, 2021).....	39
Figure 11 : les étapes de prélèvements (Nabi, 2021).....	40
Figure 12 : l'étape qui suivi le prélèvement (Nabi, 2021).....	41
Figure 13 : Microscope binoculaire de Routine ZEISS Primo Star 1000 de 04 Objectifs (site web 2).....	41
Figure 14 : Examen et lecture des lames. (Nabi ,2021).....	42
Figure 15 : variation de quelque famille des diatomées du premier prélèvement (Nabi ,2021).....	46
Figure 16 : variation de quelque famille des diatomées du deuxième prélèvement (Nabi ,2021).....	50
Figure 17 : variation de quelque famille des diatomées du troisième prélèvement (Nabi ,2021).....	56
Figure 18 : Liste comparative entre les trois prélèvements (Nabi ,2021).....	64

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Présentation des valeurs limitent des paramètres physico-chimiques des eaux de lac (Rodier et al, 2009).....	8
Tableau 2 : Caractéristiques des lacs oligotrophes et eutrophes (Gaujous, 1995).....	19
Tableau 3 : Représentation de paramètres morphométriques du lac SidiMhamed Benali.....	37
Tableau 4 : Résultats de l'analyse de la texture du sol (Kerfouf et al, 2008).....	37
Tableau 5 : Dates des prélèvements des périphytons de la station Est.....	40
Tableau 6 : Liste des espèces des diatomées échantillonnées dans le lac SMB de 10 Avril 2021.....	43
Tableau 7 : Liste des espèces des diatomées échantillonnées dans le lac SMB de 01 Mai 2021.....	46
Tableau 8 : Liste des espèces des diatomées échantillonnées dans le lac SMB de 22 Mai 2021.....	51
Tableau 9 : comparaison entre les trois prélèvements	57

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

°N : Degré Nord

PH : Potentiel d'hydrogène.

µg : Microgramme.

µm : Micromètre.

µs: microseconde

µs/cm: micro-siemens par centimètre

µg/l: Microgramme/ litre

m:mètre

cm: centimètre

mm: Millimètre.

Cm³: centimètre cube

m³: mètre cube

Km : Kilomètre

Mg: Milligramme

L : litre

Mg/l: milligramme / litre

m³/s: mètre cube/second

mm/an: mllimètre/an

Kg: kilogramme

ha: hectare

An: année

Kg/ha/an: kilogramme/ hectare/an

Zn: zinc

Cu: cuivre

Mn: Manganèse

Fe: fer

Pb: plomb

Hg: mercure

Cd: cadmium

NH₄: Ammonium

Na Cl: Chlorure de sodium.

NO₂: Nitrites

NO₃: Nitrates

Mg: Magnésium

O₂: Oxygène

Cl: chlore

KCl: potassium

N: Azote.

P: phosphore

Ca: calcium

CO₂: Dioxyde de Carbone

PCBs: Polychlorobiphenyles

PBDEs: Polybromodiphényléthers

DDT: Dichlorodiphényltrichloroéthane

γ -HCH : Lindane

DBO : la valeur de la demande biochimique en oxygène

DCO : la valeur de la demande chimique en oxygène

SMB: Sidi M'Hamed Benali

S1: station 1

T/ TM : Température

ADN : Acide Désoxyribo Nucléique

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION GENERALE.....1

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 01 : généralité sur les eaux douces

1-Définition de l'eau.....3

2-L'importance de l'eau.....3

3-Cycle de l'eau.....3

4- Les eaux douces.....4

5-Pollution des eaux douces.....4

5-1 Pollution biologique4

5-1-1 Pollution par des organismes libres5

5-1-2 Pollution microbiologique.....5

5-1-3 Pollution par des matières organiques5

5-2 Pollution chimique.....5

5-2-1 Pollution par les pluies acides6

5-2-2 Pollution par des métaux lourds.....6

5-2-3 Pollution par des sels minéraux nutritifs.....7

5-2-4 Pollution par des substances organiques de synthèse.....7

6- Signes caractéristiques de la pollution.....7

6-1 Signes physiques.....7

6-2 Signes chimiques.....8

6-3 Signes biologiques.....8

7- Les eaux de lacs.....	8
8- Caractéristiques générales d'un lac.....	9
8-1 Caractéristiques physiques.....	9
8-1-1 Morphométrie.....	9
8-1-2 Température.....	9
8-1-3 Lumière.....	9
8-1-4 Transparence de l'eau	10
8-1-5 Tension superficielle.....	10
8-1-6 Courant.....	10
8-1-7 Vent.....	11
8-2 Caractéristiques chimiques.....	11
8-2-1 Potentiel d'hydrogène.....	11
8-2-2 Conductivité électrique.....	11
8-2-3 Turbidité.....	11
8-2-4 Chlorures	12
8-2-5 Oxygène dissous.....	12
8-2-6 Phosphore et phosphates.....	12
8-2-7 Matières en suspension.....	13
8-2-8 Matières organiques.....	13
8-2-9 Salinité.....	13
8-2-10 Sulfates.....	14
8-2-11 Couleur.....	14
8-2-12 Composés azotés.....	14
8-2-13 Calcium.....	15
8-2-14 Magnésium.....	15
8-2-15 Cyanure.....	15

8-2-16 Teneurs en éléments métalliques.....	15
8-3 Caractéristiques biologiques.....	16
9-Evolution des lacs.....	16
10-Régime thermique des lacs.....	16
11- Etat trophique et fonctionnement de réseau trophique.....	16
11-1 Les lacs oligotrophes	17
11-2- Les lacs eutrophes.....	17
11-3- Les lacs mésotrophes.....	17
11-4- Les lacs dystrophes.....	18
12- Productivité des lacs	19
12-1- La productivité primaire.....	19
12-2- La productivité secondaire.....	20
13-Méthodes d'évaluation des eaux lacustres.....	20
14-Les barrages.....	21
15-Autoépuration.....	21
15-1 Quelques facteurs de l'autoépuration.....	22

Chapitre 02 : le phytoplancton

1- Définition et division du plancton.....	23
2-Caractéristiques générales du plancton.....	23
3-les algues.....	24
3-1 Les macro-algues.....	24
3-2. Les micro-algues (Les phytoplanctons).....	24
4- L'habitat du phytoplancton.....	24
5- les facteurs de la photosynthèse.....	25
6- le cycle du phytoplancton.....	25

7- l'importance du phytoplancton.....	26
7-1 productions d'oxygène.....	26
7-2 sources de nourriture.....	26
8- Facteurs de répartition des algues.....	26
9- Facteurs de développement des algues.....	27
10-Reproduction des algues.....	28
11-Division du phytoplancton.....	28
12 Les Bacillariophycées ou Diatomées.....	29
12-1 Classification et diversité.....	29
12-2 Cycle de vie.....	30
12-2-1 Multiplication végétative.....	30
12-2-2 Reproduction sexuée.....	30
12-3 Formes de résistances	32
12-4 Mode de vie.....	32
12-5 Ecologie générale des Diatomées.....	33

PARTIE II : PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 03: Matériels et Méthodes

1-Présentation de la Zone d'étude.....	35
1-1 situation géographique du lac Sidi Mohamed Ben Ali.....	35
1-2 Aperçu historique du site.....	36
1-3 Hydrographie.....	36
1-4 Pédologie.....	37
1-5 Alimentation en eau.....	37
1-6 Origine et accessibilité.....	38
1-7 Climat	38

2 Echantillonnage.....	39
3 Techniques de prélèvement.....	39
3-1 Prélèvement.....	40
3-2 Transport et conservation des prélèvements.....	40
4 Au laboratoire.....	40
4-1 traitements.....	40
4-2 Identification.....	41
Chapitre 04: Résultat et discussion	
1-Les résultats des prélèvements.....	43
1-1 Les résultats du premier prélèvement.....	48
1-2Les résultats du deuxième prélèvement.....	46
1-3 Les résultats du troisième prélèvement.....	51
2- comparaison entre les trois prélèvements.....	57
3- Discussion des résultats	64
Conclusion	66
Références bibliographiques.....	67

Introduction

Introduction :

L'eau est un élément indispensable à la vie et revêt de l'importance pour d'innombrables activités humaines. Cet élément vital mérite une attention toute particulière, étant donné qu'elle peut être altérée et sérieusement menacée par les processus naturels (processus d'altération, taux de précipitation, l'érosion des sols) et par l'activité anthropique (**Roy et al, 2014**).

L'hydrosphère (ensemble des eaux continentales et marines présentes sur terre) représente environ 70% de la surface du globe. L'eau douce ne représente cependant que 2,8% de l'hydrosphère, et l'essentiel (2,15%) se trouve sous forme de glace, au niveau des calottes polaires. Seule l'eau des nappes phréatiques et des eaux de surface (soit seulement 0,6%) de l'hydrosphère, peut être utilisée pour les besoins de l'homme. Cette très faible proportion d'eau douce exploitable, vitale, est également la plus vulnérable aux perturbations de l'environnement (**Niemann, 2008**).

Selon Mayer et Hamann, 2005, les océans contiennent environ 200 000 espèces dont les plantes, les animaux et les micro-organismes, d'où leur étude intensive suggère que c'est une source riche en composés bioactifs et diverses actions biologiques étaient signalés, tels que : antimicrobien, anti-inflammatoire, anticoagulant, antiviraux, anticancéreux, entre autres (**Blunt et al, 2006**).

L'environnement marin est un écosystème rendu unique en raison de la diversité des organismes qu'il abrite. Parmi ces organismes, les algues font preuve d'une grande diversité de formes, de couleurs et d'architectures (**Radmer, 1994**).

De nouvelles espèces sont identifiées perpétuellement et des projections estimaient que les 36000 espèces répertoriées ne représentaient en fait que 17% des 200 000 espèces supposées existantes (**Radmer, 1994**).

Les algues benthiques (périphyton ou phytobenthos) représentent la production primaire du réseau trophique. Cette communauté occupe les substrats pour servir d'habitat à de nombreux autres organismes. Leur stabilité dépend des paramètres milieu. Ces derniers induisent des changements dans la composition du périphyton dû aux perturbations de la nature de l'eau.

Il en ressort que la périodicité du phytoplancton apparaît comme une succession autogénique pouvant être coupée par des perturbations allogéniques de l'environnement

physique, susceptibles de changer la direction de la succession (**Reynolds, 1988**), C'est la raison pour laquelle les successions phytoplanctoniques dans les lacs de petite taille, non stratifiés, très sensibles à l'action du vent ou dans les étangs sont imprévisibles (**Amblard, 1988, 1992**). Elles présentent en effet des stades juvéniles dans la mesure où la succession autogénique est fréquemment brisée et dépend essentiellement de la stochasticité météorologique (**Sommer et al., 1986**).

Avec le temps l'apparition des espèces phytoplanctoniques est plus aléatoire dans des lacs eutrophes, thermiquement non stratifiés et à flux élevé de matières (**Sommer et al., 1986**), et où la taxocénose atteint rarement un niveau de structuration élevé et durable (**Amblard, 1987, 1992**).

Pour notre part, nous nous sommes intéressées à l'étude de l'évolution spatio-temporelle, qualitative et quantitative du peuplement phytoplanctonique située au niveau du lac Sidi Mohamed Benali. Pour cela des prélèvements ont été effectués d'avril en mai 2021 au niveau d'une station "Est" du lac.

PARTIE I
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 01 : généralité sur les eaux douces

1- Définition de l'eau :

L'eau ou oxyde d'hydrogène est un liquide incolore, composé chimique essentiel, ubiquitaire, présent sur la terre et se trouve en général dans son état liquide (**Quemerai , 2005**). Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, un fleuve, une rivière, un ruisseau, un canal...etc

2- L'importance de l'eau

Son importance se résume dans le fait qu'il ne peut y avoir de vie sans elle, donc elle est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne avec les perturbations planétaires, l'essor et la complexité des activités industriels, l'explosion démographique, usage irrationnelle a fait que cette entité vitale devient l'enjeu de préoccupation réelle de la part des politiques mondiale rassemblant tous les moyens humains et matériels nécessaires à l'évolution des ressources hydriques terrestre à même de préserver sa disponibilité suffisante et permanente (**Benrais, 2005**).

3-Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est un mouvement interrompu de l'eau allant de l'atmosphère au sol et vice versa, de l'atmosphère au sol le mouvement s'appelle précipitation, le retour a l'atmosphère se nomme évaporation. Quand il pleut, une partie de l'eau s'évapore en tombant et une autre s'évapore des qu'elle atteint la surface du sol; mais la plus grande partie de cette eau ruisselle a la surface du sol et s'écoule de ruisseaux en torrents, puis en rivières et en fleuves. Cette eau de ruissellement s'arrête finalement dans un étang, un lac ou un océan (**Rodier, 2009**).

Et la circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique (Figure 1).

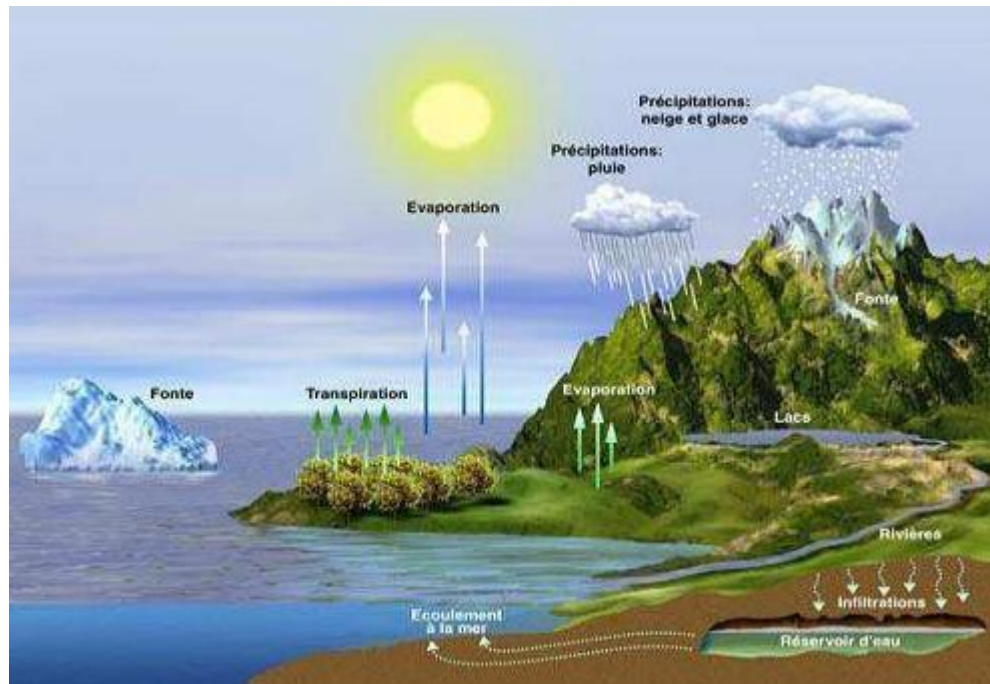


Figure 1 : Présentation du cycle de l'eau dans la nature (Aubourg et al., 2000).

4- Les eaux douces

Les eaux douces représentent environ 3 % des eaux de la planète, rencontrées dans les glaciers, les tourbières, les rivières etc. L'eau douce est une ressource naturelle, dont la partie utilisable par l'homme est limitée, ce qui signifie l'importance de sa gestion comme un capital (ONU, 2000).

Les eaux douces peuvent être réparties en 2 ensembles :

- Les eaux courantes se déplaçant par écoulement sur le sol
- Les eaux non courantes animées de mouvement d'oscillation ou de courants internes selon la taille, on parlera des lacs et

5-Pollution des eaux douces

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît, en totalité ou en partie, comme un sous-produit de l'action humaine au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physicochimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivante. (Ramade, 2000).

Suivant l'origine des substances polluantes des eaux, on peut distinguer 03 types de pollutions dont les plus importantes et les plus abondantes sont la pollution biologique et la pollution chimique.

5-1- Pollution biologique

5-1-1- Pollution par des organismes libres :

Les organismes formant le plancton jouent un rôle important sur la qualité de l'eau. Cependant, ils perturbent le traitement en faisant apparaître un bloom, une masse d'algues à la surface de l'eau surtout en période estivale. Ils produisent des substances toxiques et hébergent des germes pathogènes pour l'homme (Niemann, 2008).

5-1-2- Pollution microbiologique

Elle se traduit par une forte contamination par de nombreux agents pathogènes, bactéries, virus et les parasites (protozoaires et helminthes). Elle soulève dans bien des cas redoutables problèmes d'hygiène publique qui ne sont pas limités aux seuls pays de tiers-monde. L'actuelle extension des maladies entériques montre aussi les graves problèmes épidémiologiques qui peuvent résulter de cette contamination microbiologiques des eaux. De nombreuses affections pathogènes sont favorisées par la pollution biologique des eaux : les colibacillooses, les dysenteries, y inclus du choléra, de la typhoïde, des shigelloses, des maladies virales entériques et des hépatites virales (Niemann, 2008).

5-1-3- Pollution par des matières organiques

Elle est pour origine le rejet des égouts urbains, diverses industries agroalimentaires hautement polluantes (abattoirs, laiteries, fromageries, sucreries), des élevages industriels (constituent les principales causes de la contamination des eaux par des matières organiques) et des industries du papier "rejette des lessives riches en glucides, donc hautement fermentescibles" (Ramade, 2012). Lorsque les rejets de matières organiques sont trop importants, l'autoépuration devient insuffisante et la pollution apparait et s'accroît. Le diagnostic de la pollution est établi en déterminant la demande biochimique en oxygène (Dajoz, 2006).

5-2- Pollution chimique

Elle peut être due aux substances minérales synthétiques dont leur toxicité peut être immédiate ou différée après accumulation dans les tissus vivants, puis dans les réseaux trophiques (les biocides, les détergents, les métaux lourds, les hydrocarbures, etc.).

Comme, elle peut être provoquée aussi par des éléments minéraux naturels que l'on trouve normalement à des concentrations faibles telles que les nitrates et les phosphates (Faurie et al., 2012). Ainsi peut-être d'origine des composés organiques (Ramade, 2012).

5-2-1- Pollution par les pluies acides

Au départ, toute pluie est légèrement acide, car elle renferme du gaz carbonique dans les gouttelettes d'eau. Mais les émissions anthropiques (les voitures, les usines et les chauffages) et les émissions naturelles (éruptions de volcans, foudre, etc.) dégagent du dioxyde de soufre, de l'oxyde d'azote, de l'acide carbonique et chlorhydrique, etc. Tous ces gaz, une fois emportés par les vents et en contact des pluies, augmentent leur acidité. Le phénomène des pluies acides a présenté des conséquences désastreuses pour les cours d'eaux et les écosystèmes limniques lorsque ces derniers sont situés sur un substrat de roches naturellement acides (**Ramade, 2012**).

5-2-2- Pollution par des métaux lourds

Dans l'environnement aquatique, les métaux lourds subissent de nombreuses transformations : réduction par processus biochimique interposé, méthylation, déméthylation et oxydation d'espèces de métaux isolées. Les processus biochimiques sont effectués par des microorganismes et par des algues. Les métaux lourds sont absorbés tant par la faune que par la flore.

Quelques métaux lourds, comme Zn, Cu, Mn et Fe, sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants. On peut néanmoins s'attendre à ce qu'ils aient des effets toxiques quand les organismes sont exposés à des niveaux de concentration supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme Pb, Hg et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques.

La contamination de l'environnement aquatique par des métaux de provenance localisée, peut avoir des effets délétères, c'est-à-dire des effets toxiques aigus ou chroniques, sur la vie aquatique à l'intérieur de la zone concernée.

L'absorption pourrait être la première étape du processus d'élimination définitive des métaux de l'eau. Au cours de leur distribution dans le milieu, le stockage permanent ou temporaire des métaux se fait dans les sédiments, aussi bien dans les environnements marins que dans les eaux douces. L'activité microbienne et les processus de réduction par oxydation peuvent modifier les propriétés des sédiments et influencer sur la composition de l'eau interstitielle (**Calamari et Naeve, 1994**).

5-2-3- Pollution par des sels minéraux nutritifs

Les nitrates, les phosphates, les sulfates, les nitrites et les carbonates sont les plus couramment rencontrés dans la pollution des eaux. D'autres sels comme les cyanures utilisés en galvanoplastie, sont extrêmement toxiques, de même que divers arsenicaux. Les liqueurs de papeterie riches en sulfites constituent aussi de redoutables contaminants.

Outre leurs propriétés réductrices, ces substances présentent une action biocide qui n'est pas négligeable et s'ajoute à la déplétion du taux d'oxygène dissous. Les effluents industriels, urbains, le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais et la nature des terrains traversés sont les principales sources responsables de cette pollution. La conséquence la plus préoccupante de la pollution par les sels minéraux est le phénomène de l'eutrophisation (**Ramade, 2012**).

5-2-4- Pollution par des substances organiques de synthèse :

Plus de 120000 molécules de synthèse qui se répartissent en plusieurs centaines de groupes chimiques font l'objet d'un usage commercial et finissent pour une raison ou une autre par se retrouver dans les écosystèmes aquatiques (**El Badaoui , 2016**).

- Détergents
- Pesticides
- Polychlorobiphényles (PCBs)
- Polybromodiphényléthers (PBDEs)
- Dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT)
- Lindane (γ -HCH)

6- Signes caractéristiques de la pollution

6-1- Signes physiques

Ces signes sont les particules en suspension, les pellicules flottantes d'huiles et de substances similaires, les dépôts de particules de graisses. On reconnaît les eaux polluées par la turbidité, la température, l'odeur, la saveur, le pH, la teneur en oxygène dissous. Les substances insolubles contiennent quelques fois des substances organiques, celles-ci entrent en état de putréfaction en provoquant la formation de pellicules flottantes de boues. L'eau polluée n'est en général pas claire et est souvent marquée par une odeur nauséabonde (in **El Badaoui , 2016**).

6-2- Signes chimiques

Les signes chimiques de la pollution sont la valeur de la demande biochimique en oxygène (DBO), la valeur de la demande chimique en oxygène (DCO), la teneur en azote ammoniacal, la concentration en substances toxiques et en substances radioactives (Rodier, 2009).

6-3- Signes biologiques

Les signes biologiques sont le fait d'une eutrophisation caractérisée par un "bloom" aussi bien planctonique que les plantes et animaux supérieurs (Ramade, 2012).

7- Les eaux de lacs

Les lacs se forment lorsque les eaux douces coulent le long des pentes, rencontrent des obstacles et les contre-pentes les empêchent de poursuivre leur parcours. Les eaux envahissent la dépression créée permettant la formation des étendues d'eaux (ONU, 2000).

Le lac est caractérisé par :

- Un bassin sans communication direct avec la mer
- Les absences de courant gravitaire
- Le renouvellement lent de son eau (Arrigon ; 1976).

Tableau 01 : Présentation des valeurs limite des paramètres physico-chimiques Des eaux de lac (Rodier, 2009).

Paramètres	Normes
Température..... (°C)	25
pH	6.5-8,5
Conductivité..... (µs/cm)	1000
Salinité..... (mg de Na Cl /l)	/
Nitrites..... (mg /l)	0.2
Nitrate..... (mg /l)	50
Magnésium..... (mg /l)	50
Oxygène dissous..... (mg/l)	>30

8- Caractéristiques générales d'un lac

La dynamique d'un lac est régie par un ensemble complexe de processus physiques, chimiques et biologiques qui sont intimement liés les uns aux autres. Il est donc nécessaire de connaître ces propriétés et les liens qui les unissent afin de prendre des décisions éclairées concernant la gestion d'un lac.

8-1 Caractéristiques physiques

8-1-1- Morphométrie

Un lac est défini par sa morphométrie (profondeur, superficie, périmètre, forme, volume, etc.). Cette dernière influe sur la stratification thermique et la productivité du lac. Effectivement, les lacs les plus profonds comportent un plus grand volume d'eau qui sera généralement en mesure de supporter de plus grands apports de polluants provenant du bassin versant (**Meunier et al, 2007**).

8-1-2- Température

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques (**Touchart, 2002 ; Ramade, 2012**). Elle varie régulièrement sur le profil longitudinal d'un plan d'eau en fonction de la température atmosphérique. Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique de chaque espèce. En chaque point d'un profil longitudinal, la température est en fonction de l'altitude, de la distance à la source, du régime hydrologique et de la saison.

Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau et, en particulier, sur l'oxygène et la dissociation des sels dissous. Elle influe également sur les vitesses de réactions chimiques et biochimiques.

Ses variations peuvent éliminer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres, ceci peut entraîner un déséquilibre écologique dans le milieu aquatique. Chaque espèce ne peut vivre que dans un certain intervalle de température hors duquel elle est amenée à disparaître ; elle a sa préférence thermique qui correspond à la température optimale de son développement (**Arrignon, 1998 ; Ramade, 2012**).

8-1-3- Lumière :

Du point de vue écologique, la lumière agit différemment sur la faune et la flore. Chez les végétaux, la lumière est un moyen énergétique qui contrôle la photosynthèse. Par contre, chez les animaux, son rôle est indirect. Elle favorise l'activité des

organismes, leur orientation et le rythme saisonnier « le photopériodisme qui est un rythme saisonnier déterminé par les variations de la durée respective du jour et de nuit au cours de l'année » (**Angelier, 2000**).

8-1-4- Transparence de l'eau

La transparence est fortement liée à la propriété de l'eau qui favorise la pénétration de la lumière. Une eau de faible transparence laisse passer peu de lumière.

La transparence est inversement proportionnelle aux quantités de matières en suspension dans l'eau. Une quantité élevée d'algues en suspension (phytoplancton) est un premier facteur ayant pour effet de diminuer la transparence de l'eau. En particulier, les particules organiques, provenant de la décomposition de l'humus et de matières organiques issue de bassin versant, donnent à l'eau une coloration plus sombre (souvent brun orangé) ce qui diminue la transparence de l'eau.

Ce changement de couleur de l'eau est du également à la présence de diverses particules organiques ou inorganiques (détritus, sédiments) provenant de lessivage des sols en période pluviale. Dans le cas des lacs peu profonds, la remise en suspension des particules déposées au fond du lac influe également sur la transparence de l'eau (**Meunier et al, 2007**).

8-1-5- Tension superficielle

La traction des molécules d'eau les unes envers les autres est appelée la cohésion. Cette dernière fournit à l'eau une tension superficielle caractéristique (**Ricklefs et Miller, 2005**). Elle permet aux animaux vivants à la surface de l'eau de flotter et de se déplacer. La vie à la surface de l'eau n'est possible que pour des organismes de petite taille chez lesquels, la force créée par la tension superficielle est supérieure à leur poids. Ce sont surtout des insectes qui se déplacent à la surface de l'eau (**Dajoz, 2006**).

8-1-6- Le courant

Dans les lacs, la vitesse des courants est pratiquement négligeable devant celle des courants des cours d'eaux. La première conséquence de ce fait est que les eaux incapables de transporter une charge solide, abandonneront celle-ci qui sédimentera au fond du lac ou de l'étang. Mais surtout, cette relative immobilité des eaux va donner une importance primordiale à des phénomènes d'origine thermique, stratification et courants de convection, autour desquels s'organisera l'écosystème lacustre (**Lévêque, 2006**).

8-1-7- Le vent

Le vent a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité. Il a un pouvoir desséchant et un pouvoir de refroidissement considérable (**Dajoz, 2006**).

Dans le système aquatique, la force du vent et la distance parcourue par le vent détermine la taille des vagues et la profondeur maximale à laquelle se fait sentir l'action du vent. L'eau brassée devient homogène sur toute la hauteur de la couche de mélange qui est d'autant plus épaisse quand le vent est fort. Ce processus assure une bonne oxygénation sur toute l'épaisseur de la couche de mélange. Quant au lac profond, l'action d'homogénéisation de la couche superficielle par le vent est l'origine de la stratification observée en période estivale, avec une thermocline séparant l'épilimnion de l'hypolimnion (**Lévêque, 2006**).

8-2- Caractéristiques chimiques

8-2-1- Potentiel d'hydrogène

Ce paramètre est très fortement influencé par la photosynthèse et il influe sur un grand nombre de processus biologiques et chimiques (**Barnabé, 1991; Rodier, 2009**). Le pH est indissociable des valeurs de la température, oxygène dissous, minéralisation total, etc. La gamme des pH, qui ne sont pas directement mortels pour le poisson, va de 5 à 9, mais son effet sur la faune se fait surtout sentir par l'influence qu'il exerce dans les équilibres entre les autres éléments (**Arrignon, 1998**).

8-2-2- La conductivité électrique :

La conductivité est un paramètre permettant d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau naturelle (**Gaujous, 1995 ; Ramade, 2000 ; Rodier, 2009**).

Elle varie en fonction de la température et elle est étroitement liée à la concentration des sels dissouts et la mobilité des ions (**Arrignon, 1998 ; Rodier, 2009**).

Rodier et al, en 2009 ont estimé qu'une conductivité électrique de l'eau supérieure à 1500 $\mu\text{S/cm}$ fait considérer une eau comme inutilisable pour l'irrigation.

8-2-3- La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes (**Rodier, 2009**).

8-2-4- Les chlorures

Les chlorures (Cl) sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (Na Cl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (Makhouk et al., 2011).

8-2-5- L'Oxygène dissous

Les gaz de l'atmosphère sont tous solubles dans l'eau ; leur solubilité est en fonction de la température, de la pression atmosphérique et d'un coefficient d'absorption propre à chaque gaz (Angelier, 2000). L'oxygène dissous constitue normalement 5% du volume des gaz dissous dans l'eau. Le coefficient d'absorption de l'eau est $1/\gamma^2$ pour l'oxygène dont, il y a 6,4 cm³ de ce gaz dans un litre d'eau (Arrignon, 1998).

Il constitue un excellent indicateur de la qualité de l'eau. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'auto-épuration d'un cours d'eau (Makhouk et al., 2011).

8-2-6- Le phosphore et les phosphates

Le phosphore représente un élément biogène indispensable à la croissance des algues, il n'est pas présent en quantité appréciable dans l'atmosphère. L'essentiel du phosphore rencontré dans les lacs d'eau douce (98% environ) est contenu dans le plancton sous forme de particules de phosphate ou de composés organiques, ce qui explique l'énorme flux de phosphate qui transite vers les océans par les rivières. Le reste est dissous dans l'eau sous forme d'orthophosphate ou en suspension sous forme colloïdale.

Le taux de recyclage du phosphore est très dépendant des interactions trophiques dans les lacs d'eau douces. Au départ, dans les bactéries et le phytoplancton, le phosphore se déplace le long de la chaîne trophique par la consommation commençant par les protozoaires et le zooplancton puis suivi par les invertébrés et les poissons.

Le phosphate soluble est renvoyé à la colonne d'eau par les excréments des phytoplanctons et des zooplanctons suite à la décomposition de la matière organique et à la minéralisation. Une partie du phosphore est perdue dans les sédiments lors de la décomposition détritique ou par réaction avec d'autres minéraux. Dans les lacs des régions tempérées (El Badaoui, 2016).

8-2-7- La matière en suspension

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont en fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, des travaux, des rejets, etc. Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution (**Rodier, 2009**).

Elles entraînent la turbidité de l'eau à des degrés divers et réduisant l'activité photosynthétique, ce qui entraîne une diminution de la productivité des eaux. Elles affectent directement la vie aquatique, soit d'une façon bénéfique en dissimulant les jeunes poissons à leurs prédateurs naturels, soit plus fréquemment d'une façon nuisible en colmatant les frayères minérales et végétales en asphyxiant les œufs, voire les poissons adultes en épaississant les cellules épithéliales des branchies. Elles réduisent également les croissances et l'hébergement des invertébrés entrant dans l'alimentation de poissons (**Arrignon, 1998**).

Une hausse de la matière en suspension peut entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (**Makhoukh et al., 2011**).

8-2-8- La matière organique

Les matières organiques proviennent du lessivage des sols et surtout des résultats du métabolisme des organismes aquatiques. Elles sont composées d'hydrates de carbone, de matières protéiques, d'acides aminés, de lipides et d'autres substances de réserves, dont certaines jouent le rôle de catalyseur, de stimulateur ou d'inhibiteurs des fonctions biologiques.

La présence des matières organiques est favorable à la production piscicole dans la mesure où leur teneur ne provoque pas une diminution du taux d'oxygène dissous, susceptible de nuire à la vie des animaux aquatiques (**Arrignon, 1998**).

8-2-9- La salinité

La salinité des eaux est un facteur écologique constitué par la teneur en sel (NaCl). Dans de nombreux écosystèmes, la salinité est un facteur limitant. En milieu aquatique, on distingue des écosystèmes euryhalins dont la teneur en sel varie beaucoup au cours

du cycle des saisons (biotopes lagunaires) et des écosystèmes sténohalins dans lesquels la concentration en sel est constante (**Ramade, 2000**).

La salinité est une mesure biologique importante, car le sel se dissout dans les liquides organiques de tous les êtres vivants. Le taux de sels dissous dans un fluide contrôle le processus biochimique de l'osmose ainsi que de nombreux processus métaboliques (**Barnabé, 1991**).

8-2-10- Les sulfates

Le sulfate est la forme la plus oxydée du soufre (in **Ricklefs et Miller, 2005**). Les sulfates proviennent du ruissellement des terrains à gypse ; ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (Chlorothiobactéries, Rodothiobactérie, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré toxique en sulfate (**Arrignon, 1998**). Dans certaines régions contenant des sulfures métalliques (fer, nickel, cuivre, etc.), les sulfates peuvent avoir pour origine l'oxydation de ces derniers. La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalino-terreux de la minéralisation.

Les sulfates jouent un rôle dans le métabolisme de certaines plantes aquatiques (**Rodier, 2009**).

8-2-11- La couleur

Selon **Rodier (2009)**, la couleur apparente due aux matières en suspension et elle est liée à ces matières en solution. Ainsi qu'en fonction de la turbidité, la présence de plancton, la matière en suspension, le fer, le manganèse et les rejets industriels, tend à une couleur verte, jaune ou brun. Ce phénomène peut aussi se rencontrer dans certaines sources peu minéralisées en provenance de terrains granitique.

8-2-12- Les composés azotés

L'azote est un élément indispensable à l'édification de la cellule vivante. Il est utilisé comme indicateur majeur de la pollution organique. Il se présente sous deux formes : organique (protéines, acides aminés, etc.) et minéral (ammonium, nitrites, nitrates, etc.). Les substances azotées issues des eaux d'orage, du sol (percolation des nitrates), de l'atmosphère peuvent se fixer par certaines cyanophycées : Anabaena (in **El Badaoui, 2016**).

8-2-13- Le calcium

Le calcium est un métal alcalino terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. C'est le composant majeur de la dureté de l'eau (**Rodier, 2009**).

Selon **Arrignon (1998)**, les eaux contenant moins de 6 mg/l de calcium sont peu propices à la vie piscicole. De 6 à 20 mg/l, elles sont peu productrices. Alors de 20 à 60 mg/l, les concentrations sont moyennement productives. C'est entre 60 à 120 mg/l que les eaux d'une production piscicoles sont excellentes. Au-delà de 160 mg/l, elles sont très dures et peu intéressantes pour la vie aquatique.

Rodier, (2009), estiment que la productivité des eaux douces est assez nettement liée à la teneur en sels de calcium et de magnésium.

8-2-14- Le magnésium

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau. La teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaire dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen). Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. L'interprétation du taux de magnésium dans l'eau doit être en liaison avec les sulfates en raison de leurs rôle laxatif commun à partir de la concentration 400 à 500 mg/l (in **El Badaoui, 2016**).

8-2-15- Le cyanure

La toxicité des cyanures qui varie en fonction des cations, est liée à la possibilité de libération de l'acide cyanhydrique. Ainsi, les cyanures alcalins, les moins stables, sont aussi les plus dangereux. Les cyanures complexes comme les ferrocyanures et les thiocyanates sont beaucoup moins toxiques. Sa concentration et la dissociation de ces molécules sont en relation étroite avec la température, le pH, et la force ionique. Les concentrations toxiques pour le poisson en acide cyanhydrique ne sont généralement pas issues des ferro et ferricyanure (in **El Badaoui,, 2016**).

8-2-16- Les teneurs en éléments métalliques

Dissous ou en suspension, la concentration des métaux dans l'eau est faible, de l'ordre du µg/l. Dans les eaux naturelles, la source principale est l'érosion des roches. Mais dans certains endroits, les activités industrielles et domestiques constituent maintenant la source principale de beaucoup de ces éléments (in **El Badaoui, 2016**).

8-3- Les caractéristiques biologiques

La biocénose, dont la structure et la composition diffèrent selon les biotopes, est un ensemble d'organismes variés : bactéries, phytoplanctons, zooplanctons, etc. Les oiseaux et les mammifères interviennent également dans le fonctionnement de l'écosystème aquatique où ils prélèvent leur nourriture et abandonnent leurs excréments. Les poissons, bien que fortement attractifs pour l'homme, ne représentent cependant qu'une faible part de l'abondance et de la biomasse des organismes aquatiques.

En milieu stagnant, la colonisation végétale et animale concerne à la fois la zone littorale ou berge (le plancton) et le benthos (le sédiment du fond).

La taille du phytoplancton (formes filamenteuses et coloniales exclues) varie entre 2 et 700 μm (*Closterium ehrenbergii*). Le zooplancton dépasse rarement 2 à 3 mm, sauf certaines espèces géantes comme la méduse d'eau douce *Craspedacusta sowerbyi* (17 mm), les cladocères prédateurs *leptodora kindtii* (13 mm) et *Bythotrphes longimanus* (10 mm), et les larves du diptère *Chaoborus "12mm"* (**Grosclaude, 1999**).

9- L'évolution des lacs

L'évolution des lacs est précisément dépendante de ces phénomènes .un lac pauvre, oligotrophe depuis les glaciations ,connaît au fil des tramps une biomasse de plus en plus importante, des phénomènes de production et de dégradation de matière vivante, qui le font évoluer – si l'on pousse le raisonnement à l'extrême - à un abiotisme total par pollution organique, en passant par une période de productivité maximale, le terme final de son évolution étant sa disparition en tant que lac ,par comblement (**Arrignon, 1998**).

10- Régime thermique des lacs

De point de vue température, on peut distinguer

- l'épilimnium : se caractérise par des variations en été, hiver important
- le métalimnium : présente un fort gradient vertical de température, c'est la thermocline
- le rhypolimnium : présente des températures stables généralement avoisinant 4°C (**Gaujou, 1995**).

11- Etat trophique et fonctionnement de réseau trophique

Selon **Lacaze (1996)**, on parle de degré de trophie de l'eau et par extension d'état trophique du plan d'eau pour caractériser les effets des nutriments sur la qualité de l'eau

ou pour quantifier le potentiel trophique du milieu par rapport à des valeurs seuils et des caractéristiques purement descriptives. Ce phénomène se quantifie à la fois au travers de ses causes supposées (concentrations des nutriments) et par l'intensité de ses symptômes (turbidité, teneur en chlorophylle a, etc.). Nous distinguons à cet égard quatre types de lacs.

11-1- Les lacs oligotrophes

Les eaux oligotrophes se caractérisent par des ceintures de végétaux macrophytes réduites ou absentes. Dans ces eaux, la présence de phytoplancton est minime. Les Chlorophycées et de Diatomées sont abondants. Quant aux Cyanophycées, leur abondance est faible. La teneur en oxygène dissous y est élevée (**Dajoz, 2006**). La faible biomasse algale produite ne peut sustenter qu'un zooplancton peu abondant utilisé à son tour par un nombre réduit de poissons (**Grosclaude, 1999**). L'oxygène est présent même dans les fonds et permet aux organismes les plus exigeants de vivre dans ces eaux "les Corégones", par exemple (**Arrignon, 1998**) Beaucoup de lacs de montagne appartiennent à ce type de lac (**Dajoz, 2006**).

11-2- Les lacs eutrophes

Ce sont des lacs oligotrophes qui ont évolué. Ils sont peu profonds et contenant des eaux brunâtres à vertes, peu ou très peu transparentes, riches en substances nutritives (azote, phosphore, etc.) et en calcium (**Arrignon, 1998**). La productivité est élevée et les ceintures de végétation sont bien développées et les eaux sont moins riches en oxygène (**Dajoz, 2006**). Le plancton est très abondant dans la couche superficielle, il est représenté plus par les Cyanophycées que par les chlorophycées (tableau 2). Le fond est composé de substances putrescibles, d'une biodiversité pauvre en espèces mais dense dans le cas de l'apparition de Chaoborus et Chironomus sp. Les poissons évitent de fréquenter cette zone du fait du faible taux d'oxygène. Dans ce cas, l'eutrophisation est accélérée par la pollution organique (**Arrignon, 1998**). Sous l'influence de cette dernière beaucoup de lacs peuvent passer rapidement du type oligotrophe au type eutrophe (**Dajoz, 2006**).

11-3- Les lacs mésotrophes

C'est un milieu intermédiaire entre oligotrophe et eutrophe (**Grosclaude, 1999**). Ils sont caractérisés par une teneur moyenne en éléments minéraux nutritifs avec un accroissement de la biomasse du plancton, des insectes et des poissons. Ce

développement est dû à un recyclage interne généré par un phénomène du brassage et des apports progressifs en matière minérale provenant du bassin versant. L'accumulation de cadavres en profondeur entraîne l'apparition, durant l'été, d'une zone anoxique et la formation d'un sédiment (**Ramade, 2000**).

11-4- Les lacs dystrophes

Ils sont peu profonds et leur rives sont colonisées par une végétation abondante productrice de tourbe, ce qui libère des acides humiques qui donnent à l'eau une couleur brune. L'eau des lacs dystrophes est acide et pauvre en oxygène (**Dajoz, 2006**). Selon **Arrignon (1998)**, leurs eaux de fond sont dépourvues d'oxygène.

Selon **Grosclaude (1999)**, l'augmentation des apports en sels minéraux intensifie la production végétale aussi bien du phytoplancton que des macrophytes. La suppression des macrophytes favorise le développement du phytoplancton qui dispose alors d'une plus importante source d'éléments nutritifs pour le zooplancton.

Le milieu aquatique, grâce à la structure et au fonctionnement du réseau trophique, constitue ainsi un écosystème à la fois auto-producteur et auto-épurateur dont le fonctionnement repose uniquement sur l'énergie incidente et les apports du bassin versant.

Tableau 2 - Caractéristiques des lacs oligotrophes et eutrophes (Gaujous, 1995).

Caractéristiques	Lacs oligotrophes	Lacs eutrophes
Profondeur	Importante	Faible } Cas d'eutrophisation naturelle
<u>Volume hypolimnion</u> Volume épilimnion	Elevé	
Transparence, Couleur	Eaux transparente Bleu-vert	Eaux verdâtres à brunâtres peu transparente
sels minéraux	Eaux pauvres en N, P, Ca	Eaux riches en N, P, Ca....
Oxygénation	Bonne jusqu'au fond (lacs holomictiques)	Variable, faible au fond (lac méromictique)
Sédimentation	Faible	Importante, vases putrescibles
Phytoplancton	Varié	Très abondant mais peu varié (cyanophycées)
Répartition verticale	Large	En superficie, fleurs d'eau
Production primaire	Faible	Importante
Plantes aquatiques	Peu nombreuses	Ceintures littorales développées
Faune benthiques	Varié	Peu variés mais très abondante oligochètes chironomes
Poissons	Espèces exigeantes corégones...présent partout en toutes saisons	Espèces peu exigeante (poissons blancs) absents de l'hypolimnion pendant la stagnation estivale

12- Productivité des lacs

12-1- La productivité primaire

La productivité primaire est l'œuvre du phytoplancton algale qui ne produit pas de tissus de soutien riches en cellulose et en lignine, mieux assimilé par les herbivores. Ce phytoplancton est produit et consommé rapidement, ce qui explique que sa biomasse soit faible par rapport à celle des herbivores des communautés terrestres voisines et ce qui permet des changements rapides de la composition spécifique des communautés au cours du cycle annuel. Les consommateurs herbivores étant toujours des poïkilothermes, le rendement écologique de croissance est supérieur dans les lacs à celui des écosystèmes terrestres.

L'énergie lumineuse traverse une grande partie de l'eau et la productivité primaire est souvent limitée par l'énergie lumineuse qui agit comme facteur limitant. La productivité primaire des

Lacs est faible par rapport à celle des écosystèmes terrestres voisins. La quantité d'oxygène dissous est également un facteur limitant dans les lacs (in **El badaoui, 2016**).

12-2- La productivité secondaire

La productivité secondaire, évaluée sous la forme de production de poissons (en kg/ha/an) varie beaucoup, comme exemple dans les lacs africains varie de 1.5 à 247 kg. La richesse des lacs en poissons est fonction de leur surface, mais aussi de leur situation géographique. Les lacs des régions arctiques contiennent souvent une seule espèce et au plus 25. Ceux des régions tempérées en contiennent jusqu'à 170 et ceux des régions tropicales jusqu'à 250. Un autre facteur qui influe sur la richesse spécifique est la longueur des rivages ; un lac avec un contour digité offrant plus de biotopes pouvant être occupés par des espèces nouvelles. L'ancienneté favorise aussi la diversification des espèces comme on peut le constater dans les lacs africains riches en Cichlides (**Dajoz, 2006**).

13- Les méthodes d'évaluation des eaux lacustres

La qualité des eaux était donc évaluée à l'aide de critères physicochimiques, dont la plupart faisaient l'objet de normes, au niveau des rejets polluants par exemple. Cette démarche a fait ses preuves, mais a également montré ses limites, notamment pour déceler des émissions ponctuelles de substances toxiques qui ont des conséquences sur le milieu biologique. De plus, la nature des perturbations a changé : on observe désormais de nombreuses pollutions d'origine diffuse, un nombre croissant de sources de perturbations dont les effets cumulés sont importants et dont l'origine n'est pas chimique (**Lévêque, 1998**).

Les moyens pour évaluer l'état des milieux lacustres ont alors évolué conjointement à l'émergence des problèmes d'exploitation de la ressource eau, consécutifs aux effets perturbateurs des activités humaines sur l'ensemble du fonctionnement de ces écosystèmes. La volonté d'une approche holistique des milieux apparaît nettement dans les objectifs d'évaluation et de gestion. Il s'agit d'aborder l'écosystème dans sa totalité et d'y associer l'usage qui en est fait.

Les outils d'évaluation doivent dès lors intégrer le caractère hiérarchique et variable d'un écosystème lacustre en termes d'espace et de temps, et fournir une image globale et représentative de l'état du lac, comparable à celle d'un site considéré comme la référence. Trois grandes catégories de méthodes se sont ainsi succédé parallèlement à l'élargissement du niveau d'intégration considéré :

- Les méthodes d'évaluation de l'état trophique ;
- Les méthodes d'évaluation de la qualité biologique à travers l'étude d'un peuplement particulier ;
- Les méthodes d'évaluation de l'état écologique intégrant plusieurs éléments de l'écosystème (**Barbe et al., 2013**).

14- Les barrages

Un barrage est un ouvrage construit pour les retenues des eaux et constitue un grand réservoir d'eau pour l'homme. Le barrage est utilisé pour les fins suivantes :

- Le contrôle du débit d'un fleuve ou d'une rivière.
- L'irrigation des cultures.
- L'alimentation de la zone en eau potable.
- L'élevage de poissons (la pisciculture).
- La création de lacs artificiels ou de réservoirs.
- La maîtrise des crues pour la prévention des catastrophes naturelles (inondations).
- L'utilisation touristique et sportive

L'appréciation de la qualité des eaux de surface est basée sur la mesure des paramètres physico-chimiques et la présence ou l'absence de certains organismes ou micro-organismes (**Mezouari, 2016**).

15- L-autoépuration

L'eau est indispensable pour la vie mais peut comporter des risques pour notre santé surtout lorsqu'elle sert d'exécutoire aux divers rejets de l'être humain. La principale pollution issue de ces rejets est organique. En effet l'eau peut l'absorber et la dégrader dans une certaine mesure : c'est l'auto-épuration qui permet la stabilité biologique des eaux superficielle (**Halassi et al., 2013**).

15-1- Quelques facteurs de l'autoépuration :

- L'oxygène
- Cours d'eau.
- Variations du niveau
- Transparence
- Stratification thermique
- Nitrates
- Phosphates
- Production primaire (**Vivier, 1965**).

Chapitre 02 : le phytoplancton

1- Définition et division du plancton :

Le mot plancton vient du grec plancton qui signifie "errer". Il désigne l'ensemble des végétaux et animaux aquatiques, microscopiques ou de petite taille, qui dérivent au gré des courants, se déplaçant en mouvements limités dans la masse d'eau, car ils sont incapables de contrer le courant. Contrairement le plancton, le necton regroupe les animaux marins pouvant lutter activement contre le courant grâce à la fin nage puissante, le necton et le plancton qui vivent en pleine eau sont dits "pélagiques ".ils constituent le pelagos .par opposition, le benthos est l'ensemble des organismes vivant au fond .ceux-ci peuvent :

- être fixés : grandes algues, huitres
- ramper : vers, oursins.
- être fouisseurs : certaines coquillage ou vers.
- nager au voisinage du fond : poissons benthiques.
- être posés : phytoplancton benthique accroché aux roches ou sur la vase.

Le plancton se divise en deux grands règnes

- le plancton végétal, ou phytoplancton, constitué d'algues presque toutes unicellulaires, appelées de ce fait micro-algues ou micro-phytes
- le plancton animal, ou zooplancton (**Pierre et Anne, 2013**).

2- Caractéristiques générales du plancton

Malgré l'extrême diversité du plancton il est possible d'y reconnaître des caractères généraux qui lui donnent une physionomie particulière : il s'agit essentiellement de sa coloration et de ses dimensions .a la différence des animaux benthiques, les animaux planctoniques sont peu colorés et montrent une tendance générale à être transparents, la pigmentation se trouvant limitée à quelques organes restreints.

D'autre part, de façon générale, les organismes du plancton sont de taille réduite. Il existe des exceptions notables comme certaines méduses acalèphes qui atteignent un mètre de diamètre ou des pyrosomes longs de plusieurs mètres .mais la grande majorité des organismes possèdent des dimensions de l'ordre du centimètre ou du millimètre, pour le plancton animal, et de l'ordre de la centaine ou de la dizaine de micros pour le plancton végétal (**Bougis, 1974**).

3- Les algues

3-1- Les macro-algues

Les macro-algues constituées à leurs bases de crampons, qui leur permettent de se fixer sur un support. Les crampons sont surmontés d'un pédoncule de longueur et de diamètre variable, le stipe. L'algue se termine par une fronde qui peut être découpée en filaments, cordons ou lanières (**Hortense et al ., 2011**).

3-2- Les micro-algues (Les phytoplanctons)

Le plancton végétal, ou phytoplancton, est l'ensemble des algues microscopiques formées d'une seule cellule (micro algues) bien qu'elle soit unicellulaires, les micro algues présentent une grande diversité de tailles, de couleurs et de formes qui peuvent être très élaborée (figure 2). Le phytoplancton comprend des milliers d'espèces se répartissant en plusieurs groupes : algues bleus ou cyanobactéries, diatomées, coccolites, chrysophycées et chlorophycées, dinoflagellés. (**Pierre et Anne, 2013**).



Figure 2 : Observation microscopique de quelques micro-algues (Nabi ,2021)

4- L'habitat du phytoplancton

Le phytoplancton peut vivre partout où il y a de l'eau. On le trouve aussi bien dans les eaux douces, marines que saumâtres (mélange d'eau douce et d'eau salée comme les estuaires).

Les êtres planctoniques ont colonisé tous les milieux: la mer, les fleuves et ruisseaux, les lacs et étangs, les marais, les eaux souterraines, les gouttières, les fossés, les

tourbières...Le plancton est également présent dans des endroits plus surprenants tels que les embruns, les mares, les lavoirs et les fontaines, on en trouve même dans les suintements de roches. (**Pierre et Anne, 2013**).

5- Les facteurs de la photosynthèse

Les phytoplanctons à besoin d'eau, de la lumière, de gaz carbonique et les sels minéraux pour la photosynthèse, ces éléments sont essentiels de la vie végétal.

➤ La lumière

Elles utilisent l'énergie de lumineuse qu'elles captent grâce à la chlorophylle contenue dans leurs cellules.

➤ Les sels minéraux

Les phytoplanctons trouvent les sels minéraux dans son environnement, ceux-ci existent à l'état naturel dans la composition des roches, sont fabriqués par les bactéries (transformation de la matière organique en matière minérale) ou sont produit par l'homme (engrais dispersés par l'agriculture, produits chimiques fabriqués par l'industrie, rejets des activités domestiques).

-Les principaux sels minéraux nécessaires au développement du phytoplancton sont :

- Les nitrates, composés d'atomes d'azotes et d'atomes d'oxygène
- Le phosphore, composé d'atomes de phosphates et d'atomes d'oxygène
- Les silicates, composés d'atomes de silice et d'atomes d'oxygène, qui constituent 97% de la croûte terrestre
- Le potassium, composé essentiellement d'atomes métalliques (**Pierre et Anne, 2013**).

➤ Le gaz carbonique

Dissous dans l'eau, il entre dans le processus de la photosynthèse. Le CO₂ vient des échanges gazeux (CO₂ – O₂) avec l'atmosphère et il est présent partout. (**Pierre et Anne, 2013**).

6- Le cycle du phytoplancton

Les phytoplanctons vivent là où trouver leur besoins, son existence est étroitement liée aux conditions régnant dans son milieu : température et turbidité (degré d'opacité) de l'eau, précipitations, ensoleillement, pollution, etc.

En théorie, le phytoplancton se développe de préférence au printemps et à l'automne, lorsque les conditions sont optimales, aujourd'hui, ce rythme annuel est de moins en moins respecté en raison de l'évolution du milieu (excès d'apports en nutriments, réchauffement climatique) et certaines espèces peuvent proliférer tout au long de l'année (**Pierre et Anne, 2013**).

7- L'importance du phytoplancton

7-1- La productions d'oxygène

Par la photosynthèse, le phytoplancton produit une grande quantité d'oxygène nécessaire à la vie dans l'eau, mais aussi, grâce aux échanges gazeux a la surface des océans, il fournit les deux tiers de l'oxygène de l'air de notre planète, le dernier tiers provenant des végétaux des continents. Contrairement à une idée reçue, le premier producteur d'oxygène sur la terre n'est pas la forêt, mais le plancton végétal qui apporte à l'atmosphère plus d'oxygène que l'ensemble de toutes les forêts du monde réunies, forêt amazonienne comprise.

Le phytoplancton représente un compartiment remarquable par le rôle qu'il joue, non seulement dans le milieu aquatique, mais aussi dans tout les domaines de notre vie : qualité d'environnement (oxygène), alimentation (poissons et fruits de mer), bien être (santé, beauté), ressources industrielle.

Le phytoplancton est appelé " producteur primaire car il a la capacité de transformer la matière inorganique (CO₂, sels minéraux, eau) en matière organique qui est consommable ensuite par les autres organismes vivants.

7-2- Les sources de nourriture

Base de toutes les chaînes alimentaires marines, le phytoplancton nourrit un monde animal qui n'existerait pas sans lui, et en premier lieu le zooplancton (**Pierre et Anne, 2013**).

8- Les facteurs de répartition des algues

Les algues sont liées à l'eau et peuvent dès lors s'installer dans tous les types d'habitat suffisamment humides et éclairés. On peut les retrouver en eau douce, en mer, sur sol humide et même sur la neige. Les algues étant photosynthétiques, elles sont dépendantes de la présence de la lumière. Aussi, les algues nécessitent d'être fixées à un substrat, par conséquent, la texture, le degré de cohésion et la nature chimique du

substrat ont une importance sur la répartition spatiale des espèces (Gévaert et al., 2001).

9- Les facteurs de développement des algues

Plusieurs facteurs influencent la croissance des algues

- Les facteurs abiotiques tels que la lumière (qualité, quantité), la température, les concentrations en nutriment en O_2 et en CO_2 , le PH, la salinité, et la présence de produits chimiques toxiques.

- Les facteurs biotiques comme les agents pathogènes (bactéries, champignons, virus) et la concurrence d'autres algues.

- Les facteurs opérationnels tels que le cisaillement produit par le mélange du milieu de culture, le taux de dilution, la profondeur ; la fréquence de récolte .

Après la lumière, la température est le facteur limitant le plus important pour la culture des algues, beaucoup de micro algues peuvent facilement supporter de températures allant jusqu'à 15 C° en dessous de leur température optimale, mais la hausse de la température de seulement 2 C° à 4 C° de leur température au dessus de leur température optimale peut entraîner la perte totale de la culture.

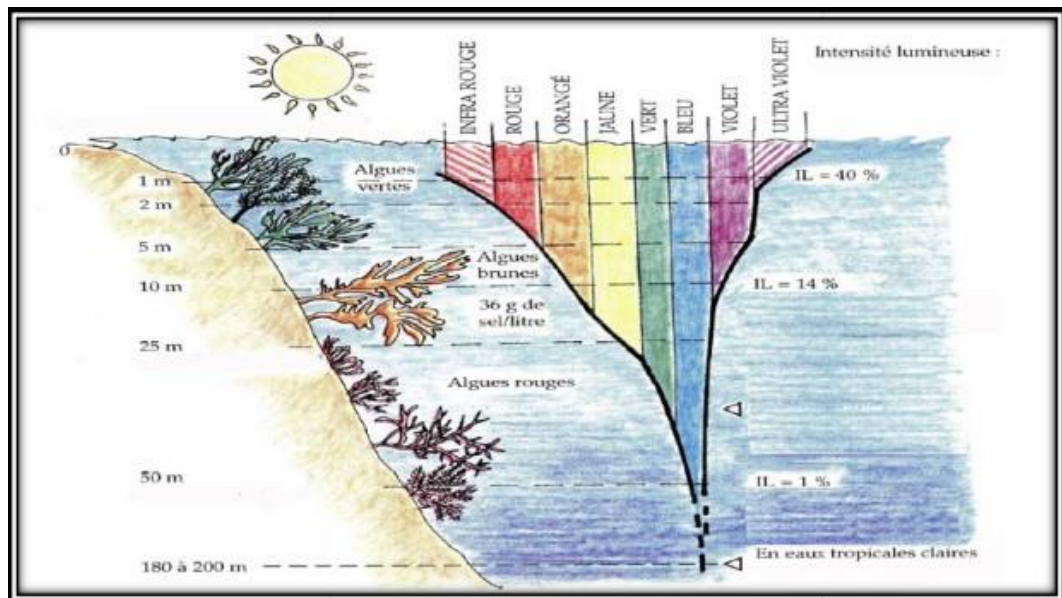


Figure 03 : Facteur de répartition les algues marines (site web 1).

Deux facteurs jouant un rôle primordial dans cette répartition

- L'eau, et plus précisément la durée de l'absence d'eau due au mouvement des marées.
- La quantité et la qualité (longueurs des radiations) de la lumière disponible.

10- La reproduction des algues

Dans de très nombreux cas, la reproduction des algues s'effectue par multiplication végétative. Il s'agit d'une multiplication sexuée qui consiste en la division d'une cellule isolée (cas des algues bleues), soit en une fragmentation de thalle aboutissant à la formation de plusieurs organismes identiques. Elle est souvent réalisée par la formation de cellules spécialisées : les spores. Les algues eucaryotes réalisent en plus une reproduction sexuée au cours de laquelle l'union de deux cellules reproductrices, ou gamètes, produit un œuf, ou zygote. La reproduction des algues se déroule ainsi selon une alternance de phases de reproduction asexuée assurée par les thalles (sporophytes) et de phases de reproduction sexuée, assurée par des thalles producteurs de gamètes « gamétophytes » (**Garon, 2004**).

11- Division du phytoplancton :

La classification des algues est basée en premier lieu sur la localisation de l'ADN (substance contenant l'information génétique : Acide Désoxyribo Nucléique).

- Les procaryotes qui ne présentent pas de noyau, l'ADN étant dispersé dans toute la cellule; les pigments sont également répartis dans le cytoplasme; ce sont les algues bleues
- Les eucaryotes qui possèdent un noyau véritable entouré par une membrane nucléaire (toutes les autres algues).

On distinguera principalement :

- des algues bleues (du genre *Oscillatoria*);
- des algues rouges (des genres *Lemanea* et *Batrachospermum*);
- des algues jaunes à valves siliceuses finement ornementées (Diatomées);
- des algues vertes filamenteuses, coloniales ou unicellulaires, notamment les très belles *Desmidiées* d'eau acide. (**Sayoud, 2017**).

12- Les Bacillariophycées ou Diatomées :

Les diatomées appelées encore bacillariophycées ou diatomophycées, sont des algues unicellulaires jaunes ou brunes photosynthétiques. Ce sont des Organismes microscopiques de nature végétale dont la taille varie de 20 à 200 μm environ, quoique certaines puissent atteindre 2 mm, vivant dans l'eau, soit en suspension (planctonique), soit sur le fond, libres ou fixés (benthique) à des supports divers, qui peuvent se présenter en cellules isolées ou regroupées en colonies.

On les trouve dans tous les milieux, de l'eau douce à l'eau salée, et même dans les gouttières. Elles vivent partout, à toutes les températures, même extrêmes, puisque la plus grande concentration de diatomées serait sous la calotte glaciaire.

Riches de plus de 6000 espèces, les diatomées représentent jusqu'à 80 % du phytoplancton. Elles seraient le groupe végétal le plus répandu, et forment en général une part importante de la biomasse algale.

Les deux valves du frustule des Diatomées sont ornementées de stries, pores, aiguillons, épines, côtes, perles, etc. (Sayoud, 2017).

12-1- Classification et diversité

La classification au sein des Bacillariophyta est essentiellement basée sur les caractéristiques morphologiques du frustule. Les diatomées sont traditionnellement classées en deux groupes en fonction de la forme de la cellule : les diatomées centriques ont une symétrie radiale alors que les diatomées pennées ont une symétrie bilatérale

Dans le groupe des diatomées centriques, deux groupes sont définis :

- les centriques « radiales » ont une forme circulaire ;
- les centriques bi- ou multipolaires présentent des structures qui font apparaître d'autres symétries que la symétrie radiale.

Au sein des pennées, les espèces sont différenciées en fonction de la présence et du nombre de raphés :

- les araphidées ne présentent aucun raphé ;
- les monoraphidées possèdent un raphé sur une valve, l'autre valve en est dépourvu mais peut présenter une ligne médiane appelée pseudo-raphé ;
- les biraphidées possèdent un raphé sur chaque valve. (Lenaïg, 2012).

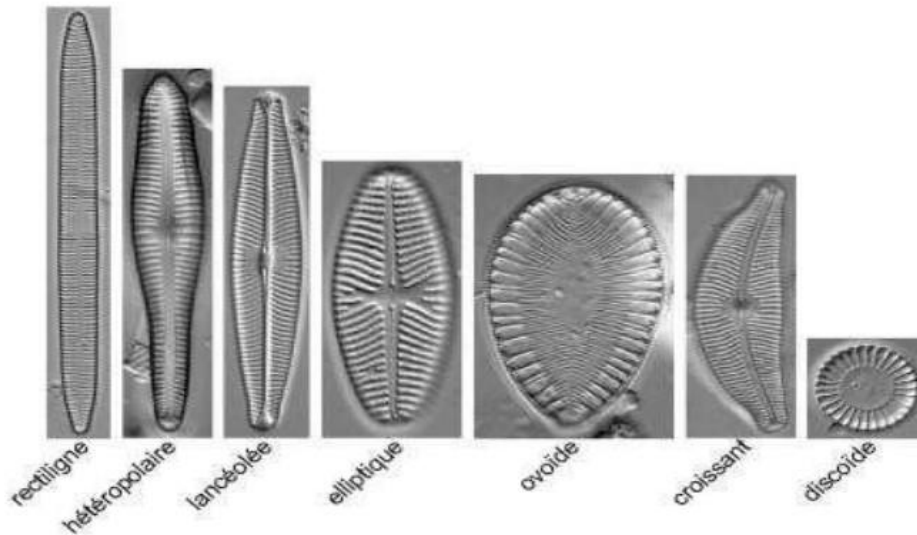


Figure 04 : Représentation de quelques formes générales des diatomées. Langlois. (2006)

12-2- Cycle de vie

Les diatomées sont des organismes diploïdes dont le nombre de chromosomes varie considérablement selon les espèces (de 4 à 52, **Kociolek & Stoermer, 1989**). Le cycle de vie des diatomées est composé de deux phases correspondant à deux types de reproduction distincts : une phase de multiplication cellulaire végétative qui peut durer des mois à des années et une phase de reproduction sexuée qui dure quelques heures (**Chepurnov et al., 2004**). En outre, certaines diatomées peuvent développer des formes de résistances au cours de leur cycle de vie.

12-2-1- Multiplication végétative

Chaque cellule donnant naissance à deux cellules filles par écartement des deux valves et régénération de la valve manquante par dépôt de silice hydratée. Ce type de division entraîne une diminution régulière de la taille des individus. La reproduction sexuée intervient lorsque la taille minimale des valves est atteinte et permet de restituer des individus de taille normale. Les modalités de cette reproduction sexuée varient chez les Centriques et les Pennales. L'auxosporulation ou production d'auxospore (oeuf) est la forme la plus fréquemment observée (**Bull et Pêche, 1988**).

12-2-2- Reproduction sexuée

La reproduction sexuée est encore assez mal connue chez les diatomées. La taille « normale » de l'espèce est rétablie par un phénomène sexuel et la production d'un zygote

(l'auxospore). L'auxosporulation est donc une reproduction sexuée caractéristique des Bacillariophyta, qui implique une recombinaison génétique et une restauration de la taille de l'espèce. Lorsque les cellules atteignent une taille minimale (environ 30-40% de la taille maximale) et que les conditions environnementales sont appropriées, l'auxosporulation est déclenchée (**Edlund et Stoermer, 1997; John, 2000**). La taille maximale des cellules initiales ainsi que la taille minimale (en dessous de laquelle les cellules ne peuvent plus se reproduire sexuellement) sont des caractéristiques spécifiques des espèces définies par **Geitler (1932)** comme les points cardinaux du cycle cellulaire.

La plupart des diatomées sont allogames, mais les modes de reproduction sont différents selon les groupes de diatomées (centriques, pennées araphidées et pennées raphidées) et des exceptions existent dans les trois groupes.

Les diatomées centriques sont généralement anisogames et oogames impliquant des gamètes uniflagellés et des oosphères non mobiles.

Les diatomées pennées araphidées, comme les diatomées centriques, sont généralement anisogames. De plus, une interaction entre les deux partenaires est nécessaire pour déclencher la méiose. Les deux types de gamètes ne diffèrent pas en taille mais une cellule produit un gamète « passif » alors que l'autre cellule produit un gamète « actif » non flagellé dont les mécanismes de locomotion sont inconnus (**Chepurnov et al., 2004**).

Les diatomées pennées raphidées, semblent isogames car les gamétocystes apparaissent identiques morphologiquement (en forme et en taille) mais leur comportement et leur physiologie sont différents (**Drebes, 1977; Chepurnov et al., 2004**).

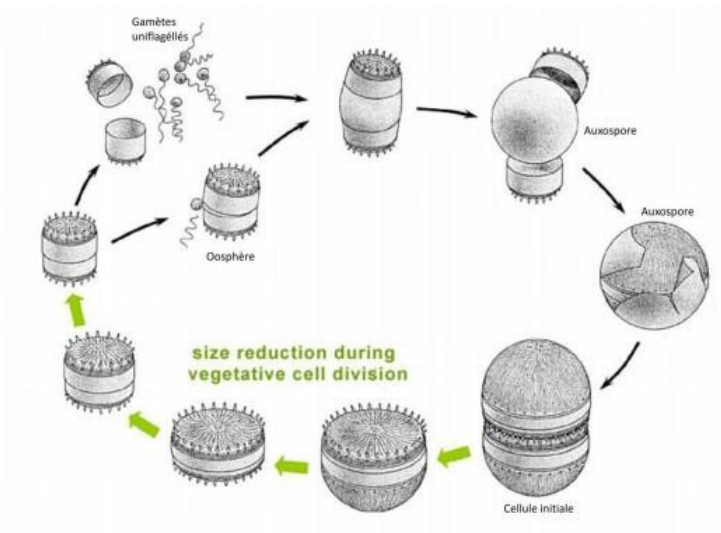


Figure 05: Schéma du cycle de vie des diatomées centriques (Round et al., 1990).

12-3- Formes de résistances

En réponse à des conditions environnementales défavorables (azote et phosphore limitant, luminosité et température faible), certaines diatomées peuvent entrer dans une « phase de repos » en formant des spores de résistance (ou hypnospores) ou des cellules de repos. Les cellules de repos sont identiques aux cellules végétatives bien que physiologiquement distinctes (von et Montresor, 2011), alors que les spores de résistance peuvent avoir une paroi particulière fortement silicifiée, avec peu de pores. Ces spores se forment par division mitotique (Edlund et Stoermer, 1997) et peuvent se séparer de la cellule parentale ou rester partiellement ou complètement enfermées dans celle-ci (Round et al., 1990). Les spores germent ensuite lorsque les conditions environnementales sont appropriées. Les spores des diatomées centriques ont cependant une courte période de dormance obligatoire avant de pouvoir germer à nouveau.

12-4- Mode de vie

Dans les écosystèmes aquatiques, les diatomées peuvent être scindées en deux groupes selon leur mode de vie : les diatomées planctoniques et les diatomées benthiques. Les diatomées planctoniques vivent libres en suspension dans la colonne d'eau et ne possèdent pas de capacités propres pour se déplacer. Elles sont représentées surtout par des centriques isolées (*Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Thalassiosira*) ou associées en chaînes (*Aulacoseira*, *Skeletonema*). Parmi les quelques formes pennées planctoniques se trouvent des colonies rubanées (*Fragilaria*) ou étoilées (*Asterionella*).

Les diatomées benthiques vivent sur divers supports immergés au niveau de la zone photique, où la lumière est suffisante pour assurer la photosynthèse. La majorité des diatomées benthiques correspond à des diatomées pennées dont la plupart sont mobiles. Ces micro-algues se développent au sein d'une matrice complexe (le biofilm), associées à d'autres algues mais aussi à des bactéries et des champignons, formant ensemble le périphyton. Les différentes communautés sont liées par des substances extracellulaires (notamment des polysaccharides). Différentes catégories de périphyton dépendent du substrat colonisé:

- L'épilithon désigne les espèces vivant sur les substrats durs et inertes.
- L'épiphyton désigne les espèces vivant sur les végétaux aquatiques.
- L'épipélon et l'endopélon sont constitués d'espèces libres vivant à la surface et dans le sédiment.
- L'épipsammon correspond aux espèces vivant à la surface des grains de sable. (Lenaig, 2012)

12-5- Ecologie générale des Diatomées

En eau douce on retrouve essentiellement des diatomées benthiques (fixées et souvent coloniales), peu d'espèces sont planctoniques (libre et capable de mouvement autonomes). La présence d'une espèce de diatomée dans un milieu aquatique est souvent liée à plusieurs paramètres physicochimiques, outre l'intensité lumineuse et la présence des composants minéraux qui sont nécessaire à ces algues ce sont notamment la température, la concentration en oxygène, le pH, la concentration en matière organique et la salinité. La Température agit directement en régulant le métabolisme cellulaire et indirectement en modifiant la solubilité de divers composants chimique ainsi que l'oxygénation du milieu.

Chaque espèce prolifère dans des eaux dont le pH acide, neutre, ou alcalin lui convient.

Chaque espèce a une capacité de supporter des concentrations plus ou moins élevées en matières organique. La décomposition de la matière organique est consommatrice d'oxygène et enrichit le milieu en phosphates et en nitrates.

L'éclairement et la température sont favorable à la fin de l'hiver de sortes que dans ces eaux, l'abondance en diatomées est maximale (Mars à juin).

La variation saisonnière et annuelle de la lumière, de la température et des caractéristiques chimiques et physiques de l'eau en un lieu donné détermine l'importance et la composition des peuplements de diatomées, mais qui dépend aussi de l'activité des animaux herbivores(en eau douces invertébrés brouteurs, et autres). Une température de 0 °C n'est pas mortelle pour les diatomées, si l'eau reste liquide (eau salée). Vu le besoin absolu de la lumière solaire pour vivre et se multiplier les diatomées planctoniques vivent près de la surface. Les diatomées ont une densité légèrement supérieure à l'eau. Enfin beaucoup de diatomées sont mobiles, le mécanisme des déplacements est mal connu, seules les Pennées a raphé ou a canal raphéen peuvent se déplacer. **(Loir ,2004).**

PARTIE II

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 03: Matériels et Méthodes

1-Présentation de la Zone d'étude

1-1- Situation géographique du lac Sidi Mohamed Ben Ali

Le lac Sidi Mohamed Benali est situé à 1,7 km au nord de Sidi Bel Abbès (34°14' Nord et 0°38' Ouest), sur un plateau à 460 m d'altitude. Il est considéré comme l'une des plus importantes réserves naturelles de l'Ouest algérien. La capacité portante du lac SMB est de 3.000.000 m³ avec une superficie maximale de 45 ha et une profondeur comprise de 30 m

L'origine de l'eau est une déviation d'une partie des eaux de crues de l'Oued Mekerra vers le barrage Sarno au moyen d'un ouvrage de dérivation d'une capacité de 2.5 m³/s. La température maximale atteint les 33°C en période estivale, alors qu'en hiver la température minimale est de 5 °C (**Boudiffa, 1993**). Le lac SMB a pour rôle la décantation des eaux de crues de l'oued Mekerra et le soutien au barrage Sarno (**Bendjelloul et Boughrara, 2005**).



Figure 06 : Situation géographique du lac Sidi Mohamed Benali (**Google Maps, 2016**).



Figure 7 : Localisation de la station du lac Sidi Mohamed Benali (**Google Maps, 2016**).

1-2 Aperçu historique du site:

Il est alimenté en grande partie par le canal créé dans les années 1940 entre l'oued Mekerra et l'oued Sarno. Ce canal est destiné à diminuer les débits de crue de l'oued Mekerra, et donc les risques d'inondation, au niveau de Sidi-Bel-Abbès ; il ne fonctionne que lors des crues. L'Oued Mekerra est caractérisé par un régime de type méditerranéen à forte abondance pluviale en automne et en hiver, engendrant de fortes crues suivi d'une saison sèche sur de longues périodes de l'année (**Kerfouf et al., 2008**)

Pendant la première année, le sol au fond de la cuvette, absorbait toute l'eau puis petit à petit, elle commençait à se remplir : le niveau d'eau augmentait après chaque hiver, quelques temps plus tard, la retenue s'était formée et porte le nom de "Sidi M'hamed Ben Ali" (**Bendjelloul et Boughrara, 2005**).

1-3- Hydrographie

Les sédiments constituant le versant l'oued Mekerra indiquent plus de 79 % de la surface du bassin est occupé par une formation des calcaires et alluviaux. Ceci permet de donner une bonne perméabilité de la région (**Mokadmi, 2012**).

Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques les plus importantes du bassin versant de la wilaya de Sidi Bel Abbès.

Le tableau ci-dessous indique les paramètres morphométriques du lac Sidi Mhamed Benali.

Tableau 3 : Représentation de paramètres morphométriques du lac SidiMhamed Benali.

Paramètres morphométriques	Minimale	Maximale
capacité	-	3. 10 ⁶ m ³
superficie	32 ha	45 ha
profondeur	-	15 m
Evaporation	1200 mm/an	-

L'origine de l'eau du lac résulte d'une dérivation d'une partie des eaux de crues de oued Mekerra par un moyen d'ouvrage construit en béton sous forme de canalisation semi-circulaire de longueur aux alentours de 6450 mètres et des eaux de crue du bassin versant de Sidi Bel Abbas (**Bendjelloul et Bouhrara, 2005**).

1-4- Pédologie

Pour les analyses du sol, les proportions des différentes fractions sédimentaires sont de l'ordre de : 70% de sable, 10% d'argile, 10 % de graviers, 1% de limon et enfin 9% de cailloux (tableau 4).

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de la texture du sol (**Kerfouf et al., 2008**).

Nature sédiment	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D
Graviers(%)	13.79 %	41.65 %	80.97 %	48.90 %
Sable grossier ...(%)	7.80 %	13.89 %	12.58 %	16.12 %
Sable fin (%)	4.09 %	4.09 %	1.66 %	4.10 %
Limon + Argile (%)	73.87 %	12.87 %	3.94 %	10.85 %
Texture	Sablo-argileus	Graveleu Sablo-argileuse	Sablo-argileuse	Sablo-argileuse

1-5- Alimentation en eau :

Les traits bleus continus représentent le réseau hydrographique principal. Les cours d'eau temporaires sont figurés par des traits discontinus. Les flèches indiquent le sens de l'écoulement. (**Frifra et Addou, 2014**).

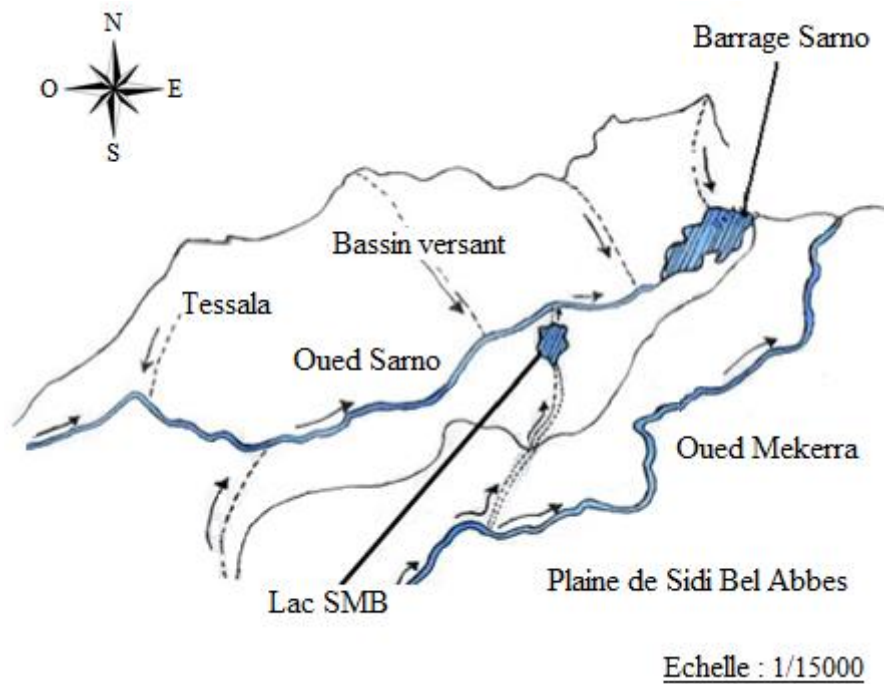


Figure 08 : les cours d'eaux (Kerfouf et al., 2006)

1-6 Origine et accessibilité :

Ce lac a une origine strictement anthropique, il occupe une cuvette naturelle développée dans des terrains sédimentaires, qui a été fermée à l'aval par une digue. Son fond, initialement très perméable, est devenu étanche en quelques années, grâce au dépôt de sédiments (in **Frifra et Addou,2014**).

1-7 Climat :

Le lac appartient au climat de l'atlas tellien, à l'étage bioclimatique semi-aride. Le climat caractéristique de la plaine est méditerranée, caractérisé par une saison sèche prolongée et une autre humide avec des pluies irrégulières violentes insuffisantes (**DE, SBA, 2012**). Selon la station de météorologie (2015), la durée annuelle de la gelée est de 10 à 15 jours au cours des mois Décembre, Janvier, Février. Cependant en 2011, elle a dépassé les 28 jours. Tandis que la période de siroco par an est de 4 à 5 jours au cours des mois Juillet, Août. La direction de vent est soit Nord, Nord-Ouest ou Sud, Sud-ouest (**ONM, 2015**).

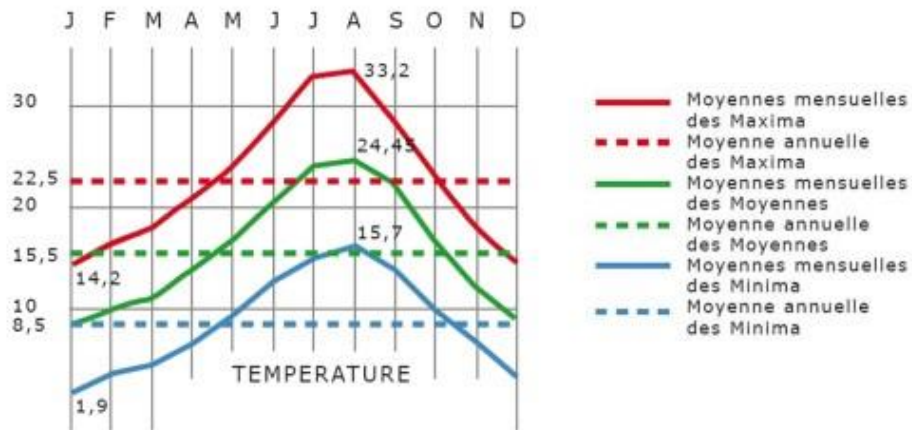


Figure 09 : climat de La région de Sidi Bel Abbas (Frifra et Addou, 2014).

2- Echantillonnage du périphyton

Les prélèvements ont été effectués à la station "Est". Avant de choisir la station de l'échantillonnage, une reconnaissance visuelle est effectuée afin de permettre de détecter des informations indispensables telles que la couleur de l'eau, la direction du vent, la présence de fleurs d'eau ou toutes autres observations pertinentes (mauvaises odeurs, pollutions,...). Les prélèvements de substrat (pierre) sont effectués sur une période allant du 10 avril au 22 Mai 2021 à raison de 03 prélèvements. Une seule station littorale est choisie dans le secteur "Est"



Figure 10 : Localisation de la station d'échantillonnage du périphyton du lac SMB (Nabi, 2021)

3 Techniques de prélèvement

Nous avons prélevé des pierres à une profondeur de 20 cm. Une fois récoltés, ils sont mis dans des boîtes de verreries étiquetées en ajoutant un peu de l'eau du lac utilisé pour la préservation des échantillons. On a prélevé périphyton à une pierre sur laquelle une population des périphytons de tout tour



Figure 11 : les étapes de prélèvements (Nabi , 2021)

3-1 Prélèvement :

Prélèvement	Date de prélèvement	Date de manipulation
01	10 Avril 2021	11 Avril 2021
02	01 Mai 2021	02 Mai 2021
03	22 Mai 2021	23 Mai 2021

Tableau 5 : Dates prélèvements des périphytons de la station Est

3-2 Transport et conservation des prélèvements

Les échantillons prélevés de périphyton ont été transportés directement au laboratoire afin d'analyser l'ensemble de diatomées fixées sur la pierre.

4 Au laboratoire

4-1 traitements :

Nous avons brossé le biofilm ou la couche algale des les pierres a l'aide d'une brosse a dents dans un béccher remplir un peut avec l'eau pour récupérer tout les périphytons qui se fixée sur les pierres.

Déposer quelque gouttes de L'échantillon à l'aider d'une seringue (raison pratique de manipulation) sur la lame qui consiste à déposer la sur la lame qu'on recouvre d'une lamelle.

L'examen des lames d'un point de vue qualitatif et quantitatif (identification des diatomées) nécessite un minimum indispensable qui est le microscope photonique muni

d'un oculaires de x10, et d'un revolver comportant l'objectif de x20, x40, x100 (huile à immersion).



Figure 12 : l'étape qui suit le prélèvement (Nabi , 2021)

4-2 Identification:

La lecture des lames (**Figure 14**) se fait par balayage en recouvrant toute la surface de la lamelle, sous microscope binoculaire de Routine ZEISS Primo Star 1000 au grossissement 100 x et 40 x, toutes les observations faites sont noté instantanément sur un carnet : numéro de l'échantillon, Dessin du frustule, nombre, formes, et autres détails tels que la position des stries, côtes, raphés et autres, en même temps des photos sont prises, afin faciliter l'identification future à l'aide de guides et de clés de déterminations et Ides articles, il est à signaler que cette étape nécessite beaucoup de temps, les examens quantitatifs et qualitatifs se font au microscope inverse.



Figure 13 : Microscope binoculaire de Routine ZEISS Primo Star 1000 de 04 Objectifs (site web 2)



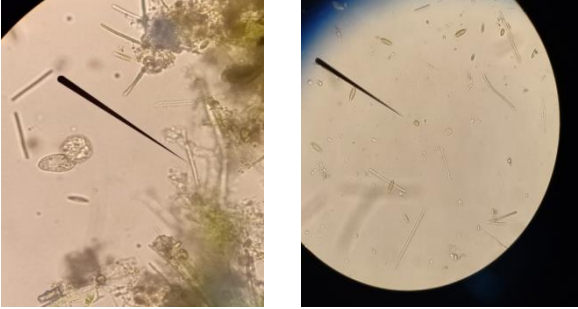
		
Echantillons préparés	Prise de notes	Photo prise sous microscope Grossissement x100 et x 40

Figure 14 : Examen et lecture des lames. (Nabi ,2021)

Les guides des diatomées et les articles

(Laplace et al., 2014)

(Didem et al ., 2004)

(Louis ,2009)

Chapitre 04 : Résultat et discussion

Les résultats de Le premier prélèvement 10 Avril 2021 obtenus sont présentés par le Tableau 5 suivant :

Tableau 5 : Liste des espèces des diatomées échantillonnées dans le lac SMB de 10 Avril 2021

Famille	Nom de l'espèce	Nombre d'espèce
BACILLARIOPHYCÉES	<i>Navicula Mutica</i> Ktg (45µ)	+
	<i>Navicula Angusta</i> Grun (65 µ)	+
	<i>Navicula Pupula</i> Ktg (50µ)	+
	<i>Nitzschia Paradoxa</i> (Gmelin) Grun (90µ)	+
	<i>Pinnularia Brevicostata</i> Cl (85µ)	++
	<i>Nitzschia Linearis</i> W Sm (135µ)	+
	<i>Pinnularia Microstauron</i> Ehr (55µ)	+
	<i>Tabellaria Fenestrata</i> (Lyngb) Ktg (75µ)	+
	<i>Gomphonema Vibrio</i> Ehr (115µ)	+
	<i>Diatoma Vulgare</i> Bory (55µ)	+
	<i>Navicula Pupula</i> Var <i>Rectangularis</i> (Greg) Grun (55µ)	+
	<i>Amphora Ovalis</i> Ktg (55µ)	+
	<i>Mastogloia Smithii</i> Var <i>Lacustris</i> Grun (40µ)	++
	<i>Navicula Pygmaea</i> Ktg (25µ)	+
	<i>Cymbella Cistula</i> (Hemprich)Grun (90µ)	+
	<i>Melosira Varians</i> Ag	+
	<i>Caloneis Amphisbaena</i> (Bory) Cl (70µ)	+

	<i>Pinnularia Nobilis</i> Ehr (270μ)	+
	<i>Tryblionella Debilis</i>	+
	<i>Pinnularia Tabellaria</i> Ehr (145μ)	+
	<i>N.Schoenfeldii</i>	++
	<i>Fallacia Pygmaea</i>	+
	<i>N. Cincta</i>	+
	<i>Navicula Veneta</i>	+
	<i>N. Accomada</i>	+
	<i>Synedra Ulna</i>	+
	<i>Navicula Tripunctata</i>	+
	<i>N. Rhynchocephala</i>	+
	<i>E Proxima</i>	+
	<i>Oscillatoria Putrida</i>	+
	<i>O. Granulata</i>	+
	<i>Synedra Acus</i>	+
	<i>G Truncatum Var. Capitatum</i>	+
MYXOPHYCEES	<i>Synechococcus Aeruginosus</i>	++
	<i>Phormidium Tinctorium</i> Ktg	++
	<i>Aphanocapsa Viresceus</i>	+
	<i>Nodularia Spumigena</i>	++
	<i>Microcystis Flos-Aquae</i>	+
	<i>Phormidium Retzii</i>	+
	<i>Oscillatoria Limosa</i> Ktg	+
	<i>Phormidium Nigra</i> Ag	+
	<i>Phormidium Algae</i>	+

	<i>Nostoc Sphaericum</i>	+
CHLOROPHYCÉES	<i>Scenedesmus Denticulatus</i>	+
	<i>Chlorella Variegatus</i>	+
	<i>Palmellococcus Miniatus</i> (Ktg)	+
	<i>Oocystis Elliptica</i> West	+
	<i>Oocystis Solitaria</i>	+
	<i>Nephrocytium Lunatum</i> West	+
	<i>Chlorococcum Humicola</i>	+
	<i>Scenedesmus Acuminatus</i>	+
	<i>Sphaerocystis Schroederi</i>	+
	<i>Scenedesmus Acuta</i>	+
	<i>Dictyosphaerium Pulchellum</i>	++
	<i>Nephrocytium Obesum</i> West	+
	DESMIDIACEES	<i>Cylindrocystis Crassa</i> De Bary (35μ)
<i>Staurastrum Commutatum</i>		+
EUGLENOPHYCEES	<i>Euglena Acus</i>	+

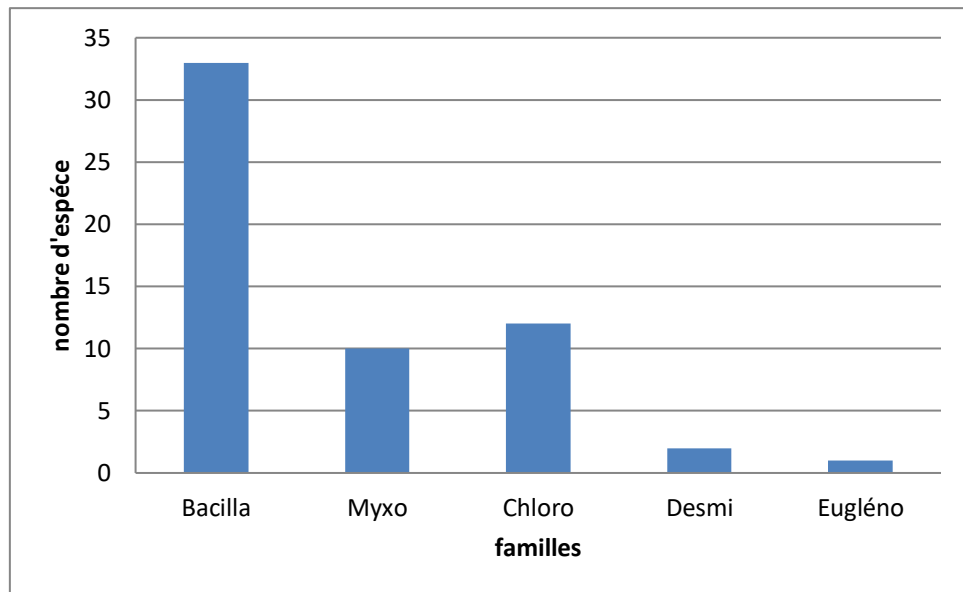


Figure 15: variation de quelque famille des diatomées du premier prélèvement (Nabi ,2021)

Traitements des données

L'analyse de la composition spécifique des échantillons nous a permis de répertorier 58 taxons de phytoplanctons d'eau douce. La liste des taxons identifiés dans le lac SMB à 10 avril 2021 est présentée dans le tableau 5. Sur la liste, figurent 05 familles de périphytons représentées par :

- Bacillariophycées, représentée par 33 espèces
- Myxophycées, représentée par 10 espèces
- Chlorophycées, représentée par 12 espèces
- Desmidiacées, représentée par 02 espèces
- Euglénophycées, représentée par une seule espèce

Les résultats de Le deuxième prélèvement 01 Mai 2021 obtenus sont présentés par le Tableau 6 suivant :

Tableau 6 : Liste des espèces des diatomées échantillonnées dans le lac SMB de 01 Mai 2021

Famille	Nom de l'espèce	Nombre d'espèce
BACILLARIOPHYCÉES	<i>Mastogloia Smithii</i> Var <i>Lacustris</i> Grun (40µ)	+
	<i>Baccillaria Paradoxa</i>	+

<i>N Phyllepta</i>	+
<i>Ceratonies Arcus</i> Ktg (65μ)	+
<i>N Accomada</i>	+
<i>N Capitatoradiata</i>	+++
<i>N schoenfeldii</i>	+++++
<i>Navicula Veneta</i>	++++
<i>Navicula Pygmaea</i> Ktg (25μ)	+
<i>Haslea Ostrearia</i>	+
<i>Amphipleura Pellucida</i> Ktg (80μ)	+
<i>Tabellaria Fenestrata</i> (Lyngb) Ktg(75μ)	+
<i>Surirella Biseriata</i>	+
<i>N Gregaria</i>	++
<i>N Decussis</i>	+
<i>Navicula Sp</i>	+
<i>Nitzschia Intermedia</i>	++
<i>N Frustulum</i>	+
<i>N Inconspicua</i>	+
<i>Tryblonella Apiculata</i>	+
<i>N Cincta</i>	+
<i>N Sigmoidea</i>	+
<i>Tryblionella Debilis</i>	+
<i>Pinnularia Viridis</i>	+
<i>Nitzschia Palea</i>	+
<i>Pinnularia Brevicostata</i>	++

	<i>Navicula Pupula</i> Var (55µ)	+
	<i>Nitzschia Pacifica</i>	+
	<i>Navicula Incertata</i>	+
	<i>Craticula Cuspidata</i>	+
	<i>Achnanthidium Exiguum</i>	+
	<i>Navicula Angusta</i> Grum (65µ)	+
	<i>Caloneis Amphisbaena</i> Cl (70µ)	+++
	<i>N Tripunctata</i>	+
	<i>Pinnularia Nobilis Her</i> (270µ)	+
	<i>Viridiformis Var</i>	+
	<i>Nodularia Sp</i>	+
	<i>Ulothrix Tenerrina</i>	+
	<i>Synedra Ulna</i>	+
	<i>Stauroneis Acuta</i>	+
MYXOPHYCEES	<i>Nodularia Spumigena</i>	+
	<i>Phormidium Retzii</i> (Ag) Gom	+
	<i>Aulosira Laxa Kirchner</i>	+
	<i>Aphanocapsa Viresceus</i>	+
	<i>Microcystis Flos-Aquae</i>	+
	<i>Coelospharium Dubium</i> Grum	+
	<i>Synechococcus Aeruginosus</i> Nägeli	+
	<i>Oscillatoria Limosa</i> Ktg	++
	<i>Tolypothrix Penicillata</i> (Ag)	+

	<i>Microcystis Marginata</i>	+
	<i>Chroococcus Giganteus</i>	+
	<i>Oscillatoria Princeps</i>	+
	<i>Oedogonium Capillare</i>	+
	<i>Melosira Varians</i>	+
	<i>Phormidium Nigra</i> Ag	+
CHLOROPHYCÉES	<i>Chlorella Variegatus</i> (750µ)	+
	<i>Scenedesmus Acuminatus</i>	++++
	<i>Characium Angustatum</i>	+
	<i>Chlorococcum Humicola</i>	+
	<i>Nephrocytium Obesum</i>	+
	<i>Scenedesmus Acuta</i>	++
	<i>Quadrigula Cloistenoides</i>	++
	<i>Eudorina Elegans</i>	+
	<i>Stephanoon Wallichii</i>	+
	<i>Gloeocystis Gigas</i>	+
	<i>Scenedesmus Denticulatus</i>	+
	<i>Dimorphococcus Lunatus</i>	+
	<i>Westella Botryoïdes</i>	+
	<i>Gonium Pectorale</i>	+
	<i>Eremosphaera Viridis</i>	+
	<i>Oocysti Elliptica</i>	+
	<i>C Minutus</i>	+
<i>Synechocystis Aquatilis</i>	+	

	<i>Chroococcus Minutus</i>	+
	<i>Coelomoron Tropicale</i> (10 μ)	+
	<i>Merismopedia Punctata</i>	+
DESMIDIACEES	<i>Staurastrum Muticum</i> Breb (35 μ)	+
	<i>Netrium Lamellosum</i> (140 μ)	+
	<i>Netrium Digitus</i> (Ehr)(140 μ)	+
	<i>Netrium Interruptum</i>	+
	<i>Cosmarium Thwaitesi</i> (70 μ)	+
	<i>Epithemia Turgida</i>	+
	<i>Cylindrocystis Crassa</i>	+
DINOPHYCEES	<i>Tetradinium</i>	+
	<i>Synechococcus Aeruginosus</i>	+
EUGLENOPHYCEES	<i>Euglena Viridis</i>	+

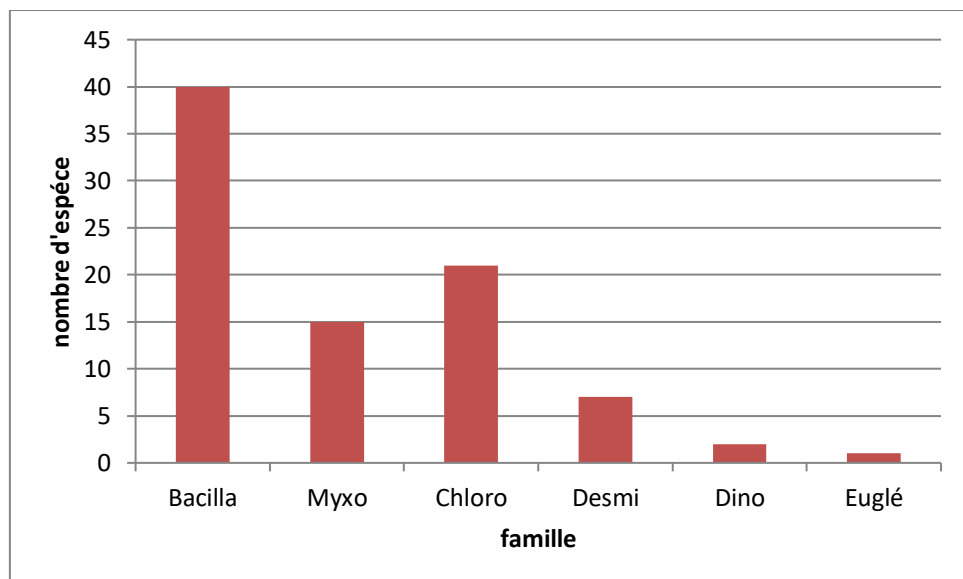


Figure 16: variation de quelque famille des diatomées du deuxième prélèvement (Nabi ,2021)

Traitements des données

L'analyse de la composition spécifique des échantillons nous a permis de répertorier 86 taxons de phytoplanctons d'eau douce. La liste des taxons identifiés dans le lac SMB à 1 Mai 2021 est présentée dans le tableau 6. Sur la liste, figurent 06 familles de périphytons représentées par :

- Bacillariophycées, représentée par 40 espèces
- Myxophycées, représentée par 15 espèces
- Chlorophycées, représentée par 21 espèces
- Desmidiacées, représentée par 07 espèces
- Euglénophycées, représentée par une seule espèce
- Dinophycées, représentée par 02 espèces

Les résultats de Le troisième prélèvement 22 Mai 2021 obtenus sont présentés par le Tableau 7 suivant :

Tableau 7 : Liste des espèces des diatomées échantillonnées dans le lac SMB de 22 Mai 2021

Famille	Nom de l'espèce	Nombre d'espèce
BACILLARIOPHYCÉES	<i>Tabellaria Fenestrata</i>	+
	<i>Navicula Veneta</i>	++
	<i>Navicula Mutica</i>	++++
	<i>Nitzschia Lineairis</i>	++++
	<i>Gomphonema Vibrio</i> Ehr (115µ)	++
	<i>Mastogloia Smithii</i> Var <i>Lacustris</i> Grun (40µ)	++++
	<i>Caloneis Amphisbaena</i> (Bory) Cl (70µ)	++++
	<i>Tryblionella Debilis</i>	++
	<i>Navicula Pygmaea</i> Ktg (25µ)	+++
	<i>N schoenfeldii</i>	+++
<i>N Phyllepta</i>	+	

	<i>N Gregaria</i>	++
	<i>Nitzschia Intermedia</i>	++
	<i>Navicula Incertata</i>	++
	<i>N Decussis</i>	+
	<i>N. Accomada</i>	++
	<i>N. Cincta</i>	++
	<i>N Capitatoradiata</i>	++
	<i>Craticula Cuspidata</i>	+
	<i>Achnanthidium Exiguum</i>	++
	<i>Pinnularia Subcapitata</i>	+
	<i>Nitzschia Palea</i>	++
	<i>N Linearis</i>	++
	<i>N Amphibia</i>	+
	<i>N Sigmoidea</i>	+
	<i>Baccillaria Paradoxa</i>	++
	<i>N Frustulum</i>	++
	<i>N Filiformis</i>	++
	<i>N Inconspicua</i>	++
	<i>Plagiotropis Lepidotropis</i>	+
	<i>Haslea Ostrearia</i>	+
	<i>Tryblionella Apiculata</i>	++
	<i>Pinnularia Brevicostata</i> Cl (85µ)	++
	<i>Navicula Pupula</i> Ktg (50µ)	++

	<i>Navicula Angusta</i> Grum (65μ)	+++
	<i>Pinnularia Nobilis</i> Ehr (270μ)	++
	<i>Viridiformis</i> Var	++
	<i>Fallacia Pygmaea</i>	++
	<i>Ceratonies Arcus</i> Ktg (65μ)	+
	<i>Navicula Radiosa</i>	+
	<i>Navicula Cryptocephala</i>	+
	<i>N Tripunctata</i>	+++
	<i>N Rhynchocephala</i>	+++
	<i>Gomphonema Sp</i>	+
MYXOPHYCEES	<i>Schizothrix Friesii</i>	+
	<i>Nodularia Spumigena</i>	++
	<i>Oscillatoria Limosa</i> Ktg	++++
	<i>Aulosira Laxa</i> Kirchner	+
	<i>Oscillatoria Princeps</i>	+
	<i>Phormidium Inundatum</i>	++
	<i>Microcystis Flos-Aquae</i>	+
	<i>Synechococcus Aeruginosus</i>	+
	<i>Oscillatoria Chalybea</i>	+
	<i>Aphanocapsa Viresceus</i>	+
	<i>Anabaena Scheremetievi</i>	+
	<i>Leptopogon Intricatum</i>	+
	<i>Chamaesiphon Confervicola</i>	+

	<i>Oscillatoria Acuminata</i>	+
	<i>Oscillatoria Limosa</i> Ktg	+
	<i>Nodularia Spumigena</i>	+
	<i>Synechococcus Aeruginosus</i>	+
	<i>Phormidium Retzii</i> (Ag) Gom	+
	<i>Phormidium Algae</i>	+
	<i>Oedogonium Capillare</i>	+
	<i>Melosira Varians</i> Ag	+
	<i>Synedra Ulna</i>	+
	<i>Scytonema Alatum</i>	+
	<i>Merismepodia Glauca</i>	++
	<i>Chroococcus Giganteus</i>	+
CHLOROPHYCÉES	<i>Nephrocytium Obesum</i>	+
	<i>Gloeocystis Gigas</i>	+
	<i>Stephanoon Askenasii</i>	+
	<i>A Koordesii</i>	+
	<i>Scenedesmus Acuminatus</i>	+
	<i>Eremosphaera Viridis</i>	+
	<i>Oocystis Solitaria</i>	+
	<i>Volvox Aureus</i>	++
	<i>Oocystis Elliptica</i>	+
	<i>Scenedesmus Acuta</i>	+
	<i>C Minutus</i>	++++

	<i>Eudorina Elegans</i>	++
	<i>Chlorella Variegatus</i>	+
	<i>Golenkinia Pancipinosa</i>	+
	<i>Scenedesmus Quadricauda</i>	++
	<i>Kirchneriella Contorta</i>	+
	<i>Phaeococcus Adnatus</i>	+
	<i>Scenedesmus Denticulatus</i>	++
	<i>Echinosphaerella Limnetica</i>	+
	<i>Goniumpectorale</i>	++
	<i>Chrococcus Minutus</i>	+
	<i>Chloridella Minuta</i>	+
	<i>Synechocystis Aquatilis</i>	+
	<i>Merismopedia Punctata</i>	++
	<i>Stephanoon Wallichii</i>	+
	<i>Dimorphococcus Lunatus</i>	+
	<i>Westella Botryoides</i>	+
DESMIDIACEES	<i>Cosmarium Thwaitesi</i> (70μ)	+
	<i>Staurastrum Muticum</i> Breb (35μ)	+
	<i>Mesotaenium Braunni</i>	+
	<i>Cosmarium Quadratum</i>	+
	<i>Cosmarium Connatum</i> (80μ)	+
	<i>Cylindrocystis Crassa</i> De Bary (35μ)	+
	<i>Netrium Interruptum</i>	+

	<i>Netrium Lamellosum</i> (140μ)	+
	<i>Staurastrum Commutatum</i>	+
EUGLENOPHYCEES	<i>Trachelomonas Hispida</i>	+
	<i>Euglena Viridis</i>	+
DINOPHYCEES	<i>Tetradinium</i>	+
CHRYSOPHYCEES	<i>Chromulina Spectabilis</i>	+

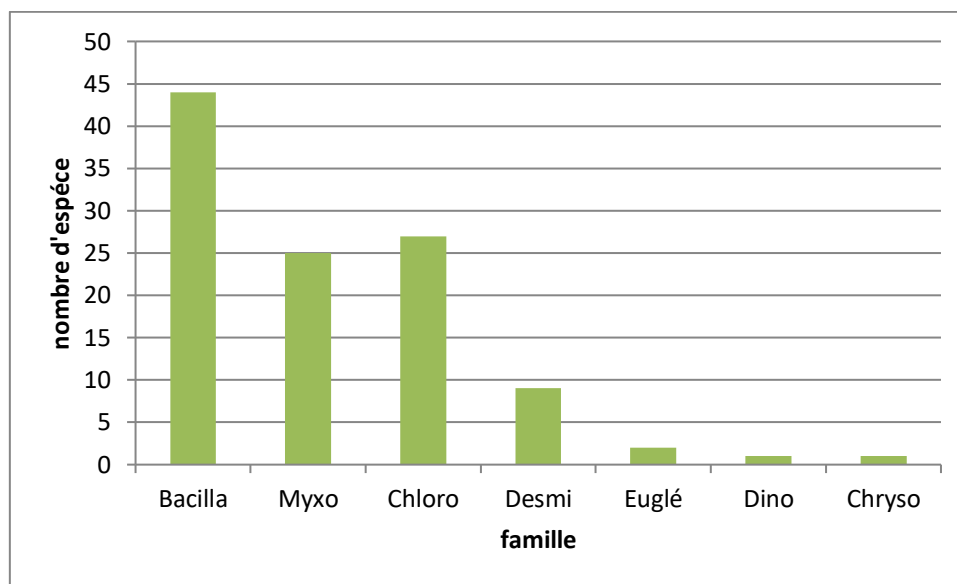


Figure 17: variation de quelque famille des diatomées du troisième prélèvement (Nabi ,2021)

(+) : Présence du genre (observé)

(-) : Absence du genre (Non observé)

Traitements des données

L'analyse de la composition spécifique des échantillons nous a permis de répertorier 109 taxons de phytoplanctons d'eau douce. La liste des taxons identifiés dans le lac SMB à 22 Mai 2021 est présentée dans le tableau 7. Sur la liste, figurent 07 familles de périphytons représentées par :

- Bacillariophycées, représentée par 44 espèces
- Myxophycées, représentée par 25 espèces
- Chlorophycées, représentée par 27 espèces

- Desmidiacées, représentée par 09 espèces
- Euglénophycées, représentée par 02 espèces
- Dinophycées, représentée par une seule espèce
- Chrysophycées, représentée par une seule espèce

Tableau 8 : comparaison entre les trois prélèvements

Famille	Nom de l'espèce	Prélèvement 01	Prélèvement 02	Prélèvement 03
BACILLARIOPHYCÉES	<i>Navicula Mutica</i> Ktg (45µ)	+	-	++++
	<i>Navicula Angusta</i> Grun (65 µ)	+	-	-
	<i>Navicula Pupula</i> Ktg (50µ)	+	+	+
	<i>Nitzschia Paradoxa</i> (90µ)	+	-	-
	<i>Pinnularia Brevicostata</i> Cl (85µ)	++	++	++
	<i>Nitzschia Linearis</i> W Sm (135µ)	+	-	-
	<i>Pinnularia Microstauron</i> Ehr (55µ)	+	-	-
	<i>Tabellaria Fenestrata</i> (Lyngb) Ktg (75µ)	+	+	+
	<i>Gomphonema Vibrio</i> Ehr (115µ)	+	-	++
	<i>Diatoma Vulgare</i> Bory (55µ)	+	-	-
	<i>Navicula Pupula</i> Var <i>Rectangularis</i> (Greg) Grun (55µ)	+	-	++
	<i>Amphora Ovalis</i> Ktg (55µ)	+	-	-
	<i>Mastogloia Smithii</i> Var <i>Lacustris</i> Grun (40µ)	++	+	+++++
	<i>Navicula Pygmaea</i> Ktg (25µ)	+	+	+++
	<i>Cymbella Cistula</i> (Hemprich)Grun (90µ)	+	-	-
	<i>Melosira Varians</i> Ag	+	-	-
	<i>Caloneis Amphisbaena</i> (Bory) Cl (70µ)	+	-	++++

<i>Pinnularia Nobilis</i> Ehr (270μ)	+	-	++
<i>Tryblionella Debilis</i>	+	+	++
<i>Pinnularia Tabellaria</i> Ehr (145μ)	+	-	-
<i>N.Schoenfeldii</i>	++	+++++	-
<i>Fallacia Pygmaea</i>	+	-	++
<i>N. Cincta</i>	+	-	++
<i>Navicula Veneta</i>	+	++++	+++
<i>N. Accomada</i>	+	-	++
<i>Synedra Ulna</i>	+	+	-
<i>Navicula Tripunctata</i>	+	-	-
<i>N. Rhynchocephala</i>	+	-	-
<i>E Proxima</i>	+	-	-
<i>Oscillatoria Putrida</i>	+	-	-
<i>O. Granulata</i>	+	-	-
<i>Synedra Acus</i>	+	-	-
<i>G Truncatum Var. Capitatum</i>	+	-	-
<i>Baccillaria Paradoxa</i>	-	+	++
<i>N Phyllepta</i>	-	+	+
<i>Ceratonies Arcus</i> Ktg (65μ)	-	+	+
<i>N Accomada</i>	-	+	-
<i>N Capitatoradiata</i>	-	+++	++
<i>N schoenfeldii</i>	-	++++	+++
<i>Haslea Ostrearia</i>	-	+	+
<i>Amphipleura Pellucida</i> Ktg (80μ)	-	+	-

<i>Surirella Biseriata</i>	-	+	-
<i>N Gregaria</i>	-	++	++
<i>N Decussis</i>	-	+	+
<i>Navicula Sp</i>	-	+	-
<i>Nitzschia Intermedia</i>	-	++	++
<i>N Frustulum</i>	-	+	++
<i>N Inconspicua</i>	-	+	++
<i>Tryblonella Apiculata</i>	-	+	-
<i>N Cincta</i>	-	+	-
<i>N Sigmoidea</i>	-	+	+
<i>Pinnularia Viridis</i>	-	+	-
<i>Nitzschia Palea</i>	-	+	++
<i>Navicula Pupula</i> Var (55µ)	-	+	-
<i>Nitzschia Pacifica</i>	-	+	-
<i>Navicula Incertata</i>	-	+	++
<i>Craticula Cuspidata</i>	-	+	+
<i>Achnanthidium Exiguum</i>	-	+	++
<i>Navicula Angusta</i> Grum (65µ)	-	+	+++
<i>Caloneis Amphisbaena</i> Cl (70µ)	-	+++	-
<i>N Tripunctata</i>	-	+	+++
<i>Pinnularia Nobilis</i> Her (270µ)	-	+	-
<i>Viridiformis</i> Var	-	+	++
<i>Nodularia Sp</i>	-	+	-

	<i>Ulothrix Tenerrina</i>	-	+	-
	<i>Stauroneis Acuta</i>	-	+	-
	<i>Nitzschia Lineairis</i>	-	-	++++
	<i>Pinnularia Subcapitata</i>	-	-	+
	<i>N Linearis</i>	-	-	++
	<i>N Amphibia</i>	-	-	+
	<i>N Filiformis</i>	-	-	++
	<i>Plagiotropis Lepidotropis</i>	-	-	+
	<i>Tryblionella Apiculata</i>	-	-	++
	<i>Navicula Radiosa</i>	-	-	+
	<i>Navicula Cryptocephala</i>	-	-	+
	<i>N Rhynchocephala</i>	-	-	+++
	<i>Gomphonema Sp</i>	-	-	+
MYXOPHYCEES	<i>Synechococcus Aeruginosus</i>	++	+	+
	<i>Phormidium Tinctorium</i> Ktg	++	-	-
	<i>Aphanocapsa Viresceus</i>	+	+	+
	<i>Nodularia Spumigena</i>	++	+	++
	<i>Microcystis Flos-Aquae</i>	+	+	+
	<i>Phormidium Retzii</i>	+	+	-
	<i>Oscillatoria Limosa</i> Ktg	+	++	++++
	<i>Phormidium Nigra</i> Ag	+	+	-
	<i>Phormidium Algae</i>	+	-	-
	<i>Nostoc Sphaericum</i>	+	-	-

	<i>Aulosira Laxa Kirchner</i>	-	+	+
	<i>Coelospharium Dubium</i> Grum	-	+	-
	<i>Tolypothrix Penicillata</i> (Ag)	-	+	-
	<i>Microcystis Marginata</i>	-	+	-
	<i>Chroococcus Giganteus</i>	-	+	-
	<i>Oscillatoria Princeps</i>	-	+	+
	<i>Oedogonium Capillare</i>	-	+	-
	<i>Melosira Varians</i>	-	+	-
	<i>Schizothrix Friesii</i>	-	+	-
	<i>Phormidium Inundatum</i>	-	-	++
	<i>Oscillatoria Chalybea</i>	-	-	+
	<i>Anabaena Scheremetievi</i>	-	-	+
	<i>Leptopogon Intricatum</i>	-	-	+
	<i>Chamaesiphon</i> <i>Confervicola</i>	-	-	+
	<i>Oscillatoria Acuminata</i>	-	-	+
	<i>Merismepodia Glauca</i>	-	-	+
CHLOROPHYCÉES	<i>Scenedesmus Denticulatus</i>	+	+	++
	<i>Chlorella Variegatus</i>	+	+	+
	<i>Palmellococcus Miniatus</i> (Ktg)	+	-	-
	<i>Oocystis Elliptica</i>	+	+	+
	<i>Oocystis Solitaria</i>	+	-	+
	<i>Nephrocytium Lunatum</i> West	+	-	-
	<i>Chlorococcum Humicola</i>	+	+	-
	<i>Scenedesmus Acuminatus</i>	+	+++	+

<i>Sphaerocystis Schroederi</i>	+	-	-
<i>Scenedesmus Acuta</i>	+	++	+
<i>Dictyosphaerium Pulchellum</i>	++	-	-
<i>Nephrocytium Obesum</i>	+	+	+
<i>Characium Angustatum</i>	-	+	-
<i>Nephrocytium Obesum</i>	-	+	-
<i>Quadrigula Cloistenoides</i>	-	++	-
<i>Eudorina Elegans</i>	-	+	++
<i>Stephanoon Wallichii</i>	-	+	-
<i>Gloeocystis Gigas</i>	-	+	+
<i>Dimorphococcus Lunatus</i>	-	+	+
<i>Westella Botryoïdes</i>	-	+	-
<i>Gonium Pectorale</i>	-	+	-
<i>Eremosphaera Viridis</i>	-	+	+
<i>C Minutus</i>	-	+	+++
<i>Synechocystis Aquatilis</i>	-	+	+
<i>Chrococcus Minutus</i>	-	+	+
<i>Coelomonon Tropicale</i> (10µ)	-	+	-
<i>Merismopedia Punctata</i>	-	+	++
<i>Stephanoon Askenasii</i>	-	-	+
<i>A Koordesii</i>	-	-	+
<i>Volvox Aureus</i>	-	-	++
<i>Golenkinia Pancipinosa</i>	-	-	+
<i>Scenedesmus Quadricauda</i>	-	-	++
<i>Kirchneriella Contorta</i>	-	-	+

	<i>Phaeococcus Adnatus</i>	-	-	+
	<i>Echinosphaerella Limnetica</i>	-	-	+
	<i>Goniumpectorale</i>	-	-	++
	<i>Chloridella Minuta</i>	-	-	+
	<i>Stephanoon Wallichii</i>	-	-	+
	<i>Westella Botryoides</i>	-	-	+
DESMIDIACEES	<i>Cylindrocystis Crassa</i> De Bary (35µ)	+	+	+
	<i>Staurastrum Commutatum</i>	+	-	+
	<i>Staurastrum Muticum</i> Breb (35µ)	-	+	+
	<i>Netrium Lamellosum</i> (140µ)	-	+	+
	<i>Netrium Digitus</i> (Ehr)(140µ)	-	+	-
	<i>Netrium Interruptum</i>	-	+	+
	<i>Cosmarium Thwaitesi</i> (70µ)	-	+	+
	<i>Epithemia Turgida</i>	-	+	-
	<i>Mesotaenium Braunni</i>	-	-	+
	<i>Cosmarium Quadratum</i>	-	-	+
	<i>Cosmarium Connatum</i> (80µ)	-	-	+
EUGLENOPHYCEES	<i>Euglena Acus</i>	+	-	-
	<i>Euglena Viridis</i>	-	+	+
	<i>Trachelomonas Hispida</i>	-	-	+
DINOPHYCEES	<i>Tetradinium</i>	-	+	+
	<i>Synechococcus Aeruginosus</i>	-	+	-
CHRYSOPHYCEES	<i>Chromulina Spectabilis</i>	-	-	+

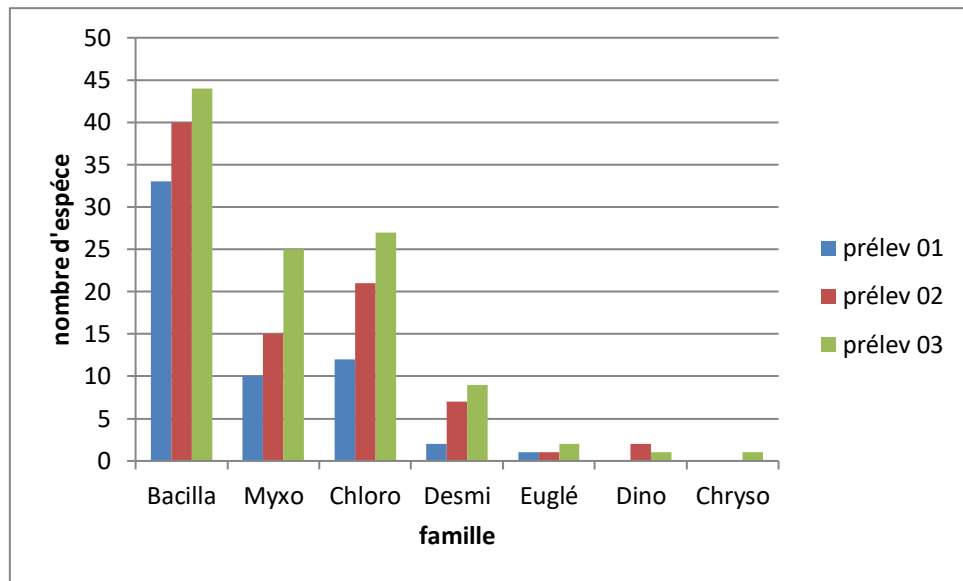


Figure 18: Liste comparative entre les trois prélèvements (Nabi ,2021)

Discussion des résultats :

Il est à signaler que le mode de prélèvement n'étant pas le même pour les trois campagnes mais qui nous livre des informations précieuses sur la composition diatomique à un temps donné. Aux termes de notre étude (Avril et Mai 2021) il a été identifiés 159 Genres de Diatomées. La liste des Genres de Diatomées identifiés établie au niveau du lac de SMB, ainsi donc enrichie par 77 espèces appartenant à la famille Bacillariophycées, et 26 espèces appartenant à la famille Myxophycées, et 39 espèces appartenant à la famille Chlorophycées, et 11 espèces appartenant à la famille Euglenophycées, et 02 espèces appartenant à la famille Dinophycées et une seule espèce appartenant à la famille Chrysophycées, ce qui dénote une fois de plus la diversité biologique où les trois échantillons sont liés les uns aux autres.

Le lac SMB est clairement dominé par les Bacillariophycées, les Chrysophycées sont moins abondantes. Bacillariophycées qui trouvent dans les trois prélèvements est *Navicula Pupula*, *Pinnularia Brevicostata*, *Tabellaria Fenestrata*, *Mastogloia Smithii*, *Navicula Pygmaea*, *Tryblionella Debilis*, *Navicula Veneta*, et Les espèces *Synechococcus Aeruginosus*, *Aphanocapsa Viresceus*, *Nodularia Spumigena*, *Microcystis Flos-Aquae*, *Oscillatoria Limosa* de Myxophycées, *Scenedesmus Denticulatus*, *Chlorella Variegatus*, *Oocystis Elliptica*, *Scenedesmus Acuminatus*, *Scenedesmus Acuta*, *Nephrocytium Obesum* de Chlorophycées, *Cylindrocystis Crassa* à la famille Desmidiacées.

D'après les résultats obtenus, nous avons observé une évolution du nombre de taxons phytoplanctoniques avec l'augmentation de la température.

Conclusion

Conclusion :

Les lacs constituent un écosystème très riche. La biodiversité des milieux aquatiques d'une façon générale est d'une importance considérable qui mérite une bonne protection.

Le lac SMB est considéré comme l'une des plus importantes réserves naturelles de l'Ouest algérien qui est face aujourd'hui au risque de pollution anthropique.

Les diatomées sont des algues microscopiques qui sont largement utilisées pour évaluer la qualité écologique des eaux. Les méthodes utilisées se basent sur des modèles simplifiés de biologie des communautés, dans lesquels seules les réponses individuelles des espèces à l'environnement sont prises en compte.

Le test de l'importance de processus complémentaires a montré un impact fort des dynamiques de colonisation des espèces. Ils sont largement distribués au niveau de l'eau douce et un grand potentiel pour le développement des études qui visent la caractérisation de leur composé ainsi que les détails des activités biologique et écologiques.

Notre présent travail a permis de définir des éco-région du lac SMB et de décrire des relations générales entre les traits biologiques des espèces et l'environnement, tout en prenant mieux en compte cette complexité et viser l'étude de l'évolution des diatomées qui forment une ressource intéressante et très prometteuse de substances biologiquement actives. Le périphyton collecté au niveau de la lac SMB de la wilaya de Sidi Bel Abbès.

La biomasse annuelle a augmenté de près de deux fois par rapport au premier prélèvement. L'analyse de la richesse spécifique des échantillons, nous a permis de répertorier 159 taxons de phytoplanctons d'eau douce répartis sur 07 familles. La communauté phytoplanctonique est dominée par les bacillariophycées, qui succèdent ou co-dominent, quant à la richesse taxonomique.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Amblard C**, 1987. Les successions phytoplanctoniques en milieu lacustre. Ann. Biol., 26, vol. 1, 1-34.
- **Amblard C**, 1988. Seasonal succession and stratégies of phytoplankton development in two lakes of différent trophic states. J. Plankton fies, 10, 1189-1208.
- **Amblard C**, 1992. Seasonal Periodicity in Lacustrine Phytoplankton and the Theory of Ecological Succession. Int. Revue ges. Hydrobiol., 77, vol. 1, 121-134.
- **Angelier E.**, 2000. Ecologie des eaux courantes. Lavoisier, Technique et Documentation, Paris, 199.
- **Arrignon.j** (1976):Aménagement Ecologique Et Piscicole Des Eaux Douces Édition Gauthier-Villaars Paris.
- **Arrignon Jacques** ; 1998 ; Aménagement Piscicole Des Eaux Douces ; TECHNIQUE & DOCUMENTATION .Paris ; 21-23.
- **Aubourg S., Boudet N., Kreis M., Lecharny A.** (2000). In Arabidopsis thaliana, 1% of the genome codes for a novel protein family unique to plants. Plant Molecular Biology. 42: 603-613.
- **Barnabé G.**, 1991. Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Lavoisier, Technique et Documentation, Paris, 1-66.
- **Barbe J., M. E. Lafont, L. Mallet, J. Mouthon, M. Philippe, V. Vey**, 2013. Actualisation de la méthode de diagnose rapide des plans d'eau analyse critique des indices de qualité des lacs et propositions d'indices de fonctionnement de l'écosystème lacustre. Cemagref, Lyon, 5-7.
- **Bendjelloul N., Boughrara G.** (2005). Contribution à l'étude du lac Sidi M'hamed Ben Ali. Qualité et état de santé. (4): 69-85.
- **Blunt J.** 2006: Marine Natural Product. Nat. Prod. Rep. 23, 26D78 (and earlier reviews cited therein).

- **Boudiffa. H.**, 1993. Étude comparative du zooplancton de deux lacs de la région de Sid Bel Abbès : lac Sidi Mohamed Benali et le barrage Sarno'', Thèse de magister (Université des Sciences et Techniques – USTHB Alger) ,149 p.
- **Bougis Paul**, 1974, Écologie du plancton marin le phytoplancton, MASSON ET C^{ie} 120, Boulevard Saint-Germain, PARIS-VI^e.
- **Bull. Fr. Pêche Piscic.** (1988), Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique.
- **Chepurnov, V.A., Sabbe, K, Vyverman, W. ET Mann, D.G.** (2004) Apomixis in Achnanthes (Bacillariophyceae); development of a model system for diatom reproductive biology. European Journal of Phycology, 39, 327–341.
- **Calamari D., H. Naeve**, 1994. Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain. Document Technique du CPCA., FAO., Rome, (25) : 129.
- **Dajoz R.**, 2006. Précis d'écologie, Dunod, 8ème éd., Paris, 593-594.
- **Didem Karacaoglu, fiükran Dere, Nurhayat Dalkiran Uludag**,2004, University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, 16059 Görükle, Bursa-TURKEY.
- **Drebes, G**, 1977, Sexuality. Dans The Biology of Diatoms p. 250–283Werner D. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- **Edlund, M.B. et Stoermer, E.F.** (1997) Ecological, evolutionary, and systematic significance of diatom life histories. Journal of Phycology, 33, 897–918.
- **El Badaoui Naima ép. Belkhir**, 2016, étude de l'état trophique et eco-toxicologique d'un milieu limnique: cas du lac Sidi M'hamed Benali (ouest algérien), faculté des sciences de la nature et de la vie, Sidi Bel Abbes, thèse de doctorat en sciences p 24 .
- **Faurie C., Ch. Ferra, P. Médori, J. Dévaux, J-L Hemptine**, 2012. Ecologie, Approche scientifique et pratique, Lavoisier, Technique et Documentation, 6eme éd., Paris, 101-111.
- **Frifra Imane Majda, Addou Houria**, 2014, l'aménagement et a dynamisation du lac Sidi Mohamed Benali situé dans la wilaya se sidi bel abbes, Mémoire de Master.

- **Garon-Lardiere, S.** 2004 : Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Université De Bretagne Occidentale.
- **Gaujous D.**, 1995, la pollution des milieux aquatiques, Lavoisier, Technique et Documentation, Paris, 155-189.
- **Geitler, L.** (1932) Der Formwechsel der pennaten Diatomeen (Kieselalgen). Fischer, Jena.
- **Gevaert F, Creach A, Davoult D, Kling R & Lemoine Y.** 2001 : Réponses des grandes algues marines *Laminaria saccharina* aux variations d'irradiance lors d'un cycle de marée simulé : photoinhibition et photoprotection (résultats préliminaires), Journal de Recherche Océanographique, 16(1-2) : 9–17.
- **Grosclaude G.**, 1999. L'eau milieu naturel et maîtrise. INRA, Tome 1, Paris, 105-113.
- **Halassi Ismahen et El afri Ali et Houhamdi Moussa**, 2013, Dynamique Et Roles Des Microorganismes Dans L'autoepuration Des Ecosystemes Aquatique : Cas De *Bdellovibrio Bacteriovorus* Dans Le Lac Des Oiseaux Nord-Est De L'algerie, Université Abbes Laghrour, Kenchela et Université 08mai45 Guelma, p 646.
- **Hortense F.** (2011). Les applications et la toxicité des algues marines. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Limoges. France.
- **John, J.** (2000) A guide to diatoms as indicators of urban stream health. LWRRDC Occasional Paper, 14/99 (Urban Sub Program, Report No.7).
- **Kerfouf A., Benyahia M., CharifK.** (2008). Diagnostic bio-sédimentaire et proposition d'aménagement du lac Sidi Mohamed Ben Ali (Sidi Bel Abbes, Algérie nord occidentale). *Hydrobiologia*. 25: 285-288.
- **Kociolek, J.P. et Stoermer, E.F.** (1989) Chromosome numbers in diatoms: a review. *Diatom Research*, 4, 47–54.
- **Lacaze, J. C.**, 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales. Ellipses, Paris, 191.

- **Langlois C.** (2006), Langlois_biogeopal_TD5_Fiche Diatomées, Pdf.
- **Lenaïg Kermarrec**, 2012, Apport des outils de la biologie moléculaire pour l'utilisation des diatomées comme bioindicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques lotiques et pour l'étude de leur taxonomie, université de Grenoble, Thèse de doctorat ,9 p.
- **Laplace-Treyture .C ,Peltre M.C ,Lambert E ,Rodriguer S,Vergon J P**, 2014, Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes, les Editions d'irstea Bordea ,Cestas, ministère de l'environnement,204 p.
- **Lévêque C.**, 1998. Ecosystèmes aquatiques. Hachette. Paris, 170.
- **Lévêque C.**, 2006. Ecologie de l'écosystème à la biosphère. Hachette, Paris, p.126.
- **Loir M**, (2004) : Guide des Diatomées. Delachaux et Niestlé, Paris. 239 p.
- **Louis Leclercq**, 2009, L'érable, université de Liège, Station scientifique des Hautes-Fagnes, rue de Botrange 127,4950 Waimes.
- **Makhoukh, M., M. Sbaa, A. Berrahou, et Van. M. Clooster**, 2011. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de L'oued Moulouya (Maroc Oriental). Larhyss Journal, 9: 149-169.
- **Mezouari Soumia**, 2016, Isolement et caractérisation des microorganismes à intérêt g biotechnologique de la région de Sidi Bel Abbes, faculté des sciences de la nature et de la vie Sidi Bel Abbes, Thèse De Doctorat.
- **Meunier P., C. Anderson, N. Lafontaine, S. Turgeon**, 2007. Guide d'élaboration d'un plan directeur de bassin versant de lac et adoption de bonnes pratiques. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, 12-20.
- **Newson .M** (1994): Hydrology and he River Envirenment .Claredon Univer, Press, Oxford.

- **Niemann E.**, 2008. Impact des infrastructures linéaires de génie civil (cas de la pollution routière et des chantiers routiers) sur les écosystèmes et la biodiversité de la faune et de la flore aquatiques (Rapport). SG/DRAST/MGC, Medad, (2) : 28-10.
- **ONU.** (2000). L'avenir de l'environnement mondial. DeBoeck Université. 151-169.
- **Pierre Mollo, Anne Noury**, 2013, Le Manuel Du Plancton, Charles Léopold Mayer, 38, rue Saint-Savin 75011 Paris France .
- **Quemerais P.** (2005). Synthèse : La gestion de l'eau dans les pays en développement. Journal de Montréal. 86-91.
- **Radmer.** (1994). Commercial application **Radmer, R.J., Parker, B. C.**, 1994 of Algae: Opportunities and constraints Journal of Phycology. 6, 93-98.
- **Ramade F.**, 2012. Éléments d'écologie – écologie appliquée : action de l'homme sur la biosphere. Dunod. 7ème éd., Paris, 293- 412.
- **Ramade F.**, 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions : les polluants de l'environnement à l'homme. Ediscience international, Paris, 690p.
- **Reynolds C.S.**, 1988. The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. Verh. Internat. Verein. Limnol., 23, 683-691.
- **Ricklefs R.E., Miller G.L.**, 2005. Ecologie. De Boeck université, 4ème, Paris, p.821.
- **Rodier J.** (2009) :L'analyse De L'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires,9 Edition Paris Dunod.
- **Round, F.E., Crawford, R.M. et Mann, D.G.** (1990) The diatoms: biology & morphology of the genera. Cambridge University Press.
- **Roy, P. K., D. Ray, S. Pal, G. Banerjee, A. Majumder and A. Mazumdar**, 2014. Qualitative and Quantitative Assessment of Pollutional Load in River Ganga in West Bengal Using Statistical Technique. World Applied Sciences Journal, 29(5): 634-640.
- **Sayoud Mohamed Samir**, 2017, Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du Lac de Réghaia par Indice Diatomique Générique –IDG. Université M'Hamed Bougara Boumerdes, Mémoire de fin d'études, 19-22 p.

- **Sommer U., Gliwicz M., Lampert W., Duncan A.**, 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in freshwater. Arch. Hydrobiol., 706,433-471.
- **Stevenson R. Jan, Loren L. Bahls**, 1998, PERIPHYTON PROTOCOLS, University of Louisville and University of Montana.
- **Touchart L.**, 2002. Limnologie physique et dynamique : une géographie des lacs et des étangs. Harmattan, Paris, p.60.
- **Vivier P**, 1965, La Autoépuration Dans Les Réservoirs (Massif Central Français), I. N. R. A., Station d'hydrobiologie continentale de Paris.
- **Von Dassow, P. ET Montresor, M.** (2011) Unveiling the mysteries of phytoplankton life cycles: patterns and opportunities behind complexity. Journal of Plankton Research, 33, 3 –12.

➤ **Documents à consulter :**

Direction de l'Environnement (Wilaya de Sidi Bel Abbes), 2012.

ONM (Station de météorologie de la Wilaya de Sidi Bel Abbes), 2015.

➤ **Sites Internet :**

Siteweb1: (<https://lamaisondalzaz.files.wordpress.com>).

Siteweb2: (<https://www.naturoptic.com/detail-microscope-binoculaire-de-routine-zeiss-primo-star-1000x-3283.php>)