



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ CHADLI BENDJEDID D'EL-TARF

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de BIOLOGIE

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2

Spécialité : « TOXICOLOGIE INDUSTRIELLE ET ENVIRONNEMENTALE »

THEME

Contribution à la détermination de la qualité de l'eau du Lac des Oiseaux par le calcul de l'Indice Biologique Diatomées IBD.

Présenté Par : M^{elle} Hamza Houria

Soutenu le : 11 juillet 2019

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} Saidi. H

MCB

Université Chadli Bendjedid-El Tarf

Examineur : Mr Rouag. R

MCA

Université Chadli Bendjedid-El Tarf

Promoteur : M^{me} Samar. N

MAA

Université Chadli Bendjedid-El Tarf

Co-promoteur: M^{me} Rizi. H

MCB

Université Chadli Bendjedid-El Tarf

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciement

Je tiens a remercier en premier lieu dieu le tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et m'a permis de réaliser ce travail en me donnant la force, la patience et la volonté.

J'adresse mes vifs remerciements à mon encadreur Mme Samar. N pour ses orientations, encouragements et conseils tout le long de la réalisation du mémoire

*Un grand merci à mon co-encadreur Mme **Rizi. H**, pour son aide précieuse et ses orientations qu'elle ma prodiguée tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Mes vifs et sincères remerciements à Mme **Saidi .H**, d'avoir répondu favorablement pour juger ce travail malgré ses multiples obligations*

*Un grand remerciement à Mr **Rouag. R** d'avoir accepté d'examiné ce travail et de faire partie du jury.*

Je tiens à remercier aussi mes camarades de terrain : Wissal, Loubna, Sami, abir, Mounia, Hadjira, Roumaissa, Bouthaina, Rayen, Rania, soundous et Hanene

A tout les personnes qui mon aidée de pris ou bien de loin

Merci beaucoup

HOURLIA

Dédicace

A mes très chers parents.

A ma mère Aïcha signe d'amour, de tendresse, de respect et de courage.

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi mon père : ALI BEY

À mes adorables frères : hamdi et SOULAIMENE

À mes adorables sœurs SAMIA ; LEILA et INES

Aux anges de la famille : YASMINE; IMENE ; GHOUZLEN ; SAOUSEN ; ISMAHENE; REDA ; LOUJAINE ; MED JOUD et MED AMINE.

A mon Mari KARIM pour son soutien et ses encouragements

À mes proches amies : Bisma ; Sana ; Zahia ; Hakim; Lotfi; Walid et Khadija.

À tous les membres de ma famille, petits et grands

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

HOURIA

Résumé

Notre étude concerne l'exposition du lac des oiseaux à la pollution liée à l'activité agricole et humaine, elle a pour but d'estimer le degré de contamination biologique de l'eau de cet écosystème lacustre (lac des oiseaux), par l'utilisation de l'Indice Biologique Diatomées (IBD). Notre présent travail est basé sur l'étude des différents types des diatomées qui caractérisent l'eau douce du lac des oiseaux.

Dans la présente étude, nous avons examiné la qualité d'eau du lac des oiseaux (la wilaya d'el tarf) pendant la période printanier(2019). Les diatomées pénales dominent avec un pourcentage de **71,42%**. Tends que les diatomées centriques ne représentent qu'environ un tiers soit **28,7 %** des diatomées. Nous avons pu identifier 7 espèces de diatomées benthiques dont Aulacoseira et Nitzschia sont les abondantes et sont puissent indication d'une forte pollution.

Les notes de l'IB sont mauvaises à très mauvaises indiquant une mauvaise qualité de l'eau du lac des oiseaux due à la pollution prévenant du bassin versant.

Nous avons utilisées l'indice biologique de diatomées pour connaitre la qualité de l'eau du lac des oiseaux, et nous avons trouvées que l'indice biologique de diatomées est varié entre 3 et 9. Ou la qualité du lac est mauvaise au sud, est, nord et très mauvaise au ouest et l'eutrophisation est forte au sud, est, nord et très forte au ouest.

Mots clés : lac des oiseaux, diatomées, indices biologique diatomique.

ملخص

تتعلق دراستنا بتعرض بحيرة الطيور للتلوث المرتبط بالنشاط الزراعي والبشري ، والغرض منها هو تقدير درجة التلوث البيولوجي لمياه هذا النظام البيئي لأكوسترين (بحيرة الطيور) ، من خلال استخدام مؤشر البيولوجية المشطورة (IBD) يعتمد عملنا الحالي على دراسة أنواع مختلفة من الدياتومات التي تميز المياه العذبة في بحيرة الطيور. في هذه الدراسة ، فحصنا نوعية مياه بحيرة الطيور (ولاية الطرف) خلال فصل الربيع (2019). تهيمن الدياتومات الجزائية بنسبة 71.42٪. لنفترض أن الدياتومات المركزية لا تمثل سوى حوالي الثلث أو 28.7 ٪ من الدياتومات. لقد حددنا 7 أنواع من الدياتومات القاعية التي *Aulacoseira* و *Nitzschia* وفيرة وتشير إلى ارتفاع التلوث. درجات البكالوريا الدّوليّة ضعيفة إلى فقيرة جدًا ، مما يشير إلى تدني نوعية المياه في بحيرة الطيور بسبب التلوث الناجم عن مستجمعات المياه. استخدمنا مؤشر المشطورة البيولوجية لمعرفة نوعية المياه في بحيرة الطيور ، ووجدنا أن المؤشر الدياتومي البيولوجي يتراوح بين 3 و 9. أو أن جودة البحيرة سيئة في الجنوب ، الشرق والشمال وسيئة للغاية في الغرب والتخثث قوي في الجنوب والشرق والشمال وقوية جدا في الغرب .

الكلمات المفتاحية : بحيرة الطيور ، الدياتومات ، المؤشرات البيولوجية ثنائية الابعاد.

Abstract

Our study concerns the exposure of bird lake to pollution related to agricultural and human activity. Its purpose is to estimate the degree of biological contamination of the water of this lacustrine ecosystem (lake of birds), by use of the Diatom Biological Index (IBD). Our present work is based on the study of the different types of diatoms that characterize the fresh water of bird lake.

In this study, we examined the water quality of Bird Lake (el tarf wilaya) during the spring (2019). The penal diatoms dominate with a percentage of 71.42%. Suppose that centric diatoms represent only about one-third or 28.7% of diatoms. We have identified 7 species of benthic diatoms of which Aulacoseira and Nitzschia are abundant and are indicative of high pollution.

IB scores are poor to very poor, indicating poor water quality in Bird Lake due to pollution from the watershed.

We used the biological diatom index to know the water quality of bird lake, and we found that the diatom biological index is varied between 3 and 9. Or the quality of the lake is bad in the south, east, north and very bad in the west and eutrophication is strong in the south, east, north and very strong in the west.

Key words: bird lake, diatoms, diatomic biological indices.

LISTE DES FIGURES

N°	Nom des figures	N ° Des pages
01	Schéma de cycle de l'eau	05
02	Classification du phytoplancton	11
03	Classification des diatomées	14
04	La structure des diatomées	15
05	Cycle de vie de diatomées	16
06	Localisation du site d'étude Lac des Oiseaux (Saadali, 2007)	18
07	Situation des points de prélèvement (Google maps, 2019)	21
08	Pourcentage des diatomées pénales et des diatomées centrique	36
09	L'abondance des diatomées à la station est	39
10	L'abondance des diatomées à la station ouest	40
11	L'abondance des diatomées à la station nord	41
12	L'abondance des diatomées à la station sud	41
13	Schéma d'eutrophisation du lac des oiseaux	49

--	--	--

LISTE DES PHOTOS

	Titre	N°
01	Présentation du site d'étude (©Hamza, 2019).	19
02	Stations échantillonnées (©Hamza, 2019).	22
03	Barque gonflable (©Hamza, 2019).	23
04	Brosse à dents (©Hamza, 2019).	23
05	Boite (©Hamza, 2019).	23
06	Tubes a essayé (©Hamza, 2019).	23
07	Luegol (©Hamza, 2019).	24
08	Lavage des Caillaux (©Hamza, 2019).	26
09	H₂O₂ (34.01g/mol)	26
10	HCL (74.44g/mol)	26
11	Piécette (©Hamza, 2019).	27
12	Bac à sable (©Hamza, 2019).	27
13	Centrifugeuse (sigma203)	27
14	Plaque chauffante(AREC)	27
15	Chauffage dans un bac à sable (©Hamza, 2019).	28
16	Placement d'échantillons dans la centrifugeuse (©Hamza, 2019).	29
17	Les lames (©Hamza, 2019).	29
18	Pipette graduée (©Hamza, 2019).	29
19	Verni (©Hamza, 2019).	29
20	Chauffage des lames (©Hamza, 2019).	30
21	Huile à immersion (©Hamza, 2019).	31
22	Microscope (OPTIKA)	31

LISTE DES TABLEAUX

N°	titre	pages
01	Systématique générale des diatomées ou bacillariophycées selon Iltis A(1980) et Loir M(2004)	12
02	Station et date de prélèvements des échantillons au niveau du lac des oiseaux	21
03	Limites des classes pour l'indice des diatomées et une designation des classes d'état de santé. Source : Prygiel, Coste (2000)	34
04	Quelques diatomées benthiques identifiées au niveau du lac des oiseaux.	37
05	Inventaire taxonomique des diatomées benthiques du lac des oiseaux	38
06	Calcul de l'abondance diatomique à la station nord.	42
07	Valeurs des probabilités de présence des taxons retenus pour le calcul de l'IBD et valeur indicatrices à la station nord.	43
08	Les valeurs de probabilité à la station nord.	43
09	Calcul de l'abondance diatomique à la station sud.	44
10	Valeurs des probabilités de présence des taxons retenus pour le calcul de l'IBD et valeur indicatrices à la station sud.	44
11	Les valeurs de probabilité à la station sud.	45
12	Calcul de l'abondance biologique diatomique à la station est.	45
13	Valeurs des probabilités de présence des taxons retenus pour le calcul de l'IBD et valeur indicatrices à la station est.	46
14	Les valeurs de probabilité à la station est.	46
15	Calcul de l'abondance biologique diatomique à la station ouest.	47

16	Valeurs des probabilités de présence des taxons retenus pour le calcul de l'IBD et valeur indicatrices à la station ouest.	47
17	Les valeurs de probabilité à la station ouest.	48
18	Classification de la qualité de l'eau selon l'IBD.	48
19	Récapitulatif des IBD calculés et caractérisation de chaque station du lac des oiseaux.	49

Sommaire

Remercîment

Dédicace

Résumé.....I

Abstract.....II

المخلص.....III

Liste des tableaux.....IV

Liste des figuresVI

Listes des photos.....VII

Introduction.....01

Chapitre I. Généralités

1. l'eau.....04

2. Le cycle de l'eau.....04

3. l'eau douce.....06

4. l'eutrophisation.....06

4.1 Processus de l'eutrophisation aquatique.....08

4.2 Les effets de l'eutrophisation sur les lacs.....09

5. Généralités et rappels.....09

6. Phytoplancton.....10

7. Classification général des phytoplanctons.....11

8. Diatomées ou bacillariophycées.....12

8.1 Systématique générale des diatomées12

8.2 Classification.....13

8.3 Structure des diatomées.....14

8.4 Cycle de vie.....	15
8.5 Ecologie général des diatomées	16
9. L'Indice Biologique Diatomées.....	17

Chapitre II. Matériel et Méthodes

I.1 présentation du site d'étude.....	18
I.2.1 Caractéristiques physiques	19
II. Échantillonnage	20
II.2 Choix des stations.....	20
II. 2.1 Localisation des stations et période des prélèvements.....	20
II.2.2 Les points de prélèvement.....	21
II.3 Nature des supports a échantillonné.....	22
II.4 Surface à échantillonner.....	23
III. Prélèvement du matériel biologique	23
III.1 matériels utilisées.....	23
III.2 méthode	24
IV. Préparation du matériel diatomique.....	26
IV.1 matériels utilisées.....	26
IV.2 Méthode.....	27
V. Préparation des lames microscopiques.....	29
V.1 Matériels utilisées.....	29
V.2 Méthode.....	29
VI Analyses microscopiques des diatomées.....	31
VI.1 matériel.....	31
VI.2 méthode.....	31
VIII. Calcul de l'IDG.....	32
VIII.1. Difficultés et limites d'application.....	35

Chapitre III. Résultats et Interprétations

I. Richesse taxonomique	36
II. Systématique des diatomées.....	37
III. Abondance des diatomées	39
IV. Calcul de l'IBD Indice Biologique Diatomées.....	42
IV.1 Nord.....	42
IV.2 Sud.....	44
IV.3 Est.....	45
IV.4 Ouest.....	47
V. Qualité de l'eau du lac des oiseaux.....	48

Chapitre IV. Discussion

Discussion	50
Conclusion.....	53
Bibliographie.....	54
Annexes.....	57

introduction

INTRODUCTION

Les zones humides, espaces de transition entre la terre et l'eau, constituent un patrimoine naturel exceptionnel. Ces écosystèmes caractérisés par une dynamique et un fonctionnement singuliers, rencontre de très graves menaces dont la pollution de leurs eaux qui représente une préoccupation majeure. Le Lac des Oiseaux a rejoint la liste de Ramsar le 02 février 1999. Cet écosystème lacustre tire son nom du grand nombre d'oiseaux migrateurs qui y hivernent. L'activité agricole et le besoin grandissant en ressources hydriques se sont accentués aux alentours du lac menaçant ainsi l'intégrité écologique de ce site. Actuellement, cet écosystème lacustre sert d'exécutoire aux rejets urbains et agricoles (Sayoud, 2017).

Les activités humaines exercent des pressions se traduisant par des impacts multiples sur les milieux aquatiques. Le développement de l'industrie, de l'agriculture intensive et l'anthropisation des territoires d'une manière générale ont entraîné de profondes modifications des milieux aquatiques et ont provoqué leur dégradation à plusieurs niveaux. La diversité des sources de pressions sur les milieux aquatiques (chimique et physique) associée aux interactions complexes et souvent mal connues du cumul de ces altérations, ont engendré la nécessité de développer des indicateurs des milieux aquatiques. La connaissance des critères physico-chimiques des eaux n'est pas suffisante et demande à être complétée par la caractérisation de communautés biologiques indicatrices afin de déterminer la qualité des milieux (Roux, 1987).

Un bio indicateur peut se définir comme une espèce ou un groupe d'espèces végétales ou animales dont la présence (ou au contraire leur absence), l'abondance, la biomasse ou autres caractéristiques biologiques renseigne sur l'état écologique du milieu, ou sur l'incidence de certaines pratiques humaines.

Les diatomées possèdent la plupart des qualités essentielles pour la bio indication de la qualité des milieux aquatiques. Les diatomées constituent un phylum de micro-algues présentes dans tous les milieux aquatiques. Au sein de ce phylum, les diatomées benthiques, connues pour leurs sensibilités variées aux concentrations en nutriments et en matière organique du milieu, constituent un bio-indicateur, désormais utilisé en routine, de la qualité de l'eau.

Les diatomées sont utilisées dans un nombre grandissant de pays pour effectuer le suivi de la qualité de l'eau des lacs. Les diatomées sont particulièrement sensibles aux variations de concentrations en éléments nutritifs dans l'eau (principalement le phosphore et l'azote) et aux charges organiques et minérales provenant des fertilisants organiques et des engrais minéraux qui ruissellent le long des terres agricoles. Certaines espèces de diatomées très sensibles et ne tolèrent aucune pollution alors que d'autres sont très tolérantes et prolifèrent dans les milieux eutrophies ou dans les cours d'eau affectés par une forte conductivité. Dans plusieurs pays, le suivi de l'état des écosystèmes aquatiques est réalisé par l'utilisation d'indices biologiques basés sur les diatomées benthique (Hydro et al, 2010).

Les diatomées sont des algues microscopiques qui vivent en suspension dans l'eau ou attachées au fond des rivières, des lacs et des océans et la plupart fixent le carbone par photosynthèse. Elles sont des producteurs primaires qui jouent un rôle majeur à la base des écosystèmes aquatiques. Elles contribuent à environ le quart de la production primaire globale de la planète et à 43% de la production primaire des océans (Trequer *et al.* 1995). Chaque espèce de diatomée possède une ornementation particulière qui peut être observée au microscope et qui permet l'identification du taxon.

Ce groupe d'algues comporte un très grand nombre d'espèces : près de 30 000 ont été décrites et selon Mann & Droop 1996, il pourrait en exister jusqu'à 200 000 sur la planète.

Les diatomées sont sensibles aux conditions de milieu. En effet, chaque espèce a ses propres préférences vis-à-vis de paramètres environnementaux aussi variés que la température, la lumière, le pH, le courant, le substrat, le broutage par les herbivores, les matières organiques oxydables, l'azote et le phosphore, les sels dissous, la teneur en silice, etc.

Cette étude a été initiée afin de caractériser la qualité de l'eau du lac des oiseaux par une approche biologique phytoplanctonique, en utilisant un indice biologique fiable dénommé Indice Biologique Diatomique (IBD). Cette étude vient en complément aux travaux et

recherches précédents représentant ainsi une suite d'observations de la qualité des eaux de l'écosystème lacustre lac des oiseaux en vue de constituer une base de données permettant de dresser un plan d'aménagement intègre des eaux de ruissèlement et des rejets.

Notre étude concerne l'exposition du lac des oiseaux à la pollution liée à l'activité agricole et humaine, elle a pour but d'estimer le degré de contamination biologique de l'eau de cet écosystème lacustre (lac des oiseaux). Notre présent travail est basé sur l'étude des différents types des diatomées qui caractérisent l'eau douce du lac des oiseaux.

L'observation microscopique nous permettra l'identification des phytoplanctons pour connaître la composition algale d'eau.

Notre travail sera organisé comme suit :

Le premier chapitre **synthèse bibliographique** ou on décrit une généralité sur la faune du sol, le deuxième **matériel et méthodes** consacrée aux méthodes et aux techniques employées pour la réalisation de ce travail : analyses microbiologiques (recherche et dénombrement de microorganismes) de l'eau du lac des oiseaux, le troisième chapitre **résultats et interprétations** des différents résultats obtenus au cours de notre pratique. Le quatrième chapitre une **discussion** générale de l'ensemble des résultats en les comparants avec ceux de la bibliographie et enfin on terminera par une **conclusion** dans laquelle nous résumerons l'ensemble de nos résultats.

Chapitre I

généralité

GENERALITES

1. l'eau

L'eau est un composé chimique simple. Liquide à température et pression ambiante. Il est gazeux au dessus de 100°C (212°F) et solide en dessous de 0°C (32°F). Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (Gonthiez, 2008).

L'eau se trouve presque partout sur la terre et il est vital pour tous les organismes vivants connus. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, un fleuve, une rivière, un ruisseau, un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau (Gonthiez, 2008).

2. le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est un cycle biogéochimique terrestre. L'eau d'hydrosphère, chauffée par le rayonnement solaire, s'évapore. Cette eau rejoint alors l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau.

Les nuages sont ainsi formés de minuscules gouttes d'eau. Cette même eau, lors des pluies, retombe sur les océans et les continents.

L'eau dans la lithosphère emprunte trois voies :

- ✚ Le ruissellement, en suivant les reliefs de la roche-mère.
- ✚ L'infiltration, à travers les fissures naturelles des sols et des roches.
- ✚ La percolation à partir d'une certaine quantité d'eau en migrant lentement à travers les sols.

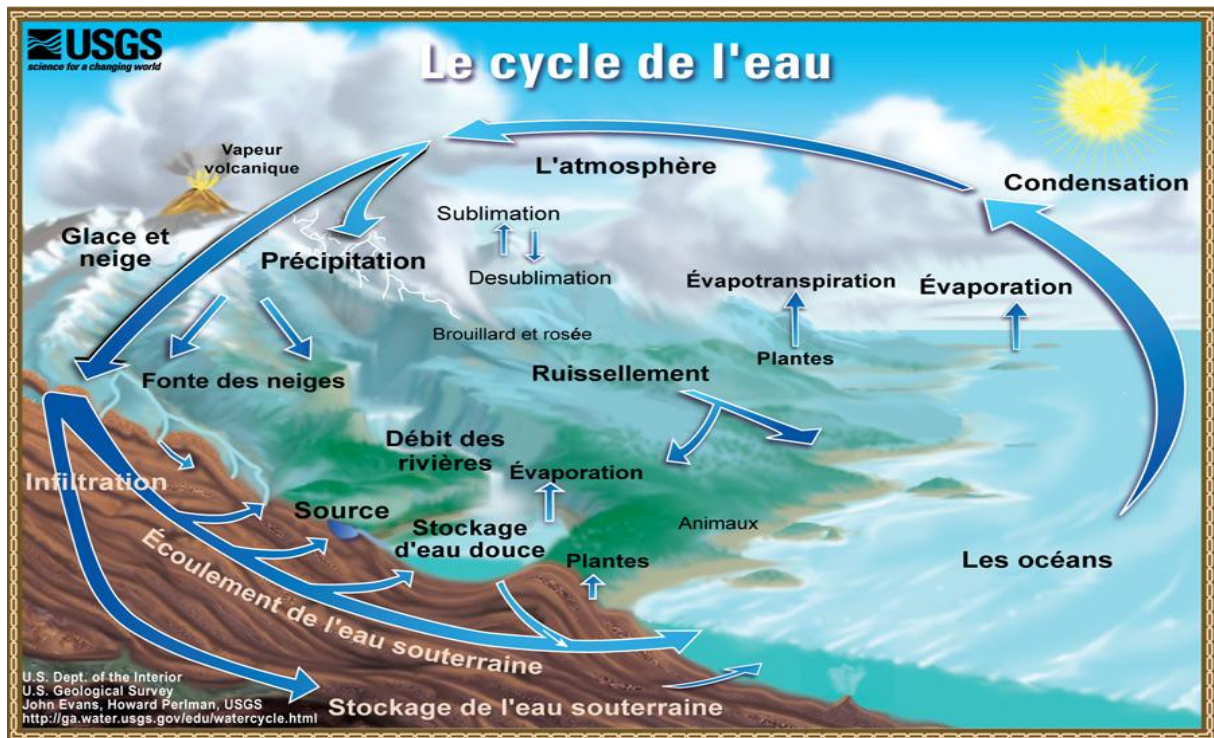


Figure 01 : Schéma du cycle de l'eau (Gonthiez, 2008).

Le cycle décrit ci-dessus est essentiellement géochimique. En réalité, les êtres vivants, et plus particulièrement les végétaux ont une influence sur le cycle. Les racines des végétaux pompent l'eau du sol, et en relâchent une partie dans l'atmosphère. De même, une partie de l'eau est retenue dans les plantes. Lors de déforestation, le cycle de l'eau est fortement modifié localement et il peut en résulter des inondations (Hamza, 2012).

3. L'eau douce

L'eau douce est un élément plutôt rare à la surface de la terre, l'hydrosphère, c'est-à-dire l'ensemble des eaux et des glaces du monde, constituée d'environ 97% d'eau salée contre seulement 3% d'eau douce.

Les réserves d'eau douce les plus importantes qu'on retrouve à l'état solide (environ 73.4%) dans les calottes glaciaires, alors qu'environ 26% se trouve dans le sol. Finalement, les eaux de surface, qui conditionnent l'existence des écosystèmes aquatiques superficiels, représentent seulement 0.6% d'eaux douces. Pourtant, les écosystèmes aquatiques continentaux jouent un rôle déterminant de la vie des nombreuses espèces végétales, animales et l'homme (L'évêque, 1996).

4. L'eutrophisation

Le terme eutrophisation provient des mots grec (eu) et (trophe) qui signifient respectivement (bien) et (nourriture). L'eutrophisation est un processus naturel et très lent, par lequel les plans d'eau reçoivent une grande quantité d'éléments nutritifs (notamment du phosphore et de l'azote), ce qui stimule la croissance des algues et des plantes aquatiques. Ce processus se déroule normalement sur une période allant de plusieurs milliers à quelques dizaines de milliers d'années.

L'eutrophisation des écosystèmes aquatiques est à l'origine d'un phénomène naturel de l'enrichissement des eaux en sels minéraux nutritifs. En effet, le lessivage des sols a augmenté le stock des éléments nutritifs des hydro systèmes. Il en résulte un accroissement de la production de biomasse végétale (phytoplancton), une diminution de l'oxygénation des systèmes concernés, une accumulation de matière partiellement dégradée contribuant à l'épaississement de la couche de sédiment et finalement, un comblement progressif (Wetzel, 1983).

Selon Guyard A, 1995, un écosystème lacustre qui reçoit des apports nutritifs minéraux et organiques (trophiques) de l'extérieur (apports allochtones) : apports des affluents, lessivage des sols du bassin versant, chutes de feuilles mortes, apports animaux ; insectes et autres, etc. se nourrissant de ces nutriments, des communautés (biocénoses) vont se développer : bactéries, algues, végétaux supérieurs (macrophytes), plancton, larves d'insectes, vers, mollusques, crustacés, etc. (production autochtone).

Plusieurs facteurs peuvent affecter le degré d'eutrophisation des plans d'eau : les nutriments (N, P, SI), la géomorphologie et l'hydrodynamisme, la température et la lumière, les espèces endogènes, l'introduction des espèces exogènes, l'eutrophisation s'accompagne d'une diminution de la transparence des eaux, et la décomposition de cette abondante matière organique qui consomme beaucoup de dioxygène conduit le plus souvent à des mortalités massives d'espèces animales par asphyxie.

Le terme d'eutrophisation est devenu synonyme de pollution organique lorsque un lac, une rivière ou finalement la mer reçoivent une eau chargée de nutriments, des organismes opportunistes vont profiter de cet apport pour proliférer : c'est ce qu'on appelle le phénomène de fleur d'eau ou d'efflorescence. Au premier rang de ces organismes, algues vertes et les cyanobactéries, qui sont des algues nitrophiles demandeuses de beaucoup d'azote et d'un peu de phosphore.

Les algues sont des organismes simples qui n'ont qu'un seul type de cellule assurant à la fois la photosynthèse et l'assimilation de la matière organique.

Le nitrate est issu des engrais chimiques et de l'urine des animaux. Les lacs, les rivières sont pollués, et tout finit à la mer, les matières organiques sont d'abord absorbées par les algues, situées tout en bas de la chaîne alimentaire et qui profitent de cet afflux de nourriture, la consommation d'oxygène par les algues entraîne l'asphyxie de la faune aquatique, et les colmatages des fonds. Cette prolifération algale va s'achever par un pourrissement avec formation de matières putrides et toxiques entraînant ainsi une pollution différée, voire un dégagement de gaz toxiques.

Cependant, les activités humaines l'ont accéléré dans de nombreux lacs en augmentant la quantité d'éléments nutritifs qui leur parviennent. Provoquant des changements dans l'équilibre de ces écosystèmes aquatiques. (Walter .Dodds *et al.* 2000).

4.1 Processus de l'eutrophisation aquatique

-L'introduction dans le milieu aquatique d'un excès de nutriments à base d'azote et de phosphore.

-La prolifération induite par le surplus de nutriments, d'algues et de phytoplanctons, en particulier dans la couche supérieure du milieu.

L'augmentation de la turbidité de l'eau qui limite le passage de la lumière. La photosynthèse ne peut alors s'effectuer que près de la surface du milieu.

-Le dépôt au fond du milieu aquatique du surplus de matière végétale suite à sa mortalité.

-La croissance de bactéries hétérotrophes favorisée par la décomposition de la matière végétale morte.

La consommation d'oxygène par ces bactéries qui provoque une diminution des concentrations d'oxygène dissous dans le milieu.

-La mort d'organismes aquatiques aérobies (insectes, crustacés, poissons, mais aussi végétaux) dont la décomposition, consommatrice d'oxygène amplifie le déséquilibre.

-L'apparition dans le milieu anoxique de composés réducteurs et de délétères (comme le méthane ou thiols).

Les principales molécules responsables de l'eutrophisation des eaux proviennent :

-Des composés contenant du phosphore.

-Des composés contenant de l'azote.

-Des excès de molécules carbonées ou autres matières organiques, peuvent aussi contribuer à l'eutrophisation (Guyard, 1995).

4.2 Les effets de l'eutrophisation sur les lacs

L'eutrophisation naturelle a très long terme ainsi que celle, accélérée par les apports artificiels en nutriments au lac, peuvent causer plusieurs effets indésirables sur l'écosystème aquatique.

En voici quelques exemples :

- plus grande abondance de plantes aquatiques et d'algues.
- dégradation de la qualité de l'eau et accumulation de sédiments.
- changement dans la biodiversité animale et végétale, favorisant les espèces les mieux adaptées aux nouvelles conditions ou l'implantation de nouvelles espèces au détriment de certaines qui étaient déjà établies.
- apparition de fleurs d'eau importantes de cyanobactéries (Hade ,2002).

5. Généralités et rappels

Le plancton est un ensemble d'organismes vivants errant au gré des courants, joue un rôle majeur dans les milieux aquatiques, qu'ils soient marins, saumâtres ou dulcicoles.

En effet, le plancton constitue les premiers maillons des chaînes trophiques, et plus particulièrement le phytoplancton, producteur primaire majoritaire des écosystèmes aquatiques.

Les microalgues sont des végétaux aquatiques unicellulaires que l'on peut trouver soit :

-En suspension dans l'eau : le phytoplancton (du grec « plaktos »=errer)

-Sur le sédiment ou les roches : les microalgues benthiques (du grec « benthos »=fond)

La distribution de ces dernières varie dans l'espace et dans le temps (géographie, saison) les microalgues regroupent différents taxons : chlorophycées, rhodophycées, diatomées, etc.

Le plancton est actuellement utilisé en écotoxicologie dans le cadre du programme européen REACH, et le phytoplancton comme bio indicateur dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE.

6. Phytoplancton

La définition attribuée au mot plaston qui vient du grec-plankton-signifie (errer), est l'ensemble des organismes de végétaux aquatiques, (zooplancton et phytoplancton) qui dérivent aux grés des courants. Généralement microscopique ou de petite taille, ils sont capable de mouvements limites, mais incapables de se déplacer a contre courant.

Le phytoplancton est constitue un biotope particulier ou les relations entre les caractéristiques physiques de l'eau et le phytoplancton qui y vive sont très étroites.

Le phytoplancton est un composé d'origine végétale (unicellulaire, filamenteuse ou coloniale) microscopiques en suspension dans la colonne d'eau. Caractérisés par la présence de pigments chlorophylliens dont majoritairement la chlorophylle a ces microorganismes sont qualifiés de thallophytes, c'est-à-dire dépourvus de tige, racine et de vaisseaux conducteurs. Ils sont localisés dans les couches superficielles éclairées des étendues d'eau, soit généralement de la surface à 100M de profondeur (pour les mers). En effet leur métabolisme est dominé par le mode de vie autotrophe basé sur la photosynthèse (besoin de lumière) qui est la source principale voire unique de leur énergie et permettant la construction des molécules pour les cellules (Dauta et Feuillade, 1995) .

Les espèces du phytoplancton se répartissent à l'échelle mondiale (espèces composites) ou se distribuent selon des grandes divisions climatiques classiques. On distingue ainsi des espèces d'eaux froides, d'eaux tempérées et d'eaux chaudes intertropicales (Laurion *et al*, 2007).

Le phytoplancton ne représente que 1% de la biomasse d'organismes photosynthétiques sur la planète mais assure environ 45% de la production primaire (fixation du carbone minéral **CO₂** en carbone organique). Il est à la base de la nourriture de la plupart des poissons. Qui fixent eux-mêmes une quantité considérable de carbone sous forme de carbonate de calcium (Harris, 1986).

Les algues vivent dans l'eau, ou bien fixées sur les caillons ou sur les plantes aquatiques ou autres supports, elles comprennent les algues macroscopiques (bien développé, visible à l'œil nu) et les algues microscopiques (Lecrcq et Maquet, 2001).

7. Classification général des phytoplanctons

La classification des phytoplanctons 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 repartis dans le cytoplasme ; ce sont les algues bleues.

-Les eucaryotes qui possèdent un noyau véritable entouré par une membrane nucléaire (oute les autres phytoplanctons).

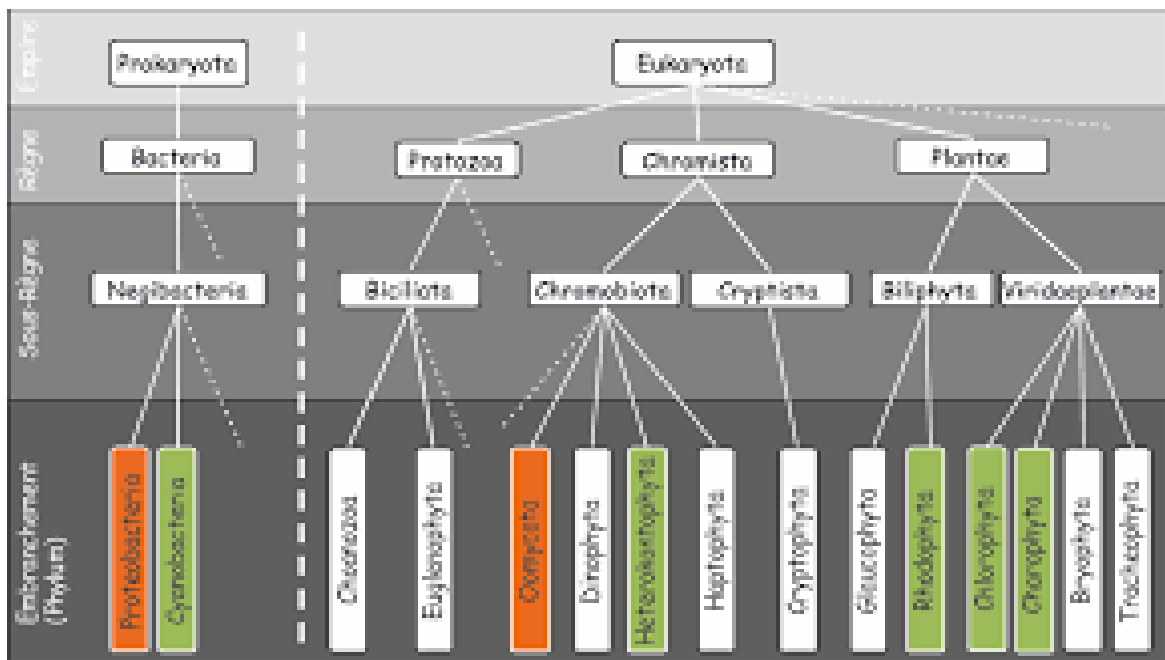


Figure 02: Classification des phytoplanctons (Lecrcq et Maquet, 2001).

On distingue principalement :

Des algues bleues vertes (du genre *Oxilatoria*).

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 densifiées d'eau acide.

L'étude des communautés vivantes aquatiques est extrêmement intéressante, en contact permanent avec l'eau, vont enregistrer toutes les variations de ce milieu, même une pollution passagère et donc fournir une estimation intégrée de l'état du milieu aquatique, contrairement aux analyse chimiques qui ne donnent qu'une image instantanée de la qualité de l'eau (Lecrecq et Maquet, 2001).

8. Diatomées ou bacillariophycées

8.1 Systématique générale des diatomées

La systématique est représentée ci- dessous la systématique générale des diatomées (Tab 01)

Tableau 01: systématique générale des diatomées ou bacillariophycées selon Iltis 1980 et Loir 2004.

phylum	Heterokontophyta (Chromopytes ou algues jaunes et brunes)	
Embranchement	Chrysophycophytes	
classes	Bacillariophycées ou diatomées	
Ordre	Biddulphiales (diatomées centrale ou centrique	Bacillariales (diatomées pénales ou pennées)
Sous ordre	Coxinodiscineae 05familles	Fragillariineae 02 familles
	Rhizosoleniineae 01familles Biddulphineae 05familles	Bacillariineae 09 familles

les classifications des diatomées sont essentiellement fondées sur la morphologie et la structure des frustules.

Les diatomées sont appelés encore bacillariophycées ou diatomophycées (Ittis 1980, Loir 2004, Laglois 2006, Adam et al., 2015), sont des algues unicellulaires jaunes ou brunes photosynthétiques. Ce sont des organismes microscopiques de nature végétal dont la taille varie de 20 à 200 μm environ, quoique certaines puissent atteindre 2mm, vivant dans l'eau soit en suspension (planctonique), soit sur le fond, libre 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.

Les diatomées occupent à l'heure actuelle la zone phatique des eaux marines fraîches et froides, mais aussi les eaux douces et les sols. En milieu marin, on en connaît des espèces planctoniques et benthiques 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 un port important de la biomasse algale.

Elles se distinguent des autres classes par leur membrane bivalve imprégnée de silice hydratée (opale) appelée frustule et se caractérisent par une paroi rigide faite de silice hydratée insérée dans une matrice organique, le frustule.

Les deux valves d'un frustule sont raccordées l'un à l'autre (en s'emboitant à la façon d'une boîte de pétrie) par des ceintures connectives silicifiées qui forment l'épaisseur de la boîte.

8. 2 Classification

On distingue deux grandes catégories de diatomées selon la géométrie de leurs frustules :

-les diatomées centrales, à symétrie radiale : le frustule circulaire porte des stries, rayonnant depuis un point ou une aréole (qui n'est pas forcément située au centre de la valve), ou une réticulation.

-Les diatomées pénales, a symétrie bilatérale : le frustule allongé présente des stries disposées autour d'un plan de symétrie bilatérale.

De nombreuses diatomées pénales présentent sur ce plan de symétrie une fente, interrompue par un nodule de silice centrale. Elle permet une communication avec le milieu extérieur et l'excrétion de mucilage qui à son tour leur permet d'adhérer au substratum ou de rester groupées en colonies après division.

Les pénales à fente atrophiée ou peu marquée, sont appelées diatomées pseudo-raphidés. Elles sont de bons indicateurs de la qualité de l'eau dans les études de pollution.

Les diatomées ont formées des dépôts importants de (diatomite) : roches formées de diatomées fossiles. Employée pour la stabilisation de la dynamite et comme abrasif.

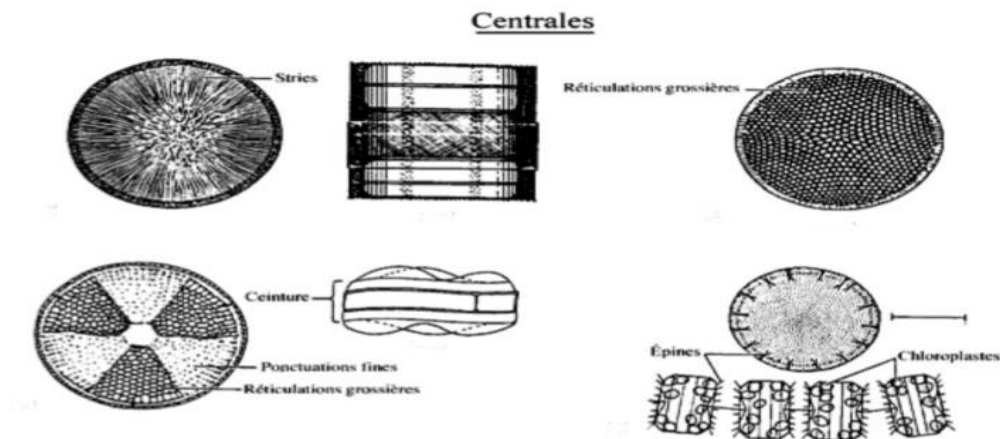


Figure 03: Classification des diatomées(Lecrcq et Maquet, 2001).

8. 3 Structure des diatomées

La cellule est constituée de deux valves siliceuses imbriquées l'une dans l'autre, comme une boîte avec son couvercle ; elles constituent la frustule. Les deux parties sont souvent réunies

par un cerclage. Chaque cellule renferme un noyau et du cytoplasme, dans lequel nous trouvons de la chlorophylle et de la xanthophylle (et d'autres pigments) qui donnent respectivement les aspects verdâtres et jaunâtres (dorés), ainsi que des corpuscules huileux : les paranoïdes.

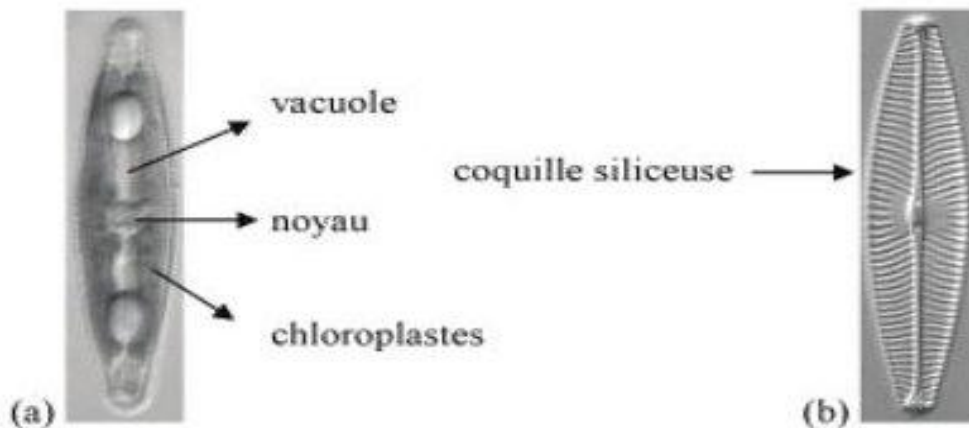


Figure 1. (a) *Navicula lanceolata* avec contenu cellulaire.
(b) *Navicula lanceolata* sans contenu cellulaire.

Figure 04: La structure des diatomées (Lecrcq et Maquet, 2001).

8.4 Cycle de vie

Les diatomées ont un cycle de vie essentiellement diplophasique. Les cellules diploïdes se multiplient par mitose pendant plusieurs mois, voire plusieurs années. Chacune des valves de la cellule parente devient l'épithèque d'une cellule-fille, qui secrète l'hypothèque correspondante.

En conséquence, l'une des deux diatomées-filles est de taille inférieure à la diatomée initiale. Alors que l'autre fille est de même taille. Par conséquent, au cours des divisions successives, des diatomées plus petites apparaissent et l'une des lignées de descendantes voit sa taille diminuer à chaque génération.

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

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

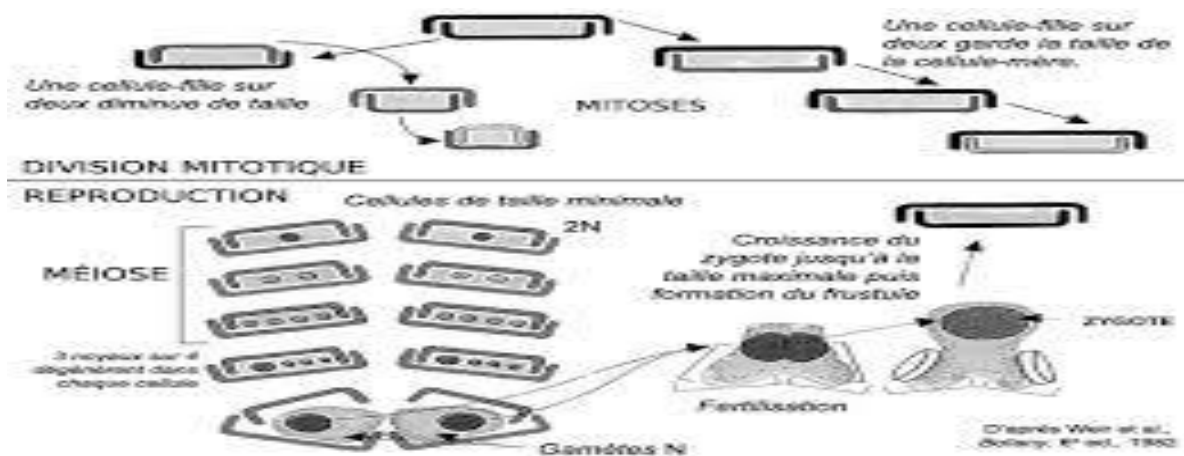


Figure 05 : Cycle de vie des diatomées (Cyril, 2006)..

8.5 Ecologie général des diatomées

En eau douce on trouve 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 nécessaires 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 chimiques ainsi que l'oxygénation du milieu.

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

Les diatomées se multiplient soit par un processus asexué (bipartition) (processus très rapide environ 10 à 20 minutes), ou bien par voie sexuée.

L'éclaircissement et la température sont favorables à la fin de l'hiver de sorte que dans ces eaux, l'abondance en diatomées est maximale (mars à juin).

Lorsque les conditions environnementales deviennent défavorables de nombreuses espèces de diatomées forment des structures de résistances appelé Hypmospores ou spores de résistances capable de mener une vie au ralentie pendant plusieurs semaines.

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 douce 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 de l'eau. Les diatomées ont une densité légèrement supérieure à l'eau (Loir, 2004).

9. L'Indice Biologique Diatomées

Les diatomées sont des microalgues cosmopolites ou les retrouve dans tous les milieux aquatiques : dulcicoles, saumâtres et marins, des régions polaires aux régions tropicales. Elles présentent une caractéristique physique à savoir la présence d'une enveloppe externe siliceuse, le frustule. Ces microalgues sont sensibles aux variations de facteurs abiotiques tels que le PH, la salinité, la température, la turbidité, ... mais également aux pesticides et à certaines bactéries. Ainsi, certaines diatomées vont mieux résister que d'autres à ces

perturbations et de ce fait, la présence ou non et la quantité de certaines espèces va-nous fournir des renseignements sur la qualité d'eau.

L'IBD a été mis au point par l'Inter-agences de l'Eau et le Cemagref dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE, après plusieurs campagnes de prélèvements durant près de 30 ans. La première version de Lenoir et Coste 1996 et la version définitive a été achevée et certifiée AFNOR NF T90-354 en2000 (disponible en ligne) et mise a jour en 2007. L'IBD est utilisé en milieu dulcicole uniquement (cours d'eau).

Chapitre II

Materiel et methodes

MATERIEL ET METHODES

I.1 Présentation du site d'étude : Lac des oiseaux

Le garaat ettoyour doit son nom à sa richesse ornithologique, surtout en hiver. Ce plan d'eau douce et permanente, occupe une superficie variant de 70ha en période de pluies à 40 ha au maximum en période sèche (Samraoui et al. 1992), il est de forme plus ou moins ovale, étirée vers le nord est par une queue d'étang très caractéristique (Arrignon, 1963; Houhamdi, 2002).sa profondeur maximale avoisine 2.5M avec un dépôt de matière organique allant de 1à3CM (Joleaud, 1936).

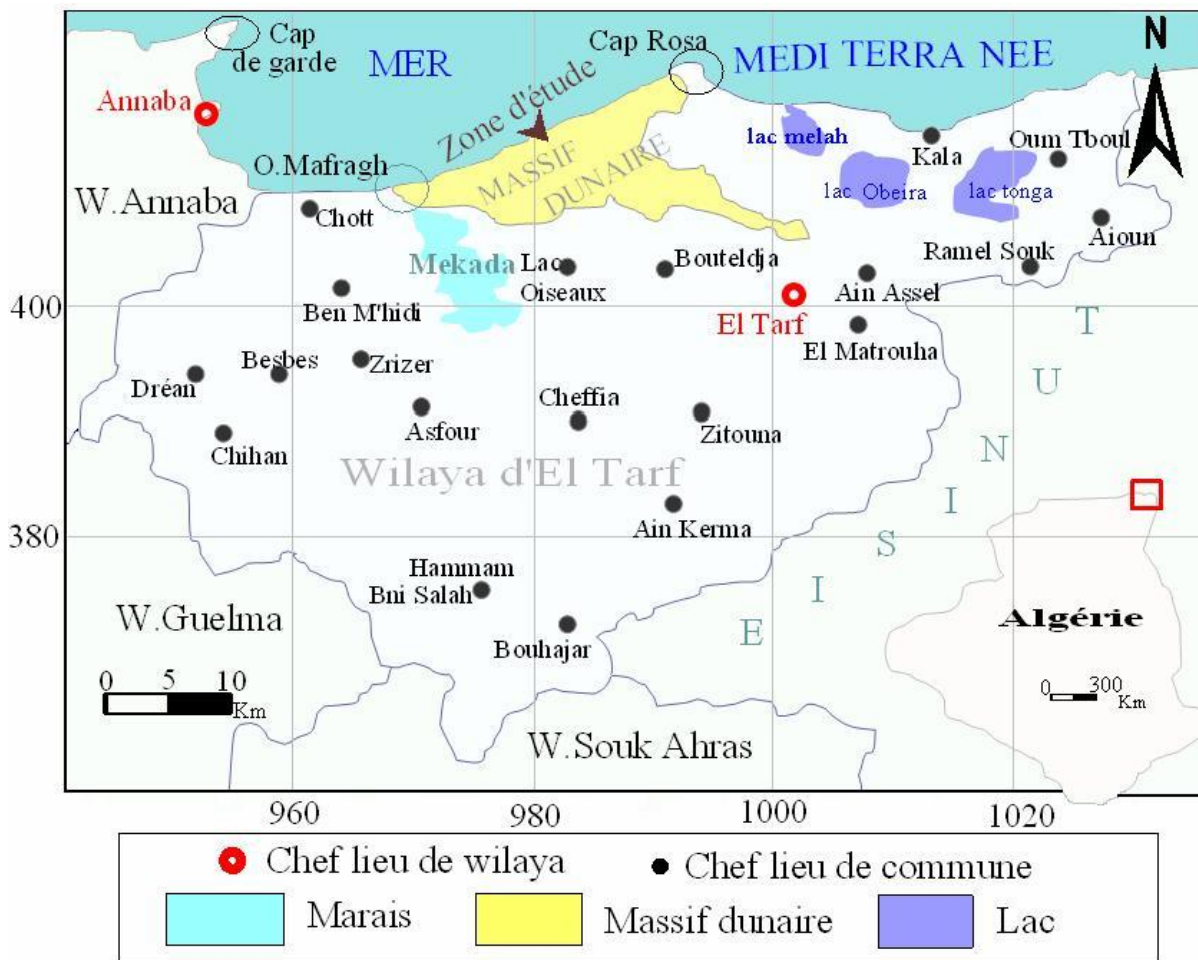


Figure 06 : Localisation du site d'étude lac des oiseaux (Saadali, 2007).



Photos 01 : Présentation du site d'étude (©Hamza, 2019).

I.2 Caractéristiques physiques

✓ Hydrologie

L'alimentation du lac en eau se fait naturellement par les eaux superficielles de ruissellement du bassin versant et par les eaux souterraines. Les caractéristiques hydrologiques du lac des oiseaux sont extrêmement variées selon l'origine des eaux.

✓ Pédologie

Le lac des oiseaux présente la caractéristique d'être constitué de deux types de sols l'un zonal très dépendant du climat et l'autre azonal.

Le sol zonal présente deux catégories :

- ❖ Les sols insaturés formés sur des roches mères non acides (argile de Numidie)
- ❖ Les sols podzoliques formés sur des roches mères perméables.

Le sol azonal comprend trois catégories :

- ❖ Les sols des marais : très argileux sont concentrés dans la cuvette du lac, ils sont rarement exondés mais ils sont humides dès les premiers cm de leurs horizons (Durand, 1954).
- ❖ Les sols hydro morphes caractérisent par la présence d'une nappe d'eau libre dotée de propriété réductrice au cours de laquelle il est facile de mettre en évidence des processus d'oxydoréduction (Duchauffour, 1977).
- ❖ Les sols de prairies marécageuses caractérisent par un assèchement de leurs horizons supérieurs (Durand, 1954).

✓ Climatologie

Le climat qui règne dans la région est un climat méditerranéen avec hiver doux et pluvieux entre octobre et avril, avec une moyenne annuelle de 640MM/an et un été sec, chaud et humide (Agid, 1992).

II. Méthodologie de travail

L'échantillonnage a été prélevé au niveau du lac des oiseaux entre le 05 avril et 22 avril 2019.

II.1 Choix et localisations des stations de prélèvements

Nous avons réalisées quatre prélèvements dans quatre stations situées au Nord, Sud, Est et Ouest. Au total un prélèvement réalisé pour la récolte des échantillons des diatomées (le mois d'avril, 2019) totalisant ainsi 04 stations (nord, est, sud, ouest) au niveau du lac des oiseaux qui sont présentées comme suit dans le tableau suivant (Tab. 02).

Tableau 02 : Station et date de prélèvements des échantillons au niveau du lac des oiseaux.

station	Date
nord	22 Avril2019
Est	22 Avril2019
Sud	05 Avril2019
ouest	22Avril2019

II.2 Les points de prélèvement

L'échantillonnage a été effectué à l'aide d'une barque gonflable au niveau du lac des oiseaux. Le prélèvement d'eau a été effectué dans différents points du lac. (Fig.07)



Figure 07 : Les points de prélèvements d'échantillons de phytoplancton au niveau du lac des Oiseaux (Google Maps, 2019)



Photos 02 : Stations d'échantillonnage des diatomées (©Hamza, 2019).

II.3 Nature des supports a échantillonné

Un seul échantillon est réalisé par station quel que soit le nombre de supports prospecté. L'échantillonnage ne doit être réalisé que sur un seul type de supports (support dur naturel, support dur artificiel, substrat artificiel introduit dans le milieu, macrophytes...).

- ❖ Le choix du type de support à prospecter peut être hiérarchisé comme suit :
- ❖ Sur support naturel dur les plus stables possibles
- ❖ A défaut, sur support dur artificiel
- ❖ Enfin, à défaut des deux types de supports précédents, sur support végétal
- ❖ En l'absence de tout support ou dans le cas d'études spécifiques, il est possible de recourir à des substrats artificiels

Le prélèvement sur supports meubles ou instables (sables, vases...) et sur bois est proscrit pour le calcul de l'IBD. les supports meubles abritent en effet une flore diatomique pouvant ne pas être en équilibre avec le milieu. Les vases sont non seulement instables mais souvent organiques, et peuvent par conséquent abriter une flore de type saprophyte phénomènes de décomposition peuvent déterminer des peuplements la encore peu représentatifs de la chimie de la colonne d'eau...

II.4 Surface à échantillonner

La surface à échantillonner est de l'ordre de 100 cm² quels que soient le nombre et la nature des supports prospectés, et la technique d'échantillonnage utilisée.

Cette surface peut paraître très importante dans des cours d'eau riches en nutriments compte tenu de l'important recouvrement des supports en périphyton. Elle doit cependant être respectée pour obtenir un échantillon de flore diatomique représentatif de la station de prélèvement. Cette surface de 100 cm² peut par contre s'avérer insuffisante dans les cours d'eau pauvres en algues et la surface à échantillonner pourra alors avoisiner les jusqu'à 1000cm².

III.1 Matériels utilisé sur terrain et au laboratoire



Photos 3: Barque gonflable (©Hamza, 2019).



Photos 04: Brosse à dents(©Hamza, 2019).



Photos 05 : Boite (©Hamza, 2019).



Photos 06: Tubes a essayé(©Hamza, 2019).



Photos 07 : Luegol (©Hamza, 2019).

III.2 Méthodologie

La méthodologie du prélèvement et traitement des échantillons est basée sur les travaux de *Rumeau, Coste*1988, et de *Prygiell, Coste*1993 et 2000 dans le cadre d'un indice diatomique cas d'IBD (Indice Biologique diatomées), ce sont les diatomées fixées (periphytes) qui sont prélevées prioritairement sur des substrats durs.

Les diatomées sont récoltées in situ sur différents substrats ou supports en grattant et brossant le bio film ou la couche algale à l'aide d'une brosse à dents sur une surface de 100 à 400 cm².

Un total de 05 substrats a été échantillonné afin de former un échantillon composite (bouteille en plastique, bidon en plastique, morceau de polycarbonates, roche, tuyau) situées à une profondeur de 10 à 15 cm (à une distance de la transparence=couche euphotique). Une fois récoltées, ils sont mis dans des piluliers étiquetés en ajoutant quelques gouttes de luegol ou du formol à 04% liquide utilisé pour la préservation et fixation des échantillons.

Au laboratoire un prélèvement de 10ml de chaque échantillon est laissé au repos pour décantation pendant 72 heures au minimum qui feront l'objet d'analyse par la suite.

Les piluliers peuvent alors être rangés à l'obscurité de préférence pour des observations futures.

Le prélèvement des diatomées peut être effectuée dans tous les types de cours d'eau à condition de respecter les recommandations suivantes.

1. Choisir de préférence un tronçon d'eau vive (milieu lotique) afin d'éviter de prélever une grande quantité de matériel sédiment, de diatomées mortes et de diatomées d'origine planctonique.
2. Choisir un site d'échantillonnage ensoleillé. Éviter les couverts forestiers ou les zones ombragées.
3. S'il y a un pont ou une retenue d'eau (barrage) à proximité du site, échantillonner en amont du pont ou en aval du barrage.
4. Tenir compte des rejets ponctuels qui peuvent modifier les conditions locales (drains agricoles, fossés de route, égouts pluviaux, etc.)
5. Choisir un substrat rocheux (en absence de roches, échantillonner sur les piliers de ponts). Éviter les substrats en bois.
6. Effectuer la campagne d'échantillonnage en période d'étiage (août-septembre).
7. Éviter d'échantillonner dans la semaine suivant les précipitations importantes.

Le prélèvement du bio film est réalisé selon les étapes suivantes.

1. Prélever un échantillon composée d'environ cinq roches en grattant, à l'aide d'une brosse à dent, le bio film (periphyton) accumule sur la surface des roches. Si possible, les substrats doivent être délicatement retirés de l'eau afin d'éviter toute perte de periphyton. La profondeur d'échantillonnage doit varier entre 20 et 60 cm, selon la turbidité (transparence) et le niveau de l'eau. Il est important de s'assurer que le substrat n'est pas été exondé au cours d'une période d'étiage dans les semaines précédant l'échantillonnage. Les cinq roches devraient être prélevées à l'intérieur d'un périmètre d'environ 5m².
2. Déposer le matériel periphytique dans un contenant avec un peu d'eau de la rivière. Bien rincer la brosse à dent entre les échantillonnages afin d'éviter la contamination.

3. Préserver les échantillons avec du luegol et garder au frais et a l'obscurité jusqu'au moment du traitement en laboratoire.



Photos 08 : Lavage des Caillaux (©Hamza, 2019).

IV. Préparation du matériel diatomique

IV.1 Matériels utilisées



Photos 9 : H_2O_2 (34.01g/mol)



Photos 10 : HCL (74.44g/mol)



Photos 11 : Piécette (©Hamza, 2019).



Photos 12: Bac à sable (©Hamza, 2019).



Photos 13 : Centrifugeuse (sigma203)

(©Hamza, 2019)



Photos 14: Plaque chauffante(AREC)

(©Hamza, 2019)

IV.2 Méthode

Les échantillons de bio film doivent être digérés au peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) à 30% afin de garder uniquement la coquille siliceuse des diatomées.

1. Après remise en suspension de l'échantillon, prélever un sous-échantillon de 2ml et le placer dans un tube d'essai de 50ml (prélever une plus grande quantité lorsque l'échantillon est très peu concentré).

2. Ajouter 8ml de peroxyde d'hydrogène a 30% afin de détruire la matière organique et laisser les échantillons pendant 1 heure.
3. Placer les tubes d'essai a l'étuve pour environ 24heure a 60°C afin d'accélérer le processus de digestion et compléter la réaction. Il est parfois nécessaire d'ajouter quelques gouttes d'acide chlorhydrique avant ou après la digestion au peroxyde d'hydrogène afin d'éliminer les carbonates de calcium.
4. Une fois la matière organique détruite (les tubes devraient contenir une solution blanchâtre), centrifugé les échantillons (1500 révolution/minute) pendant trois minutes pour décanter les frustules de diatomées.
5. Eliminer le surnageant de peroxyde d'hydrogène(en prenant soin de conserver toute la solution blanchâtre) et ajouter de l'eau distillée au culot.
6. Répéter l'opération de décantation trois fois afin d'éliminer toute trace de peroxyde d'hydrogène.
7. Une fois le rinçage termine, ajuster le volume d'eau distillée afin que la suspension soit légèrement trouble, ni trop dance, ni trop diluée.



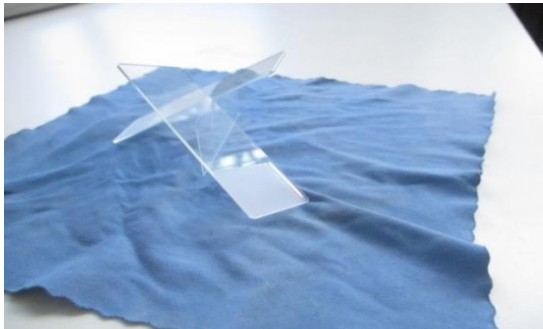
Photos 15 : Chauffage dans un bac à sable (©Hamza, 2019).



Photos 16 : Placement d'échantillons dans la centrifugeuse (©Hamza, 2019).

V. Préparation des lames microscopiques

V.1 Matériels utilisés



Photos 17: Les lames (©Hamza, 2019).



Photos18 : Pipette graduée (©Hamza, 2019).



Photos 19 : Verni (©Hamza, 2019).

V.2 Méthode

La suspension contenant les diatomées doit être montée sur lamelle pour l'analyse au microscope

1. Brasser la suspension et prélever 1ml d'échantillon digère.
2. Déposer uniformément sur une lamelle de microscope (préalablement nettoyée à l'alcool). Préparer deux lamelles pour le même échantillon en diluant la suspension pour la deuxième lamelle.
3. Laisser sécher les lamelles a température ambiante et a l'abri de la poussière.
4. Lorsque les lamelles sont sèches, placer une lamelle de microscope sur une plaque chauffante sous une haute. Déposer une goutte de résine (naphrax, indice de réfraction=1,74) sur la lame et attendre jusqu'à ce que la résine forme des petites bulles.
5. Déposer la lamelle sur la lame afin de fixer les diatomées dans la résine.
6. Retirer la lame de la plaque chauffante et appliquer une légère pression sur lamelle afin d'éliminer les bulles. Les lames sont prêtes pour l'observation au microscope des que la résine est solidifiée.



Photos 20 : Chauffage des lames (©Hamza, 2019).

VI Analyses microscopiques des diatomées

VI.1 matériel



Photos 21: Huile à immersion (©Hamza, 2019).



Photos 22 : Microscope ((OPTIKA) (©Hamza, 2019).

VI.2 méthode

L'identification et le comptage des valves de diatomées s'effectuent à un grossissement de 1000X(ou plus).

1. Compter un minimum de 400 valves (Prygiel et Coste, 1993) en prenant soin de vérifier, en ajustant le focus, si les deux valves sont présentes. Les valves d'une colonie doivent également être comptées. Si le nombre de valves comptées est inférieur à 400 après balayage complet de la lame, une autre lame doit être préparée. Puisque les échantillons ont été oxydés

par la méthode de préparation des lames, les diatomées vivantes et les diatomées mortes font partie des comptages.

2. Ne pas tenir compte des valves brisées qui représentent moins de la moitié d'une valve intacte.

3. Afin d'observer les diatomées de façon aléatoire et d'éviter de compter le même spécimen deux fois, il est important de procéder au balayage de la lamelle.

Pour le calcul de l'IDG, les diatomées planctoniques ne sont pas comptées. La plupart des diatomées centrales sont planctoniques, mise à part *Melosira varians* et *Cyclotella meneghiniana* qui sont également présentes dans les communautés benthiques et qui sont incluses dans le calcul de l'IDG.

On ne peut pas compter :

-Les frustules entiers des valves séparées

-Les valves ou frustules vides (diatomées mortes avant nettoyage par H₂O₂).

-Les valves ou frustules trop endommagés. Seul les valves et frustules cassés ne sont pris en compte que si au moins les $\frac{3}{4}$ sont visibles et identifiables.

VIII.1 Calcul de l'IBD

Le calcul de l'IBD peut se faire manuellement ou en utilisant divers logiciels appropriés. Il repose sur les étapes suivantes :

Calcul en % de l'abondance A de chaque taxon apparié (et des taxons associés le cas échéant).

Si la distinction a été faite, le cumul de l'abondance du taxon associé avec celle du taxon apparié correspondant est impératif avant de passer à l'étape suivante ou avant saisie des données sur informatique. Ce point est crucial car deux taxons (un taxon apparié et un taxon associé) peuvent être éliminés si le seuil requis n'est pas atteint alors que la somme des deux conduits à retenir le taxon apparié. Certains programmes informatiques (omnidia) font le

cumul des espèces associées et des espèces appariées automatiquement après saisie de l'inventaire ; d'autres (macro-commande Excel) ne le font pas.

Elimination des taxons appariés présentant une abondance inférieure aux valeurs-seuils

Tous les taxons appariés présentant une abondance inférieure à 7.5%, soit 3 diatomées pour un total de 400 diatomées sont systématiquement éliminées. On considère en effet qu'il faut plus de trois individus d'un taxon associé pour que sa présence ne soit pas due au hasard, à la

Dérive ou à une éventuelle contamination de l'échantillon. Intervient ensuite le seuil spécifique à chaque taxon associé en dessous duquel, la présence n'est pas considérée comme significative.

-calcul de la probabilité de présence d'un taxon apparié fictif représentatif du peuplement étudié pour chacune des classes de qualité d'eau/ selon la formule suivante :

$$F(i) = \frac{\sum_{x=1}^n a_x X p_x(i) v_x}{\sum_{x=1}^n a_x X v_x}$$

Où:

a_x est l'abondance du taxon apparié x en exprime en ‰ ;

$p_x(i)$ est la probabilité de présence du taxon apparié x pour la classe de qualité

v_x est la valeur écologique des taxons appariés

N est le nombre de taxons appariés retenus après application du seuil de présence.

7 valeurs de $f(i)$ sont ainsi calculées.

-calcul de b selon la formule du barycentre suivante :

$$B = 1xf(1) + 2xf(2) + 3xf(3) + 4xf(4) + 5xf(5) + 6xf(6) + 7xf(7)$$

B correspond à la valeur de l'IBD sur 7 et constitue une valeur intermédiaire.

Selon Prygiel et Coste (2000), l’historique des indices calculés à partir des communautés de diatomées remontent à 1961, quand Zelinka et Marvan jettent les bases, en Australie, de la plupart des indices diatomées utilisés aujourd’hui. Cette formule est issue du système s’aprotique (système des milieux très pollués) qui prend en compte l’abondance des taxons, la sensibilité à la pollution et la valeur indicatrice. La structure des indices généraux utilisés pour évaluer les communautés de diatomées est sensiblement la même que celle utilisée pour les communautés d’invertébrés.

Les indices basés sur les taxons (les genres) indicateurs polluosensibles et tolérants aux perturbations, (les indices biotiques) sont ceux qui intéressent notre étude.

Le principe de base du calcul de l’Indice Diatomique Générique IDG s’appuie sur une hiérarchisation des genres du type de celle de l’IBD déjà réalisée pour les espèces en fonction de leur sensibilité globale aux pollutions, elle est également pondérée par l’attribution d’une note d’autant plus élevée que la signification écologique du genre est importante.

-L’appréciation de l’état de santé d’un milieu dulcicole étudiés à partir des valeurs de l’IBD, de l’IPS ou de l’IDG obtenues qui varient entre 1 et 20 se répartissent au sein de cinq classes de qualité biologique avec une couleur associée (Tab. 03).

Tableau 03 : limites des classes pour l’indice des diatomées et une désignation des classes d’état de santé (Prygiel, Coste ,2000).

Indice IBD	Classe de qualité biologique	caractéristiques
IBD > 17	Très bonne	Pollution ou eutrophisation nulle à faible
13 < IBD ≤ 17	Bonne	Eutrophisation modérée
09 < IBD ≤ 13	Passable	Pollution moyenne ou eutrophisation forte
05 < IBD ≤ 09	Mauvaise	Pollution forte
IBD < 05	Très mauvaise	Pollution ou eutrophisation très forte

VIII.2. Difficultés et limites d'application

Selon Hürlimann, 2007, cette méthode d'appréciation de la qualité de l'eau au moyen des diatomées peut être appliquée dans la plupart des cours d'eau. Il faut cependant toujours être conscient des limites ou des difficultés possibles de l'application, depuis l'échantillonnage jusqu'à l'exploitation et à l'interprétation. Des problèmes d'application sont imaginables dans les conditions suivantes:

- Dans les cours d'eau périodiques, à débit permanent.
- Après des épisodes de crues à fort charriage.
- Aux exutoires des lacs.
- Probablement dans les collecteurs de drainages fortement envasés de façon naturelle.
- Dans les sites aquatiques à très fort développement d'algues filamenteuses.
- Si l'échantillon de diatomées est dominé par de nombreuses cellules mortes. Cela peut indiquer des valves entraînées par le courant ou un événement très toxique.
- Dans des eaux très turbulentes (par exemple dans des ruisseaux forestiers très raides).
- Lors de densités très faibles d'individus.
- Lorsque l'identification de certaines espèces pose problème (nombreux fragments, tassement des frustules, ou lorsque beaucoup de diatomées sont en vue connective).

Chapitre III

Resultats et interpretations

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1 .Richesse taxonomique

L’observation microscopique des diatomées benthique du periphyton récolté dans le lac des oiseaux en période printanière a permis d’identifier 7 genres. Ces taxons se répartissent dans 03 classes : **Coscinodiscophyceae, Mediosphycea et Bacillariophyciae**, et dans 7 familles **Aulacoseiraceae, Stephanodiscaceae, Bacillariocea, Amphipleuraceae, Gomphonemataceae, Surirellaceae**, (tab 04)

Les diatomées pénales dominent avec un pourcentage de **71,42%**. Tends que les diatomées centriques ne représentent qu’environs un tiers soit **28,7 %** des diatomées (figure08)

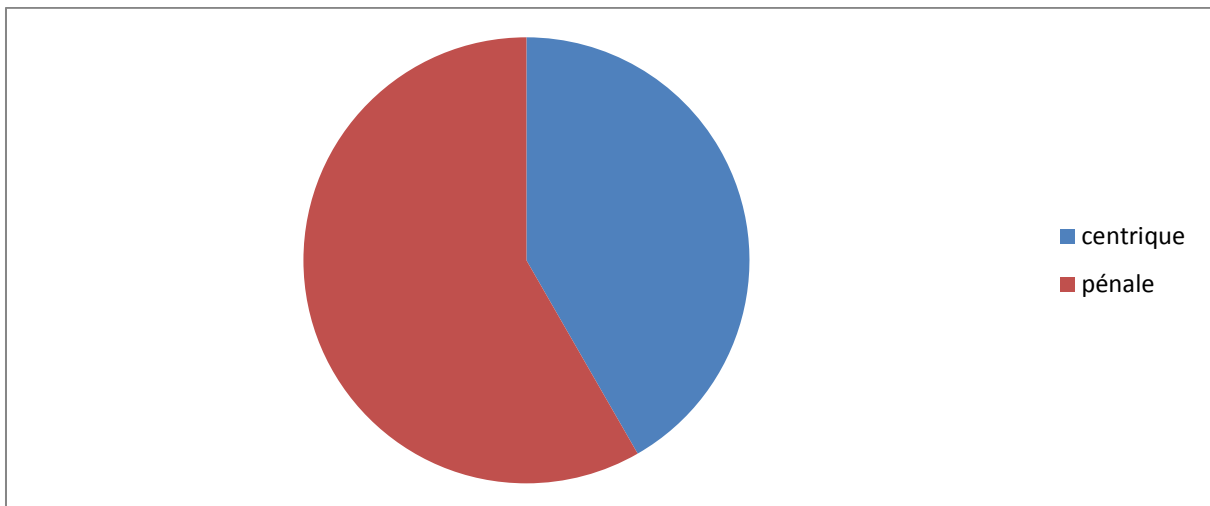



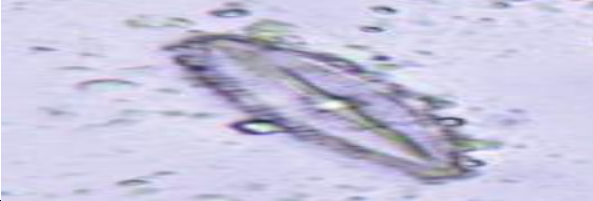



Figure08 : Pourcentage des diatomées pénales et des diatomées centrique.

II. systématique des diatomées benthiques

Tableau 04 : Quelques diatomées benthiques identifiées au niveau du lac des oiseaux.

Genre/espèce	Photos personnelle	grossissement
<i>Nitzschia amphibia</i>		2000X
<i>Aulacoseira granulata</i>		2000X
<i>Cyclotella meneghiniana</i>		2000X
<i>Frustulia saxonica</i>		2000X
<i>Navicula sp</i>		2000X



<i>Gomphonema laticollum</i>		2000X
<i>Surerilla brebissonii</i>		2000X

Tableau05 : Inventaire taxonomique des diatomées benthiques du lac des oiseaux

Famille	Empire royaume	phylum	subphylum	classe	Sous classe	Genre et espce
aulacoseiraceae	Eucaryota	Chromista bacillariophyta	coscinodiscophytina	coscinodiscophyceae		<i>Aulacoseira granulata</i>
Stephanodiscace	eucaryota	Chromista bacillariophyta	coscinodiscophytina	nidispheceae		<i>Cyclotella meneghiniana</i>
Bacillarioceae	eucaryota	Chromista bacillariophyta	coscinodiscophytina	bacillariophyceae		<i>Nitzschia amphibia</i>
amphipleuraceae	eucaryota	Chromista bacillariophyta	coscinodiscophytina	bacillariophyceae	bacillariophycidae	<i>Frustulia saxonica</i>
gomphonemataceae	eucaryota	Chromista bacillariophyta	coscinodiscophytina	bacillariophyceae	bacillariophyidae	<i>Gomphonema laticollum</i>
Surirellaceae	eucaryota	Chromista bacillariophyta	coscinodiscophytina	bacillariophyceae	bacillariophyidae	<i>Surerilla brebissonii</i>
Naviculaceae	eucaryota	Chromista bacillariophyta	coscinodiscophytina	bacillariophyceae	bacillariophyidae	<i>Navicula</i> sp

II .Abondance des diatomées

L'Abondance relative est la quantité relative au nombre d'individus d'une espèce donnée par unité de surface ou de volume par rapport au nombre total d'individus de toutes espèces confondues.

II.1 Station Est

En termes d'abondance, les diatomées étaient dominées par l'espèce *Aulacoseira granulata* avec une abondance de 153‰. Suivi de *Cyclotella meneghiniana* 66‰, le reste des espèces n'avait pas dépassées 40‰. Et leur abondance était comme suit : *Frustulia saxonica* 35‰, *Navicula* et *Gomphonema laticollum* 02‰.

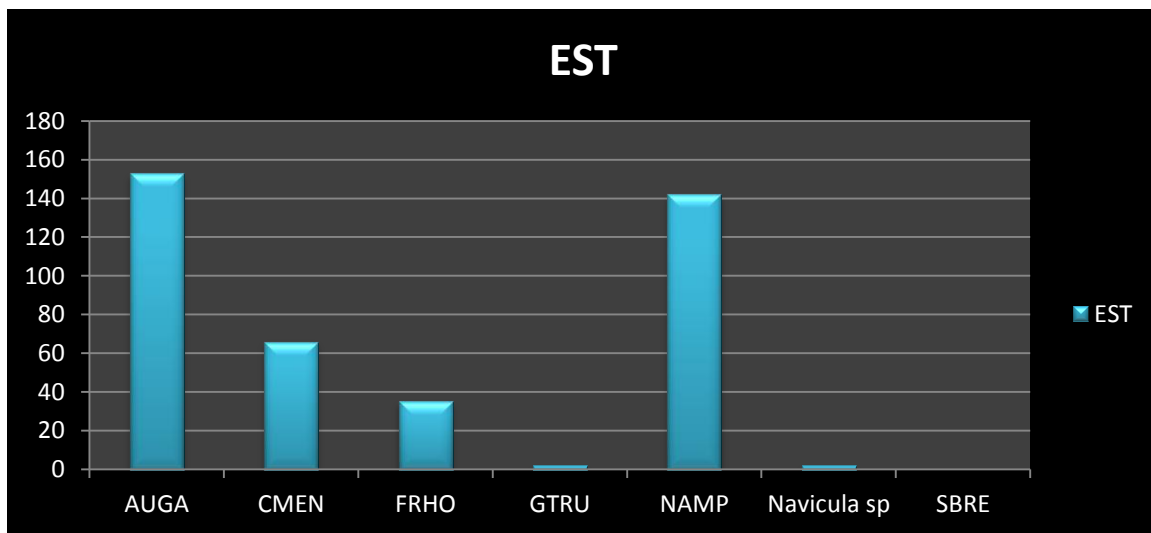


Figure09 : l'abondance des diatomées à la station est du lac des oiseaux

AUGA: *Aulacoseira granulata*

CMEN: *Cyclotella meneghiniana*

FRHO : *Frustulia saxonica*

GTRU: *Gomphonema laticollum*

NAMP: *Nitzschia amphibia*

SBRE: *Surerilla brebissonii*

II.2 Station ouest

L'abondance des diatomées a fait apparaitre la domination des *Nitzschia amphibia* et *Aulacoseira granulata* avec respectivement 234‰ et 141‰, les moins abondants sont : *Cyclotella meneghiniana* 22‰, *Frustulia saxonica* et *Navicula* avec 1‰, *Gomphonema laticollum* et *Surirella brebissonii* inférieur a 7‰.

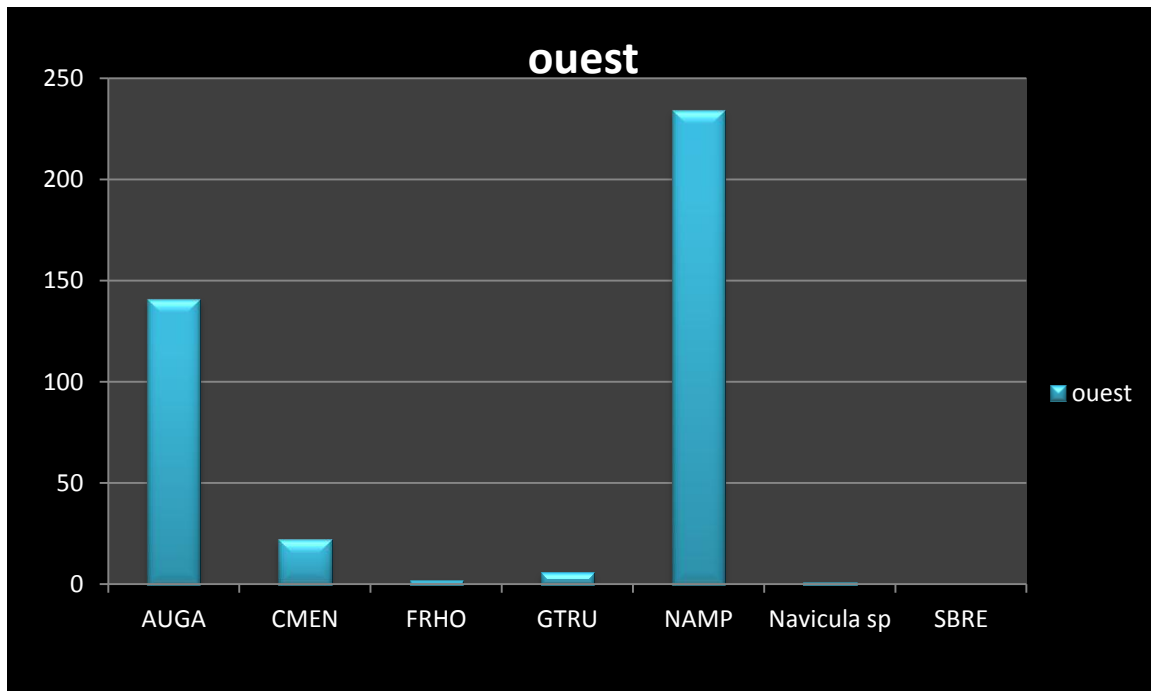


Figure 10 : l'abondance des diatomées a la station ouest du lac des oiseaux

II.3 Nord

L'ESPECE LE plus abondant: *Nitzschia amphibia* 213‰, suivi de *Cyclotella meneghiniana* 83‰ et *Aulacoseira granulata* 81‰, *Frustulia saxonica* 18‰, les moins abondants sont : *Gomphonema laticollum* et *navicula* 02‰, en trouve 1‰ de *Surerila brebissonii*.

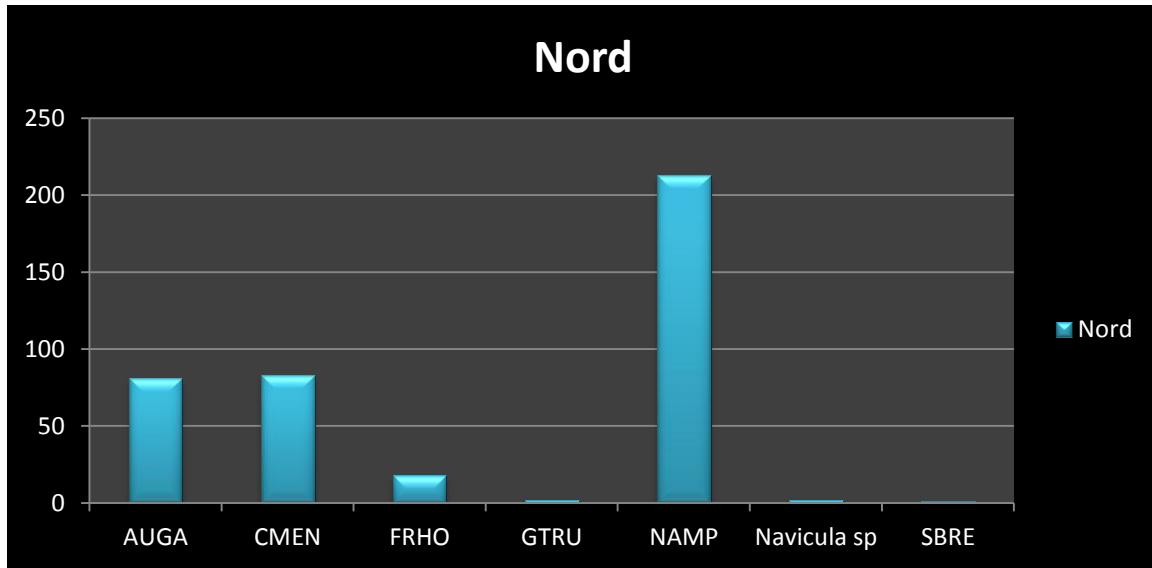


Figure11 : l'abondance des diatomées à la station nord du lac des oiseaux

II.4 Sud

L'abondance des diatomées est distribuée comme suit : *Nitzschia Amphibia*225%, *Cyclotella Meneghiniana*62%, *Aulacoseira Granulata*59%, *Frustulia Saxonica*53%, Navicula01%.

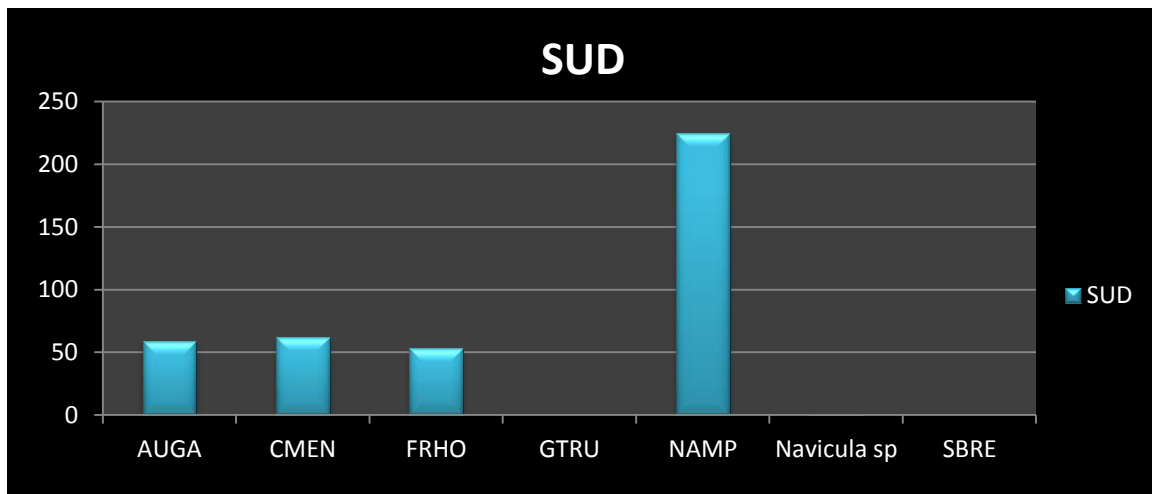


Figure 12 : l'abondance des diatomées à la station sud du lac des oiseaux.

III. Calcul de l'IBD Indice Biologique Diatomées

Le calcul de l'IBD doit obligatoirement passer par deux étapes, une analyse qualitative qui consiste à une identification des espèces en les rattachant à leurs genres correspondants, et une analyse quantitative qui consiste à un dénombrement ou comptage des frustules à partir des échantillons prélevés.

La formule

$$F(i) = \frac{\sum_{x=1}^n axXpx(i)xvx}{\sum_{x=1}^n axXvx}$$

$$B = 1x f(1) + 2x f(2) + 3x f(3) + 4x f(4) + 5x f(5) + 6x f(6) + 7x f(7)$$

$$B = \sum_{i=1}^7 iF(i)$$

$$IBD = 4.75Xb - 8.5$$

III.1 Station Nord

Les résultats du calcul de l'abondance à la station nord sont présentés au tableau 06

Tableau 06 : Calcule de l'abondance de la station nord.

	abréviation	Abondance réelle	Abondance en ‰	Abondance cumulée	Valeur seuil	Taxons retenus
<i>Aulacoseira granulata</i>	AUGA	81	202.5	202.5	7.500	AUGA
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	CMEN	83	207.5	207.5	7.500	CMEN
<i>Frustulia saxonica</i>	FRHO	18	45	45	7.500	FRHO
<i>Gomphonema laticollum</i>	GTRU	02	05	05	7.500	/
<i>Nitzschia amphibia</i>	NAMP	213	532.5	532.5	11.364	NAMP
<i>Navicula sp</i>	Navicula sp	02	05	05	/	/
<i>Surirella brebissonii</i>	SBRE	01	2.5	2.5	7.500	/

Les valeurs des probabilités de présence des taxons de la station nord sont représentées au tableau 07

Tableau 07 : Valeurs des probabilités de présence des taxons retenus pour le calcul de l'IBD et valeur indicatrices de la station nord.

	abréviation	Abondance en ‰ AX	Valeur indicatrice V_x	P_x 01	P_x 02	P_x 03	P_x 04	P_x 05	P_x 06	P_x 07
<i>Aulacoseira granulata</i>	AUGA	202.5	0.9127	0.290	0.245	0.132	0.139	0.137	0.057	0.001
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	CMEN	207.5	0.8480	0.214	0.198	0.207	0.174	0.115	0.042	0.051
<i>Frustulia saxonica</i>	FRHO	45	1.4797	0.001	0.001	0.001	0.069	0.052	0.504	0.375
<i>Nitzschia amphibia</i>	NAMP	532.5	1.0723	0.189	0.318	0.217	0.150	0.094	0.024	0.009

Les valeurs f sont représentées au tableau 08

Tableau 08 : Les valeurs F de la station nord.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
0.19	0.26	0.18	0.14	0.10	0.06	0.03

$$B=0.18+2(0.26) +3(0.18) +4(0.14) +5(0.10) +6(0.06) +7 (0.03)$$

$$IBD= (4.75 \times 2.88) -8.5$$

B=2.88

IBD=5.18

III.2 Sud

Les résultats de calcul de l'abondance de station sud sont représentés au tableau 09

Tableau 09 : Calcul de l'abondance de la station sud.

	Abréviation	Abondance réelle	Abondance en ‰	Abondance cumulée	Valeur seuil	Taxons retenus
<i>Aulacoseira granulata</i>	AUGA	59	147.5	147.5	7.500	AUGA
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	CMEN	62	155	155	7.500	CMEN
<i>Frustulia saxonica</i>	FRHO	53	132.5	132.5	7.500	FRHO
<i>Gomphonema laticollum</i>	GTRU	00	00	00	00	/
<i>Nitzschia amphibia</i>	NAMP	225	562.5	562.5	11.364	NAMP
<i>Navicula sp</i>	Navicula sp	01	2.5	2.5	00	/
<i>Surirella brebssonii</i>	SBRE	00	00	00	00	/

Les valeurs de probabilités de station sud sont représentées au tableau 10

Tableau 10 : Valeurs des probabilités de présence des taxons retenus pour le calcul de l'IBD et valeur indicatrices de la station sud.

	Abréviation	Abondance en ‰	Valeur indicatrice vx	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07
<i>Aulacoseira granulata</i>	AUGA	147.5	0.9127	0.290	0.245	0.132	0.139	0.137	0.057	0.001
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	CMEN	155	0.8480	0.214	0.198	0.207	0.174	0.115	0.042	0.051
<i>Frustulia saxonica</i>	FRHO	132.5	1.4797	0.001	0.001	0.001	0.069	0.052	0.504	0.375
<i>Nitzschia amphibia</i>	NAMP	562.5	1.0723	0.189	0.318	0.217	0.150	0.094	0.024	0.009

Les valeurs f de station sud sont représentées au tableau 11

Tableau 11 : Les valeurs F de la station sud.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
0.17	0.23	0.16	0.13	0.09	0.11	0.08

$$B=0.17+2(0.23) +3(0.16) +4(0.13) +5(0.09) +6(0.11) +7(0.08)$$

$$B=3.3$$

$$IBD= (4.75 \times 3.3) - 8.5$$

$$IBD=7.17$$

III.3 EST

Les résultats de calcul de l'abondance de station est sont représentés au tableau 12

Tableau 12 : Calcule de l'abondance de la station est.

	Abréviation	Abondance réelle	Abondance en ‰	Abondance cumulée	Valeur seuil	Taxons retenus
<i>Aulacoseira granulata</i>	AUGA	153	382.5	382.5	7.500	AUGA
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	CMEN	66	165	165	7.500	CMEN
<i>Frustulia saxonica</i>	FRHO	35	87.5	87.5	7.500	FRHO
<i>Gomphonema laticollum</i>	GTRU	02	05	05	7.500	GTRU
<i>Nitzschia amphibian</i>	NAMP	142	355	355	11.364	NAMP
<i>Navicula sp</i>	Navicula sp	02	05	05	00	/
<i>Surirella brebissonii</i>	SBRE	00	00	00	00	/

Les valeurs de probabilités de station est sont représentés au tableau 13

Tableau 13 : Valeurs des probabilités de présence des taxons retenus pour le calcul de l'IBD et valeur indicatrices :

	Abréviation	Abundance en ‰	Valeur indicatrice vx	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07
<i>Aulacoseira granulata</i>	AUGA	382.5	0.9127	0.290	0.245	0.132	0.139	0.137	0.057	0.001
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	CMEN	165	0.8480	0.214	0.198	0.207	0.174	0.115	0.042	0.051
<i>Frustulia saxonica</i>	FRHO	87.5	1.4797	0.001	0.001	0.001	0.069	0.052	0.504	0.375
<i>Nitzschia amphibia</i>	NAMP	355	1.0723	0.189	0.217	0.217	0.150	0.094	0.024	0.009

Les valeurs f de station est sont présentés au tableau 14

Tableau 14 : Les valeurs F de la station est.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
0.20	0.23	0.15	0.13	0.10	0.10	0.05

$$B=0.20+2(0.23) +3(0.15) +4(0.13) +5(0.10) +6(0.10) +7(0.05)$$

$$B=3.08$$

$$IBD= (4.75 \times 3.08) -8.5$$

$$IBD=6.13$$

III.4 Ouest

Les résultats de calcul de l'abondance de station ouest sont présentés au tableau 15

Tableau 15 : Calcule de l'abondance de la station ouest.

	Abréviation	Abondance réelle	Abondance en%	Abondance cumulée	Valeur seuil	Taxons retenus
<i>Aulacoseira Granulata</i>	AUGA	141	352.5	352.5	7.500	AUGA
<i>Cyclotella Meneghiniana</i>	CMEN	22	55	55	7.500	CMEN
<i>Frustulia Saxonica</i>	FRHO	02	5	5	7.500	/
<i>Gomphonema Laticollum</i>	GTRU	00	00	00	00	/
<i>Nitzschia Amphibia</i>	NAMP	234	585	585	11.364	NAMP
<i>Navicula sp</i>	Navicula sp	01	2.5	2.5	/	/
<i>Surirella Brebissonii</i>	SBRE	00	00	00	00	00

Les résultats de valeurs des probabilités de station ouest sont représentés au tableau 16

Tableau 16 : Valeurs des probabilités de présence des taxons retenus pour le calcul de l'IBD et valeur indicatrices de la station ouest :

	Abréviation	Abondance en %	Abondance indicatrice vx	P01	P02	P03	04	P05	P06	P07
<i>Aulacoseira granulata</i>	AUGA	352.5	0.9127	0.290	0.245	0.132	0.139	0.137	0.057	0.001
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	CMEN	55	0.8480	0.214	0.198	0.207	0.174	0.115	0.042	0.051
<i>Nitzschia amphibia</i>	NAMP	585	1.0723	0.189	0.318	0.217	0.150	0.094	0.024	0.009

Les valeurs f de station ouest sont représentées au tableau 17

Tableau 17: Les valeurs F de la station ouest

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
0.22	0.28	0.18	0.14	0.10	0.03	0.008

$$B=0.22+2(0.28) +3(0.18) +4(0.14) +5(0.10) +6(0.03) +7(0.008)$$

B=2.61

$$IBD= (4.75 \times 2.61) - 8.5$$

IBD=3.89

V. Qualité de l'eau du lac des oiseaux

Les différentes étapes de calculs de l'IBD ont aboutit aux résultats suivant (tableau 18)

A chaque note correspondent une qualité biologique et une couleur associée, qui permettent de visualiser plus facilement la qualité d'eau sur des cartes ou graphiques.

Tableau 18 : classification de la qualité de l'eau selon l'IBD.





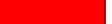
note IBD	IBD ≥ 17		17 < IBD ≤ 13		13 < IBD ≤ 9		9 < IBD ≤ 5		IBD < 5	
couleur	bleu		vert		jaune		orange		rouge	

Tableau 19 : Récapitulatif des IBD calculés et caractérisation de chaque station du lac des oiseaux.

Station	Nord	Sud	Est	Ouest
IBD	5.18	7.17	6.13	3.89
Classe de qualité biologique	Mauvaise	mauvaise	mauvaise	Très mauvaise
caractérisation	E.F	E.F	E.F	E.T.F

(E.F) eutrophisation forte.

(E.T.F) eutrophisation très forte

La traduction des résultats obtenus nous ont conduits à l'élaboration d'une représentation schématique sur carte (carte d'eutrophisation) de la qualité des eaux du site (lac des oiseaux) figure caractérisant ainsi chaque station analysée.

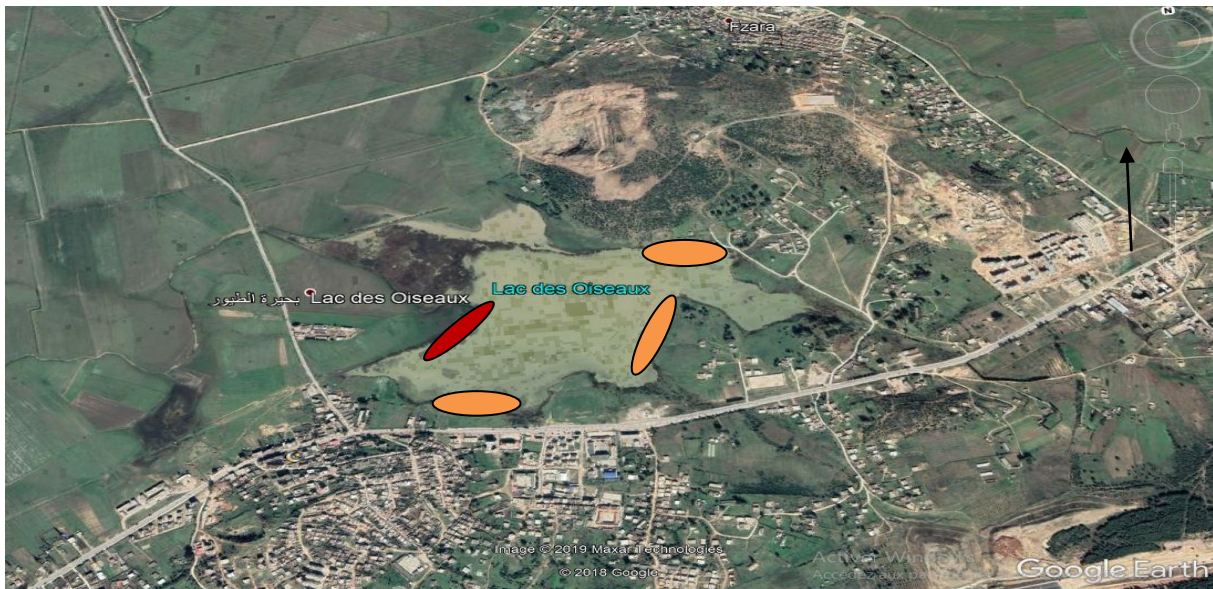


Figure13 : Schéma d'eutrophisation du lac des oiseaux.

Chapitre VI

Discussion

DISCUSSION

Les différentes espèces de diatomées présentent des préférences environnementales hétérogènes. Ainsi les diatomées avérées particulièrement sensibles aux gradients liés à la balance ionique des eaux (alcalinité, acidité et conductivité) et aux concentrations de nutriments (phosphates et nitrates). Elles sont donc particulièrement sensibles aux facteurs de chimie locale des eaux.

La présence d'espèces dans un lieu donné est donc représentative des conditions environnementales du milieu, et les diatomées sont largement utilisées comme indicateurs de ces conditions. L'utilisation de caractéristiques biologiques, telles que la présence d'espèces, pour évaluer des critères environnementaux est appelée bioindication.

Cette sensibilité particulière aux conditions chimiques des eaux et surtout aux concentrations en nutriments et à la pollution organique font de celles-ci des bioindicateurs privilégiés pour la détection de ces types de perturbations. Elles constituent ainsi un complément aux informations fournies par les poissons, par les invertébrés et les autres types d'algues. Les diatomées possèdent plusieurs attributs qui en font un outil idéal comme bioindicateur de la qualité de l'environnement:

1. Étant les organismes à la base de la chaîne alimentaire, les algues benthiques sont à l'interface de l'environnement physico-chimique et de la communauté biologique (Lowe et Laliberté, 1996). Une modification de l'abondance, de la diversité et de la composition des Communautés de diatomées affecte également les niveaux trophiques supérieurs (benthos, poissons) en provoquant une modification des fonctions et de la structure dans la chaîne trophique (Xu *et al.*, 1999).
2. Les algues benthiques sont sessiles, elles ne peuvent donc pas éviter la pollution par le biais de la migration (Lowe et Laliberté, 1996; Lowe et Pan, 1996).
3. Les algues benthiques sont généralement riches en espèces comparativement aux autres groupes aquatiques et chaque espèce possède ses propres tolérances et préférences environnementales (Lowe et Laliberté, 1996).

4. Les algues périphytiques ont des cycles de vie relativement courts résultant en une réponse rapide aux changements de l'environnement (Lowe et Laliberté, 1996; McCormick et Stevenson, 1998). Elles intègrent l'ensemble des variations physico-chimiques de l'eau sur une période de temps d'environ un mois. Elles peuvent donc détecter des pollutions passagères, discontinues et diffuses, ce que peuvent difficilement accomplir des mesures physico-chimiques ponctuelles et les organismes ayant un cycle de vie plus long que celui des diatomées.
5. Les communautés d'algues benthiques étant compactes, il est possible de représenter une communauté naturelle à partir d'un échantillon de quelques centimètres (Lowe et Pan, 1996).
6. La majorité des espèces ont une répartition très étendue à travers les écosystèmes et les régions géographiques en comparaison à la plupart des autres organismes supérieurs. Cette caractéristique assure une répartition spatiale continue des indicateurs à l'intérieur des suivis régionaux et internationaux.
7. Les échantillons sont facilement manipulés, traités et entreposés (Lowe et Pan, 1996).
8. Les diatomées ont l'avantage d'être généralement plus facilement identifiables et dénombrables que les autres groupes d'algues. De plus, l'écologie des espèces est généralement mieux documentée que celles des autres groupes d'algues.

En Algérie, peu de travaux sont menés sur l'utilisation des diatomées benthique (indice diatomique) pour la détermination de la qualité des milieux aquatiques lenticules et lotiques. Notre travail avait pour but de déterminer la qualité de l'eau d'un étang appelé lac des oiseaux situé à l'est algérien par l'utilisation de l'indice diatomique.

Au cours de notre travail nous avons pu identifier 07 espèces appartenant à 7 genres différents et qui sont : *Nitzschia amphibia*, *Aulacoseira granulata*, *Frustulia saxonica*, *Cyclotella meneghiniana*, *Gomphonema laticollum*, *Surirella brebissonii* et *Navicula* sp. Appartenant aux familles : *Aulacoseiraceae*, *Stephanodiscaceae*, *Bacillarioceae*, *Amphipleuraceae*, *Gomphonemaceae*, *Surirellaceae*, *Navicilaceae*. La classe de *Cosconodiscophytina*.

En termes de richesse spécifique, les diatomées pénales sont largement dominantes par rapport aux diatomées centriques

En termes d'abondance *Nitzschia amphibia* et *Aulacoseira granulata* dominent au niveau des quartes stations échantillonnées. Se sont des microalgues cosmopolitisme présentes dans

quasiment tous les milieux aquatiques et terrestres humides. Les *Nitzschiacées* sont, en général, rencontrées dans les eaux avec des teneurs élevées en matière organique (diatomées saprophytes ou N-hétérotrophes) sauf certaines espèces qui sont plus sensibles comme *Nitzschia fonticola* ou *N. dissipata*.

De nombreuses espèces appartenant aux *Centrophycidées* sont abondantes dans le plancton des lacs (*Aulacoseira*, *Cyclotella*...). Elles caractérisent les milieux assez lents et eutrophes.

Les notes de l'IBD sont mauvaises pour trois stations (nord, sud et est) et très mauvaise pour la station ouest.

Ces mauvaises notes de l'IBD au niveau des 4 stations peuvent être expliquées par l'apport des effluents d'eaux usées de la commune du lac des oiseaux qui l'alimentent et qui chargées en matières organiques. La station Sud est moins influencée par l'agriculture et les sources d'eaux. Le caractère très forte pollution attribue au niveau de station ouest où se trouve un grand effluent d'eaux qui passe par des terres agricoles et qui est riche en nutriments (phosphore et nitrate). La principale source de pollution au niveau du lac des oiseaux c'est l'utilisation d'engrais dans l'agriculture (nitrate, azote ...), ajouté à ça les rejets domestiques de la commune du lac des oiseaux.

Globalement pour toutes les stations on note une tendance de forte eutrophisation accélérée par les apports artificiels en nutriments au lac, peuvent causer plusieurs effets indésirables sur l'écosystème aquatique : une plus grande abondance de plantes aquatiques et d'algues cause

La dégradation de la qualité de l'eau et accumulation de sédiments, changement dans la biodiversité animale et végétale, favorisant les espèces les mieux adaptées aux nouvelles conditions ou l'implantation de nouvelles espèces au détriment de certaines qui étaient déjà établies. apparition de fleurs d'eau importantes de cyanobactéries (Hade ,2002).

CONCLUSION

CONCLUSION

Au terme de l'achèvement de notre travail sur la détermination de la qualité de l'eau du lac des oiseaux par le calcul de l'IBD pendant la période printanier (avril 2019), il nous a été permis :

De donner des indications sur la qualité des eaux de l'écosystème (lac des oiseaux), par l'application d'une méthode biologique avec l'utilisation d'un indice calculé appelé indice biologique diatomique.

La qualité de l'eau est mauvaise a très mauvaise due principalement a la forte pollution organique et minérale (phosphore, nitrate) apporté par les effluents ce qui peut générer une eutrophisation de milieu.

Au cours de notre étude nous avons pu déterminer 7 genres de diatomées benthiques jusqu'à l'espèce.

On admet que l'inventaire est encore loin d'être complet d'identifie certaine demande la microscope électronique. Il est ainsi fort probable que cet espace abrite une diversité bien importante ; des prospections futures plus intensives et ciblées a des périodes différentes (saisonnieres et pluriannuelles) permettront forcément d'affiner cet inventaire et de la tendre vers l'exhaustivité (taxon : espèces).

De se prononcer sur la méthode de l'IBD, en la qualifiant de méthode concluante, d'utilisation simple, d'application peu difficile car elle nécessite des performances.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

A

Adam Y, Béranger C, Delzons O, Frochot B, Gourvil J, Lecomite P, Parisot. Laprun M., 2015. « Guide des méthodes de diagnostic écologique des milieux naturels. Application aux sites de carrière » UVP, 3 rue Alfred Roll 75849-Paris Cedex 17-p390.

B

Baret J, Benhaj S, Celse J, Charrier M, Rivière V, 2012. Rapport de prospections naturalistes. Réghaia. Lac de Réghaia (Wilaya d'Alger). Conservatoire du littoral. 113P.

Benyacoub S, 1993. *Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El Kala. (Nord est Alegria)*. Thèse de doctorat. Université Bourgogne, 271P.

Boumezbeur A. (2004). Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale.

C

Chalabi B, 1990. *Contribution à l'étude de l'importance des zones humides algériennes pour la protection de l'avifaune : cas du lac Tonga Parc National d'El Kala*. Thèse de magistère, Alger, INA, 192P.

D

Dajoz R, 2006. Précis d'écologie. Cours et questions de réflexion. Edition Dunod : 631P.

Durand J.H, 1954. Les sols de l'Algérie direction du service de la colonisation et de l'hydraulique. Gouvernement général de l'Algérie. 254P.

Duchauffour P, 1977. Pédogénèse et classification. Masson. 323P.

G

Guyard A, 1995. Classification trophique des lacs. Le réseau alimentaire. Eutrophisation et pollution. ED. Masson collection d'écologie 25-956P.

H

Hamza D, Medjouel C, 2014. *Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau de l'agro système lacustre » lac des oiseaux » Wilaya d'El Tarf*

Houhamdi M, 1980. *Ecologie de lac des oiseaux cartographie palynologique et utilisation de l'espace par l'avifaune aquatique*. mémoire du magistère. Université d'Annaba. 198P.

Houhamdi M, 2002.*Ecologie des peuplements aviens du lac des oiseaux (numide orientale)*.thèse doctorat. Université d'Annaba.146P.

Hürlimann J, 2007.Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau : diatomées-niveau 1(régional) publié par l'office fédéral de l'environnement OFEV. Berne.

I

Iltis A, 1980.les Algues in flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo- soudanienne. Volume 1 DURAN JR.P9-P3-Paris. Editions de l'Office de la recherche scientifique et technique outre-mer.

J

Joleaud, 1936.étude géologique de la région de Bône et de la calle. Bull. serv. Cocorte géol. Algérie (typo-titho et Cie, Alger) ,2° série (12)-185P.

K

Kadid Y, 199. *Contribution a l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga, Parc National d'El Kala* .thèse ingénieur, INA Alger, 161P.

L

Leclercq L, Maquet B, 2001. Les bases de l'étude hydro biologique station scientifique des hautes-Fagnes-Belgique.P33.

Lecointec M, Prygiel, 1993.software for taxonomy, calculation hydrobiologia, 269-270 ;509-513.

Loir M. (2004). Guide des diatomées. Delachaux et niestlé, paris.239P.

Lowe R L,laliberte G D,1996 :benthic stream algae : distribution and structure in lamberti – stream ecology- academic press,705-739.

M

Mccormick P V, 1994. Algae as indicators of environmental change. Journal of applied phycology, 509-526.

P

Prygiell J, Coste M, 1993. Utilisation des indices diatomiques pour la mesure de la qualité description des principales espaces journal de Micrographie Paris P322.

Prygiell J, Coste M, 2000. Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées NFT90-354. Agences de l'Eau- Cemagref. 134P.

R

Roux C, 1987. Lichens et pollution par les aérosols marins. Rapport 1987-4P. +Ann (Rapport interne).

Rumeau A, Coste, 1988. Introduction into the systematic of fresh water diatoms for a useful Generic diatomic Index (Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce pour l'utilisation pratique d'un Indice Diatomique Générique). Bull-fr.peche plscic.309:p1-69.

S

Saadali, B, 2007. Etude de la qualité des eaux des sources issues du massif dunaire de boutheldja (Algérie externe nord orientale. Mémoire de magistère. Université d'Annaba. 84P.

Sayoud M.S, 2017. *Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du lac de réghaia par l'Indice Diatomique Générique.IDG.*

O

Onema, 2013. Les milieux humides véritables infrastructures naturelles, « milieux humides, entre terre et eau ».

X

Xu fl, 1999. ecological indicators for assessing freshwater ecosystem health, ecological modelling, 116 :77-106.

Z

Zerrad K, Zouaouiche M, 2014. *Suivi mensuel des anatidés et de foulques au niveau du lac des oiseaux, Wilaya d'El Tarf.*

ANNEXES