

N° Ref :.....



Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement

Option : Gestion et Fonctionnement des Ecosystèmes Aquatiques et Forestiers

Thème

ANALYSE BIOTIQUE DES EAUX DU RHUMEL DANS LE CONSTANTINOIS ET DE OUED ENDJA DANS LA REGION DE MILA

Présenté par : AZIZI Mouna

BENREDJEM Saloua

Devant le jury composé de :

Président : Mr. BOUNAMOUS AZZEDINE

M.C.A Centre Universitaire de Mila

Examineur : Mr. TABET SLIMANE

M.A.A Centre Universitaire de Mila

Promoteur : M^{elle}. KHERIEF N. SALIHA

M.A.A Centre Universitaire de Mila

Année Universitaire: 2015/2016

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

*Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé
tout au long de notre vie, qu'il nous a donné le courage et la patience pour
Surmonter tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever
ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.*

*Tout d'abord nos vifs remerciements et notre gratitude vont tout droit à
Notre encadreur **M^{elle} KHERIEF N Saliha** d'avoir accepté de diriger cette étude,
pour son aide et surtout sa patience.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour
L'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail
et de l'enrichir par leurs propositions :*

*Nous voulons remercier **Mr. BOUNAMOUS AZZEDINE** d'avoir accepté de
présider le jury*

*Nous remercions également, l'examineur **Mr. TABET SELIMANE** d'avoir
accepté d'examiner ce travail.*

*Enfin nous remercions vivement toutes personnes ayant contribué
de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, et Nos aimables familles.*

MOUNA et Saloua

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mes chers parents

Mon cher père ABD LHANI, qui m'a toujours encouragé,

Conseillé et soutenu dans mon travail

Ma très chère et douce mère RAHIMA qui m'a toujours

Apporté son Amour et son affection

A mes adorables frères : OUSSAMA, MOUNIR et ABD

LADIME pour leurs soutiens et présence permanentes

Ma très chère sœur : ZOHRRA pour son soutien

inconditionnel et l'aide qu'elle m'a toujours apportée

A mes chères oncles et tantes pour leur précieuse aide et

soutien

A ma grande famille AZIZI et la famille BOUFAS

A mes très chères amies : Amina, Wafa , Hassiba , Abir,

Wissam et Karima pour ses encouragements et ses aides

Tout au long de ce travail

A mes camarades de la promotion de 2^{ème} Année Master

Écologie 2016.

MOUNA

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

Mes chers parents

*Mon cher père BACHIR, qui m'a toujours encouragé, Conseillé
et soutenu dans mon travail.*

*Ma très chère et douce mère ABIDA qui m'a toujours
Apporté son Amour et son affection.*

*A mon adorable frère MOSTAFA et leur femme pour leurs
soutiens et présence permanentes.*

*Mes très chères sœurs : FAHIMA, WIDAD, FATIMA, KANZA,
AMINA pour leurs soutiens inconditionnel et l'aident qu'elles
m'a toujours apportées et leurs enfants surtout mon aimable
JIHAD, TAKAY, HANIN, HASAN, ABD RAHMAN et
MOHAMED.*

A mon fiancé et futur mari WALID pour

*Ses sacrifices, son soutien moral, sa gentillesse. Sans son aide ses
encouragements ce travail n'aurait vu le jour. Que dieu protégé .*

A ma grande famille BENERDJEM et la famille BALETRACHE

*A mes très chères amies : MANAL, NARIMAN, AICHA,
RAHMA, YASMIN, pour ses encouragements et ses aides*

Tout au long de ce travail.

*A mes camarades de la promotion de 2ème Année Master
Écologie 2016.*

SALOUA

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Partie I : Généralité sur les cours d'eaux

I.1 C'est quoi un cours d'eau?	03
I.2 Les différents types de cours d'eau	03
I.3 Caractéristiques générales des cours d'eaux	05
I.4 La pollution de l'eau	05
I.4.1 La pollution d'un cours d'eau	05
I.4.2 Les différents types de la pollution de l'eau	06
I.4.2.1 Pollution biologique	06
A Les microorganismes polluants	06
B Les matières organiques	08
I.4.2.2 pollution physique	08
I.4.2.3 Pollution chimique	08
I.4.3 Les Sources de pollution de l'eau	10
I.4.3.1 Pollution domestique	10
I.4.3.2 Pollution industriel	10
I.4.3.3 Pollution agricole	10
I.4.4 Les conséquences de la pollution de l'eau	11

I.4.4.1 l'eutrophisation	12
I.4.4.1.1 Processus d'eutrophisation	13
I.4.4.1.2 Différents stades d'eutrophisation	14
I.4.4.1.3 Cause de l'eutrophisation	15
I.4.4.1.4 Caractérisation de l'eutrophisation	16
A. La prolifération végétale	16
B. Les implications physico-chimiques de la prolifération végétale	17
I.4.4.1.5 Conséquences de l'eutrophisation	17

Partie II : Evaluation de La qualité de l'eau

II.1 C'est quoi la qualité de l'eau ?	19
II.2 Evaluation de la qualité de l'eau	20
II.2.1 Evaluation physico-chimiques	20
II.2.1.1 La température (T°)	20
II.2.1.2 Potentiel hydrogène pH	20
II.2.1.3 Conductivité électrique (CE)	21
II.2.1.4 Oxygène dissous (O ₂ .d)	21
II.2.2 Evaluation biologique	22
II.2.2.1 Le phytoplancton	22
II.2.2.1.1 Systématique du phytoplancton	23
A. Clés d'identification du phytoplancton	23
B. Composantes du phytoplancton	24
a. Cyanobactéries (Algues bleues)	24
b. Les Rhodophycées (Algues rouges)	24
c. Les phéophycées (Algues brunes)	25

d. Les Chrysophycées (Algues dorées)	25
e. Les Chlorophycées (Algues vertes)	25
f. Les Bacillariophycées (Diatomées)	25
g. Les dinoflagellés	28
h. Les euglènes	28
II.2.2.1.2 Ecophysiologie du phytoplancton	31
II.2.2.2 Le système d'évaluation de la qualité Biologique (SEQ-Bio)	31
II.2.2.2.1 Le Phytoplancton, Indicateur de La Qualité Biologique de l'eau.....	32
A. Indice biologique des diatomées (IBD)	32
II.2.2.2.2 Autres types d'indices biologiques	34

Chapitre II : Matériel et méthodes

Partie I : Présentation de la zone d'étude

I.1 Présentation du bassin versant Kébir-Rhumel	36
I.1.1 Situation géographique	36
I.1.2 Géologie et lithologie	37
I.1.3 Réseau hydrographique	37
I.1.3.1 Oued Rhumel	38
I.1.3.2 Oued Endja	39
I.1.4 Climatologie	39
I.1.4.1 Pluviométrie	39
I.1.4.2 Température	40
I.1.4.3 Vents	41
I.1.5 Agriculture	41
I.1.6 Industrie	41

Partie II : Matériel et Méthodes

II.1 Choix et localisation des sites de prélèvement	42
II.1.1 Au niveau d'Oued Rhumel	43
II.1.2 Au niveau d'Oued Endja	44
II.2 Matériel utilisé	45
II.3 Nature de prélèvement	45
II.4 Protocole de travail	46
II.4.1 Mesures physiques	46
II.4.1.1 La température et potentiel d'hydrogène (pH).....	46
II.4.1.2 L'oxygène dissous	46
II.4.1.3 La conductivité électrique	46
II.4.2 Paramètre biologique	47
II.4.2.1 Etude des peuplements phytoplanctoniques des oueds	47
II.4.2.1.1 Echantillonnage quantitatif	47
II.4.2.1.2 Conservation des échantillons	48
II.4.2.1.3 Observation des algues	48
II.4.2.1.4 Estimation de la biomasse	49
II.4.2.2 Echantillonnage et analyse des diatomées	49
II.4.2.2.1 Echantillonnage des diatomées	49
II.4.2.2.2 Analyse des échantillons au laboratoire	50
A. Traitement des échantillons dans le laboratoire	50
B. Préparation des lames permanentes	51
C. Observations, comptages et détermination taxonomique diatomées	52

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1 Mesures physiques de l'eau	53
III.1.1 La température	53
III.1.2 Le potentiel d'hydrogène	55
III.1.3 L'oxygène dissous	56
III.1.4 La conductivité électrique	57
III.2 Analyse biotique	59
III.2.1 Analyse quantitatifs	59
III.2 Estimation de la biomasse algale	65
III.2. 3 Inventaire taxonomique des diatomées	66
Conclusion	83

Références bibliographiques

Résumé

Liste des figures

Figure 01: Types de cours d'eau.....	4
Figure 02: Les deux grands Oueds alimentant le barrage de Béni Haroun (Endja et Rhumel) dans la wilaya de Mila.....	4
Figure 03: Les trois types des organismes pathogènes bactéries, virus et parasites.....	7
Figure 04: Les grandes sources de pollution de l'eau.....	11
Figure 05 : Le phénomène d'eutrophisation.....	13
Figure 06 : Cycle simplifié des éléments nutritifs.....	14
Figure 07 : Schéma représentant les différentes voies de dépôt de nutriments dans les eaux et les processus qui en découlent, menant à l'eutrophisation et à l'hypoxie.....	15
Figure 08 : Photos de diatomées en microscopie électronique à balayage (en Haut) et en microscopie optique (en bas).....	26
Figure 09: Représentation du frustule d'une diatomée pennale.....	27
Figure 10 : Schéma de division cellulaire chez la diatomée. Une des deux cellules filles est plus petite que la cellule mère.....	27
Figure11 : Classes algales et leurs caractéristiques principales basées sur des aspects Morphologiques et cytologiques.....	30
Figure 12 : Exemples de diatomées caractéristiques d'eaux : a/ de mauvaise qualité et b/ de Bonne qualité.....	33
Figure 13: Situation géographique du bassin versant Kébir-Rhumel et ses sous bassins versants	36
Figure 14: Carte du réseau hydrographique du bassin versant Kébir.....	38
Figure 15: Localisation des stations de prélèvement.....	42
Figure 16 : Point de prélèvement de la station 1.....	43
Figure 17 : Point de prélèvement de la station 2.....	43
Figure 18 : Point de prélèvement de la station 3.....	44

Figure 19 : Point de prélèvement de la station 4.....	44
Figure 20 : Le pH mètre.....	46
Figure 21 : La valise multi paramètres.....	47
Figure 22 : Echantillonnage quantitatif de Phytoplanctons.....	47
Figure23 : Fixation de l'échantillon.....	48
Figure24 : Cellule de Thoma.....	49
Figure 25 : Grattage de la surface supérieure des substrats.....	50
Figure 26 : la préparation des lames.....	51
Figure 27 : le séchage des lames dans l'étuve.....	51
Figure 28 : Observation par microscope optique.....	52
Figure29 : Variations spatio-temporelles des températures des eaux du Rhumel et celles d'Endja.....	53
Figure30 : Variations spatio-temporelle du pH des eaux du Rhumel et celles d'Endja....	55
Figure31 : Variations spatio-temporelles de l'O ₂ .d du Rhumel et celles d'Endja.....	56
Figure 32 :Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique des stations d'étude	57
Figure 33 : <i>Oedogoniun sp</i>	60
Figure 34 : <i>Oscillatoria limosa</i>	61
Figure 35 : <i>Lepocinclis texta</i>	61
Figure 36 : <i>Tryblionella constricta</i>	61
Figure 37 : <i>Audouniella sp</i>	62
Figure 38 : <i>Microcystis aeruginosa</i>	62

Figure 39 : <i>Fragilaria pinnata</i>	62
Figure 40 : <i>Anabaenopsis circularis</i>	63
Figure 41: <i>Fragilaria capucina</i>	63
Figure 42 : <i>Chroococcus sp.</i>	64
Figure 43 : Concentration de la biomasse algale dans chaque station d'étude.....	65
Figure44 : Richesse diatomique de la station amont du Rhumel.....	69
Figure45 : Richesse diatomique de la station aval du Rhumel.....	70
Figure 46: <i>Gomphonema sp.</i>	71
Figure 47: <i>Gomphonema affine</i>	71
Figure 48 : <i>Gomphonema innocens</i>	71
Figure 49 : <i>Navicula Radios</i>	72
Figure 50 : <i>Navicula capitatoradiata</i>	72
Figure 51 : <i>Navicula gregaria</i>	72
Figure 52 : <i>Navicula veneta</i>	72
Figure 53 : <i>Placaonies placenntula</i>	72
Figure 54 : <i>Tryblionella constricta</i>	73
Figure 55 : <i>Tryblionella calida</i>	73
Figure 56 : <i>Cyclotella parvus</i>	74
Figure 57 : <i>Cymbella cymbiformis</i>	74
Figure 59 : <i>Pseudostaurosira brevistriata</i>	74
Figure 60 : <i>Nitzschia palea var.</i>	75
Figure 61 : <i>Nizschia sp.</i>	75
Figure 62 : <i>Nizschia fontica</i>	75
Figure 63: <i>Nizschia palea</i>	75

Figure 64 : Richesse diatomique de la station Endja amont.....	76
Figure 65 : Richesse diatomique de la station aval d'Oued Endja.....	77
Figure 66 : <i>Pseudostaurosira brevistriat</i>	78
Figure 67 : <i>Surirella brebissonii</i>	78
Figure 68 : <i>Cymatopleura elliptic</i>	78
Figure 69 : <i>Achnanthes pseudohungarica</i>	78
Figure 70 : <i>Cavinula cocconeiformis</i>	78
Figure 71 : <i>Kolbesia suchlandtii</i>	78
Figure 72 : <i>Navicula radios</i>	79
Figure 73 : <i>Navicula angusta</i>	79
Figure 74 : <i>Navicula symmetrica</i>	79
Figure 75 : <i>Navicula catalanogermanica</i>	79
Figure 76 : <i>Nitzschia palea</i>	80
Figure 77 : <i>Nitzschia heufleriana</i>	80
Figure 78 : <i>Gyrosigma acuminatum</i>	80
Figure 79 : <i>Nitzschia frustulum</i>	80
Figure 80 : <i>Nitzschia capitellata</i>	81
Figure 81 : <i>Nitzschia recta</i>	81
Figure 82 : <i>Nitzschia pusilla</i>	81
Figure 83 : <i>Gomphonema sphaerophorum</i>	81
Figure 84 : <i>Cyclotella meneghiniana</i>	81
Figure 85 : <i>Stephanodiscus</i>	81

Liste des tableaux

Tableau01: Principales maladies d'origine hydrique et agents microbiologique Responsables.....	7
Tableau 02: Principaux types de pollution des eaux, nature et cause.....	9
Tableau 03 : Conséquences et effets des différentes pollutions.....	11
Tableau 04: Les différents formes végétales et milieux concernés de l'eutrophisation....	14
Tableau 05 : Le pH et la vie aquatique.....	21
Tableau 06: classes de qualité d'eau en fonction de la valeur de l'IBD.....	34
Tableau 07: Les principaux indices biologiques utilisés.....	35
Tableau08: Stations pluviométriques sur le bassin du Kébir –Rhumel.....	40
Tableau09: Température moyenne mensuelle en °C.....	40
Tableau10: Calendrier de prélèvement des échantillons.....	46
Tableau11: Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température....	54
Tableau12 : Aptitude à la biologie en fonction du pH.....	55
Tableau13: Aptitude à la biologie en fonction de l'oxygène dissous.....	57
Tableau14 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	58
Tableau 15 : Inventaire d'algues par Famille des eaux de l'oued Rhumel et d'Endja ...	59
Tableau16 : Inventaire diatomique des eaux des stations d'étude (Rhumel et Endja).....	66

Liste des Abréviations

ABH : Agence du Bassin Hydrographique.

AESN : Agence de l'Eau Seine-Normandie.

°C : Degré Celsius.

C E : Conductivité Electrique.

Cm : Centimètre.

CO2 : Dioxyde de carbone.

Enj 3 : Endja amont

Enj 4 : Endja aval

Fig : Figure.

HAP : Hydrocarbure aromatique Polycyclique.

HESSO : La Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale.

HCEFLCD : Haut Commissaire aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification.

IBD : Indice biologique des diatomées.

IBGA : Indice biologique globale adapté au grands cours d'eau

IBGN : Indice biologique globale normalisé.

IBMR : Indice biologique des macrophytes en rivière.

IFEN : Institut français de l'environnement.

IOBS : Indice oligochète de bio-indication des sédiments.

IPR : Indice poisson rivière.

ISECA : Institut Supérieur Européen de Conditionnement en Agro-alimentaire.

Km : Kilo mètre.

m : mètre.

mg/l : miligramme par litre .

ml : mili litre.

mm : mili mètre.

MO : Matière organique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONM : Office national de la météologie.

O₂ : oxygène.

O₂.d : oxygène dissous.

PCB : Polychlorobiphényle.

PH : Potentiel Hydrogène.

Rh 1 : Rhumel amont.

Rh 2 : Rhumel avale.

SEQ-BIO : système d'évaluation de la qualité biologique de l'eau.

SEQE : système d'évaluation de la qualité de l'eau.

SIA : Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Bassin de l'Arc.

SO-NE : Sud Ouest -Nord Est.

T : Température.

Tab : Tableau.

Wfd : Water Frame work Directive.

µg/l : micro-gramme par litre.

µm : Micro mètre.

µs/cm : Microsimens par centimètre.



Introduction

Introduction

Actuellement, la pollution des eaux est devenue un phénomène universel qui menace gravement l'environnement et qui nécessite une lutte soutenue, car l'homme rejette dans les eaux de surface et les cours d'eau, des déchets de toute nature liés à sa vie et à ses activités.

L'eau reçoit ainsi des déchets domestiques, industriels et agricoles (pesticides, engrais,...), ces rejets sont de plus en plus responsables de l'apparition de cette forme de pollution, elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières et dégrader considérablement sa qualité.

Cette pollution aquatique se fait de différentes façons qui nous touchent tous d'une manière ou d'une autre. 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.

Cette prolifération des plantes aquatiques et des algues s'est amplifiée ces dernières décennies avec l'utilisation accrue de fertilisants chimiques en agriculture et par le développement de l'élevage intensif.

Le phytoplancton base de la chaîne trophique, est constitué d'un ensemble de micro-organismes végétaux, vivant en suspension dans l'eau ou sur des substrats. Ce phytoplancton peut former des efflorescences par suite de prolifération d'une ou de quelques espèces dans des conditions hydro-climatiques favorables et en particulier le déséquilibre du contrôle par la ressource nutritive.

La prolifération du phytoplancton a un impacte direct sur les écosystèmes aquatiques entraînant des modifications de la diversité et de la dynamique des populations. En outre, certaines espèces, dont les cyanobactéries, sont susceptibles de synthétiser des toxines à l'origine d'intoxications plus ou moins graves, représentant des risques importants pour la santé humaine et animale.

Le phytoplancton réagit à la pollution et peut être considéré comme un bon bio-indicateur de la dégradation de la qualité des eaux continentales. Grâce à leur taux de reproduction élevé et à leur cycle de vie très court il s'intègre rapidement à des changements environnementaux, certaines espèces notamment les diatomées, se donnent une sensibilité

Introduction

particulière aux conditions physiques et chimiques des eaux et surtout aux concentrations en nutriments et à la pollution organique font de celles-ci des bio-indicateurs privilégiés pour la détection de ces types de perturbations. Elles sont utilisées pour effectuer le suivi de la qualité de l'eau des rivières parce qu'elles ont l'avantage d'être généralement plus facile à identifier et dénombrer que les autres groupes de phytoplanctons. De plus, l'écologie de ces espèces est généralement mieux documentée que celles des autres groupes d'algues.

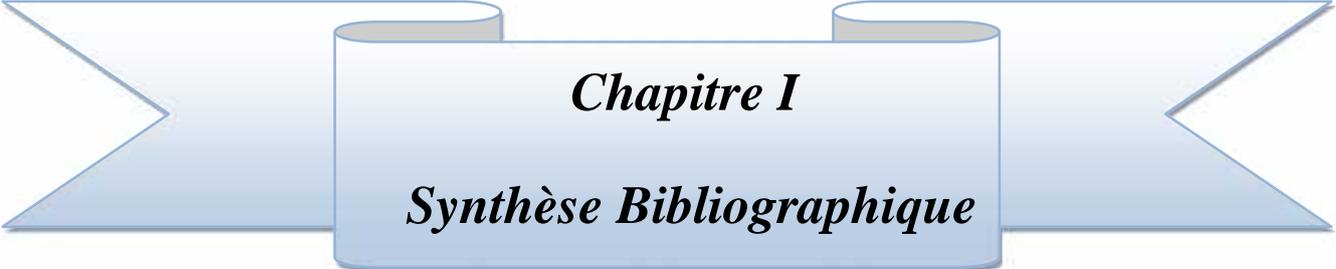
Donc l'objectif de cette étude, consiste à suivre et évaluer la qualité d'eau de deux grands oueds (Rhumel et Endja) alimentant le Barrage de Béni-Haroun à travers deux types d'analyses.

Ce mémoire est construit en trois chapitres :

Chapitre I nommé « Synthèse bibliographique », c'est une partie théorique consacrée aux généralités sur : les cours d'eau, la pollution de l'eau et l'évaluation de sa qualité.

Chapitre II « Matériel et méthodes », est consacré à la présentation de la zone d'étude, matériel et méthodes utilisées pour réaliser ce travail.

Chapitre III « Résultats et discussion », ce chapitre résume les résultats obtenus et leurs discussion.



Chapitre I

Synthèse Bibliographique

Partie I : Généralité sur les cours d'eaux

I.1 C'est quoi un cours d'eau?

Toute masse d'eau qui s'écoule dans un lit avec un débit régulier ou intermittent, y compris ceux qui ont été créés ou modifiés par une intervention humaine, à l'exception du fossé de voie publique ou privée, du fossé mitoyen et du fossé de drainage.

Les cours d'eau étant des écosystèmes, peuvent être décrits comme des systèmes unitaires et fonctionnels composés d'une biocénose regroupant l'ensemble des êtres vivants et un biotope correspondant au milieu dans lequel ils vivent (**Bonnard et al, 2003**).

Un cours d'eau est définie comme un système dynamique dont la forme (en long et en travers) dépend principalement du processus d'érosion et de dépôts de matériaux. Ce mécanisme est lui-même déterminé essentiellement par les débits liquides et solides, de l'hydro-morphologie d'un cours d'eau. Le débit liquide ; variable selon les saisons (précipitations), et le débit solide déterminé par la charge en matériaux minéraux fins et/ou grossiers, sont à l'origine des processus d'érosion et de dépôt (**Chamley et Deconinck, 2011**).

I.2 Les différents types de cours d'eau

Un cours d'eau peut porter divers noms en lien avec ses dimensions, et certaines autres caractéristiques physiques (**Fig 01**) (**Collon, 2003**) ;

 **Fleuve** : cours d'eau important, long et au débit élevé, comptant de nombreux affluents et se jetant dans la mer (**Brunet et Coste, 2000**) ;

 **Rivière** : en hydrologie, ce terme désigne un cours d'eau moyennement important, à écoulement continu ou intermittent, suivant un tracé défini et se jetant dans un autre cours d'eau, un lac, une mer, une dépression ou un marais. En géographie physique, ce terme désigne un cours d'eau faiblement ou moyennement important, recevant de l'eau d'autres cours d'eau tributaires, et se jetant dans un cours d'eau de plus grande importance (**Melanson, 2006**) ;



Figure 01: Types de cours d'eau (Collon, 2003)

- ✚ **Estuaire:** partie aval d'un cours d'eau permanent débouchant sur une mer ;
- ✚ **Ruisseau:** cours d'eau permanent ou intermittent, de petite dimension, qui recueille l'eau des sources et des fossés et l'achemine aux rivières (Collon, 2003) ;
- ✚ **Canal:** cours d'eau artificiel permettant l'écoulement de l'eau ou le lien entre des cours d'eau naturels ou des plans d'eau. Le canal est souvent une partie d'un cours d'eau naturel redressé et endigué (Collon, 2003) ;
- ✚ **Oued:** terme d'origine arabe désignant un cours d'eau temporaire dans les régions arides ou semi-arides. Son écoulement dépend des précipitations et il peut rester à sec pendant de très longues périodes (Brunet et Coste, 2000).



Figure 02 : Les deux grands Oueds alimentant le barrage de Béni Haroun (Endja et Rhumel) dans la wilaya de Mila (Boukazoula, 2014)

I.3 Caractéristiques générales des cours d'eaux

D'après **Gaujous (1995)**, les cours d'eau proviennent du ruissellement des eaux libres (précipitations) et des eaux de sources et de nappes (transit souterrain), ces dernières assurant leur pérennité. Ils évoluent naturellement depuis la source jusqu'à l'embouchure :

✚ Évolution du profil par érosion régressive vers un profil d'équilibre ; on distingue de l'amont vers l'aval :

- ✓ La région supérieure, où sont transportés des matériaux grossiers (eaux vives) (pente > 5%, largeur < 25m) ;
- ✓ La région moyenne, où les transports particuliers dominent ;
- ✓ La région inférieure, où les phénomènes d'alluvionnement dominent (pente faible, lit large).

✚ Evolution physico-chimique de la minéralisation, des matières organiques de la température qui augmentent généralement de l'amont vers l'aval, et de l'oxygène qui diminue ;

✚ Evolution biologique, notamment marquée chez les poissons : zones à truites, ombres, barbeaux, brèmes.

I.4 La pollution de l'eau

La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle (**Nsikak, 2008**).

La pollution de l'eau peut être aussi définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels (**Christian et Alain, 2004**).

I.4.1 La pollution d'un cours d'eau

Selon l'organisation mondiale de la santé (**OMS, 1989**) :

« Un cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état des eaux est directement ou indirectement modifié du fait de l'activité de l'homme, dans

une mesure telle que celles-ci se prêtent moins facilement à toute utilisation à laquelle elle pourrait servir à leur état naturel».

Cette définition inclue que les déversements des polluants peuvent modifier profondément les composantes physico-chimiques des milieux aquatiques récepteurs ainsi que les biocénoses peuplant ces milieux (**Boukezzoula, 2014**).

I.4.2 Les différents types de la pollution de l'eau

On distingue: la pollution biologique, la pollution organique, la pollution chimique et la pollution physique.

I.4.2.1 Pollution biologique

Elle résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de beaucoup de maladies hydriques (**Belhaj, 2001**).

Les humains sont les plus importants pollueurs biologiques de la planète : les contaminants fécaux sont parmi les polluants biologiques des sources d'eau. (**Gaamoun, 2010**).

On distingue deux catégories de pollution de nature biologique : les microorganismes, et les matières organiques.

A. Les microorganismes polluants

Les micro-organismes comprennent par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils proviennent dans leur immense majorité des matières fécales; on distingue alors la flore entérique normale et les micro-organismes pathogènes (**Boutin et al, 2009**).

Cette pollution soulève dans bien des cas de sérieux problèmes d'hygiène publique et d'épidémiologie car, ces rejets non traités, contiennent des micro-organismes pathogènes viables qui sont alors transportés par les eaux et disséminés sur leurs parcours (**Madoui et Sahraoui, 2011**).

D'après **Brouillett et Ouellet (2003)**, Il existe trois grandes classes d'organismes pathogènes, soit :

- ✚ Les bactéries (*Escherichia coli, Salmonella, Shigella,...*etc) ;

- ✚ Les virus (*Hépatite A, Norovirus, Rotavirus,...* etc) ;
- ✚ Les parasites (*Giardia lamblia, Cryptosporidium...* etc) ;

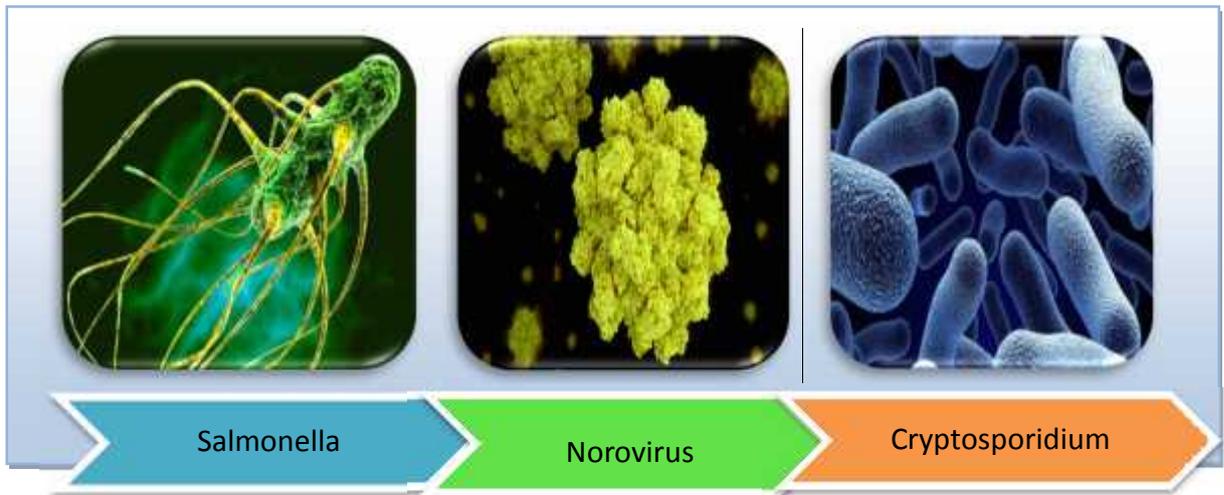


Figure 03 : Les trois types des organismes pathogènes bactéries, virus et parasites
(Anonyme, 2013)

Tableau 01 : Principales maladies d’origine hydrique et agents microbiologique Responsables
(Haslay et Leclerc, 1993)

Origine	Maladies	Agents pathogènes
Parasitaire	Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolyca</i>
	Gastro-entérites	<i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium parvum</i>
Bactérienne	Fièvres typhoïde et paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi</i> A et B
	Dysenterie bacillaire	<i>Shigella</i>
	Cholera	<i>Vibrio cholerae</i>
	Gastro-entérites	<i>Escherichia coli</i> enterotoxinogene <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Yersinia enterocolitica</i>
Virale	Hépatites A et E	Virus hépatite A et E
	Poliomyélite	Virus poliomyélitique
	Gastro-entérites	Rotavirus ,Enterovirus ,Calicivirus Adenovirus...

B. Les matières organiques

La présence de matière organique naturelle est une caractéristique fondamentale. Les principaux composés organiques polluants sont : des lipides, des glucides, des savons, des détergents, des huiles minérales et des débris cellulose, auxquels s'ajoute leur produit de décomposition (**Rabia et Djamaa, 2014**).

I.4.2.2 La pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules en suspension et le changement qui affecte l'effet réfractaire de l'eau. Même les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires ou thermique dans le milieu marin constituent aujourd'hui la préoccupation majeure de nombreux pays (**Djilani, 2006**).

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (**Mizi, 2006**).

I.4.2.3 Pollution chimique

La pollution chimique est due à l'introduction d'un (ou plusieurs) éléments indésirable dans la composition chimique de l'eau initialement destinée à un usage bien précis. (**Djilani, 2006**).

La pollution chimique résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. Ce type de pollution, est regroupé dans deux catégories (**Mohamed ben Ali, 2015**) :

- 🗑️ Organiques (hydrocarbures, pesticides, détergents, phénols..)
- 🗑️ Minérales (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

D'après (**Ramade, 2005**), la pollution chimique a des origines diverses dues à :

- 🗑️ L'insuffisance de certaines stations d'épuration ;
- 🗑️ L'absence de réseaux d'assainissement dans certaines zones ;
- 🗑️ Le lessivage des sols, mais aussi des chaussées et des toits par les pluies ;
- 🗑️ Le rejet d'effluents par les industries.

Tableau 02: Principaux types de pollution des eaux, nature et cause (Ramad, 2000)

Type de pollution	Nature physicochimique	Source ou agent causal
<p>I Physique</p> <p>Pollution thermique, pollution radioactive</p>	<p>Rejet d'eau chaude</p> <p>Radio-isotope</p>	<p>Centre les électriques</p> <p>Installation nucléaires</p>
<p>II Chimique</p> <p>Pollution par les engrais</p> <p>Pollution par des éléments toxiques</p> <p>Pollution par les pesticides</p> <p>Pollution par les détergifs</p> <p>Pollution par les hydrocarbures</p> <p>Pollution par les composés organochlorés</p> <p>Pollution par les divers autres composés organiques de synthèses</p>	<p>Nitrat et Phosphates</p> <p>Cadmium, mercure, plomb, aluminium, arsenic, etc.</p> <p>Insecticides, herbicides, fongicides, etc.</p> <p>Agent tensioactifs</p> <p>Pétrole brut et ses dérivés (carburants et autres produits raffinés)</p> <p>PCB, insecticides, solvants chlorés</p> <p>Très nombreuses molécules > 120000</p>	<p>Agricultures, Lessives</p> <p>Industrie agriculture, Combustion (pluies acides)</p> <p>Agriculture (industries, transports)</p> <p>Effluents domestiques (industriels)</p> <p>Industrie pétrolière, transports, chaufferies industrielles</p> <p>Industrie, agriculture</p> <p>Industries, usages dispersifs en particulier domestiques pour certains</p>
<p>III Matières Organiques fermentescibles</p>	<p>Glucides, lipides, protides, acides nucléiques</p>	<p>Effluents domestiques, agricoles, industries agroalimentaires, industrie du bois (papeteries)</p>
<p>IV Pollution Microbiologique</p>	<p>Bactéries, virus entériques, Champignons</p>	<p>Effluents urbains, élevage, abattoir, secteur agroalimentaire en général</p>

I.4.3 Les sources de pollution de l'eau

I.4.3.1 Pollution domestique

Elle provient des habitations et elle est, en général, véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matière organique, des sels minéraux et des détergents. Aux eaux domestiques traditionnelles s'ajoutent les eaux de pluies et les eaux « collectives » de lavage des rues, des marches, des commerces des bâtiments scolaires, des hôpitaux (**Gaujous, 1995**).

I.4.3.2 Pollution industrielle

La pollution industrielle est très diversifiée. Selon le type d'activité concerné, les rejets peuvent être composés :

- Matières organiques et graisses (abattoirs, industrie agroalimentaires...) ;
- Hydrocarbures (industrie pétrolières, transports) ;
- Métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...) ;
- Eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Parmi les industries considérées traditionnellement comme rejetant des matières particulièrement polluantes pour l'eau, on citera, notamment, les industries agroalimentaires, papeterie, tannerie, la pétrochimie,... etc (**Valiron et Tabuchi, 1992**).

I.4.3.3 Pollution agricole

L'agriculture constitue la première cause de pollution diffuse des ressources en eau. Lorsque l'on considère les pollutions d'origine agricole, il faut englober à la fois celles qui ont trait aux cultures et à l'élevage. Les activités agricoles sont, en particulier, largement impliquées dans les apports d'azote et, surtout, de ses dérivés, nitrates et nitrites, que l'on trouve en forte concentration dans les engrais, mais aussi dans les lisiers et purins d'élevage.

Les pesticides utilisés pour le traitement des cultures sont également une source connue de dégradation des ressources en eau. Sous l'appellation "produits phytosanitaires" se cache en fait une multitude de substances, dont la rémanence dans l'eau peut varier d'une molécule à l'autre.

Toutefois, on retiendra que les organochlorés sont généralement plus rémanents que les organophosphorés (**Gérard Gros, 1998**)

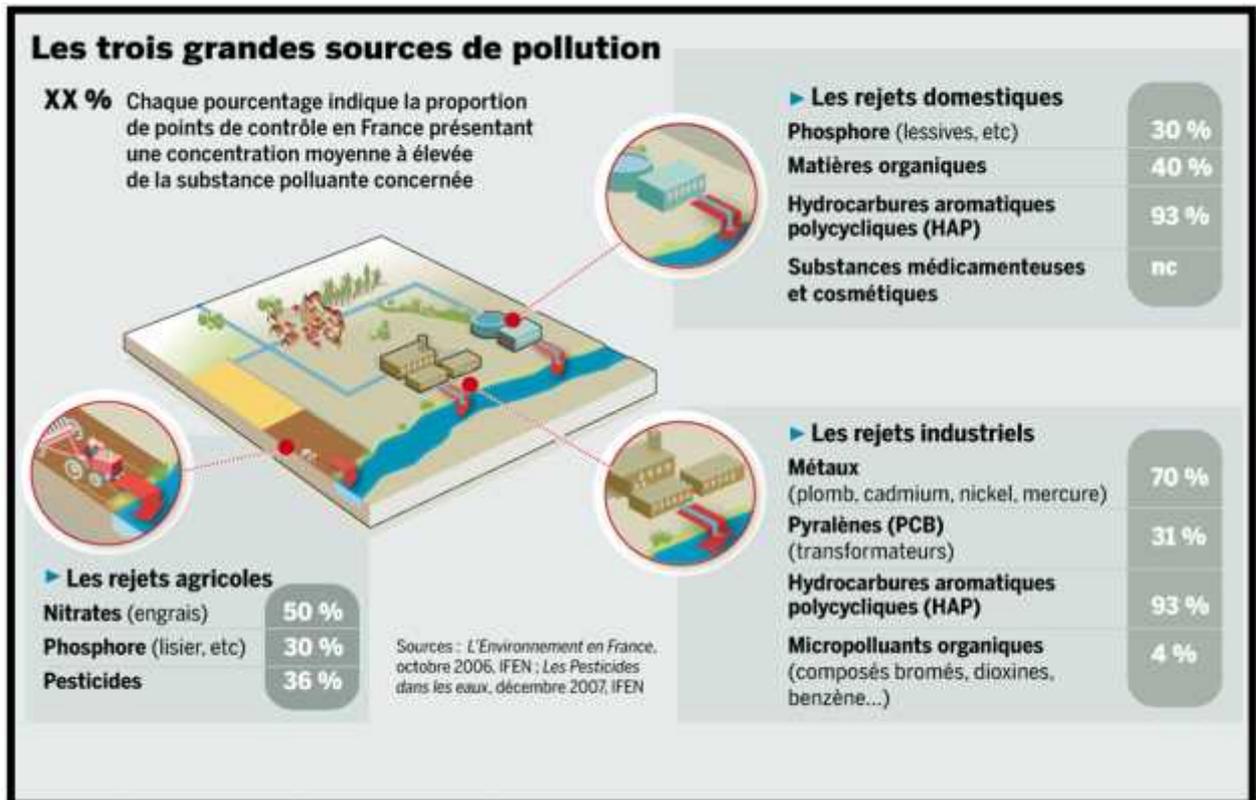


Figure 04: Les grandes sources de pollution de l'eau (**IFEN, 2006**)

I.4.4 Les conséquences de la pollution de l'eau

La pollution des écosystèmes aquatiques provoque une multitude de conséquences tant au niveau des diverses biocénoses qu'au niveau de leurs habitats.

La pollution de l'eau, quelque soit sa nature (organique, chimique ou microbiologique, etc.) peut avoir des conséquences désastreuses, en se traduisant par des effets très spécifiques dus aux particularités écologiques propres aux milieux aquatiques (**Ramade, 2002**).

Tableau 03 : Conséquences et effets des différentes pollutions (Boeglin, 2001)

Type de pollution	Conséquences sur la santé et L'environnement
Pollution physique Débris grossiers Matières non colloïdales Matières colloïdales Pollution thermique	Nuisances esthétiques Dépôt de sédiments Diminution de la photosynthèse Diminution de transferts d'oxygène
Pollution chimique Acidité ou basicité Oxydants ou séducteurs (Chromates, Cyanures, sulfures) Sels toxiques (Métaux lourds Cu, Zn, Pb...), Formes minérales de l'azote (Ammonium, Nitrate, Nitrite) et du Phosphore (phosphate)	Toxicité aiguë entraînant une mortalité rapide Toxicité différée par la bioaccumulation (troubles du métabolisme des espèces) Eutrophisation surabondante d'algues, Toxicité
Pollution biologique Pollution de nature organique Biodégradables, Non biodégradables Formes organiques de l'azote (urée) et de phosphore Substances toxiques (phytosanitaire, Hydrocarbures polycycliques aromatiques, composées phénolés)	Consommation de l'oxygène dissous (mortalité des poissons par asphyxie) Contamination des chaînes trophiques. Eutrophisation (déséquilibre de l'écosystème, altération de la qualité de l'eau) Toxicité à long terme (troubles de la reproduction des espèces)
Pollution Microbiologiques	Présence de germes pathogènes et de Virus dangereux pour l'homme et les animaux (épidémies)

I.4.4.1 l'eutrophisation

Le terme « eutrophe » dont dérive le mot « eutrophisation ». «Eutrophe » signifie simplement « bien nourri ». (Khellou, 2012). Un milieu est eutrophe quand il est riche en nutriments. Les principaux nutriments à l'origine de l'eutrophisation sont le phosphore (principalement sous forme de phosphates) et l'azote (sous forme

d'ammonium, de nitrates ou organique). Donc, une eau eutrophe, est une eau riche en matières nutritives (Aminot et al, 2001).

Dans ce fait, l'eutrophisation se définit comme le processus d'accumulation de matières organiques dans les eaux, ce processus très lent s'étale sur plusieurs années et est normalement peu perceptible à l'échelle d'une génération, dû à la prolifération et à la décomposition des végétaux non consommés, ce qui diminue la teneur en oxygène des eaux profondes. Ce dernier, est accéléré par l'apport de matières nutritives liées aux activités humaines (Normand-Marleau, 2007).



Figure 05 : Le phénomène d'eutrophisation (Feullet et al, 2014)

I.4.4.1.1 Processus d'eutrophisation

Voici en résumé les grandes étapes de ce phénomène complexe (Laurentides, 2009):

- Le plan d'eau reçoit des apports en d'éléments nutritifs (particulièrement en phosphore) provenant de sources diverses (naturelles et anthropiques sur une longue ou courte période de temps) ;
- L'accumulation d'éléments nutritifs dans l'eau provoque, à plus ou moins long terme, une prolifération de plantes aquatiques et d'algues dans la couche supérieure du plan d'eau et dans le littoral, ce qui réduit considérablement la transparence de l'eau (l'eau devient plus turbide) ;

- L'augmentation de la turbidité limite le passage de la lumière à travers la colonne d'eau. La photosynthèse ne peut alors s'effectuer que près de la surface du plan d'eau ;
- Le surplus de matière végétale produit dans l'épilimnion se dépose au fond du plan d'eau, suite à sa sénescence (mortalité) ;
- Les décomposeurs utilisent l'oxygène dissous afin de dégrader la matière végétale, ce qui provoque une diminution des concentrations d'oxygène dissous en profondeur.

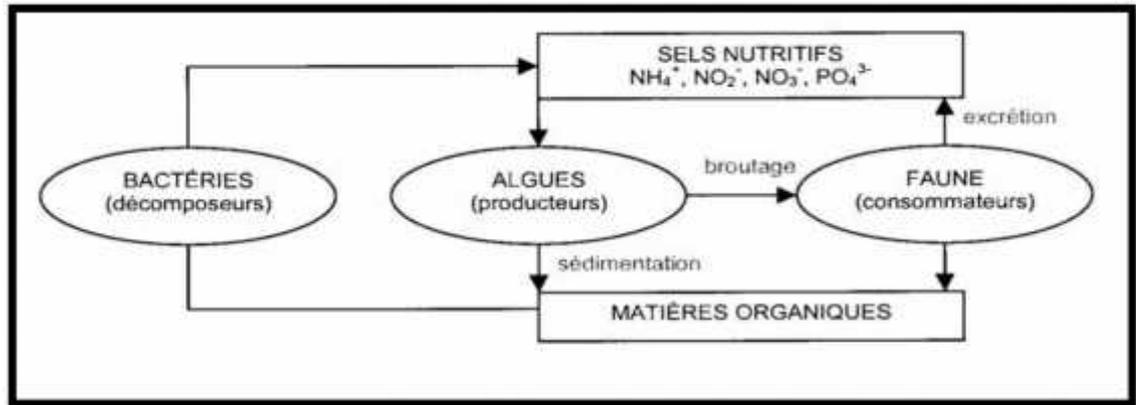


Figure 06 : Cycle simplifié des éléments nutritifs (Galvez et al, 2002)

Selon **Ramade (1981)**, les principales phases successives de l'eutrophisation des eaux peuvent être schématisées comme suit :

- ✚ Pollution croissante ;
- ✚ Prolifération des algues ;
- ✚ Décomposition anaérobie ;
- ✚ Dégradation extrême du milieu avec une simplification des espèces présentes.

I.4.4.1.2 Différents stades d'eutrophisation

D'après **Devidal (2007)**, Les plans d'eau peuvent être classés en fonction de l'état trophique qu'ils présentent. On différencie ainsi plusieurs stades d'avancement dans le processus d'eutrophisation, appelés aussi niveaux (ou états) trophique ou degrés d'eutrophisation. On retrouve dans cette classification des plans d'eau :

- ✚ « **Ultra-Oligotrophe et Oligotrophe** » : (peu nourris), ayant une productivité faible, pauvres en nutriments, mais très oxygénés dans toute leur profondeur, et dont la clarté de l'eau est très bonne ;
- ✚ « **Mésotrophe** » : qui ont une productivité modérée, et qui correspondent à la catégorie de plans d'eau intermédiaires entre le stade oligotrophe et eutrophe ;

- ✚ « **Eutrophe** » : (bien nourris), ayant une forte productivité et une importante biomasse ;
- ✚ « **Hyper-eutrophe** » : qui sont des plans d'eau extrêmement affectés par l'eutrophisation, et dont le fonctionnement est très fortement perturbé.

I.4.4.1.3 Causes de l'eutrophisation

Selon **Hade (2002)**, Tout facteur qui participe à l'augmentation de la quantité d'éléments nutritifs dans les cours d'eau peut influencer la vitesse d'eutrophisation. Ces facteurs peuvent être naturels (ruissellement dans le bassin versant) ou anthropiques comme par exemple :

- ✚ Épandage d'engrais à des fins agricoles ou horticoles (chimiques ou naturels) ;
- ✚ Absence de bande riveraine qui favorise l'érosion des berges et limite la capacité de rétention des éléments nutritifs provenant du bassin versant (sources naturelles et artificielles) et transportés par ruissellement ;
- ✚ Utilisation de produits domestiques contenant des phosphates ;
- ✚ Rejets d'eaux usées industriels, urbains et domestiques.

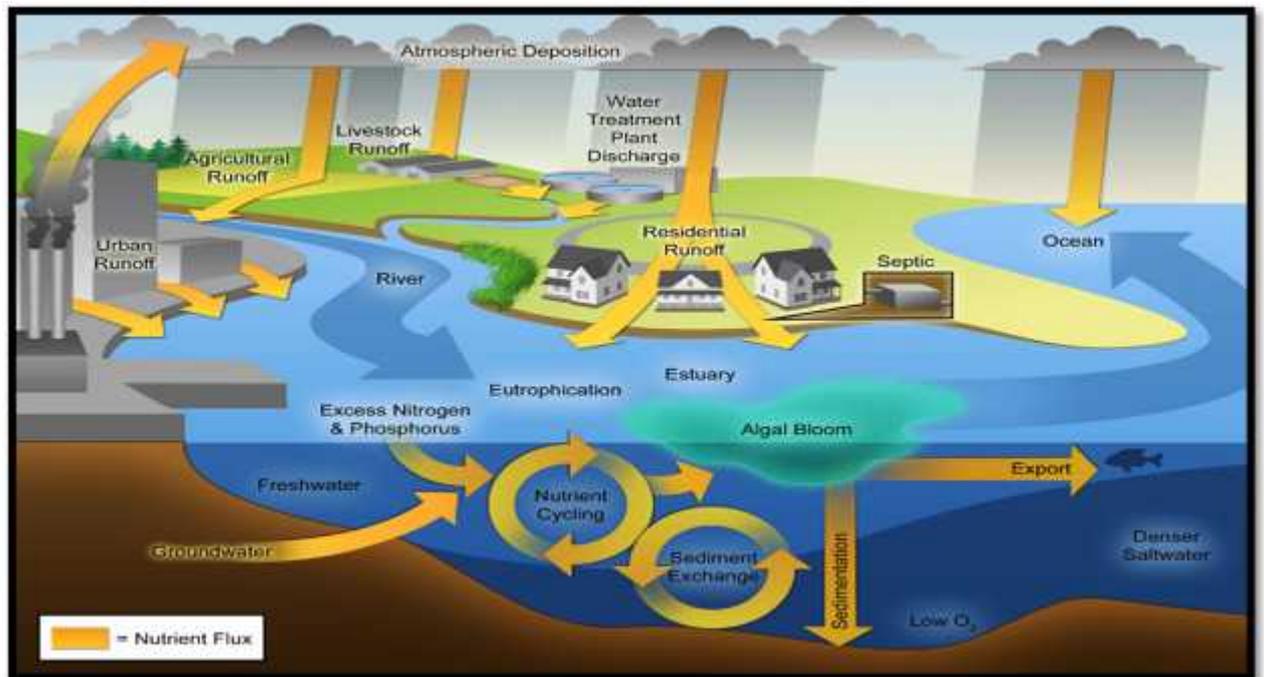


Figure 07: Schéma représentant les différentes voies de dépôt de nutriments dans les eaux et les processus qui en découlent, menant à l'eutrophisation et à l'hypoxie (**ISECA, 2014**)

I.4.4.1.4 Caractérisation de l'eutrophisation

A. La prolifération végétale

La prolifération végétale peut être classée en deux catégories ; celle qui concerne les algues et celle qui concerne les plantes aquatiques (**Bourdin, 2004**).

Tableau 04: Les différents formes végétales et milieux concernés de l'eutrophisation (**Lacaze, 1996**).

Formes végétale	Aspect	Milieux concernés
Phytoplancton (Algues microscopiques en suspension).	Coloration de l'eau (verte, brune, rouge selon les espèces) réduction de la transparence.	Plans d'eau (lacs, lagunes) cours d'eau lents et parfois milieux marin.
Diatomées fixées (algues microscopiques).	Dépôt sur le fonds des cours d'eau, galets glissants.	Cours d'eau lents ou rapides
Algues filamenteuse fixées	Grandes algues, envahissant parfois tout la masse d'eau. Cladophores : longs filaments de plusieurs mètres	Cours d'eau
Macro algues vertes marines (ulves).	Aspect de laitues.	Lagune languedociennes
Végétaux supérieurs (potamots, renoncules, myriophylles, etc.)	Allure de végétaux terrestres.	Tronçons de cours d'eau lents à fonds déposés et plans d'eau.

B. Les implications physico-chimiques de la prolifération végétale

D'après **Bourdin (2004)**, Les cellules végétales étant comparables à des usines biochimiques, les principaux effets d'une prolifération végétale sont les suivants :

- ✚ En phase diurne, la production d'oxygène peut atteindre des valeurs telles que cet élément devient toxique. Un film de bulles d'oxygène se dépose sur toutes les surfaces, dont l'épithélium branchial des poissons, provoquant leur mort par asphyxie;
- ✚ En phase nocturne la respiration de cette importante biomasse peut entraîner une chute de la concentration en oxygène (10à 20% de la teneur saturante) ;
- ✚ Le pH suit la même variation proportionnelle à l'activité de la biomasse végétale.

I.4.4.1.5 Les conséquences de l'eutrophisation

D'après **Soyris et al (2005)**, l'eutrophisation est à l'origine de nombreuses nuisances, elle rompt l'équilibre écologique des plans d'eau et limite ou empêche leur exploitation :

➤ Déséquilibre écologique

L'anoxie de la partie inférieure d'un plans d'eau aura pour conséquence l'élimination de certaines espèces aquatiques, d'où une déstabilisation de la chaîne alimentaire accompagnée d'une réduction de la diversité spécifique du milieu. On observe en particulier la disparition des espèces noble comme les salmonidés (saumon, truite ...).

➤ Asphyxie du milieu

Le jour, les végétaux produisent beaucoup d'oxygène par photosynthèse et ils en consomment peu par respiration. La nuit, seule la respiration continue. si la quantité de végétaux dans le cours d'eau est très importante, le matin, tout l'oxygène de l'eau peut avoir été consommé. les poissons et certains insectes aquatiques peuvent alors mourir par asphyxie.

➤ Apparition de composés toxiques

Le pH, lié à la photosynthèse a des valeurs forts dans la journée, si en plus les températures sont élevées et les teneurs en ammoniacque (NH_4^+) sont fortes, il apparaît de l'ammoniac gazeux (NH_3) très toxique pour les poissons.

➤ **Potabilisation difficile**

L'utilisation des eaux qui ont subi une eutrophisation pour la production d'eau potable pose de sérieux problèmes d'exploitation sur les installations de potabilisation.

➤ **Destruction d'habitat**

Les végétaux colmatent les fonds des cours d'eaux détruisant les milieux de vie des invertébrés et les zones de fraie des poissons.

➤ **Pollution organique différée**

A leur mort, les végétaux dérivent et entrent en putréfaction (quand ça pourrit), constituant ainsi une pollution organique.

➤ **La toxicité**

Ces substances chimiques sont à la fois : Toxiques, persistantes et bio cumulables.

➤ **La prolifération des Algues**

Le phytoplancton, est la cible essentielle de l'eutrophisation. Le développement excessif des algues se traduit par l'apparition des eaux colorées, il y a différentes classes d'algues qui traduisent ce phénomène ; parmi les quelles, on peut distinguer les cyanobactéries, les diatomées, les dinoflagellés et les euglénophycées (**Drira, 2009**).

Dans d'autres cas, le bloom peut renfermer plusieurs espèces, parmi lesquelles, on peut rencontrer des espèces toxiques (les Cyanobactéries secrètent des toxines) qui provoquent des perturbations écobiologiques de l'écosystème (**Kozlowsky-Suzukital, 2006**).

Partie II : Evaluation de la qualité de l'eau

II.1 C'est quoi la Qualité de L'eau ?

Au Canada, on considère en général que le terme « qualité de l'eau » désigne les caractéristiques et les conditions physiques, chimiques et biologiques de l'eau et des écosystèmes aquatiques qui influent sur la capacité de l'eau à servir aux utilisations auxquelles elle est destinée (**Kent, 2006**).

La qualité d'une eau est caractérisée par les diverses substances qu'elle contient, leur quantité et l'effet qu'elles ont sur l'écosystème et sur l'être humain. C'est la concentration de ces différents éléments qui détermine la qualité d'une eau et permet de savoir si celle-ci convient à un usage particulier. Elle contient de nombreuses substances, dissoutes ou en suspension, que l'on retrouve partout dans la nature (bicarbonates, sulfates, sodium, calcium, magnésium, potassium, azote, phosphore, aluminium, fer, etc.). Ces éléments proviennent du sol et du sous-sol, de la végétation et de la faune, des précipitations et des eaux de ruissellement drainant le bassin versant, ainsi que des processus biologiques, physiques et chimiques ayant lieu dans le cours d'eau lui-même (**Hébert et Légaré, 2000**).

D'après **Benaziza et Amieur (2007)** citée par **Atrouz et Lfilef (2014)** : Les cours d'eau sont classés en quatre catégories:

- **Bonne** : Ce sont des eaux aptes à tous les usages comme la fabrication d'eau Potable ou l'abreuvement des animaux, l'arrosage ou l'irrigation, etc., sans oublier les activités de loisirs, et qui, par ailleurs, assurent une vie piscicole normale ;
- **Moyenne** : Ce sont des eaux où la vie piscicole est perturbée, au moins dans ces aspects reproduction. Elles permettent encore la production d'eau potable, mais avec des traitements plus poussés, donc plus chers. Elles peuvent encore être utilisées pour l'irrigation, mais non pour abreuver les animaux ou pour l'arrosage direct des productions végétales de type fruits ou légumes. Cette eau peut servir pour certains usages industriels ;
- **Mauvaise** : Ce sont des eaux où la vie piscicole est perturbée. Seuls de Usages industriels de type refroidissement sont possibles. Les activités de loisir autres que la navigation et la baignade sont déconseillées ou interdites. L'irrigation est tolérée sous certaines conditions ;
- 🚫 **Très mauvaise** : Ces eaux sont des dangers pour la santé publique.

II.2 Evaluation de la qualité de l'eau

II.2.1 Evaluation physico-chimique

La mesure de certaines variables de qualité de l'eau peut fournir des informations concernant les types de polluants et leurs impacts sur le cours d'eau, Telle que la mesure de nombreux paramètres physiques et chimiques:

✚ Les paramètres Chimiques : sulfates, sodium, calcium, magnésium, potassium, azote (Les Nitrates (NO_3^-), Les Nitrites (NO_2^-), L'Ammonium (NH_4^+), phosphore, aluminium, fer, etc. (Moisan et al, 2008).

✚ Les paramètres physiques les plus intéressantes pour l'évaluation de la qualité de l'eau sont les suivantes :

II.2.1.1 La température

La température est l'un des facteurs écologiques les plus importants parmi tous ceux qui agissent sur les organismes aquatiques. Elle joue un rôle primordial dans la distribution des espèces, aussi bien par ses niveaux extrêmes que par ses variations diurnes ou saisonnières.

La plupart des réactions chimiques vitales sont ralenties voire arrêtés par un abaissement important de température. Au contraire, des augmentations de températures peuvent avoir pour effet de tuer certaines espèces, mais également de favoriser le développement d'autres espèces en entraînant ainsi un déséquilibre écologique.

La température de l'eau varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Debiech, 2002).

II.2.1.2 Potentiel hydrogène pH

Le pH de l'eau est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ion d'hydrogène (H^+), Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (Atallah, 2014).

Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Les pH faibles (eau acide) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique, des pH élevés

augmentent les concentrations d'ammoniac toxique pour les poissons (**Devillers et al, 2005**).

Selon **Arrignon (1989) in Frank (2002)**, le pH donne le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau, le pH des cours d'eau avoisine en général la neutralité représenté par un pH de 7, il doit être compris entre 6 et 9 pour permettre la vie aquatique.

Tableau 05 : Le pH et la vie aquatique (Arrignon, 1989 in Frank, 2002)

pH <5	L'unité inférieure à la survie des espèces
5 <pH< 9	Tolérance pour la plupart des espèces
6< pH <7,5	Zone optimale pour la reproduction de la plupart des espèces
7,5 <pH <8,5	Zone optimale pour le plancton
pH > 8,5	Destruction de certaines algues et prolifération des autres
pH > 9	l'étal de nombreuses espèces

II.2.1.3 Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. D'une façon générale, la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau, les écarts sont d'autant plus importants que la minéralisation initiale est faible, en particulier dans les zones à substrat acide ou à sous-sol siliceux. Dans le cas d'un contrôle de distribution d'eau potable, l'intérêt de cette méthode ne réside pas dans une seule mesure mais dans une série de déterminations ou d'enregistrements en continu qui permettront de déceler les variations de composition pouvant signaler des arrivées d'eau susceptibles d'être polluées (**Khelifi et Hachemaoui, 2008**).

II.2.1.4 Oxygène dissous (O₂.d)

Les concentrations en oxygène dissous, constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface, provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques.

La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs, tels que la pression partielle en oxygène de

l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration dépend également de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau (Merabet, 2010).

L'appauvrissement du milieu en oxygène dissout provoque l'apparition de pollutions bactériologiques impliquant des maladies infectieuses (Emilian, 2009).

II.2.2 Evaluation biologique

Pour une meilleure protection et gestion de l'écosystème aquatique la bio surveillance est devenu une nécessité, la réglementation à ce sujet devient d'ailleurs de plus en plus contraignante. Aux méthodes physico-chimiques traditionnelles se sont ajoutées des approches biologiques. La surveillance biologique est reconnue, comme une composante essentielle du programme de surveillance de la qualité de l'eau (Barbour et al. 1999; WFD, 2003 ; Moison et Pelletier, 2008).

Ainsi, la surveillance biologique et physicochimique des cours d'eau sont considérées comme des outils complémentaires. En général, la surveillance biologique mesure les effets des perturbations sur les communautés biologiques en place. La surveillance physicochimique mesure les agents stressants, en d'autres mots la contamination environnementale.

II.2.2.1 Le phytoplancton

Le phytoplancton du grec « phyton » : plante et « planktos » : errant, rassemble les organismes aquatiques flottant librement (Prescott et al, 1995). Ils sont Algues microscopiques en suspension dans l'eau, se développant selon un cycle saisonnier, elles donnent au cours d'eau une coloration verte soutenue (Lacaze, 1996), le phytoplancton constitue d'un ensemble hétérogène de micro-algues unicellulaires pouvant être solitaires ou groupées en colonies (Stickney et al, 2000), leur forme est extrêmement variée (Zeitzschel, 1978), La taille des cellules phytoplanctoniques varie de quelques microns jusqu'à quelques centaines de microns. Caractérisé par la présence de pigments chlorophylliens majoritairement la chlorophylle *a*, leur métabolisme est dominé par le mode de vie autotrophe basé sur la photosynthèse, qui est la source principale voir unique de leur énergie (Dauta et Feuillade, 1995).

II.2.2.1.1 Systématique du phytoplancton

Le phytoplancton regroupe deux catégories bien marquées d'organismes en se basant sur un caractère cytologique, à savoir la présence ou l'absence de membrane nucléaire. Les individus qui en sont pourvus sont classés sous le nom d'eucaryotes ou algues vraies, ceux qui en sont dépourvus sous le nom de procaryotes ou Cyanobactéries (**Coute et Chauveau, 1994**).

A. Clés d'identification du phytoplancton

Selon qu'il s'agit d'algues vraies ou de Cyanobactéries, les clés permettant, l'identification du phytoplancton peut être résumée comme suit :

➤ Cas des algues vraies

Dans la systématique des algues vraies, les critères de classification proposée par **Bourrelly (1985)** sont :

- ✚ La nature chimique des chlorophylles, des autres pigments et des réserves ;
- ✚ La cytologie du noyau et de l'appareil flagellaire ;
- ✚ Les caractères cytologiques ;
- ✚ Le mode de reproduction et la complexité structurale ;
- ✚ Les caractères morphologiques.

➤ Cas des Cyanobactéries

Dans la systématique des Cyanobactéries, les caractères morphologiques représentent les clés essentielles d'identification, dont les critères proposés par **Bourrelly (1985)** sont :

- ✚ La structure de la micro-algue « cellulaire ou filamenteuse » ;
- ✚ La forme de la colonie ou du trichome ;
- ✚ La taille des cellules ;
- ✚ La gaine gélatineuse « couleur et aspect » ;
- ✚ La présence ou non, de structures cellulaires caractéristiques « akinètes, hétérocystes et vacuoles gazeuses.

B. Composantes du phytoplancton

Huit principales classes différenciées de phytoplancton selon des critères morphologiques, cytologiques, biochimiques et reproductifs sont recensées dans les milieux aquatiques:

a. Cyanobactéries (Algues bleues)

Dénommées également Algues bleues (**Ozenda, 2000**), les Cyanobactéries ne possèdent pas de noyau à membrane définie, ce sont des bactéries à Gram négatif « procaryotes » (**Hoek et al, 1995**), dont environ 7 500 espèces sont connues à ce jour. Elles sont habituellement de petites tailles, soit 10 µm ou moins, et peuvent être retrouvées dans pratiquement tous les habitats (eaux fraîches, eaux salées, eaux saumâtres et sols) étant donné leur aptitude à résister à des températures extrêmes et leur résistance à la dessiccation.

Cependant, la majorité des algues bleues-vertes ont des températures optimales de croissance de 32 à 35°C (**Lechevalier et al, 1977**).

Les cyanobactéries (cyanophycées) se présentent généralement sous forme de fins filaments. Contenant un pigment qui leur confère une couleur bleue (du grec *cyano*, « cyan »), elles peuvent modifier la couleur des eaux où elles prolifèrent. Elles sont un indicateur de la mauvaise qualité de l'eau. En effet, leur prolifération trahit la présence en quantité d'insecticides, de pesticides, de métaux lourds...

Les cyanobactéries peuvent être toxiques pour les mammifères, et pour l'homme en particulier. À la suite de leur prolifération dans des eaux d'alimentation humaine, leur ingestion a été à l'origine d'intoxications graves, par exemple en Angleterre et en Australie (**Mollo et Noury, 2013**).

b. Les Rhodophycées (Algues rouges)

Sont des algues annuelles de 3500 espèces, dont les plus consommées sont les algues dulse, nori ou carraghénanes (**Hesso, 2009**).

Les Rhodophycées ou Algues rouges, chez lesquelles aux pigments ordinaires est mêlé un pigment surnuméraire de teinte rouge : la phycoérythrine, qui masque la chlorophylle. Ce pigment surnuméraire n'est fixé aux chloroplastes que pendant la vie ; lorsque l'algue meurt, il diffuse dans l'eau (**Vivie et al, 1943**).

c. Les phéophycées (Algues brunes)

Sont des algues annuelles dont on dénombre 1500 espèces. Ce sont des algues qui peuvent atteindre 50 mètres de long et dont les plus connues sont les algues wakamé, kombu, aramé ou spaghetti de mer (**Hesso, 2009**).

d. Les Chrysophycées (Algues dorées)

Les chrysophycées ou algues dorées sont généralement présentes dans les eaux douces. Cette classe est représentée par 150 genres et environ 800 espèces. Le mode de nutrition de ces algues est très varié, mais certaines d'entre elles possèdent un mode de nutrition hétérotrophe comme *Ochromonas danica* qui comprend un pourcentage de 27,4 % en acides gras et dont la source de carbone assimilée est le glucose (**Lechevalier et al, 1977 in Catin, 2010**). Leurs cellules possèdent un ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en xanthophylles (lutéine, fucoxanthine, diadinoxanthine) et caroténoïdes (- carotène) masquant la couleur due aux chlorophylles *a* etc. (**Wetzel et al. 2001; Grogg, 2012**).

e. Les Chlorophycées (Algues vertes)

Les chlorophycées sont des microalgues vertes vivant isolées ou organisées en colonies dans les eaux marines et douces des zones tempérées et chaudes. Unicellulaires ou pluricellulaires, de forme ovoïde, elles mesurent de 1 à 10 microns et peuvent, comme les chrysophycées, posséder deux flagelles qui leur permettent de se maintenir en surface (**Mollo et Noury, 2013**). Forment un groupe extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié. Elles sont réparties en 4 classes, Celles-ci comportent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces (**John 1994 ; Grogg, 2012**).

Les algues vertes, dépourvues de pigments surnuméraires, dont les chloroplastes colorés en vert sont formés des mêmes pigments que chez les végétaux supérieurs : chlorophylle, carotène, xanthophylle (**Vivie et al, 1943**).

Elles sont les algues les plus consommées dont la laitue de mer, l'Aonori ou l'ulve (**Hesso, 2009**).

f. Les Bacillariophycées (Diatomées)

Ce sont des algues microscopiques fixées sur tous supports en milieux de courants forts ou lents. Certaines espèces peuvent former des colonies de couleur brune

(Lacaze, 1996). Englobaient plus de 100000 espèces et on estime que seulement près de 15 000 ont été identifiées à ce jour, C'est un des groupes les plus importants du phytoplancton, Leur caractéristique principale est la présence d'une paroi cellulaire siliceuse appelée frustule (Groga, 2012).

Les diatomées, du grec *diatomos*, doivent leur nom au test en silice qu'elles contiennent, le frustule, constitué de deux parties emboîtables à la manière d'une boîte et son couvercle. Ce sont ces structures siliceuses, très ordonnées, qui ont été à la base de la taxonomie et de l'identification des différentes espèces de diatomées (Gelabert, 2005).

Ces microorganismes sont unicellulaires ou coloniaux et sont communément divisés en deux groupes : les diatomées centriques qui ont une symétrie radiale et les diatomées pennées qui ont une symétrie bilatérale (Groga, 2012).

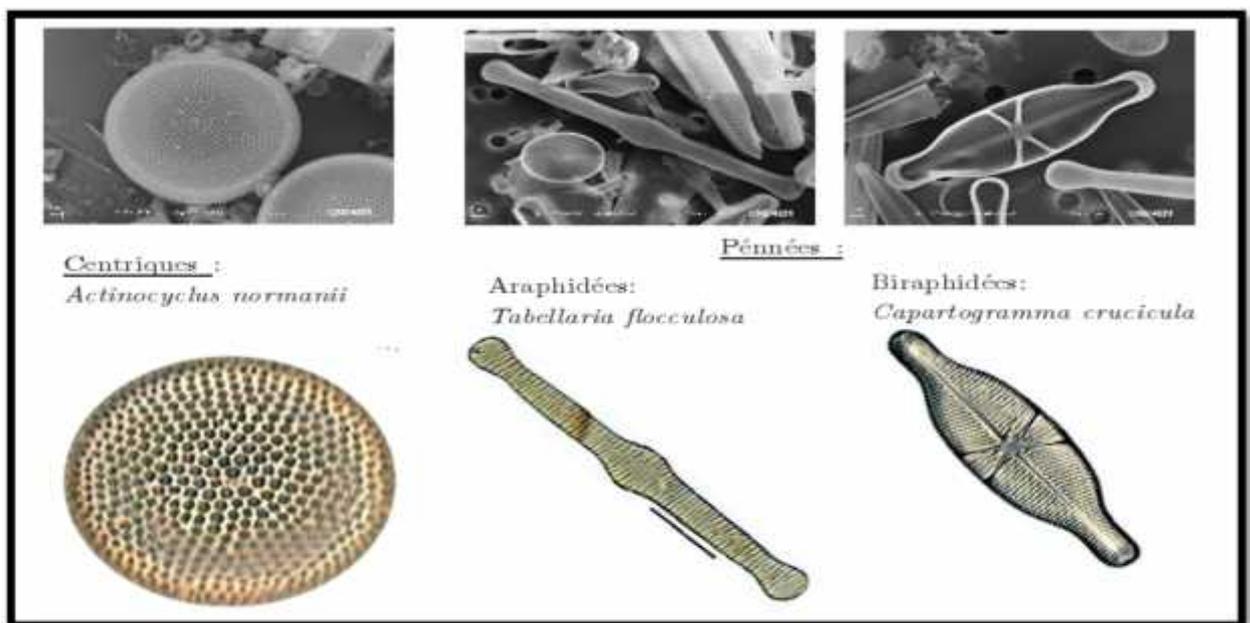


Figure 08 : Photos de diatomées en microscopie électronique à balayage (en Haut) et en microscopie optique (en bas) (Boutin, 2012)

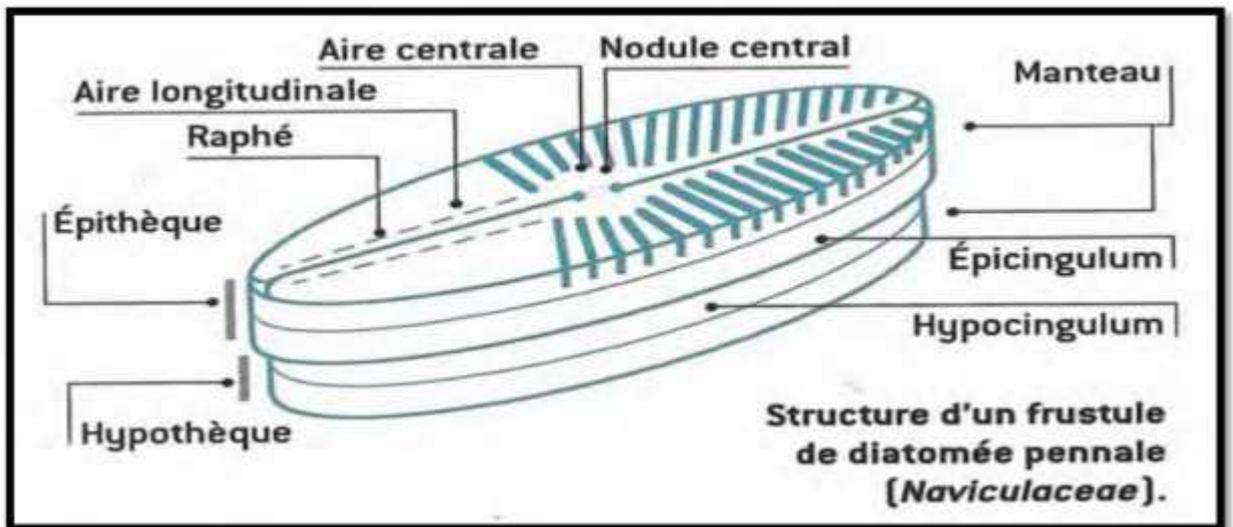


Figure 09: Représentation du frustule d'une diatomée pennale (Gelabert, 2005)

Les diatomées sont les algues d'une teinte brunâtre qui tapissent le fond des cours d'eau. Ce tapis brunâtre, qui rend les roches glissantes, est en fait composé de millions de petites cellules microscopiques. Ces algues forment une communauté très diversifiée. Chaque roche d'une rivière peut en effet compter plusieurs dizaines d'espèces de diatomées (Campeau, 2009).

Deux types de reproduction sont possibles chez les diatomées, la multiplication végétative et la reproduction sexuée (Bouchez et al, 2010), mais la reproduction végétative par division cellulaire est le mode le plus commun de multiplication (Canter-Lund et Lund, 1995).

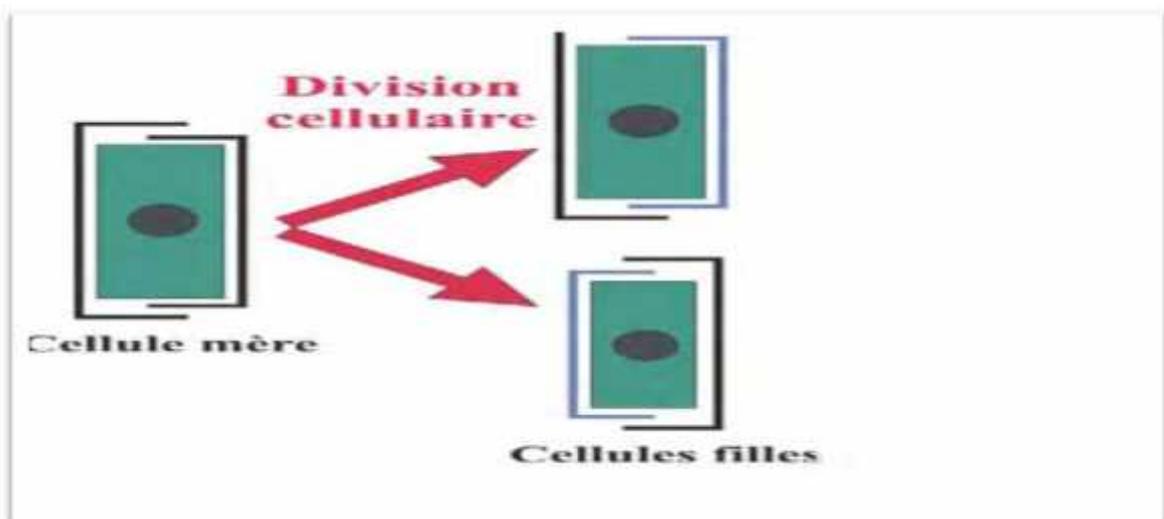


Figure 10 : Schéma de division cellulaire chez la diatomée. Une des deux cellules filles est plus petite que la cellule mère (Gelabert, 2005)

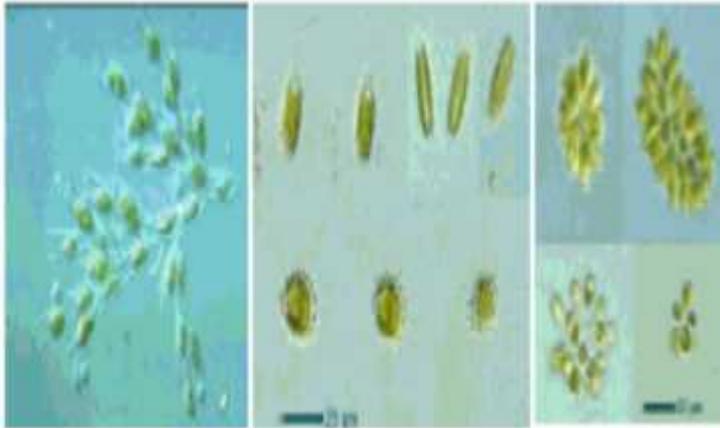
g. Les dinoflagellés

Regroupent environ 300 espèces et sont des algues flagellées unicellulaires pourvues de deux flagelles dirigés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre, l'un longitudinal et l'autre transversal dont la plupart sont mobiles. La chlorophylle *a* et *c2* sont deux pigments photosynthétiques majeurs des cellules de dinoflagellés (**Groga, 2012**).

h. Les euglènes

Sont réparties en 13 genres et plus de 2000 espèces. Ils sont presque tous unicellulaires, sans paroi cellulaire, possèdent un, deux ou trois flagelles qui émanent d'une invagination de la membrane cellulaire, une vacuole contractile et un stigma « eyespot » orange à rouge composé de globules de caroténoïdes. Bien que certaines euglènes soient non pigmentées, phagotrophes (capable d'ingérer des particules solides) et par conséquent considérés comme des protistes animaux (ex protozoaires), la plupart sont photosynthétiques et parfois hétérotrophes.

En ce qui concerne leur mode de reproduction, la division cellulaire semble être la règle pour cette classe du phytoplancton (**Bourelly 1985 ; Groga, 2012**).



Les Chrysophycées ou algues dorées

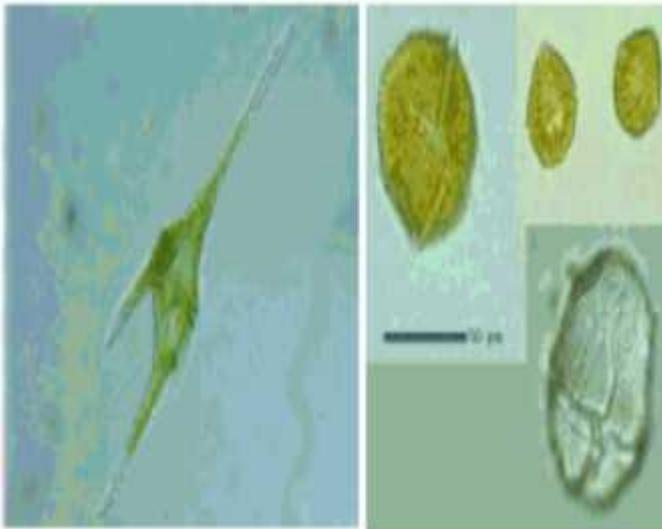
Pigments : chlorophylles : a, c1 et c2; xanthophylles : fucoxanthine

Substances de réserve : chrysolaminarine, lipides

Paroi cellulaire : écailles de silice et cellulose

Morphologie : unicellulaire ou coloniale (rarement filamenteuse), cellules nues ou enveloppées par une structure protectrice (lorique), 1 ou 2 flagelles

Reproduction : asexuée (fission binaire, zoosporelation) et sexuée (isogamie)



Les Dinophycées ou dinoflagellés

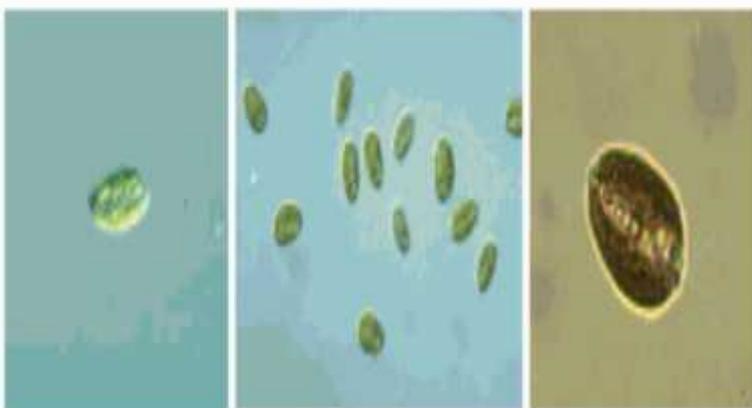
Pigments : chlorophylles : a et c2; xanthophylles : peridino, diadinoxanthine

Substances de réserve : amidon, lipides

Paroi cellulaire : si présente, constituée de cellulose

Morphologie : principalement unicellulaire, cellules nues ou renforcées par des plaques polygonales, avec 2 flagelles perpendiculaires

Reproduction : asexuée (fission binaire, formation d'aplanospores) et sexuée (isogamie, anisogamie)



Les Cryptophycées

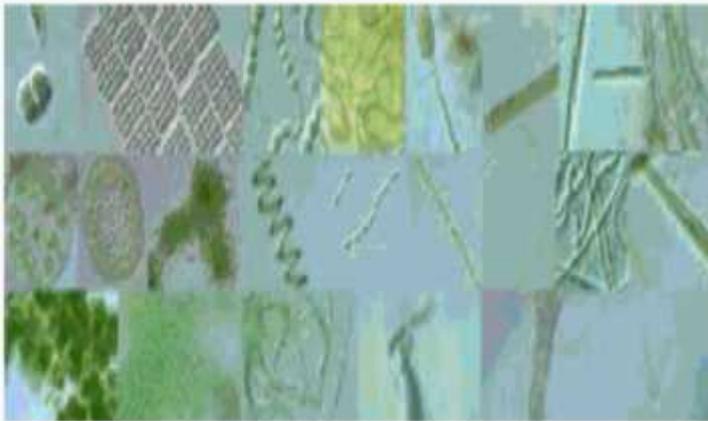
Pigments : chlorophylles : a et c2; phycobillines : phycocyanine, phycoerythrine

Substances de réserve : amidon extraplastidial

Paroi cellulaire : généralement absente

Morphologie : cellules nues, ovales et aplaties, avec 2 flagelles intégraux

Reproduction : principalement asexuée (fission binaire)



Les Cyanophycées ou cyanobactéries

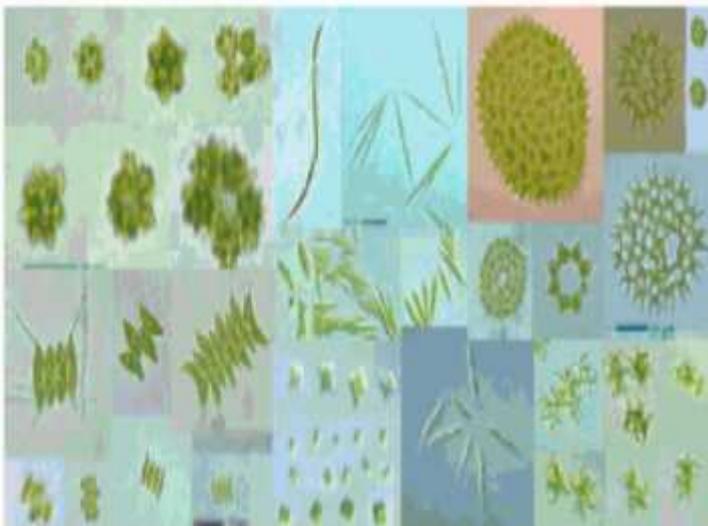
Pigments : chlorophylle *a*; phycobillines (phycocyanine, allophycocyanine, phycoerythrine)

Substances de réserve : glycogène, cyanophycine

Paroi cellulaire : peptidoglycane

Morphologie : unicellulaire, coloniale, filamenteuse

Reproduction : asexuée (fission binaire, fragmentation)



Les Chlorophycées ou algues vertes

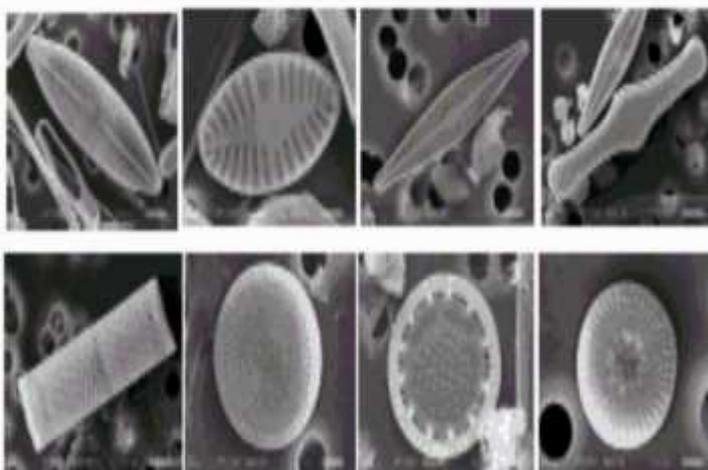
Pigments : chlorophylles: *a* et *b*; xanthophylles: luteine, violaxanthine

Substances de réserve : amidon intraplasmidial

Paroi cellulaire : principalement cellulose

Morphologie : unicellulaire, coloniale, filamenteuse, cénobiale, formes avec ou sans flagelles

Reproduction : asexuée (fission binaire) et sexuée (isogamie, anisogamie et oogamie)



Les Bacillariophycées ou diatomées

Pigments : chlorophylles : *a*, *c1*, *c2* et *c3*; xanthophylles : fucoxanthine, diatoxanthine, diadinoxanthine

Substances de réserve : chrysolaminarino, lipides

Paroi cellulaire : siliceuse ornementée (frustule)

Morphologie : pennée (symétrie bilatérale) ou centrique (symétrie radiale)

Reproduction : asexuée (division cellulaire) et sexuée (oogamie chez les centriques, isogamie chez les pennées)

Figure11 : Classes algales et leurs caractéristiques principales basées sur des aspects Morphologiques et cytologiques (Saez *et al.* 2008)

II.2.2.1.2 Ecophysiologie du phytoplancton

Grâce à leurs diversités et à leurs exigences écologiques très variées, le phytoplancton est susceptible de peupler les biotopes les plus divers (eaux marines, douces, thermales et même glaciales). La plupart des Cyanobactéries sont autotrophes et peuplent des milieux très variés « sources thermales, milieux aquatiques, terres humides » (**Des Abbayes et al, 1978**) et même dans le sable des déserts les plus arides (**Bourrelly, 1985**).

D'autres sont saprophytes, parasites ou symbiotes d'organismes très divers (**Ozenda, 2000**).

Les conséquences éco-physiologiques associées à la richesse spécifique des populations phytoplanctoniques sont nombreuses, car les différentes espèces ne réagissent pas de la même manière aux facteurs du milieu. Afin de faire face aux variations environnementales.

D'après **Gailhard (2003)**, les espèces phytoplanctoniques ont développé des stratégies adaptatives telles que :

- Différents mécanismes favorisant la mobilité et la migration vers des zones riches en nutriments et en lumière.
- La compétition interspécifique et les mécanismes de défense contre la prédation, ainsi que le mode de nutrition mixotrophe.

II.2.2.2 Système d'évaluation de la qualité Biologique (SEQ-Bio)

Le SEQ-Bio repose sur l'utilisation et l'interprétation de paramètres biologiques obtenus à l'aide des méthodes (**Mazzuoli, 2012**), déjà élaborées ou bien avancées, basées sur l'examen de différents groupes d'organismes, animaux et végétaux. Il constitue donc un système de traitement de résultats fournis par ces méthodes, permettra d'apprécier la qualité biologique des cours d'eau à plusieurs niveaux :

- Globalement, en évaluant l'intégrité biologique du cours d'eau ;
- Par thèmes, fortement liés à des problèmes de gestion : identification et appréciation de problèmes ou de phénomènes biologiques particuliers (déséquilibre biologique, prolifération d'espèces,....etc ;
- Spécifiquement, en renseignant sur les incidences des phénomènes biologiques sur les usages potentiels des biocénoses elles-mêmes (**Genin et al, 2003**).

II.2.2.2.1 Le Phytoplancton, Indicateur de La Qualité Biologique de l'eau

Les indicateurs biologiques (bio-indicateurs) sont basés sur le même principe. La variété des taxons présents dans un prélèvement, leur assemblage, la présence ou l'absence de groupes sensibles (aux pollutions par exemple), donnent une indication sur la qualité des milieux (**Groga, 2011**).

L'abondance de phytoplancton est influencé par l'apport de nutriments dans les milieux aquatiques, ils sont aussi très sensibles à la qualité physicochimiques de l'eau, notamment le pH, la Température et la salinité, à la présence de polluants organique toxiques, Les diatomées figurent parmi les classes de phytoplanctons les mieux connus et les plus utilisés pour le diagnostique écologique (**Benoit-chabot, 2014**).

A. Indice Biologique des Diatomées(IBD)

Un grand nombre de diatomées peuvent être utilisées comme indicateurs de divers changements environnementaux. Elles sont fortement influencées par le pH (espèces acidophiles, neutrophiles et alcaliphiles). Les nutriments (surtout l'azote et le phosphore) ont également un effet sur les communautés de diatomées. On distingue :

- Les espèces hypereutrophes (abondantes dans les eaux où les nutriments sont en excès) ;
- les espèces oligotrophes (présentes en eaux pauvres en nutriments) (**Patrick, 1977; Prygiel et Coste, 2000**). Elles sont aussi sensibles à la présence de matières organiques ;
- les espèces oligosaprobies, ne tolérant que des eaux pauvres en matières organiques alors que les espèces polysaprobies tolèrent la décomposition de matières organiques et une faible oxygénation des eaux (**Boissonneault, 2006**).

Les diatomées sont donc d'excellents bioindicateurs de la qualité des eaux de surface et des écosystèmes aquatiques (**Boissonneault, 2006**).

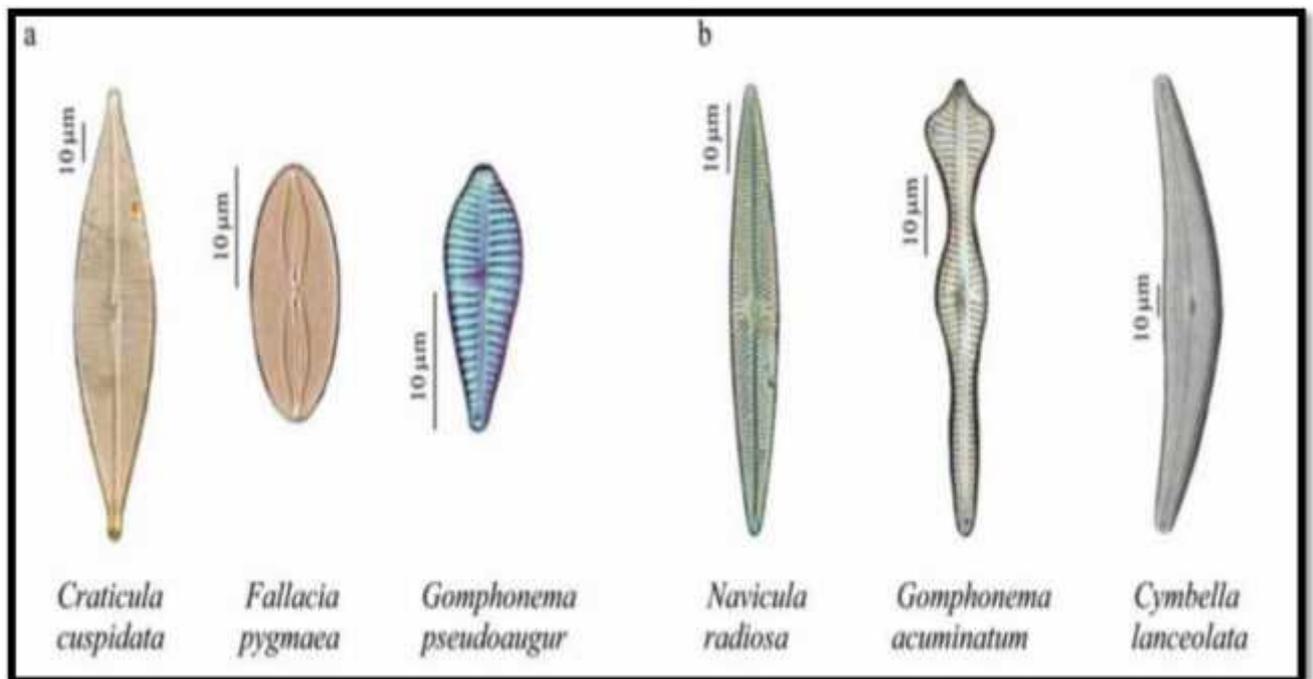


Figure 12 : Exemples de diatomées caractéristiques d'eaux : a/ de mauvaise qualité et b/ de Bonne qualité (Source : RNDE 2000 in Morin, 2006)

L'indice biologique diatomée (IBD) dont la méthode a été normalisée en décembre 2007 (NTT90-354) peut être appliqué à l'ensemble des cours d'eau. Il permet d'évaluer le degré de pollution organique et d'eutrophisation des cours d'eau indépendamment du degré d'altération physique du milieu aquatique (Mazzuoli, 2012).

Les indices diatomiques, basés sur des données quantitatives, traduisent des modifications structurelles des communautés, telle une augmentation progressive d'espèces tolérantes en cas de pollution. Ils permettent d'évaluer l'état des écosystèmes aquatiques à partir de la structure des communautés de diatomées en se basant sur un ou plusieurs gradients environnementaux (Siddour, 2007).

L'indice IBD varie de 0 (qualité très mauvaise) à 20 (qualité très bonne) (Tab6) (Laguerre, 2007). Il s'appuie sur 209 espèces (Mazzuoli, 2012).

Tableau 06: classes de qualité d'eau en fonction de la valeur de l'IBD (Rodier et al, 2009)

IBD	< 5	5 IBD < 9	9 IBD < 13	13 IBD < 17	17
Qualité de l'eau	Mauvaise	Médiocre	Moyenne	Bonne	Très Bonne
Code Couleur	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Bleu

➤ **L'intérêt de l'Indice Biologique des diatomées :**

Selon **Prygiel, Coste (2000)**, l'IBD peut être appliqué en vue de :

- 📌 Evaluer la qualité biologique d'une station bien définie (étude ponctuelle) ;
- 📌 Suivre l'évolution temporelle de la qualité biologique d'une station (saisonnière ou pluriannuelle) ;
- 📌 Suivre l'évolution spatiale de la qualité biologique d'un cours d'eau (comparaison entre l'amont et l'aval) ;
- 📌 Evaluer les conséquences d'une perturbation sur le milieu (comparaison entre l'amont et l'aval d'un rejet).

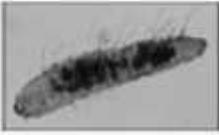
II.2.2.2 Autres types d'indices biologiques

Les animaux et les végétaux qui colonisent les milieux aquatiques possèdent des exigences diverses vis-à-vis de ce milieu. Certains organismes vivants pourront ainsi être sensibles à des variations de pH, de température, à des modifications du contexte nutritionnel.

Ces organismes sont donc susceptibles de réagir aux modifications du milieu aquatique et peuvent alors servir d'indicateur de la perturbation existante (pollution).

Ces indicateurs biologiques sont à l'origine de l'émergence de méthodes standardisées basées sur l'étude de la présence de certaines espèces indicatrices ou de la richesse du milieu (nombre d'espèces) en certains organismes spécifiques (**Rodier, 2009**).

Tableau 07: Les principaux indices biologiques utilisés (Atrouz et Lfilef, 2014)

Indice	Groupe faunistique ou floristique étudié	Notation	exemple d'organisme
IBGN Indice Biologique Global Normalisé	Macroinvertébrés	Note de 0 à 20 <i>Une note supérieure ou égale à 17 représente une eau très bonne qualité</i>	 <i>Trichoptera</i>
IBGA Indice Biologique Global Adapté aux grands cours d'eau		Listes faunistiques par substrat ou par groupe de substrat	
IBD Indice Biologique Diatomées	Diatomées	Note de 0 à 20 <i>une note supérieure ou égale à 17 représente une très bonne qualité</i>	
IOBS Indice Oligochètes de Bioindication des Sédiments	Oligochètes	Note de 0 à 10 <i>une note supérieure à 6 représente une très bonne qualité</i>	
IBMR Indice Biologique Macrophytique en Rivière	Flore aquatique	Note de 0 à 14 (ou plus) <i>une note supérieure à 14 représente une très bonne qualité (eutrophisation très faible)</i>	
IPR Indice Poisson Rivière	Poissons	Note de 0 à 36 (ou plus) <i>Plus la valeur de l'indice est élevé plus la qualité est dégradée</i>	 <i>Cyprinus</i>



Chapitre II

Matériel et méthodes

Partie I : Présentation de la zone d'étude

I.1 Présentation du bassin versant Kébir-Rhumel

L'Oued Kébir-Rhumel, est un cours d'eau très important dans l'Est algérien. Il a contribué au façonnement du ravin Constantinois qui est célèbre dans toute l'Algérie par son pittoresque. L'oued Rhumel s'écoule sur une distance d'environ 208 Km. (Melghit, 2009). Le bassin versant Kébir-Rhumel déborde largement les limites géographiques du Constantinois : il s'étend entre la mer Méditerranée au Nord et les marges septentrionales des hautes plaines des sebkhas (lacs salés) au Sud présentant ainsi des caractères physiques nettement contrastés, d'où son originalité. Il est juxtaposé à d'autres unités hydrologiques recouvrant également Tell et hautes plaines, il s'agit du bassin de la Seybouse à l'Est et le bassin de la Soumam à l'Ouest (Mebarki, 1984).



Figure 13: Situation géographique du bassin versant **Kébir-Rhumel** et ses sous bassins versants (ABH, 1999)

I.1.1 Situation géographique

Le bassin versant Kébir-Rhumel est l'un des plus grands bassins hydrographiques importants en Algérie. Il couvre une superficie de 8815 km²

environ et possède une façade maritime d'environ 7 Km. Il est centré 36° de latitude Nord, de 7° de longitude Est. Il est subdivisé en 7 sous bassins.

Le Kébir-Rhumel prend sa source vers 1160 m dans les marges méridionales du Tel, au nord de Bellaa. Il est limité au nord par les deux bassins côtiers constantinois ouest et centre, au sud par le bassin versant des Hauts plateaux constantinois, à l'est par le bassin versant de la Seybouse, drainé par l'oued Seybouse et à l'ouest le bassin hydrographique Algérois-Hodna Soummam (Melghit, 2009).

I.1.2 Géologie et lithologie

Le bassin versant Kébir Rhumel est composé de domaines géologiques très différents (Mebarki, 1982 et 2005) :

- **le domaine des Hautes-Plaines sud-constantinoises (DI)**, constitué de deux grandes unités lithologiques : les massifs carbonatés du néritique constantinois et les plaines plioquaternaires d'une part et d'autre part les massifs de calcaires jurassiques et crétacés ;
- **Le bassin néogène de Constantine-Mila (DII)**, d'âge mio-pliocène et à dominance argileuse, à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres ;
- **Le domaine des nappes tectoniques de Djemila (DIII)**, à l'ouest de Ferjioua, en position occidentale par rapport au domaine DII. Elles sont formées d'une alternance de marnes et de calcaires marneux (Jurassique-Crétacé-Eocène) ;
- **Le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV)**, au nord de Garem. Il est constitué essentiellement de grès numidiens sous lesquels apparaissent des calcaires jurassiques très tectonisés de la dorsale kabyle ;
- **le domaine du socle granitique et cristallophylien de la petite Kabyle d'El Milia (DV)**, au sud d'El Milia, la vallée du Kébir s'encaisse dans les formations du socle. Large de 1 à 2 km, cette vallée renferme des graviers et sables alluviaux abondants.

I.1.3 Réseau hydrographique

Le bassin Kébir-Rhumel présente un chevelu hydrographique très dense, totalisant un réseau de plus de 4200 km. Quarante oueds ont une longueur supérieure à 10 km.

Ce bassin résulte principalement de la jonction de deux cours d'eau importants : l'oued Rhumel et l'oued Endja, drainant respectivement une superficie de 5315 km² et 2160 km² et dont la confluence donne naissance à l'oued Kébir (**Mebarki, 1982**).



Figure 14: Carte du réseau hydrographique du bassin versant Kébir (**ABH, 1999**)

I.1.3.1 Oued Rhumel

D'un linéaire de plus de 123 Km, c'est l'oued le plus important du Kébir Rhumel. Il prend naissance dans les hautes plaines sétifiennes, en taille les gorges de Constantine jusqu'à la confluence de l'Oued Endja et prend ensuite le nom d'El Kébir (**Melghit, 2009**).

Il draine, suivant une orientation SO-NE, les sous-bassins semi-arides des hautes plaines (Tadjenanet, Chelghoum Laid) puis franchit le rocher de Constantine en s'encaissant profondément (200 m de dénivellation) dans des gorges calcaires. Ensuite, il s'écoule en direction Nord-Ouest et plus au Nord, aux environs de Sidi Merouane, il conflue avec l'oued Endja qui draine la partie occidentale du bassin. Durant tout ce parcours, l'oued Rhumel reçoit quelques affluents importants, entre autres les oueds Dekri, Athmania, Seguen, Boumerzoug, Smendou et Ktone (**Sahli, 2012**).

I.1.3.2 Oued Endja

D'un linéaire de 15 Km, il naît à la confluence de l'Oued El Kébir et de l'Oued Redjas. Son lit possède une forme lithologique très intéressante du point de vue hydrogéologique ce qui explique le réseau hydrologique dense du barrage Béni Haroun (Melghit, 2009).

L'Oued Endja est formé à l'amont par la confluence de l'Oued Dehamcha et de l'Oued Menaâ. Le premier prend sa source au seuil des hautes plaines au nord d'El Eulma alors que le second prend sa source aux environs d'Ain El Kebira dans les massifs de la petite Kabylie. A l'instar de la haute vallée du Rhumel, il suit une direction SO-NE, mais cette fois à travers les reliefs montagneux du Tell, parallèlement à la chaîne numidique qui le borde au Nord.

Durant son parcours, l'oued Endja ne reçoit pas d'affluents importants sur sa rive gauche, mais sur sa rive droite, il collecte les eaux des oueds Rarama (ou Djemila) ainsi que ceux de Bou Selah, de Redjas et d'El Melah (Mebarki, 1982 et 2005).

I.1.4 Climatologie

Les facteurs climatologiques sont dans l'ensemble des variables aléatoires permettant d'expliquer quantitativement les variations du régime hydrologique.

I.1.4.1 Pluviométrie

Les précipitations constituent le facteur essentiel qui gouverne l'écoulement des cours d'eau. En effet, ils ont un effet direct sur le débit, les matières en suspension et les phénomènes de dilution. Le bassin versant Kébir-Rhumel pluviométriques qui se répartit comme suit :

Tableau08: Stations pluviométriques sur le bassin du Kébir –Rhumel (ABH, 1999)

Sous –bassins	Nombre de stations pluviométriques
Oued Dehamcha-Kébir Amont	4
Oued KébirAmont-Endj	1
Oued KébirAmont	5
Oued Rhumel-Seguen	3
Oued Boumerzoug	3
Oued Rhumel-Smendou	2
Oued Kébir-Maritime	4

I.1.4.2. Température

Le bassin du Kébir-Rhumel doit à sa position un climat méditerranéen avec des hivers doux, des étés chauds et secs mais loin d’être désertique (**Belkarfa, 2015**).

Nous avons mentionné uniquement la température moyenne des années (2004, 2005 et 2006) pour la wilaya de Constantine.

Tableau09: Température moyenne mensuelle en °C (ONM, Constantine)

	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
2004	7.2	8.8	10.6	11.9	15.1	21.4	25.7	26.9	21.0	19.4	9.9	7.9
2005	4.6	4.7	10.8	13.2	19.2	23.9	26.8	24.7	21.1	17.8	11.8	7.0
2006	5.5	6.9	11.0	15.6	20.1	24.9	26.8	24.4	21.0	19.1	12.5	8.4

I.1.4.3 Vent

Le vent est un facteur climatique très important, car il joue un rôle fondamental dans le transport, la propagation et la dissémination des polluants de différentes tailles vu ses caractéristiques de direction et de force. Les vents soufflant sur le bassin du Kébir-Rhumel sont ceux du Nord-est qui apportent les pluies et qui sont souvent secs et froids (**Melghit, 2009**).

I.1.5 Agriculture

Le bassin du Kébir-Rhumel se caractérise par une agriculture mixte, traditionnelle (Irrigation gravitaire) et moderne (irrigation par canaux d'aspersion), tout dépend du type de culture. La superficie actuellement irriguée dans le bassin est de 2679 hectares consommant un volume annuel de 27,65 hm³.

Les principales activités des périmètres irrigués sont essentiellement les cultures maraichères et l'arboriculture, afin d'atteindre la production nécessaire, il était important de développer des techniques et des stratégies de culture et d'autoriser l'usage de certains produits chimiques et organiques tel que les engrais et les pesticides pour améliorer les rendements et lutter contre les parasites et les maladies (**ABH, 1999**).

I.1.6 Industrie

Aux alentours du bassin versant Kébir-Rhumel, le tissu industriel est surtout concentré autour des grandes agglomérations (Constantine, El Khroub, Chelghoum Laid, Hamma Bouziane, Mila,...). Plusieurs industries sont alimentées par leurs propres forages, ou leurs propres puits. Le volume global alloué à ces installations est de 13.679m³/j soit 4.99 hm³/an (**ABH, 1999**).

Partie II : Matériel et Méthodes

Dans ce chapitre, nous présentons dans un premier lieu le choix, la localisation des stations d'étude et la nature de prélèvement. Les méthodes analytiques mises en œuvre sont présentées dans le second.

Notre travail en générale consiste à évaluer la qualité biologique des eaux de deux oueds (Endja et Rhumel) à travers quelques paramètres biologique et physique à savoir la température, le potentiel d'hydrogène, l'oxygène dissous et la conductivité électrique).

Au préalable, elle a eu lieu une étape de choix et de localisation des stations de prélèvement en fonction de notre objectif.

Deux oueds ont été sélectionnés sur deux lieux stratégiques, voies d'écoulement du bassin versent Kébir-Rhumel.

II.1 Choix et localisation des sites de prélèvement

Nous présentons la localisation des stations de prélèvement de nos échantillons :

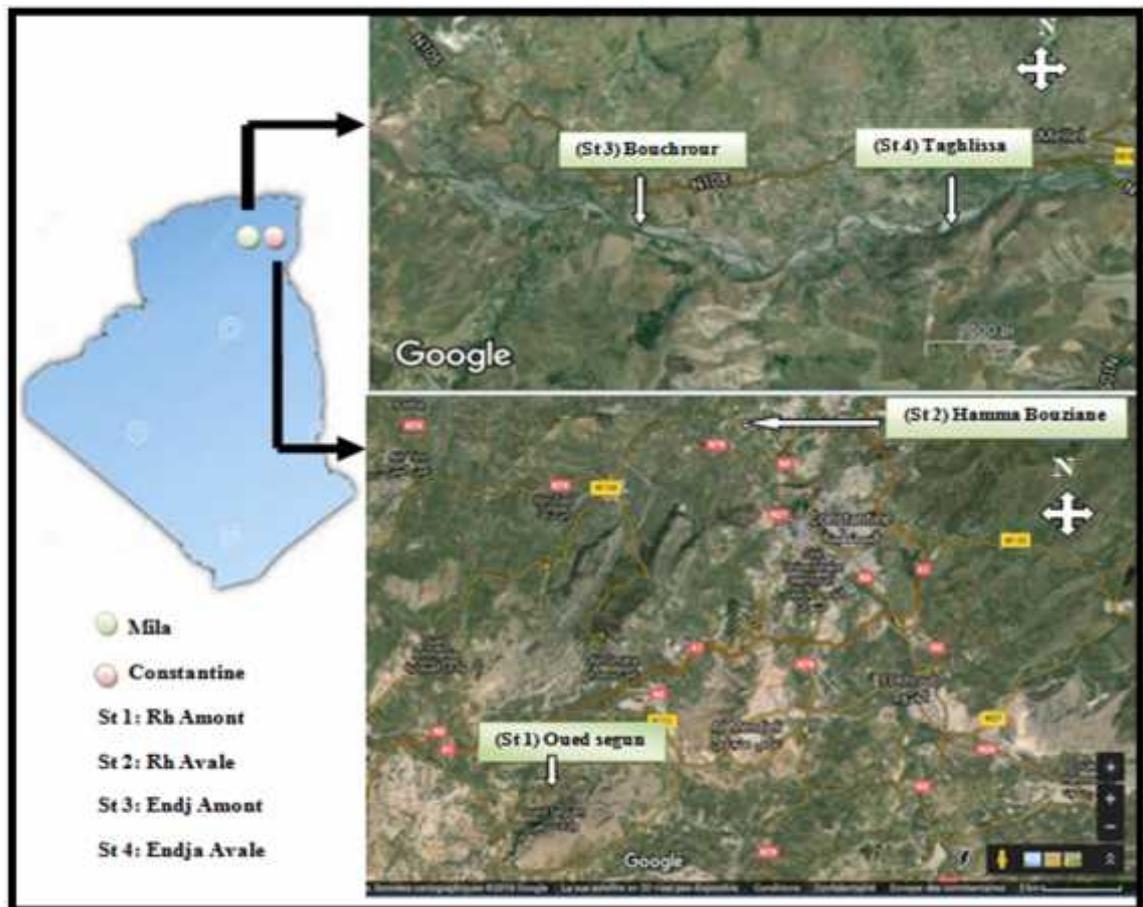


Figure 15: Localisation des stations de prélèvement (Google Maps, 2016)

II.1.1 Au niveau d'Oued Rhumel

- **Station 1:** A environ 25Km de Constantine en amont d'Ain Smara. Elle est située au pied d'une carrière et d'une retenue destinée à l'irrigation près du pont en direction de Teleghma et oued Segun. Le choix de cette station de référence traduit la qualité de l'eau avant que l'oued n'atteigne les zones urbaines (Ain Smara, Constantine).



Figure 16 : Point de prélèvement de la station 1

- **Station 2 :** En aval de l'oued Rhumel, située a la sortie de la wilaya de Constantine, près de la route nationale N : 27 vers la Wilaya de Mila, A 600m à peu près du pont qui passe au dessus de l'oued. Le choix de cette station est basé sur l'effet de la pollution causée par les rejets de la wilaya de Constantine.



Figure 17 : Point de prélèvement de la station 2

II.1.2 Au niveau d'Oued Endja

- **Station 3 :** Cette station est située en amont d'Oued Endja au lieu dit Saradj commune de Boughardaiane. Elle est caractérisée par une forte activité agricole (culture maraichère), et d'élevage. Le lit de l'oued est rocheux avec une présence de végétation rupicole à dominance du *Retama retam*.



Figure 18 : Point de prélèvement de la station 3

- **Station 4 :** Située en aval d'Oued Endja près du pont en direction d'Arras et Bainnane au lieu dit Taghlisha commune de Boughardaiane à l'embouchure du barrage de Béni-Haroun.



Figure 19 : Point de prélèvement de la station 4

II.2 Matériel et produits utilisés

➤ Sur terrain

- ✚ Valise multi 3420 ;
- ✚ Des flacons en verre ;
- ✚ Brosse à dent ;
- ✚ Un récipients ;
- ✚ Agent de conservation (Iugol) ;
- ✚ Une glacière ;
- ✚ Appareil photos ;
- ✚ Protocole.

➤ Au laboratoire

- ✚ Microscope Optique ;
- ✚ Caméra (Optica) ;
- ✚ Ordinateur ;
- ✚ Etuve ;
- ✚ Cellule de Thoma ;
- ✚ Lames et lamelles ;
- ✚ Badge benzène ;
- ✚ Produits de lavage (javel, acide chlorhydrique et l'ammoniaque) ;
- ✚ Ethanol ;
- ✚ Huile d'immersion ;
- ✚ Protocole.

II.3 Nature de prélèvement

Le mois d'échantillonnage varie selon les objectifs poursuivis par l'étude, le prélèvement a été réalisé en novembre et décembre 2015 sur 4 stations : Rhumel (ST1:amont et ST2:aval), Endja (ST3 :amont et ST4 :aval) .

Tableau10: Calendrier de prélèvement des échantillons

prélèvement Stations	Novembre (Campagne 1)	Décembre (Campagne 2)
ST1/ ST2	16/11/2015	15/12/2015
ST3/ ST4	16/11/2015	15/12/2015

II.4 Protocole de travail

II.4.1 Mesures physiques

La température, le pH, la conductivité électrique et l’oxygène dissous sont mesurés in situ, en utilisant des appareils portatifs.

II.4.1.1 Température et potentiel d’hydrogène (pH)

- Les mesures de la température et du pH ont été effectués sur terrain en utilisant un pH mètre de type Hanna instrument hi8314 ;
- La méthode consiste à plonger l’électrode de l’appareil dans l’échantillon, et on lit directement les valeurs de la température en degré Celsius et le pH.



Figure 20 : Le pH mètre

II.4.1.2 L’oxygène dissous

Sa mesure a été réalisée in situ, a l’aide d’un Oxymétrie de marque Oxi 330WTW. La teneur en oxygène dissous s’exprime en mg /l. La concentration en oxygène dissous varie avec la température, la salinité du milieu et la pression atmosphérique.

II.4.1.3 La conductivité électrique

La mesure de la conductivité s’est effectuée in situ avec un conductimètre de la marque WTW D812WEI Lheim. La conductivité s’exprime en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Elle augmente avec la température et la concentration en sels dissous, sa valeur est théoriquement nulle pour l’eau distillée.



Figure 21 : La valise multi paramètres

II.4.2 Paramètre biologique

II.4.2.1 Etude du peuplement phytoplanctonique des oueds

Pour l'étude du phytoplancton, les prélèvements ont été effectués au niveau des mêmes points ayant été échantillonnés pour l'analyse physicochimique.

Dans cette partie de travail, nous avons fait deux types d'échantillonnage d'algues, l'un quantitatif (phytoplancton) et l'autre par grattage des substrats (diatomées). La détermination des algues a été réalisée au niveau de laboratoire du Centre Universitaire de Mila.

II.4.2.1.1 Echantillonnage quantitatif

Elle est pour but de déterminé la richesse d'algues présente dans le biotope étudié (les deux oueds).

- 🌈 Nous avons collecté l'eau par des flacons en verre de 100 à 150 ml à large ouverture ;
- 🌈 Avant l'utilisation, nous avons nettoyé et rincé le flacon de prélèvement avec l'eau du Cours d'eau.



Figure 22 : Echantillonnage quantitatif de
Phytoplanctons

II.4.2.1.2 Conservation des échantillons

L'échantillon de phytoplancton est fixé sur le terrain à l'aide d'une solution de lugol afin d'obtenir une concentration finale d'environ 0,5 % dans l'échantillon, soit environ 8 gouttes pour 100 ml. Cette concentration finale peut s'apprécier à la couleur brun clair (couleur de Thé). Une décoloration peut se produire avec le temps et/ou la lumière.

- 🌈 Dans ce cas, on ajoute quelques gouttes de lugol pour maintenir la fixation de l'échantillon ;
- 🌈 L'échantillon est transporté par la suite au laboratoire dans une glacière à température qui varie entre 4 et 10°C et à l'abri de la lumière.



Figure23 : Fixation de l'échantillon

II.4.2.1.3 Observation des algues

Les algues sont observées au microscope sur des préparations extemporanées humides :

- 🌈 Prélèvement à l'aide d'une pipette ou mieux un compte-goutte par une petite goutte du dépôt ;
- 🌈 Mettre l'échantillon entre lame et lamelle ;
- 🌈 Observation au microscope optique en utilisant les deux objectifs 40x et 100x (en utilisant huile d'immersion) ;
- 🌈 Prise de photos à l'ensemble des espèces rencontrées grâce à une caméra numérique de type (Optica).

L'identification à l'aide de plusieurs guides d'identification (Algues de la région du lac Tchad (**Compère, 1975**), A Guide to the Marine plankton of southern California (**Perry et al, 2003**), Guide pratique des Cyanobactéries planctonique du grand ouest de la France (**Leitao et Couté, 2005**), Marine phytoplankton Atlas of Kuwait's waters (**Al kandari et al, 2009**), Microscopic and Molecular Methods for quantitative phytoplankton analysis (**Karlson et al, 2010**), supplemental color guid to identifying the Dinoflagellates (**University sweden**)).

II.4.2.1.4 Estimation de la biomasse

L'estimation de la biomasse algale est faite au laboratoire avec une cellule de comptage (Thoma), en suivant les étapes suivantes :

- ✚ 1ml de l'eau contenant du phytoplancton est posé entre chambre de Thoma et lamelle ;
- ✚ Une observation microscope est faite au grossissement ($\times 40$) ;
- ✚ Comptage de l'ensemble des cellules observées ;
- ✚ Calcule du nombre de cellule selon la Méthode suivante :



Figure24 : Cellule de Thoma

$[C] = \text{nombre de cellules} \times \text{facteur de dilution} \times 10^6 / \text{nombre de carrés (16} \times 16) \times \text{volume d'un carré (0,0025 m}^2 \text{)} ;$

- ✚ On calcule les espèces observé dans chaque Cellule et on note.

II.4.2.2 Echantillonnage et identification des diatomées

II.4.2.2.1 Echantillonnage des diatomées

- ✚ Les prélèvements ont été effectués conformément à la norme NF T 90-354 de décembre 2007 in Roquet, 2010) ;
- ✚ Le prélèvement s'effectue sur des substrats stables, durs et inertes (de taille suffisante pour ne pas être déplacées par le courant). D'après la norme, la préférence ira vers des blocs de pierre de plus de 256 mm de diamètre ;
- ✚ Les prélèvements sont réalisés préférentiellement en faciès lotique ;
- ✚ Une surface de 100 cm² est prospectée et est répartie sur 5 à 10 substrats différents (10 à 20 cm² par substrat) ;

- Les diatomées sont récoltées par grattage de la surface supérieure des substrats à l'aide de brosses à dents. La brosse est idéale pour récupérer les diatomées fixées dans les interstices des supports, en particulier si ces derniers ne sont pas lisses ;



Figure 25 : Grattage de la surface supérieure des substrats

- Les prélèvements ont lieu à distance suffisante des évènements hydrologiques perturbant (assèchement, crues...) ;
- Le matériel biologique prélevé est immédiatement fixé au lugol, et réparti dans des flacons en verre. Les renseignements suivants sont portés sur chaque flacon : code station, nom du cours d'eau, commune, date du prélèvement.

II.4.2.2 Analyse des échantillons au laboratoire

L'identification des diatomées présentes dans les échantillons de périphyton a été réalisée d'après l'examen microscopique de leur squelette siliceux, rendu possible par un traitement permettant de débarrasser les échantillons d'une grande partie de leur contenu organique.

A. Traitement des échantillons au laboratoire

- On verse dans un bécher 100ml de l'échantillon et on rajoute 50ml de javel pure et on le laisse en contact 2 à 3 heures ensuite, l'ensemble est trituré sur un tamis ;
- Un lavage/décantation à l'eau distillée est effectué 3 fois avec un intervalle de 6heurs ;
- Un autre lavage à l'acide chlorhydrique eau distillée est réalisé pendant 24 h ;
- Ensuite, deux lavages/décantation sont faites afin d'éloigner l'acide, en ajoutant une à deux gouttes d'ammoniaque dans le 1^{er} lavage ;
- Après le dernier lavage/décantation, le dépôt est conservé à l'éthanol à 90°.

B. Préparation des lames permanentes

- ✚ La préparation se fait sur lamelle, avec une pince plate. la lamelle est chauffée très légèrement à l'étuve à une température de 40°C;
- ✚ Une goutte de la solution d'alcool 90° contenant les diatomées et déposez sur la lamelle qui sera colée à son tour sur une lame ;



Figure 26 : la préparation des lames

- ✚ Ensuite les lames montées sont placées dans un étuve pour séchage doux et à l'abri de la poussière (T 40-50°C) pendant 15 min.



Figure 27 : le séchage des lames dans l'étuve

C. Observations, comptages et détermination taxonomique diatomées

L'identification des diatomées a été faite au laboratoire à l'aide d'un microscope Optique et plusieurs guides de détermination telle que : Guide d'identification des Diatomées des rivières de l'est du Canada (**Lavoie et al, 2008**), Identification des Algues (Guide de laboratoire), (**Direction générale des services agroenvironnementaux Canada, 2011**), Méthodologie pour La mise en oeuvre de l'Indice Biologique de Diatomées (**NT90, 314**).

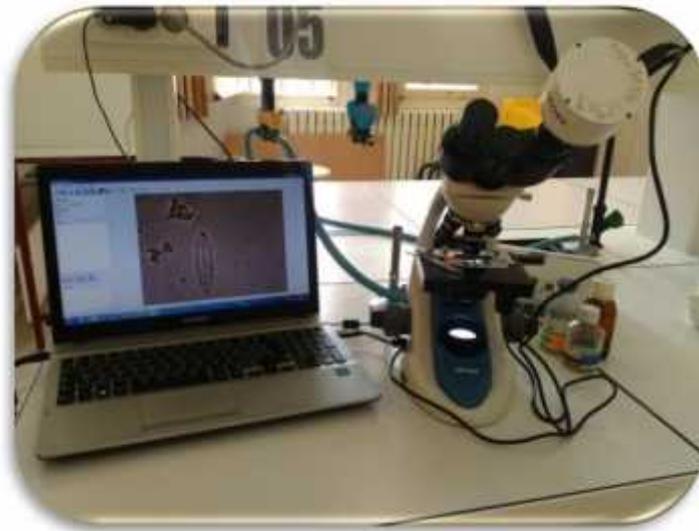
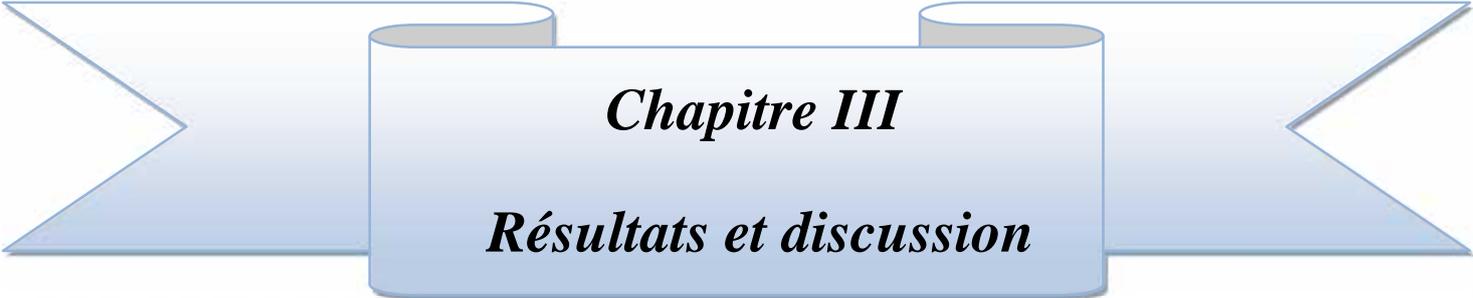


Figure 28 : Observation par microscope

Optique



Chapitre III

Résultats et discussion

III.1 Mesures physiques de l'eau

Dans cette partie, nous exposons les résultats obtenus des mesures physiques réalisées au niveau des deux Oueds Endja et Rhumel (amont et aval) pour deux campagnes de prélèvement, une au mois de novembre 2015, et l'autre au mois de décembre de la même année. Ces mesures sont : T°, pH, CE, O₂ d.

III.1.1 La température

La température est l'un des facteurs environnementaux les plus importants pour tous les organismes aquatiques (Alzieu, 1989), Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels, surtout des gaz, dans la dissociation des sels est impliquée dans la conductivité électrique ainsi la détermination du pH, ...etc (Rodier, 2005).

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (OMS, 1994), par contre une température inférieure à 10°C, ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux ; d'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air (Rodier, 2005).

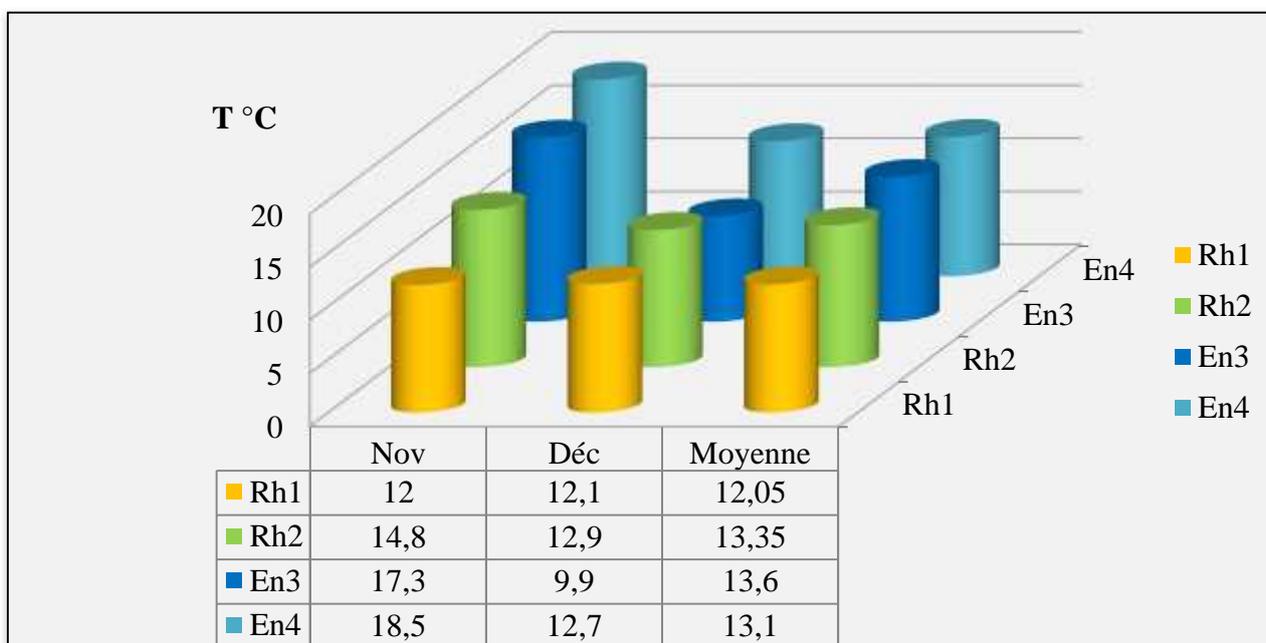


Figure 29 : Variations spatio-temporelles des températures des eaux du Rhumel et celles d'Endja

Les valeurs des températures de l'eau, présentent des variations spatio-temporelles. Elles se réchauffent de l'amont vers l'aval. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au mois de novembre à Oued Endja avec la valeur de 18,5 et 17,3 respectivement pour l'aval et l'amont. La température moyenne varie entre 12,05 et 13,35°C.

Dans l'ensemble des stations, les valeurs des températures ne dépassent pas le 20°C.

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (tab.11), les deux Oueds sont de qualité normale.

Tableau11: Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température
(Masson, 1988)

Température (°C)	Qualité	Classe
20	Normale	1A
20–22	Bonne	1B
22 – 25	Moyenne	2
25 – 30	Médiocre	3
30	Mauvaise	4

III.1.2 Le potentiel d'hydrogène

Le pH est un paramètre qui mesure le degré d'acidité ou d'alcalinité des écosystèmes aquatiques. Un pH compris entre 6 et 9 permet un développement à peu près correct de la faune et de la flore aquatique (Sahli, 2002).

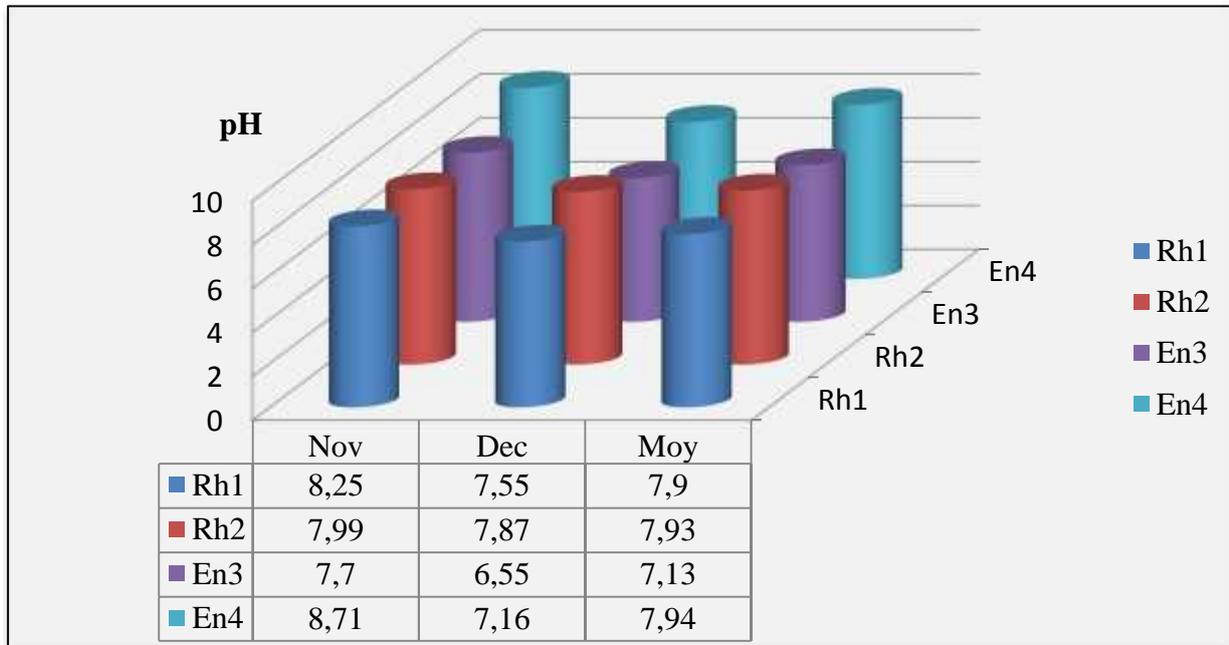


Figure 30 : Variations spatio-temporelle du pH des eaux du Rhumel et celles d'Endja

D'après les résultats qui varient entre 6,5 et 8,71, les eaux des deux oueds sont faiblement alcalines. La valeur moyenne (7,9) du pH est presque identique dans les 4 stations à l'exception de la station Endja amont avec la valeur de 7,1.

Le pH reste assez stable et varie peu entre amont et aval ; cette variation oscille entre 6,55 et 8,71 ce qui favorise une bonne activité photosynthétique. Pour l'ensemble des stations, les eaux sont de qualité bonne à très bonne.

Tableau 12: Aptitude à la biologie en fonction du pH (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Ph	8	8,5	9,0	9,5	>9,5

III.1.3 L’oxygène dissous

L’oxygène dissous (O₂.d) est très important par le fait qu’il conditionne l’état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques (HCEFLCD, 2007). Il joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique et dans l’autoépuration. Sa présence dans les eaux naturelles est déterminée principalement par la respiration des organismes, par l’activité photosynthétique de la flore, par l’oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air-eau (Belghiti et al, 2013).

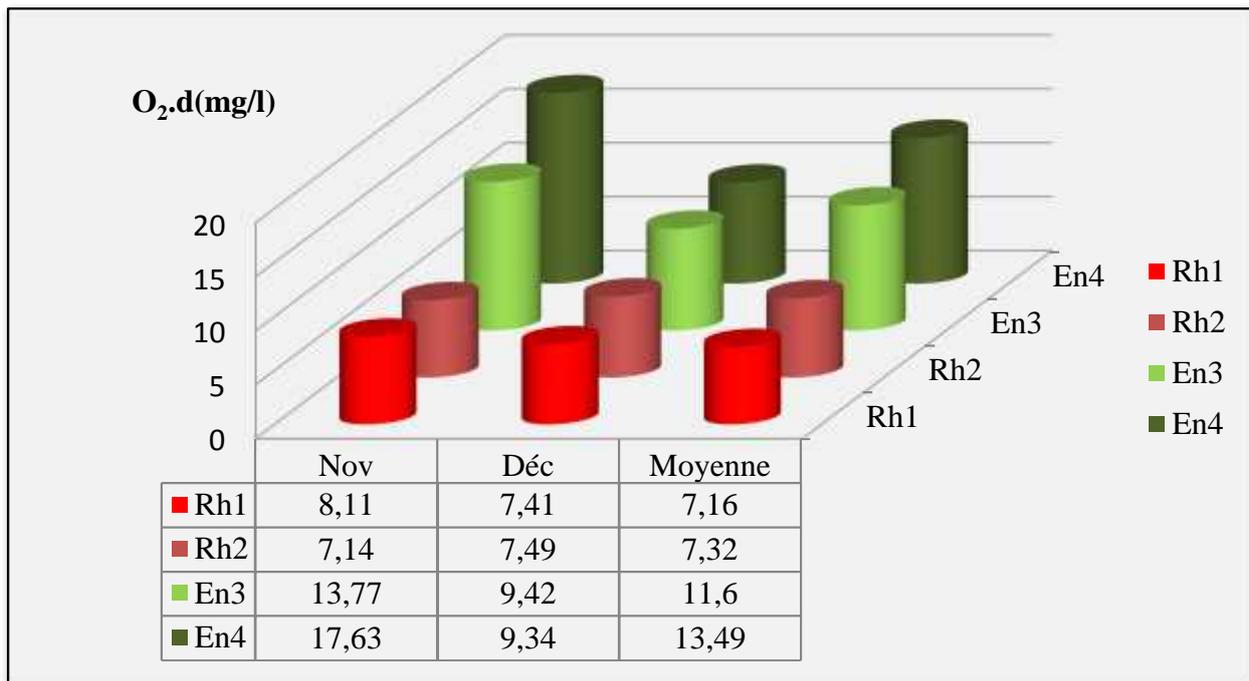


Figure 31: Variations spatio-temporelles de l’O₂.d du Rhumel et celles d’Endja

Le résultat présent, des teneurs d’oxygène qui varient irrégulièrement d’une station à l’autre et d’un mois à l’autre. Ces derniers sont compris entre 7,14 et 17,63(mg/l). Oued Endja, présent, une très bonne oxygénation, avec des valeurs moyennes comprises entre 11,6 et 13,49(mg/l). Oued el Rhumel, avec les teneurs moyenne les plus faibles, mais en conservant quand même la bonne qualité des eaux (7,16-7,32 (mg/l) (tab.13).

Cette bonne oxygénation de l’eau en période hivernale résulte de la baisse de la température et de la salinité de l’eau, ainsi que les facteurs mécanique (agitation par le vent) qui représentent le principal facteur de brassage des eaux (Millet, 1989). Et selon Gourou, (1995) ; l’origine de l’oxygène dans les milieux naturels est liée à l’activité

photosynthétique des végétaux aquatiques et la dissolution à partir de l’oxygène atmosphérique.

Tableau 13: Aptitude à la biologie en fonction de l’oxygène dissous (SEQ-Eau, 1999)

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
O ₂ .d mg/L	8	6	4	3	>3

III.1.4 La conductivité électrique

Plusieurs auteurs (Bremond et Vuichard, 1973 in Djeddi, 2007. Rodier, 1984. Bouhannèche et Hammada ,2014), ont défini la conductivité électrique d’une eau comme étant la conductance d’une colonne d’eau comprise entre deux électrodes métalliques, elle s’exprime en $\mu\text{S}/\text{cm}$. La mesure de la conductivité permet d’évaluer rapidement, la minéralisation globale de l’eau et d’en suivre l’évolution.

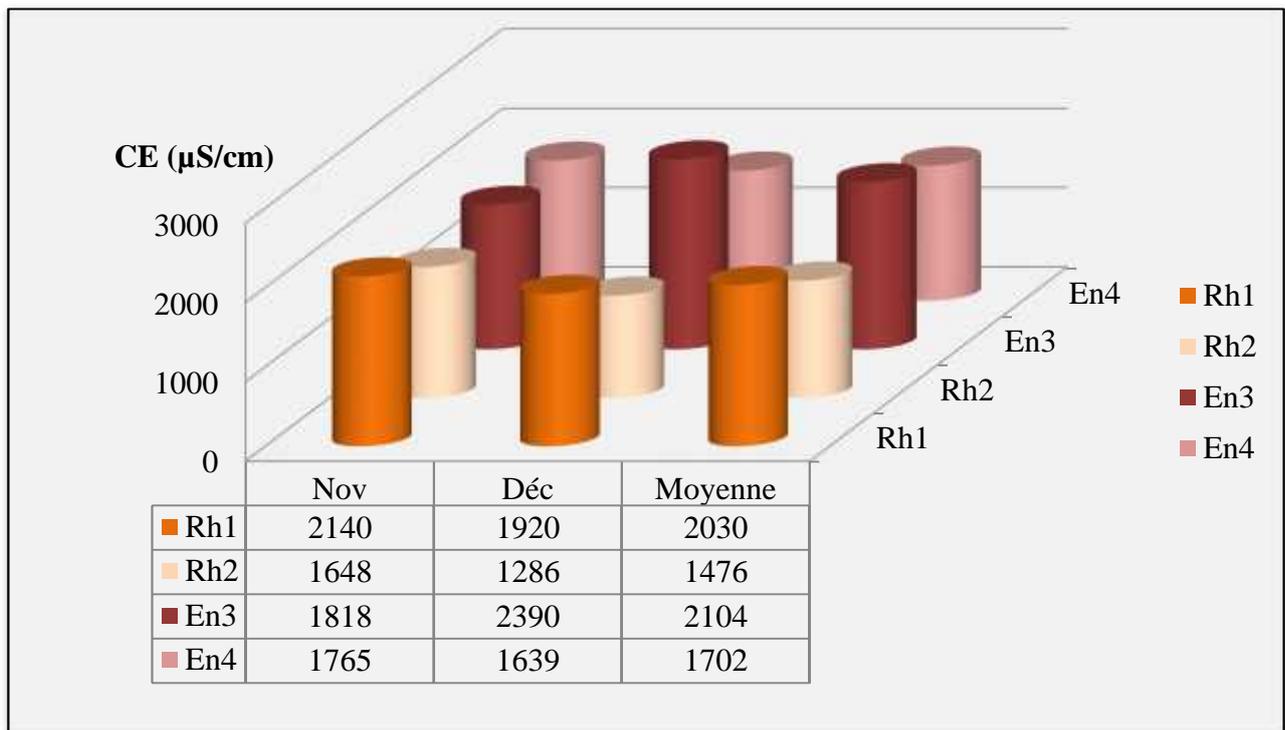


Figure 32: Variations spatio-temporelles de la conductivité électrique des stations d’étude

Une conductivité supérieure à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indique une forte minéralisation (Rodier et al, 2005). Elle dépend de la quantité des sels ionisables et constitue une bonne appréciation des concentrations globales des matières en solution.

Les eaux des deux oueds et avec leurs concentrations de conductivités moyennes supérieures à 1702($\mu\text{S}/\text{cm}$), sont caractérisés par une minéralisation forte à excessive.

Ces fortes concentrations peuvent être attribuée, à la minéralisation de la matière organique d'une par et aux rejets diffus de l'autre par.

D'après la grille de la qualité des eaux de rivières (**Monod, 1988**). Les eaux des deux cours d'eau, sont de qualité médiocre (Classe 3) (tab.14).

Tableau14 : Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique (**Masson, 1988**)

Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité des eaux	Classe
$\text{CE} < 400$	Bonne	1A
$400 < \text{CE} < 750$	Bonne	1B
$750 < \text{CE} < 1500$	Passable	2
$1500 < \text{CE} < 3000$	Médiocre	3

III.2 Analyse biotique

Dans cette partie, nous présentons, le résultat de l'identification des communautés algale au niveau des deux Oueds Rhumel et Endja au cours des 2 campagnes.

III.2.1 Analyse quantitatives

Tableau 15 : Inventaire d'algues par Famille des eaux de l'oued Rhumel et d'Endja

Famille	Genre et Espèce	Caractère
Chlorellaceae	<i>Chlorella vulgaris</i> <i>Chlorella sp</i>	Unicellulaire ou Pluricellulaire
Cladophoraceae	<i>Cladophora slide</i>	
Ulvaceae	<i>Enteromorpha flexuosa</i>	
Oedogoniaceae	<i>Oedogonuin sp</i> <i>Bulbochaeta sp</i>	
Euglenaceae	<i>Eugléna sp</i>	Algues Microscopiques
Phacaceae	<i>Lepocinclis texta.</i>	
Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas ovata</i>	Unicellulaire
Microcystaceae	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Algues microscopiques
Chroococcaceae	<i>Chroococcus sp</i>	
Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria limosa</i> <i>Oscillatoria sp</i>	
Aphanizomenonaceae	<i>Anabaenopsis circularis</i>	
Melosiraceae	<i>Melosira varians</i>	Algues microscopiques
Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>	
Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>	
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema truncatum</i>	
Surirellaceae	<i>Surirella fastuosa</i> <i>Surirella tenera</i>	
Bacillariaceae	<i>Nitzschia fonticola</i> <i>Nitzschia palea</i> <i>Tryblionella constricta</i>	

Naviculaceae	<i>Navicula lanceolata</i> <i>Navicula palea</i> <i>Navicula sp</i>	Algues microscopiques
Fragilariaceae	<i>Fragilaria capucina</i> <i>Fragilaria pinnata</i>	
Acrochaetiaceae	<i>Audouiniella sp</i>	
Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus octonarius</i>	
Zygnemataceae	<i>Mougeotia sp</i>	

D’après le résultat de recensement présenté sur le tableau (15) : les 31 espèces déterminées dans la zone d’étude (Oued Rhumel et Endja), appartiennent à 22 familles : les familles les plus abondantes sont : Bacillariaceae et de Naviculaceae avec 3 espèces, suite par la famille de Fragilariaceae, Chlorellaceae, Oscillatoriaceae, Oedogoniaceae, Surirellaceae avec 2 espèces et les autres familles avec 1 seule espèce.

❖ **Systématique de quelques espèces d’algues identifiées**

➤ ***Oedogonium***

Règne : Protista

Division: Chlorophyta

Classe : Chlorophyceae

Ordre : Oedogoniales

Genre : *Oedogonium*

Espèce : *Oedogonium sp*



Figure 33 : *Oedogonium sp*

➤ ***Oscillatoria***

L'Oscillatoria est une cyanobactérie qui se présente sous forme d'une algue bleue, sont des organismes pluricellulaires filamenteux sans ramifications.

Leur écologie est variable selon les espèces. Quelques-unes sont planctoniques, d'autres, en générales plus épaisses, benthiques.

L'habitat naturel d'*Oscillatoria* est l'eau. Il peut être trouvé dans la diversité de l'environnement marin par exemple l'eau douce, la mer ou même des sources d'eau chaude.

Embranchement : Cyanophytes
 Classe : Cyanophycées
 Sous- classe : Coccogonophycidées
 Ordre : Oscillatoriales
 Famille : Oscillatoriacées
 Genre : *Oscillatoria*
 Espèce: *Oscillatoria limosa*

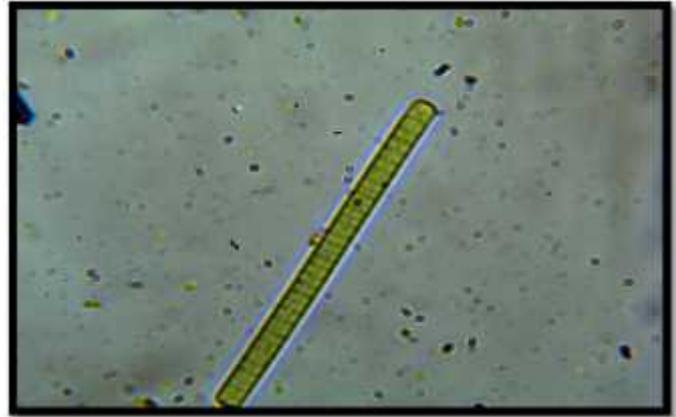


Figure 34 : *Oscillatoria limosa*

➤ *Lepocinclis*

Embranchement : Euglenophyta
 Classe : Euglenophyceae
 Ordre : Euglenales
 Famille : Phacaceae
 Genre : *Lepocinclis*
 Espèce : *Lepocinclis texta*



Figure 35: *Lepocinclis texta*

➤ *Tryblionella*

Embranchement : Bacillariophytae
 Classe : Bacillariophyceae
 Ordre : Bacillariales
 Famille : Bacillariaceae
 Genre : *Tryblionella*
 Espèce : *Tryblionella constricta*



Figure 36 : *Tryblionella constricta*

➤ *Audouniella*

Embranchement : *Rhodophyte*

Classe : *Florideophyceae*

Ordre : *Acrochaetiales*

Famille : *Acrochaetiaceae*

Genre : *Audouniella*

Espèce : *Audouniella sp*

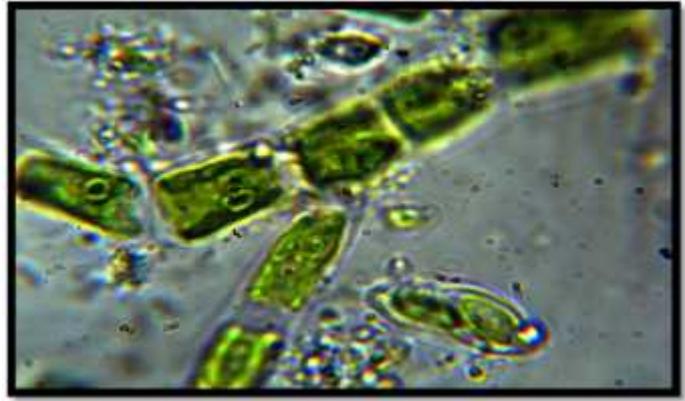


Figure 37 : *Audouniella sp*

➤ *Microcystis*

Embranchement : *Cyanophyte*

Classe : *Cyanophyceae*

Ordre : *Chroococcales*

Famille : *Microcystaceae*

Genre : *Microcystis*

Espèce : *Microcystis aeruginosa*

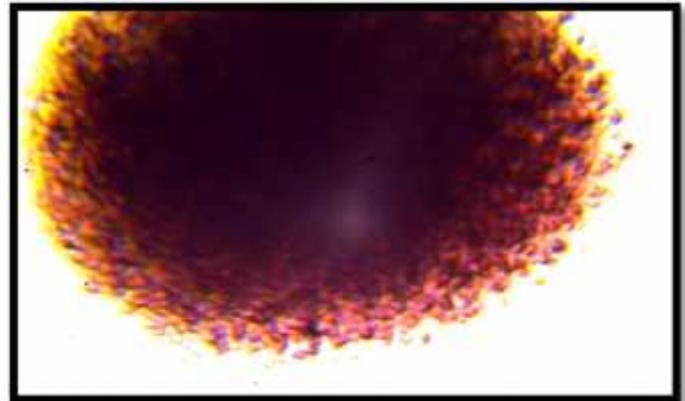


Figure 38: *Microcystis aeruginosa*

➤ *Fragilaria*

Embranchement : *Bacillariophytes*

Classe : *Bacillariophyceae*

Ordre : *Pennales*

Famille : *Fragilariaceae*

Genre : *Fragilaria*

Espèce : *Fragilaria pinnata*

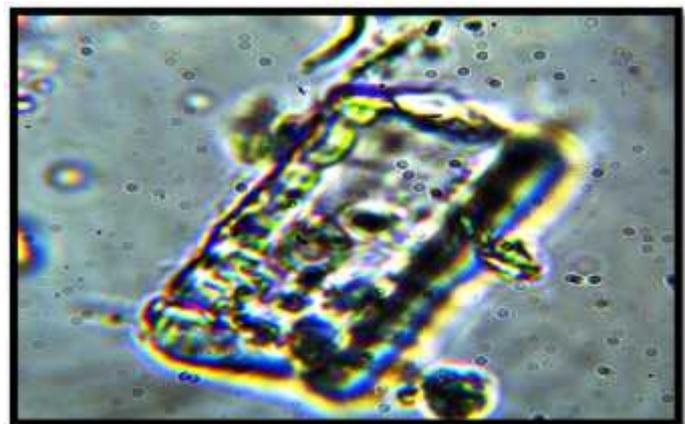


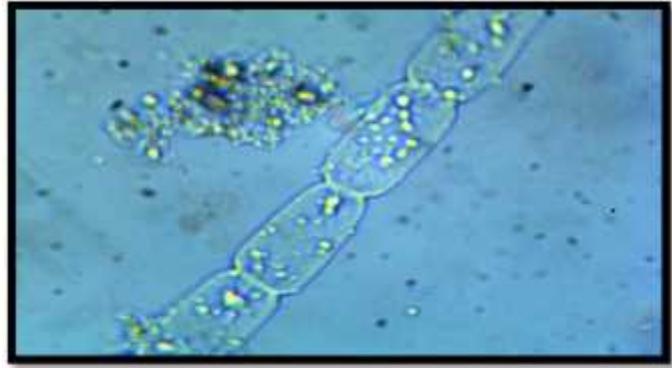
Figure 39 : *Fragilaria pinnata*

➤ *Anabaenopsis*

Embranchement : Cyanophyte

Classe : Nostocales

Famille : Aphanizomenonaceae

Genre : *Anabaenopsis*Espèce : *Anabaenopsis circularis*Figure 40 : *Anabaenopsis circularis*➤ *Fragilaria capucina*

Embranchement : Bacillariophytes

Classe : Fragilariophyceae

Ordre : Fragilariales

Famille : Fragilariaceae

Genre : *Fragilaria*Espèce : *Fragilaria capucina*Figure 41: *Fragilaria capucina*➤ *Chroococcus*

Chroococcus, un organisme unicellulaire qui est un genre de cyanobactéries, se trouve généralement dans des colonies de deux, quatre ou huit cellules avec une gaine de revêtement de protection transparent contenant des pigments photosynthétiques. Ces organismes peuvent être soit solitaires soit coloniaux. Ils se présentent sous la forme de cellules sphériques ou hémisphériques (au moment de la division), d'un diamètre compris entre 3 et 15 µm.

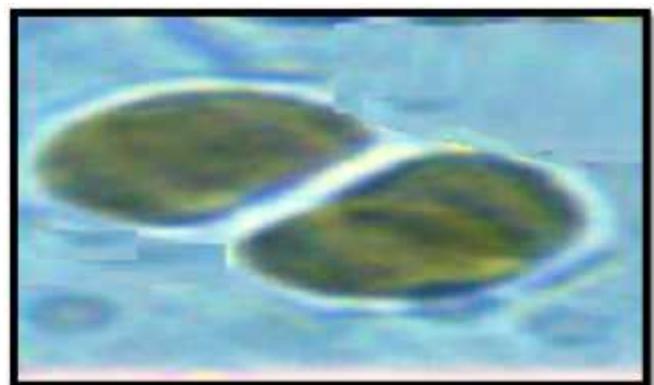
Embranchement : Cyanophytes

Classe : Cyanophycées

Sous-classe : Coccogonophycidées

Ordre : Chroococcales

Famille : Chroococcacées

Genre : *Chroococcus*Espèce : *Chroococcus* spFigure 42 : *Chroococcus* sp

❖ Oued Rhumel

➤ Station 1(Amont)

Cette station caractérisée par la présence de 9 familles :Acrochaetiaceae (*Audoniella sp*), Oedogoniaceae avec l'espèce *Oedogoniuim sp*, Microcystaceae (*Microcyste aeruginosa*), Chlorellaceae avec l'espèce *Chlorella vulgaris*, Chroococcaceae avec le genre *Chroococcus*, Zygnemataceae avec l'espèce *Mougeotia sp*, et Naviculaceae (*Navicula palea*), Ulnariaceae (*Ulnaria ulna*), Bacillariaceae (*Nitzschia fontiola*).

➤ Station 2 (Aval)

L'inventaire réalisé au niveau de cette station, indique une diversité algale importante (10 familles) en comparaison avec les autres stations d'étude.

Elle est caractérisée par un ensemble des familles telle que : Oegononiaceae (*Bulbochaeta sp*), Ulvaceae (*Enteromorpha fluxuosa*), Cladophoraceae (*Cladophora slide*), Acrocheatiaceae (*Audouniella sp*), Euglenaceae (*Eugléna sp*), Oscillatoriaceae (*Oscillatoria limosa et Oscillatoria sp*), Cryptomonadaceae (*Cryptomonas Ovata*), Cocconeidaceae (*Cocconeis placentula*) et la famille de Naviculaceae (*Navicula lanceolata*) et de Fragillariaceae (*Fragilaria pinnata et capucina*).

❖ Oued Endja

➤ Station 3 (Amont)

Au niveau de cette station nous remarquons la présence de 7 familles :

Chroococcaceae avec l'espèce *Chroococcus sp*, Chlorellaceae avec l'espèce *Chlorella sp*, Cryptomonadaceae (*Cryptomonas ovata*), Phacaceae avec l'espèce *Lepocinclis texta*, Surirellaceae (*Surirella tenera*), Naviculaceae (*Navicula lanceolata*).

➤ Station 4 (Aval)

Dans cette station, 6 familles on été identifiées : Aphanizomenonaceae (*Anabaenopsis circularis*), Hemidiscaceae (*Actinocyclus octonarius*), Bacillariaceae avec l'espèce de *tryblionella constricta*, Gomphonemataceae (*Gomphonema truncatum*), Surillaceae (*Surirella fastuosa*) et la famille de Melosiraceae (*Melosira varians*).

III.2.2 Estimation de la biomasse algale

Le comptage du nombre d'algues exprimé par le nombre de cellule dans un volume de 0,1ml d'eau échantillonné à révélé le résultat suivant :

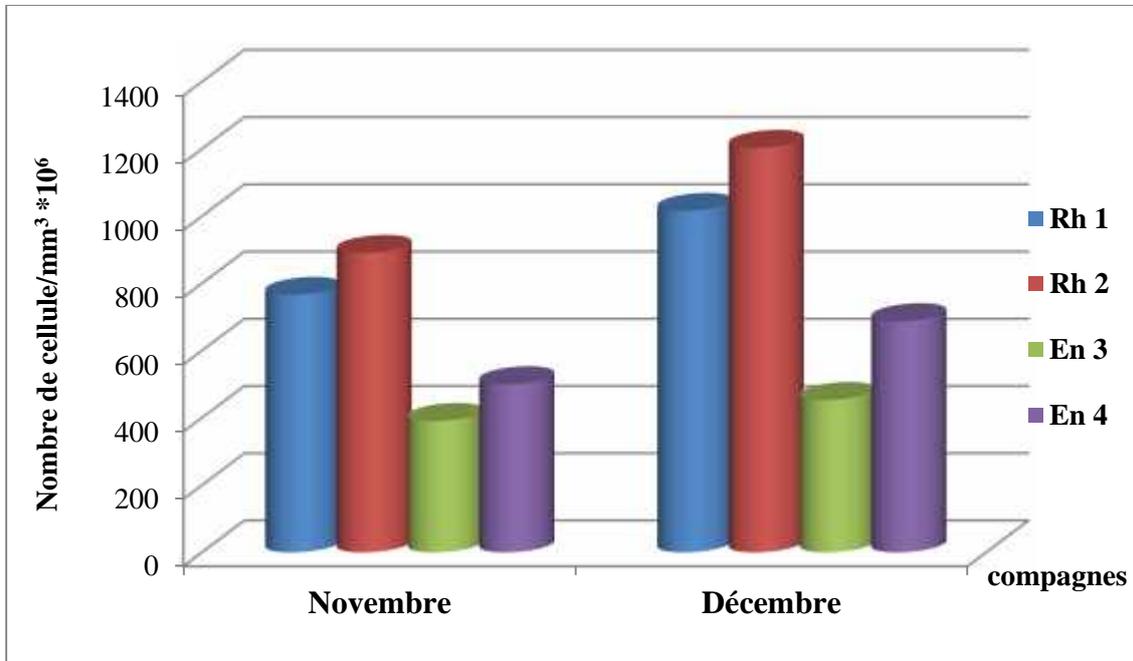


Figure 43 : Concentration de la biomasse algale dans chaque station d'étude

Selon la figure (43), nous remarquons que la concentration cellulaire la plus élevée est enregistrée au niveau du Rhumel aval au mois de décembre ($1203,125 * 10^6$ cellule/ mm^3), alors que, la biomasse la plus faible ($390,625 * 10^6$ cellule/ mm^3) est enregistrée au mois de novembre en amont de oued Endja. Cette concentration algale, augmente de l'amont vers l'aval.

D'après ce résultat on peut dire que le Rhumel est caractérisé par une richesse du phytoplancton plus élevée que oued Endja.

III.3 Inventaire taxonomique des diatomées

Tableau 16 : Inventaire diatomique des eaux des stations d'étude (Rhumel et Endja)

Unités systématiques		Oued Rhumel		Oued Endja	
Famille	Genre et espèce	Amont	Aval	Amont	Aval
Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella meneghiniana</i>		+	+	
	<i>Stephanodiscus parvus</i>		+		+
	<i>Melosira varians</i>		+		
Cymbellaceae	<i>Cymbopleura laponica</i>	+			
	<i>Cymbella neocistula</i>		+		
	<i>Cymbella compacta</i>		+		
	<i>Cymbella sp</i>		+		
	<i>Cymbella excisa var</i>		+		
	<i>Cymbella timuda</i>		+		
	<i>Cymbella subtruncata</i>		+		
	<i>Encyonema neogracile</i>		+		
	<i>Encyonema caespitosum</i>	+	+		
	<i>Placoneis placentula</i>	+	+	+	+
	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>		+	+
<i>Ulnaria contracta</i>					+
Fragilariaceae	<i>Fagilaria capucina</i>		+	+	
	<i>Fagilaria capucina var</i>		+		
	<i>Fagilaria sp</i>				+
	<i>Pseudostaurosira brevistriata</i>		+	+	+
	<i>Punctastriata lancetulla</i>			+	
	<i>Fragilaria pinata</i>		+		
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema paravulum</i>	+	+	+	+
	<i>Gomphonema americobtusatum</i>	+		+	+
	<i>Gomphonema acuminatum</i>				+
	<i>Gomphonema micropus</i>		+	+	+
	<i>Gomphonema minutum</i>			+	
	<i>Gomphonema innocens</i>	+		+	
	<i>Gomphonema cymbelliclinum</i>		+	+	
	<i>Gomphonema sphaerophorum</i>	+	+	+	+
	<i>Gomphonema sp</i>	+		+	+
	<i>Gomphonema affine</i>		+	+	
	<i>Gomphonema laticollum</i>			+	
	<i>Gomphonema intricatum</i>		+		
	<i>Gomphonema herculeana</i>				+
Naviculaceae	<i>Navicula angusta</i>				+
	<i>Navicula catalanogermanica</i>			+	+
	<i>Navicula cari</i>			+	+
	<i>Navicula cryptotenella</i>	+	+	+	+
	<i>Navicula radiosa</i>	+	+	+	+

	<i>Navicula vandamii</i>		+		
	<i>Navicula antonii</i>		+	+	+
	<i>Navicula Capitatoradiata</i>		+		
	<i>Navicula germanii</i>		+	+	
	<i>Navicula notha</i>		+		
	<i>Navicula gregaria</i>	+	+		
	<i>Navicula lanceolata</i>		+	+	+
	<i>Navicula rostella</i>		+		
	<i>Navicula peregrine</i>		+	+	
	<i>Navicula tripunctata</i>		+	+	+
	<i>Navicula reichardtiana</i>		+		
	<i>Navicula sp</i>	+	+	+	+
	<i>Navicula recens</i>		+	+	+
	<i>Navicula rhynchocephala</i>			+	
	<i>Navicula trivialis</i>	+	+		
	<i>Navicula erifuga</i>	+		+	+
	<i>Navicula symmetrica</i>	+		+	+
	<i>Navicula detenta</i>	+			
	<i>Navicula cryptotenelloides</i>	+			
	<i>Navicula fossalis</i>	+		+	
	<i>Navicula viridula</i>			+	+
	<i>Navicula viridulacalcis</i>				+
	<i>Navicula weinzierlii</i>			+	
	<i>Placonies gastrum</i>		+	+	
	<i>Placonies pseudoanglica</i>	+	+		
	<i>Placonies placentula</i>	+			
	<i>Mayamaea atomus</i>	+			
	<i>Geissleria sp</i>	+			
	<i>Goyrosigma acuminatum</i>				+
Stauroneidaceae	<i>Craticula ambigua</i>	+			+
	<i>Craticula molestiformis</i>	+			
	<i>Fistulifera saprophila</i>		+	+	+
Cavinulaceae	<i>Cavinula sp</i>	+			+
	<i>Cavinula cocconeiformis</i>	+			+
Bacillariaceae	<i>Nitzschia tubicola</i>			+	
	<i>Nitzschia palea</i>	+	+	+	+
	<i>Nitzschia elegantula</i>	+		+	
	<i>Nitzschia heufleriana</i>			+	+
	<i>Nitzschia sociabilis</i>			+	
	<i>Nitzschia capitellata</i>	+	+	+	
	<i>Nitzschia dubia</i>			+	
	<i>Nitzschia frustulum</i>			+	+
	<i>Nitzschia hungarica</i>		+	+	
	<i>Nitzschia intermedia</i>	+		+	

	<i>Nitzschia pusilla</i>			+	+
	<i>Nitzschia recta</i>	+		+	
	<i>Nitzschia perminuta</i>		+		
	<i>Nitzschia sp</i>	+		+	+
	<i>Nitzschia inconspicua</i>				+
	<i>Nitzschia communis</i>				+
	<i>Nitzschia sociabilis</i>			+	
	<i>Nitzschia fonticola</i>	+	+		+
	<i>Nitzschia filiformis</i>				+
	<i>Nitzschia palea var</i>	+	+		+
	<i>Nitzschia desertorum</i>				+
	<i>Nitzschia radicularia</i>				+
	<i>Nitzschia Tryblionella</i>	+	+		
	<i>Tryblionella calida</i>	+	+	+	
	<i>Tryblionella constricta</i>	+		+	
	<i>Stenopterobia densestriata</i>			+	
	<i>Bacillariasp</i>		+		
Achnanthidiaceae	<i>Achnanthes sp</i>		+		+
	<i>Achnanthes Pseudohungrica</i>			+	
	<i>Achnanthes exigua</i>				+
	<i>Achantidium rivulare</i>	+			+
	<i>Psammothidium bioretii</i>	+		+	
	<i>Eucoconies flexella</i>				+
	<i>Kolbesia suchlandtii</i>		+	+	+
Cocconeidaceae	<i>Cocconeis placentula</i>		+		
Anomoeoneidaceae	<i>Adlafia</i>			+	
Surirellaceae	<i>Cymatopleura solea</i>		+		
	<i>Surirella ovalis</i>				+
	<i>Surirella brebissonii</i>			+	+
	<i>Stenopterobia delicatissima</i>	+			+
Catenulaceae	<i>Amphora sp</i>	+	+		
Euglenaceae	<i>Euglena sp</i>	+	+	+	
	<i>Phacus sp</i>		+	+	
Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria sp</i>	+			
Closteriaceae	<i>Closterum sp</i>		+		
Microcystaceae	<i>Gloeocapsa sp</i>		+	+	
Chlorellaceae	<i>Chlorella vulgaris</i>	+			
Pseudodanabaenaceae	<i>Spirulina subtilissima</i>		+		+
Chroococcaceae	<i>Chroococcus sp</i>	+			+
	<i>Chroococcus turgidus</i>	+			
Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas ovalis</i>		+		
Desmidiaceae	<i>Cosmarium vexatum</i>			+	
	<i>Staurastrum sp</i>			+	
Total	126	46	62	62	53

D’après les résultats présentés sur le tableau 16, sur l’ensemble des quatre stations étudiées nous avons enregistré 126 unités systématiques (genre et espèce) réparties en 23 familles.

❖ Oued el Rhumel

➤ Rhumel amont

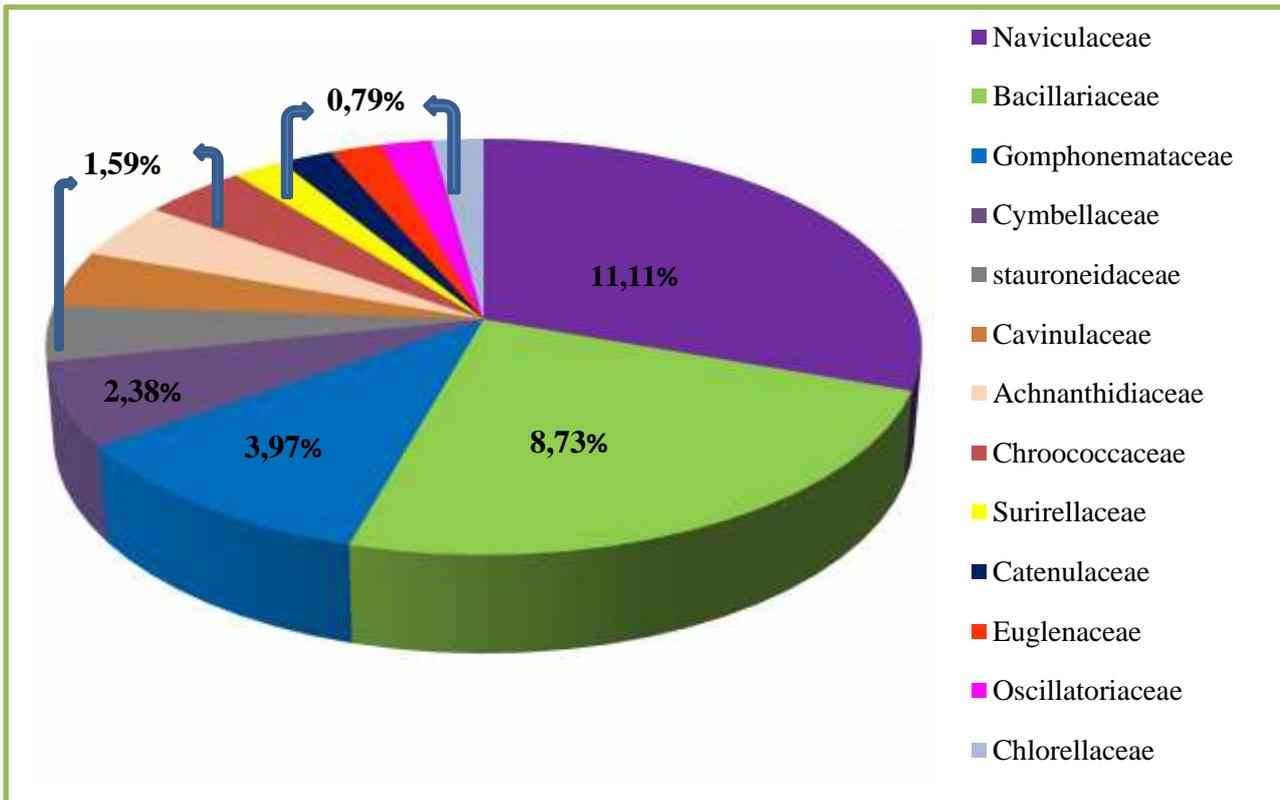


Figure 44 : Richesse diatomique de la station amont du Rhumel

Dans cette station, 13 familles ont été identifiées. La famille la plus dominante c’est celle des Naviculaceae avec un pourcentage de 11,11%, suivie par la famille des Bacillariaceae (8,73%), ensuite avec un pourcentage de 3,97%, vient les Gomphonemataceae et 2,38%, les Cymbellaceae, les autres familles prennent la dernière position avec le plus faible pourcentage qui varie entre (0,79-1,59%) pour chaque famille. Cette station est caractérisée par la présence des espèces indicatrices de pollution telle que :

Navicula gregaria, qui tolère également la matière organique et indique une pollution moyenne. Elle est en général un bon indicateur d’eutrophisation.

Mayamaea atomus affectionne aussi les milieux pollués et d’oxygénations (<50% de la saturation).

➤ Rhumel aval

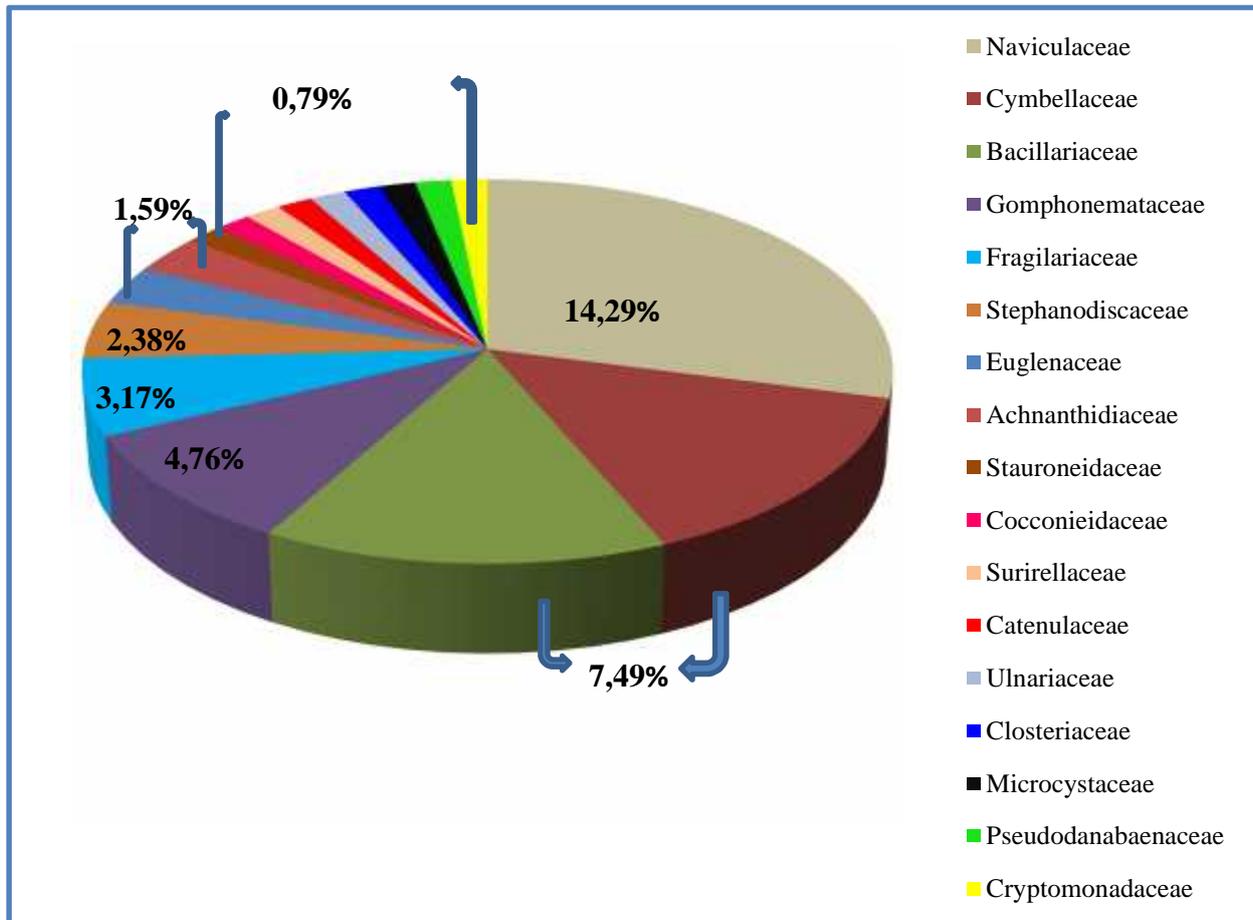


Figure 45 : Richesse diatomique de la station aval du Rhumel

C'est la station la plus riche, elle comporte, 17 familles. La famille la plus dominante est celle des Naviculaceae avec un pourcentage de 14,29%, ce lui de 7,14% est présenté par les Cymbillaceae et les Bacillariaceae ; suivie par 4,76% pour les Gomphonemataceae, 3,17% pour les Fragilariaceae et les Stephanodiscaceae avec 2,38%. Les autres familles, avec des pourcentages les plus faibles, qui varient entre 0,79 et 1,59%. Dans cette station il ya des espèces tolérantes à différents niveaux de pollution et plus fréquentes dans les eaux peu chargées en matières organiques et moyennement eutrophies telle que *Nitzschia fonticola*.

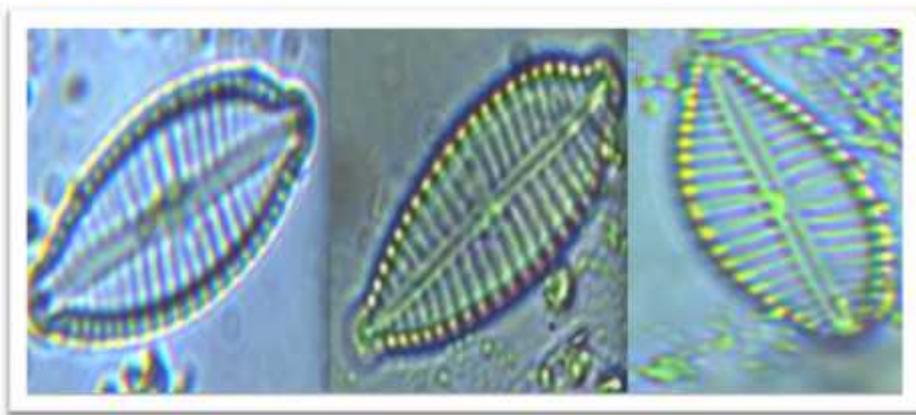


Figure 46: *Gomnophonema sp*



Figure 47: *Gomphonema affine*

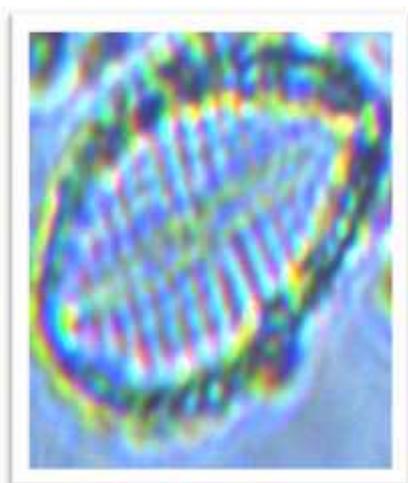


Figure 48 : *Gomphonema innocens*



Figure 49 : *Navicula Radios*



Figure 50 : *Navicula capitatoradiata*



Figure 51 : *Navicula gregaria*

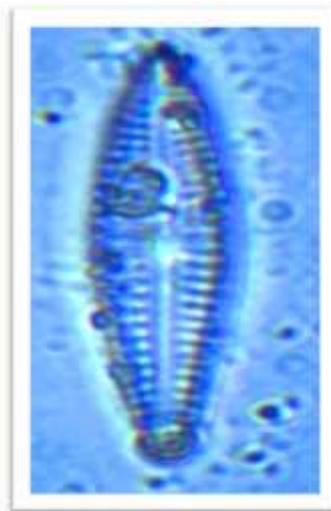


Figure 52 : *Navicula veneta*

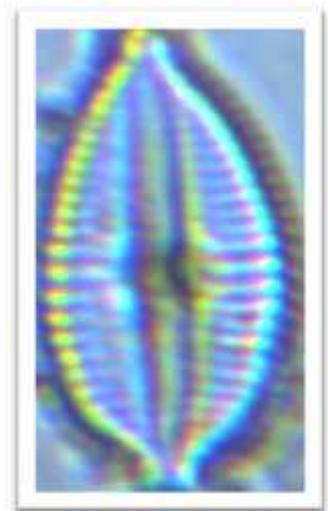


Figure 53 : *Placaonies placennntula*

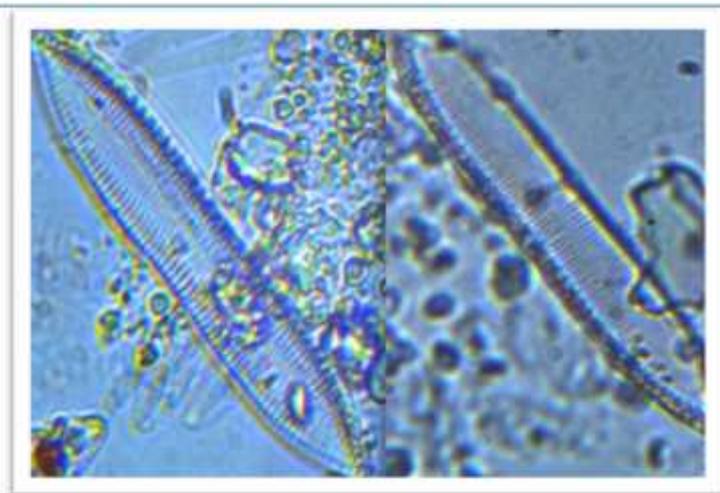


Figure 54 : *Tryblionella constricta*

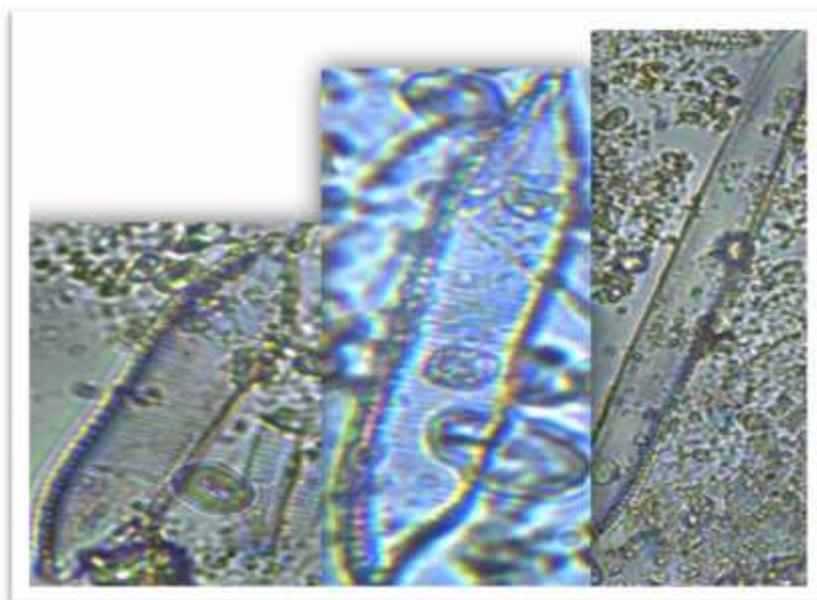


Figure 55 : *Tryblionella calida*

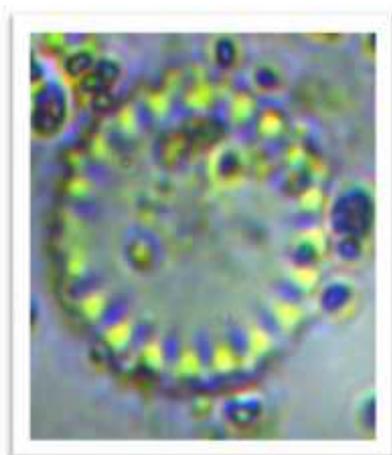


Figure 56 : *Cyclotella parvus*

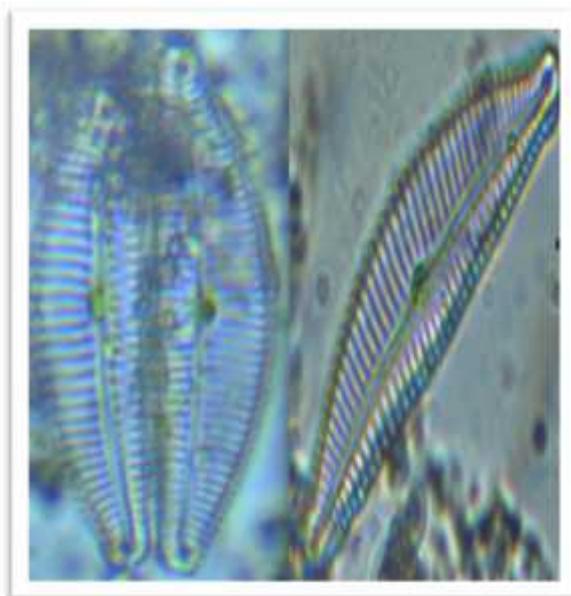


Figure 57 : *Cymbella cymbiformis*

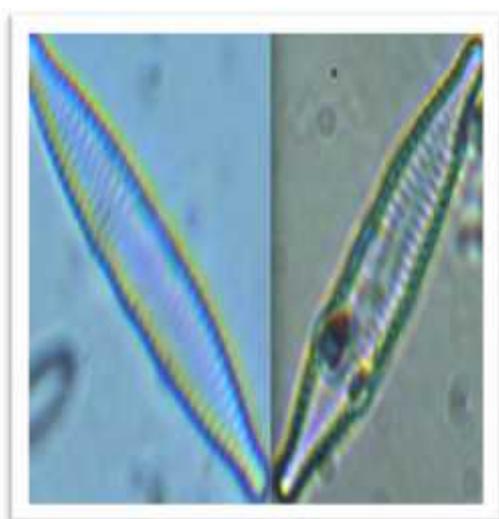


Figure 58 : *Ulnaria ulna*

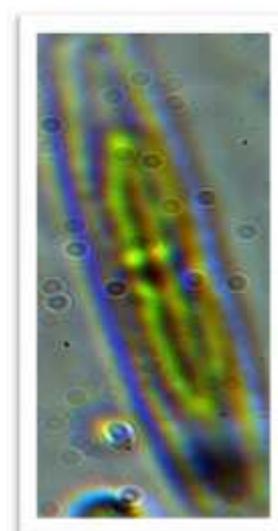


Figure 59 : *Pseudostaurosira
brevistriata*

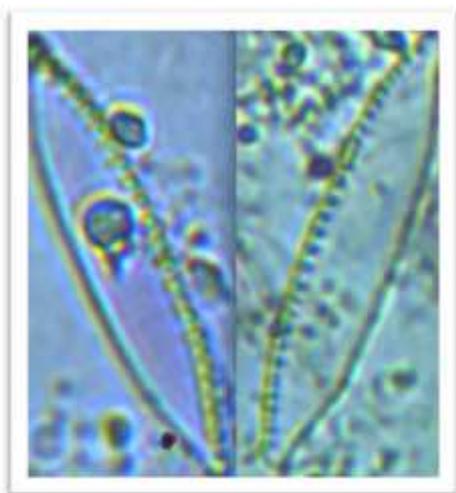


Figure 60 : *Nitzschia palea* var

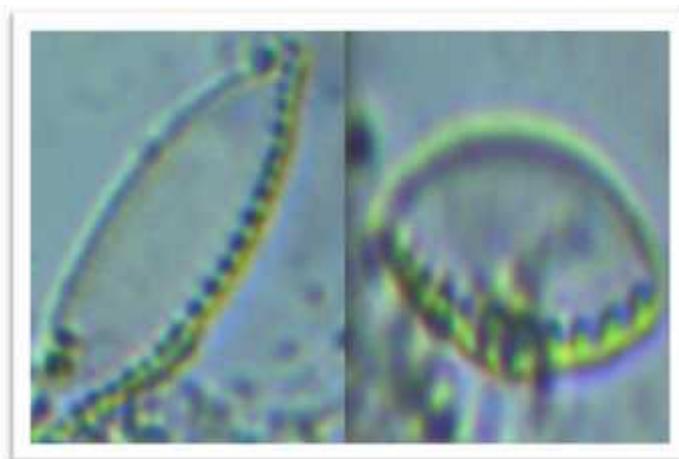


Figure 61 : *Nitzschia* sp

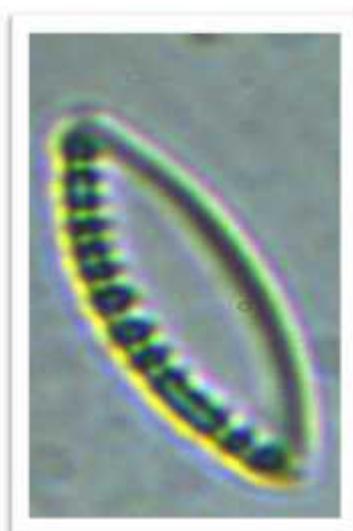


Figure 62 : *Nitzschia fontica*



Figure 63: *Nitzschia palea*

❖ Oued Endja

➤ Endja amont

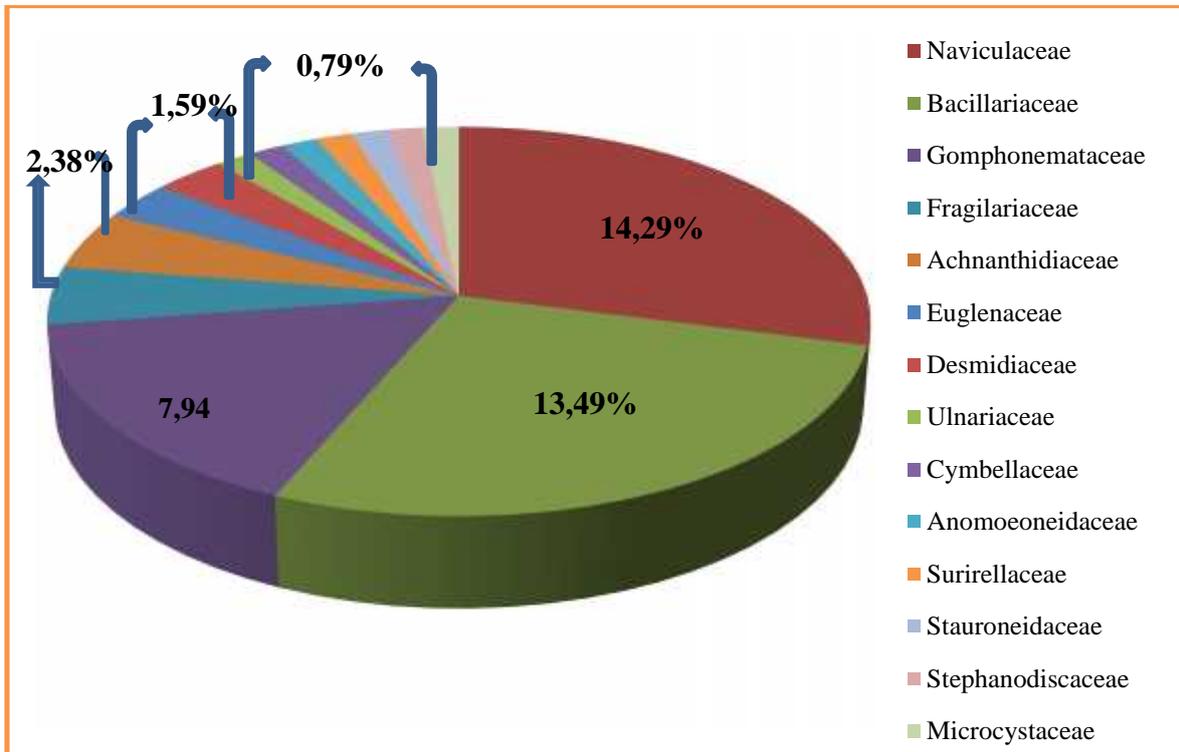


Figure 64 : Richesse diatomique de la station Endja amont

Pour la station amont, l'analyse diatomique, montre la présence de 14 familles au total, la famille la plus dominante est celle des Naviculaceae et les Bacillariaceae respectivement avec le pourcentage 14,29 et 13,49%, les Gomphonemataceae, avec 7,94%, Achnanthesiaceae et Fragilariaceae avec 2,38%, le pourcentage de 0,59% est présenté par les (Euglenaceae, Desmidiaceae), et en fin les Stephanodiscaceae, les Cymbellaceae, les Ulnariaceae, les Stauroneidaceae, les Anomoeoneidaceae et les Surirellaceae, sont classées au dernier rang avec un pourcentage de 0,79%. Elle est caractérisée aussi par la présence des espèces indicatrices telle que :

Pseudostaurosira brevistriata, qui tolère également un certain niveau de trophée.

Gomphonema minutum, indique que il ya moins de perturbations anthropiques majeures (Prygiel et Coste, 2000).

La présence de *Nitzschia frustilum*, caractéristique des affections d'oxygénation (<50% de la saturation).

➤ Endja aval

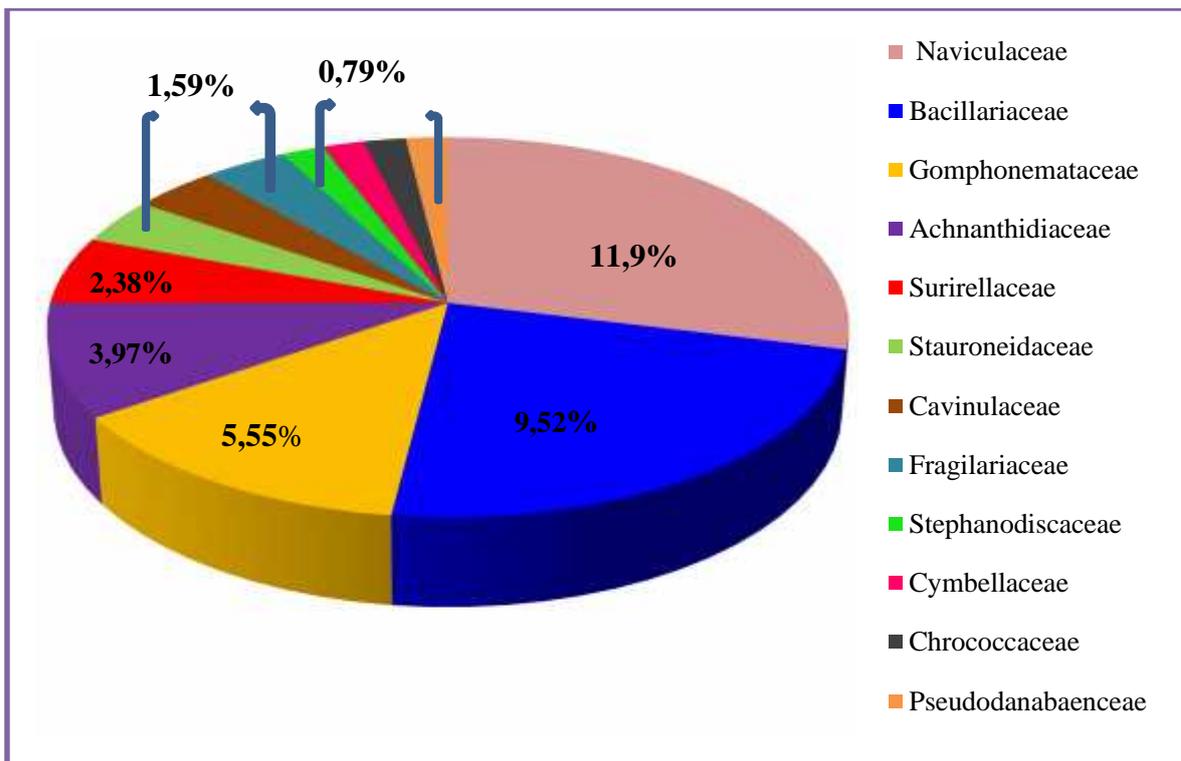


Figure 65 : Richesse diatomique de la station aval d'Oued Endja

Ces la station la moins riches, elle comporte, 12 familles, les Naviculaceae viennent en première position avec le plus grand pourcentage 11,9 %, le pourcentage 9,52% est donné par les Bacillariaceae, suivi par la famille de Gomphonemataceae (5,55%), ensuite 3,97% pour les Achnanthesiaceae, 2,38% pour les Surirellaceae, alors que les autre familles avec des pourcentages les plus bas, variant entre (0,79-1,59%).

La station est marquée par la présence de *Fistulifera Saprophila* indicatrices des milieux riches en matières organiques.

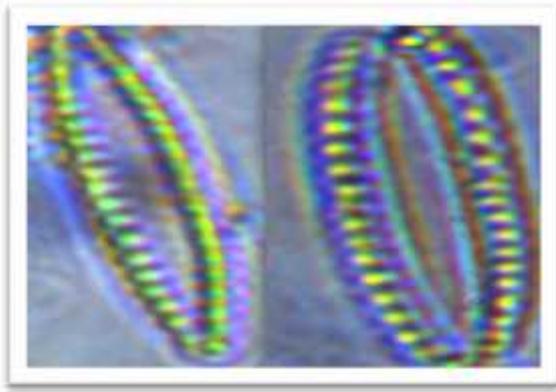


Figure 66 : *Pseudostaurosira brevistriata*

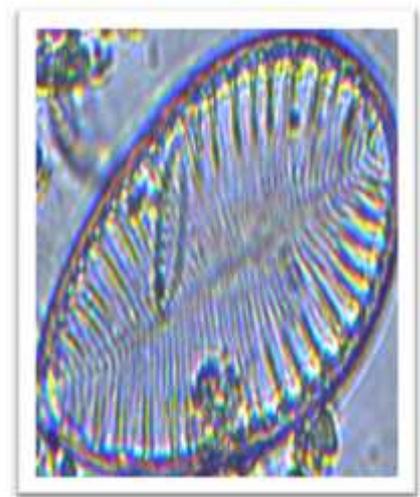


Figure 67 : *Surirella brebissonii* Figure 68 : *Cymatopleura elliptica*

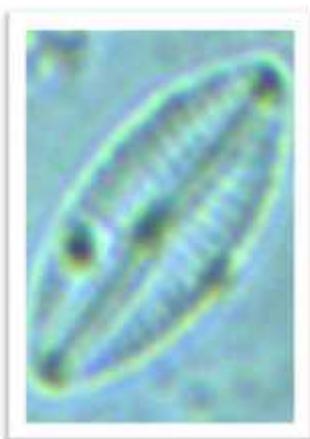


Figure 69 : *Achnanthes
pseudohungarica*

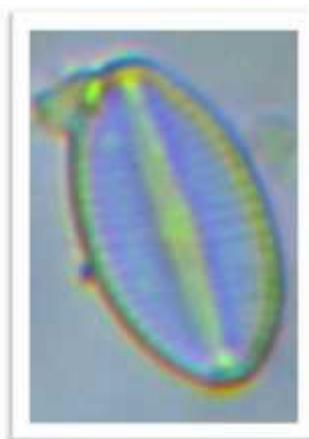


Figure 70 : *Cavinula
cocconeiformis*

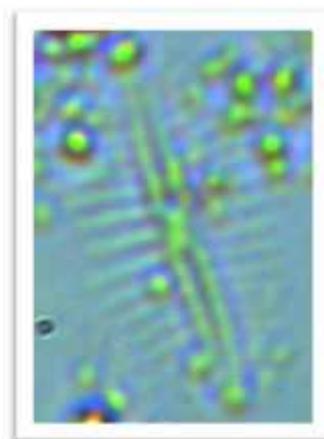


Figure 71 : *Kolbesia
suchlandtii*



Figure 72 : *Navicula radios*

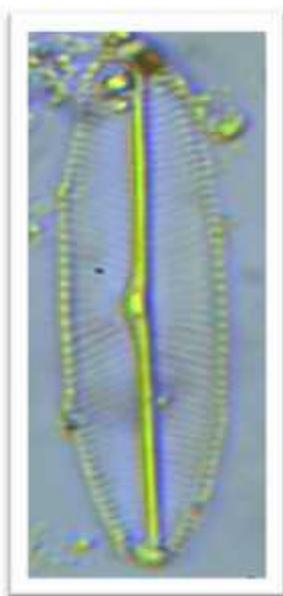


Figure 73 : *Navicula angusta*

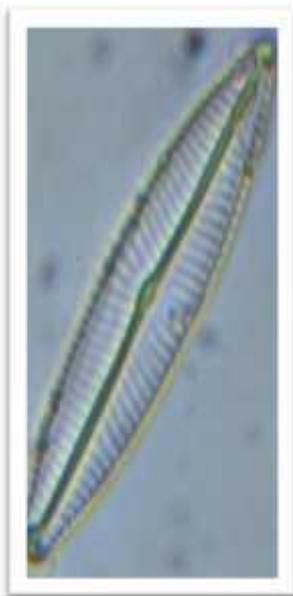


Figure 74 : *Navicula symmetrica*

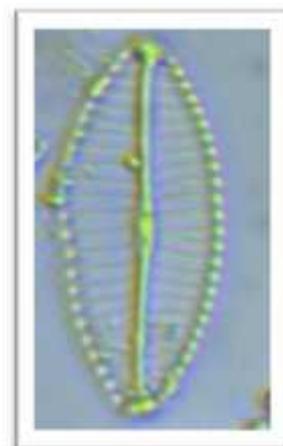


Figure 75 : *Navicula catalanogermanica*

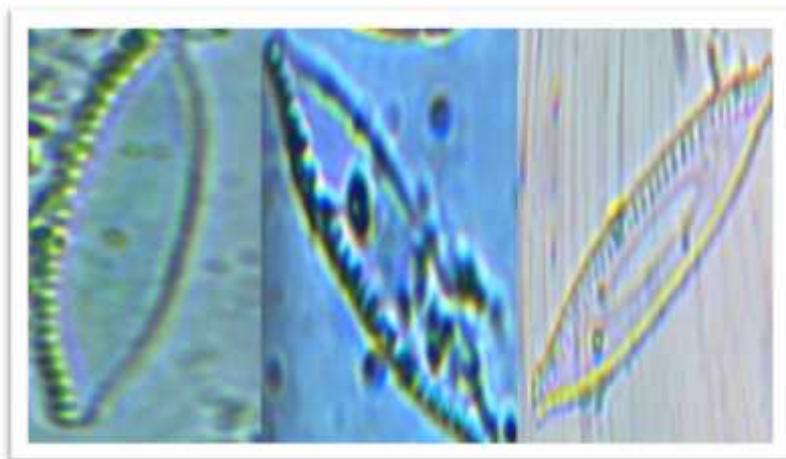


Figure 76: *Nitzschia palea*

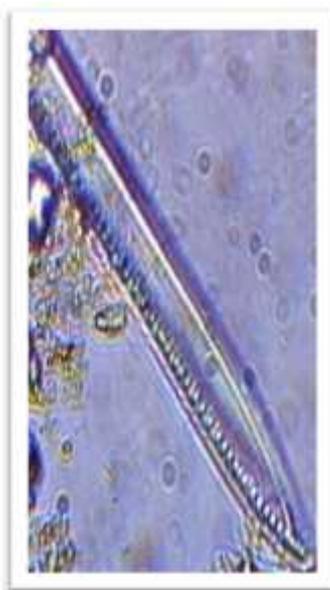


Figure 77: *Nitzschia heufleriana*

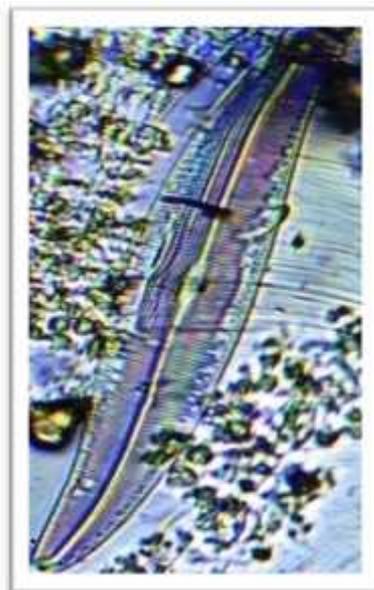


Figure 78: *Gyrosigma acuminatum*

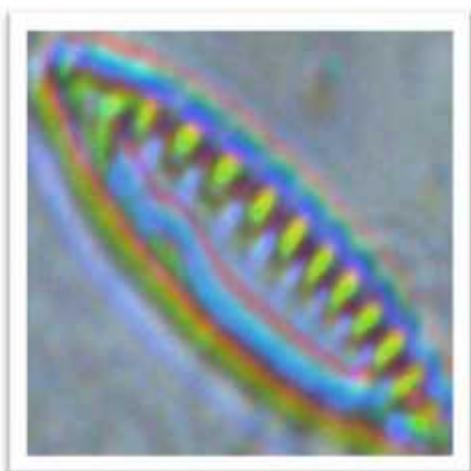


Figure 79: *Nitzschia frustulum*



Figure 80: *Nitzschia capitellata*



Figure 81: *Nitzschia recta*

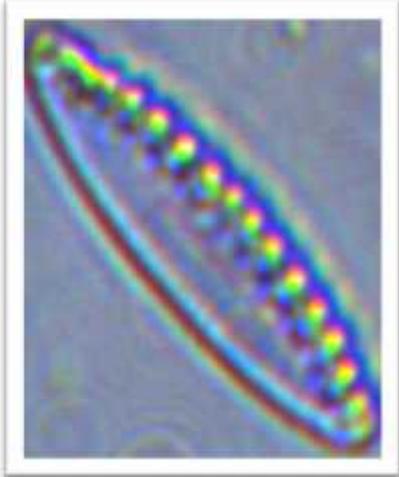


Figure 82: *Nitzschia pusilla*

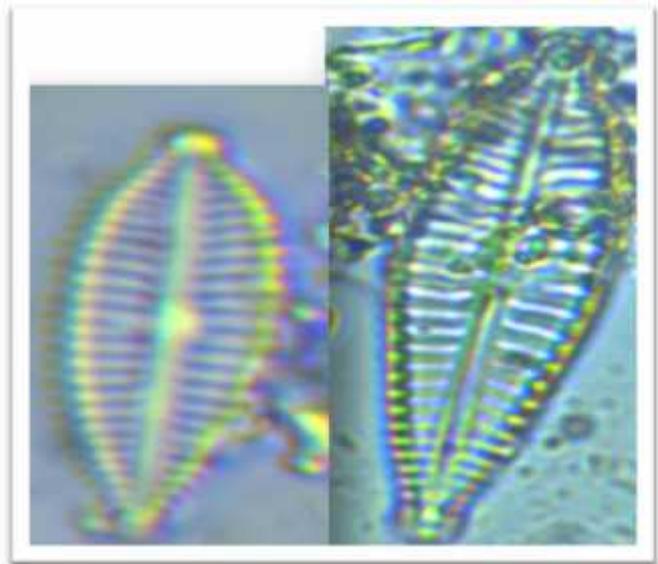


Figure 83: *Gomphonema sphaerophorum*

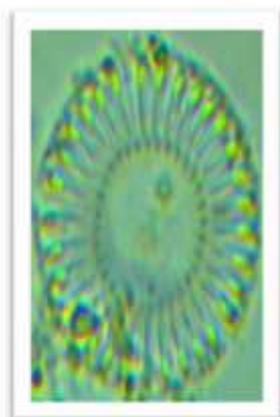


Figure 84: *Cyclotella meneghiniana*



Figure 85: *Stephanodiscus parvus*

Nous pouvons conclure que, les deux oueds (Rhumel et Endja) sont caractérisées par une diversité phytoplanktonique importante. Cette diversité est en relation avec les conditions favorables à leur développement.

Les stations sont caractérisées par une forte présence de:

- ✚ Navicula, indicatrice des milieux très sévèrement contaminé par la matière organique ; exemple : *Navicula cryptotenella cosmopolite*, sensible aux charges organiques ;
- ✚ Gomphonema, reflète aussi un certain niveau de pollution organique de l'eau ;
- ✚ Nitzschia, préfère des eaux très fortement minéralisées montrant du signe dystrophique, très tolérant à la pollution organique et préfère des niveaux de pollution intermédiaire à élevés. *Nitzschia palea* est considérée comme l'une des meilleurs indicateurs de pollution (**Fekhaoui M et al, 1988**) ;
- ✚ *Gomphonema parvulum* et *Nitzschia palea*, montrent une qualité passable à bonne.
- ✚ *Cymbella* tolérante à la pollution organique ;
- ✚ *Fragilaria*, sont souvent des synonymes de bonne qualité d'eau.

Les genres les plus rares sont :

- ✚ *Achananthes* et cocconies, caractérisent des cours d'eau peu perturbés, supportant une forte eutrophisation (**SIAB, 2009**) ;
- ✚ *Oscillatoria* sont bien connus par leur prolifération potentiellement toxique en eau douce (**Huynh et Serdia, 2011**).

D'après le résultat obtenus, les deux Oueds reforment, les mêmes espèces dominantes indicatrices de la pollution, soit par la matière organique soit minérale causée par les rejets industriels, domestiques ainsi qu'aux activités agricoles. En fin ce résultat d'analyse biologique se concorde bien avec celui de l'analyse physique.



Conclusion

Conclusion

Ce travail s'inscrit dans le domaine de la protection de l'environnement, en particulier la protection des ressources hydriques en termes de qualité.

Nous sommes intéressés à un type des eaux de surface continentale, les cours d'eau (oued Rhumel et Endja), ces cours d'eau sont les plus importantes ressources en eau et sont soumis à des pressions démographiques, agricoles et industrielles très importantes. Dans le Constantinois, Oued el Rhumel, constitue un grand réceptacle de tout type de rejets de diverses natures.

Il existe différentes méthodes biologiques qui permettent l'appréciation de la qualité de l'eau, grâce aux bio-indicateurs des milieux aquatiques, telle que les diatomées, de par leur sensibilité aux nutriments (surtout le phosphore et l'azote) et à la matière organique.

La dominance des diatomées est liée aux bonnes conditions qui sont des paramètres physico-chimiques (lumière, sels minéraux, pH, salinité, température, teneurs en oxygène et en matière organique).

Dans ce contexte, 4 paramètres physiques ont été mesurés et 126 taxons d'algues et de diatomées ont été identifiés.

Les mesures physiques ont montré, des eaux faiblement alcalines, se réchauffent de l'amont en aval, bien oxygénées avec une minéralisation excessive.

L'observation microscopique des différents échantillons prélevés des algues à permis la détermination d'un ensemble d'espèces d'algues, 31 espèces appartenant à 22 familles. D'après ces résultats, Oued Rhumel présente une richesse pytoplanctonique plus élevée que celle de l'Oued Endja.

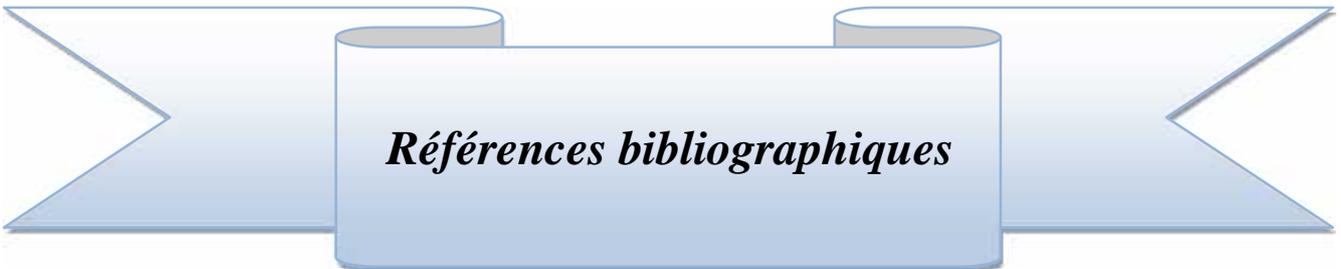
L'analyse des diatomées montre, une richesse floristique importante sur l'ensemble des stations étudiées. Au total, 126 unités systématiques, réparties en 23 familles. Les taxons, les plus abondants sont : *Navicula*, *Nitzschia* et *Gomphonema*.

Au niveau du Rhumel, la présence de *Gomphonema parvulum* et *Nitzschia palea* indique une qualité passable à bonne. Alors que *Navicula gregaria* explique une forte concentration en matière organique favorisant le phénomène d'eutrophisation et *Mayamaea atomus* tolérante les milieux pollués.

Oued Endja, est marqué par la présence de *Pseudostaurosira brevistriata* qui tolère un certain niveau de trophée, et de *Fistulifera saprophila* indicatrice des milieux riches en matière organique.

Conclusion

Ces résultats montrant une concordance entre ceux de l'analyse physique et ceux de l'analyse biotique. Les eaux sont riches en éléments nutritifs et risquent d'être une source de pollution pour le barrage de Béni Haroun. Pour confronter ce problème on peut envisager des stations d'épuration plus adaptées.



Références bibliographiques

Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN). 4p.

Agence du Bassin Hydrographique (ABH), (2004). Les Cahiers de l'Agence N° 8. Le Bassin du Kébir-Rhumel. Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue, Ministère des Ressources en Eau, 44p.

Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybouse- Mellegue ., (1999). Cahiers del'A.B.H.- C.S.M. n°02.

Al kandari M., Al yamani F., Alrifai., K., (2009). Marine Phytoplankton Atlas of Kuwait's Waters. Kuwait Institute for Scientific Research. Lucky Printing Press, Kuwait. Kuwait.

Alzeiu G., (1989). Documentation pour l'étude et l'évaluation des effets de la pollution sur l'environnement, catalogue des normes antipollution. 5ème édition. Paris.

Aminot A., et al., (2001). L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Rapport IFREMER, Ed. Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral. 64p.

Anonyme ., (2013). www.personneltoday.com.

Arrignon J., (1989) in Frank., 2002 . arrignon J. Amenagement piscicole des eaux douces. Edition Tec et DOC. Analyse des eaux. 56 p.

Atallah A., (2014). Procède de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée par la station de dessalement de l'eau de mère de Honaine . Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Biologie. Université Abou Bekr Belkaid Telemcen.8p.

Atrouz F., Lefilef A., (2014). Evaluation de la qualité des eaux de l'oued Rhumel (paramètres physico-chimiques et biologiques).Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master. Centre Universitaire de Mila. Institut des Sciences et de la Technologie. Département de Science de la Nature et de la Vie. 30,33 P.

Barbour ., Gerritsen B.D., Snyder., Stribling J.B ., (1999). Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish, 2eédition, Washington, D.C., U.S. Environmental Protection Agency,Office of Water,EPA841-B-99-002,11 chapitres,4annexes.

Belhaj A., (2001). Les épidémies d'origine hydrique dans le monde. Synthèse Technique. ENGRET centre de Montpellier et OIE de Limoges. France.196 p.

Belghiti M.L ., Chahloui A., Bengoumid., (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknés (Maroc). Equipe Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles. Laboratoire de Environnement et Santé. Département de Biologie, Faculté des Sciences. Université Moulay Ismail, BP 11201 Zitoune, Meknès, Maroc. 36 p.

Belkarfa S., (2015). Evaluation du risque de prolifération des algues dans l'Oued Endja. Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master. Centre Universitaire de Mila. Institut des Sciences et de la Technologie. Département de Science de la Nature et de la Vie.36 p.

Ben moussa A.,Chahlaoui A., Rour E., Chahboune M., 2013 . Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc Université Moulay, Maroc.184 p.

Benoit-chabot Véronique., (2014).Les facteurs de sélection des Bio-indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques : élaboration d'un outil d'aide à la décision. Essai présenté en vue de l'obtention du grade de maitre en environnement. Université de Sherbrooke. 24p

Boeglin JC., (2001). L'eau et l'industrie. Technique de l'ingénieur, traité environnement. Article G1100, 4p.

Bonnard R., Lafont M., Pimpec P., (2003). Notion d'hydro-écologie et de qualité biologique des eaux courants. Ingenierie n°33.13p.

Boissonneault Y., (2006). Le suivi d'écologique des rivières au Québec : comparaison des bio-indicateurs basés sur les invertébrés et les diatomées. Mémoire de maitrise. Université de Trois Rivières Québec. 37p

Bouchez A., Dorigo U., Rimet F ., (2010) .Surveillance des impacts environnementaux d'effluents aqueux de sites industriels par les diatomées dulçaquicoles. Rapport finale. 23p

Boukezzoula M., (2014). Contribution à l'étude de l'impact des paramètres physicochimiques sur la biomasse algale dans les deux Oueds qui alimentent le barrage Beni Haroun. Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master. Centre

Universitaire de Mila. Institut des Sciences et de la Technologie. Département de Science de la Nature et de la Vie. 4, 38,39p.

Bourdin L., (2004). Polluants et Pollution. Caractérisation et suivi de l'eutrophisation des lacs des cours d'eau lenticques en France, une ouverture européenne. Les synthèses techniques de L'Office International de l'Eau.14p.

Bourelly P., (1985). Les algues bleues ou Cyanophycées, 5ème partie. Edition Boubée Paris.297, 303p.

Bousseboua H., 2005 . Elément de microbiologie, 2ème Edition. 18-279 p.

Boutin C., Héduit A., Michel Helmer J., (2009). Technologie d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées. Office national de l'eau et des milieux aquatiques .16p.

Boutin M., (2012). Structure des assemblages de diatomées benthiques en rivière : l'environnement explique-t-il tout ? (Processus écologiques et développement méthodologiques). Thèse de doctorat pour obtenir le grade de docteur en Écologie évolutive, fonctionnelle et des communautés. Université Bordeaux I France. 4p.

Bremond R., Vuichard R., (1973).Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris.

Brouillette D., Ouellet M., 2003 . Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Ministère du Développement durable. De l'Environnement. De la Faune et des Parcs Canada, Québec Montréal. 8-22 p.

Bouziani M., (2000). «L'eau de la pénurie aux maladies» .Ed Ibn-Khaldoun .Alger.

Brunet J.F., Coste B., (2000).Bibliographie préliminaire à la gestion de drainage minier acide de Rosia Poieni (Roumanie). Rapport BRGM/50626 – FR. 116p.

Campeau S., et al ., (2009). Le suivi de la qualité de l'eau des rivières à l'aide de l'indice IDEC. Guide d'utilisation de l'indice Diatomées de l'est du Canada (IDEC). Université du Québec.18p.

Canter-Lund H., Lund J.W.G., (1995). Freshwater Algale: Their microscopic world explored. Biopres Limited, Bristol.

Cantin I., (2010). La production de biodiesel à partir des microalgues ayant un métabolisme hétérotrophe. Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env).Université de Sherbrooke, Québec, Canada. 15-25 P.

Chamley H., Deconinck J f., (2011). Bases de sédimentologie. 3eme édition. Environnements fluviatiles modernes. 163 p.

Chauvin Ch ., Peltre Marie Ch ., Haury J., (2008). La bio-indication et les indices macrophytiques, outils d'évaluation et de diagnostic de la qualité des cours d'eau, ingénieries n° spécial, Cemagref, UR Réseaux, épuration et qualité des eaux, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex.

Collon P., (2003). Evolution de la qualité de l'eau dans les mines abandonnées du bassin ferrifère lorrain. De l'expérimentation en laboratoire à la modélisation *in situ*. Thèse de Doctorat, Institut Polytechnique de Lorraine. 247p.

Coulibaly K., (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat, Université de Bamako. 69p.

Court C., et al., (2001). Expertise et cartographie des drains principaux des deux sites nature 200 «cours d'eau (Moder et Sauer)» du par naturel régional du Nord. La bora taire de phytoécologie. Université de Metz upres E.B.S.E.

Coute A ., et Chauveau O., (1994). Algae. Encyclopedia Biospeologica. I éd. Société de

Csuros M ., (1994). Environmental sampling and analysis for technicians. Ed. Techniques et documentations. Paris, 220 p. Biopédologic. ISSN 0398 7973. 3ème trimestre. 371-380p.

Daouda M., (2010). Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du Lac Nokoue (Bénin). Thèse de Doctorat de l'université Limoges .177p.

Dauta A., Feuillade J., (1995). Croissance et dynamique des populations algales. *In* : Limnologie générale. Pourriot R. et Mcybook M., Paris. *Masson .Coll . Ecol. 25.* 328 - 350p.

Debieche T., (2002). Evaluation de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle .Thèse de doctorat. Université de Constantine.42 P

Des Abbayes H., et al ., 2005 .Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface .institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

Devidal S., (2007). Solutions curatives pour la restauration de lacs eutrophes présentant des signes d'eutrophisation. Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master environnement, l'université de Rouen (France).7p.

Devillers J., et al., 2005 . Les paramètres physicochimiques Paris.1-2P.

Djilani C., (2006). Analyse et traitement des eaux de rejets de l'unité VCM du complexe pétrochimique de Skikda, Mémoire de Magister. Université de Skikda.20 p.

Direction générale des services agroenvironnementaux Canada., (2011). Identification des Algues (Guide de laboratoire). Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Drira Z., (2009).Contribution à la compréhension du fonctionnement du golfe de Gabés : Etude des caractéristiques dynamiques et structurales des communautés phytozooplanctoniques en relation avec la variabilité environnementale et les caractéristiques hydrographiques des zones côtières et océaniques. Thèse présentée à la faculté des sciences de Sfax pour obtenir le grade de Docteur de l'université de Sfax. Docteur de l'université de France comite. 14,15 p.

El khlifi M., Hachemaoui B., (2008). Etude de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de consommation de Ain Yousef provenant du barrage de sekkak. 32-36p.

Emilian K., (2004). Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. DUNOD. PARIS.

Emilian K., (2009). Traitement des pollutions industrielles: Eau, Air, Déchets, Sols, Boues, 2ème édition, DUNOD, PARIS.

Feullet C., Dubois A., Lacouture L., (2014). La qualité des eaux en France: progrès et préoccupations. Magazine N°698 – Les eaux continentales.

Fekhaoui M., Hamada S., Dakki M., (1989). Fonctionnement de l'oued Sebou à l'aval de la ville de Fés : étude du peuplement d'algues benthique. Bull. Université de Rabat. 59,68p.

Foussard., Etcheber., (2011 . Proposition d'une stratégie des surveillances des paramètres physico-chimique pour les entières de la saine, se la Loire et de la gironde Université. Bordeaux. France. 5 p.

Gaamoune S., (2010). le role des biofilm d'algues dans les traitements biologique des. Diplôme de Magister. Université FARHAT ABBAS Sétif. 27p

Gailhard I., (2003). Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le « Réseau de surveillance du Phytoplancton et des phycotoxines » (REPHY). Thèse de Doctorat. Université de la Méditerranée (Aix–Marseille II). 1,14p.

Gelbert A., (2005). Caractérisation physico-chimique des interactions métaux-diatomées, Thèse de Doctorat. L'Université Paul-Sabatier de Toulouse III. 6- 8p

Galvez R ., Sylvaine I ., Arsenault S., (2002). Dossier La détérioration des plans d'eau. Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation.20p.

Gaujous D., (1995). La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris. 220p.

Gajous D., (1995). Pollution des milieux aquatiques (aide mémoire) 2éme édition, p46.

Gaujout D., (1995). Pollution des milieux aquatiques, aide- mémoire.2émeédition TEC et DOC. Paris .520p.

Ginin B., Chauvin., C et Ménard F., (2003).Cours d'eau et Indices biologiques.Pollution– Méthodes IBGN.2émé Ed. Educargri.Dijon.221p.

Groga N., (2012). Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat. Université de Toulouse .35-43p.

Hade A., (2002). Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, 360 p.

Haslay C., Leclerc H., (1993). Microbiologie des eaux d'alimentation .technique et documentation –Lavoisier édition, Paris.

H E S S O., (2009). Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale Genève.

HCEFLCD., (2006). Haut Commissaire aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE. Province de Settat. 201p.

Hébert S., Légaré S., (2000). Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq no ENV-2001-0141, rapport n° QE-123. 9, 24p.

Hoek C.V.D., Mann D.G. , Jahns H.M (eds), (1995). Algale. An Introduction to phyecology. Cambridge University Press. Cambridge. 623p.

Holmes N., Whitton B., (1977). Macrophytic vegetation of the River Swale, Yorkshire. Freshw. biol., 7 . 545-558 p.

Huynh M L., Serdiak N., (2011). Identification des algues. Guide de laboratoire. Agriculture et Agroalimentaire Canada.48p.

Huynh M., Serediak N., (2006). Identification des algues .Guide de terrain. Agriculture et Agroalimentaire. Canada.40p.

IFEN., (2006). Institut français de l'environnement . L'environnement en France.

IFNE., (2007). Les pesticides des eaux. 112p.

ISECA., (2014). L'eutrophisation des eaux côtières des 2 mers (Belgique, Angleterre, France et Pays-Bas). Un projet interdisciplinaire et transfrontalier sur l'eutrophisation des eaux côtières offrant des informations, des ressources scientifiques et éducatives aux parties prenantes et au grand public dans la zone Interreg des 2 mers (Belgique, Angleterre, France et Pays-Bas).

Kankou M., (2004). Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie—étude en laboratoire du comportement de deux pesticides .Thèse de doctorat en Chimie et Microbiologie de l'Eau. Université de Limoges.24p.

Karlson B ., Cusack C., Bresnan E., (2010). Microscopic and Molecular Methods for quantitative phytoplankton analysis. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization 7, Place de Fontenoy, 75352, Paris 07 SP. UNISCO.

Kent., (2006). Un cadre pancanadien pour la surveillance de la qualité de l'eau. Environnement Canada.27p.

Khellou Meïada., (2012). Flux e l'azote et du phosphore minéraux à l'embouchure d'Oued Seybouse. Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister. Université Badji Mokhtar. Annaba. Faculté des sciences. Département : Biologie. 31p.

Kozlowsky- Suzuki B., et al ., (2006). Food selectivity and grazing impact on toxic Dinophysis spp. By copepods feeding on natural plankton assemblages. Harmful Algae 5 :57,68 p.

Lacaze J.C., (1996). L'eutrophisation des eaux marines et continentales. Edition Ellipse, Paris. 191, 192p.

Laurentides C.R.E., (2009). L'eutrophisation, 4p.

Lavoie I., et al ., (2008). Guide d'identification des Diatomées des rivières de l'est du Canada. Presses à l'université du Québec.

Lechevalier A., (1977). Volume II Fungi, Algae, Protozoa, and Viruses. 2ème Ed, Floride, Laskin, Allen I., 874p.

Leitao M ., Couté A ., (2005). Guide pratique des Cyanobactéries planctonique du grand ouest de la France. DEPEE-DLM 21 rue de l'Hamme.

Madoui F ., Sahraoui M ., (2011). Etude de l'impact des caractères physico-chimiques sur la communauté algale des cours d'eau de la région d'oued Athmania. Mémoire d'ingénieur en Ecologie et Environnement. Université Mentouri- Constantine. 11,93p.

Masson J. P., (1988). Suivi de la qualité des eaux superficielles : l'expérience française. In : la qualità delle acque superficiali, criteria per una metodologia omogenea di valutazione, atti del convegno interazione. Palazzo dei Congressi. 99-100 p.

Mazzuoli L., (2012). La Gestion durable de l'eau. Ressources. Qualité. Organisation. DUNOD, Paris. 249p.

Mébarki A., (1982). Le bassin du Kébir-Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau. Thèse de doctorat 3ème cycle. Nancy II. 304p.

Mébarki A., (1984). Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin du Kébir-Rhumel. O.P.U. Alger. 302p.

Mébarki A., (2000). Etiages, rejets et protection des ressources en eau des bassins méditerranéens de l'Algérie orientale. Géocarrefour, 75, 4. L'interface nature-sociétés dans les hydrosystèmes fluviaux. 399p.

Mébarki A., (2005). Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse d'état. Université Mentouri-Constantine, 306p

Melanson M., (2006). Analyse d'un système de traitement passif pour le site de la mine

Eustis; centre universitaire de formation en environnement, université de Sherbrooke, Québec, Canada, 69p.

Melghit M., (2009). Qualité physico-chimique, pollution organique et Métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Béni Haroun. Magistère en Ecologie. Université Mentouri– Constantine. 16, 17,19, 20p.

Merabet S., (2010). Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun. Diplôme de Magister chimie analytique. Université mentouri de Constantine. Université Mentouri Constantine. 4, 5,9 ,89p.

Millet B., (1989). Fonctionnement hydrodynamique du bassin de Thau. Validation.

Mizi A., (2006). Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba. 27p

Mohamed ben ali R., (2015). Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda. Mémoire de Magister. Université Constantine 1. 20 p

Mollo P et Noury A., (2013). Le Manuel du Plancton. Éd Charles Léopold Mayer. Paris. 101p.

Moisan J., Relletier L., (2008). Guide de surveillance biologique basse sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. P4.8.10.12 p.

Moisan J., Pelletier L., (2013). Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat grossier, 2008. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN: 978-2-550-53590-4 (version PDF). 86p.

Morin S., (2006). Bioindication des effets des pollutions métalliques sur les communautés de diatomées benthiques. Thèse de docteur en Ecotoxicologie. Université Bordeaux 1. 27,28 p.

Nalco., (1983). Manuel de l'eau, TEC- DOC – Lavoisier, Paris.

NF T90-395., (2003). Qualité de l'eau – Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivières (IBMR).

Normand-Marleau M., (2007). Application de la spectrophotométrie ultraviolette à la caractérisation d'eaux naturelles du Québec. Mémoire présenté à la Faculté des sciences en vue de l'obtention du grade de maître en environnement. Université de Sherbrooke, Québec, Canada.3p.

Nsikak Benson., (2008). Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S. Philander. Vol 3. Thousand Oaks. CA: Sage Publications Inc .813.

Office National de la Météologie (ONM)., (2013).

OMS., (1989). Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. 3ème rapport du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, rapport technique n°776 de l'OMS. Genève (Suisse). 156p.

OMS., (1994). Protection et amélioration de la qualité de l'eau.2eme édition. Volume 1.Genève:18 p.

Ozenda P., (2000). Les végétaux : Organisation et diversité biologique. 2ème Dunod éd.
P: 9.

Panorama., (2008). La pollution de l'eau d'origine industrielle.

Pesson., (1980). La pollution des eaux continentales «Indice sur les biocénoses aquatiques».Gauthier .Villars.345p.

Robert P., (2003). A Guide to the Marine plankton of southern California. 3rd Edition. UCLA OceanGLOBE ., Malibu High School.

Prescott L.M., Harley J.P., Klein D.A., (1995). Microbiologie. 1er édit. Bruxelles. 536p.

Prévot A.R., (1978). Précis de botanique : 1 végétaux inférieurs. 2ème édit. Masson, Paris. 302,303p.

Prygiel J., Coste M., (1998). Mise au point de l'indice Biologique Diatomée, un indice diatomique pratique applicable au réseau hydrographique français. L'Eau l'Industrie, les Nuisances 211 : 40-45 p.

Prygiel J., Coste M., (2000). Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Pyrénées Orientales & Aude. Montpellier (etienne.ponton@asconit.com).

Rabia Y., Djamaa Y., (2014). Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du barrage

Beni Haroun dans la région de Mila. Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master. Centre Universitaire de Mila. Institut des Sciences et de la Technologie. Département de Science de la Nature et de la Vie.5p.

Ramade F., (1981) Eléments d'écologie : écologie appliquée. 4ème édition, Paris, Ed. Mc Graw Hill. 578p.

Ramade, F., (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau : biochimie et Écologie des eaux continentales et littorales. Edi science International, Paris, 786 p.

Ramade F., (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ediscience international, Paris, 689p.

Ramade F., (2002). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2ème Ed. DUNOD. Paris. 1075 p.

Ramade F., (2005). Élément d'écologie Belgique. 293p.

RNDE., (2000). Les Diatomées. La qualité biologique des cours d'eau en France .6, 9 P.

Rodier J., (2005). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.

8eme édition: Dunod, Paris.

Rodier J., (2009). Analyse de l'eau ; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. Dunod Paris, pour la 9re édition .1526p.

Saez, A.G., Zaldivar-Riveron, A., Medlin L.K., (2008). Molecular systematics of the Pleurochrysidaceae, a family of coastal coccolithophores (Haptophyta). Journal of Plankton Research. 30 : 559-566p.

Sahli L., (2012). Etude du comportement de quelques espèces floristiques et faunistiques des écosystèmes aquatiques vis-à-vis des éléments traces métalliques par des bioessais. Thèse de doctorat. Université Mentouri de Constantine. pp30-36.

SEQ-Eau., (1999). Les outils d'évaluation de la qualité des cours d'eau. Les études des Agences de l'Eau n°72.

Soryris D., Valette J., Vitrolles J., (2005). L'eutrophisation des étangs et des lacs. Une étude précise : la région de Montpellier (France).8p .

Stickney H.L., Hood R.R. et Stoecker D.K., (2000). The impact of mixotrophy on planktonic marine ecosystems. Ecol. Model. **125** (2-3): 203p.

Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Bassin de l'Arc ., (2009).étude du peuplement diatomique de l'ARC et de jouine .

Vivier P., Manguin E., (1943). Les algues d'eau douce et leur intérêt en pisciculture. Journal d'Agriculture pratique. 137-154.19p.

Valiron F., Tabuchi JP., (1992). Maîtrise de la pollution urbaine par temps de pluie, Lavoisier- Technique et documentation, édition Paris.

Zeitzschel B., (1978). Phytoplankton manual: Monographs on oceanographic methodology-Unesco: 1- 6 P.

Résumé

L'objectif de notre travail, consiste à une évaluation biotique des eaux de deux oueds (Rhumel et Endja) qui alimentent le Barrage de Beni Haroun. Ce présent travail est basé d'une part sur l'étude du milieu biotique à travers une identification algale, colonisant ces cours d'eau en particulier les diatomées comme des bioindicateurs, les plus appropriées pour contrôler la qualité de l'eau ; et d'une autre part, la mesure in situ de 4 paramètres physiques à savoir, la température, le potentiel d'hydrogène, la conductivité électrique et l'oxygène dissous).

Pour y parvenir, 2 campagnes (novembre et décembre 2015) de prélèvement des eaux, ont été effectuées au niveau de 4 stations d'études (amont et aval) des deux cours d'eau.

Les mesures physiques ont montré, des eaux faiblement alcalines, se réchauffent de l'amont en aval, bien oxygénées avec une minéralisation excessive.

L'analyse biotique, a montré que Oued el Rhumel est plus riche en phytoplancton qu'Oued Endja.

L'identification du phytoplancton a révélé une diversité très importante présentée par 126 taxons au total. Les diatomées, sont les plus abondants. Les genres *Navicula*, *Nitzschia* et *Gomphonema* se montre avec les fréquences les plus élevées. Beaucoup d'espèces indicatrices de la qualité des eaux sont observées dans les 4 stations. Le grand pourcentage de fréquence de *Gomphonema parvulum* et *Nitzschia palea*, montre, une qualité passable à bonne, alors que *Cymbella* témoigne la présence d'une pollution organique.

D'après cette étude nous concluons que les eaux des deux Oueds, sont de qualité passable à bonne et semis à une pollution organique et minérale, ce qui peut être suivi par risque de prolifération d'algue dans les prochaines années.

Mots clés : Pollution des eaux, diatomées, phytoplancton, prolifération.

Abstract

The objective of our work is to a biotic assessment of waters of two wadis (Rhumel and Endja) which feed the dam of Beni Haroun. This present work is based on the biotic through algal identification study, colonizing these streams especially diatoms as bioindicators, the most suitable to control the quality of the water; and another part, measured in-situ 4 physical parameters namely, the temperature, the potential of hydrogen, electrical conductivity and oxygen dissolved).

To achieve this, 2 companions (November and decembre2015) water sampling, were carried out at the level of 4 stations of studies (upstream and downstream) two streams.

Physical measurements showed slightly alkaline water, heats up the upstream downstream, well oxygenated with excessive mineralization.

Biotic analysis, to shown that Rhumel el Oued is more rich in phytoplankton as Oued Endja.

The identification of phytoplankton to reveal a very important diversity presented by 126 taxa altogether. Diatoms, are the most abundant. The genera Navicula, Nitzschia and Gomphonema shows with higher frequencies. Many of the water quality indicator species are observed in 4 stations. The large percentage of frequency of Gomphonema parvulum and Nitzschia palea, shows, a fair to good quality, whereas Cymbella testifies the presence of organic pollution.

From this study it was concluded that the waters of two wadis, are of fair quality good and seedlings to mineral and organic pollution, which can be followed by risk ofproliferation of algae in them can next years.

Key words: Pollution of waters, diatoms, phytoplankton, proliferation.

تلخيص

الهدف من عملنا هو تقييم النوعية الحيوية للمياه في واديين (الرمال و النجاء) التي تغذي سد بني هارون ويستند هذا العمل في جزء منه على دراسة الوسط الحي من خلال تحديد مختلف أنواع الطحالب المستعمرة للمجرى المائي (الدياتومات كمؤشرات حيوية الأكثر ملائمة لمراقبة نوعية المياه)، وثانيا عن طريق قياس لأربعة معايير فيزيائية و التي هي (درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والموصلية و الأكسجين المذاب).
و لتحقيق ذلك 2 خرجات علمية في النهرين أجريت في 4 محطات (المنبع والمصب) خلال شهري نوفمبر وديسمبر 2015.

و أظهر تحليل العوامل الفيزيائية درجة الحموضة القلوية ضعيفة في كلا النهرين و موصلية متوسطة تزيد عن (سم/ 1702 us) ودرجة حرارة متغيرة حوالي 20 درجة مئوية مع نسبة أوكسجين جيد في المحطات الأربعة. عموما، مجمعات العوالق النباتية هي ثروة غنية في الوديين بالأخص واد الرمال بنسبة أكبر من واد النجاء. تحديد العوالق النباتية يكشف عن (126 نوع) و من العوالق النباتية الأكثر وفرة هي الدياتومات وخاصة الاجناس : *Navicula, Nitzschia et Gomphonema* و وجود أنواع دالة على نوعية المياه و التلوث.

Nitzschia palea و *Gomphonema parvulum* تدل على نوعية مياه جيدة نسبيا

Fragilaria تدل على نوعية جيدة للمياه و *Cymbella* تدل على التلوث العضوي

من هذه الدراسة نستنتج أن مياه الوديين (الرمال و النجاء) ذو نوعية جيدة نسبيا و تخضع إلى مخاطر

التلوث العضوي و المعدني من انتشار الطحالب في المستقبل.

المفتاحية تلوث: المياه الدياتومات الطحالب.

Nom : AZIZI BENREDJEM	Prénom : Mouna Saloua	Date de soutenance : 06 Juin 2016
Titre ANALYSE BIOTIQUE DES EAUX DU RHUMEL DANS LE CONSTANTINOIS ET DE OUED ENDJA DANS LA REGION DE MILA		
Diplôme de Master en Biologie Appliqué et Environnement Option : Gestion et Fonctionnement des Ecosystèmes Aquatiques et Forestiers		
Résumé <p>L'objectif de notre travail, consiste à une évaluation biotique des eaux de deux oueds (Rhumel et Endja) qui alimentent le Barrage de Beni Haroun. Ce présent travail est basé d'une part sur l'étude du milieu biotique à travers une identification algale, colonisant ces cours d'eau en particulier les diatomées comme des bio-indicateurs, les plus appropriées pour contrôler la qualité de l'eau ; et d'une autre part, la mesure in situ de 4 paramètres physiques à savoir, la température, le potentiel d'hydrogène, la conductivité électrique et l'oxygène dissous).</p> <p>Pour y parvenir, 2 campagnes (novembre et décembre 2015) de prélèvement des eaux, ont été effectuées au niveau de 4 stations d'études (amont et aval) des deux cours d'eau.</p> <p>Les mesures physiques ont montré, des eaux faiblement alcalines, se réchauffent de l'amont en aval, bien oxygénées avec une minéralisation excessive.</p> <p>L'analyse biotique, à montré que Oued el Rhumel est plus riche en phytoplancton qu'Oued Endja.</p> <p>L'identification du phytoplancton à révéler une diversité très importante présentée par 126 taxons au total. Les diatomées, sont les plus abondants. Les genres <i>Navicula</i>, <i>Nitzschia</i> et <i>Gomphonema</i> se montre avec les fréquences les plus élevées. Beaucoup d'espèces indicatrices de la qualité des eaux sont observées dans les 4 stations. Le grand pourcentage de fréquence de <i>Gomphonema parvulum</i> et <i>Nitzschia palea</i>, montre, une qualité passable à bonne, alors que <i>Cymbella</i> témoigne la présence d'une pollution organique.</p> <p>D'après cette étude nous concluons que les eaux des deux Oueds, sont de qualité passable à bonne et semis à une pollution organique et minérale, ce qui peut être suivi par risque de prolifération d'algues dans les peux prochaines années.</p>		
Mots clés : Pollution des eaux, diatomées, phytoplancton, prolifération.		
Promoteur : Melle KHERIEF N Saliha		