



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abbés Laghrour - Khenchela -  
Faculté des sciences de la nature et de la vie

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme  
De Master Académique**

**Domaine** : Sciences de la nature et de la vie  
**Filière** : Sciences Ecologiques  
**Option** : Protection des écosystèmes

**Thème :**

**Contribution à la bioévaluation de la qualité  
des eaux du barrage de « Babar, khenchela » par  
les indices diatomiques**

**Présentée par :**

 **BERKANI Nadjat**

**Devant le jury :**

<b>Président</b>	<b>LARBAA Rabah</b>	<b>MCB</b>	<b>Université de Khenchela</b>
<b>Rapporteur</b>	<b>BOUCHAMA Khaled</b>	<b>MAA</b>	<b>Université de Khenchela</b>
<b>Examinatrice</b>	<b>MEZHOUD Amel</b>	<b>MAA</b>	<b>Université de Khenchela</b>

**Date de soutenance : .....**

**Année : 2018/2019**

## Résumé

Les diatomées sont des algues brunes unicellulaires microscopiques qui se développent dans tous les types de milieux aquatiques (froids ou chauds, d'eau douce ou salées, pollués ou non). Elles constituent l'un des meilleurs groupes bio-indicateurs des eaux.

Dans ce contexte le but de cette étude était d'étudier la flore de diatomées dans les eaux du barrage de « Babar, kenchela » à l'amont et l'aval (Entrée et sortie des eaux) et relier la répartition des assemblages d'espèces de diatomées à des variables environnementales et les variations de la qualité des eaux.

Pour l'estimation de la qualité biologique de l'eau du barrage ; Cinq (05) indices diatomiques ont été testés : l'indice biologique diatomique (IBD), l'indice biologique de polluosensibilité (IPS) l'indice diatomique générique (IDG), l'indice de biodiversité de Shannon et Weaver, et à la fin l'indice de l'autoécologie de Van dam et *al.* (1994) qui attribue à chaque espèce de diatomées, des valeurs écologiques par paramètres, créant ainsi différentes classes de qualité des eaux.

Ces indices intègrent des paramètres liés à la présence de la matière organiques, les substances nutritives ainsi que d'autres paramètres, tels les chlorures, la conductivité et le pH. L'analyse a indiqué qu'il n'y avait pas des différences importantes entre la qualité des eaux dans les deux stations.

Quoique les résultats obtenus montrent des peuplements assez hétérogènes en termes d'affinité ou de sensibilité dans la même station. Ce qui indique que le barrage de Babar semble avoir subi par intermittence ou occasionnellement une perturbation ou une pollution par de la matière organique, et à un degré moins prononcé une perturbation anthropique ou naturel qui a engendré un déséquilibre dans la composition minérale des eaux.

**Mots clé :** Diatomée, bioindicateur, indice diatomique, Bio-évaluation.

## Abstract

Diatoms are microscopic unicellular brown algae that develop in all types of aquatic environments (cold or hot, freshwater or saline, polluted or not). They constitute one of the best bio-indicators groups of waters.

In this context, the purpose of this study was to study the diatom flora in the waters of Babar, dam "khenchela", on upstream and downstream (entry and exit waters) and connect the distribution of the assemblages of diatom species to environmental variables and the variations in water quality.

To estimate the biological quality of the dam water; Five (05) diatomic indices were tested: the Diatomic Biological Index (DBI), Polluo- sensitivity Index (SPI), Generic Diatomic Index (GDI), Shannon and Weaver Biodiversity Index, and auto-ecology index of Van dam *et al.* (1994) which assigns each diatom species an ecological values by parameters, thus creating different classes of water quality. These indices include parameters related to the presence of organic matter, nutrients as well as other parameters, such as chlorides, conductivity and pH.

The analysis indicated that there were no important differences in water quality at the two stations. Although the results obtained show heterogeneous stands in terms of affinity or sensitivity in the same station.

This indicates that the Babar Dam appears to have been disturbed by intermittent or occasional pollution by organic matter and, to a lesser extent with anthropogenic or natural disturbances causing an imbalance in the mineral composition of water.

**Key words:** Diatom, bio-indicator, diatomic index, Bio-evalutaion.

## المخلص

الدياتومات هي طحالب مجهرية بنية أحادية الخلية تتطور في جميع أنواع البيئات المائية (الباردة أو الساخنة ، المياه العذبة أو المالحة ، الملوثة أم لا). اذ تشكل واحدة من أفضل المؤشرات البيولوجية الحيوية للمياه.

في هذا السياق ، كان الغرض من هذه الدراسة هو دراسة الدياتومات في مياه سد "بابار" بولاية خنشلة في المنبع والمصب (مكان دخول وخروج المياه) وربط توزيع وتواجد انواع الدياتومات مع المتغيرات البيئية و نوعية المياه.

لتقدير الجودة البيولوجية لمياه السد ؛ تم اختبار خمسة (05) مؤشرات : المؤشر البيولوجي الدياتومي (IBD) ، مؤشر الحساسية للتلوث البيولوجي (IPS) ، المؤشر الدياتومي العام (IDG) ، مؤشر التنوع البيولوجي Shannon et Weave ومؤشر Van dam et al. (1994) الذي يعين القيم الإيكولوجية لكل نوع من الدياتومات، مما يعطي مؤشرا لنوعية المياه. تشمل هذه المؤشرات وجود المواد العضوية والمواد المغذية المعدنية بالإضافة إلى الكلوريد وناقلية المياه ودرجة الحموضة.

أشار تحليل نتائج هذه الدراسة إلى عدم وجود فروق مهمة في نوعية المياه في المحطتين، على الرغم من أن النتائج التي تم الحصول عليها أظهرت أيضا تواجد أنواع مختلفة من الدياتومات في نفس المحطة، الحساسية منها أو المتحملة للتغيرات التي تطرأ على المؤشرات الخاصة بنوعية المياه. هذا يشير إلى أن سد بابار عانى من اضطراب أو تلوث علي فترات متقطعة و عرضية بواسطة مواد و بالنسبة اقل خلل في التركيبة المعدنية للمياه سببها نشاط الإنسان أو تكون ذات مصدر طبيعي.

**الكلمات المفتاحية :** الدياتومات ، مؤشر حيوي او بيولوجي، مؤشر دياتومي ، التقييم الحيوي.



## Dédicace

*Je dédie ce travail.....*

*À mes très chers parents.....*

*À ma chère maman irremplaçable*

*À mon cher père.....Pour tous leurs  
sacrifices.... leurs amour...leurs tendresse...leurs  
soutien...et leurs prières tout au long de mes  
études.*

*À mes chers frères.....pour leurs  
encouragements permanents...et leur soutien  
moral.*

*À Mme. BERKANI Cherifa*

*À toute ma famille Berkani ....pour leur soutien  
tout au long de mon parcours universitaire.*

*À mes trèschers amis surtout ; Zahra, Amira,  
Dalia, Soraya, Houda, Afef et tous les étudiants  
de la promotion de M2 PE*

*Merci...pour....tous*

***Nadjet.***



## Remerciement

*Tout d'abord, mes remerciements vont à notre Dieu Tout-puissant, qui m'a éclairé le chemin tout au long de mes études et qui ma donné le courage, la volonté afin d'achever ce travail.*

*J'exprime ma gratitude à mon encadreur Mr. BOUCHAMA Khaled qui par sa disponibilité, ces conseils prodigués m'ont énormément aidé tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Je tiens ainsi à témoigner toute ma reconnaissance et ma gratitude aux personnes ayant accepté de faire partie du jury d'évaluation de cette mémoire :*

*Dr. LARBAA Rabeh qui m'a fait l'honneur de présider le jury.*

*Mes chaleureux remerciements vont également à Mme. MEZHOUD Amel pour m'avoir fait l'honneur de juger ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont aussi à Dr. KHAMMAR Hichem pour l'accueil chaleureux qu'il m'a réservé à son laboratoire à l'université d'Oum bouaghi.*

*Merci à tous les enseignants du département Ecologie et environnement mes collègues, amis et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin pour que ce travail voie la lumière.*

## Table des matières

- **Résumé**
- **Abstract**
- **ملخص**
- **Dédicace**
- **Remerciement**
- **Liste des tableaux**
- **Liste des figures**

### Introduction

# Chapitre I : Partie bibliographique

<b>1. Structures et fonctionnement des écosystèmes lenticques .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Généralité .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. L'écosystème aquatique lenticque .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1 Définition .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2. Structure des écosystèmes lenticques .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.3. Fonctionnement des écosystèmes lenticques .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Impacts anthropiques et dégradation de la qualité des eaux des barrages .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Pollution et rejet des eaux usées .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2. Processus de l'eutrophisation .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Biosurveillance et Bio-évaluation et de la qualité des eaux.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Bio-indicateur .....</b>	<b>9</b>
<b>4. Diatomées.....</b>	<b>10</b>
<b>4.1 .Définition.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2. Morphologie.....</b>	<b>10</b>
<b>4.3. Facteurs environnementaux .....</b>	<b>11</b>
<b>4.4. Multiplication et reproduction.....</b>	<b>13</b>

4.4.1. Multiplication végétative.....	13
4.4.2. Reproduction sexuée.....	13
4.5. Classification des diatomées .....	14
4.6. Diatomées et évaluation de la qualité des eaux : .....	14
5. Indice diatomique.....	15

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

1. Présentation de la zone d'étude .....	16
1.1. Situation géographique .....	16
1.2. Utilisation des eaux du barrage.....	17
1.3. Le couvert végétal.....	17
1.4. Précipitation.....	17
2. Echantillonnage.....	18
2.2. Préparation du matériel diatomique .....	20
3. Indices de la qualité des eaux.....	21
3.1. Calcul de l'I.B.D et l'I.P.S .....	21
3.2. L'indice de Shannon et Weaver .....	22
3.3. L'indice diatomique générique (IDG) .....	22
3.4. Autoécologie.....	22

## Chapitre III : Résultats et discussion

1. Résultats.....	23
1.1. Genres et espèces identifiées dans la station 01 .....	23
1.2. Genres et espèces identifiées dans la station 02 .....	26
1.3. Les indices diatomiques .....	30
1.3.1. L'indice biologique diatomique (IBD) .....	30
1.3.2. L'indice de polluosensibilité (IPS).....	31
1.3.3 L'indice de Shannon et Weaver .....	32
1.3.4. L'indice diatomique générique (IDG).....	33
1.4. L'indice de l'autoécologie de Van dam et <i>al.</i> (1994).....	34

1.4.1. Classe de PH.....	34
1.4.2. La salinité .....	34
1.4.3. La sensibilité à la présence d'azote .....	35
1.4.4. L'oxygénation.....	35
1.4.5. Saprobité et affinité à la matière organique.....	36
1.4.6. Etat trophique du milieu .....	36
2. Discussion.....	37
Conclusion et perspectives .....	42
Annexe	

## Liste des tableaux

Tableau n°	Titre	Page
<b>01</b>	Origine et nature des différentes sources de pollution des milieux aquatiques	<b>06</b>
<b>02</b>	Classification des diatomées selon leur gradient optimal de pH	<b>11</b>
<b>03</b>	Classification des diatomées selon leur préférence de salinité	<b>11</b>
<b>04</b>	Classification des diatomées selon la saprobie	<b>12</b>
<b>05</b>	Classification des diatomées selon leur gradient optimal de température	<b>12</b>
<b>06</b>	Classification des diatomées selon leur classe de trophique	<b>13</b>
<b>07</b>	Valeurs de l'IBD, des classes et de l'état écologique qui correspondent	<b>15</b>
<b>08</b>	L'indice biologique diatomique dans les deux stations d'échantillonnages	<b>30</b>
<b>09</b>	Valeurs de l'indice de polluosensibilité (IPS) dans les deux stations	<b>31</b>
<b>10</b>	Classe de PH selon l'indice écologique de Van dam et <i>al.</i> (1994) dans les deux stations d'échantillonnages.	<b>34</b>
<b>11</b>	la salinité selon l'indice écologique de Van dam et <i>al.</i> (1994) dans les deux stations d'échantillonnages	<b>34</b>
<b>12</b>	Sensibilité à la présence du nitrogène selon l'indice écologique de Van dam et <i>al.</i> (1994) dans les deux stations d'échantillonnages	<b>35</b>
<b>13</b>	Quantité d'O <sub>2</sub> dissous dans le milieu selon l'indice écologique de Van dam et <i>al.</i> (1994) dans les deux stations d'échantillonnages	<b>35</b>
<b>14</b>	la saprobité selon l'indice écologique de Van dam et <i>al.</i> (1994) dans les deux stations d'échantillonnages.	<b>36</b>
<b>15</b>	Etat trophique du milieu selon l'indice écologique de Van dam et <i>al.</i> (1994) dans les deux stations d'échantillonnages.	<b>36</b>

## Liste des figures

Tableau n°	Titre	Page
<b>01</b>	Composantes biologique des chaînes trophiques : exemple d'écosystème lacustre	<b>04</b>
<b>02</b>	Chaîne alimentaire et réseau trophique	<b>05</b>
<b>03</b>	Processus d'envasement	<b>08</b>
<b>04</b>	Diatomées observées au MEB (A : centriques ; B : pennées)	<b>10</b>
<b>05</b>	Schéma de la reproduction méiotique des diatomées d'après Weir et al. (1982)	<b>14</b>
<b>06</b>	Situation géographique de la zone d'étude	<b>16</b>
<b>07</b>	Situation géographique des points de prélèvement	<b>18</b>
<b>08</b>	Cinq pierres immergées choisies	<b>19</b>
<b>09</b>	Biofilme récolté	<b>19</b>
<b>10</b>	Biofilme conservé avec formol ou lugol	<b>19</b>
<b>11</b>	Préparation de l'échantillon et du matériel	<b>20</b>
<b>12</b>	Prélèvement de 1ml de la suspension	<b>20</b>
<b>13</b>	Observation microscopique et dénombrement	<b>21</b>
<b>14</b>	Genres et espèces identifiées dans la station 01 point de sortie des eaux dans le barrage de Babar-Khenchela	<b>23</b>
<b>15</b>	Genres et espèces identifiées dans la station 02 point d'entrée des eaux dans le barrage de Babar-khenchela	<b>26</b>
<b>16</b>	L'indice biologique diatomique dans les deux stations d'échantillonnages	<b>30</b>
<b>17</b>	Valeurs de l'indice de polluosensibilité (IPS) dans les deux stations d'échantillonnages barrage de Babar-khenchela	<b>31</b>
<b>18</b>	Valeurs de l'indice Shannon et Weaver dans les deux stations d'échantillonnages	<b>32</b>
<b>19</b>	Valeurs de l'indice diatomique générique dans les deux stations d'échantillonnages	<b>33</b>

## *Liste des symboles*

**PDARE** :Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau.

**IBGE** : Institute Bruxellois pour la gestion de l'environnement.



# Introduction

## Introduction

Deux siècles d'industrialisation ont laissé des traces dans l'environnement, une impressionnante liste de substances chimiques, parmi lesquelles on peut citer les plus connues du grand public comme les métaux, les nitrates, les phosphates, les pesticides et les médicaments (et leurs métabolites), et les moins connues comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les composés organiques volatils, les alkylphénols, ou encore les dérivés benzéniques et phénoliques chlorés (**Roy, 2017**).

L'eau constitue un élément essentiel pour tous les écosystèmes et elle est synonyme de vie biologique. La disponibilité de l'eau influence l'implantation des communautés animales, végétales et humaines et les activités économiques de l'homme (**Jantaporn, 2016**).

La préservation de la qualité de l'eau est un enjeu très important sur les plans environnemental, économique et socio politique. Le suivi environnemental des écosystèmes aquatiques revêt donc une grande importance. Pour ce faire, il est crucial d'utiliser des indicateurs environnementaux fiables et adéquats. Le principal avantage des indicateurs biologiques réside dans le fait qu'ils permettent d'évaluer les impacts des différentes perturbations sur la faune et la flore aquatique, contrairement aux indicateurs physico-chimiques qui permettent seulement de faire le diagnostic de ces perturbations (**Benoit-Chabot, 2014**).

Les analyses physico-chimiques des eaux permettent de connaître la nature et la concentration des contaminants présents dans l'eau au moment où les prélèvements ont été effectués. Par l'étude des organismes aquatiques, on procède à une meilleure évaluation de l'intégrité des écosystèmes car leur présence ou leur abondance reflète les conditions du milieu qui se sont succédé durant leur développement (**Jüttner et al., 1996; Soininen, 2002; Beyene et al., 2009**).

L'étude des pressions ne peuvent pas être étudiés sur la seule base de la connaissance de la composition chimique des eaux, le meilleur reflet de l'état de santé d'un milieu est fourni par les caractéristiques biologiques des communautés qui y vivent. Ces caractéristiques de ces communautés doivent être analysées en termes d'écart à un état de référence. Celui d'un milieu équivalent, mais exempt de pressions anthropiques ou soumis à des pressions de très faible intensité (**Sauvanet, 2016**).

Les milieux lenticques (lacs, mares, barrage et étangs ...) sont des eaux stagnantes caractérisées par la lenteur ou l'absence de renouvellement des eaux, la faiblesse des courants et de l'oxygénation, ces faits font que ces milieux sont particulièrement sensibles à la pollution.

Dans ce contexte le but de cette étude était d'étudier la flore de diatomées dans les eaux du barrage de « Babar, kenchela » et relier la répartition des assemblages d'espèces de diatomées à des variables environnementales. Nous utilisons des diatomées comme des bioindicateurs afin d'évaluer et identifier les sources d'altération et les pressions subies par ce dernier.

La présente étude constitue la première tentative de typologie des assemblages de diatomées et leurs réponses écologiques à l'amont et l'aval (Entrée et sortie des eaux) dans le barrage de BABAR wilaya de kenchela.

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact environnemental en mesurant les modifications induites par la pollution sur la structure des communautés de diatomées périphtiques et les variations de la qualité des eaux du barrage.

Le manuscrit que nous proposons s'organise de la façon suivante :

Le chapitre I : présente une synthèse des connaissances sur l'écosystème aquatique lenticque, et les impacts anthropiques sur la qualité des eaux des barrages et la bio-évaluation de la qualité des eaux par l'utilisation des diatomées.

-Le chapitre II : Matériel et Méthodes

- Le chapitre III : Résultats et discussion

- Conclusion et perspectives

A decorative graphic of a scroll with a light gray gradient and a dark blue outline. The scroll is partially unrolled at the top and bottom edges, with the unrolled portions extending outwards. The text is centered within the main body of the scroll.

# **Chapitre I :**

## **Partie bibliographique**

## 1. Structures et fonctionnement des écosystèmes lentiques

### 1.1. Généralité

Les écosystèmes aquatiques sont représentés par l'ensemble des sous-parties de l'hydrosphère dans lesquelles la vie est permise et entretenue durablement. On distingue d'une part les écosystèmes aquatiques marins, d'autre part les écosystèmes aquatiques continentaux) (**Manning, 2015**). Les écosystèmes aquatiques continentaux englobent diverses étendues d'eau existant à l'état naturel (rivières, fleuves, plaines inondables, lacs, marécages, etc.) et créées par l'homme (réservoirs, rizières, canaux d'irrigation, etc). Bien qu'elles ne couvrent qu'environ 1% de la superficie totale des terres, les eaux continentales abritent environ 100 000 espèces aquatiques, dont 10 000 espèces de poissons (soit 40 pour cent de leur nombre total) (**Manning, 2015**).

### 1.2. L'écosystème aquatique lentique

#### 1.2.1 Définition

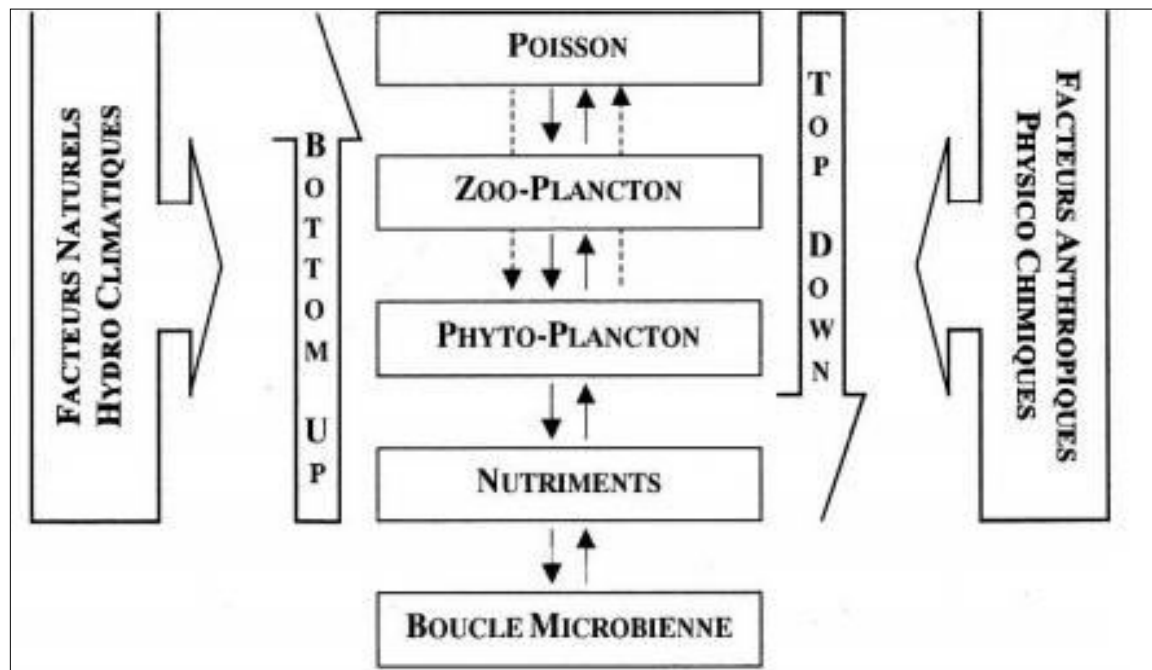
Les écosystèmes aquatiques en eau douces peuvent se classer en deux grandes catégories, l'écosystème lentiques (eaux stagnantes : lacs, étangs et les marres...) et les écosystèmes lotiques (eaux courantes les fleuves, les rivières, les ruisseaux...). Les écosystèmes aquatiques lentiques on les appels encore les eaux continentales calmes, caractérisés par des eaux stagnantes à l'opposé des milieux lotiques (**Hade, 2003**).

Les écosystèmes lentiques se distinguent les uns des autres selon leur taille et leur profondeur, on trouve ainsi des anars, des étangs et des lacs. Malgré leurs affluents et confluents ces systèmes restent relativement fermés à la différence des eaux courantes (**Chouteau, 2004**).

#### 1.2.2. Structure des écosystèmes lentiques

Comme tout écosystèmes, les écosystèmes aquatiques lentiques ce sont des ensembles environnementaux structurés dans les quels se produisent des échanges de matière et d'énergie dus aux interactions entre les organismes vivants (biocénose) et leur habitat (biotope) (**Chouteau, 2004**). Tout écosystème présente un flux de matière et d'énergie transféré des producteurs aux consommateurs. Un troisième groupe, les décomposeurs, minéralisent la matière organique qui est remise à disposition du vivant. Ce flux de matière transite ainsi de maillons en maillons des chaînes alimentaires formant un réseau trophique (**Bernard, 2016**). Dans le cas de systèmes lentiques , ces interactions fonctionnent de manière ascendante « bottom-up » du

nutriment au poisson, chaque compartiment étant une ressource trophique dont le bon état conditionne le développement du compartiment supérieur, ces relations fonctionnelles entre compartiments biologiques sont conditionnées par des facteurs hydroclimatiques, et des apports externes comme l'apport de nutriments ou de polluants ou l'introduction d'espèces nouvelles (Niemann, 2008).



**Fig.01** : Composantes biologique des chaînes trophiques : exemple d'écosystème lacustre (Niemann, 2008).

### 1.2.3. Fonctionnement des écosystèmes lenticques

Les lacs naturels et les plans d'eau d'origine artificielle « milieux lenticques » représentent plus de 90%, en volume, de l'eau douce de surface disponible sur terre (Shiklomanov, 1993). Les milieux lenticques, en particulier les petits plans d'eau d'origine naturelle, abritent le plus souvent une diversité faunistique et floristique exceptionnelle, fréquemment supérieure à celles des rivières et des fleuves (Davies et al., 2008 ; Williams et al., 2004). Outre ce rôle de réservoirs biologiques, les plans d'eau remplissent des fonctions socio-économiques multiples, soit directement (alimentation en eau potable, activités de pêche, etc.) soit indirectement (fonctions d'agrément et touristiques) reliées aux ressources en eau et à la faune qu'ils hébergent (Launois, 2011).

La stagnation de l'eau et une profondeur supérieure à celle des écosystèmes lotiques permettent une organisation verticale. La surface peut recevoir et accumuler une grande quantité d'énergie solaire, conduisant à des gradients verticaux de lumière et de température décroissants avec

la profondeur, une zone euphotique dans la partie supérieure où l'importance des apports solaires permet la croissance du phytoplancton et de végétaux benthiques (forte production primaire) est séparée d'une zone aphotique qui en est privée. (A.E.S.N, 2014). L'ensemble des grands groupes végétaux et animaux susceptible d'être rencontré dans les eaux douces (virus, bactéries, algues, végétaux supérieurs, protozoaires, invertébrés et vertébrés). Ces organismes peuvent être regroupés en grandes communautés : planctonique, périphtyque, benthique, nectonique ou neustonique. Les organismes ont entre eux des relations intra ou interspécifiques, de nature trophique (relation proie/ prédateur), parasitaire (relation hôte/parasite) (Bonnard et al, 2003).

-Planctonique : se dit des organismes vivant en pleine eau, mais sans autonomie de déplacement.

- Périphtyque : qui vit sur les supports végétaux.

-Benthique : qui vit sur le fond ou dans le sédiment.

- Nectonique : qui nage librement et se distribue au sein de la masse d'eau.

-Neustonique : qui vit au contact de l'interface air eau (Bonnard et al, 2003).

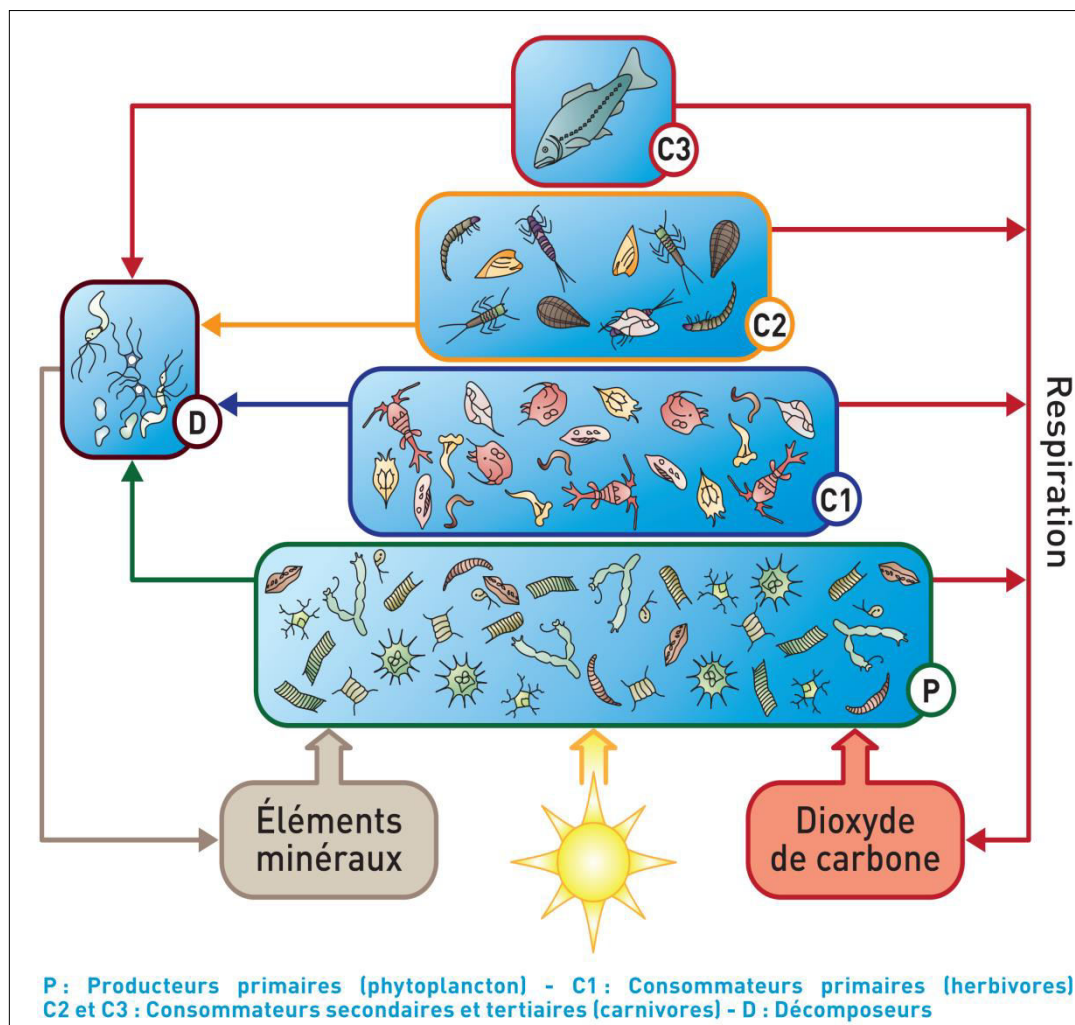


Fig. 02 : Chaîne alimentaire et réseau trophique (A.E.S.N, 2014)

Des mesures de protection et de surveillance des milieux aquatiques ont été établis comme la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE, 2000/60/EC, Communauté Européenne 2000) ces objectifs environnementaux sont « la restauration et le maintien de l'intégrité physique, chimique et biologique de l'ensemble des masses d'eau continentales» (Novotny 2003).

## 2. Impacts anthropiques et dégradation de la qualité des eaux des barrages

De nos jours, le problème des ressources en eau mobilisables ne se pose pas uniquement en termes de quantité disponible ; la qualité de ces eaux commence à poser de sérieux problèmes. En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà les efforts de développement de nombreux pays (P.D .A.R .E, 2009)

**Tab.01** : Origine et nature de différentes sources de pollution du milieu aquatique (les Dossiers scientifiques du CNRS : l'eau, Chouteau, 2004).

Type de polluants	Nature	Origine
Physique	Rejets d'eau chaude	Central thermique
	MES	Effluents domestiques
Chimique	fertilisants	agricultures
	Matières organique	Effluents domestique
	pesticides	Agriculture
	détergents	Effluents domestique
	hydrocarbures	Transport
Biologique	Bactéries, virus, champignon	Effluents urbain

## 2.1. Pollution et rejet des eaux usées

Le déversement dans le milieu aquatique de substances ou d'effluents contaminés n'est pas la seule cause de pollution des milieux lenticques. En effet, l'eau de pluie permet aux polluants rejets dans l'atmosphère de retomber sur les sols et lessive les zones polluée. Par ruissellement et/ou infiltration, ces xénobiotiques peuvent alors rejoindre le milieu aquatique (**Chouteau, 2004**). Ce genre de pollution se manifeste sous l'influence de certains polluants dont leurs origines proviennent des rejets urbains qui sont essentiellement de matières minérales, et organiques sous forme dissoute et en suspension. Ces rejets sont soit des eaux de cuisine, lavage des rues et même d'origine industrielle (**Bouafia, 2015**).

## 2.2. L'eutrophisation

### 2.2.1. Définition

L'eutrophisation est définie par l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) comme un « enrichissement des eaux en matières nutritives qui entraîne une série de changements symptomatiques, tels que l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, la dégradation de la qualité de l'eau et autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau » (**Khellou, 2012**)

### 2.2.2. Processus de l'eutrophisation

Le plan d'eau reçoit des apports en d'éléments nutritifs provenant de sources diverses 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'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 (**Khellou, 2012**).

## 2. 3. L'envasement des barrages

Le mécanisme d'envasement est généré en général par l'apport solide transporté par les cours d'eau qui viennent alimenter les réservoirs par les matériaux en suspension. Un réservoir s'engrave d'autant plus rapidement que sa capacité devient de plus en plus faible par rapport au débit solide transporté par le cours d'eau qui l'alimente. La construction de barrages modifie les conditions d'écoulements du débit solide, que ce soit pour le charriage ou pour le transport en

suspension. La formation de l'envasement dans les retenues des barrages passe par des étapes présentées (Bouklikha et Berrichi, 2017)

Le phénomène d'envasement des barrages menace aujourd'hui presque la totalité des barrages. Pour cela il faut penser à créer de nouveaux ouvrages de rétention pour compenser les pertes due à l'envasement (Fig.03) (Ahmed, 2016).

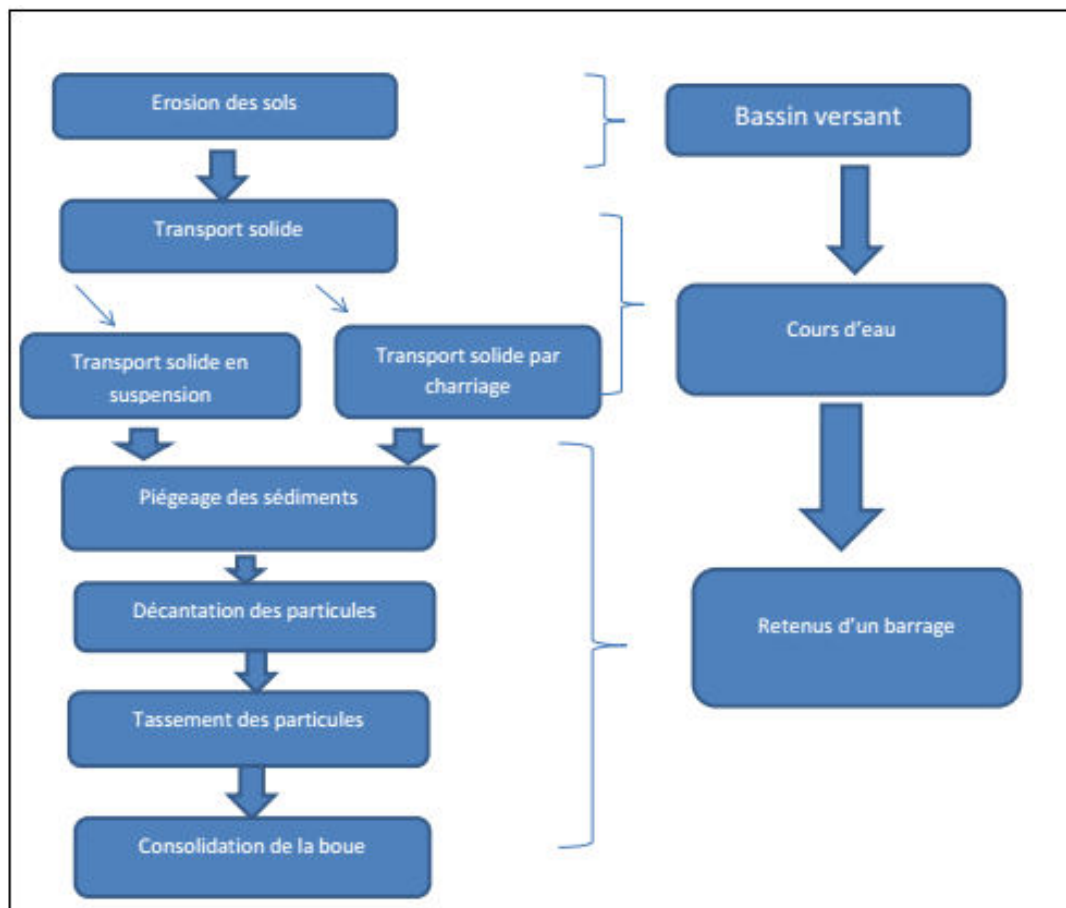


Fig.03 : Processus d'envasement (Bouklikha et al., 2017).

### 3. Biosurveillance et Bio-évaluation et de la qualité des eaux

#### 3.1. Biosurveillance et Bio-évaluation

Lorsque l'on cherche à protéger les écosystèmes contre des agressions extérieures qui perturbent leurs mécanismes biologiques, l'idée la plus simple est de chercher au sein des organismes vivants les témoins de ces perturbations. La notion de bio-surveillance vient de là (Vindimian, 1999). Les communautés périphytiques (algues et bactéries) constituent un compartiment privilégié pour la surveillance à long terme, notamment parce qu'elles ont des exigences spécifiques et des tolérances variables à des gammes de paramètres de qualité des eaux différentes (Stevenson et Pan, 1999).

La façon la plus simple de présenter les outils de la biosurveillance est de les classer en bio-essais et bioindicateurs. Les premiers sont des méthodes de laboratoire essentiellement basées sur l'utilisation d'organismes vivants modèles en conditions contrôlées. Les bio-indicateurs font appel à l'analyse de la Situation des organismes peuplant les écosystèmes (**Vindimian, 1999**). Les diatomées ont fait leur preuve, elles sont sensibles aux perturbations de l'eau, et ont déjà été utilisées dans de nombreux pays pour l'évaluation de la qualité des eaux, soit parce que leur composition évolue, soit par leur croissance et leur forme sont modifiées. En cas de pollution certaines espèces deviennent dominantes, tandis que d'autres voient leur abondance diminuer et peuvent même disparaître (**Genin et al., 2003**).

### 3.2. Bio-indicateur

Selon **Blandin (1986)** un indicateur biologique ou (bioindicateur) est un organisme ou un ensemble d'organismes qui par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible leur modification, naturelles ou provoquées.

Un bioindicateur doit présenter les caractéristiques suivantes :

- Pertinence : rôle important dans l'écosystème et cohérence avec le problème posé
  - Fiabilité : large distribution et prélèvement facile
  - Sensibilité : réponse mesurable
  - Reproductibilité : réponse similaire à différentes perturbations similaires (**CAPAE-Ouest, 2015**).
- Le recours à la bioindication présente plusieurs avantages par rapport aux moyens de mesure instrumentaux traditionnels. D'abord, l'utilisation des bioindicateurs est financièrement plus économique puisqu'elle permet généralement d'éviter d'employer du matériel technologique coûteux (**Markert et al., 2003**) et d'économiser du temps (**Carignan and Villard, 2002**). De plus, grâce à leur capacité de bioaccumulation, certains bioindicateurs permettent une détection précoce des polluants ou des perturbations (**Kaiser, 2001**). Par ailleurs, les bioindicateurs renseignent sur la biodisponibilité des polluants plutôt que sur leur concentration totale dans le milieu (**Markert et al., 2003**). Les diatomées sont Omniprésentes dans nos rivières et nos lacs, elles intéressent le gestionnaire des systèmes aquatiques en tant qu'indicateurs de la qualité des eaux : acidité, salinité, niveau et nature des pollutions organiques. Il existe plus de 7 000 espèces de diatomées dans les eaux douces ou saumâtres. Leurs associations et leur diversité dans un relevé reflètent les conditions environnementales. Elles apportent des informations complémentaires parfois plus fiables que les analyses chimiques, trop instantanées (**Boudou, 1999**).

## 4. Diatomées

### 4.1 .Définition

Les diatomées sont des algues microscopiques brunes unicellulaires non flagellées constituées d'un squelette ou une coque siliceuse bivalve parfois finement ornée. Elles sont une composante majeure du peuplement algal des cours et des plans d'eau, Ces algues forment une communauté très diversifiée, vivent libres ou en colonies où sont fixées à un substrat par une substance gélatineuse. (Duke et Reimann, 1977 ; Treguer et *al.*, 1995)

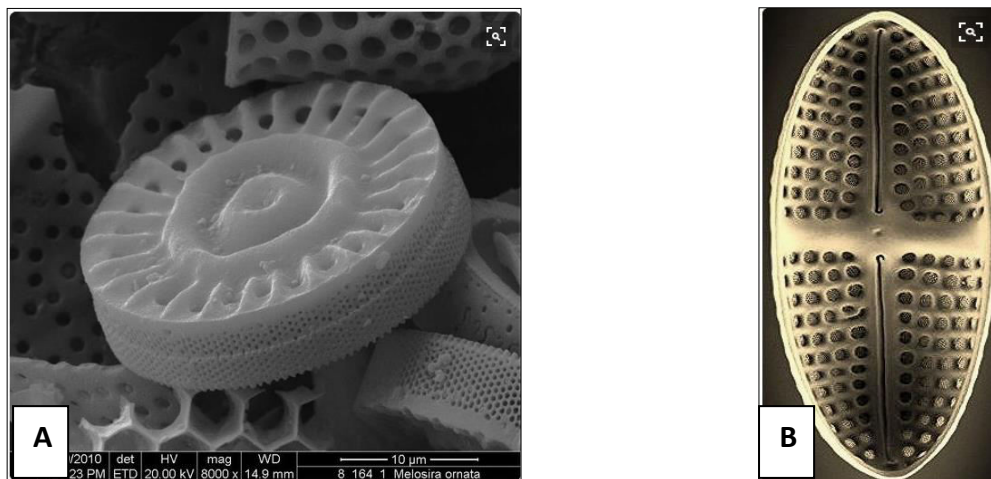
Il s'agit également de l'un des groupes d'algues les plus diversifiés. L'évaluation du nombre total de taxons varie entre 20 000 et 30 000. Cependant, selon Mann et Droop (1996) il pourrait exister jusqu'à 200 000 taxons de diatomées sur la planète.

### 4.2. Morphologie

Les diatomées ou les Bacillariophyta sont des micro algues planctoniques de 2  $\mu\text{m}$  à 1 mm. En fonction de la forme du frustule, on distingue deux types de diatomées :

- Centrales (ou centriques) à symétrie radiale. Figure (01.A)
- Pennales (ou pennées) à symétrie bilatérale. Figure (01.B)

Ces critères morphologiques sont utilisés pour l'identification des espèces.



**Fig. 04** : Diatomées observé au MEB (A : centriques ; B : pennées) (Pinterest, 2017)

### 4.3. Facteurs environnementaux

Du point de vue écologique, on trouve des espèces planctoniques et benthiques en eau douce comme en mer. Les variations saisonnières et annuelles des conditions du milieu en un lieu donné déterminent les fluctuations des populations de diatomées dont le développement dépend de la température, de la lumière et des qualités physiques et chimiques de l'eau (Simon, 2017).

**A- le PH :** le gradient optimal de pH des diatomées est résumé dans le tableau (02).

**Tab. 02 :** Classification des diatomées selon leur gradient optimal de pH (Van Dam et al.,1994).

Classe	Gradient de pH
Acidobiontique	Optimal lorsque le pH <5,5
Acidophile	Généralement lorsque le pH < 7
Circumneutre	Généralement lorsque le pH ~ 7
Alcaliphile	Généralement lorsque le pH >7
Alcalibiontique	Exclusivement lorsque le pH > 7
Indifférente	Sans optimum apparent

**B- la salinité :** Selon la salinité et la conductivité Tableau (02)

**Tab.03:** Classification des diatomées selon leur préférence de salinité (Van Dam et al.,1994).

Classe	Salinité (‰)
Eau douce	< 0,2
Eau douce à légèrement saumâtre	< 0,9
Eau saumâtre-douce	0,9 – 1,8
Eau saumâtre	1,8 – 9,0

**C-Saprobie :** Le saprobie est l'ensemble de propriétés physiologiques d'un organisme conditionnant sa capacité à se développer dans un système pollué par la matière organique. (Benameur, 2016). La quantité de matière organique et la concentration en O<sub>2</sub> dissous peuvent être caractérisées par la saprobie. La classification de saprobité de Van Dam et al. (1994) combine les propriétés indicatrices des diatomées pour la présence de matière organique biodégradable et les concentrations en oxygène (Tableau 03) .

**Tab. 04** : Classification des diatomées selon la saprobie (Van Dam *et al.*, 1994)

Saprobité	Saturation O <sub>2</sub> (mg l <sup>-1</sup> ) DBO <sub>5</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	
<b>Oligosaprobe (oxydation complète)</b>	> 85	< 2
<b>Beta-mésosaprobe</b>	70 – 85	2 – 4
<b>Alpha-mésosaprobe</b>	25 – 70	4 – 13
<b>Alpha-méso/polysaprobe</b>	10 – 25	13 – 22
<b>Polysaprobe (processus de réduction)</b>	< 10	> 22

**D- la température de l'eau**

L'influence de la température de l'eau sur le peuplement diatomique est difficile à mettre en évidence par le simple fait que ce facteur n'est pas indépendant des autres paramètres environnementaux. Un changement de température modifie à la fois l'oxygénation, la viscosité de l'eau, la solubilité et la diffusion des composantes chimiques ; ce paramètre agit donc, plus ou moins indirectement, sur le métabolisme des diatomées (Prygiel et Coste, 2000).

**Tab. 05** : Classification des diatomées selon leur gradient optimal de température (Van Dam *et al.*, 1994)

Classe	Gradient de température
<b>Oligotherme</b>	0 à 15 °C
<b>Mésotherme</b>	15 à 30 °C
<b>Eutherme</b>	30 °C et plus
<b>Sténotherme</b>	< 5 °C
<b>Méthatherme</b>	5 à 15 °C
<b>Eurytherme</b>	> 15 °C

## E. Statut ou état trophique

En fonction de leur affinité par rapport à la concentration en nutriments, les diatomées seront réparties dans l'une des sept classes citées ci-dessous.

**Tab. 06** : Classification des diatomées selon leur classe de trophique (Van Dam et al., 1994).

Classe de trophie	Concentration en nutriments
<b>Oligotrophe</b>	Très faibles concentrations en nutriments
<b>Mésotrophe</b>	Concentrations moyennes en nutriments
<b>Méso-eutrophe</b>	Concentrations en nutriments moyennes à élevées
<b>Eutrophe</b>	Concentrations en nutriments élevées
<b>Hypereutrophe</b>	Concentrations en nutriments très élevées
<b>Indifférente</b>	Espèces indifférentes à la concentration en nutriments
<b>Inconnue</b>	Affinité inconnue par rapport à la concentration en nutriment

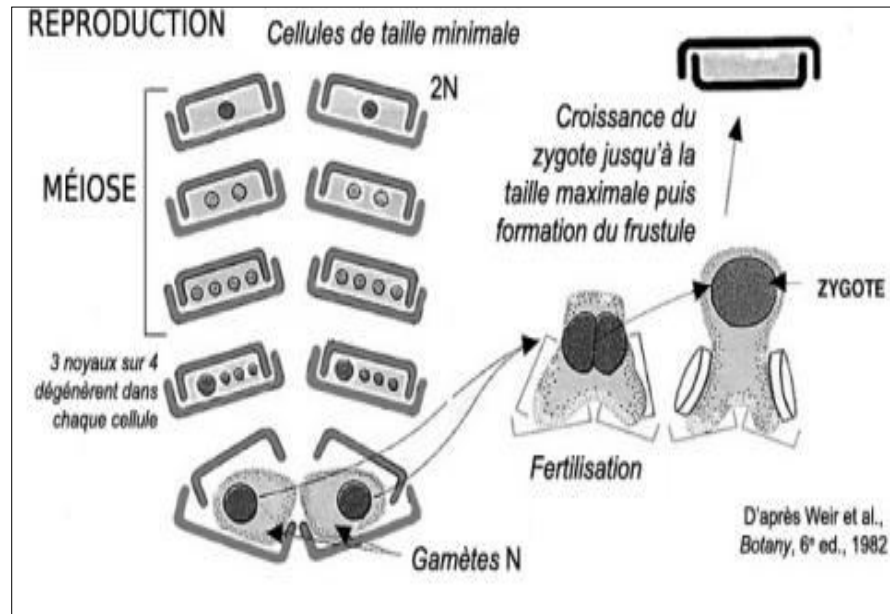
## 4.4. Multiplication et reproduction

### 4.4.1. Multiplication végétative

Les diatomées se reproduisent par séparation des deux valves du frustule et sécrétion d'une nouvelle hypo valve. Chaque division produit une cellule de la même taille que la cellule-mère ainsi qu'une cellule plus petite. Ce processus de bipartition engendre alors une réduction progressive de la taille de l'espèce (Lavoie et al., 2008).

### 4.4.2. Reproduction sexuée

La diminution de la taille des diatomées au cours de la multiplication végétative ne dure pas indéfiniment. En dessous d'un certain seuil (~ 30% de la taille initiale), ces cellules entrent en méiose et produisent des gamètes (le gamète mâle est la seule cellule flagellée du cycle), dont la paroi cellulaire ne comporte pas de frustule siliceux. Le zygote issu de la fusion des gamètes (*auxospore*) croît jusqu'à la taille maximale propre à l'espèce ou à la population avant de former un nouveau frustule. Donc La reproduction sexuée va permettre de pallier le problème de diminution de taille (Figure .05) (Langlois, 2006).



**Fig. 05:** Schéma de la reproduction méiotique des diatomées d'après weir et *al.*(1982)

(Langlois, 2006).

#### 4. 5. Classification des diatomées

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

- **les Diatomées centrales** : à symétrie radiale le frustule circulaire porte des stries, rayonnant depuis un point ou une aréole (qui n'est pas forcément situé au centre de la valve), ou une réticulation (Langlois, 2006).

- les Diatomées pennales** : à symétrie bilatérale le frustule allongé présente des stries disposées autour d'un plan de symétrie bilatérale. De nombreuses Diatomées Pennales présente sur ce plan de symétrie une fente, le *raphé*, interrompue par un nodule de silice central. Elle permet une communication avec le milieu extérieur et l'excrétion de mucilage. Si cette fente est atrophiée ou peu marquée, on parle de *pseudo-raphé*. Les Pennales sans raphé sont appelées Diatomées araphidées ou crypto-raphidées (Langlois, 2006).

Selon Coste (2017) la dernière mise à jour de la classification des diatomées regroupe 780 genres et plus de 22000 espèces.

#### 4.6. Diatomées et évaluation de la qualité des eaux :

Il existe deux types des diatomées, l'une est caractérisée par leur sensibilité et qui vivent dans des milieux sains sont des diatomées polluosensibles et l'autre vivent dans des milieux pollués et qui sont adaptée appeler des polluo-résistantes (Langlois, 2006).

## 5. Indice diatomique

L'Indice Biologique Diatomées permet d'évaluer la qualité biologique d'un cours d'eau à partir de l'analyse des diatomées. L'IBD traduit plus particulièrement le niveau de pollution organique (saprobie) et trophique (nutriments : azote, phosphore). Il est également susceptible d'être impacté par la contamination par des toxiques (micropolluants minéraux ou synthétiques). Il s'exprime par une note allant de 0 à 20. ( 7 ou 5 classes de la qualité des eaux). Plus la note est élevée, meilleure est la qualité biologique du milieu. D'une façon générale, 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 (saisonnière ou pluriannuelle)
- Suivre l'évolution spatiale de la qualité biologique d'un cours d'eau comparaison (l'amont- l'aval)
  - Evaluer les conséquences d'une perturbation sur le milieu (comparaison entre l'amont et l'aval d'un rejet) (Boudou, 1999 ; Prygiel et Coste, 2000 ; Carion, 2012 )

**Tab .07 :** Valeurs de l'IBD, des classes et de l'état écologique qui correspondent (Carion, 2012)

Valeur IBD	17 à 20	13 à 17	9 à 13	5 à 9	1 à 5
Classe	A	B	C	D	E
Etat écologique	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Mauvais état	Très mauvais état

A decorative graphic of a scroll with a light gray gradient and a blue outline. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered on the scroll.

# **Chapitre II :**

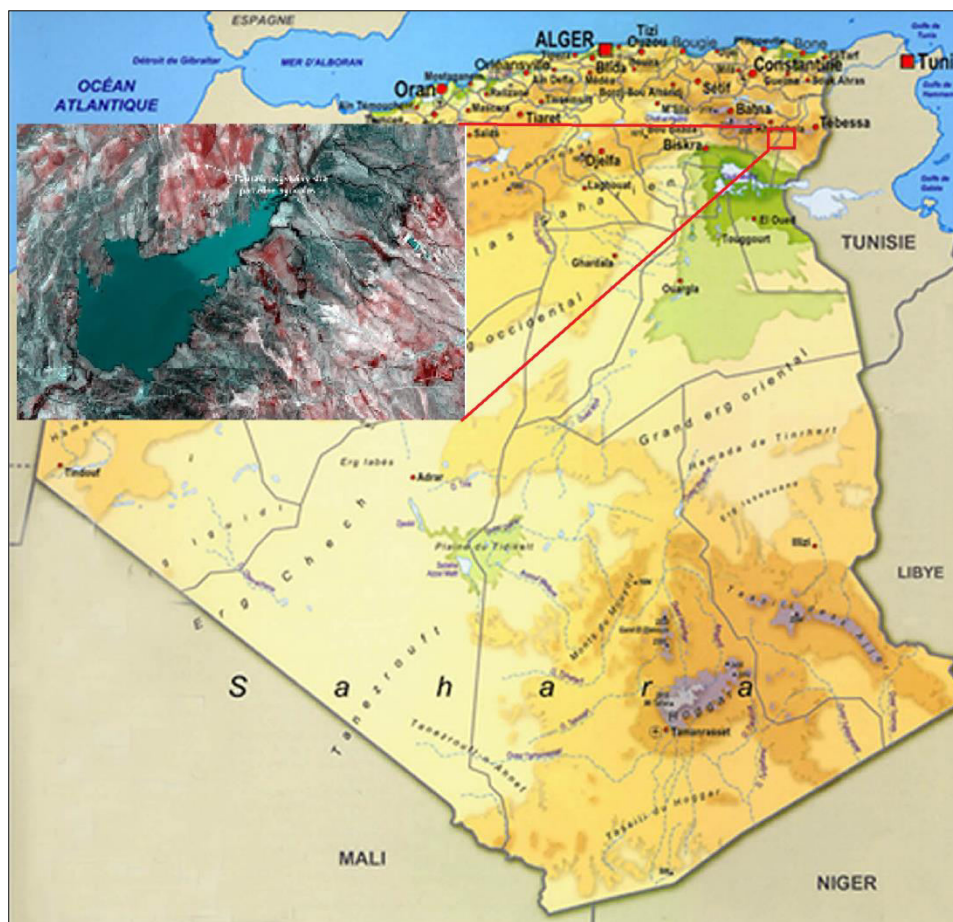
## **Matériel et méthodes**

## 1. Présentation de la zone d'étude

### 1.1. Situation géographique

La Zone d'étude est située à l'est algérien dans les confins Est de l'Atlas saharien précisément au niveau de la chaîne montagneuse de Djebel Djehfa appartenant aux monts de Nememcha.

Le barrage de Babar a été construit sur Oued El Arab et son sous bassin versant (Oued El Arab) a une surface de 567 km<sup>2</sup> environ qui fait partie du grand bassin versant de Chott Melghir. Il est délimité par : les montagnes des Aurès dont les principaux sont Dj-Chentgomma et Dj-Aidel au Nord-Ouest. Dj-Tadliste et Dj-Bougendag à l'Est et Sud-Est. La plaine de Khenchela au Nord et au Nord-Est. Entre les deux ensembles physiques des montagnes s'intercale une vaste plaine appelée haute plaine de Djahfa, qui est drainée par des Oueds secondaires (O.Tamagra et O. El Htiba) qui se rejoignent pour former O.El-Arab juste avant le site du barrag, la longueur maximale de la retenue est 5 km, la largeur est 2 km (Gaagai, 2009).



**Fig. 06** : Situation géographique de la zone d'étude

## 1.2. Utilisation des eaux du barrage

D'une capacité initiale de 41 millions de m<sup>3</sup>, le barrage Babar (Wilaya de Khenchela) joue un rôle essentiel dans l'alimentation en eau potable des populations des zones avoisinantes à hauteur de 60% des besoins, il a été construit pour alimenter les villes de Babar, Checher, Ain Djerbaou, Bouhmama et Tamza, Ouldja, Khirane et Djellal ainsi que pour l'irrigation des terres agricoles en aval du barrage. (**Gaagai, 2009 ; Achour et al., 2019**)

## 1.3. Le couvert végétal

Le bassin versant de Oued El Arab est caractérisé par un couvert végétal moyen à faible. Il ne dépasse pas les 12% de la surface totale ce qui favorise l'action d'érosion. Le couvert végétal est bien conservé sur les monts qui portent des forêts de pins, de chênes verts et du cèdre. Les zones basses sont couvertes par des steppes à alfa quand elles ne sont pas livrées à la culture des céréales (**Gaagai, 2009**).

## 1.4. Précipitation

Deux périodes climatiques sont bien distinctes du bassin versant du barrage : l'une sèche et aride qui va de Juin à Septembre, et l'autre humide et tempérée d'Octobre à Mai (**Djebaili et Hezil , 2012**).

Selon **Gaagai, (2009)** le sous bassin de Oued El Arab qui appartient au grand bassin versant de Chott Melrhir possède un climat semi aride, peu pluvieux en hiver et très chaud et sec en été avec des vents parfois violents.

## 2. Echantillonnage

### 2.1. Prélèvement

L'échantillonnage a été réalisé en avril 2019 conformément à la norme AFNOR homologuée T90-354, deux zones de prélèvement ont été choisies

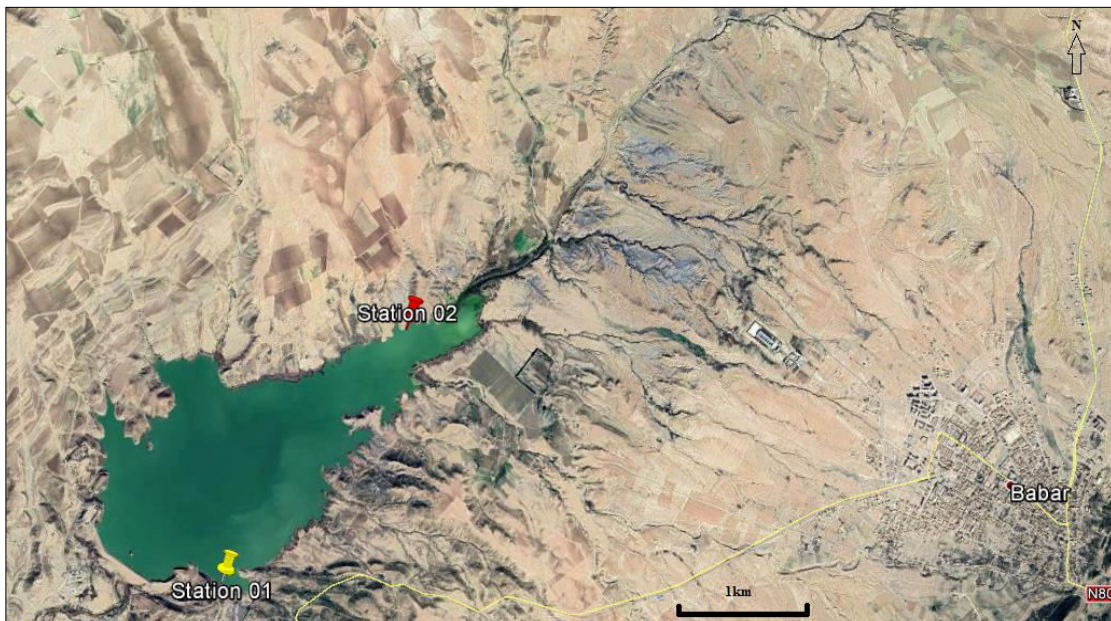
-Station 01 en Aval

Coordonnées géographiques : X1 : 35.16 Y1 : 7.02 Z1 : 905m

-Station 02 en Amont :

Coordonnées géographiques : X2 : 35.18 Y2 : 7.04 Z2 : 914m

Cinq pierres immergées à environ 20-30 cm de profondeur, sont choisies le biofilme est gratté à l'aide d'une brosse à dent sur une surface de 10 cm<sup>2</sup>. Ensuite nous avons additionné de formol (ou lugol) à 30%, à raison d'une concentration finale de 3% à la suspension brute récoltée. Les échantillons sont gardés au frais et à l'obscurité jusqu'au moment du traitement en laboratoire.



**Fig.07:** Situation géographique des points de prélèvement (Google earth, 2019)



**Fig.08** : Cinq pierres immergées choisies



**Fig. 09** : Biofilme récolté



**Fig .10** : Biofilme conservé avec formol ou lugol

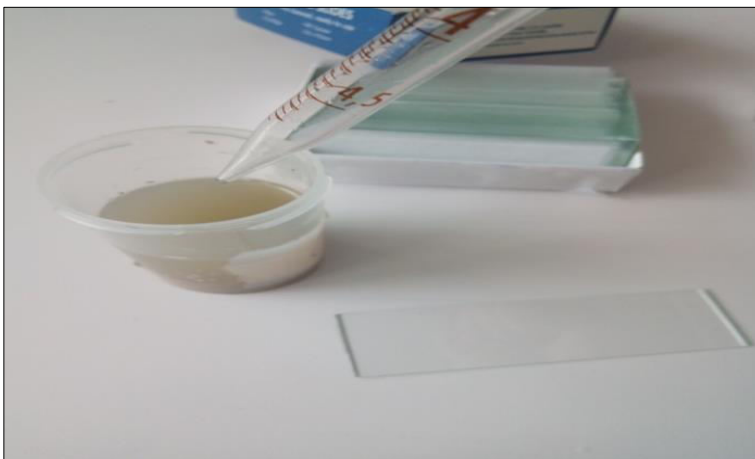
## 2.2. Préparation du matériel diatomique

La suspension contenant les diatomées doit être montée entre lame et lamelle pour l'analyse au microscope, pour la préparation du matériel diatomique on doit :



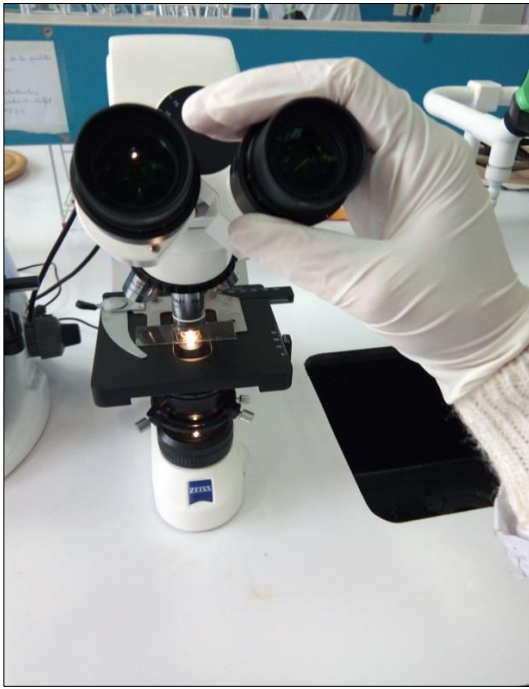
**Fig .11** : Préparation de l'échantillon et du matériel

- Remuer la suspension et prélever 1 ml d'échantillon, ensuite déposer uniformément sur la lame (préalablement nettoyée à l'alcool) il faut préparer trois lames pour le même échantillon. Laisser sécher les lames à température ambiante et à l'abri de la poussière et lorsque les lames sont sèches, déposer la lamelle sur la lame.



**Fig.12** : Prélèvement de 1ml de la suspension

-La lecture des lames se fait par balayage en recouvrant toute la surface de la lame, sous microscope au grossissement 400x.



**Fig .13:** Observation microscopique et dénombrement

Pour chaque observation nous avons noté :

- le numéro de l'échantillon
- Dessiner des esquisses et dénombré les diatomées
- Prendre en photo les diatomées afin de faciliter l'identification.
- L'identification on utilisant la clé de détermination et la base de données du logiciel OMNIDIA.
- Un comptage est effectué sur 400 diatomées, afin de dresser un inventaire taxonomique, trois répétitions pour chaque point de prélèvement en comptabilisant 400 diatomées pour chaque lame.
- les résultats étant exprimés par l'abondance relative (en % ) de chaque taxon (moyenne / 1200 diatomées dénombrées)

### **3. Indices de la qualité des eaux**

#### **3.1. Calcule de l'I.B.D et l'I.P.S**

Après identification des diatomées, L'utilisation de la version 4.2 du logiciel OMNIDIA à permet de calculer l'I.B.D. et l'I.P.S pour chaque station, ce logiciel permet de classer un grand nombre d'espèces selon leur sensibilité ou leur tolérance à la pollution, notamment organique et azotée. En fonction des altérations de la qualité des eaux, les diatomées réagissent par des variations qualitatives et quantitatives de leur peuplement.

-L'IBD traduit plus particulièrement le niveau de pollution organique (saprobie) et trophique

(nutriments : azote, phosphore). Il est également susceptible d'être impacté par la contamination par des toxiques (micropolluants minéraux ou synthétiques). Il s'exprime par une note allant de 0 à 20. Plus la note est élevée, meilleure est la qualité biologique du milieu. Lorsqu'un rejet pollue une eau, la structure de la communauté de diatomées se transforme. Le nombre de diatomées sensibles à la pollution diminue alors que le nombre de diatomées qui tolèrent la pollution augmente. Si la dégradation s'accroît, les espèces sensibles disparaissent presque complètement au profit des espèces tolérantes qui dominent alors la communauté d'algues. C'est cette transformation dans la structure des communautés que l'indice biologique de polluosensibilité (IPS) mesure (**Prygiel et Coste, 2000**).

### **3.2. L'indice de Shannon et Weaver**

L'indice de Shannon et Weaver permet de caractériser la diversité d'un peuplement. Un milieu favorable à l'installation de nombreuses espèces correspond à un indice de diversité élevé (**Prygiel et Coste, 2000**).

### **3.3. L'indice diatomique générique (IDG)**

Le principe de base du calcul de l'indice diatomique générique IDG, s'appuie sur une hiérarchisation des genres du type de celle de l'IBD, en fonction de leur sensibilité globale aux pollutions ; Elle est également pondérée par l'attribution d'une note d'autant plus élevée que la signification écologique du genre est importante. Cet indice est sensible aux modifications de la qualité organique de l'eau et de la nature du substrat (**Prygiel et Coste, 2000**).

### **3.4. Autoécologie**

Il en existe plusieurs, classés selon l'objectif poursuivi : de type saprobique (qui traduit l'enrichissement en matière organique), de type trophique (qui montre l'enrichissement en substances nutritives azote et phosphore), ou bien encore qui exprime l'acidification du milieu. L'auto écologie du peuplement de diatomées est basée sur les classifications de Van Dam et *al.* Elles nous sont données automatiquement par le logiciel OMNIDIA (**Prygiel et Coste, 2000**).

A decorative graphic of a scroll with a light gray gradient and a blue outline. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered within the scroll.

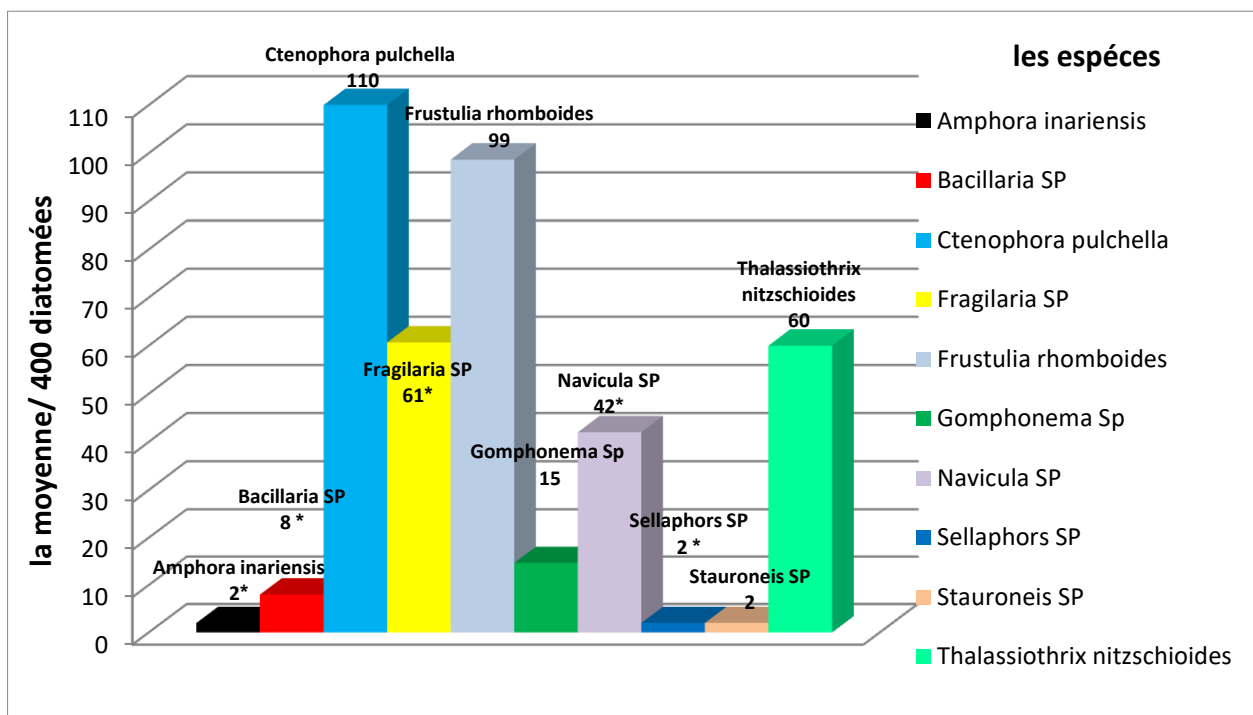
# **Chapitre III :**

## **Résultats et discussion**

1. Résultats

1.1. Genres et espèces identifiées dans la station 01

Le dénombrement des diatomées dans la station 01 (point de sortie des eaux) dans le barrage de Babar -Khenchela, nous a permis d’identifier 10 espèces sur un totale de 1200 frustules dénombrées. le nombre le plus élevé est attribué aux espèces : *Ctenophora pulchella*, *Frustulia rhomboïdes* et le genre *Fragilaria Sp* avec respectivement une moyenne de 110 et 99 et 61 unités sur 400 diatomées dénombrées, pour les espèces les moins présentes dans nos échantillons avec une moyenne de 2 diatomées sur 400 on trouve les espèces : *Amphora inariensis* ,*Sellaphors Sp* ,*Stauroneis Sp*. **Fig .14**



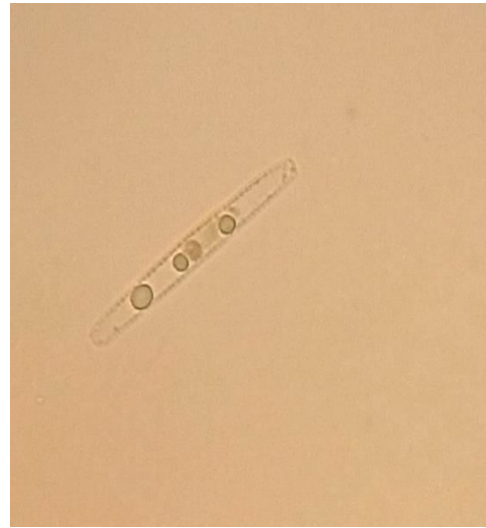
\*Espèce absente dans les échantillons de la station 02

**Fig. 14** : Genres et espèces identifiées dans la station 01 point de sortie des eaux dans le barrage de Babar-Khenchela.

*Espèces identifiées dans la station 01*



**Photo 01 :** *Amphora inariensis*







**Photo 02 :** *Bacillaria sp*



**Photo 03 :** *Fragilaria Sp*

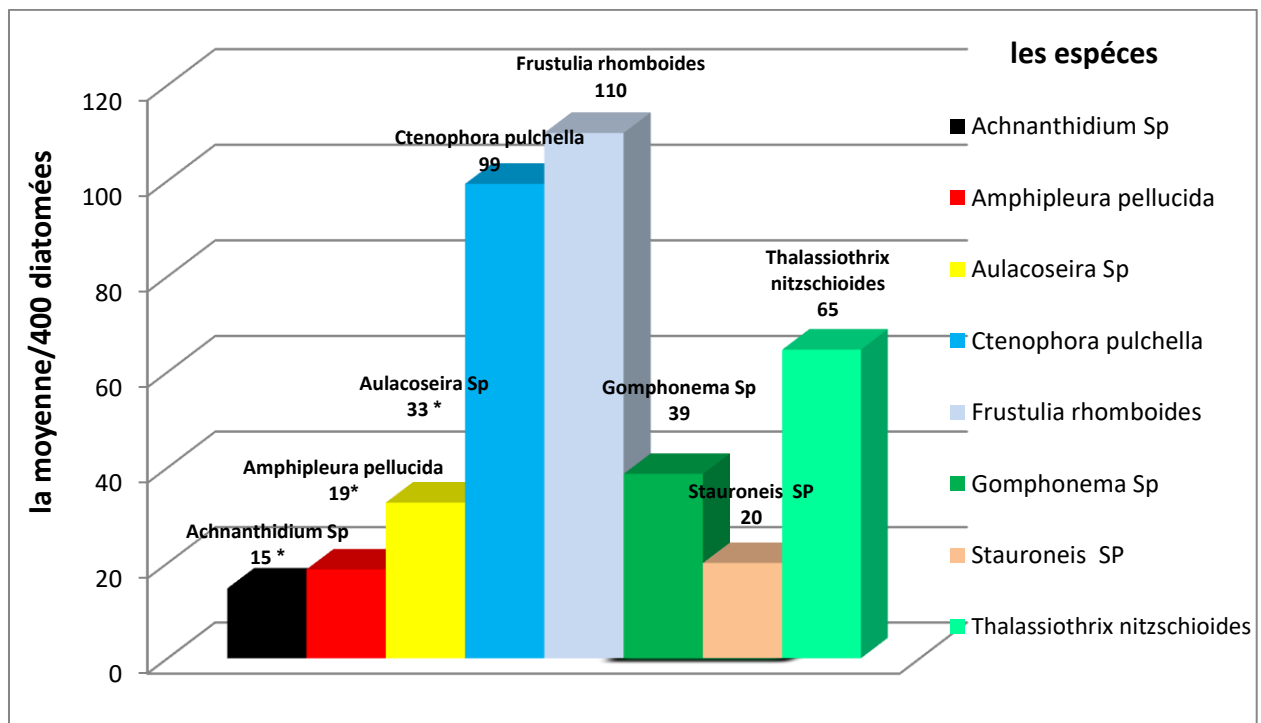


**Photo 04:** 1- *Thalassiothrix nitzschioides*  
2- *Frustulia rhomboides*

	
<p><b>Photo 05</b> : 1-<i>Gomphonema Sp</i> 2- <i>Navicula Sp</i></p>	<p><b>Photo 06</b> : 1-<i>Stauroneis Sp</i> 2-<i>Ctenophora pulchella</i></p>
	
<p><b>Photo 07</b> :1- <i>Ctenophora pulchella</i> 2- <i>Sellaphora Sp</i></p>	<p><b>Photo 08</b> : <i>Navicula Sp</i></p>

1.2. Genres et espèces identifiées dans la station 02


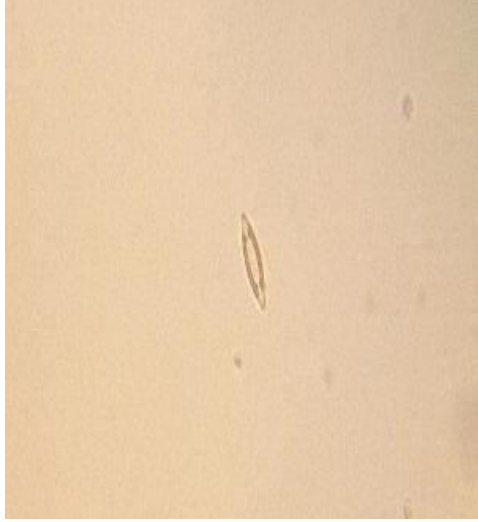


Le comptage des diatomées dans la station 02 qui présente le point d'entrée des eaux dans le barrage. Nous a permis d'identifier 08 espèces et genres sur un totale de 1200 frustules dénombrées, le nombre le plus élevé est attribuer aux espèces *Frustulia rhomboïdes*, *Ctenophora pulchella*, *Thalssiothrix nitzschoïdes* avec respectivement une moyenne de 110-99 et 65 unités sur 400 diatomées dénombrées, concernant les espèces les moins présentes dans nos échantillons avec une moyenne de 15 diatomées sur 400 on trouve les espèces du genres : *Achnantheidium Sp* .Fig. 15




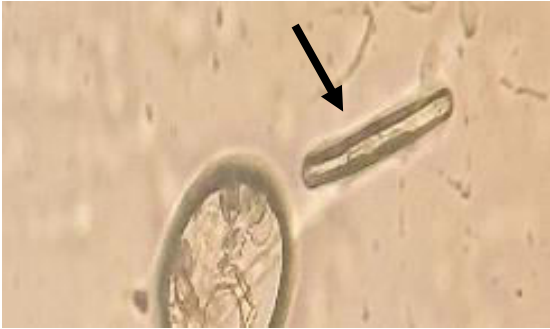


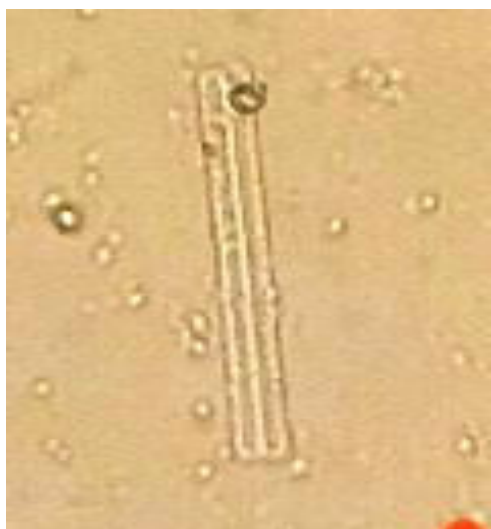
\*Espèce absente dans les échantillons de la station 01

Fig .15: Genres et espèces identifiées dans la station 02 point d'entrée des eaux dans le barrage de Babar-khenchela

*Espèces identifiées dans la station 02*

	
<p><b>Photo 01 :</b> <i>Thalssiothrix Nitzshoides</i></p>	<p><b>Photo 02 :</b> <i>Stauroneis Sp</i></p>
	
<p><b>Photo 03 :</b> <i>Gomphonema Sp</i></p>	<p><b>Photo 04 :</b> <i>Frustulia rhomboides</i></p>

	
<p><b>Photo 05</b> : <i>Ctenophora pulchella</i></p>	<p><b>Photo 06</b> : <i>Aulacoseira Sp</i></p>
	
<p><b>Photo 07</b> : <i>Amphipleura pellucida</i></p>	<p><b>Photo 08</b> : <i>Achantidium Sp</i></p>



**Photo 09:** *Aulacoseira Sp*

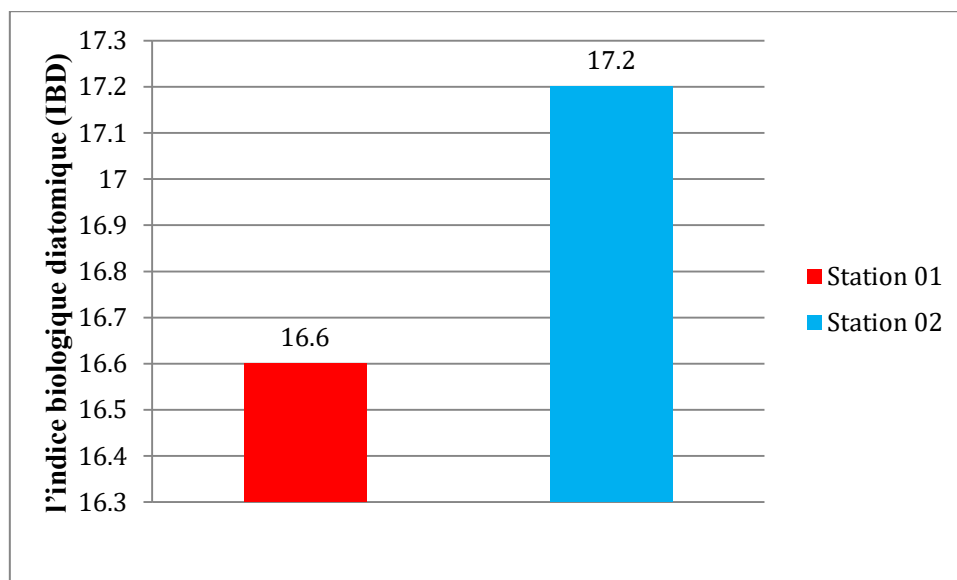
### 1.3. Indices diatomiques

#### 1.3.1. L'indice biologique diatomique (IBD)

La figure 16 illustre les valeurs de l'indice biologique diatomique (IBD) des deux stations, point d'entrée et de sortie des eaux dans le barrage de Babar.

L'IBD traduit plus particulièrement le niveau de pollution organique (saprobie) et trophique (nutriments : azote, phosphore). Il est également susceptible d'être impacté par la contamination par des toxiques (micropolluants minéraux ou synthétiques).

L'IBD de la station 01 (point de sortie des eaux) est inférieur à celui de la station 02 (point d'entrée des eaux) où nous avons enregistré 16,6 contre 17,2 dans la station 2 avec une augmentation de 3,6 %.



**Fig. 16 :** L'indice biologique diatomique dans les deux stations d'échantillonnages  
Barrage de Babar-khenchela

**Tab. 08 :** L'indice biologique diatomique dans les deux stations d'échantillonnages

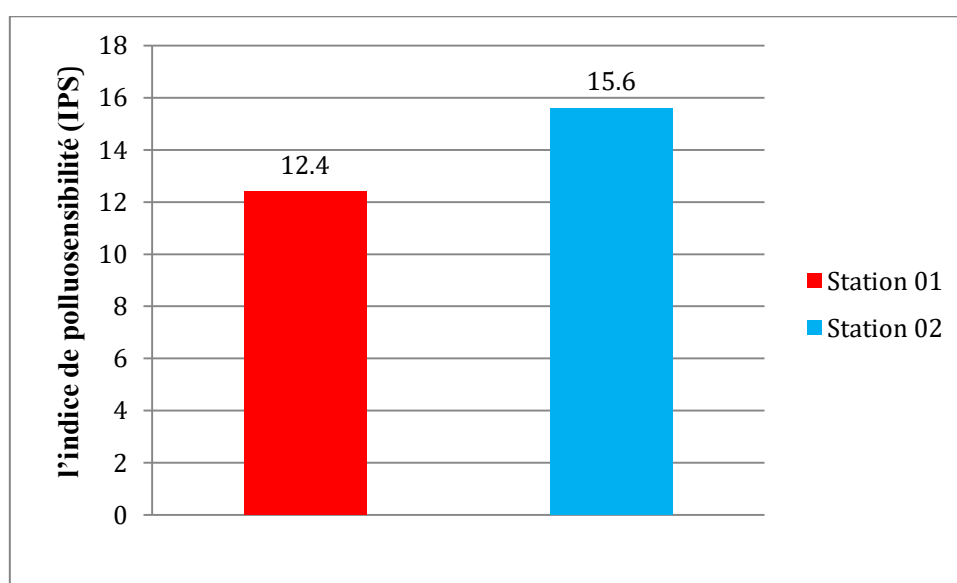
Valeur IBD	(Station 02 =17,2) 17 à 20	(Station 01 = 16,6) 13 à 17
Classe	« A »	« B »
Etat écologique	Très bon état	Bon état

### 1. 3.2. L'indice de polluosensibilité (IPS)

La figure 16 indique les valeurs de l'indice de polluosensibilité (IPS) des deux stations, point d'entrée et de sortie des eaux dans le barrage de Babar.

L'indice de polluosensibilité (IPS) mesure la transformation dans la structure des communautés des diatomées lors d'une pollution.

Nos résultats montrent une différence significative entre les valeurs de L'IPS dans la station 01 et 02, Où nous avons enregistré respectivement 12.4 et 15.6. Avec une augmentation de plus de 25% dans les eaux en amont (station 2) par rapport à celle échantillonnée a la sortie du barrage (station 1).



**Fig.17 :** Valeurs de l'indice de polluosensibilité (IPS) dans les deux stations d'échantillonnages barrage de Babar-khenchela

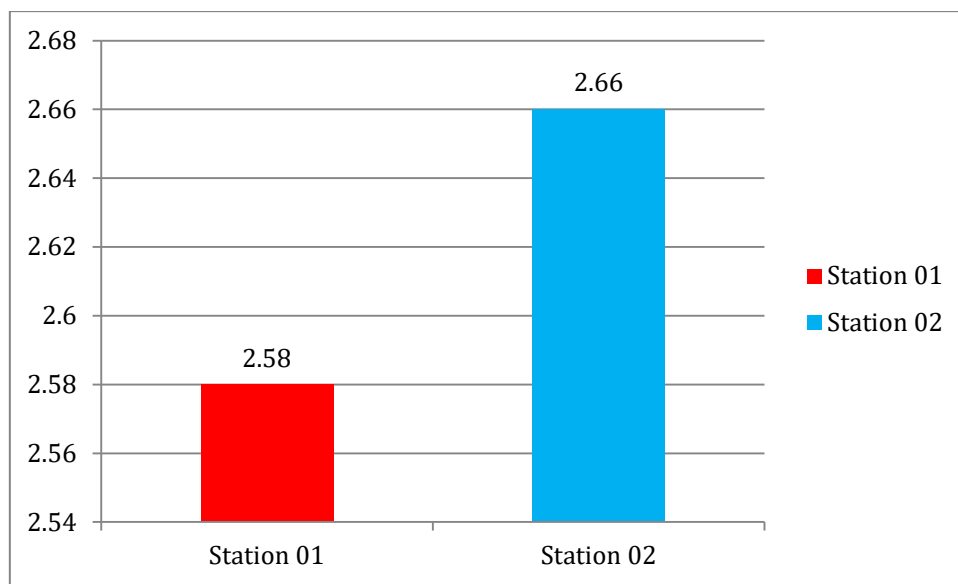
**Tab. 09 :** Valeurs de l'indice de polluosensibilité (IPS) dans les deux stations

Valeur IPS	(Station 02 =15,6) 13 à 17	(Station 01 = 12,4) 09 à 13
Classe	« B »	« C »
Etat écologique	Bon état	Etat moyen

### 1.3.3 L'indice de Shannon et Weaver

La calcul de l'indice de biodiversité Shannon et Weaver dans les eaux du barrage de Babar est représenté par la figure 18 .

L'indice permet de caractériser la diversité d'un peuplement dans un biotope donné. En terme de valeur nos résultats montrent bien une différence minime dans les deux points de prélèvements, point d'entrée et de sortie des eaux. La différence enregistrée entre les deux moyennes est de 0,08 ou 8%.

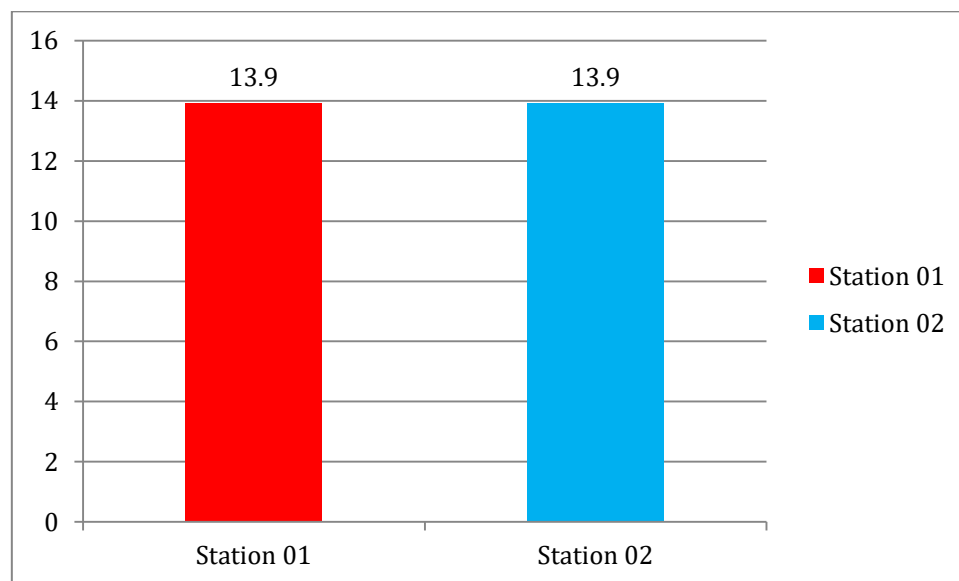


**Fig.18 :** Valeurs de l'indice Shannon et Weaver dans les deux stations d'échantillonnages

#### 1.3.4. L'indice diatomique générique (IDG)

L'indice diatomique générique est sensible aux modifications de la qualité organique de l'eau. Mais il repose sur la sensibilité globale des genres à la pollution.

Nos résultats montrent que les valeurs de L'IDG dans les deux stations sont identiques avec 13,9. Figure 19.



**Fig. 19 :** Valeurs de l'indice diatomique générique dans les deux stations d'échantillonnages

### 1.4. L'indice de l'autoécologie de Van dam et al. (1994)

Van Dam et al. (1994) ont attribué à chaque espèce de diatomée, des valeurs écologiques par paramètres, créant ainsi différentes classes de qualité.

Les tableaux (10, 11,12, 13, 14, 15) résument les résultats de l'indice écologique de Van dam et al. (1994)

#### 1.4.1. Classe de PH

L'analyse de nos résultats à laide de l'indice écologique de van dam et al. (1994) a indiqué une abondance importante des diatomées acidophiles et la classification des diatomées selon leur gradient optimal place le PH des eaux entre :  $7 < \text{pH} > 5,5$ .

Nous avons enregistré aussi un nombre important (150 individus) alcalibiontique caractéristique exclusivement des eaux avec  $\text{pH} > 7$  dans les échantillons de la station 01.

**Tab .10** : Classe de PH selon l'indice écologique de Van dam et al. (1994) dans les deux stations d'échantillonnages.

Station	Van dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	Dominance
01	Classe de PH	0	247	105	0	150	0		(2)Acidophile
02		0	275	0	48	0	0		(2) Acidophile

#### 1.4.2. La salinité

Les deux stations d'échantillonnage montrent un peuplement majoritairement caractéristique des eaux douces où la salinité est inférieure à  $< 0,02 \%$  ( $0,2 \text{ g/L}$ ). Cependant dans la station 01 ; une moyenne de 105 individus dénombrés sont caractéristiques des eaux saumâtre-douce  $0,09 > \text{Salinité} \% < 0,18$ .

**Tab.11** : la salinité selon l'indice écologique de Van dam et al. (1994) dans les deux stations d'échantillonnages.

Station	Van dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	Dominance
01	Salinité	247	5	105	0				(1) douce
02		275	48	0	0				(1) douce

### 1.4.3. La sensibilité à la présence d'azote

Les peuplements des deux stations étudiées sont dominés par des diatomées N-autotrophes tolérant (classe 02) selon l'indice écologique de Van dam et *al.* (1994). On trouve néanmoins une proportion non négligeable de taxons et des individus N-autotrophe sensible (classe 01) au niveau des deux stations d'échantillonnage.

**Tab.12 :** Sensibilité à la présence du nitrogène selon l'indice écologique de Van dam et *al.* (1994) dans les deux stations d'échantillonnages.

Station	Van dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	Dominance
01	Azote	247	379	0	0				(2) N-autotrophe tolérant
02		275	295	0	0				(2) N-autotrophe tolérant

### 1.4.4. L'oxygénation

L'analyse des peuplements des deux stations, indique que l'oxygénation est élevée dans la station 02 lieu d'entrée des eaux dans le barrage avec 100% de saturation en oxygène. Toutefois, quelques individus ou taxons caractéristique des eaux avec oxygénation modérée > 50 % de saturation en oxygène on été identifiés.

En revanche la station 01 est dominée par des diatomées caractéristiques des eaux avec une oxygénation modérée > 50 % de saturation, en présence d'une proportion de taxons des eaux avec une oxygénation basse > 50 % de saturation.

**Tab. 13:** Quantité d'O<sub>2</sub> dissous dans le milieu selon l'indice écologique de Van dam et *al.* (1994) dans les deux stations d'échantillonnages.

Station	Van dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	Dominance
01	Oxygène dissous	247	0	274	105	0			(3) Modérée
02		275	48	248	0	0			(1) élevée

### 1.4.5. Saprobité et affinité à la matière organique

Les résultats de l’affinité des diatomées à la matière organique sont représentés par le tableau 14.

La station 01 est dominé par des espèces et genres « Alpha-mésosaprobe », des taxons tolérants à la présence de la matière organique dans les eaux avec une quantité modérée. Quant à la station 02 la dominance est par des taxons « Oligosaprobés » plus sensible. Nonobstant dans les deux stations on trouve trois classes d’affinité ou de sensibilité à la matière organique (Oligosaprobe, Alpha-mésosaprobe, Alpha-méso/polysaprobe).

**Tab. 14 :** la saprobité selon l’indice écologique de Van dam et *al.* (1994) dans les deux stations d’échantillonnages.

Station	Van dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	Dominance
01	Saprobité	247	0	274	105	0			(3)Alpha-mésosaprobe
02		275	0	248	48	0			(1) Oligosaprobe

### 1.4.6. Etat trophique du milieu

Les résultats obtenus avec cette classification montrent des peuplements assez hétérogènes en termes d’affinité aux matières minérales.

Les peuplements de la station 01 sont dominés par des diatomées qui préfèrent les milieux à très faibles concentrations en nutriments « Eutrophe ».

On trouve néanmoins une proportion non négligeable des diatomées caractéristique des milieux « Oligotrophes ».

Par contre dans la station 02 la dominance est « Oligotrophe » avec un nombre important des diatomées eutrophiles.

**Tab. 15 :** Etat trophique du milieu selon l’indice écologique de Van dam et *al.* (1994) dans les deux stations d’échantillonnages.

Station	Van dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	Dominance
01	Etat Trophique du milieu	252	0	0	0	379	0	0	(5) Eutrophe
02		275	48	0	0	248	0	0	(1) Oligotrophe

## 2. Discussion

Les milieux lenticques (lacs, mares, barrage et étangs ...) sont des eaux stagnantes incapables d'assimiler convenablement les différents rejets étant donné qu'ils ont dépourvus d'un certain pouvoir auto épurateur.

La bio-évaluation de la qualité de ces eaux en mesurant les modifications induites par la pollution sur la structure des communautés de diatomées reste un outil efficace.

Pour l'estimation de la qualité biologique de l'eau du barrage de Babar dans la wilaya de khenchela ; Cinq (05) indices diatomiques ont été testés : l'indice biologique diatomique (IBD), l'indice biologique de polluosensibilité (IPS) l'indice diatomique générique (IDG), l'indice de biodiversité de Shannon et Weaver, et à la fin l'indice de l'autoécologie de **Van dam et al. (1994)** qui attribue à chaque espèce de diatomées, des valeurs écologiques par paramètres, créant ainsi différentes classes de qualité des eaux.

### 1. Taxons observés et indice de biodiversité « Shannon et Weaver »

Le dénombrement des diatomées dans la station 01 (point de sortie des eaux) et la station 02 point d'entrée des eaux nous a permis d'identifier respectivement 08 et 10 taxons.

Les peuplements observés sont globalement pauvres et peu diversifiés dans les deux stations où l'indice de Shannon et Weaver est compris entre 2.58 (Station 01) et 2.66 (Station 02 ). Parmi les taxons les plus dominants on trouve les trois espèces : *Frustulia rhomboïdes*, *Ctenophora pulchell* et *Thalssiothrix nitzschoides* dans les deux stations.

La différence la plus notable entre les deux stations c'est en matière des taxons identifiés, avec l'absence des taxons *Achnantheidium Sp*, *Amphipleura pellucida*, *Aulacoseira Sp* dans la station 01 et les taxons *Amphora inariensis*, *Bacillaria Sp*, *Fragilaria Sp*, *Navicula Sp* et *Sellaphors Sp*. dans la station 02. Cela peut-être expliqué par des propriétés physico-chimiques et état biologique meilleur dans la station 01. Ces résultats différents à celles de **Chaïb et al. (2011)** où ils ont trouvé que la biodiversité est meilleure en amont d'el Oued el Kebir-Tarf qu'à son aval. L'étude de **Daghbouche et Djebaili (2017)** où leur point d'échantillonnage est proche à celui de la station 01 a donné des résultats similaires en termes d'espèces dominantes mais avec 17 taxons recensés et 3,69 comme indice de biodiversité. La pauvreté en matière de biodiversité dans notre étude peut être expliquée aussi par des facteurs abiotiques défavorables qui ont précédé l'échantillonnage sans oublier la probabilité d'un changement dans la qualité des eaux et ses propriétés physico-chimiques.

## 2. Les indices biologique « IBD » « IPS » et « IDG »

Les indices diatomiques IBD, IPS et IDG sont des indicateurs dont l'objectif est l'évaluation de la qualité générale d'eau et qui intègrent des paramètres liées à la présence de la matière organiques, les substances nutritives ainsi que d'autres paramètres, tels les chlorures, la conductivité et le pH.

Nos résultats montrent que l'IBD et l'IPS de la station 01 (point de sortie des eaux) est inférieur à celui de la station 02 (point d'entrée des eaux) en revanche l'IDG est identique.

Selon L'IBD et les classes de la qualité des eaux la station 01 est de « Bon état » et la station 02 est de très bon état (plus la note est élevée, meilleure est la qualité biologique du milieu). Pour L'IPS avec 12,4 et 15,6 il classe les eaux de la station 01 de moyen état écologique et la station 02 de bon état écologique.

L'IPS et L'IBD présente des valeurs toujours satisfaisantes et tend à s'améliorer de l'aval vers l'amont. Ce qu'indique que l'état biologique des eaux dans la station 02 est meilleur.

Selon **Lefèbvre et al. (2012)** Le bon état écologique, est considéré comme atteint lorsque la diversité des espèces et des habitats, les structures et les fonctions écologiques, sont préservées et conformes aux conditions environnementales naturelles existantes.

Les activités humaines et les pressions induites doivent être à un niveau compatible avec la capacité de résilience écologique de l'écosystème.

Pour connaître les valeurs de l'état écologique des eaux des deux stations on utilise l'indice de l'autoécologie de **Van dam et al. (1994)**.

### 3. L'indice de l'autoécologie

Van Dam et al (1994) ont attribué à chaque espèce de diatomée, des valeurs écologiques par paramètres, créant ainsi différentes classes de qualité.

#### 3.1. Classe de PH, la salinité et la sensibilité à la présence d'azote

Le niveau de pH de l'eau est un bon indicateur pour caractériser son niveau de pollution L'indice écologique de van dam et al. (1994) a indiqué une abondance importante des diatomées acidophiles et la classification des diatomées selon leur gradient optimal place le PH des eaux entre :  $7 < \text{pH} > 5,5$  dans les deux stations, signe d'une probable perturbation dans la composition chimique des eaux dans cette zone.

Quoique, dans chaque milieu naturel les eaux ont une valeur de pH propre en fonction du sous-sol de leur bassin versant par exemple :  $\text{pH} > 7$  en régions calcaires où les eaux

sont basiques car fortement minéralisées.

Selon **Gaagai (2009)** les eaux du bassin versant de Oued El Arab qui alimente le barrage de Babar sont marquées par les sulfates qui s'accompagnent tantôt de calcium tantôt de magnésium ce ci est en liaison directe avec la présence des marnes gypseuses, des formations carbonatées notamment les calcaires et les dolomies de l'Albien. Cela explique en partie la présence d'un nombre important (150 individus) alcalibiontique caractéristique exclusivement des eaux avec  $\text{pH} > 7$  dans les échantillons de la station 01. Des résultats similaires enregistrés par **Daghbouche et Djebaili (2017)** avec une dominance des espèces acidophiles où leur point d'échantillonnage est proche à celui de la station 01.

La mesure de pH est un moyen assez simple pour la détection d'une anomalie indiquant la présence probable d'une pollution. Selon l'indice de **Van dam et al. (1994)** nos résultats montrent que les eaux des deux stations ont subi des changements importantes dans leur potentiel hydrogène mais par intermittence vu que la fluctuation entre les classes de pH était grande (classe 02 et classe 05).

Concernant la salinité Les deux stations d'échantillonnage montrent un peuplement majoritairement caractéristique des eaux douces où la salinité est inférieure à  $< 0,02 \%$  (0,2 g/L). Cependant dans la station 01 ; une moyenne de 105 individus dénombrés sont caractéristiques des eaux saumâtre-douce  $0,09 > \text{Salinité } \% < 0,18$ . Parmi les espèces qui présentant un pouvoir osmorégulateur (diatomées euryhalines) pourront être rencontrées à la fois dans des eaux douces et des eaux saumâtres *Fragilaria Pulchella* dans notre étude le taxon *Fragilaria SP* est présent dans la station 01 et absent dans la station 02. Mêmes résultats enregistré par **Daghbouche et Djebaili (2017)** où leurs analyse à classé les eaux à la sortie du barrage comme douces à légèrement saumâtre.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution (**Couture, 2008**). L'étude des facies chimiques des eaux du bassin versant d'Oued El Arab par **Gaagai (2009)** explique en partie la présence des espèces caractéristiques des eaux saumâtre-douce dans notre étude (présence des formations carbonatées notamment les calcaires avec calcium et magnésium).

Pour la sensibilité à la présence d'azote, les peuplements des deux stations étudiées sont dominés par des diatomées N-autotrophes tolérant (classe 02) avec une proportion non

négligeable de taxons N-autotrophe sensible (classe 01). C'est l'inverse de ce qui a été trouvé par **Daghbouche et Djebaili (2017)** peuplement dominé par des diatomées N-autotrophes sensible (classe 01) avec une proportion non négligeable de taxons N-autotrophe tolérant (classe 02) ce qui indique une augmentation de l'azote sous ses différents formes dans notre étude et particulièrement dans la station 01.

L'eau de surface est classée en très bon état environnemental si elle présente toujours un teneur normal en azote et toutes les sources d'azote sont des sources potentielles de nitrate. Généralement l'azote dans les eaux provient surtout des nitrates agricoles et des eaux usées, plus des rejets industriels et rejets diffus issus du lessivage des sols.

Dans notre étude l'augmentation de la teneur en azote (présence de taxons N-autotrophes tolérant) est due éventuellement aux eaux chargées par des formes azotées organiques, ammoniacques et nitrite porté par les oueds qui alimentent le barrage aussi l'activité agricole par des apports d'engrais azotés (d'origine animale ou chimique). Selon **Gaagai (2009)** l'amont d'Oued El Htiba qui se trouve dans le bassin versant du barrage est caractérisé par de fortes teneurs en nitrate aussi l'image satellitaire à haute résolution Alsat-2 a prise le 3 avril 2015 par l'Agence Spatiale Algérienne met en évidence la poussée végétative des parcelles agricoles dans les rives du barrage (**Annexe 5**). Effectivement même si une bonne partie de l'azote apportée est consommée directement par les cultures, une partie notable peut être lessivée par l'eau de pluie.

### 3.2. L'oxygénation, saprobité et l'état trophique du milieu

L'analyse des peuplements dans les deux stations indiquent des valeurs très fluctuantes en fonction des points de prélèvement, il tend à s'améliorer de l'aval vers l'amont. Où l'oxygénation est plus élevée dans la station 02 lieu d'entrée des eaux dans le barrage ces résultats peut être explique par le fait que les eaux dans cette zone sont mieux oxygénées parce qu'ils sont alimentés et renouvelés en permanence ou par alternance par des eaux oxygénées qui viennent des oueds, où les turbulences favorisent une bonne oxygénation de l'eau sur toute sa profondeur. C'est l'inverse dans la station 01 ou les eaux sont plus ou moins stagnantes non alimentée directement par des eaux bien oxygénées, caractérisées par la lenteur ou l'absence de renouvellement des eaux, la faiblesse des courants.

L'oxygénation est liée directement par la saprobie les espèces polysaprobies supportant la décomposition des matières organiques et une oxygénation très faible voire nulle (<10 % de saturation en O<sub>2</sub>), s'opposent aux espèces oligosaprobies ne tolérant que des eaux pauvres en

matières organiques (>85% de saturation en O<sub>2</sub>). Selon **Lavoie et al. (2018)** la classification de saprobité de **Van Dam et al.(1994)** combine les propriétés indicatrices des diatomées pour la présence de matière organique biodégradable et la concertation en oxygène. Effectivement l'indice classe la station 01 comme Alpha-mésosaprobe (Clesse 3 : 25-70 % de saturation en O<sub>2</sub>) et la station 02 Oligosaprobe (classe 1 : >85% de saturation en O<sub>2</sub>).

Cela peut être expliqué par un déséquilibre ou une pollution organique dans la station 01 en comparaison dans la station 02. Cependant la présence des espèces caractéristique des milieux Alpha-mésosaprobe (classe 3) et Alpha-méso/polysaprobe (classe 4) dans les deux stations indique une pollution par de la matière organique qui provient des rejets des eaux usée, montre que ces apports organiques peuvent n'être que ponctuels ou occasionnels.

Selon **Gaagai (2009)** la pollution organique dans le barrage peu être est due aux rejets des eaux usées de la zone urbaine de Babar précisément dans oued el Hatiba en amont.

L'azote et le phosphore, interviennent dans la définition du statut trophique des milieux c'est une classification basée sur la richesse en nutriments. La trophie traduit les phénomènes d'enrichissement de l'eau en sels minéraux nutritifs (phosphore, azote, oligoéléments) à laquelle on associe la notion de production primaire.

Nos résultats ont montré que les peuplements de la station 01 sont dominés par des diatomées caractéristique des milieux à très faibles concentrations en nutriments « Eutrophe » avec une proportion des milieux « Oligotrophes ». Par contre dans la station 02 la dominance est « Oligotrophe » avec un nombre des diatomées « eutrophiles » ces résultats sont en adéquation avec celle de la sensibilité des populations à la présence d'azote et la saprobité parce que les minéraux nutritifs (phosphore, azote, oligoéléments) normalement générées par la minéralisation de la matière organique qui est abondante dans la station 01 que la station 02. Aussi le lessivage des éléments nutritifs des rives du bassin versant aliment le barrage et s'accumulent à la sortie des eaux dans la station 01. Globalement l'indice de l'autoécologie de **Van Dam et al.(1994)** indique que le barrage de Babar a subi par intermittence ou occasionnellement des perturbations ou une pollution par de la matières organique et l'enrichissement par des minéraux.

A decorative graphic of a scroll with a light gray gradient background and a dark blue border. The scroll is unrolled on the left side and has small circular tabs at the top corners. The text "Conclusion et perspectives" is centered on the scroll.

# **Conclusion et perspectives**

A decorative graphic of a scroll with a light gray gradient and a blue outline. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered within the scroll.

# Conclusion et perspectives

### Conclusion et perspectives

La présente étude constitue la première tentative de typologie des assemblages de diatomées et leurs réponses écologiques à l'amont et l'aval (Entrée et sortie des eaux) dans le barrage de BABAR wilaya de kenchela.

Les diatomées qui constituent l'un des meilleurs groupes bio indicateurs des eaux. Elles réagissent directement à la pollution organique puisqu'elles présentent des exigences écologiques spécifiques.

La pauvreté en matière de biodiversité dans notre étude peut être expliquée par des facteurs abiotiques défavorables qui ont précédé l'échantillonnage sans oublier la probabilité d'un changement dans la qualité des eaux et ces propriétés physico-chimique.

Le bon état écologique, est considéré comme atteint lorsque la diversité des espèces et des habitats, les structures et les fonctions écologiques, sont préservées et conformes aux conditions environnementales naturelles existantes.

Les indices diatomiques IBD, IPS et IDG sont des indicateurs dont l'objectif est l'évaluation de la qualité générale d'eau et qui intègrent des paramètres liés à la présence de la matière organiques, les substances nutritives ainsi que d'autres paramètres, tels les chlorures, la conductivité et le pH.

L'IPS et L'IBD présente des valeurs toujours satisfaisantes et tend à s'améliorer de l'aval vers l'amont. Ce qui indique que l'état biologique des eaux dans la station 02 est meilleur, confirmant ainsi les résultats de l'indice de biodiversité qui est légèrement meilleure dans la station 02.

Le plus notable dans les indices de **van dam et al.(1994)** c'est l'augmentation de la teneur en azote (présence de taxons N-autotrophes tolérant) qui est due éventuellement aux eaux chargées par des formes azotées organiques, ammoniacques et

nitrite porté par les oueds qui alimentent le barrage aussi l'activité agricole par des apports d'engrais azotés (d'origine animale ou chimique).

l'oxygénation est plus élevée dans la station 02 lieu d'entrée des eaux dans le barrage ces résultats peut être explique par le fait que les eaux dans cette zone sont mieux oxygénées parce qu'ils sont alimentés et renouvelés en permanence ou par alternance par des eaux oxygénées qui viennent des oueds,

les peuplements de la station 01 sont dominés par des diatomées caractéristique des milieux à très faibles concentrations en nutriments « Eutrophe » avec une proportion des milieux « Oligotrophes ». Par contre dans la station 02 la dominance est « Oligotrophe » avec un nombre des diatomées « eutrophiles »

À l'issu de ce travail et au vu des résultats obtenus il semble que le barrage de Babar a subi par intermittence ou occasionnellement des perturbations ou une pollution par de la matière organique et l'enrichissement par l'azote sous ses différentes formes chimiques.

Les diatomées pourrait constituer un organisme très intéressant à exploité dans le cadre de la bio-évaluation de la qualité des eaux cependant des études complémentaires s'imposent, il serait en effet intéressant de faire une bio-évaluation diatomique à différentes période de l'année.

## Références bibliographique

### A

- 1) **Agence de l'eau seine normandie, (2014)**. Les écosystèmes aquatiques, 77-87P.
- 2) **Angelier, E. (2000)** : Paris, écologie des eaux courantes, Techniques et Documentation, 199p. .
- 3) **Achour, S., Modjad, H., Hellal, H., & Kelili, H. (2019)**: Optimization tests of clarification and disinfection processes of water dam of kenchela area (eastern algeria). Larhyss journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2602-7828, (37), 151-174.
- 4) **Alain, B. (1999)**: Les diatomées, indicateurs de la qualité de l'eau: une collaboration avec les agences de l'eau, Cemagref: avancées et perspectives scientifiques. bordeaux, France 130.
- 5) **Angelier, N. (2000)**: En termes écosystémiques, le plan d'eau offre un habitat lentique qui contraste avec l'habitat lotique des eaux courantes.

### B

- 6) **Beyene, A., Addis, T., Kifle, D., Legesse, W., Kloos, H., Et Triest, L. (2009)**: Comparative study of diatoms and macroinvertebrates as indicators of sewer water pollution: Case study of the Kabena and Akaki rivers in Addis Ababa, Ethiopia. Ecol. Indic., 9, 381-392p.
- 7) **Benoit-Chabot, V. (2014)**: Les facteurs de sélection des bio-indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques: élaboration d'un outil d'aide à la décision (Doctoral dissertation, éditeur non-identifié) Maitrise en environnement université de Sherbrooke. 118p.
- 8) **Bonnard, R., Lafont, M., & Le Pimpec, P., (2003)** : Notions d'hydroécologie et de (1) qualité biologique des eaux courantes. Ingénieries-EAT, (33), 3p.
- 9) **Bernard, G. (2016)** Panorama des services écosystémiques des tourbières en France. Quels enjeux pour la préservation et la restauration de

ces milieux naturels? Pôle-relais tourbières –fédération des conservatoires  
d'espèces naturels, 47p.

**10) Barroin, G. (1985)** La dénitrification en milieu lentique. Revue française des sciences de  
l'eau, 4(1), 79-82p.

## C

**11) Carignan, V., Villard, M., (2002):** Selecting indicator species to monitor  
ecological integrity: a review. environmental monitoring assessment, vo. 78, no 1 : 45-  
61p.

**12) Chouteau, C. (2004):** Développement d'un biocapteur conductimétrique bi-enzymatique à  
cellules algales (Doctoral dissertation, Lyon, INSA).

**13) Chaib, N., Alfarhan, A.H., Al-Rasheid, K.A.,  
et Samraoui, B., (2011):** Environmental determinants of diatom assemblage along a  
North African wadi, the Kebir-East Algeria. journal of Limnology, 70(1), 33-40.

**14) Couture, I. (2008):** Analyse d'eau pour fin d'irrigation. Montérégie-est,  
MMAPAQ. France. 7p.

## D

**15) Duke, E.L. et Reimann, B.E.F., (1977):** Chapitre 3: ultrastructure of the  
diatom cell. - In: Werner, D. (ed.) The Biology of Diatoms. Bot. Monogr. 13. The  
W Blackwell Sci. Publ. 65-109

**16) Davies, B., Biggs, J., Williams, P., Whitfield, M., Nicolet, P., Sear, D., Bray,  
S. et Maund, S., (2008):** Comparative biodiversity of aquatic habitats in the

European agricultural landscape. Agriculture, Ecosystems & Environment 125(1-4):  
1-8.

### E

17) **Erik, N.(2008)**: impact des infrastructures linéaires de génies sur les écosystèmes et la biodiversité de la faune et de la flore aquatiques Volume II : Cas de la pollution routière et des chantiers routiers - Faune et flore aquatiques.- Ministère de l'écologie, française , France 66 p.

### G

16) **Genin, B., Chauvin, C., et Ménard, F.,(2003)**: Cours d'eau et indices biologiques: pollution, méthodes, IBGN. Educagri editions.

17) **Gaagai, A.(2009)**: Etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant du barrage de Babar sur Oued El Arab, Est de l'Algérie. Mémoire de Magister hydraulique, Université de Batna, Algérie, 113p.

### H

18) **BOUAFIA, H.(2015)**: Hydrodynamique souterraine et transfert des (couplage architecture stratigraphique, vulnérabilité et risque réservoirs profonds de pollution) dans la région de Khenchela vu de mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister université d'Annaba 133p.

19) **Hade, A.(2003)**: Nos lacs: les connaître pour mieux les protéger. Les éditions fides.

### I

20) **IBGE (institute Bruxellois pour la gestion de l'environnement), (2005):**Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface:cadre général.les données de l'IBGE: "l'eau à Bruxelles" Novembre 200

### J

21) **Jüttner, I., Rothfritz, H., et Ormerod, S. J., (1996):**Diatoms as indicators of river quality in the nepalese middle hills with consideration of the effects of habitat-specific sampling. *Freshwater Biology*, 36(2), 475-486.

22) **Jantaporn, W.,(2016):** Technologies membranaires innovantes pour la réutilisation des eaux

### K

23) **Kaiser, J. (2001):**Bioindicators and biomarkers of environmental pollutions and risk assessment. Hartford, Science Publishers: 301p.

### L

24) **Launois, L.(2011) :** Impact des facteurs anthropiques sur les communautés piscicoles lenticales: vers l'élaboration d'un indice poisson (Doctoral dissertation, Aix-Marseille).

25) **Lefebvre, A., Belin, C., Camus, P., Gernez, C., et Gohin, F., (2012):**La directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM-2008/56/EU)- caractéristique du Bon état écologique (BEE) pour le descripteur 5 lié à l'eutrophisation. Report Ifremer.

## M

26) **Markert, B.A., Breure, AM., and Zechmeister, H.G.,(2003):**Bioindicators and Biomonitoring. Principales concepts and applications. Vienne, Elsevier: 997p.

27) **Mann, D, G., Droop, S, J, M., (1996):**Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *hydrobiologia*.336: 19-32p.

## N

28) **Novotny, V.(2003)** Water quality: diffuse pollution and watershed management. In Water quality: diffuse pollution and watershed management. John Wiley et Sons. 864 p.

## P

29) **PDARE, (2009):** Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau, Rapport de synthèse de la région hydrographique du Cheliff, 266 p.

30) **Prygiel, J. et Coste, M.,(2000):** Guide Méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées. NF T 90-354. Etude agences de l'eau- Cemagref bordeaux, march 2000, agences de l'eau: 134p.

## R

31) **Roy, L.(2017):** Eaux industrielles contaminées: réglementation, paramètres chimiques et biologiques & procédés d'épuration innovants. Presses universitaires de Franche-Comté.

## S

**32)Sauvanet, J. (2016):**Rapport d'etude, Evaluation de la qualité physico-chimique et biologique de la Dore Moyenne et de ses affluents: 25p.

**33)Shiklomanov, I.(1993):** Water in Crisis: a Guide to the World's Fresh Water Resources, Oxford.

**34) Stevenson, R.J. et Pan, Y.,(1999):** Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. - In: Stoermer, E.F. et Smol, J.P. (eds.), The Diatoms - Applications for the Environmental and Earth Sciences. Cambridge University Press. 11-40.

## T

**35)Treguer, p, d.M. Nelson, A.J. Van Bennekom, d.J de Master, A. leyNAert et quegui Ner, B.,(1995):** The silica balance in the world ocean: a reestimate. Science, 268: 375-37.

## V

**36)Vindimian, E.(1999):** La biosurveillance de l'environnement. In 9. Congrès International de Métrologie (pp. 655-658).

## W

**37)Williams, P., Whitfield, M., Biggs, J., Bray, S., Fox, G., Nicolet, P. et Sear, D.,(2004):** Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. Biological Conservation 115(2): 329-341.

38) Van Dam,H.,Martens,A.,etSinkldam,J.,(1994):A coded check-list and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands.Neth.J.Aquat.Ecol.28:117-133.

### Site web:

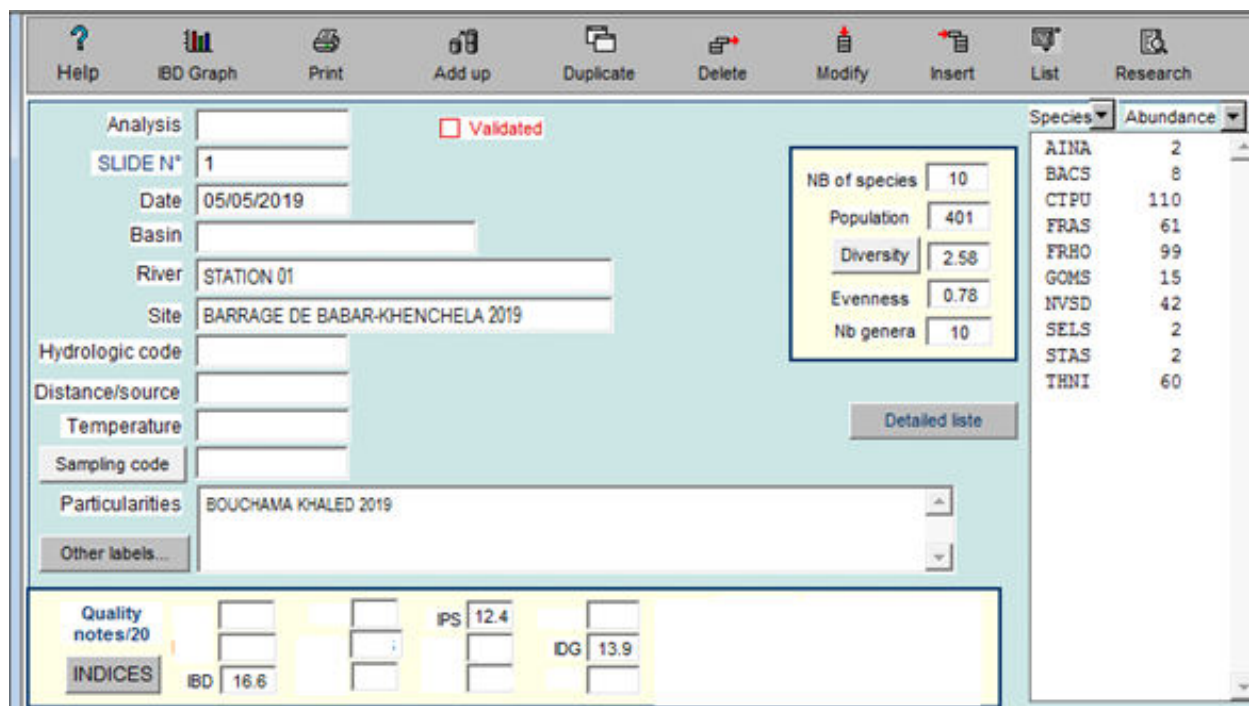
1)<https://www.yumpu.com/fr/document/view/17289511/13-les-ecosystemes-aquatiques-agence-de-leau-seine-normandie>

2)<https://www.asal.dz/babar-khenchela.php>.



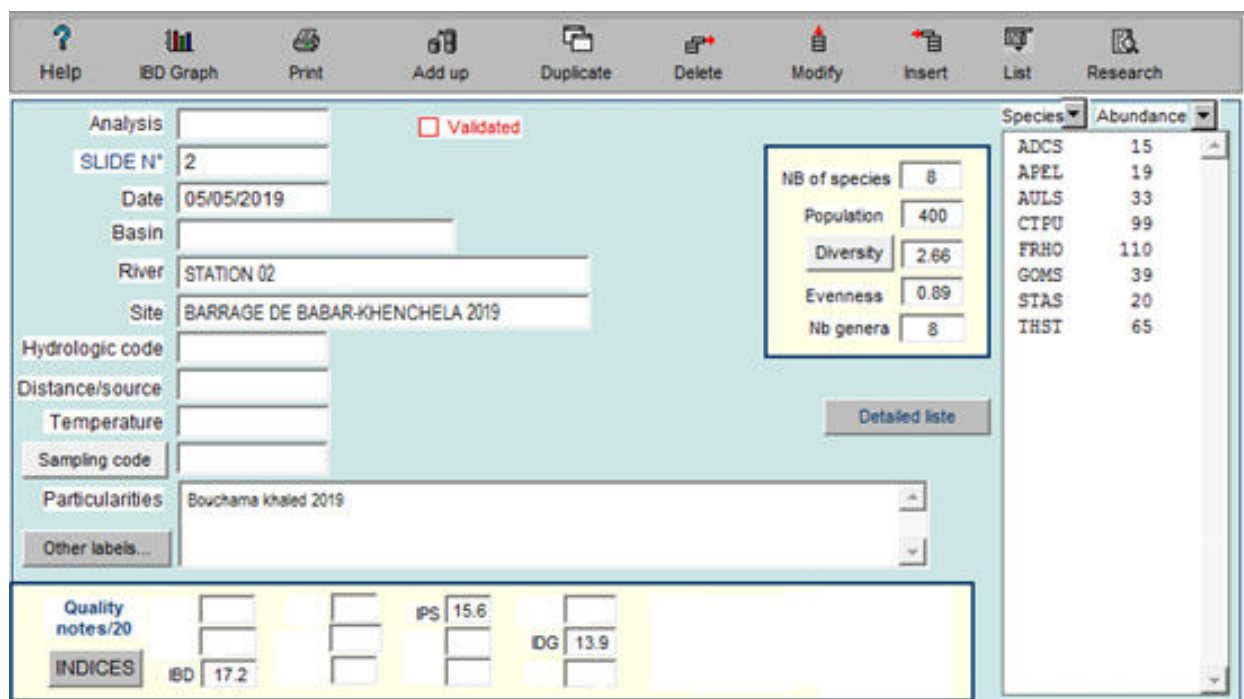
# **Annexes**

**Annexe 01 : Résultats des différents indices (station 01 d'après OMNIDIA)**



Species	Abundance
AINA	2
BACS	8
CTPU	110
FRAS	61
FRRO	99
GOMS	15
NVSD	42
SELS	2
STAS	2
THNI	60

**Annexe 01 : Résultats des différents indices (station 02 d'après OMNIDIA)**



Species	Abundance
ADCS	15
APEL	19
AULS	33
CTPU	99
FRHO	110
GOMS	39
STAS	20
THST	65

**Annexe 03 : Résultats de l'indice de Van dam (station 01)**

(abundance/1000)	1 BARRAGE DE BABAR-KHENCHELA 2019 05/05/2019							
Van Dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	DOMINANT
PH classes	0	247	105	0	150	0		2 acidophile
Salinity	247	5	105	0				1 douces
Nitrogen uptake	247	379	0	0				2 N-autotrophe tolérant
Oxygen requirements	247	0	274	105	0			3 modérée
Saprobity	247	0	274	105	0			3 Alpha-mésosaprobe
Trophic state	252	0	0	0	379	0	0	5 eutrophe

**Annexe 04 : Résultats de l'indice de Van dam (station 02)**

(abundance/1000)	2 BARRAGE DE BABAR-KHENCHELA 2019 05/05/2019							
Van Dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	DOMINANT
PH classes	0	275	0	48	0	0		2 acidophile
Salinity	275	48	0	0				1 douces
Nitrogen uptake	275	295	0	0				2 N-autotrophe tolérant
Oxygen requirements	275	48	248	0	0			1 élevée
Saprobity	275	0	248	48	0			1 oligosaprobe
Trophic state	275	48	0	0	248	0	0	1 oligotrophe

**Annexe 05 :** image satellitaire par l'Agence Spatiale Algérienne met en évidence la poussée végétative des parcelles agricoles dans les rives du (03 avril 2015)

