



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** : Ecologie fondamentale et appliquée

**Thème :**

**Utilisation des diatomées comme bioindicateurs  
de la qualité des cours d'eau dans la région  
d'ain mimoun -khenchela-**

**Présenté par :**

 **LAKHZOUM Hicham**  
 **BOUZIDI Rabie**

**Devant le jury :**

<b>Président</b>	<b>MAAMAR Hichem</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>Examineur</b>	<b>LARBAA Rabah</b>	<b>MCB</b>	<b>Université de Khenchela</b>

**Date de soutenance : 20-06-2018**

**2017-2018**

## 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 sont considérées comme des bioindicateurs de la qualité des cours d'eau et des plans d'eau, Dans ce contexte cette étude à pour objectif d'évaluer l'impact environnemental anthropique et industriel sur un cours d'eau dans la région d'Ain Mimoun, Khenchela, très proche d'une unité de traitement du minerai de barytine. En mesurant les modifications induites par la pollution sur la structure des communautés de diatomées. Les résultats montrent que les indices IBD, IPS, IDG et Shannon et Weaver, et van dam ont donné une évaluation réaliste de la qualité de l'eau de la trois station du cours d'eau, elles montrent toutes de nets signes de perturbations dans la station 03, l'état de santé du cours d'eau est influencé par des rejets de l'unité de traitement du minerai de barytine qui dégradent la qualité des eaux et modifient la biodiversité de ces écosystèmes.

Mots clés : Algues brunes, bioindicateurs, pollution industriel, indice diatomique,

biodiversité

## **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 are considered as bioindicators of the quality of water. In this context, this study aims to evaluate the anthropogenic and industrial environmental impact on a oued in the region of Ain Mimoun, Khenchela, very near of a barite ore processing unit. By measuring pollution-induced changes in diatom community structure. The results show that the IBD, IPS, IDG, Shannon and Weaver indices, and van dam have given a realistic assessment of the water quality of the three station of the stream. They all show clear signs of disturbances in the station 03, the state of health of the oued is influenced by discharges from the barite ore treatment unit that degrade the quality of the water and modify the biodiversity of these ecosystems

Key word: brown algae, bioindicators, Industrial pollution, Diatomic indices,

Biodiversity .

## ملخص

الدياتومات هي طحالب بنية وحيدة الخلية مهجرية تنمو في العديد من الأنظمة البيئية المائية (باردة أو حارة ، مياه عذبة أو مالحة ، ملوثة أو غير ملوثة). حيث تعتبر من المؤشرات البيولوجية النوعية للمساحات المائية ، لأودية والمجاري المائية ، في هذا السياق تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الأثر البيئي للنشاط الصناعي على مجرى مائي في منطقة عين ميمون ولاية خنشلة ، القريب جدا من وحدة معالجة خام الباريت وهذا من خلال قياس تأثير التلوث علي نوعية الدياتومات المتواجدة.

أظهرت النتائج أن مؤشرات IBD ، IPS ، IDG و Weaver et Shannon ، Van dam أعطت تقييمًا واقعيًا لجودة المياه في النقطة أو المحطة الثالثة القريبة من وحدة معالجة الباريت الخام ، حيث تظهر جميعها علامات واضحة على حدوث اضطرابات في نوعية المياه ، حيث تأثرت الحالة الصحية للمجرى المائي بالمياه الملوثة المستعملة من طرف وحدة معالجة خام الباريت مما أدى إلى تدهور جودة المياه وتغير في التنوع البيولوجي لهذا النظام البيئية.

الكلمات المفتاحية: الطحالب البنية , مؤشر حيوي , التلوث الصناعي , مؤشر الطحالب البنية , التنوع البيولوجي.

# Dédicaces

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que Dieu te garde dans son vaste paradis, à toi

mon père

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur

maman que j'adore.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères ; mon frère aîné et mon deuxième père

Hakim, Mon frère qui me donne des conseils khelifa, Cher frère farouk qui me donne de courage, Mon Cher frère hacene qui les mots sont absents pour le décrire

et mes sœurs et

Tous les petits-enfants de la famille

Ma famille : Lakhzoum

je dédie ce travail dont le grand plaisir leur revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude, et frères de cœur.

Hicham

# Dédicaces

Nous prions Dieu de les garder à jamais dans nos mémoires.

A mes très chers parents ;

A mon père qui nous ont guidés et orientés vers le bon

Chemin.....la réussite

A mon maman, qui nous ont offerts

Tout le courage et la volonté d'étudier avec amour,

A mes frères et mes sœurs

Ma famille Bouzidi

Aux mes chères amis surtout Hichem Salah Toto Ridha

Tous les étudiants de faculté de sciences de la nature et de la  
vie

Tous les étudiants de promotion

Département de Ecologie Fondamentale et appliquée

A tous ceux qui nous sont chers

Merci pour tous.....

Rabie

## Remerciements

*Nos remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr. BOUCHAMA Khaled on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Chers enseignants Vous nous faites l'honneur de présider ce jury LARBAA et MAAMAR Malgré vos occupations. Nous avons beaucoup apprécié vos qualités scientifiques, Professionnelles et humaines. Vous avez avec promptitude accepté de juger ce travail.*

*Nous sommes très heureux de vous compter aujourd'hui parmi les membres de ce jury. Votre disponibilité constante, vos conseils et suggestions nous ont permis d'améliorer profondément la qualité de ce travail. Permettez-nous cher Maître de vous adresser nos sincères remerciements*

*nous oublierai pas mes amis et mes proches pour leurs encouragements au cours de toutes ces années. Merci pour avoir su me divertir et me soutenir jusqu'au bout. et pour sa gentillesse de sa disponibilité et de ses bons conseils qui m'ont accompagné tout au long de ce travail. Et pour leur fidèle amitié.*

*Finalement, nous adresse des remerciements pour les deux famille Lakhzoum et Bouzidi.*

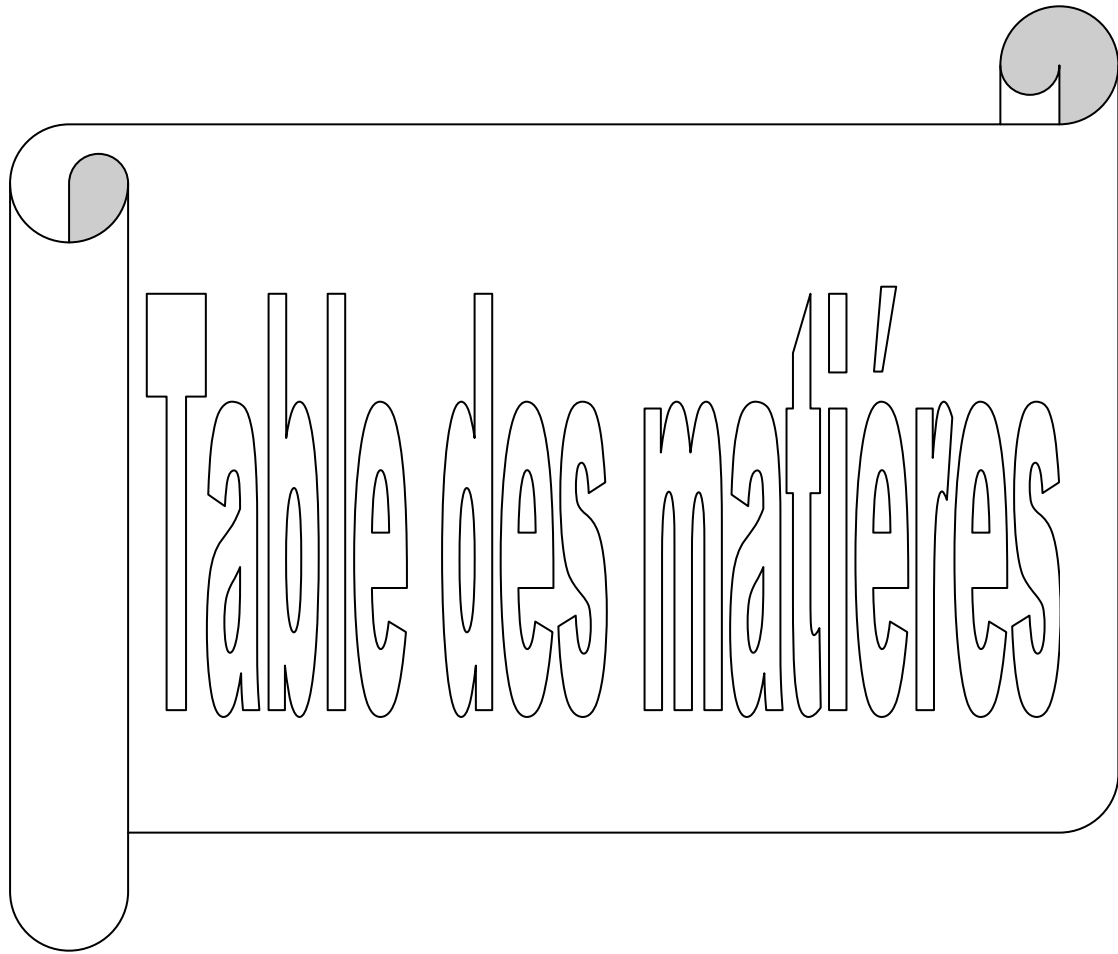


Table des matières

## Table des matières :

- **Résumé**
- **Abstract**
- **ملخص**
- **Dédicaces**
- **Remerciement**
- **Liste des tableaux**
- **Liste des figures**
- **Liste d'abréviation**
- **Introduction générale**

# Chapitre I : Recherche bibliographique

1) Bioindicateur.....	03
1.1. Définition.....	03
1.2. Historique.....	03
1.3. Utilisation des bio-indicateurs pour la surveillance de milieux aquatique.....	04
2) Les diatomées.....	04
2.1. Définition .....	04
2.2. Morphologie.....	05
2.3. La classification des diatomées.....	06
2.4. Cytologie.....	06
2.5. cycle de développement.....	07

2.6. Habitats et modes de vie.....	08
2.7. Les facteurs environnementaux.....	09
2.8. Les diatomées en tant qu'indicateurs biologiques.....	14

## Chapitre II Matériel et Méthodes

1) Présentation et localisation de la zone d'étude.....	16
2) La barytine .....	17
2.1. Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun.....	17
3) Climatologie.....	18
4) Echantillonnage.....	18
4.1.Préparation du matériel diatomique .....	20
5) Indices de la qualité des eaux .....	22
5.1.Calcul de l'I.B.D et l'I.P.S.....	22
5.2.L'indice de Shannon et Weaver.....	23
5.3.Calcul de l'indice diatomique générique (IDG).....	23
5.4.Autoécologie.....	23

## Chapitre I II : Résultats et discussion

1) Résultats.....	24
1.1. Espèces identifiées dans le cours d'eau .....	24
1.2. Nombre et espèces identifiés dans la station 01.....	25
1.3. Nombre et espèces identifiés dans la station 02.....	26

1.4.	Nombre et espèces identifiés dans la station 03.....	27
1.5.	les indices diatomiques.....	28
1.5.1.	L'indice biologique diatomique (IBD).....	28
1.5.2.	L'indice biologique de polluosensibilité(IPS).....	28
1.5.3.	L'indice de Shannon et Weaver.....	29
1.5.4.	L'indice diatomique générique (IDG).....	29
1.5.5.	L'indice de l'autoécologie.....	30
2)	Discussion.....	38
➤	Conclusion générale.....	40
➤	Référence bibliographique.	
➤	Annexes	

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Némuro</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>01</b>	Classification des diatomées selon leur gradient optimal de pH	<b>10</b>
<b>02</b>	Classification des diatomées selon leur préférence de salinité	<b>11</b>
<b>03</b>	Classification des diatomées selon la saprobie	<b>12</b>
<b>04</b>	Classification des diatomées selon leur gradient optimal de température	<b>13</b>
<b>05</b>	Coordonnées géologiques de localisation des points de prélèvement	<b>16</b>
<b>06</b>	Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun (Elluin et al., 2005)	<b>17</b>
<b>07</b>	Indice écologique de van dam station 01	<b>30</b>
<b>08</b>	Indice écologique de van dam station 02	<b>31</b>
<b>09</b>	Indice écologique de van dam station 03	<b>31</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure</b>	<b>Titre de Figure</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	Clé simplifiée de détermination des genres des diatomées d'eau douce(Navicula viridis)	<b>05</b>
<b>Figure 02</b>	Navicula lanceolata avec (A ) et sans contenu cellulaire (B) ( Lavoie et al., 2018)	<b>06</b>
<b>Figure 03</b>	Mode de reproduction asexuée et sexuée	<b>08</b>
<b>Figure 04</b>	Colonie en étoile	<b>09</b>
<b>Figure 05</b>	diatomée Colonie en éventail	<b>09</b>
<b>Figure 06</b>	Diatomée Colonie en chaîne	<b>09</b>
<b>Figure 07</b>	frustule déformés de diatomées	<b>15</b>
<b>Figure 08</b>	Points d'échantillonnage (Google earth, 2018)	<b>16</b>
<b>Figure 09</b>	Baryte (Somibar, 2015)	<b>17</b>
<b>Photo 10</b>	les étapes de prélèvement	<b>19</b>
<b>Photo 11</b>	Préparation de l'échantillon	<b>20</b>
<b>Photo 12</b>	Préparation des lames	<b>20</b>
<b>Photo 13</b>	Utilisation du l'huile d'émersion	<b>21</b>
<b>Photo 14</b>	la fixation des lamelles sur les lames	<b>21</b>
<b>Photo 15</b>	Observation au microscope	<b>22</b>
<b>Figure16</b>	Nombre et espèces identifiés dans les trois stations	<b>24</b>
<b>Figure17</b>	Nombre et espèces identifiés dans la station 01	<b>25</b>
<b>Figure18</b>	Nombre et espèces identifiés dans la station 02.	<b>26</b>
<b>Figure19</b>	Nombre et espèces identifiés dans la station 03	<b>27</b>
<b>Figure20</b>	L'indice biologique diatomique des trois stations	<b>28</b>
<b>Figure21</b>	L'indice de la polluosensibilité dans les trois stations	<b>28</b>
<b>Figure22</b>	L'indice de Shannon et Weaver dans les trois stations	<b>29</b>
<b>Figure23</b>	L'indice diatomique générique dans les trois stations	<b>29</b>

# Liste des sigles et acronymes

- 1- **EPA** :Environmental Protection Agency.
- 2- **MDDEP** :Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.
- 3- **CAPAE-Ouest** :centre-antipoison-environnemental/biodiversité.
- 4- **RNDE** : Le Réseau National des Données sur l'Eau.
- 5- **MA** : million d'année



***Introduction***

***Générale***

### Introduction générale

La protection globale des eaux et de leurs multiples fonctions, notamment en tant que biotopes pour les espèces, ainsi que leur gestion et leur utilisation dans une optique de développement durable sont au cœur des préoccupations actuelles. La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est l'interface entre l'air et le sol, subit les dégradations de ces deux milieux (**Bouziane, 2000**). Les écosystèmes aquatiques font l'objet de nombreuses pressions d'origine anthropique créées par l'urbanisation croissante et l'agriculture intensive (**Oertli et al., 2000 ; E.P.C.N, 2007**). Les différentes activités humaines menacent la diversité, la productivité et la pérennité des milieux lotiques et humides qui sont aujourd'hui les milieux les plus menacés de la planète (**Amis et al., 2007**).

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'intérêt des algues en écologie des systèmes lotiques est aisément défendable, en raison de leur rôle prépondérant dans les cours d'eau. Non seulement producteurs primaires autotrophes et convertisseurs de nutriments inorganiques en formes organiques utilisables par les autres maillons de la chaîne alimentaire, ces organismes jouent un rôle structurant de stabilisation du substrat et de création d'habitat pour les poissons ou les invertébrés (**Morin, 2006**).

Parmi les organismes utilisés comme « bioindicateurs » de la qualité des eaux, les algues, particulièrement les diatomées, occupent une place de choix pour diagnostiquer l'état de santé des rivières, car elles répondent de manière rapide à l'eutrophisation des eaux ainsi qu'aux diverses pollutions (**Round, 1991; Rott et al., 1998; Morin, 2006**).

De plus, les diatomées constituent l'élément essentiel de la flore algale des rivières à la base des chaînes alimentaires en milieu aquatique (**Eulin, 1997 ; Harding *et al.*, 2005**). Elles ont une taille microscopique permettant un échantillonnage quantitatif simple et rapide.

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 facteurs qui déterminent le mode de distribution des espèces de diatomées sont cruciaux pour l'élaboration d'une évaluation de la qualité de l'eau basée sur la surveillance des diatomées. Le but de cette étude était d'étudier la flore de diatomées dans la région 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 .Dans ce contexte cette étude à pour objectif d'évaluer l'impact environnemental anthropique et industriel sur un cours d'eau dans la région d'Ain Mimoun, Khenchela, très proche d'une unité de traitement du minerai de barytine. En mesurant les modifications induites par la pollution sur la structure des communautés de diatomées et les variations de la qualité du cours d'eau dans la région.



*Chapitre I*

**Synthèse**

**Bibliographique**

## 1. Bioindicateur

### 1.1. Définition

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 éco-complexe 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).**

### 1.2. Historique

Les méthodes de bioindication ont fait leur apparition dans la littérature scientifique européenne dès le début du 20<sup>ème</sup> siècle avec la parution, en Allemagne, d'une série d'articles consacrés à l'étude de la qualité de l'eau en relation avec les rejets urbains par la méthode dite des « saprobies » de Kolkwitz et Marsson 1908, 1909, basées sur la description des exigences écologiques des espèces vis-à-vis de la pollution organique. **(Yorick et al., 2012).**

Les premières diatomées marines remonteraient au jurassique (185 Ma), mais leur authentification est discutée et on les connaît surtout à partir du crétacé (Albien / aptien). On ne connaît des diatomées d'eaux douces qu'à partir du Paléocène**(Cyril ,2006).**

La collecte des données biologiques commence dès 1974 dans le bassin de la Seine. Un premier indice diatomique, inspiré des indices biotiques fondés sur les animaux invertébrés, est élaboré. De 1982 à 1988, l'Agence Rhône- Méditerranée-Corse contribue à l'élaboration de trois indices, dont un Européen (1000 relevés). Les valeurs des indices prennent en compte l'abondance des différentes espèces, leur sensibilité générale et leur amplitude écologique**(Cemagref, 1999).**

### 1.3. Utilisation des bioindicateurs pour la surveillance du milieu aquatique

la surveillance de la qualité du milieu basée exclusivement sur le suivi des paramètres physico-chimiques ne permet pas de tirer des conclusions sur la santé de l'écosystème, puisqu'elle ne fournit pas de renseignement sur la qualité de l'habitat et est limitée à l'étude des polluants présents à des concentrations supérieures aux limites de détection des méthodes analytiques (MDDEP, 2008). De plus, cette méthode ne permet pas d'intégrer les effets synergiques, additifs ou antagonistes des divers polluants sur les organismes (Laperche, 2014). La bioindication est donc un outil indispensable pour évaluer la santé des écosystèmes (EPA, 2002).

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). Cette distinction est non négligeable lorsqu'on s'intéresse aux effets des polluants sur les organismes (Kerchove, 2012). Enfin, ils fournissent une indication intégrée des effets spatiotemporels des polluants sur le biote puisqu'ils reflètent le temps total d'exposition au polluant, contrairement aux mesures instrumentales qui prennent les valeurs des paramètres de façon instantanée et localisée (Market et al., 2003).

## 2. Les diatomées

### 1.4. Définition

Les diatomées, du grec *diatomos* (littéralement coupés en deux), Les diatomées ou Bacillariophycées sont des algues brunes, microscopiques, unicellulaires qui constituent le groupe de phytoplanctons eucaryotes non flagellés constitués d'un squelette ou un coque siliceuse bivalve parfois finement ornée. Elles vivent libres ou en colonies où sont fixées à un substrat par une substance gélatineuse, elles produisent à elles seules 40% de l'activité photosynthétique marine totale. Les diatomées

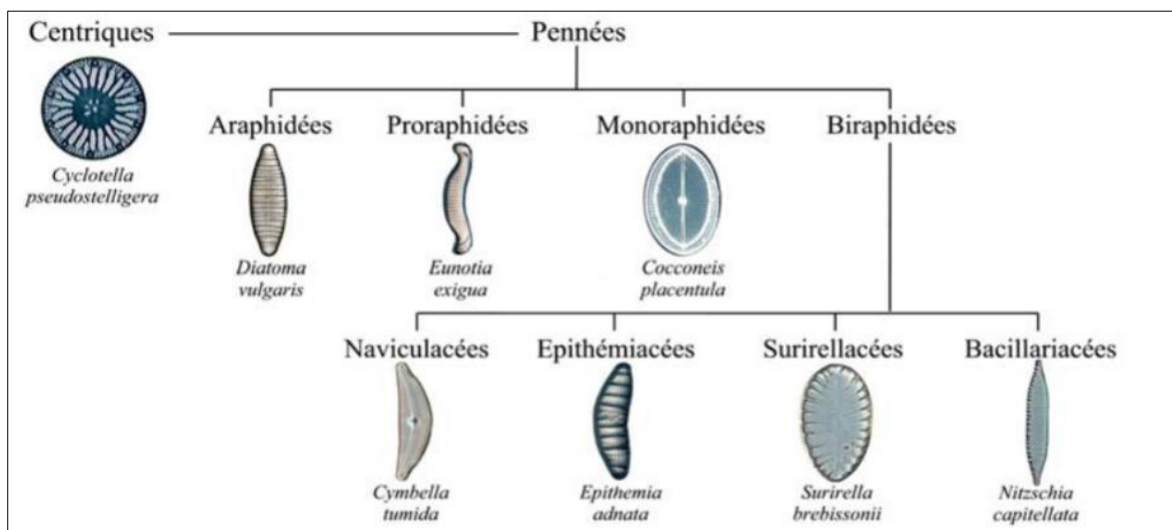
responsables d'environ 20 à 25 % de la productivité primaire à l'échelle de la Terre (Scala and Bowler, 2001; Armbrust et al., 2004;).

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.

### 1.5. Morphologie

Les diatomées sont des organismes unicellulaires dont la taille varie de trois ordres de grandeur, entre 5 nm et 5 mm pour les espèces les plus grandes (Smetacek, 2000). À ce jour plus de 7000 espèces de diatomées réparties en 250 genres différents, ont été identifiées. Cependant, selon certaines estimations de biologistes, seule une infime partie d'entre elles ont été identifiées puisqu'il pourrait en exister au total une centaine de milliers d'espèces à la surface de la terre. on peut classer les diatomées en deux grands groupes, celui des pennées qui présentent une symétrie bilatérale et sont pourvues ou non d'un raphé (raphide et araphide) et celui des centriques avec une symétrie radiale (Simonsen, 1979 ; Round et al., 1990 ). Selon la forme de leur frustule :

- les diatomées centrales ou (centriques) sont apparues sur terre il y a 150 millions d'années et est resté pratiquement inchangé durant toute l'époque tertiaire.
- les diatomées pennales ou (pennées) quant à elles, sont apparues il y a respectivement 70 MA et 50 MA pour les espèces sans et avec raphé.



**Figure.01** : Clé simplifiée de détermination des genres des diatomées d'eau douce

(Coste 1999).

### 2.3. La classification des diatomées

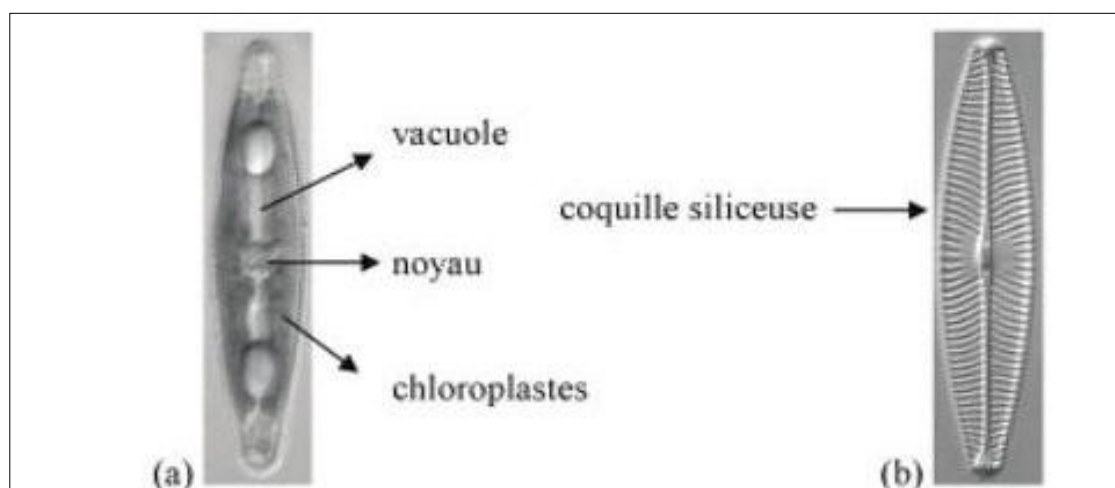
La taxonomie et la classification des espèces de diatomées ont énormément évolué au fil des années et du progrès de la science. Autrefois la taxonomie était basée uniquement sur l'observation au microscope optique. Aujourd'hui, le microscope électronique, l'observation de matériel vivant et la biologie moléculaire ont complètement modifié la taxonomie et la classification.

Depuis leur apparition, les diatomées se sont énormément diversifiées. Dans la classification moderne des espèces, les diatomées sont contenues au sein de la super classe des Bacillariophyta. De manière descendante, les diatomées sont classées de la façon suivante : (classification simplifiée)

- Domaine : 'Eukaryota' (Whittaker and Margulis, 1978).
- Règne : 'Chromalveolata' (Adl and *al.*, 2005).
- Division : 'Stramenopiles' (Patt, 1989).
- Embranchement : 'Ochrophyta' (Caval, 1995) .
- Super classe : 'Bacillariophyta' (Engl and Gilg, 1924).

### 2.4. Cytologie

Cytoplasme et organites Le cytoplasme contient les organites nécessaires au fonctionnement de la cellule :



**Figure.02** : *Navicula lanceolata* avec (A) et sans contenu cellulaire (B) (Lavoie et *al.*, 2018)

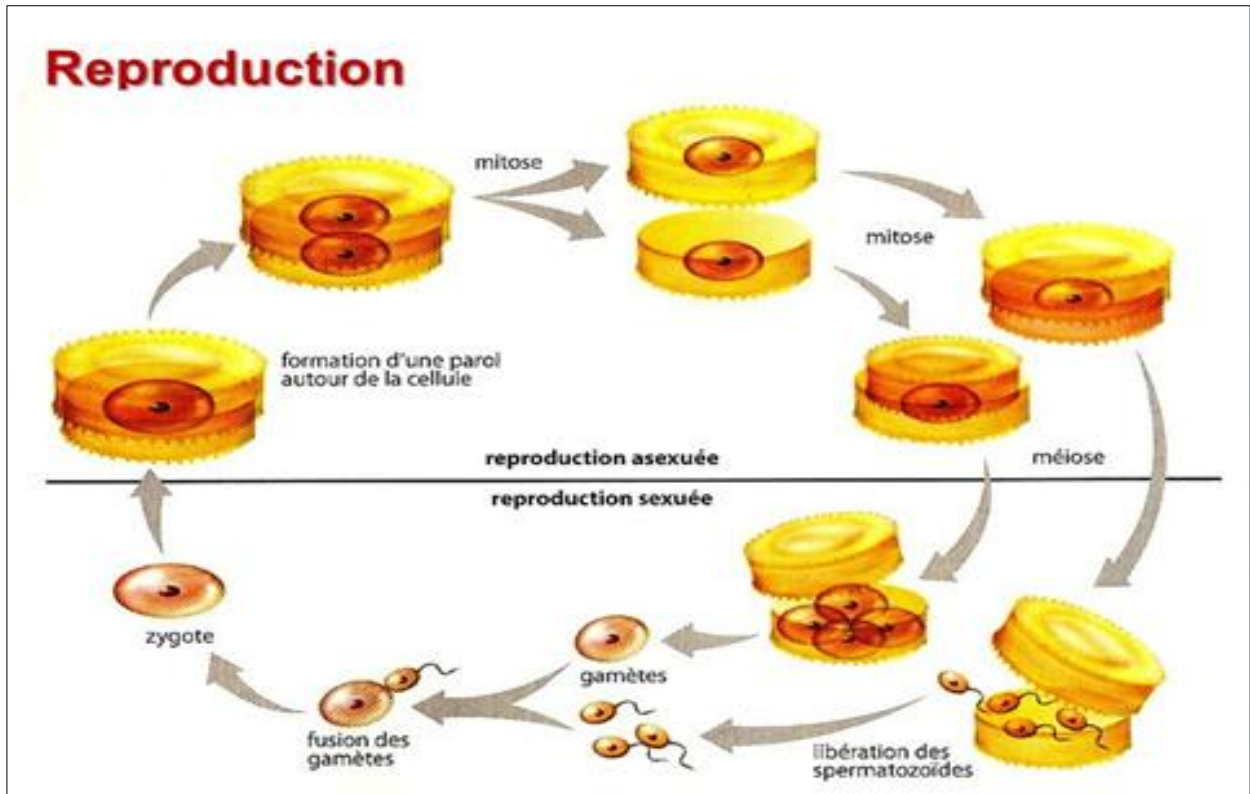
On trouve dans le protoplasme des diatomées les structures propres aux cellules eucaryotes un noyau relativement homogène et un système membranaire avec plasmalemme, réticulum endoplasmique, appareil de Golgi, mitochondries, dictyosomes, vacuoles, chloroplastes d'une couleur brun-jaune, etc. Les pigments photosynthétiques sont des chlorophylles (a et c) et des caroténoïdes ( $\beta$ -carotène, fucoxanthine, diatoxanthine, diadinoxanthine) (Jørgensen, 1977). Une partie de ces organismes est indépendante de l'énergie lumineuse, ce qui lui permet de coloniser jusqu'aux milieux les plus inhospitaliers ; la frustule c'est un exosquelette siliceux. Il s'agit d'une des caractéristiques essentielles des diatomées. Il donne aux diatomées leur résistance (Hellebust et Lewin, 1977).

### 2.5. cycle de développement

Deux types de reproduction sont distingués :

a) **Multiplication végétative** : Les diatomées ont un cycle de vie essentiellement diplophasique. Les cellules diploïdes se multiplient par mitose pendant plusieurs mois, voire plusieurs années. En conséquence, l'une des deux diatomées-filles est de taille inférieure à la diatomée initiale, alors que l'autre fille est de même taille (Cyril, 2006).

b) **Reproduction sexuée** : Les diatomées présentent un cycle monogénétique diplontique, la méiose intervenant lors de la formation du gamète. Chez les diatomées, la reproduction sexuée se caractérise par la production d'un auxospore qui donne naissance à une nouvelle diatomée (Gayral, 1975).



**Figure.03** :Mode de reproduction asexuée et sexuée

(<http://slideplayer.fr/slide/1316279/3/images/20/Reproduction.jpg>)

## 2.6.Habitats et modes de vie

Présentes sous toutes les latitudes, depuis les zones tropicales jusqu'aux pôles, elles se sont adaptées à des conditions et à des milieux radicalement différents des eaux pures aux eaux les plus polluées ; depuis les sources jusqu'aux estuaires et en milieu marin, ainsi que tous les milieux humides (flaques temporaires, voire parois de cavernes à l'obscurité)(RNDE,2000).

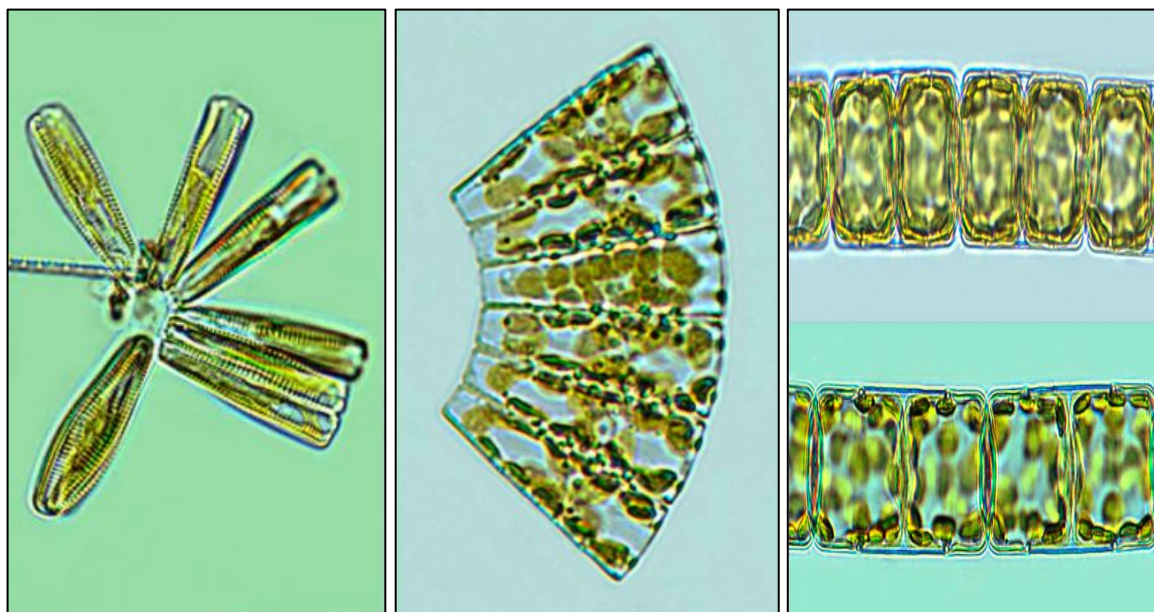
Les diatomées sont considérées comme les algues les plus sensibles aux conditions environnementales .Elles sont connues pour réagir aux pollutions organiques nutritives (azote, phosphore), salines, acides et thermiques, et peuvent aussi apporter des informations sur l'écosystème.

Dans les écosystèmes aquatiques, on distingue :

- **Les diatomées planctoniques** qui vivent libres en suspension dans la colonne d'eau. Elles constituent l'essentiel du phytoplancton dans les parties inférieures des cours d'eau (milieux lenticques, canalisés), et les milieux lacustres et marins. Mises à part

quelques formes pennées, les diatomées planctoniques sont surtout représentées par les diatomées centriques isolées ou associées en chaînes(**Timothée, 2007**).

- **les diatomées benthiques** qui vivent fixées à la surface des objets immergés à une profondeur correspondant à la zone photique des cours d'eau, où la lumière est suffisante pour assurer la photosynthèse. La nature du substrat détermine en général le type de communauté de diatomées qui s'y installent(**Timothée,2007**).



**Figure.04:** Colonie en étoile **Figure.05:** Colonie en éventail **Figure.06 :** Colonie en chaîne  
(<http://www.diatomloir.eu/Diatodouces/Chloroplastes> )

## 2.7.Les facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux comme la lumière, les nutriments ,la température, le PH, et les niveaux de pollution et d'eutrophisation jouent un rôle très important dans le développement et la répartition des diatomées, ce qui en fait un bon indicateur de l'environnement(**Licursi and Gomez, 2002**).

### 2.7.1. La lumière

Puisque la photosynthèse répond directement aux changements de lumière, les fluctuations dans la quantité et la qualité de celle-ci sont potentiellement responsables d'une partie de la variation dans la croissance et la structure de la communauté d'algues benthiques(**Hill, 1996 ; Tuchman, 1996**).

### 2.7.2. Le pH

Le PH est déterminant pour la distribution des diatomées par ses effets induits sur la solubilité de différentes substances et sur la disponibilité du carbone. Ainsi peuvent être distinguées : les espèces acidophiles, neutrophiles et alcaliphiles . (**Prygiel et Coste, 2000**).

Il est bien connu que le pH contrôle plusieurs processus chimiques et biochimiques ainsi que certaines réactions, incluant la balance carbonate-bicarbonate, la disponibilité des nutriments, la solubilité des métaux (particulièrement les métaux toxiques, tel que l'aluminium), et l'activité d'enzymes.

Les diatomées peuvent être classifiées en sept groupes distincts selon leur gradient optimal de pH (**Van Dam et al., 1994**) Tableau (01).

**Tableau N° 01:** 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

### 2.7.3. Les sels dissous

La salinité réfère à tous les anions et cations dissous dans l'eau (Ca, Mg, Na,K, CO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl). Seules les espèces présentant un pouvoir osmorégulateur élevé (diatomées euryhalines) pourront être rencontrées à la fois dans des eaux douces et des eaux Saumâtres eg. *Craticulahalophila*. Les autres, diatomées sténohalines, ne supportent pas de fortes variations de salinité et leur distribution est étroitement liée à la concentration en sel du milieu. Certains chercheurs ont élaborés l'indice de salinité

qui utilise les préférences de salinité des diatomées pour évaluer les concentrations en sels dissous. D'autres études récentes donnent des classifications des diatomées selon la salinité et la conductivité dans les rivières (**Leland et Porter, 2000 ; Prygiel et Coste, 2000**) Tableau (02).

**Tableau N° 02:** Classification des diatomées selon leur préférence de salinité (Van Dam, 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

#### 2.7.4. Trophie

Les diatomées répondent fortement et rapidement aux concentrations en nutriments. On distingue ainsi trois groupes de diatomées en fonction de la richesse du milieu en éléments nutritifs :

- les diatomées oligotrophes qui sont des espèces faiblement tolérantes à l'enrichissement en éléments nutritifs.
- les diatomées mésotrophes qui sont des espèces supportant des concentrations modérées.
- les diatomées eutrophes : qui sont des espèces caractéristiques des milieux riches en éléments nutritifs principalement le phosphore et l'azote.

#### 2.7.5. Saprobie

La 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**).

### 2.7.6. La pollution organique

La quantité de matière organique et la concentration en O<sub>2</sub> dissous peuvent être caractérisées par la saprobie. L'affinité pour les matières organiques étant différente d'une espèce diatomique à une autre, différentes classes de tolérance aux charges organiques ont pu être mises en place, ainsi les espèces polysaprobies supportant la décomposition des matières organiques et une oxygénation très faible voire nulle (*Nitzschiaumbonata*) s'opposent aux espèces oligosaprobies ne tolérant que des eaux pauvres en matières organiques (*Achnanthes minutissima*). Il est également possible de trouver certaines diatomées hétérotrophes obligatoires qui peuvent vivre en absence de lumière par prise chimio-organo trophique, de composés organiques dissous. (Prygiel et Coste, 2000 ; Lavoie et al., 2008) 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).

**Tableau N° 03:** Classification des diatomées selon la saprobie (Van Dam et al., 1994)

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

### 2.7.7. La température

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) Tableau (04).

**Tableau N° 04:** Classification des diatomées selon leur gradient optimal de température

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

### 2.7.8. La teneur en silice

La silice (SiO<sub>2</sub>) est habituellement abondante en eaux douces (sous forme d'acide silicique et de silice particulaire) et est particulièrement importante pour le développement des diatomées (coquille siliceuse).

Le besoin en silice varie d'une espèce à une autre mais également au sein d'une même espèce, selon son stade de développement. Certaines espèces faiblement silicifiées se développent normalement en présence de faibles quantités de silice. D'autres plus fortement silicifiées requièrent des concentrations en silice plus importantes et peuvent présenter des formes anormales si la silice devient un élément limitant. (**Van Dam et al., 1994 ; Prygiel et Coste, 2000**).

### 2.7.9. Vitesse de courant

La capacité des algues à rester attachées au substrat lors d'une perturbation causée par le débit varie cependant en fonction de leur taille, de leur morphologie et de leur force d'attachement (**Peterson et Stevenson, 1990**). Certaines diatomées sont très difficiles à déloger lorsqu'elles sont attachées à un substrat et même une augmentation de la vitesse du courant ne parvient pas à les arracher. Certaines espèces sont productrices de mucilage, par exemple *Navicula lanceolata* et *cyclotella Menighiniana*, cela représente un avantage important pour évaluer dans un système perturbé par de fortes variations de débit (**Stevenson, 1984**).

## 2.8. Les diatomées en tant qu'indicateurs biologiques

### 2.8.1. Sensibilité aux conditions du milieu

Les différentes espèces de diatomées présentent des préférences environnementales hétérogènes. De nombreuses études se sont attachées à caractériser les principaux facteurs environnementaux qui les distinguent. Ainsi, les diatomées se sont avérées particulièrement sensibles aux gradients liés à la balance ionique des eaux alcalinité /acidité et conductivité (Van Dam *et al.*, 1994; Hill *et al.*, 2001; Potapova et Charles, 2003; Kovács *et al.*, 2006; Tison *et al.*, 2007), et aux concentrations de nutriments Phosphates et nitrates (Soininen et Niemela, 2002; Duong *et al.*, 2006). Elles sont donc particulièrement sensibles aux facteurs de chimie locale des eaux. De nombreux autres facteurs, bien que moins souvent cités, semblent agir significativement sur la distribution des espèces sans vouloir être exhaustif, on peut évoquer l'altitude (Potapova et Charles, 2002; Tison *et al.*, 2005). La quantité d'oxygène dissous, l'intensité lumineuse (Lange *et al.*, 2011) ou encore les substances toxiques (Morin *et al.*, 2009). La présence d'espèces dans un lieu donné est donc représentative des conditions environnementales du milieu, et les diatomées sont largement utilisées comme indicateurs de ces conditions. L'utilisation de caractéristiques biologiques, telles que la présence d'espèces, pour évaluer des critères environnementaux est appelée bioindication.

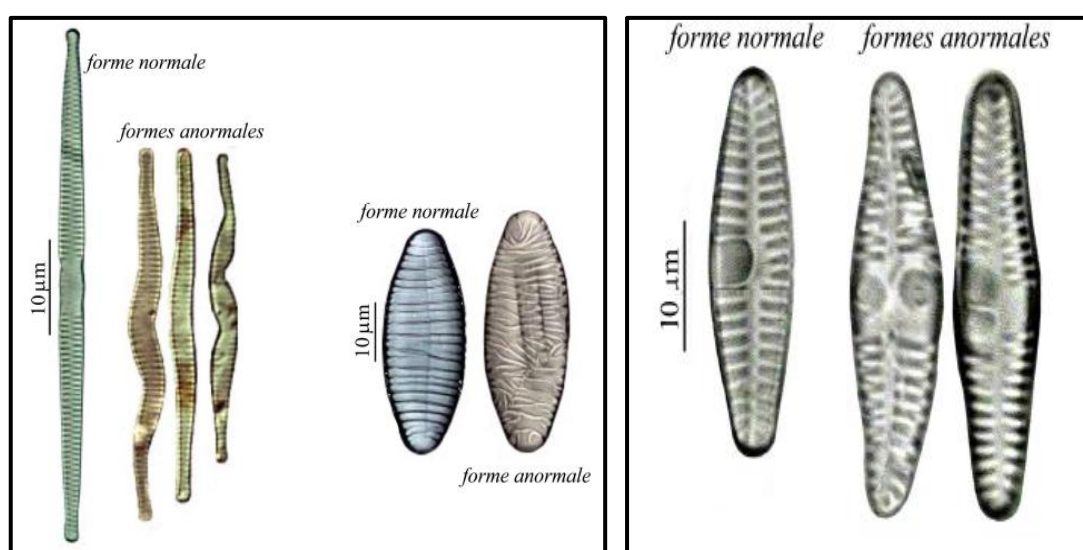


Figure.07 : frustule déformés de diatomées

### **2.8.2. La répartition géographique**

Leur distribution dans tous les types d'environnement aquatique, ainsi que le fait qu'une grande partie des espèces est ubiquiste, permet la constitution d'une vaste base de données et la comparaison d'études réalisées sur différents sites, au niveau local comme international. La rémanence de leur squelette siliceux favorise la conservation des informations in situ et dans les collections d'échantillons. **(Lecoince *et al.*, 1993).**

### **2.8.3. Facilités d'échantillonnage et de conservation**

Leur taille microscopique permet un échantillonnage sur les substrats relativement facile et très rapide **(Rosen, 1995).** Le protocole de préparation des lames permanentes est standardisé et l'outil diatomique est reconnu pour la bioindication et la biosurveillance des cours d'eau. La possibilité de conservation des échantillons, et leur stockage dans laboratoire, permet d'assurer une certaine forme de traçabilité **(Afnor, 2000).**



**Chapitre II**

**Matériel et méthodes**

## 1. Présentation et localisation de la zone d'étude

L'échantillonnage a été réalisé dans d'un cours d'eau appelé Oued HANOU, le oued est alimenté par une source d'eau potable, situé dans la région de Ain Mimoun à 28 km à l'ouest du chef-lieu de la wilaya de Khenchela

Les prélèvements ont été réalisés le 28.11.2017, nous avons choisi 03 points de prélèvement à différentes distances, deux points en amont de l'unité de traitement du minerai de barytine et un point en aval le point le plus éloigné est à 1.10 km.

**Tableau N°05 :**Coordonnées géologiques de localisation des points de prélèvement

Point de prélèvement	X (UTM)	Y (UTM)	Altitude (m)	Distance de l'unité de traitement
source	35.411886	6.963915	/	/
S <sub>1</sub> (amont)	35.412280	6.963405	1109	1010 m
S <sub>2</sub> (amont)	35.413379	6.960501	1098.1	680 m
S <sub>3</sub> (aval)	35.416481	6.956061	1091	09 m



**Figure.08 :** localisation géographique de notre travail (Google earth, 2018)

## 2. La barytine

La barytine ( $\text{BaSO}_4$ ) appelée plus couramment dans le secteur du forage pétrolier "baryte", est un minéral lourd pouvant atteindre une densité de 4,48 maximum (baryte très pure), ce produit est largement répandu et exploité en carrière ou en sous terrain dans le monde entier.

La barytine est un sulfate de baryum naturel:  $\text{BaO}$  (65,70 %) et  $\text{SO}_3$  (34,30 %). Elle apparaît dans les environnements géologiques variés seule ou en association avec plusieurs minéraux tels que la fluorine, la Célestine, le quartz, la blende, ou la galène (Albouy, 1993).



**Figure.09:** Baryte (Somibar, 2015)

### 2.1. Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun

Selon (Elluinet *Al.*, 2005) ont montré que la barytine peut être associée à d'autres minéraux et métaux .

**Tableau N° 06:** Composition chimique du minerai d'Ain Mimoun (Elluin et al., 2005).

Minerai	Composition	Densité $\text{g/cm}^3$	Dureté	Couleur
Baryte	$\text{BaSO}_4$	4,4	3,5	Blanche
Calcite	$\text{CaCO}_3$	2,72	2,5 - 3	Incolore ou Blanc opaque
Quartz	$\text{SiO}_2$	2,5 - 2,6 - 5	7	Blanche
Hématite	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	5,26	5 - 6	Gris ou noir
Galène	$\text{PbS}$	7,58	2,5	Gris de plomb
Covelline	$\text{CuS}$	4,6 - 4,76	1,5 - 2	bleu
Malachite	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	3,9 - 4,05	3,5 - 4	Vert brillant
Feldspath	$\text{KAISi}_3\text{O}_3$	2,5 - 2,6	6 - 6,5	Incolore
Bauxite	$\text{Al}_2\text{O}_3$	2,5	Variable	Gris bleuté

### **3. Climatologie**

Le climat de la commune d'Ain Mimoun est de type méditerranéen continental à caractère semi-aride. Il se distingue par une saison humide et froide située aux mois d'automne et d'hiver et par une saison chaude et sèche durant le printemps et l'été.

Les températures moyennes annuelles de la zone d'étude est dans la limite de 15,62 °C. Le régime thermique est relativement homogène. L'hiver est rigoureux comme en témoignent les données recueillies durant la période 2004-2014 ; que le mois le plus froid est janvier avec une température minimale de 34.9 °C, alors que le mois le plus chaud est juillet avec une température maximale moyenne de 1.8 °C.

Le mois de mai est le plus pluvieux avec 92.49 mm pour la période considérée, alors que le mois de juillet est le plus sec avec 18.83 mm pour cette même période. (**Nasri, 2015**).

### **4. Echantillonnage**

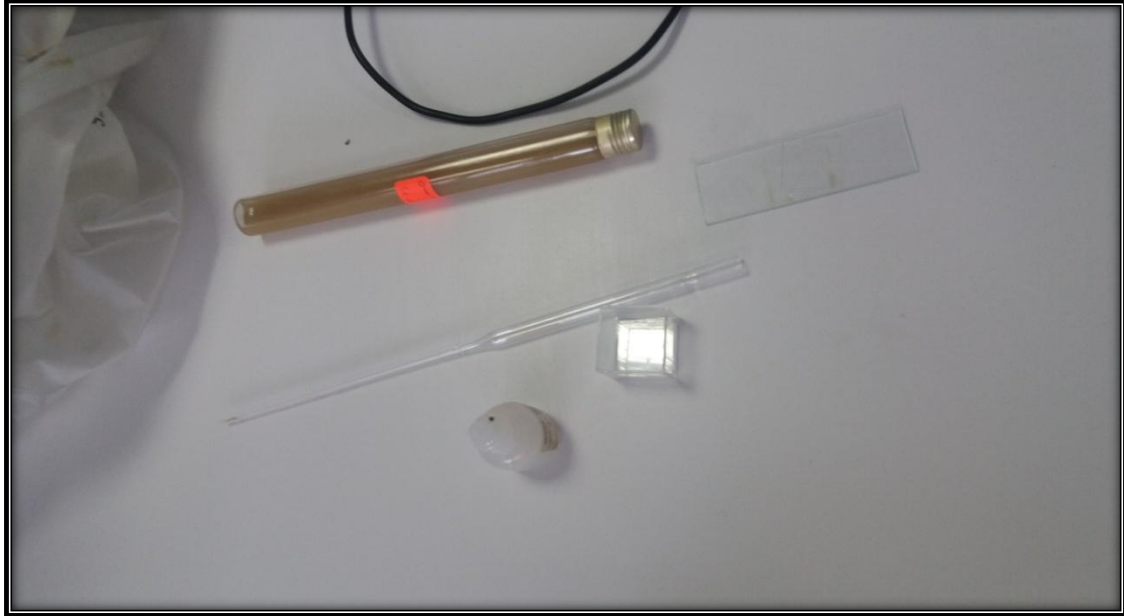
L'échantillonnage a été réalisé le 28.11.2017. Au minimum cinq pierres immergées à environ 20-30 cm de profondeur, sont choisies le biofilme est gratté à l'aide d'une brosse à dent sur une surface de 10 cm<sup>2</sup>. Ensuite nous avons additionné de formol à 30%, à raison d'une concentration finale de 3% à la suspension brute récoltée. les échantillons sont gardés au frais et à l'obscurité jusqu'au moment du traitement en laboratoire.



Photo. 10 : Etapes de prélèvement

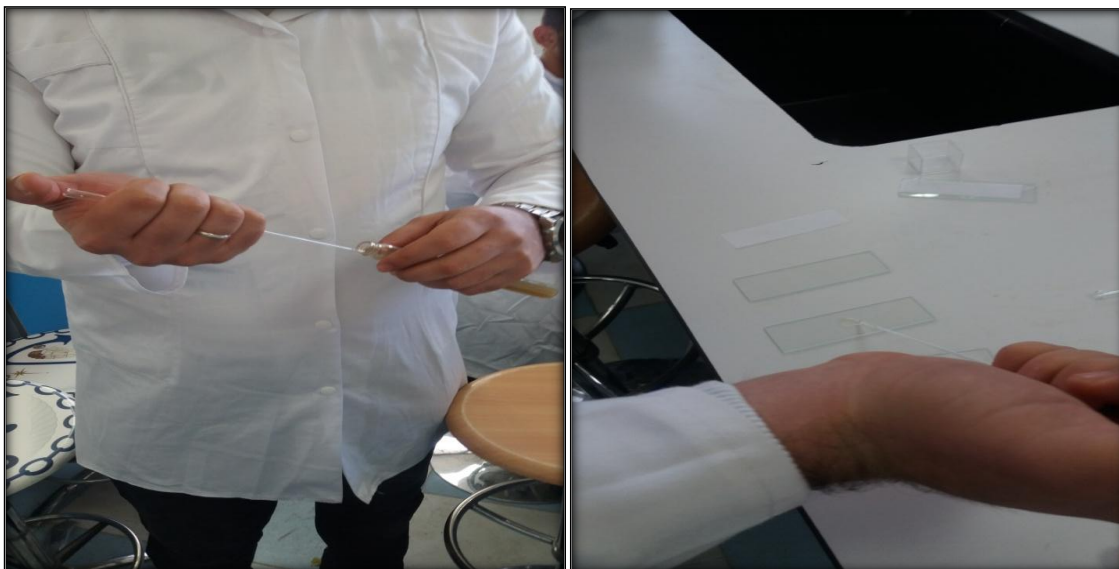
### 4.1. Préparation du matériel diatomique

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



**Photo. 11 :** Préparation de l'échantillon

- Brasser la suspension et prélever 1 ml d'échantillon.
- Déposer uniformément sur une lamelle de microscope (préalablement nettoyée à l'alcool). Préparer trois lamelles pour le même échantillon.



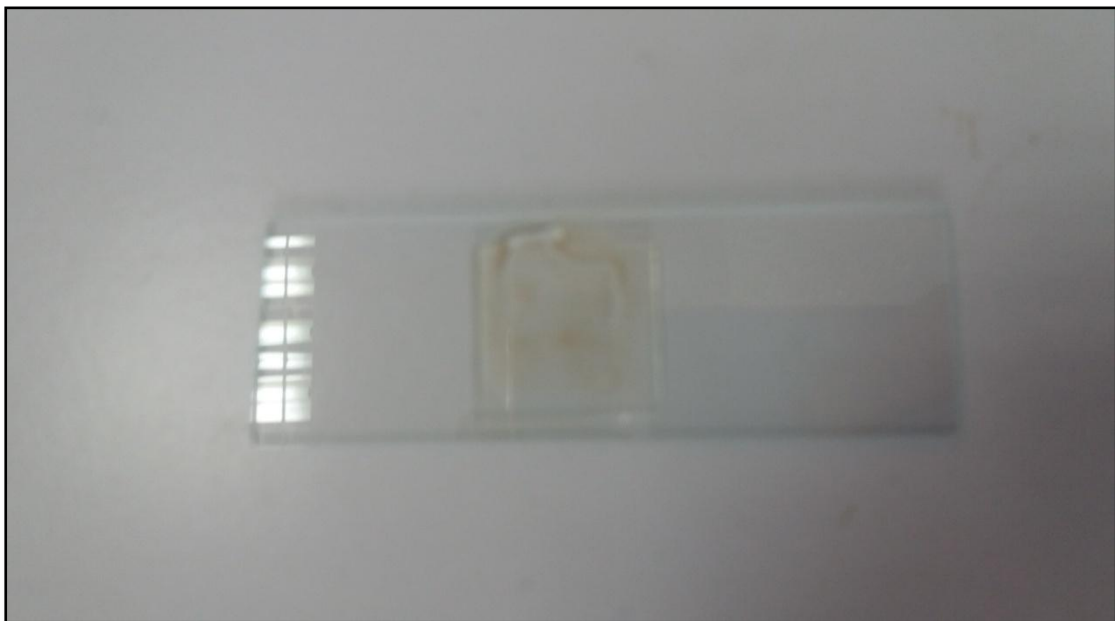
**Photo. 12 :** Préparation des lames

- Laisser sécher les lamelles à température ambiante et à l'abri de la poussière
- Lorsque les lamelles sont sèches, placer une lame de microscope sur une plaque chauffante sous une hotte. Déposer une goutte d'huile d'émersion sur la lame.



**Photo. 13 :** Utilisation de l'huile d'émersion

- Déposer la lamelle sur la lame afin de fixer les diatomées dans l'huile d'émersion.



**Photo. 14 :** la fixation de lamelle sur la lame

-Retirer la lame de la plaque chauffante et appliquer une légère pression sur la lamelle afin d'éliminer les bulles. Les lames sont prêtes pour l'observation au microscope dès que l'huile d'émersion est solidifiée.



**Photo. 15** : Observation au microscope

-Trois répétition pour chaque point de prélèvement et en comptabilisant 400 diatomées pour chaque lame.

La lecture des lames se fait par balayage en recouvrant toute la surface de la lamelle, sous microscope au grossissement 400 x et 1000 x (Huile à immersion). Toutes les observations faites sont noté instantanément numéro de l'échantillon, dessin du frustule, nombre, formes, et en même temps des photos sont prises, afin faciliter l'identification future à l'aide de guides et de clés de déterminations.

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

### **5.1. 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.( 07 où 05 classes de la qualité des eaux).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 du cours d'eau 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.

**5.2. 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.

### **5.3. Calcule 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**).

### **5.4. Autoécologie**

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. L'indices de I.B.D. et I.P.S. s'expriment par une note comprise entre 1 et 20.



**Chapitre III**

**Résultats et discussion**

## 1. Résultats

### 1.1. Espèces identifiées dans les trois stations

L'étude qualitative des 3600 diatomées identifiées dans nos échantillons prélevés à partir du Oued Hanou- Ain Mimoun- nous a permis de déterminer 26 espèces ou taxon, les espèces *Cymbellaaffinis* et *Frustulia rhomboïdes* sont les plus dominantes avec une moyenne de 97 et 68 unités sur 400 diatomées dénombrées. Pour les espèces les moins présentés nous citons *Achnanthe. minutissima* et *Mastogloia smithii* avec une moyenne d'un1 individu chacune.

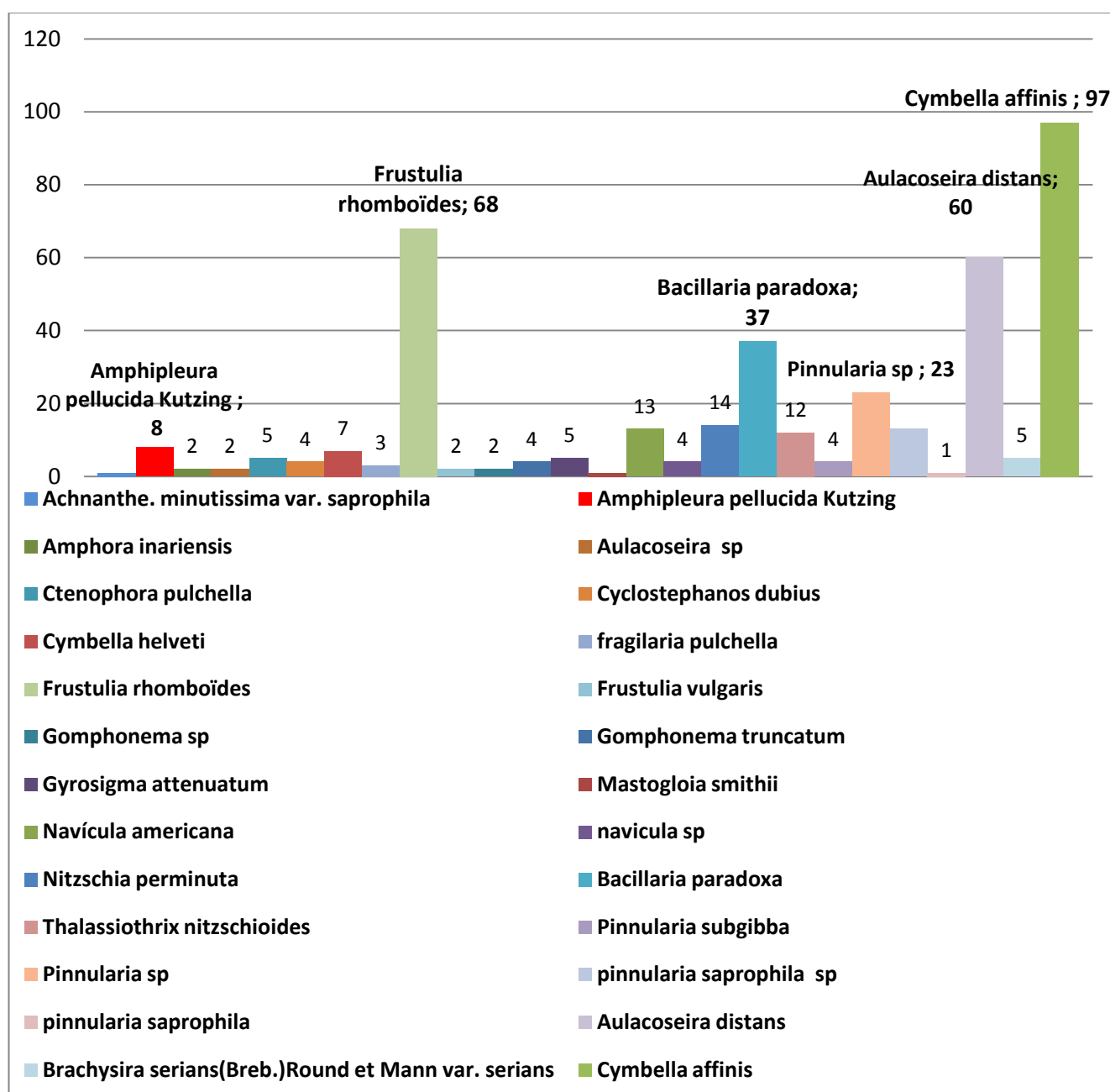


Figure 16 : Nombre et espèces identifiées dans oude HANOU d'Ain Mimoun

### 1.2. Nombre et espèces identifiées dans la station 1

Le comptage d'individus de diatomées dans la station 01, la plus éloignée de l'unité de traitement du minerai de barytine, nous a permis d'identifier 17 espèces sur un total de 1200 frustules dénombrées, l'effectif le plus élevé est attribué aux espèces *Frustulia rhomboïdes* et *Cymbella affinis* avec respectivement une moyenne de 119 et 113 sur 400 diatomées dénombrés. Pour l'espèce la moins présente *Achnanthe. minutissima* nous avons identifié échantillons une moyenne d'un individu 1/400 diatomées par lame.

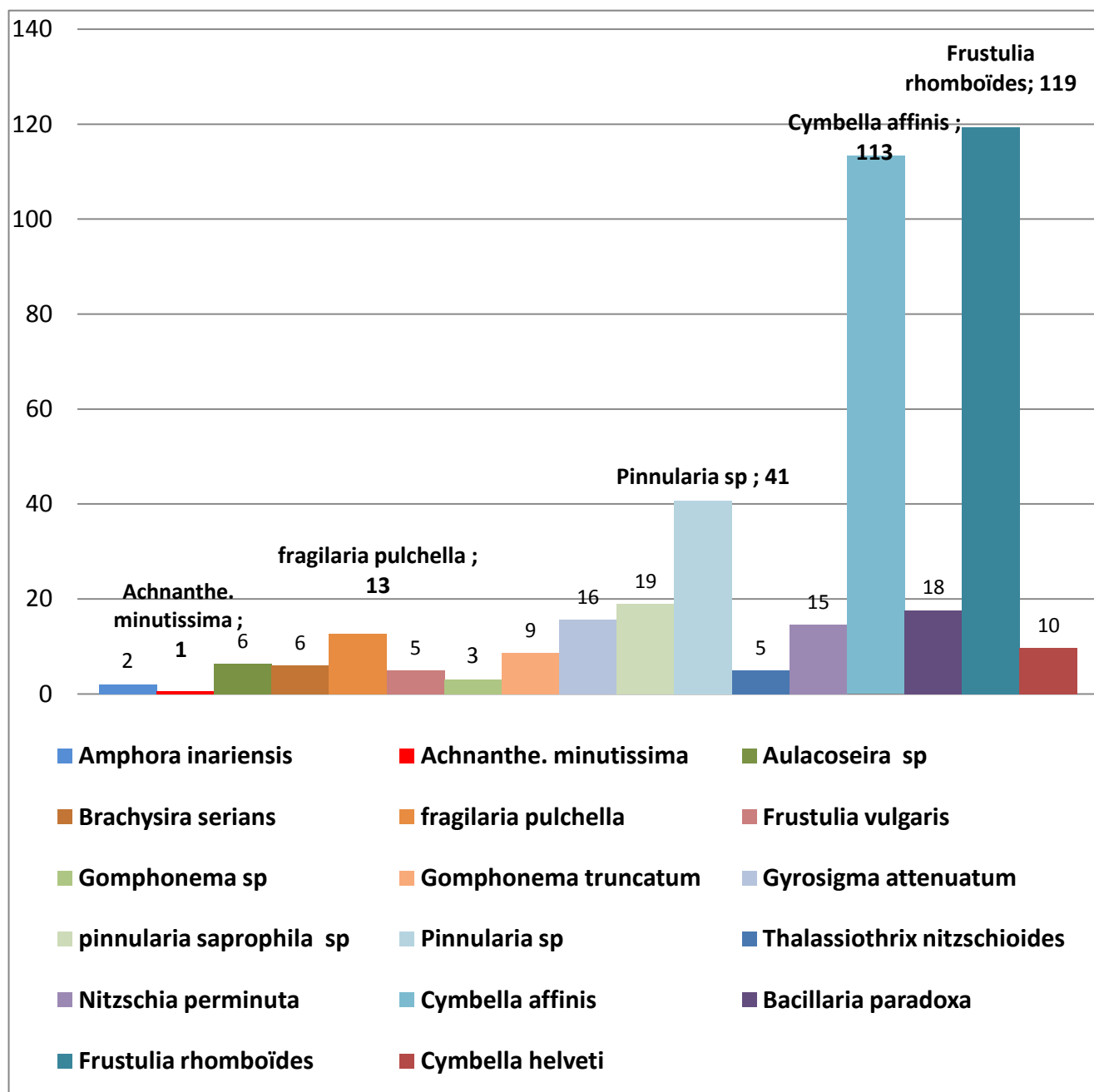


Figure 17 :Nombre et espèces identifiées dans la station 01.

### 1.3. Nombre et espèces identifiées dans la station 2

L'étude qualitative des diatomées de la station 2 nous a permis à d'identifier 21 espèces, *Cymbella affinis* est la plus dominante avec une moyenne de 150 sur 400 diatomées dénombrées. Pour les espèces les moins présentes dans nos échantillons avec une moyenne de 01 sur 400 individus en citent : *Achnanthe. minutissima*, *Fragilaria arcus*, *Gomphonemasp* et *Gyrosigmaattenuatum*.

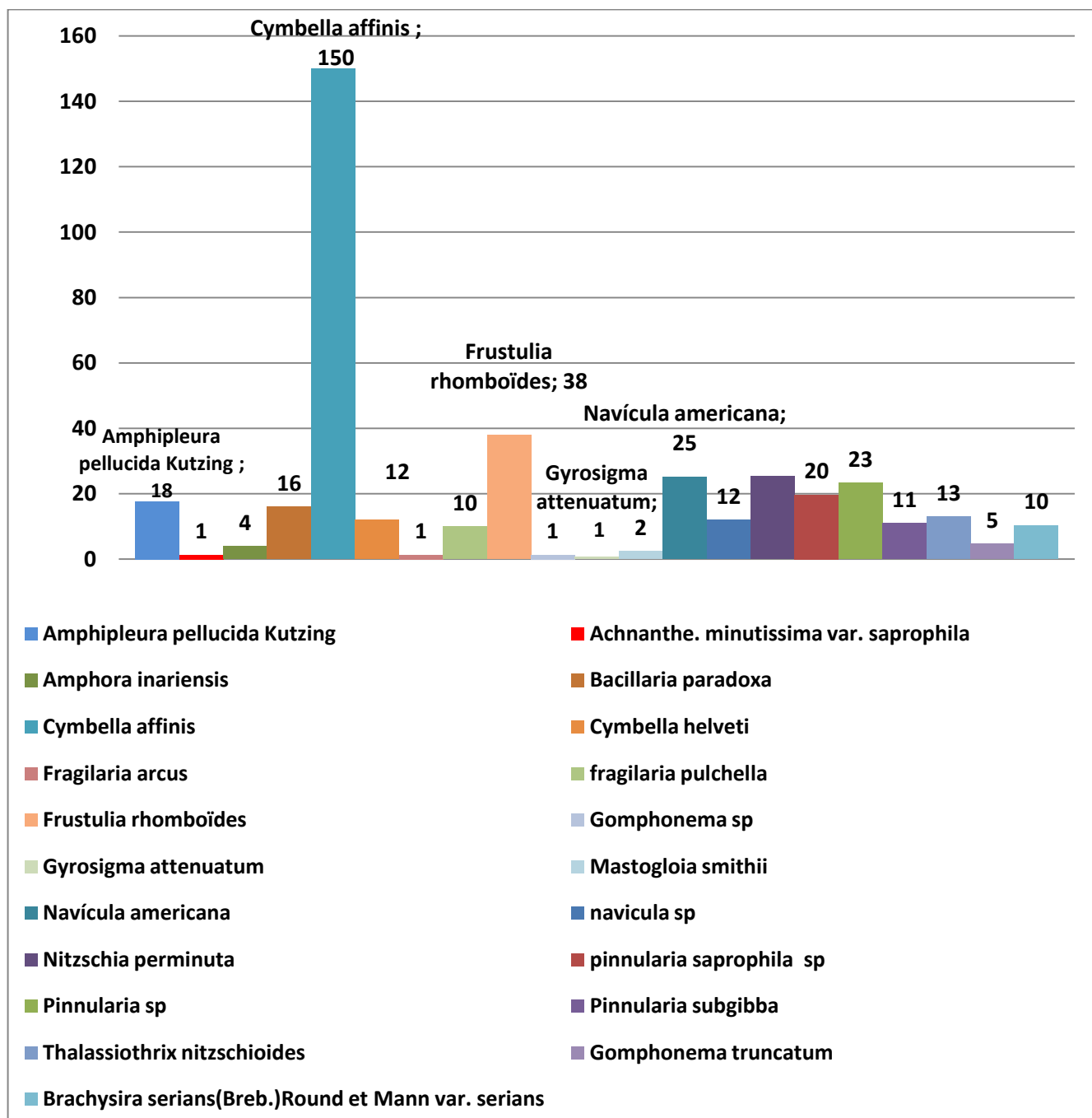


Figure 18 :Nombre et espèces identifiées dans la station 02.

### 1.4. Nombre et espèces identifiées dans la station 3

Le dénombrement d'individus de diatomées dans la station 03 la plus proche de l'unité de traitement du minerai de barytine, nous a permis d'identifier 18 espèces sur un total 1200 frustule dénombré, à noter que nous avons utilisé plus de 10 lames pour dénombrer les 1200 diatomées, l'effectifs les plus élevés sont attribués aux espèces *Aulacoseira distans*, *Bacillaria paradoxa* et *Cymbella affinis* avec respectivement une moyenne de 179 et 78 et 28 unités sur 400 diatomées dénombrés.

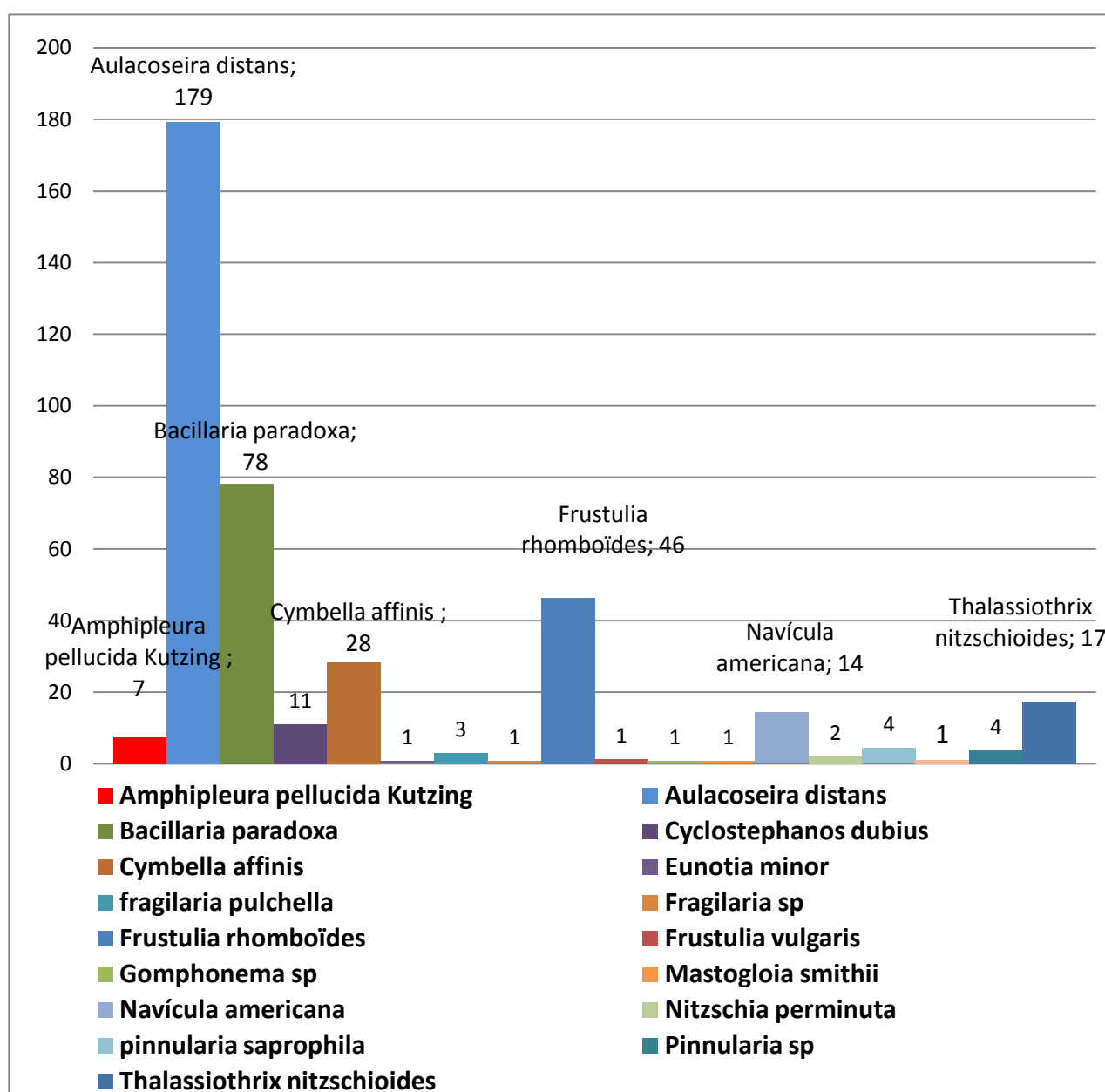


Figure .19 : Nombre et espèces identifiées dans la station 03.

## 1.5. Les indices diatomiques

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

La figure (20) montre les valeurs de l'indice biologique diatomique (IBD) des trois stations, L'IBD de la station 01 est très proche à celui de la station 02 où nous avons enregistré respectivement 16,4 et 15. Cependant, L'IBD de la station 03 est inférieure aux deux autres valeurs avec une baisse de 30% et 20 %.

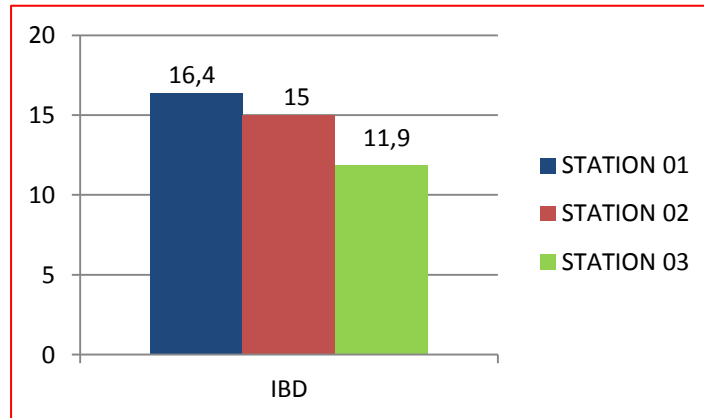


Figure.20 : L'indice biologique diatomique des trois stations

### 1.5.2. L'indice de la polluosensibilité (IPS)

La figure (21) montre bien une différence significative entre les valeurs de l'indice de polluosensibilité des 03 stations, les résultats sont semblables à celles enregistrés pour l'indice biologique diatomique (IBD) . Où nous avons enregistrés une baisse de 30 % dans la station 03 par rapport à la station 1 et 20 % dans la station 03 par rapport à la station 02 ; la baisse est de 10 % dans la station 02 par rapport à la station 01.

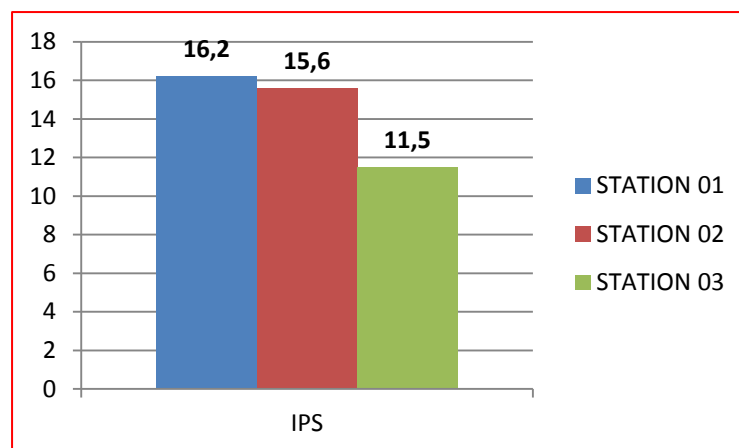
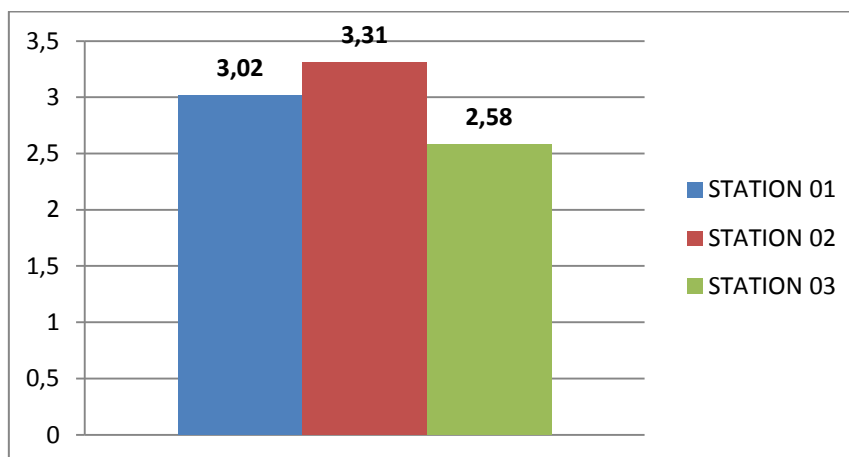


Figure.21 :L'indice de la polluosensibilité dans les trois stations

### 1.5.3. L'indice de Shannon et Weaver

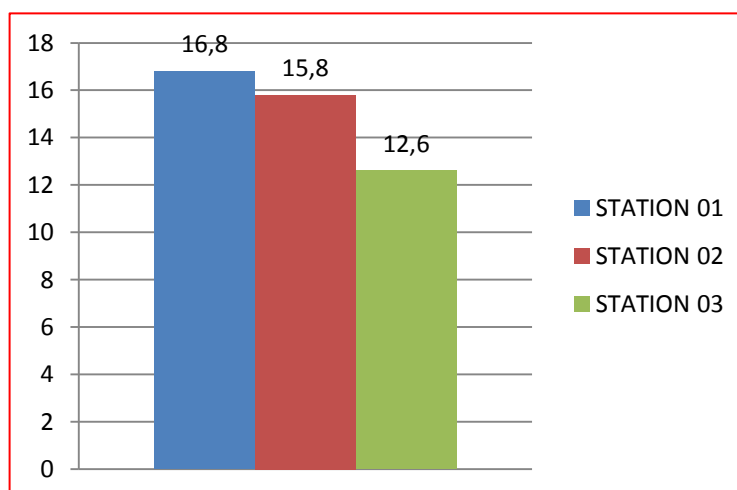
L'indice de Shannon et Weaver permet de caractériser la diversité d'un peuplement, la biodiversité était supérieure dans la station 02 avec 3,31. Ensuite elle baisse dans les deux autres stations : 3,02 dans la station 01 et 2,28 dans la station 03.



**Figure.22** :L'indice de Shannon et Weaver dans les trois stations

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

L'indice diatomique générique est sensible aux modifications de la qualité organique de l'eau, les résultats montrent bien une différence significative entre les valeurs de la station 01 (16.8), station 02 (15.8), station 03 (12.6).



**Figure.23** : L'indice diatomique générique dans les trois stations

### 1.3.1. L'indice de l'autoécologie

Le tableau (07) résume les résultats de l'indice écologique de van dam selon le logiciel OMNIDIA :

-le PH de la station 01 est de classe (4), on constate que les espèces dénombrées ont indiqué que l'eau de la station 01 est alcaliphile.

-la salinité de la station 01 elle est de classe (2) douce a légèrement saumâtre selon le classement des eaux de Van Dam.

- la présence des espèces sensibles au nitrogène ce qui indique le taux normal dans ces eaux.

-La saprobité de la station 01 est de classe (1) (oligosaprobite).

-les espèces qui vivent dans la station 01, peuvent être aquatique ou subaérienne.

**Tableau N° 07** : Indice écologique de van dam station 01

van dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	dominant
classe de PH	0	298	0	410	40	0		(4) alcaliphile
salinité	298	418	0	33				(2) douces a légèrement saumatres
nitrogène	660	85	0	0				(1) N-autotrophe sensible
oxygène dissous	150	23	73	0	0			(1) élevée
saprobite	295	38	25	35	353	0	0	(1) oligosaprobe
trophic state	295	38	25	35	353	0	0	(5) eutrophe
l'humidité	40	623	83	3	0			(2) aquatique ou subaérien

Le tableau (08) résume les résultats de l'indice écologique de van dam :

-le PH de la station 02 est de classe (4), on constate que l'eau de la station 02 est alcaliphile.

-la salinité de la station 02 elle est de classe (2) douce a légèrement saumâtre selon le classement des eaux de Van Dam.

- la présence des espèces sensibles au nitrogène ce qui indique son taux normal de ces eaux.

-La saprobité de la station 02 est de classe (2) (Beta-mésosaprobe).

-les espèces qui vivent dans la station 02, peuvent être aquatique ou subaérienne.

**Tableau N° 08 : Indice écologique de van dam station 02**

van dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	dominant
classe de PH	0	98	0	553	3	0		(4) alcaliphile
salinité	98	530	0	25				(2) douces a légèrement saumates
nitrogène	578	75	0	0				(1) N-autotrophe sensible
oxygène dissous	565	58	30	0	0			(1) élevée
saprobite	190	393	28	45	0			(1) oligosaprobe
trophic state	95	110	30	13	405	0	0	(5) eutrophe
l'humidité	3	558	93	3	0			(2) aquatique ou subaérien

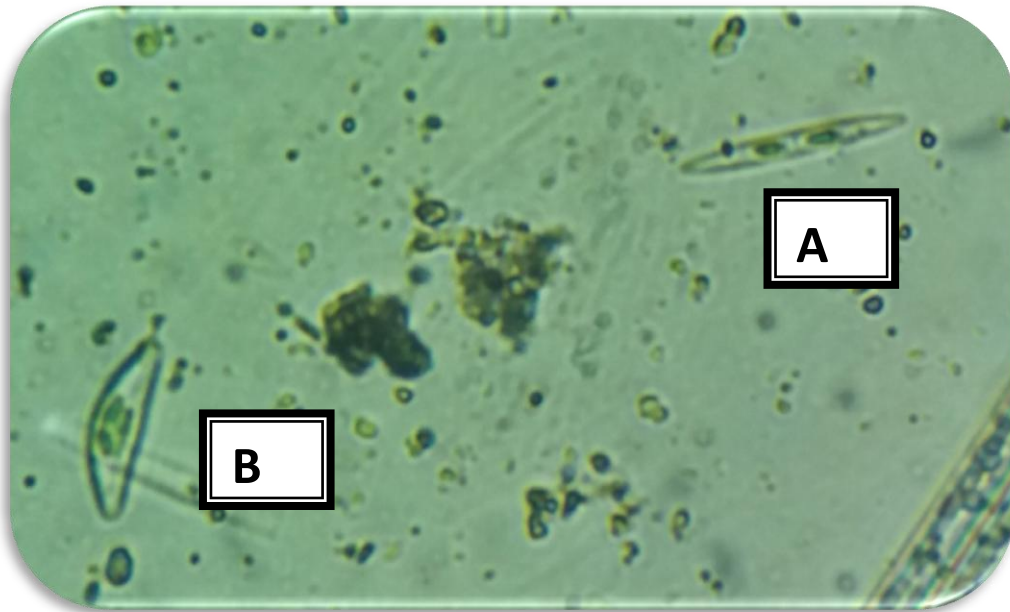
Le tableau (09) résume les résultats de l'indice écologique de van dam :

- le PH de la station 03 est de classe (2), on constate que l'eau de la station 03 est acidophile.
- la salinité de la station 03 elle est de classe (1) douce selon le classement des eaux de Van Dam.
- la présence des espèces sensibles au nitrogène ce qui indique son taux normal de ces eaux.
- La saprobité de la station 03 est de classe (1) (oligosaprobe).
- les espèces qui vivent dans la station 03, peuvent être aquatique ou subaérienne.

**Tableau N° 09 : Indice écologique de van dam station 03**

van dam 1994	1	2	3	4	5	6	7	dominant
classe de PH	0	118	0	105	28	0		(4) alcaliphile
Salinité	118	98	28	8				(2) douces a légèrement saumates
Nitrogène	193	55	0	0				(1) N-autotrophe sensible
oxygène dissous	195	45	8	0	0			(1) élevée
Saprobite	125	73	35	18	0			(1) oligosaprobe
trophic state	115	23	3	3	105	0	0	(5) eutrophe
l'humidité	28	205	15	3	0			(2) aquatique ou subaérien

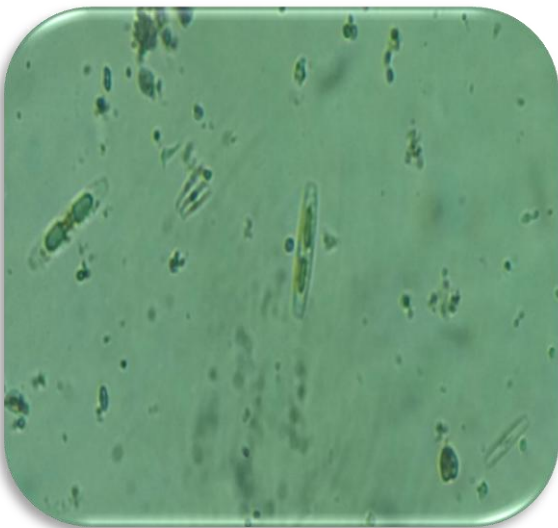
## Les espèces du cours d'eau



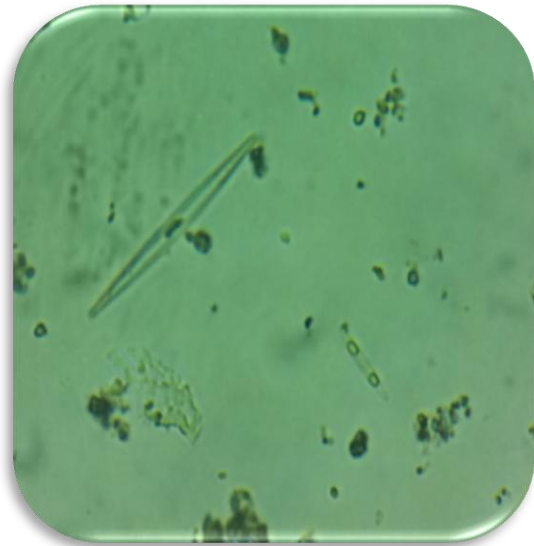
**Photo 1**

*A : Frustulia rhomboïdes*

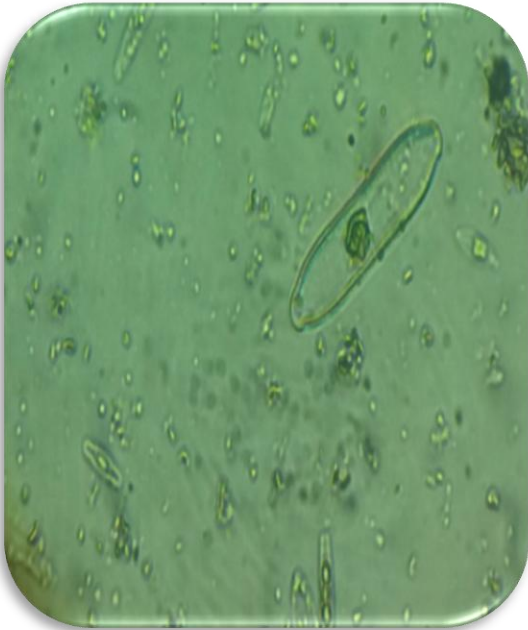
*B : Cymbella affinis*



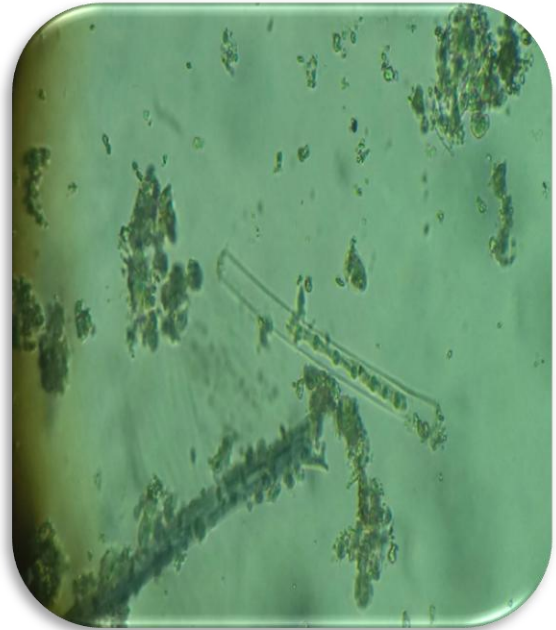
**Photo 2 : Pinnularia sp.**



**Photo 3 : Fragilaria pulchella**



**Photo 4 :** *Nitzschia perminuta*



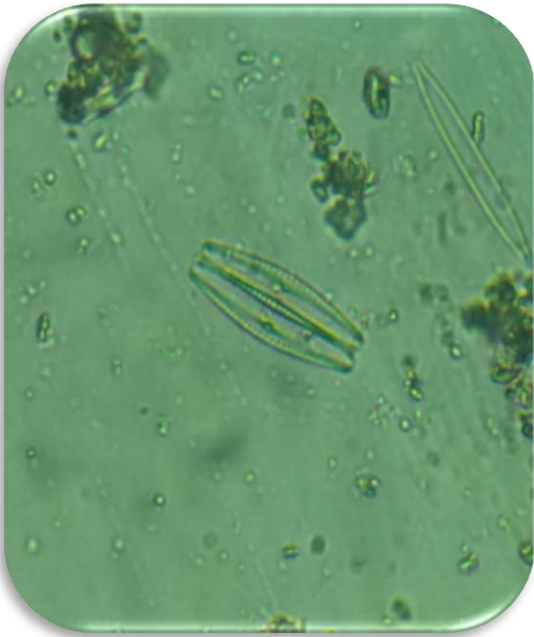
**Photo 5 :** *Bacillaria paradoxa*



**Photo 6 :** *Cymbella helveti*



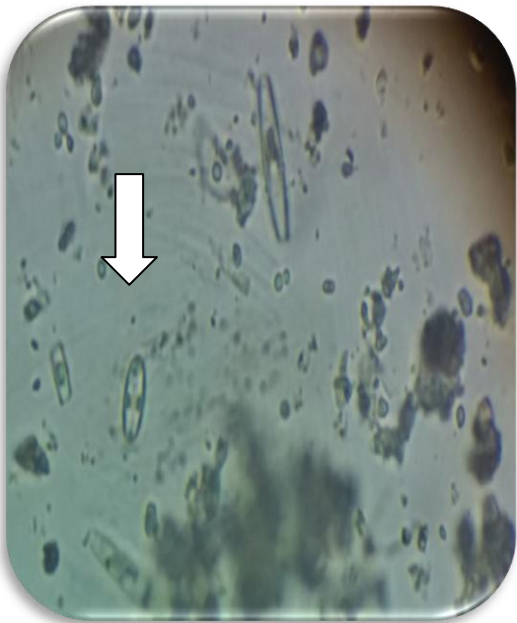
**Photo 7 :** *pinnularia saprophila sp*



**Photo 8 :** *Amphorainariensis*



**Photo 9 :** *Thalassiothrix nitzschioides*



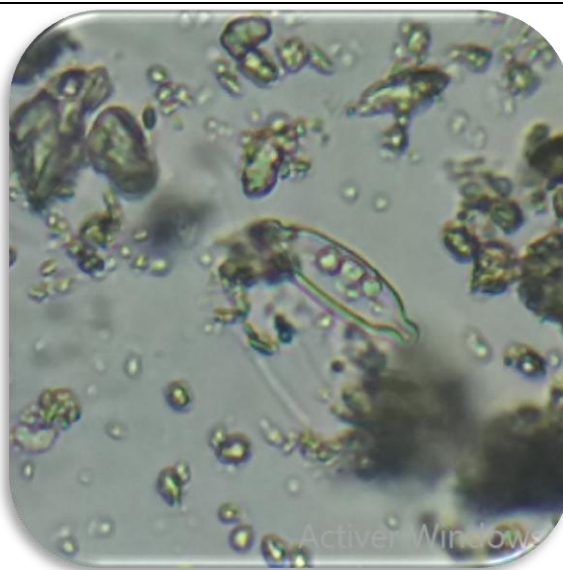
**Photo 10:** *Achnanthe minutissima var. saprophila*



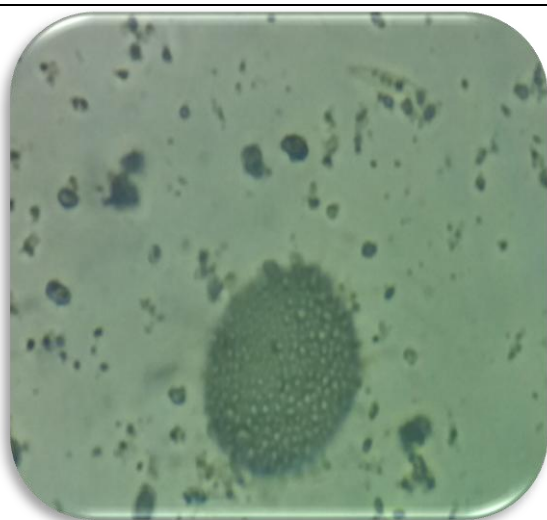
**Photo 11:** *Gomphonemasp*



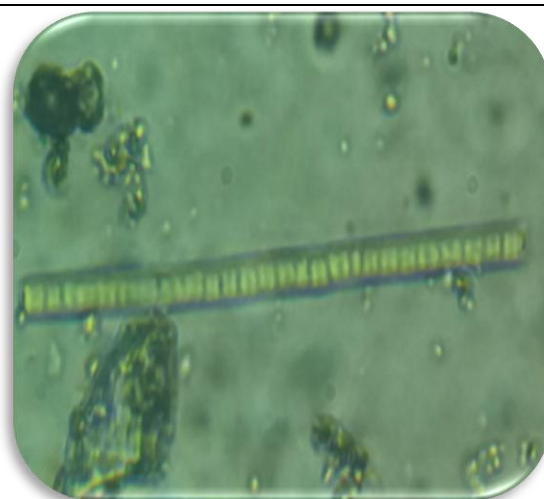
**Photo 12:** *Amphipleur apellucida* Kutzing



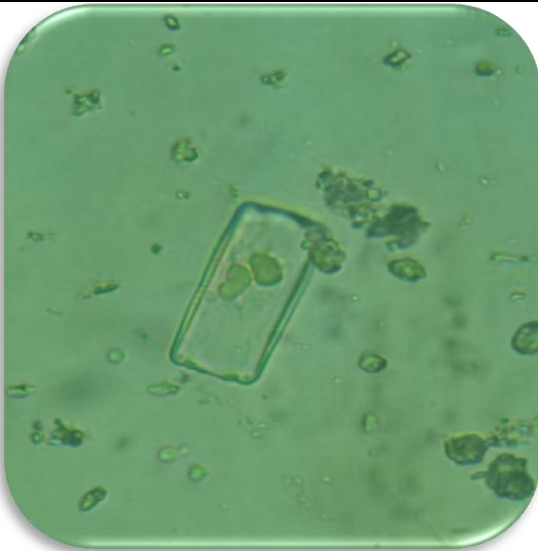
**Photo 13:** *navicula* sp



**Photo 14:**  
*Cyclostephanosdubius*



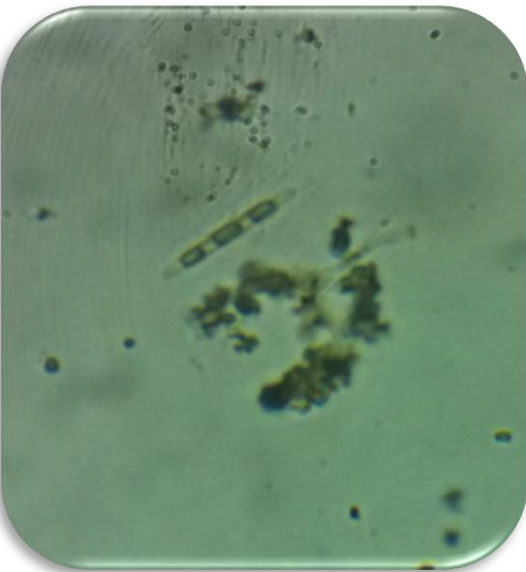
**Photo 15:** *Aulacoseiradistans*



**Photo 16:** *Eunotiaminor*



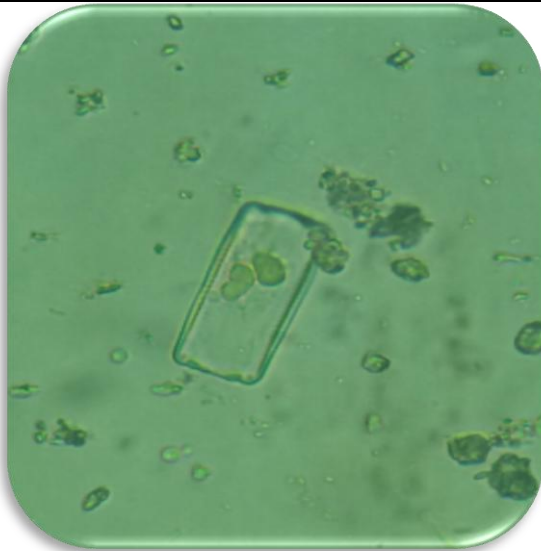
**Photo 17:** *Fragilaria arcus*



**Photo 18 :** *Aulacoseira* sp



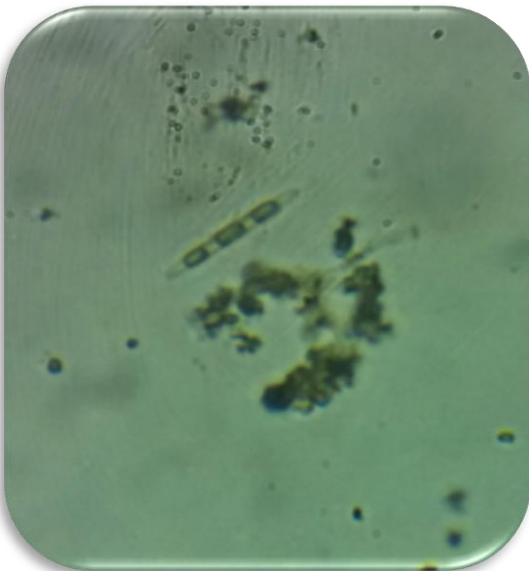
**Photo 19 :**  
*Gomphonema truncatum*



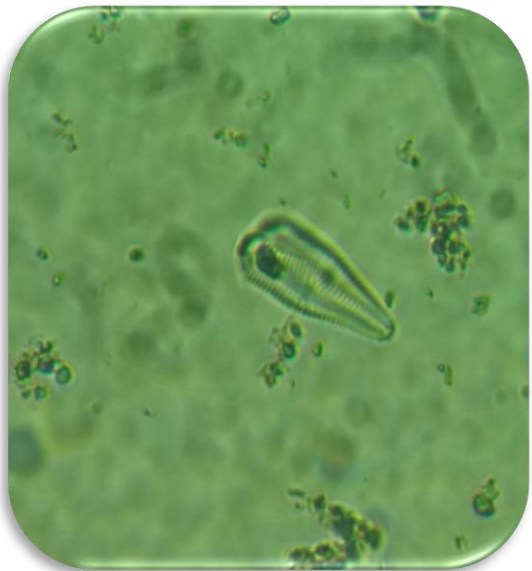
**Figure 16:** *Eunotiainor*



**Figure 17:** *Fragilaria arcus*



**Figure 18 :** *Aulacoseira sp*



**Figure 19 :** *Gomphonema truncatum*

## Discussion

En raison de la nature particulière du cours d'eau « oued HANOUE » et sa proximité de l'unité de traitement du minerai de barytine, nous avons adopté une méthode biologique pour évaluer la qualité écologique du cours d'eau.

Pour l'estimation de la qualité biologique de l'eau Cinq (05) indices diatomiques ont été testés : l'indice biologique diatomique (IBD), l'indice biologique de polluosensibilité (IPS) l'indice de Shannon et Weaver et L'indice diatomique générique (IDG) et à la fin l'indice de Van Dam.

Les résultats montrent que les cinq indices ont donné une évaluation réaliste de la qualité des eaux des deux zones d'études.

Si on se réfère au classement de la qualité des eaux de (Van dam et *al.*, 1994), l'eau de la station 01 où IBD = 16.4 sera proche de très bon état (classe A), la station 02 avec IBD = 15 sera de bon état (classe B), l'eau de la station 03 avec un IBD = 11.9 sera moyenne/passable (classe C). Pour le classement de la qualité des eaux de (Van dam et *al.*, 1994), selon l'IPS les résultats sont semblables et corroborent les résultats selon l'IBD des trois points du oued HANOUE.

Nos résultats confirment aussi le mauvais état écologique du cours d'eau dans le point de prélèvement en aval de l'unité de traitement du minerai de barytine. Cette partie qui subit les effets néfastes des rejets des eaux de traitement de l'unité de traitement. Aussi, l'indice de Shannon très utilisé pour connaître la biodiversité d'une zone donnée a montré la différence de diversité diatomique entre les trois zones d'études avec 3,02 dans la station 01, 3,31 dans la station 02 et 2,58 pour la station 03 la plus polluée selon l'indice de polluosensibilité.

Aussi l'indice diatomique générique confirme la présence probable d'une pollution organique dans la station 03 (12.6), une différence significative avec les valeurs de la station 01 (16.8), et la station 02 (15.8). Ce la peut être expliqué par le fait que la station 03 est impactée directement par les eaux émises par l'unité de traitement. La baisse de la valeur de ce indice dans la station 02, peut être due au retombé des particules émises par la cheminée de l'unité et la possible changement dans les

compositions naturelles de l'eau; chose constatée lors de nos sorties d'échantillonnage.

Si on analyse nos résultats en termes d'espèce identifiées on trouve que l'espèce *Frustulia rhomboïdes* et *Cymbella affinis* ont été dominantes dans les eaux de la station 1 et 2, effectivement le genre *Frustulia* regroupe en majeure partie des espèces d'eau fraîche et oxygénée avec une sensibilité souvent marquée à la pollution. Donc c'est une espèce bioindicatrice des eaux non polluées.

À l'aide du logiciel STATISTICA et de test DUNNETT nous avons comparé les peuplements des trois stations entre eux. Les différences significatives concernent le nombre et/ou la présence ou non de l'espèce pour la station 01 avec la station 02 les différences concernent les espèces : *Pinnularia sp* ; *Frustulia rhomboïdes* ; *Cymbella affinis*, par contre la station 01 avec 03 en trouvant : *Pinnularia saprophile* ; *Frustulia rhomboïdes* ; *Cymbella affinis*, concernant la station 02 avec 3 : *Nitzschia parminuta* ; *Pinnularia saprophile* ; *navicula sp* ; *Cymbella affinis* ; *Frustulia rhomboïdes*.

Pour l'indice de Van Dam qui illustre des différents paramètres de la qualité de l'eau, confirme la pureté des stations 01 et 02 par l'absence d'eutrophisation et l'aération permanente grâce à la source d'eau qui alimente le cours d'eau par conséquent l'augmentation de la teneur d'oxygène dissous.

En revanche ce qui a été constaté dans la station 03 la majorité des espèces identifiées et dénombrées sont connues comme des bioindicateurs des eaux polluées comme *Aulacoseira distans* qui regroupe en majeure partie des espèces caractéristiques des eaux acides et des espèces avec une grande capacité de tolérance marquée à la pollution.

Concernant les résultats de l'indice de Van Dam, la différence de la qualité des eaux de nos zones d'étude (station 01,02, 03) très significative, les eaux de la station (01,02) sont douces à légèrement saumâtres et alcaliphiles, en revanche les eaux de la station 03 sont douces et acidophiles, station (01,02) riche en oxygène, eutrophe (abondants de l'azote et phosphore dans le milieu). Station 03 oligotrophe (l'azote et phosphore dans le milieu et rares).

Station (01,03) sont oligosaprobe (espèces faiblement polluorésistantes), station 02 sont Beta-mésosaprobe (relativement polluorésistant).



# Conclusion générale

## Conclusion et perspective

L'étude préliminaire du peuplement diatomique du oued HANOU dans la région d'Ain Mimoun Khenchela, a permis de donner des informations sur la qualité de l'eau de ce dernier, mesuré les modifications dans la structure des communautés de diatomées en utilisant les variations des indices : indice biologique diatomique (IBD), l'indice biologique de polluosensibilité (IPS) l'indice de Shannon et Weaver.( IDG) L'indice diatomique générique (IDG) est à la fin l'indice de Van Dam.

En Algérie peu de travaux sont menés sur les algues en général et plus particulièrement sur les diatomées notamment sur l'écologie de ces microorganismes.

Les résultats montrent que les indices IBD, IPS, IDG et Shannon et Weaver, et van dam ont donné une évaluation réaliste de la qualité de l'eau de la trois station du cours d'eau, elles montrent toutes de nets signes de perturbations dans la station 03, l'état de santé du cours d'eau est influencé par des rejets de l'unité de traitement du minerai de barytine qui dégradent la qualité des eaux et modifient la biodiversité de ces écosystèmes.

A l'issue de ce travail et au vu des résultats obtenus 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, par exemple il serait en effet intéressant de faire une bio-évaluation diatomique à différentes période de l'année.



# Bibliographie

# Référence bibliographique



1) **Adl, S. M., Simpson, A. G., Farmer, M. A., Andersen, R. A., Anderson, O.**

**R., Barta, J. R. (2005)** : The new higher level classification of Eukaryotes with emphasis on the taxonomy of protists. *J Eukaryot Microbiol*, 52(5) : page 399-451.

2) **Afnor, (2000)** : Qualité de l'Eau. Détermination de l'indice biologique diatomées (IBD) - Norme NF T90-354 : page 63.

3) **Amis, M.A., Rouget, M., Balmford, A., Thuiller, W., Kleynhans, C.J., Day, J., et Nel, J. (2007)** : Predicting freshwater habitat integrity using land-use surrogates. *Water SA* 33, 215-222.

4) **Armbrust, E.V., Berges, J.A., Bowler, C et al.(2004)** : The Genome of the Diatom *Thalassiosira Pseudonana*: Ecology, Evolution, and Metabolism. *Science* 306 : page 79-86.



5) **Benameur, N. (2016)** : Contribution à l'étude des diatomées benthiques de quelques cours d'eau de l'Oranie : taxonomie et écologie, Thèse de doctorat UNIVERSITE AHMED BEN BELLA ORAN (ALGER) : page 47-48.

## Référence bibliographique

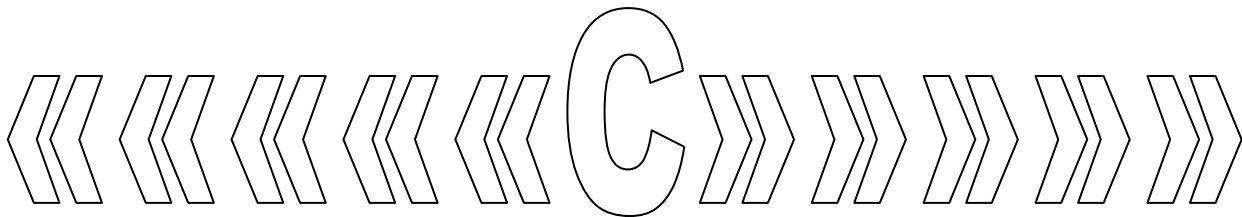
---

6) **Beyene, A., T. Addis, D., Kifle, W., Legesse, H., Kloos Et Triest, L. (2009)**

Comparative study of diatoms and macroinvertebrates as indicators of severe water pollution: Case study of the Kabena and Akaki rivers in Addis Ababa, *Ethiopia. Ecol. Indic.*, 9, 381-392.

7) **Blandin, T.(1986)** : Utilisation des bio-indicateurs pour la surveillance des émissions et des risques : page 1-2.

8) **Bouzaini, M. (2000)** : L'eau de la pénurie maladie. Ed. I BN-KHALDOUN. , Oran: 59-64. Bureau d'étude et de réalisation des ouvrages U.R.T.O, PADV de Hassi ben abdellah Phase 1 : rapport d'orientation: page 1-4



9) **Carignan, V., Villard, M. (2002)** :selecting indicator species to monitor ecological interity:areview.environmental monitoring assessment, vo. 78, no 1 : page 45-61.

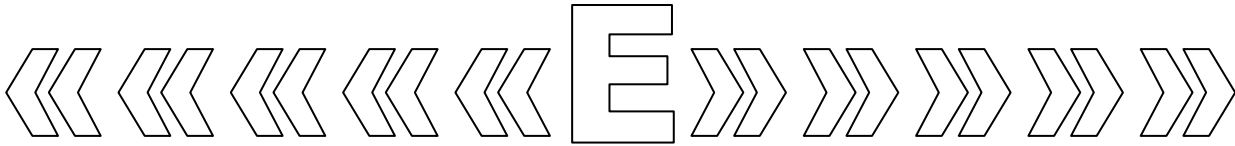
10) **Cemagref, (1999)** : **avancées et perspectives scientifiques** ;Analyse de la dynamique et de la qualité des écosystèmes aquatiques : page 01.

11) **Cyril, L. (2006)** : caractères généraux des diatomée p3.



12) **Duong, T., M. Coste, A. Feurtet-Mazel, D. Dang, C. Gold, Y. Park, Et A.**

**Boudou(2006)** : Impact of urban pollution from the hanoi area on benthic diatom 563, : page 201–216.

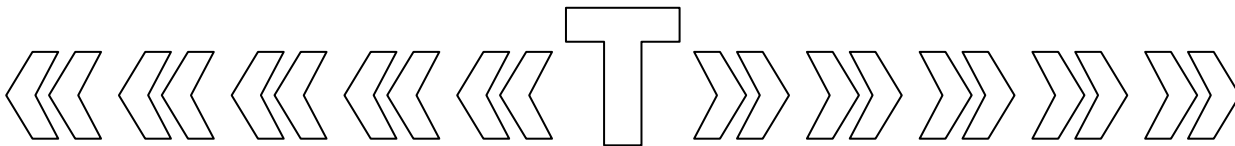


13) **E.P.C.N. (2007)** :Developing the Pond Manifesto. *Ann. Limnolint. J. Lim.* 43: 221-232. *Ethiopia. Ecol. Indic.*, 9: page 381-392.

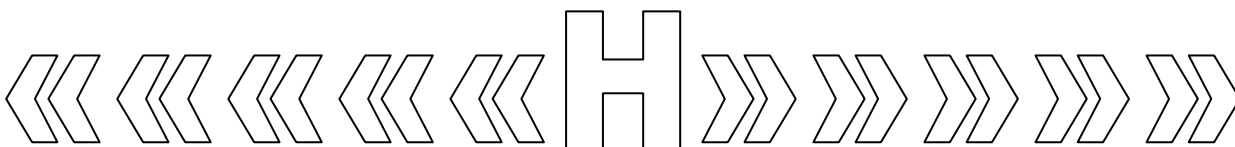
14) **Eulin, A. (1997)** :Les communautés de diatomées épilithiquesde la Garonne. Répartition naturelle et étude expérimentalein situ de la dynamique de colonisation sur substrat artificiel.Thèse de Doctorat, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, France : page 250.



24) **Gayral, P. (1975)** : Les Algues : morphologie, cytologie, reproduction, écologie. Paris, Doin : page 67-68.



25) **Taylor. (2005)** : The relevance of diatoms for water quality assessment in South Africa: A position paper. *Water SA*, 31: page 41-46.



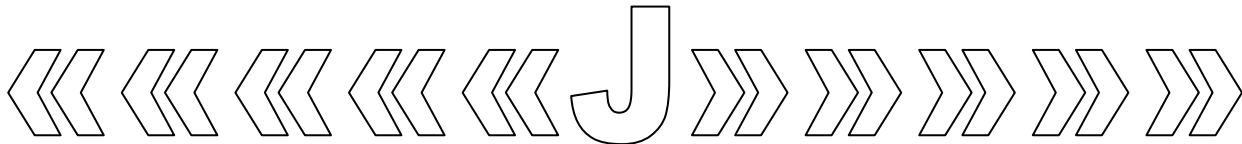
26) **Hellebust, J.A., EtLewin, J. 1977.** Chapter 6: Heterotrophic nutrition. - In: Werner, D. (ed.) *The Biology of Diatoms. Bot. Monogr.* 13. Blackwell Sci. Publ : page 169-197.

## Référence bibliographique

---

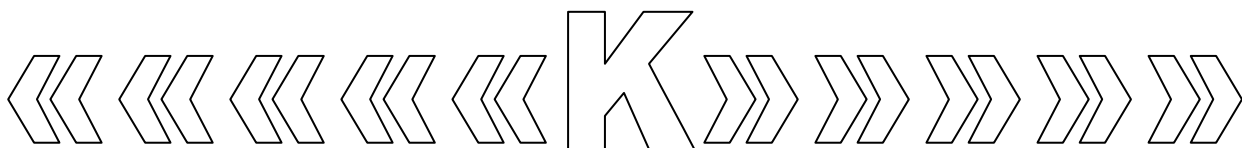
27) **Hill, B., R., Stevenson, Y., Pan, A. Herlihy, P., Kaufmann, Et C. Johnson. (2001)** :Comparison of correlations between environmental characteristics and stream diatom assemblages characterized at genus and species levels. *Journal of the North American Benthological Society* 20 (2) : page 299–310.

28) **Hill, W.R. 1996** :Factors affecting benthic algae. Effects of light. - In: Stevenson, R.J., Bothwell, M.L. et Lowe, R.L (eds.), *Algal ecology. Freshwaterbenthicecosystems*. Academicpress, sandiego, CA : page 121-144.



29) **Jørgensen, E.G. (1977)** : Chapter 5: Photosynthesis. - In: Werner, D. (ed.) *The Biology of Diatoms. Bot. Monogr. 13. Blackwell Sci. Publ* : page 150-168.

30) **J-Ttner I., H., Rothfritz Et S.,J. Ormerod. (1996)** : Diatoms as indicators of river quality in the Nepalese.



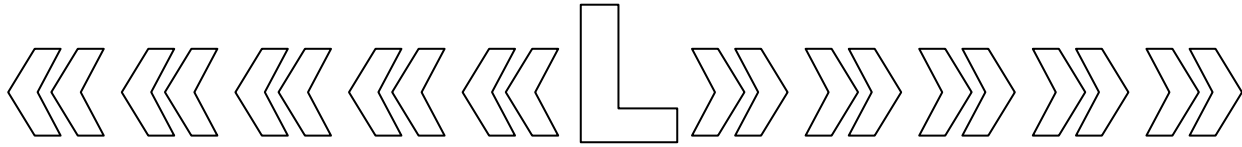
31) **Kaiser, J. (2001)** :Bioindicators and biomarkers of environmental pollutions and risk assessment. Hartford, Science Publishers : page 301.

32) **Kerckhove, O. (2012)** : Espèces ou association d'espèces de poissons en tan t que bio-indicateur de l'état de santé des récifs coralliens . Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec : page 91.

## Référence bibliographique

---

33) **Kovács, C., M. Kahlert., et J. Padisák. (2006)** :Benthic diatom communities along ph and tp gradients in hungarian and swedish streams. *Journal of Applied Phycology* 18 : page 105–117.



34) **Laperche,D. (2014)** : Des crustacés standardisés comme indicateurs de la qualité des rivières environnement et technique : page 333.

35) **Lavoie, I., P. J. Dillon, Et S. Campeau (2008)** :The effect of excluding taxa and reducing taxonomic resolution on multivariate analyses and stream bioassessment. *Ecological Indicators* doi: page 10-16.

36) **Lecointe C., Coste M., Prygiel J. (1993)** :Omnidia - Software for taxonomy, calculation of diatom indexes and inventories management. *Hydrobiologia* 269: page 509-513.

37) **Leland, H.V. et s.d. porté. (2000)** : Distribution of benthic algae in the upper Illinois River basin in relation to geology and land use. *Freshwater Biology*, 44: 279-301.

38) **Licursi, M., & Gomez N. (2002)** : Benthic diatoms and some environmental conditions in three lowland streams, Argentina. *Annales de Limnologie*, 38: page 109-118.

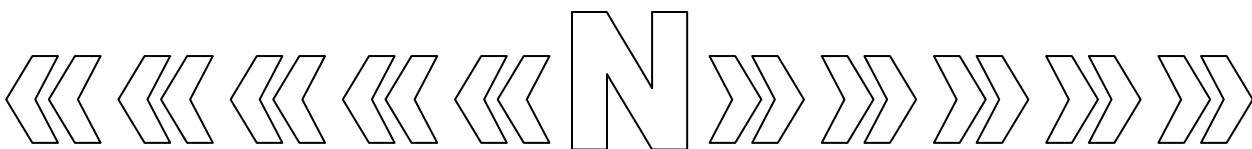


39) **Mann, D.G., S.J.M. Droop. (1996)** :biodiversity,biogeography and conservation of diatoms.hydrobiologia.336: page 19-32.

40) **Markert, B.A., Breure, AM., and Zechmeister, H.G. (2003)** :Bioindicators and Biomonitors. Principales.concepts and applications.Vienne,Elsevier, : page 997.

41) **Morin, S. (2006)** : Bioindication in situ des effets des pollutions métalliques sur les communautés de diatomées benthiques : approches in situ et expérimentales. Thèse de Doctorat, Univ. Bordeaux 1, France : page 302 .

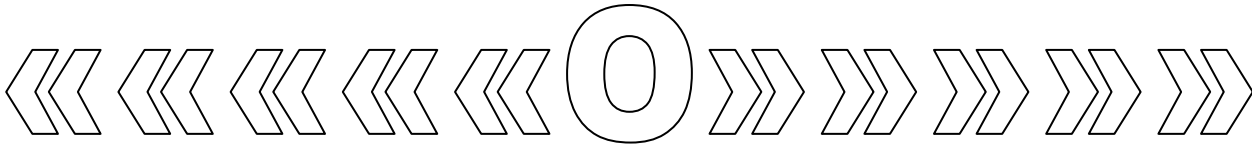
42) **Morin, S., Pesce, S., Kim-Tiam, X., Libert, M., Coquery, Et N., Mazzella. (2009)** : Use of polar organic chemical integrative samplers to assess the effects of chronic pesticide exposure on biofilms. *Ecotoxicology* : page 1–11.



43) **Nasri, N. (2015)** : Impact des rejets de l'usine de baryte sur la qualité des eaux souterraine d'Ain Mimoun (wilaya de khenchela) : page 19.

## Référence bibliographique

---



44) **Oertli, B., D. AudersetJoye, E. Castella, R. Juge & J.-B. Lachavanne.**

( 2000) : Diversité biologique et typologie écologique des étangs et petits lacs de Suisse. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP). Laboratoire d'Ecologie et de Biologie Aquatique (LEBA), Université de Genève : page 434.



45) **Peterson, G.P.,R.J. Stevenson. (1990) :**post-spate development of epilithic algal communities in different current environments.canadian journal of botany,68: page 2092-2102.

46) **Potapova, M.G. et D. F. Charles (2002) :**Benthic diatoms in usa rivers: distributions along spatial and environmental gradients. Journal of Biogeography 29 (2) : page 167–187.

47) **Potapova, M. et D. F. Charles. (2003) :**Distribution of benthic diatoms in u.s. rivers in relation to conductivity and ionic composition. Freshwater Biology 48 (8) page: 1311–1328.

48) **Prygiel, J. and M. Coste. (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: page 134.

## Référence bibliographique

---



- 49) **Rosen, B.H. (1995)** : Use of periphyton in the development of biocriteria. - In: Davis, W.S. et Simon, T.P. (eds.), *Biological assessment and criteria: Tools for water resource planning and decision making*. Lewis Publishers : page 209-215.
- 50) **Rott, E., H.C. Duthie Et E. Pipp.(1998)** : Monitoring organic pollution and eutrophication in the Grand River, Ontario, by means of diatoms. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55: page 1443-1453.
- 51) **Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G. (1990)** :The diatoms. *Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge : page 747.
- 52) **Round, F.E. (1991)** :Diatoms in river water-monitoring studies. *J. Appl. Phycol.*, 3 : page 129-145



- 53) **Sauvanet ,J. ( 2016)** : rapport d'etude, Evaluation de la qualité physico-chimique et biologique de la Dore Moyenne et de ses affluents : page 25.
- 54) **Scala, S. And Bowler, C. (2001)** :Molecular insights into the novel aspects of diatom biology. *Cellular and Molecular Life Science* 58: page 1666-1673.
- 55) **Simonsen, R.& Sims, P. (1979)** : An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia*, 64: page 512-533.

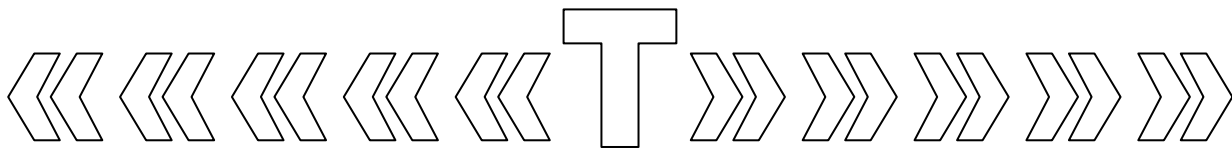
## Référence bibliographique

---

56) **Smetacek, V. (2000)** : Oceanography: The giant diatom dump. *Nature* 406(6796) : page 574-575.

57) **Soininen, J. (2002)** :Response of epilithic diatomcommunities to environmental gradients in some Finnishrivers. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 87: page 11-24.

58) **Soininen, J. et P. Niemela. (2002)** : Inferring the phosphorus levels of rivers from benthic diatoms using weighted averaging. *Archiv Fur Hydrobiologie* 154 (1) : page 1–18.



59) **Timothée,D. (2007)** : THESE de doctorat ,ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES ET ENVIRONNEMENTS, L'UNIVERSITE BORDEAUX 1, Caractérisation de l'impact des pollutions agricoles sur les diatomées benthiques : page 60.

60) **Tison, J., Y. S. Park, M. Coste, J. G. Wasson, L. Ector, F. Rimet, Et F. Delmas. (2005)** :Typology of diatom communities and the influence of hydroecoregions: A study on the frenchhydrosystem scale. *Water Research* 39 (14) : page 3177–3188.

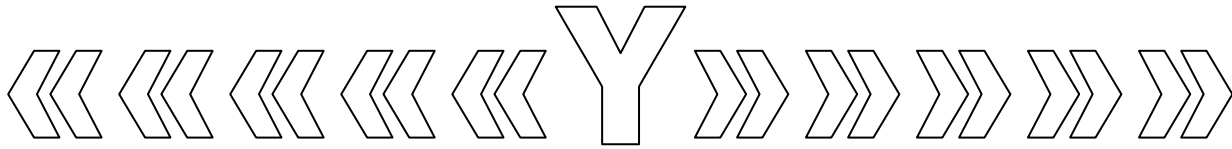
61) **Tuchman, N.C. (1996)** : the role of heterotrophy in algae.Dans *algal ecology:freshwater benthic ecosystems*.stevenson,RJ.,Low(dir.).Academic press,SAN Diego : page 299-320.



## Référence bibliographique

---

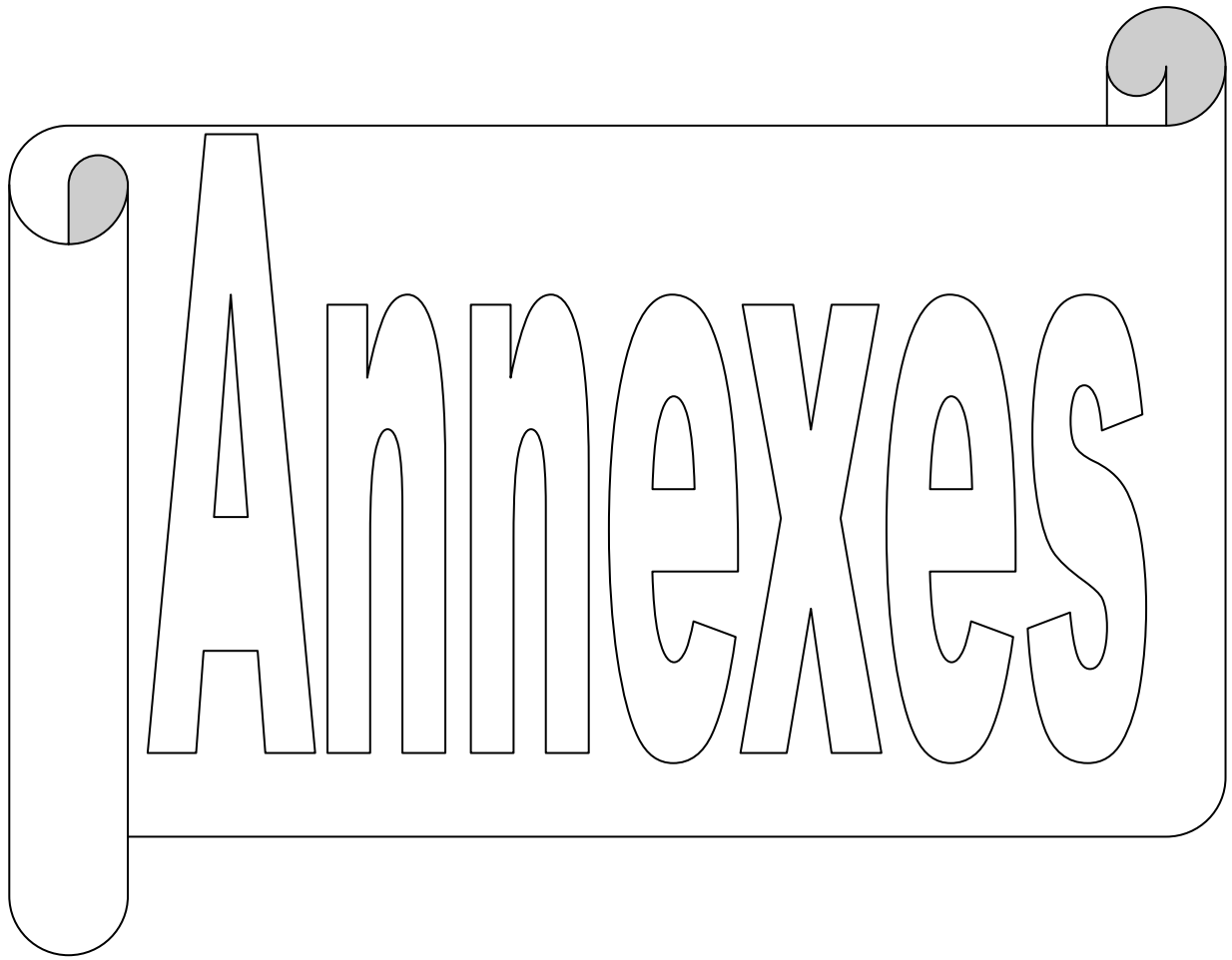
62) **Van Dam, H., Mertens, A., & Sinkeldam, J. (1994)** : A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Aquatic Ecology*, 28(1) : page 117-133.



63) **Yorick, R., Vassilis, S (MEDDE, DEB) Et Laurent, B (Journaliste) Virginie, A., Christine, A., Vincent, B., Sébastien B., Christian, C., Olivier, D., François, D., Alain, D., Muriel, G., Christophe, L.T., Maud, M., Soizic, M., Didier, P., Juliette, R., Irstea, P., Usseglio, P., Et Cédric, M.(2012)** : Université de Lorraine Agnès Bouchez, Thierry Caquet, Frédéric Rimet et Marc Roucaute – INRA Olivier Monnier - MNHN Stéphane Stroffek – Agence de l'eau Rhône, Méditerranée et Corse Brigitte Genin – DREAL Rhône-Alpes : page 06.



55) **Whittaker, R. H; & Margulis, L. (1978)** : Protist classification and the kingdoms of organisms. *Biosystems*, 10(1-2) : page 3-18.



## Annexes

**Annexe 1 :** Tableau d'après le logiciel OMNIDIA qui représente les résultats des différents indices pour la station 01

OMNIDIA 4.2

File Edit Utilities Commands Menu Help Inventories Window Help

INVENTORIES

Help IBD Graph Print Add up Duplicate Delete Modify Insert List Research

Analysis  Validated

SLIDE N° 125

Date

Basin

River AIN MIMOUN

Site STATION 1

Hydrologic code

Distance/source

Temperature

Sampling code

Particularities

Other labels...

NB of species 19

Population 400

Diversity 3.05

Evenness 0.72

Nb genera 14

Detailed list

Species Abundance

ACMI	1
AMPH	2
AULA	6
BPAR	18
BRAC	6
CAFF	112
CHEL	10
EMIN	1
FPUL	13
FRHO	118
FVUL	5
GOMT	3
GIRU	9
GYAT	16
NIPM	15
PINU	40
PSAP	19
PSGI	1
THST	5

Quality notes/20

SHE 16.9 IPS 16.2 IDG 16.8

INDICES IBD 16.4

Ecologic values Complement Compute indices Find Exit

**Annexe 2 :** Le tableau représente les résultats de l'indice de Van Dam de la station 01

(abundance/1000)	125 STATION 1										
<b>Van Dam 1994</b>	1	2	3	4	5	6	7	<b>DOMINANT</b>			
PH classes	0	298	0	410	40	0		4 alcaliphile			
Salinity	298	418	0	33				2 douces à légèrement saumâtres			
Nitrogen uptake	660	85	0	0				1 N-autotrophe sensible			
Oxygen requirements	650	23	73	0	0			1 élevée			
Saprobity	360	355	33	0	0			1 oligosaprobe			
Trophic state	295	38	25	35	353	0	0	5 eutrophe			
Moisture	40	623	83	3	0			2 aquatique ou subaérien			
<b>Lange-Bertalot 1979</b>	1	2	3	4	5	6					
	0	33	0	13	25	638		6 more sensible (less frequent)			
<b>Hofmann 1994</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Trophic state	293	295	25	0	280	45	63	0	0		1 oligotrophe
Saprobity	293	320	318	23	0	15	0	33	0	0	1 oligosaprobe

HAKANSSON et DENYS Print Exit

## Annexes

**Annexe 3** : Tableau d'après le logiciel OMNIDIA qui représente les résultats des différents indices pour la station 02

OMNIDIA 4.2  
File Edit Utilities Commands Menu Help Inventories Window Help

INVENTORIES

Help IBD Graph Print Add up Duplicate Delete Modify Insert List Research

Analysis  Validated

SLIDE N° 126

Date

Basin

River AIN MIMOUN

Site STATION 02

Hydrologic code

Distance/source

Temperature

Sampling code

Particularities

Other labels...

Species Abundance

NB of species 23

Population 400

Diversity 3.31

Evenness 0.73

Nb genera 18

Detailed list

ACMI 1

AMPH 4

APEL 18

AULA 1

BPAR 16

BRAC 10

CAFF 150

CHEL 12

CTPU 1

EMIN 1

FARC 1

FPUL 10

FRHO 38

GOMT 1

GTRU 5

GYAT 1

MAST 2

NAVI 37

NIPM 25

PINU 23

PSAP 19

PSGI 11

Quality notes/20 SHE 17.4 IPS 15.6

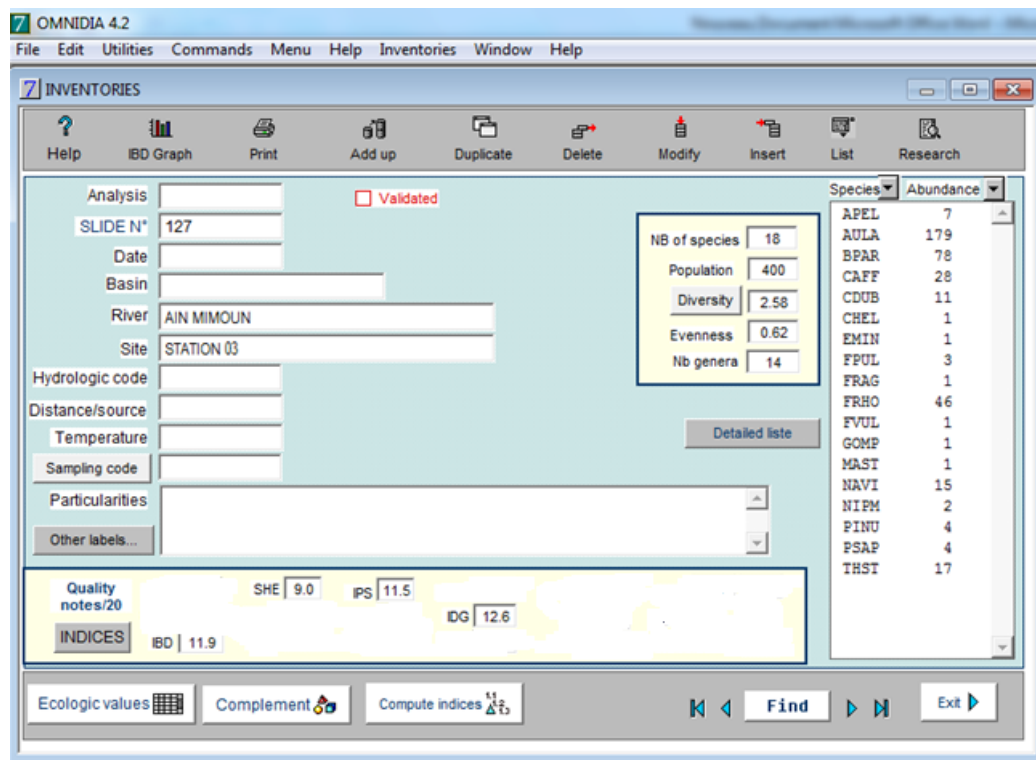
INDICES IBD 15.0

Ecologic values Complementation Compute indices Find Exit

**Annexe 4** : Le tableau représente les résultats de l'indice de Van Dam de la station 02

(abundance/1000)	126 STATION 02									
<b>Van Dam 1994</b>	1	2	3	4	5	6	7	<b>DOMINANT</b>		
PH classes	0	98	0	553	3	0		4	alcaliphile	
Salinity	98	530	0	25				2	douces à légèrement saumâtres	
Nitrogen uptake	578	75	0	0				1	N-autotrophe sensible	
Oxygen requirements	565	58	30	0	0			1	élevée	
Saprobity	190	393	28	45	0			2	Bêta-mésosaprobe	
Trophic state	95	110	30	13	405	0	0	5	eutrophe	
Moisture	3	558	93	3	0			2	aquatique ou subaérien	
<b>Lange-Bertalot 1979</b>	1	2	3	4	5	6				
	0	28	0	0	75	485		6	more sensible (less frequent)	
<b>Hofmann 1994</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Trophic state	348	95	30	0	375	28	125	0	0	
Saprobity	348	125	438	60	0	3	0	28	0	0
<b>HÅKANSSON et DENYS</b>										
Print										
Exit										

**Annexe 5** : Tableau d'après le logiciel OMNIDIA qui représente les résultats des différents indices pour la station 03



**Annexe 6** : Le tableau représente les résultats de l'indice de Van Dam de la station 03

(abundance/1000)	127 STATION 03										
<b>Van Dam 1994</b>	1	2	3	4	5	6	7	<b>DOMINANT</b>			
PH classes	0	118	0	105	28	0		2 acidophile			
Salinity	118	98	28	8				1 douces			
Nitrogen uptake	193	55	0	0				1 N-autotrophe sensible			
Oxygen requirements	195	45	8	0	0			1 élevée			
Saprobity	125	73	35	18	0			1 oligosaprobe			
Trophic state	115	23	3	3	105	0	0	1 oligotrophe			
Moisture	28	205	15	3	0			2 aquatique ou subaérien			
<b>Lange-Bertalot 1979</b>	1	2	3	4	5	6					
	0	8	0	3	20	185		6 more sensible (less frequent)			
<b>Hofmann 1994</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Trophic state	778	115	3	0	70	10	25	0	0		1 oligotrophe
Saprobity	778	118	75	18	0	5	0	8	0	0	1 oligosaprobe

## Annexes

### Annexes 7 : Analyse de variance a un seul critère station 1 avec station 2

Univariate Tests of Significance for Station 1 (STAT DIATOM2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	1	8848,267	331,7771	0,0000000207
<b>Station 2</b>	16	1458,008	54,6699	0,000001
<b>Error</b>	9	26,669		

Dunnnett test; variable Station 1 (STAT DIATOM2) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 26,669, df = 9,0000		
	Station 2	{1} - 1,6667
1	0	
2	1	0,999783
3	2	1,000000
4	4	1,000000
5	5	0,927413
6	10	0,717239
7	11	1,000000
8	12	0,859815
9	13	0,999933
10	16	0,202793
11	18	1,000000
12	20	0,160365
13	23 <i>Pinnularia sp</i>	0,001469
14	25	0,393275
15	38 <i>Frustulia rhomboïdes</i>	0,000010
16	37	1,000000
17	150 <i>Cymbella affinis</i>	0,000010

## Annexes

### Annexes 8 : Analyse de variance a un seul critère station 2 avec station 3

Univariate Tests of Significance for Station 2 (STAT DIATOM2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	9873,16	1	9873,159	550,0760	0,00000000000050
<b>Station 3</b>	21359,63	12	1779,969	99,1697	0,000000
<b>Error</b>	233,33	13	17,949		

Dunnett test; variable Station 2 (STAT DIATOM2) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 17,949, df = 13,000		
	Station 3	{1} - 4,2500
<b>1</b>	0	
<b>2</b>	1	0,998738
<b>3</b>	2 <i>Nitzschia perminuta</i>	0,005210
<b>4</b>	3	0,896858
<b>5</b>	4 <i>pinnularia saprophila</i>	0,002058
<b>6</b>	7	0,087091
<b>7</b>	11	0,993235
<b>8</b>	15 <i>navicula sp</i>	0,000077
<b>9</b>	17	0,500440
<b>10</b>	28 <i>Cymbella affinis</i>	0,000008
<b>11</b>	46 <i>Frustulia rhomboïdes</i>	0,001635
<b>12</b>	78	0,187148
<b>13</b>	179	0,998136

## Annexes

### Annexes 9 : Analyse de variance a un seul critère station 1 avec station 3

Univariate Tests of Significance for Station 1 (STAT DIATOM2) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	<b>SS</b>	<b>Degr. of - Freedom</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Intercept</b>	9730,01	1	9730,008	242,6863	0,00000000086
<b>Station 3</b>	23046,95	12	1920,579	47,9032	0,000000
<b>Error</b>	521,21	13	40,093		

Dunnett test; variable Station 1 (STAT DIATOM2) Probabilities for Post Hoc Tests (2-sided) Error: Between MS = 40,093, df = 13,000		
	<b>Station 3</b>	<b>{1} - 4,3750</b>
<b>1</b>	0	
<b>2</b>	1	0,999999
<b>3</b>	2	0,735092
<b>4</b>	3	0,894910
<b>5</b>	4 <i>pinnularia saprophila</i>	0,002579
<b>6</b>	7	0,999275
<b>7</b>	11	0,999275
<b>8</b>	15	0,999275
<b>9</b>	17	1,000000
<b>10</b>	28 <i>Cymbella affinis</i>	0,000008
<b>11</b>	46 <i>Frustulia rhomboïdes</i>	0,000008
<b>12</b>	78	0,451091
<b>13</b>	179	1,000000