

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :.....

## Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de la Technologie  
Département de Science de la Nature et de la Vie

### Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière: Biologie

Spécialité: Biologie Appliqué et Environnement

Option: Gestion et Fonctionnement des Ecosystèmes Aquatiques et Foristiérs

#### *Thème*

*Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du barrage*

*Beni Haroun dans la région de Mila*

Préparé par: RABIA Yassmina

DJAMAA yaqota

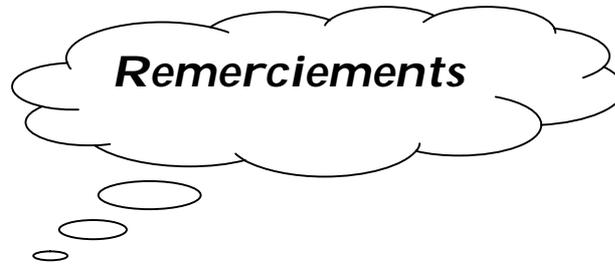
Promoteur : Mlle. KHERIEF N Saliha M. A. A Centre Universitaire de Mila

Soutenue devant le jury :

Présidente : Mme Himour Sara M. A. A Centre Universitaire de Mila

Examinatrice : Mme. DJEDDI Hamsa M. A. A Centre Universitaire de Mila

Année universitaire : 2013/2014



## **Remerciements**

*Avant tout nous remercions dieu tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.*

*Tout d'abord nos vifs remerciements et notre gratitude vont tout droit à notre encadreuse M<sup>elle</sup> KHERIEF NSalihad'avoir accepté de diriger cette étude, pour son aide et surtout sa patience.*

*Nous tenons à remercier la Présidente du jury, Madame HIMOUR Sara, pour l'honneur qu'elle nous a faite en président le jury.*

*Madame DJEDDI Hamsa, pour avoir accepté d'examiner, et qui tout au long de ces années a été d'une très grande disponibilité. Nous la remercions pour son encadrement pendant l'obtention de la Licence en 2012, son suivi, les idées scientifiques et les précieux conseils apportés tout au long de ces années. Nous lui témoignons notre profonde reconnaissance.*

*Tout le personnel pédagogique et administratif de l'université de Mila, en particulier : Mr TABET S, BOUZEGAG A et Mr BOULBANDIR A, et tout les enseignants de sciences de la nature et de la vie.*

*Nos sincères remerciements et notre gratitude aux membres de l'organisme gestionnaire de l'ANBT de Beni Haroun, à leur tête Monsieur le directeur MANAA Azeddine pour leur aide précieuse.*

*Nos vifs remerciements et l'expression de notre profonde reconnaissance vont à Monsieur TAYAB et FIRAS et le personnel de la DHW Mila de nos avoir aidé à récolter les données nécessaires pour réaliser ce travail.*

*Nos sincères remerciements et notre gratitude à toute l'équipe de la Direction de la Pêche Maritime et de la Pisciculture de la Wilaya de Mila pour leur aide précieuse.*

*Nos remerciements au responsables du Laboratoire(ADE) de Zeghaia Monsieur NABIL et au personnel AWATEF, SAFA, ASMA, SALMA et BILAL, et l'équipement de laboratoire de centre universitaire de Mila.*

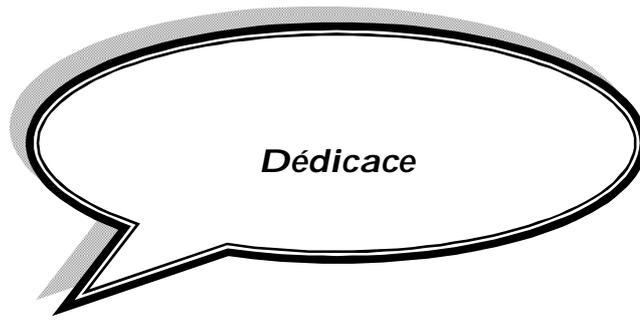
*Nos remerciements vont aussi à tous les personnels du laboratoire pédagogique du département de biologie de l'université de Mila.*

*Madame Nassima et Samir et Athman qui dans les meilleures conditions ont mis à nous disposition tous le matériel nécessaire.*

*Nos remerciements vont également à :*

*Fadhila Madiha et Kayss pour ces aides précieuses.*

*Nos remerciements à tout ceux qui ont contribué techniquement ou moralement à l'aboutissement de ce travail.*



*A mes très chers parents*

*Dont leurs mérites, leurs sacrifices, leurs qualités humaines m'ont  
permis de vivre à ce jour :*

*Les mots me manquent pour exprimer toute la reconnaissance, la  
fierté et le profond amour que je porte pour aux cause des sacrifices  
qu'ils ont consentie pour ma réussite, qu'ils trouvent ici le  
témoignage de mon attachement ma reconnaissance, ma gratitude  
et respect, que dieu les préservent santé et langue vie.*

*Tout mes sentiments de reconnaissance pour eux.*

*A mes frères :*

*Abd elouheb, Ammar, Mouhamed, Abd elaghani, Hamid et  
Zohir*

*A mes sœurs :*

*Fadila, Nadia, Rachida*

*Mes cousins et liens*

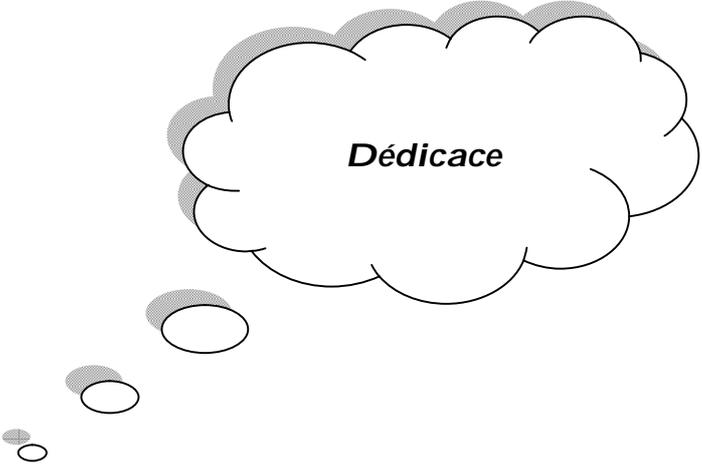
*A tous mes amies*

*A tous ceux qui me sont chères*

*A tous ceux qui m'aiment*

*A tous ceux que j'aime.*

**Yaqota**



**Dédicace**

*A mes très chers parents*

*Dont leurs mérites, leurs sacrifices, leurs qualités humaines m'ont  
permis de vivre à ce jour :*

*Les mots me manquent pour exprimer toute la reconnaissance, la  
fierté et le profond amour que je porte pour les sacrifices qu'ils ont  
consentie pour ma réussite, qu'ils trouvent ici le témoignage de mon  
attachement ma reconnaissance, ma gratitude et respect, que  
dieu les préservent santé et langue vie.*

*Tous mes sentiments de reconnaissance pour eux.*

*A mes frères*

*Mouhssan, Mouhamed et Nassim*

*A mes sœurs :*

*Ibtissem, Nouara et Hadil*

*A mes amies*

*Yaqota, Imane, Rana, Lamia, Somaia et Antar*

*A tous ceux qui me sont chères*

*A tous ceux qui m'aiment*

*A tous ceux que j'aime.*

**Yassmina**

---



---

## Sommaire

**Remerciements**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

	Page
<b>Introduction</b> .....	1

### **Chapitre I : Synthèse Bibliographique**

#### **I. 1. Généralités sur la pollution de l'eau**

1. Introduction.....	3
2. Principaux types de pollution.....	4
1.2.1. Pollution physique.....	4
1.2.2. Pollution thermique .....	4
1.2.3. Pollution chimique.....	4
1.2.4. Pollution biologique.....	5
3. Conséquence de la pollution de l'eau.....	5

#### **I .2. Paramètres de la qualité des eaux superficielle**

2.1. Paramètres physico-chimiques.....	8
2.1.1. Température.....	8
2.1.2. pH.....	8
2.1.3. Conductivité électrique .....	9
2.1.4. Oxygène dissous .....	9
2.1.5. Alcalinité.....	10
2.1.6. Dureté de l'eau.....	10
2.2. Substances eutrophisantes: différentes formes d'azote et de phosphore.....	10

2.2.1. Les caractéristiques principales de l'eutrophisation.....	13
2.2.2. Etapes de l'eutrophisation.....	14
2.2.3. Conséquence de l'eutrophisation.....	15
2.3. Le phytoplancton.....	16
2.3.1. Composantes du phytoplancton.....	17
2.3.1.1. Les Cyanobactéries.....	17
2.3.1.2. Les Chromophytes .....	18
2.3.1.3. Euglénophytes .....	19
2.3.1.4. Les Chlorophytes.....	19
2.3.2. Ecophysiologie du phytoplancton.....	20
2.3.3. Habitat et écologie .....	21
2.3.4. Le phytoplancton, indicateur de qualité biologique.....	21
<b>I.3. Evaluation de la qualité des eaux.....</b>	<b>22</b>
3.1. Le système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau).....	22
3.1.1. Indices de qualité et classes d'aptitude.....	24
3.2. Le système d'évaluation de la qualité biologique(SEQ-Bio).....	25
3.2.1. Indice diatomique.....	25
3.3. Intérêts du SEQ.....	26
3.4. Évaluation de l'état écologique des eaux.....	27

## **Chapitre II : Site d'Etude**

<b>II.1. Le bassin versant Beni Haroun.....</b>	<b>29</b>
1.1. Localisation et description.....	29
1.2. Géologie et lithologie.....	31
1.3. Réseau hydrographique.....	32
1.4. Alimentation en eau potable des agglomérations.....	33

1.5. Assainissement et le traitement des eaux rejetées .....	34
1.6. Agriculture.....	37
1.7. Industrie.....	37
<b>II.2. Le barrage de Béni Haroun.....</b>	<b>38</b>
2.1. Localisation et description .....	38
2.2. Le site géologique du barrage.....	40
2.3. Climatologie.....	41
2.3.1. Pluviométrie.....	41
2.3.2. Température.....	42
2.3.3. Evaporation.....	43
2.4. Végétation.....	44
2.5. Quelles espèces de poissons peuplaient le barrage Béni Haroun.....	44
2.5.1. Les espèces autochtones.....	45
2.5.2. Les espèces introduites.....	45
2.5.3. Offrir les sites de ponte les plus favorable.....	46
2.6. Source de pollution de zone d'étude .....	47

### **Chapitre III : Matériel et Méthodes**

III. 1. Matériel.....	49
1. 1. Matériel de mesure des Paramètres Physico-chimique.....	49
1. 2. Matériel de prélèvement du phytoplancton .....	49
1.3. Matériel d'identification et d'analyse du phytoplancton.....	49
1.4. Matériel d'identification des diatomées.....	50
III.2. Méthodes .....	50
2.1. Mode de prélèvement.....	50

---

2.2. Choix et localisation des stations de prélèvements.....	51
2.3. Mesure des paramètres physico-chimiques.....	53
2.3.1. Détermination de l'alcalinité.....	53
2.3.2. Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et du magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).....	53
2.4. Analyse chimique des nutriments .....	53
2.4.1. Dosages des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....	54
2.4.2. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).....	54
2.4.3. Dosage de l'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	54
2.5. Analyses qualitative du phytoplancton.....	54
2.5.1. Identification des espèces.....	54
2.5.2. Identification des diatomées.....	55

## **Chapitre IV : Résultats et discussion**

<b>IV.1. Qualité des eaux du barrage.....</b>	<b>56</b>
5.1. Analyse physico-chimique de l'eau.....	56
5.1.1. Température.....	56
5.1.2. pH. ....	57
5.1.3. Conductivité électrique.....	58
5.1.4. Alcalinité.....	59
5.2. Qualité chimique.....	60
5.2.1. Nitrite.....	60
5.2.2. Nitrate.....	61
5.2.3. Ammonium.....	62
5.2.4. Calcium.....	63
5.2.5. Magnésium.....	64

5.2.6. Dureté totale.....	64
5.3. L'inventaire taxonomique du phytoplancton.....	65
5.4. L'inventaire taxonomique des diatomées.....	69
<b>Conclusion</b> .....	76

**Références bibliographiques**

**Annexes**

**Résumé**

## Liste des Figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Le processus de l'eutrophisation	13
2	Schémas des principales phases de l'eutrophisation des eaux	14
3	Les classes et indices de qualité	25
4	Localisation du bassin	28
5	Situation géographique du bassin Béni Haroun et ses sous bassins versants	29
6	Les grands domaines hydrogéologiques du Bassin Beni Haroun	31
7	Principaux oueds du bassin versant KebirRhumel	33
8	Localisation du barrage de Béni Haroun	38
9	Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (coté aval)	39
10	Variation interannuelles des précipitations 2003/2013 station de Béni Haroun(ANBT)	41
11	Variation interannuelles des températures 2003/2013 station de Béni Haroun(ANBT)	42
12	Variation interannuelles de l'évaporation 2003/2013 station de Béni Haroun(ANBT)	43
13	L'introduction des alvins	45
14	Localisation du site d'étude et les stations d'échantillonnage	50
15	Variations thermiques des stations d'étude	54
16	Variations du pH des stations d'étude	55
17	Variations de CE des stations d'étude	56
18	Variations de TAC des stations d'étude	57

19	Variations de nitrite des stations d'étude	58
20	Variations de nitrate des stations d'étude	59
21	Variations d'ammonium des stations d'étude	60
22	Variations de calcium des stations d'étude	61
23	Variations de Magnésium des stations d'étude	62
24	Variations de TH des eaux des stations d'étude	63
25	Richesse phytoplanctonique par classe des stations étudiée.	65
26	Richesse phytoplanctonique identifiée dans la station St1	68
27	Richesse phytoplanctonique identifiée dans la station St2	69
28	Richesse phytoplanctonique identifiée dans la station St 3	70
29	Richesse diatomique par classe des stations étudiée.	72
30	Richesse diatomique identifiée dans la station St1	73
31	Richesse diatomique identifiée dans la station St2	74

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
1	Conséquence et effets des différentes pollutions	07
2	Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée	09
3	Principaux paramètres physico-chimiques des eaux superficielles	24
4	Assainissement des eaux usées urbaines dans le bassin du Beni Haroun	35
5	Calendrier des sorties de terrain	49
6	Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau	54
7	Aptitude à la biologie en fonction de la température (SEQ-Eau, 1999)	55
8	Aptitude à la biologie en fonction du pH (SEQ-Eau, 1999)	56
9	Aptitude à la biologie en fonction de CE (SEQ-Eau, 1999)	57
10	Éléments nutritifs	58
11	Aptitude à la biologie en fonction de $\text{NO}_2^-$ (SEQ-Eau, 1999)	59
12	Aptitude à la biologie en fonction de $\text{NO}_3^-$ (SEQ-Eau, 1999)	60
13	Aptitude à la biologie en fonction du $\text{NH}_4^+$ (SEQ-Eau, 1999)	61
14	Inventaire phytoplanctonique des eaux du barrage de Beni Haroun	64
15	Inventaire taxonomique des diatomées	71

## Liste des abréviations

**CEE:** Communauté Economique Européenne

**OCDE:** Organisation de Coopération et de Développement Économiques

**OMS:** Organisme Mondiale de la Santé

**SEQ:** Systèmes d'Evaluation de la Qualité

**UNESCO:** Organisation des Nations Unis pour l'éducation et la culture

**CaCO<sub>3</sub>:** Bicarbonate

**Cd:** Cadmium

**Cu:** Cuivre

**EDTA :** Ethylène-diamine-tétra-acétique

**Fe:** Fer

**H<sup>+</sup>:** hydrogène

**H<sub>2</sub>S:** Hydrogène sulfuré

**Hg:** Mercure

**K<sup>+</sup>:** Potassium

**Mn:** Manganèse

**Na<sup>+</sup>:** Sodium

**NHJ:** azote Kjeldahl

**Ni:** Nickel

**Pb:** Plomb

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>:** Phosphate

**SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>:** Sulfates

**Zn:** Zinc

**T** : Température

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**CE** : Conductivité électrique

**O<sub>2</sub>**:Oxygène dissous

**TAC**: Alcalinité

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrite

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitrate

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Ammonium

**Ca<sup>+2</sup>**: Calcium

**Mg<sup>+2</sup>**: Magnésium

**TH** : Titre hydrotimétrique

**BCR**: Béton Compacté au Rouleau

**H** : Hauteur

**MO**: Matière Organique

**St**: Station

**STEP**: Step d'épuration

**°C**: Degré Celsius

**μS/cm**: micro Siemens par centimètre

**Km**: kilomètre

**m<sup>3</sup>/j** : mètre cube par jour

**m<sup>3</sup>/s**: mètre cube par seconde

**mg/l** : milligramme par litre

**mm**: Millimètre

# ***Introduction***

## **Introduction**

L'eau est un besoin vital et l'accès à une eau de bonne qualité nécessite un engagement de notre part pour sa protection. De nombreuses activités agricoles et industrielles ainsi que les activités quotidiennes de l'homme conduisent à la pollution de l'eau.

C'est le cas de la dégradation des écosystèmes aquatiques en même temps que de la qualité de leurs eaux, conduisant généralement au phénomène d'eutrophisation, défini comme étant l'enrichissement d'un plan d'eau par des éléments nutritifs utiles à la croissance des plantes ou autres producteurs primaires, souvent sous forme azotée et phosphorée étant un processus accélérant de façon drastique l'évolution du plan d'eau vers un état eutrophe d'identifier les espèces phytoplanctoniques.

En ce qui concerne la qualité des eaux superficielles, les paramètres physico-chimiques (Température, pH, nitrite, nitrate, ...), sont parmi les outils qui peuvent être développés pour évaluer la qualité des eaux. Les phytoplanctons sont les plus utilisés car ils intègrent de façon continue à la diversité des processus physiques et chimiques.

En Algérie, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'alimentation des populations, de l'agriculture, et de l'industrie. Des investissements considérables ont été consacrés à la construction de barrages, notamment dans l'Est du pays. Beni Haroun est un grand complexe hydraulique stratégique en Algérie dans la wilaya de Mila, récemment mis en service (2003). De plus, il alimente cinq wilayas Mila, Constantine, Batna, Khenchela et Oum el Bouaghi en eau potable et en eau d'irrigation.

Cependant, ces eaux sont plus ou moins perturbés par l'activité humaine, le déboisement, l'urbanisation, l'agriculture et le pâturage sont les activités les plus nocives à ce barrage qui provoquent la régression d'espèces, la diminution des stocks de poissons, la dégradation de la qualité de l'eau.

Dans un but d'évaluer la qualité des eaux de barrage de Beni-Haroun ; notre travail traite d'une part l'évaluation physico-chimiques des eaux (température, pH et conductivité électrique), les concentrations des principaux nutriments dissous dans l'eau (nitrite, nitrates, ammonium...) et d'autre par déterminer la composition et l'abondance phytoplanctoniques ainsi que la composition diatomique qui est considéré comme le compartiment indicateur de la dynamique des cours d'eau, de part sa très large diversité, ses taux de croissance variables et une réponse rapide à la présence de nutriments, au broutage par le zooplancton, aux

conditions de luminosité, de température, de turbulence et aux polluants. Il constitue donc un des paramètres biologiques retenus pour la classification de l'état écologique des masses d'eau.

Hormis l'introduction et la conclusion, nous allons rendre compte du protocole expérimental réalisé. Notre investigation est consignée dans quatre chapitres : le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur la pollution des eaux et paramètre physico-chimique. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude : localisation et description de zone d'étude, situation géologie, climatologie. Le troisième chapitre présente le matériel utilisé et les méthodes d'analyses physico-chimiques et phytoplantonique. Et en fin, les résultats obtenus dans le dernier chapitre.

***Chapitre I :***  
***Synthèse Bibliographique***

## I.1. Généralités sur la pollution de l'eau

Pollution s'il est un mot couramment employé dès que l'on aborde les problèmes de l'eau c'est bien celui-là, mais encore faut-il s'entendre sur une définition.

Etymologiquement, polluer signifie profaner, souiller, salir, dégrader et ces termes sans ambiguïtés pourraient sembler suffisamment explicites. L'idée de la responsabilité de l'homme n'y est toutefois que sous-jacente et mérite d'être mise davantage en exergue. De nombreuses définitions ont été proposées:

- Selon l'UNESCO, la pollution marine est tout rejet à la mer direct ou indirect, de substances ou d'énergie d'origine humaine qui a un effet nuisible sur les organismes vivants, dangereuse pour la santé humaine, empêche l'utilisation de la mer, altère la qualité de l'eau de la mer ou qui réduit les possibilités d'utilisation aux fins de loisirs.

-De même, l'OMS définit la pollution comme étant toute modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse de préjudiciable du point de vue, soit de la santé, de la sécurité et du bien publique, soit de ses usages destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique. (Kerdoud, 2006)

-Le terme de "pollution classique" désigne ici les perturbations des milieux aquatiques aboutissant, à terme, à un déficit au moins transitoires en oxygène dissous. Ceci est particulièrement le cas suite à un excès en éléments nutritifs du type phosphores ou nitrates (eutrophisation ou hypertrophisation) conduisant à un surdéveloppement algal (Olivier, 2011).

-À l'heure actuelle, l'eau est polluée de multiples manières. Même lorsqu'elle paraît «claire comme de l'eau de coche», elle peut être malgré tout polluée par plusieurs facteurs, qu'ils soient chimiques, biologiques, radioactifs, électromagnétiques, mécaniques ou physiques (Zerluth et Gienger, 2006).

Dans son acception la plus générale, le terme pollution désigne toute modification du milieu naturel qui s'exerce dans un sens le défavorable sous l'effet des activités humains (Anonyme, 2005).

## 1.2. Principaux types de pollution

Plusieurs critères peuvent être utilisés, selon les besoins, pour classer les pollutions (Genin et al, 2003). Nous distinguerons trois catégories parmi les divers polluants des eaux : les agents biologiques de pollution (micro-organisme et matière organique fermentescibles), celle des agents chimiques (diverses substances toxiques modifiant des facteurs en milieu aquatique) et celle des agents physiques de pollution (caléfaction, radioactivité) (Ramade, 2005).

### 1.2.1. Pollution physique

Agit sur la transparence de l'eau (présence de matières en suspension), les substances radioactivité provenant de activités nucléaire industrielle : médicale et scientifique, les systèmes de refroidissement de l'eau des industries et des centrales notamment les centrales nucléaires représentant une source de pollution par température de l'eau (Trouilhé, 2002).

### 1.2.2. Pollution thermique

La pollution thermique résulte du rejet, selon les cas, de rivière ou d'eau de mer ayant servi au refroidissement de centrales thermiques et nucléaires. Cette pollution thermique sera différente selon les conditions du milieu qu'elle touche, en particulier selon le débit d'étiage et les possibilités de barrage des eaux. Au moment des basses eaux, une pollution thermique est considérablement plus néfaste pour la vie aquatique qu'en temps normal (Ehrhardt et Seguin, 1978).

### 1.2.3. Pollution chimique

Elle résulte essentiellement de la libération massive dans des eaux de divers métaux toxiques et de substances inorganiques telles les nitrates, les phosphates et autre sels minéraux nutritifs utilisés dans l'agriculture comme fertilisants (Ramade, 2005). La pollution chimique des eaux peut être chronique, accidentelle ou diffuse. Elle peut être due à :

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

Cette forme de pollution issue de substances chimiques telles que les insecticides ou les désherbants provoque la destruction de la qualité des eaux de surface (cours d'eau, lacs et barrage...) et celle des eaux souterraines (Melghit, 2009).

#### **1.2.4. Pollution biologique**

On distingue deux catégories de pollution de nature biologique : les micro-organismes et les matières organiques.

##### **1.2.4.1. Les micro-organismes polluants**

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

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

##### **1.2.4.2. Les matières organiques**

La présence de matière organique naturelle est une caractéristique fondamentale les principaux composés organiques polluant sont : des lipides, des glucides, des savons, des détergents, des huiles minérales et des débris cellulose, auxquels s'ajoute leur produit de décomposition (Madoui et Sahraoui, 2011).

### **1.3. Conséquences de la pollution des milieux aquatiques**

La pollution de l'eau, quelque soit sa nature (organique, chimique ou microbiologique,...) peut avoir des conséquences désastreuses, en se traduisant par des effets très spécifiques dus aux particularités écologiques propres aux milieux aquatiques (Ramade, 2002). En effet, les micro-organismes aérobies engendrent une autoépuration des eaux qui se traduit par un épuisement de l'oxygène présent dans l'eau, lequel est indispensable pour la faune aquatique.

La pollution des eaux par les nitrates et les phosphates provoque dans certaines étendues d'eau comme les lacs un phénomène de dystrophisation qui résulte du rejet de matières organiques fermentescibles dans les eaux ou de leur enrichissement par les minéraux nutritifs (nitrates et phosphates) provenant de l'agriculture et des effluents

domestiques rejetés. Comme le renouvellement des eaux lacustres est évidemment beaucoup plus lent que celui d'un cours d'eau, ces éléments nutritifs libérés directement ou par l'intermédiaire de la dégradation de matières organiques vont provoquer une prolifération du phytoplancton et des plantes aquatiques, qui va elle-même engendrer un véritable bouleversement des conditions écologiques du lac. Ainsi, la mort de ces masses proliférantes provoquera une désoxygénation progressive, mais permanente des eaux profondes avec pour conséquence la disparition des espèces de poissons nobles (Nollet, 1996).

La présence de produits toxiques (rejetés sous différentes formes) : Ces substances provoquent des effets qui peuvent être de deux formes : effet immédiat ou à court terme conduisant à un effet toxique brutal et donc à la mort rapide de différents organismes et effet différé ou à long terme, par accumulation au cours du temps, des substances chez certains organismes. La plupart des produits toxiques proviennent de l'industrie chimique, de l'industrie des métaux, de l'activité agricole et des décharges de déchets domestiques ou industriels.

Une modification physique du milieu récepteur : le milieu peut être perturbé par des apports aux effets divers : augmentation de la turbidité de l'eau (ex. lavage de matériaux de sablière ou de carrière), modification de la salinité (ex. eaux d'exhaure des mines de sel), augmentation de la température (ex. eaux de refroidissement des centrales nucléaires) (Ainane, 2011).

Enfin, la pollution entraîne des effets nuisibles aussi bien pour le petit organisme que pour le grand, et peut induire le développement de nouvelles espèces tolérantes par cette pollution. Ces espèces sont des bio-indicateurs, car leur présence révèle une pollution de l'eau (Melghit, 2009).

**Tableau1.** Conséquence et effets des différentes pollutions (Boeglin, 2001).

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

## **I.2. Paramètres de la qualité des eaux superficielles**

L'étude de la qualité des eaux superficielles, est basée sur des groupes de paramètres de même nature ou de même effet permettant de décrire les types de dégradation de la qualité de l'eau appelés altérations (Mihoubi, 2008).

### **2.1. Paramètres physico-chimiques**

Les analyses physico-chimiques effectuées, portent sur deux types de paramètres :

-Les paramètres physiques mesurés généralement sur terrain, il s'agit de la température, PH, l'oxygène dissous et de la conductivité ;

-Les paramètres chimiques, ce sont les ions : les cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{NH}_4^+$ ) et les anions ( $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$ ) au niveau de laboratoire, les résultats obtenus seront la base de nos interprétations.

#### **2.1.1. Température**

La température est l'un des facteurs écologiques les plus importants parmi tous ceux qui agissent sur les organismes aquatiques (koller, 2004). La mesure de la température est à effectuer sur terrain. Il y a lieu de déterminer la température de l'air au même endroit et au même moment. L'analyse de ce paramètre est très importante, car elle conditionne de nombreux paramètres, tels que la conductivité électrique, l'oxygène dissous et le pH, ainsi que les réactions de dégradation et minéralisation de la matière organique (Rodier et al 2005).

Une élévation de la Température peut perturber fortement le milieu (pollution thermique) mais peut aussi être un facteur d'accroissement de la productivité biologique (Lehtimet et abdelaziz, 2006).

#### **2.1.2. Potentiel d'hydrogène pH**

Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène  $\text{H}^+$  présent dans une eau. Sert à quantifier la concentration en ions  $\text{H}^+$  de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique (Rejsek, 2002).

La mesure de pH est très importante. Ce paramètre conditionne l'équilibre physico-chimique d'eau. Cet équilibre dépend de l'origine de ces eaux qui peuvent être naturelles ou artificielles, provenant des rejets domestiques des eaux résiduaires (Bremond et Vuichard, 1973).

### 2.1.3. Conductivité électrique(CE)

La conductivité des eaux (capacité à conduire l'électricité), permet d'évaluer la quantité de substance minérale dissoute sous forme ionique (Mazzuoli, 2012).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. Toutefois, la minéralisation déterminée par pesée de l'extrait sec n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de la conductivité, car, lors de l'évaporation, il y a transformation de la structure de certains sels: hydrogénocarbonates dissociés donnant des carbonates, cristallisation des sulfates avec un certain nombre de molécule d'eau. D'autre part, la mesure de la conductivité est influencée par le pH de la solution, en particulier pour des pH inférieurs à 6 ou supérieurs à 9 (Rejsek, 2002).

**Tableau 2.** Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée (Rejsek, 2002).

Conductivité en $\mu\text{S.cm}^{-4}$	Minéralisation de l'eau
< 100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée
Entre 666 et 1000	Importante
>1000	Élevé

### 2.1.4. Oxygène dissous

L'oxygène dissous dans l'eau qui provient de l'atmosphère et de la photosynthèse des algues est indispensable à la plupart des organismes vivant dans l'eau et en particulier aux poissons. Sa teneur s'exprime en mg/l ou en pourcentage de saturation en oxygène. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs; la pression atmosphérique, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, la quantité de nutriments, l'oxydation et la dégradation des polluants, la respiration des organismes aquatiques. Elle diminue quand la température augmente ou que la pression atmosphérique diminue avec l'altitude (Mazzuoli, 2012).

Une valeur d'oxygène inférieure à 1 mg d'O<sub>2</sub> par litre d'eau, indique un état proche. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments (Merabet, 2010).

### **2.1.5. Alcalinité**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. (Rodier et al, 2009). La propriété de l'alcalinité est habituellement transmise par la présence de bicarbonates, carbonates et hydroxydes, et moins fréquemment dans les eaux intérieures par borate, des silicates et des phosphates. Bicarbonates et carbonates se trouvent dans abondance dans les eaux naturelles tandis que les niveaux hydroxyde sont plutôt faible. La valeur de ces trois alcalins combinés est appelé alcalinité totale. Dans l'eau naturelle alcalinité varie entre 10-200 mg.l<sup>-1</sup>. Mesures d'alcalinité sont utilisés dans l'interprétation et le contrôle de l'eau et procédés de traitement des eaux usées (Pongswat, 2002).

### **2.1.6. Dureté totale**

L'expression « dureté de l'eau » semble venir de ce qu'il était « dur » de laver avec une telle eau. Sauf exceptions très particulières, la dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium. Il n'est pas facile de définir un niveau entre ce qui constitue une eau dure et une eau douce. Cependant, on peut considérer qu'une eau ayant une teneur inférieure à 75 mg/l de CaCO<sub>3</sub> ou à 30 mg/l de Ca<sup>2+</sup> est une eau douce et qu'au-dessus, il s'agit d'une eau dure. Les eaux provenant de terrains calcaires et surtout de terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevés, susceptibles d'atteindre 1g/l de CaCO<sub>3</sub>. Par contre les eaux en provenance de terrains cristallins auront des duretés très faibles (El khelifi et Hachemaoui, 2008).

## **2.2. Substances eutrophisantes : différentes formes d'azote et de phosphore**

L'utilisation intensive des fertilisants artificiels en agriculture (engrais minéraux, lisiers) ainsi que l'accroissement des rejets urbains ont augmenté notablement depuis trente ans les apports terrigènes d'éléments nutritifs au milieu aquatique. En de nombreux points du globe, cet enrichissement forcé en nitrate (issu principalement du lessivage des terres agricoles), en ammonium et phosphate (très abondants dans les rejets urbains), a causé un déséquilibre du milieu aquatique, appelé eutrophisation (Ménésguen, 1999).

Selon les Agences de l'eau, 1991 « L'eutrophisation est l'ensemble des processus ayant pour conséquence première l'augmentation de la production première et/ou un changement de nature de la population végétale du milieu aquatique qui influe sur la plupart des activités et occupations humaines liées à l'utilisation de l'eau»

Selon l'OCDE 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 ».

Les éléments responsables de cet enrichissement sont essentiellement le phosphore et l'azote, mais le potassium, le magnésium, et certains oligo-éléments peuvent y prendre une part active (Rodier et al, 2009). Ces éléments sont en effet le moteur de la production primaire dans les écosystèmes aquatiques (Kaid Rassou, 2009).

#### ➤ **Azote**

L'azote est un élément mineur du point de vue quantitatif, mais il joue un rôle primordial dans le fonctionnement des biocénoses. Il se présente sous plusieurs formes : nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et l'ammonium ou azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) (Etec Sàrl et al, 2007).

#### **Les nitrates $\text{NO}_3^-$**

Les  $\text{NO}_3^-$  est un composé important entrant dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton (Bouzidi, 2007). Elle constitue l'élément le plus répandu et le plus visible d'une pollution diffuse (Kaid Rassou, 2009).

L'ion  $\text{NO}_3^-$  se trouvant naturellement dans les eaux, ce sont des sels de l'acide nitrique (Bouzidi, 2007), proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/l dans les eaux superficielles (Rejsek, 2002).

Sur le milieu naturel: les nitrates sont les principaux responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques. Les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines (Damba N'dlaye et al, 2013).

#### **Les nitrites $\text{NO}_2^-$**

Les  $\text{NO}_2^-$  constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates.

Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité (Rejsek, 2002).

### **Azote ammoniacal $\text{NH}_4^+$**

L'ion  $\text{NH}_4^+$  constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau (Demba N'dlaye et al, 2013).

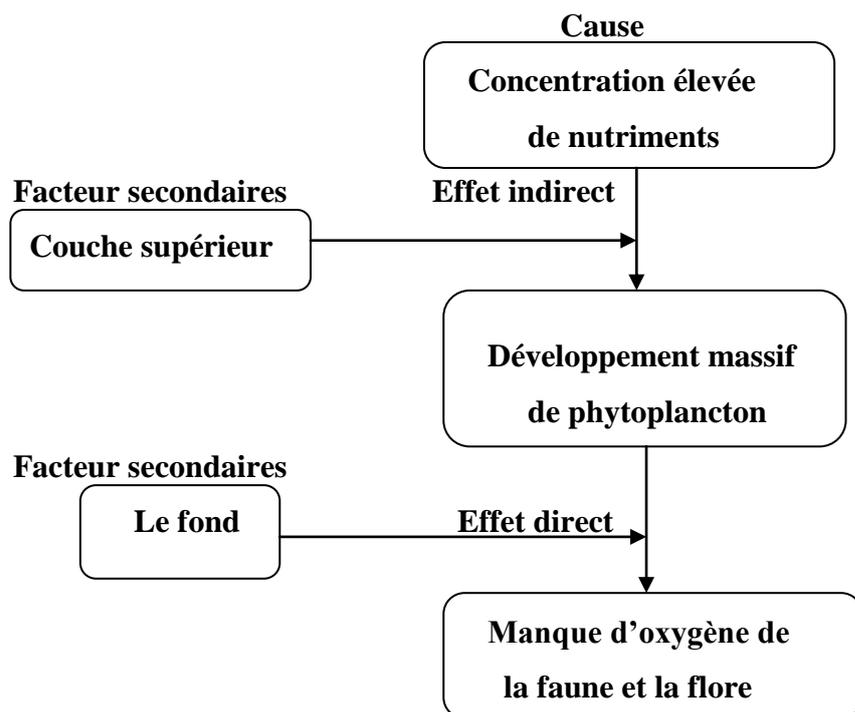
L'ion  $\text{NH}_4^+$  est assez souvent rencontré dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne (Brémond et Vuichard, 1973).

L'ammonium n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg  $\text{NH}_3/\text{l}$  (Merabet, 2010).

#### ➤ **Les phosphates**

Le phosphore entrant dans un système aquatique (charge externe) peut être d'origine urbaine, industrielle ou agricole. Les apports les plus importants sont ceux des populations (50 à 70 % du phosphore total) (Houli, 2014), et peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) (Brémond et Vuichard, 1973). Le contenu en phosphore total comprend non seulement les orthophosphates mais également les polyphosphates et les phosphates organiques (Merabet, 2010). Pour les eaux douces, le phosphore est généralement considéré comme le facteur limitant sur lequel il est possible d'agir efficacement (Koller, 2004), dans le développement des algues (Rodier et al, 2009).

Les mécanismes qui conduisent à l'eutrophisation, c'est-à-dire à ce nouvel état de l'environnement aquatique, sont complexes et interdépendants. La figure 1 décrit le processus de l'eutrophisation (Guasmi et al, 2006).



**Figure 1.** Le processus de l'eutrophisation (Guasmi et al, 2006).

### 2.2.1. Les caractéristiques principales de l'eutrophisation

- la multiplication des algues et du plancton qui réduit le passage de la lumière, accroît la consommation d'oxygène et s'accompagne d'une modification profonde de la faune, tant en quantité qu'en qualité. L'évolution peut aller de l'élimination de certaines espèces (les espèces nobles disparaissent alors au profit d'autres indésirables) jusqu'à la cessation de la vie aquatique ;

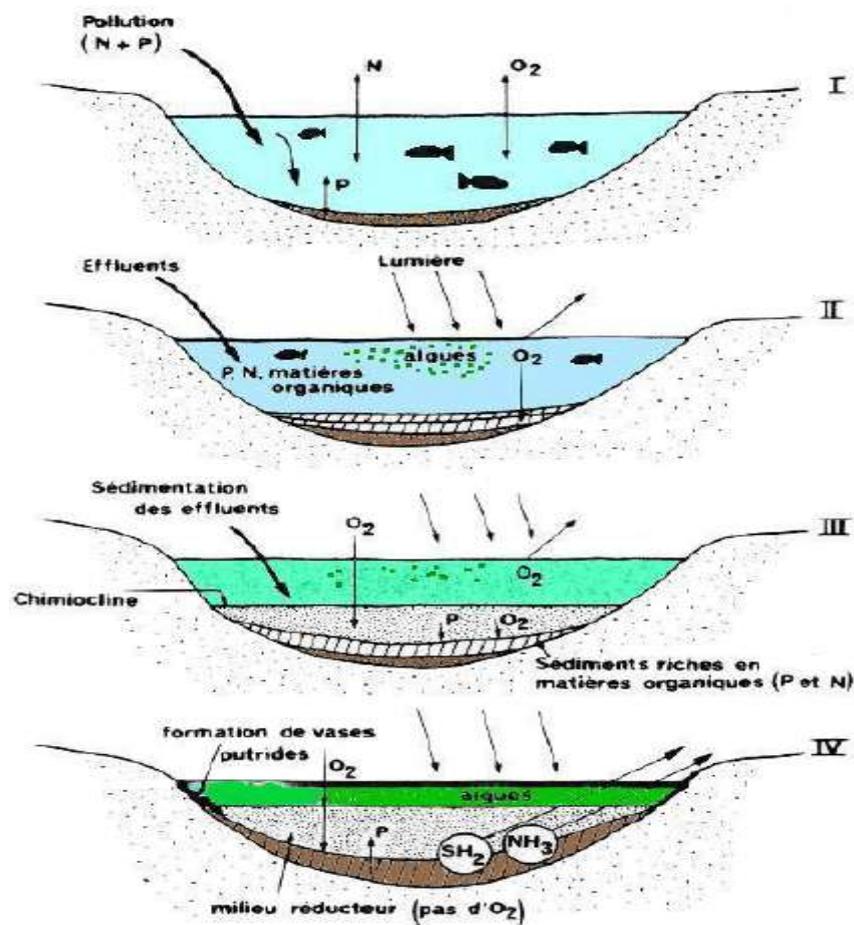
- la modification des paramètres physico-chimiques du milieu. Suivant le développement de la situation, on passera d'un système oligotrophe à un système mésotrophe pour aboutir à un système eutrophique caractérisé par une anaérobiose généralisée.

Quelles que soient, ces modifications ont une incidence, directe ou indirecte, sur l'homme. La dégradation des qualités organoleptiques de l'eau (odeur, saveur, turbidité, couleur...) bouleverse les conditions d'utilisation, ne serait-ce qu'en raison de son aspect inesthétique (putréfaction) (Rodier et al, 2009).

### 2.2.2. Etapes de l'eutrophisation

Les principales phases de l'eutrophisation des eaux peuvent être schématisées comme suit :

- Pollution croissante,
- Prolifération des algues,
- Décomposition anaérobie,
- Dégradation extrême du milieu avec une simplification des espèces présentes (Mama, 2010).



**Figure 2.** Schémas des principales phases de l'eutrophisation des eaux (Mama, 2010).

-On remarque que dans la première étape un apport massif de substances nutritives (nitrates, phosphates) provenant de sources diverses (naturelles et anthropiques sur une longue ou courte période de temps), augmentation de la production primaire: stimulation

de la croissance du phytoplancton et enrichissement du cycle biologique: augmentation du zooplancton, des poissons (Houli, 2014).

-La seconde étape, par contre, voit une grande partie de la faune disparaître au profit d'organismes dits inférieurs. Le rythme de développement des différentes phases dépend de l'environnement du lac : occupation des bassins versants, flux et nature des polluants, luminosité, hydrologie et hydrodynamique, etc. Le développement excessif d'espèces phytoplanctoniques dans les milieux eutrophes conduit à une réduction de la transparence, qui va alors limiter l'activité photosynthétique.

-Les décomposeurs utilisent l'oxygène dissous afin de dégrader la matière végétale, ce qui provoque une diminution des concentrations d'oxygène dissous en profondeur.

-La raréfaction de l'oxygène dissous de la couche inférieure occasionne un changement dans la biodiversité des espèces présentes au lac (ex : disparition des espèces de poissons tels que les truites), putréfaction de la vase (diffusion de produits toxiques  $H_2S$ ,  $NH_3$  et  $CH_4$ ) due au développement des bactéries anaérobies et une libération des composés chimiques présents dans les sédiments tel que les phosphates (Houli, 2014).

### **2.2.3. Conséquence de l'eutrophisation**

Les conséquences de l'eutrophisation sur la qualité des eaux sont importantes. L'eau brute des lacs eutrophes est de mauvaise qualité à toutes les profondeurs.

Les eaux profondes (hypolimnion) sont généralement anoxiques avec de fortes concentrations en matière organique et en composés aussi indésirables que le fer, le manganèse, l'ammoniaque, et parfois même l'hydrogène sulfureux. Par ailleurs, elles peuvent présenter une turbidité importante.

Les eaux de surface (épilimnion) sont également riches en matières organiques et très turbides, ont un pH très variable au cours de la journée (dans une plage de 7 à 10) et contiennent des cyanobactéries toxiques, des algues filamenteuses ou du nanoplancton.

Quant aux couches intermédiaires (métalimnion), de façon totalement aléatoire les inconvénients des deux précédentes. Cette variabilité nécessite un contrôle très fin de l'eau brute destinée à la potabilisation et impose un ajustement permanent des réactifs (Houli, 2014).

#### **2.3.3.1. Risque sanitaire**

Une eau eutrophe présente en premier lieu un risque sanitaire pour l'homme et les animaux : risque lié aux nutriments, ou risque lié aux toxines algales (Houli, 2014).

➤ **Toxicité liée aux nutriments**

L'intoxication au phosphate provoque un dérèglement du métabolisme, en bloquant la sécrétion de l'hormone noradrénaline des glandes surrénales, laquelle commande et règle le flux des excitations nerveuses cérébrales (Kaid Rassou, 2009).

Les nitrates responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques: la méthémoglobinémie et un risque de cancer d'estomac et du foie chez les adultes (Damba N'dlaye et al, 2013). C'est pourquoi, la norme (50 mg maximum par litre) a été fixée par l'OMS et ce, en fonction des risques encourus par la population la plus vulnérable, les nourrissons et les femmes enceintes (Kaid Rassou, 2009).

➤ **Toxicité liée aux phytoplanctons**

La toxicité du phytoplancton est un problème dont l'importance est grandissante dans le monde. Il semble en effet que les efflorescences (floraisons de plancton végétal) toxiques sont de plus en plus fréquentes et associées à l'eutrophisation. En eaux douces, les cyanobactéries, semblent les seules à poser de réels problèmes de toxicité. La toxicité survient surtout lors de l'ingestion de cyanobactéries formant des fleurs d'eau superficielles liées à l'eutrophisation. *Microcystis aeruginosa* est l'espèce la plus souvent incriminée, mais 75 % des souches de cyanobactéries d'eau douce seraient des toxiques potentiels (Houli, 2014).

### **2.3. Phytoplancton**

Le monde phytoplanctonique regroupe les algues unicellulaires (Drira, 2009), filamenteuses ou coloniales microscopiques en suspension dans la colonne d'eau, caractérisés par la présence de pigments chlorophylliens dont majoritairement la chlorophylle a. Ces microorganismes sont qualifiés de thallophytes, (Ba, 2006) c'est-à-dire qu'elles ne possèdent ni racines, ni tiges ; ni feuilles. Elles consomment les nutriments biodisponibles dans l'eau (Bourdin, 2004). Le phytoplancton se situe le plus souvent dans la couche supérieure éclairée des masses d'eau, dite zone euphotique dont la limite inférieure correspond à la profondeur recevant 1% de la lumière incidente (Groga, 2012), et que l'on trouve presque à la surface de tous les écosystèmes aquatiques (Drira, 2009).

Dans les milieux aquatiques, le phytoplancton joue un rôle crucial dans le fonctionnement des écosystèmes, en conditionnant notamment les cycles biogéochimiques d'éléments majeurs tels que le carbone, l'azote et le phosphore (Fraisie, 2013), le phytoplancton constitue le point de départ du réseau trophique (Nollo et Noury, 2013).

La communauté phytoplanctonique joue un rôle clé dans la biodiversité de l'écosystème et par conséquent, dans la qualité de leurs eaux (Silva, 2011).

La production de toxines par certaines espèces phytoplanctoniques a également un impact majeur sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques puisque celles-ci peuvent s'accumuler dans les organismes des niveaux trophiques supérieurs et avoir un effet délétère sur la reproduction et la survie de ces espèces. Par ailleurs, des phénomènes d'efflorescences (ou blooms) peuvent provoquer une anoxie de la colonne d'eau et aboutir à une mortalité massive de poissons (Fraisie, 2013).

### **2.3.1. Composantes du phytoplancton**

Le phytoplancton regroupe deux catégories bien marquées d'organismes en se fondant sur un caractère cytologique, à savoir la présence ou l'absence de membrane nucléaire. Les individus qui en sont munis sont classés sous le nom d'eucaryotes ou algues vraies, ceux qui en sont dépourvus sous le nom de Procaryotes ou cyanobactéries (Ba, 2006).

#### **2.3.1.1. Les Cyanobactéries**

Les cyanobactéries (cyanophycées) sont des procaryotes (cellules dépourvues de noyau et d'organites intracellulaires) photosynthétiques (Lavoie et al, 2007), présentent généralement sous forme de fins filaments. Contenant un pigment qui leur confère une couleur bleue, elles peuvent modifier la couleur des eaux où elles prolifèrent (Nollo et Noury, 2013).

En milieu aquatique, les cyanobactéries sont dites planctoniques ou pélagiques si elles prolifèrent en suspension dans la colonne d'eau, ou benthiques si elles sont attachées à un substrat. Les cyanobactéries prolifèrent généralement en présence d'oxygène, bien qu'elles soient capables de vivre temporairement en son absence (Lavoie et al, 2007). Les cyanobactéries peuvent être toxiques pour les mammifères, et pour l'homme en particulier. À la suite de leur prolifération dans des eaux d'alimentation humaine (Nollo et Noury, 2013).

#### **2.3.1.2. Les Chromophytes**

Les chromophytes contiennent également de la chlorophylle *a* et *c*. Leurs réserves sont constituées de chrysolaminarine ou de laminarine selon le cas, toujours dans le cytoplasme. Cinq classes composent cet embranchement (De reviers, 2003) :

➤ **Les Bacillariophycées (diatomées)**

Concernant les diatomées ou bacillariophycées, ils forment la plus vaste classe des chromophytes unicellulaires (Drira, 2009).

Les diatomées sont des organismes unicellulaires ou coloniaux qui constituent une partie extrêmement important du phytoplancton (Raven, 2008). Dans les milieux aquatiques, on distingue les diatomées planctoniques (essentiellement des espèces centriques ou araphidées) qui se développent librement dans la colonne d'eau, et les diatomées périphytiques qui se développent fixées sur des substrats immergés (galets, macrophytes, etc) (Bottin, 2012).

Ce sont des algues jaunes et brunes dont la taille varie entre deux micromètres (micron, soit un millième de millimètre) et un millimètre (Nolloet Noury, 2013). C'est généralement le premier type d'algue à croître dans un nouveau barrage. Elles sont sensibles à la minéralisation, au pH, à la température et à la pollution (Houli, 2014).

➤ **Les Dinophytes**

Les dinophytes sont majoritairement unicellulaires, microscopiques le plus grande dinoflagellé. Il existe quelques rares formes filamenteuses. Ce sont des micro-organismes en général monadoïdes (De reviers, 2003). La plupart des dinoflagellates pigmentés contiennent normalement les chlorophylles a et c, en majorité planctoniques, sont surtout (à 90%) marins, mais il existe de nombreuse espèces dulcaquicoles. Environ 20% des dinoflagellates connus produisent une ou plusieurs substances très toxiques de grande importance économiques et écologique (Raven, 2008).

Les dinophytes constituent le second plus important producteur primaire, après les diatomées, ils sont utilisés comme nourriture pour les larves de certains poissons en aquaculture (De reviers, 2003).

➤ **Les Chrysophycées**

Les chrysophycées sont des algues unicellulaires ou coloniales ou a thalle, et de petite taille (2 à 3 microns) (Pérés et al, 1976).

La chrysophycée est une microalgue pélagique. Dotée de deux flagelles, elle peut se déplacer, sans toutefois contrer les courants, et occuper tout le volume des eaux de surface, à la différence des diatomées qui tombent rapidement au fond où elles nourrissent le zooplancton benthique et les filtreurs (huîtres, moules...).Certaine chrysophytes sont incolores, tandis que les autre possèdent les chlorophylles a et c (Raven, 2008).

C'est un phytoplancton très intéressant pour les réseaux trophiques car il est présent partout (Nollo et Noury, 2013).

➤ **Les Xanthophycées**

Bien que les algues vert-jaune soient typiquement unicellulaires, certaines espèces forment des colonies, ou bien de long filament cellulaire. La plupart des algues vertes sont pourvues de deux flagellés émergeant chacun des extrémités opposées de la cellule (Nabord, 2008).

La grande majorité des xanthophycées est dulçaquicole, mais certaines se rencontrent dans les eaux saumâtres ou marines (De Reviere, 2003). Les formes libres constituent une part importante du phytoplancton (Nabord, 2008).

**2.3.1.3. Les Euglénophytes**

Ces algues sont unicellulaires flagellés rarement coloniales, la plupart sont photosynthétiques (De Reviere, 2003). Elles sont généralement épibenthiques, fréquemment hétérotrophes et saprophytes (se nourrissent de matière organique détritique). Les pigments caractéristiques sont les chlorophylles a et b. Les Euglénophycées sont généralement associées aux eaux dessalées (Hecq et Goffart, 2007).

**2.3.1.4. Les Chlorophytes**

Les Chlorophytes ou algues vertes synthétisent les chlorophylles a et b et stockent l'amidon dans les plastides (Nabors, 2008). Cet embranchement se divise en plusieurs classes dont trois d'entre elles se rencontrent dans le phytoplancton d'eau douce (De Reviere, 2003).

➤ **Les Prasinophycées**

Sont des micro-organismes unicellulaires, monadoïdes ou coccoïdes, parfois coloniaux. Le corps cellulaire et les flagelles sont recouverts d'écailles organiques. Ce sont des organismes présents dans le milieu marin comme dans les eaux douces (De Reviere, 2003).

➤ **Les Chlorophycées**

Sont des microalgues vertes vivant isolées ou organisées en colonies dans les eaux marines et douces des zones tempérées et chaudes. Unicellulaires ou pluricellulaires, de forme ovoïde, elles mesurent de 1 à 10 microns et peuvent, comme les chrysophycées, posséder deux flagelles qui leur permettent de se maintenir en surface.

Les chlorophycées sont des algues généralement vertes, la chlorophylle y étant très abondante. (Nollo et Noury, 2013).

➤ **Les Zygnematophycées (ou zygophycées)**

Cette classe regroupe des algues unicellulaires ou filamenteuses. Ce sont des algues dépourvues de flagelles. Ces algues sont dulçaquicoles, avec quelques espèces d'eau saumâtre (De Reviere, 2003).

### **2.3.2. Ecophysiologie du phytoplancton**

Les conséquences écophysiologiques associées à la richesse des populations phytoplanctoniques sont nombreuses (Grogan, 2012). En supposant la lumière, la température et l'hydrodynamisme favorables à la croissance du phytoplancton, la biodisponibilité des nutriments présents dans l'eau (contrôle ascendant) et l'intensité de la prédation (contrôle descendant) commandent le développement des espèces phytoplanctoniques. La demande exercée par les organismes est fonction de la composition de leurs tissus vivants. L'une des sources de carbone est sous forme de gaz carbonique d'origine atmosphérique qui se dissout facilement dans les écosystèmes aquatiques par diffusion. Toutefois, dans les milieux très eutrophisés, l'augmentation du pH entraîne une diminution de la solubilité des bicarbonates dans l'eau pouvant créer une limitation de croissance du phytoplancton. Par contre, l'azote peut être le facteur limitant du développement du phytoplancton. Les sources sont généralement minérales : nitrate, ammonium ou même le nitrite. Les deux premières sont susceptibles de provoquer les mêmes vitesses de croissance, tandis que les nitrites ont rapidement un effet toxique à faibles concentrations (Barnett, 2006). Le phosphore représente aussi un nutriment majeur pour la croissance des espèces phytoplanctoniques étant donné son implication dans plusieurs processus cellulaires comme les transferts d'énergie et la synthèse d'acides nucléiques et de phospholipides. Ce phosphore est principalement assimilé sous forme inorganique ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ou  $\text{HPO}_4^{2-}$ ).

Le soufre ainsi que le potassium sont aussi des éléments vitaux pour les microalgues, alors que d'autres comme le fer, le manganèse et le molybdène ne doivent être présents qu'en très infime concentration (Cantin, 2010). Certains de ces facteurs peuvent avoir une influence indirecte sur la communauté phytoplanctonique en agissant sur d'autres facteurs comme c'est le cas par exemple de la turbulence qui peut augmenter l'effet de la prédation (Frasse, 2013).

### 2.3.3. Habitat et écologie

Les organismes qui constituent le phytoplancton est d'une extrême plasticité écologique. Ces espèces très ubiquistes colonisent les biotopes terrestres et aquatiques (Groga, 2012). Le phytoplancton peut vivre partout où il y a de l'eau, On le trouve aussi bien dans les eaux douces, marines que saumâtres (mélange d'eau douce et d'eau salée comme les estuaires) (Mollo et Noury, 2013). Quelques espèces sont recensées dans les eaux thermales tandis que d'autres tolèrent les basses températures des lacs arctiques et antarctiques. Certaines espèces vivent en association avec des animaux comme des protozoaires, des éponges ou des ascidies (endozoïques), ou avec des végétaux comme des fougères aquatiques ou des angiospermes (endophytiques). Elles peuvent encore vivre en symbiose avec des champignons et des algues vertes comme dans le cas des lichens.

Au cas où elles sont strictement aquatiques, elles peuvent être planctoniques, vivant dans la colonne d'eau, ou benthiques, fixées ou très proches des divers substrats (roches, coraux, algues, animaux) et se développent même à l'intérieur des sédiments.

Certaines espèces peuvent aussi se déplacer dans la colonne d'eau grâce à des glissements, à des mouvements hélicoïdaux.

### 2.3.4. Le phytoplancton, indicateur de qualité biologique

Le phytoplancton tout comme les macrophytes, les invertébrés et les poissons sont des bio-indicateurs c'est-à-dire qu'ils donnent une indication sur la qualité de leur biotope de part la diversité de leur taxon, leur assemblage, la présence ou l'absence de groupes sensibles aux pollutions (Adjahouinou, 2012). Bio-indicateur désigne le paramètre de mesuré sur un organisme animale ou végétal, dont les caractéristique et les valeurs permettent de déterminer la nature de certaines facteurs du milieu ou de mesurer l'importance de leur évolution. Comme tout indicateur, c'est un variable qui fournit des renseignements sur d'autres variables plus difficiles d'accès (Bioret et al, 2010).

Les indicateurs utilisés actuellement, s'ils permettent d'évaluer l'état écologique général des masses d'eau, demandent à être améliorés autant que faire se peut afin de répondre aux conditions normatives, en particulier en ce qui concerne le lien entre les pressions anthropiques (hydromorphologie, chimie des eaux) et l'état écologique des masses d'eau (Royjol et al, 2013).

### I.3. Evaluation de la qualité des eaux

Depuis 1971, l'évaluation de la qualité des eaux s'appuyait sur une grille établie par la CEE (Tireche, 2006). L'évaluation de la qualité écologique comporte divers éléments : Les éléments biologiques (comme la composition et l'abondance de la flore et la faune), les éléments physico-chimiques de base tels que la température, l'oxygénation, la salinité ou les éléments nutritifs (Aguilar Ibarra, 2004). Sur cette base, Les familles de qualité étaient réparties en 5 classes.

L'évolution des connaissances et de la réglementation a présidé à l'élaboration au niveau international, de nouveaux types d'outils d'évaluation de la qualité, d'énommés systèmes d'évaluation de la qualité (SEQ) et cela depuis 1999 (Tireche, 2006).

L'évaluation de la qualité des cours d'eau porte sur trois grands volets, chacun d'eux concernant l'une des grandes composantes de la qualité des hydrosystèmes (Genin et al, 2003):

-SEQ-Eau pour « évaluer la qualité physico-chimique de l'eau et son aptitude à satisfaire les fonctions naturelles des milieux aquatiques et des usages de l'eau» ;

-SEQ-Bio pour « estimer l'état des peuplement animaux et végétaux vivant dans des cours d'eau ou ses abords» ;

-Le SEQ- physique pour « apprécier le degré d'artificialisation ou de perturbation du lit mineur, des berges, du lit majeur et du régime des eaux».

Actuellement, SEQ-Eau est mieux développé. Il s'adapte aux différents milieux aquatiques, cours d'eau, eau souterraines, plans d'eau, littoral (Mazzuoli, 2012).

#### 3.1. Le système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau)

Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau, permet d'évaluer la qualité de l'eau et son aptitude à assurer certaines fonctionnalités.

Les évaluations sont réalisées au moyen de plusieurs paramètres physico-chimiques et chimiques regroupés en 16 indicateurs, appelés altérations.

Ces altérations comprennent des paramètres de même nature ou ayant des effets comparables sur le milieu aquatique ou les usages. En identifiant les altérations, le SEQ-E, permet un diagnostic précis de la qualité de l'eau et contribue à définir les actions de correction nécessaires pour son amélioration en fonction des utilisations souhaitées (Boissonneault, 2009).

Les principaux paramètres physico-chimiques mesurés par le suivi de l'état des eaux superficielles sont indiqués tableau 3. D'autres analyses peuvent être aussi effectuées comme la recherche de pesticides, d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, polychlorobiphényles, de macropolluants métalliques (Cd, Hg, Ni, Pb...), de micro-organismes (coliformes, *Escherichia coli*, entérocoques, streptocoques...) qui peuvent être toxiques pour les êtres vivants et impropres à l'obtention d'eau potable (Mazzuoli, 2012).

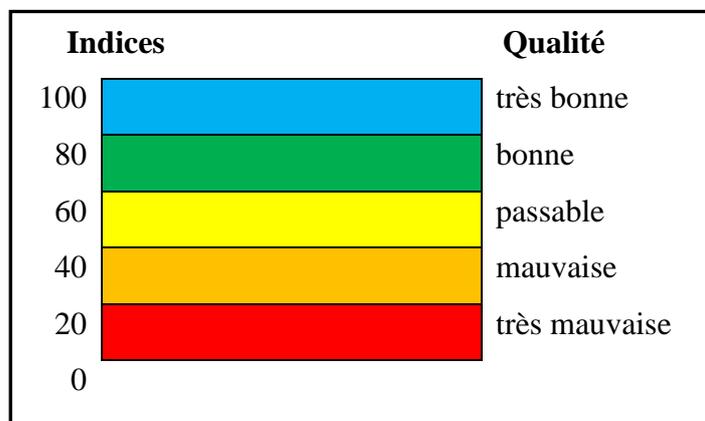
**Tableau 3.** Principaux paramètres physico-chimiques des eaux superficielles  
(Mazzuoli, 2012).

Paramètres	Altérations	Effets
Oxygène dissous, % en oxygène Demande biochimique en oxygène. Demande chimique en oxygène.	Charge en matière organiques et oxydables.	Désoxygénation des eaux entraînant la mort des poissons
Turbidité	Matière en suspension	Trouble de l'eau, faible pénétration de la lumière altérant la photosynthèse
$\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{NH}_3$	Matières Azotées hors nitrates	Prolifération des algues
$\text{NO}_3^-$	Nitrates	Gène de la production d'eau potable. Eutrophisation
$\text{PO}_4^{3-}$	Matières phosphatées	Prolifération des algues. Eutrophisation
Température	Température	Modification de la solubilité des sels et des gaz, augmentation de la vitesse des réactions si la température s'élève entraînant l'activité métabolique des poissons
Chlorophylle	Phytoplancton	Eutrophisation

### 3.1.1. Indices de qualité et classes d'aptitude

Les altérations de la qualité sont traduites en indices de qualité et exprimées sur une échelle de 0 à 100. Cette dernière est subdivisée de manière égale en 5 classes avec les 5 couleurs traditionnelles : bleu, vert, jaune, orange et rouge (de la très bon à la très mauvaise). Le passage des paramètres aux indices et classes de qualité s'effectue grâce à la grille de qualité qui donnera pour chaque altération les variations d'indice et de classe de

qualité (Rejsek, 2002). La grille de qualité associe, pour une série de paramètres principalement physico-chimiques (Boissonneault, 2009).



**Figure 3.** Les classes et indices de qualité (Boissonneault, 2009).

### 3.2. Le système d'évaluation de la qualité Biologique (SEQ-Bio)

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

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

#### 3.2.1. Indice diatomique

Les diatomées sont des algues microscopiques qui sont largement utilisées pour évaluer la qualité écologique des cours d'eau (Bottin, 2012). Il consiste une analyse de la flore diatomique benthique (prélevée surtout support immergé). On peut prélever et identifier des diatomées et calculer un indice diatomique qui tient compte de la sensibilité des espèces vis-à-vis de la pollution (Faurie et al, 2002).

Il permet d'évaluer le degré de pollution organique et d'eutrophisation des cours d'eau indépendamment du degré d'altération physique du milieu aquatique. L'évolution de la qualité biologique d'une station peut être suivie temporellement et spatialement (en amont, et en aval). La classe des diatomées comprend de très nombreuses espèces (2500 répertoriées) qui peuvent être identifiées au microscope par les caractères morphologiques des valves (Mazzuoli, 2012).

Avec d'autres indices (poissons, macrophytes, oligochète, oiseaux...) ces méthodes permettent d'évaluer la qualité biologique d'un cours d'eau et son évolution dans le temps et/ou dans l'espace, l'effet perturbation d'une pollution par comparaison entre l'amont et l'aval d'un rejet (disparition d'espèces sensibles, apparition d'espèces tolérantes, diminution du nombre des espèces, augmentation du nombre d'individus dans chaque espèce), l'efficacité d'un traitement d'effluent, une tendance vers l'eutrophisation, le système d'évaluation SEQ-Bio été plus hante utilisé ces bio-indicateurs (Anonyme, 2005).

### **3.3. Évaluation de l'état écologique des eaux**

Parallèlement aux paramètres physico-chimique (phosphore, nitrate, pH...) et chimiques classiques, programme de surveillance de la qualité des eaux prend en compte des paramètres biologiques (phytoplancton, diatomées, invertébrés, poissons), destinés à évaluer la qualité du fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

Le diagnostic de l'état écologique se fonde principalement sur des éléments de qualité biologique. Il a pour objectif de relier un effet biologique à une cause (pollution industrielle, urbaine, agricole) et d'évaluer l'impact de cette pollution sur le milieu. Mais les données concernant la qualité biologique permettent également de classer les eaux suivant la valeur de leurs paramètres de qualité et d'établir des règles de gestion objective de conservation, de réhabilitation ou de restauration des cours d'eau (Rodier et al, 2009).

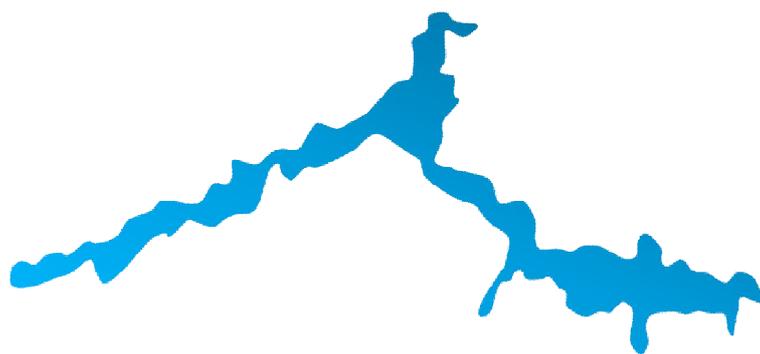
### **3.4. Intérêts de SEQ**

-C'est un système évolutif, susceptible de s'adapter et d'intégrer au fur et à mesure les avancées scientifiques dans le domaine de l'eau (nouveaux paramètres, par exemple) et la progression de la réglementation, en conservant l'architecture et les fonctionnalités de l'outil d'évaluation.

-En permettant d'évaluer la qualité de l'eau elle-même, mais aussi de différencier son aptitude à assurer des fonctions biologiques et des usages;

- Il offre la possibilité de définir des priorités d'action en fonction des utilisations souhaitées ;
- Les évaluations, qui peuvent être conduites sur une série d'analyse, plusieurs prélèvements ou plusieurs années, se font en définissant des altérations, regroupant chacune différents paramètre de qualité.
- SEQ autorise ainsi un diagnostic très mais néanmoins assez exhaustif, en identifiant la ou les altérations qui compromettent les équilibres biologiques ou les usages ;
- Exprimé selon une échelle de 0 à 100, l'indice apporte des informations précises, et peut mettre en évidence une évolution mineure de la qualité de l'eau à l'intérieur d'une même classe;
- Le SEQ doit offre des outils de traitement des résultats de mesures par paramètres ou groupement de paramètres, tout en mettant à disposition des décideurs et d'un large public une information (Genin et al, 2003).

***Chapitre II :***  
***Zone d'étude***



## II.1. Le bassin versant Beni Haroun

### 1.1. Localisation et description

Le bassin versant se définit plus précisément comme la totalité de la surface topographique drainée par un réseau hydrographique (Bioret et al, 2010) dans laquelle se produisent des entrées d'eau (sous forme de précipitations essentiellement, sans oublier les apports souterrains issus d'autres bassins) et où l'écoulement (et le transport de matériaux mobilisés par l'érosion) s'effectue suivant un système de pentes et de drains naturels en direction de l'exutoire ou embouchure du cours d'eau collecteur (Mebarki, 2005). Cette unité hydrographique cohérente permet d'organiser la gestion ou la restauration de la qualité de l'eau de façon globale (Bioret et al, 2010).

Le bassin de Beni Haroun est l'un des plus grands bassins hydrographiques importants en Algérie (Kerdoud, 2006). Il couvre une superficie de 6595 km<sup>2</sup> (ANBT, 2013). Il est centré 36° de latitude Nord, de 7° de longitude Est (Kerdoud, 2006).

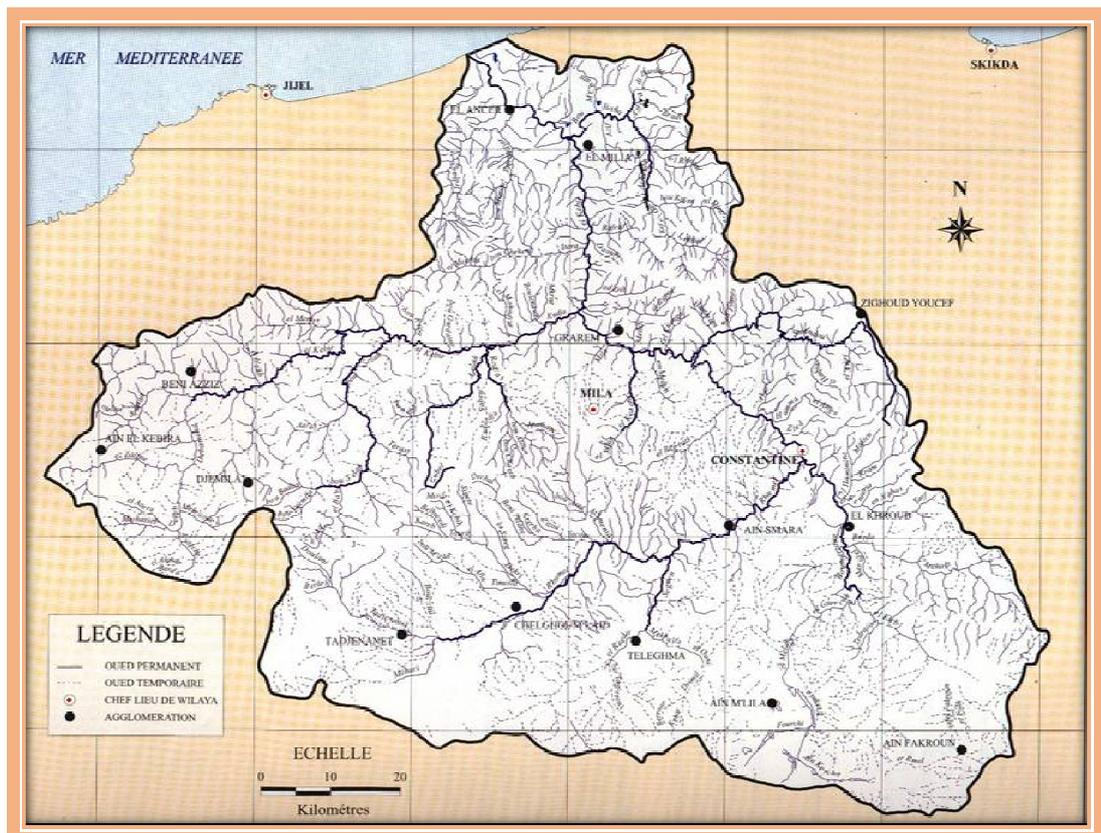
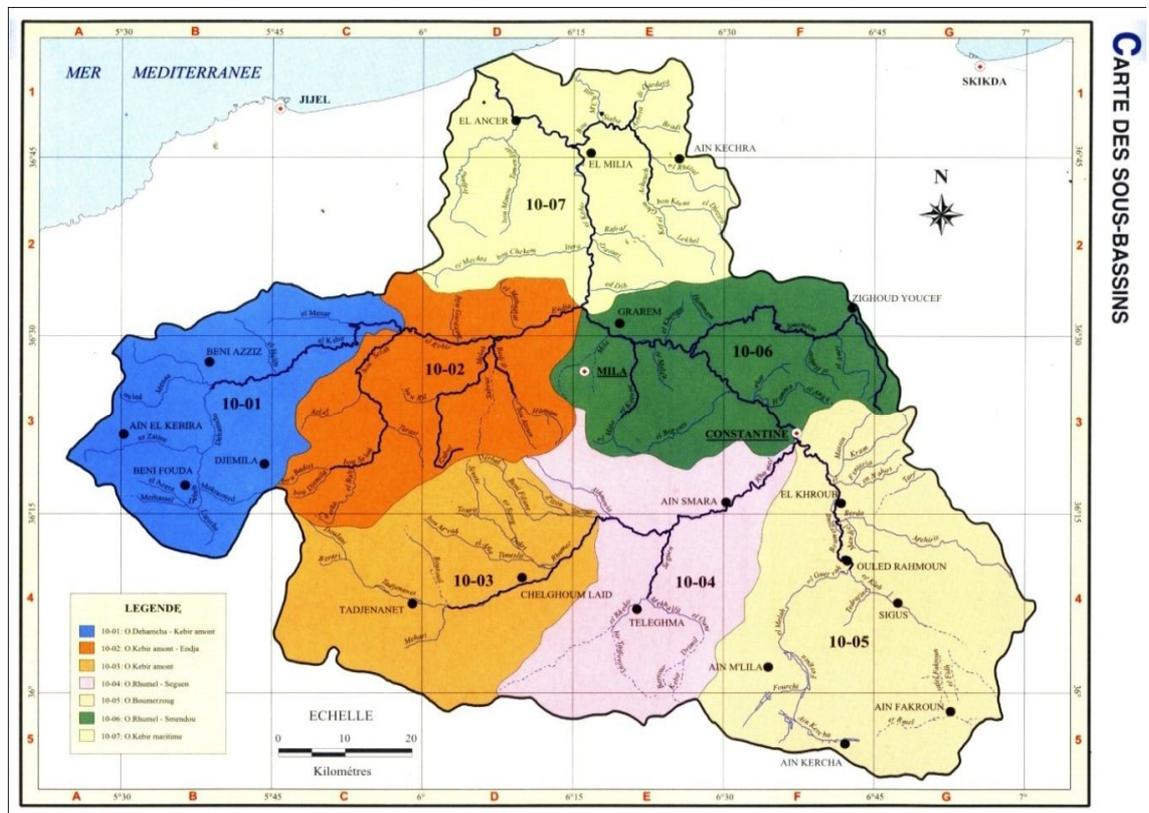


Figure 4. Localisation du bassin (ANBT, 2013).

Le bassin de Beni Haroun est situé en grande partie sur le versant méridional du bombement tellien. Il représente à ce titre une zone intermédiaire entre le domaine tellien à très forte influence méditerranéenne au nord et le domaine des hautes plaines à forte influence continentale au sud (Kerdoud, 2006).

Il est subdivisé en 7 sous bassins (Melghit, 2009). Il est limité naturellement par :

- Au Nord Ouest et Est le bassin des côtières Constantinois Est et Centre.
- Au Sud, le bassin des hauts plateaux constantinois.
- A l'Ouest les bassins de l'Algérois- Hodna- Soummam.
- A l'Est le bassin de la Seybouse (Kerdoud, 2006).



**Figure 5.** Situation géographique du bassin Beni haroun et ses sous bassins versants (DHW, 2013).

Administrativement, le bassin couvre quatre (04) wilayas : Constantine en sa quasi-totalité, Mila, Sétif et Oum El Bouaghi partiellement. Ces quatre wilayas constituant le bassin, contiennent quarante trois (43) communes (ANBT, 2013).

Dans ce bassin, la végétation est influencée par de nombreux facteurs tels que le climat, le relief, la lithologie et l'activité humaine. Ces facteurs permettent en permanence un couvert forestier plus ou moins dense. Le climat varie légèrement du Nord au Sud,

passant d'un domaine subhumide à un domaine semi-aride, mais d'une manière générale c'est le climat méditerranéen qui y règne : humide et tempéré, caractérisé par un hiver doux et un été chaud, avec d'assez riches ressources hydriques d'origine différentes (pluie, grêle neige). Généralement la neige fait son apparition sur les massifs de hautes altitudes. Les précipitations constituent le facteur essentiel qui gouverne l'écoulement des cours d'eau. En effet, ils ont un effet direct sur le débit. La précipitation moyenne inter-annuelle sur le bassin est estimée entre 500 à 630 mm (Bouchareb, 2013).

## **1.2. Géologie et lithologie**

La géologie de l'importante surface du bassin versant Beni Haroun reflète clairement l'aspect lithologique de la zone centrale de l'Est Algérien.

De la source à la mer, on rencontre schématiquement 5 grands domaines géologiques et hydrogéologiques (Melghit, 2009).

-Le domaine des Hautes-Plaines sud-constantinoises (DI)

Constitué de deux grandes unités lithologiques : les massifs carbonatés du néritique constantinois et les plaines plioquaternaires d'une part et d'autre part les massifs de calcaires jurassiques et crétacés ;

-Le bassin néogène de Constantine-Mila (DII)

D'âge mio-pliocène et à dominance argileuse, à l'exception de quelques affleurements de calcaires lacustres ;

-Le domaine des nappes tectoniques de Djemila (DIII)

À l'ouest de Ferjioua, en position occidentale par rapport au domaine DII. Elles sont formées d'une alternance de marnes et de calcaires marneux (Jurassique-Crétacé-Eocène) ;

-Le domaine de la dorsale kabyle et des massifs gréseux numidiens (DIV)

Ce domaine, localisé au niveau de la confluence de l'oued Endja et de l'oued Rhumel au nord de Grarem. Il est constitué essentiellement de grès numidiens sous lesquels apparaissent des calcaires jurassiques très tectonisés de la dorsale kabyle (Mebarki, 2005).

-Le domaine du socle granitique et cristallophylien de la petite Kabyle d'El Milia (DV)

Au sud d'El Milia, la vallée du Kébir s'encaisse dans les formations du socle. Large de 1 à 2 km, cette vallée renferme des graviers et sables alluviaux abondants. La nappe alluviale, en partie exploitée, constitue à l'opposé des formations du socle, la ressource hydraulique la plus importante du secteur (Melghit, 2009).

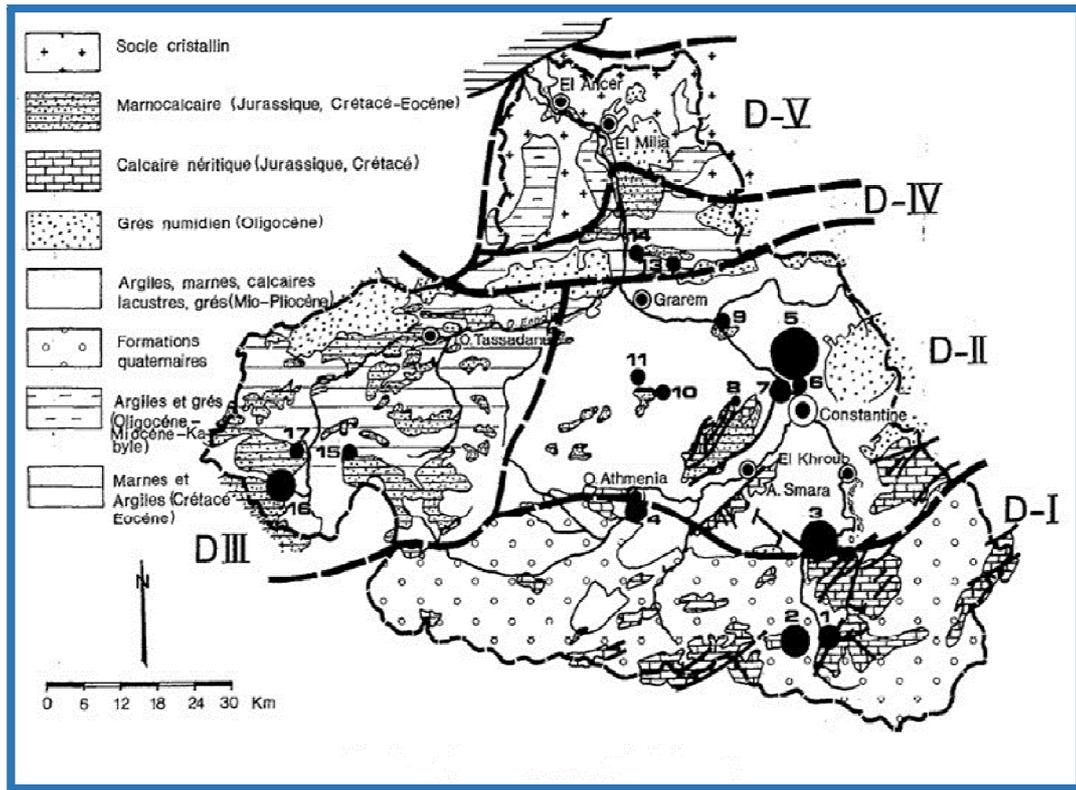


Figure 6. Les grands domaines hydrogéologiques du Bassin Beni Haroun (Mebarki, 2005).

### 1. 3.Réseau hydrographique

En géographie physique, un réseau hydrographique est un organisme qui assure le drainage d'une aire délimitée par une ligne de partage des eaux. Il est composé de l'ensemble des cours d'eau et points d'eau irriguant un territoire. On lui associe généralement les cours d'eau artificiels que sont les canaux et autres rigoles qui viennent en superposition de la trame viaire. La densité et les plans des réseaux varient selon la quantité et la régularité des précipitations et selon les données de la structure géologique (Aidat, 2008).

Le bassin versant de Beni Haroun est drainé par deux cours d'eau très importants : l'Oued Rhumel et l'Oued Endja. La confluence de ces deux Oueds à l'aval de l'Oued El Kébir.

#### ➤ Oued Rhumel

Est caractérisé par un réseau hydrographique très dense vu l'importante superficie qu'il draine d'un linéaire de plus de 123 Km, c'est l'oued le plus important (Mebarki, 1982). Il prend naissance dans les hautes plaines Sétifiennes, entaille les gorges

de Constantine jusqu'à la confluence de l'Oued Endja autour de Sidi Merouane dans la ville de Mila. Le principal affluent de la rivière est Oued Boumerzoug qui draine les zones industrielles et urbaines (Sarah et al, 2013).

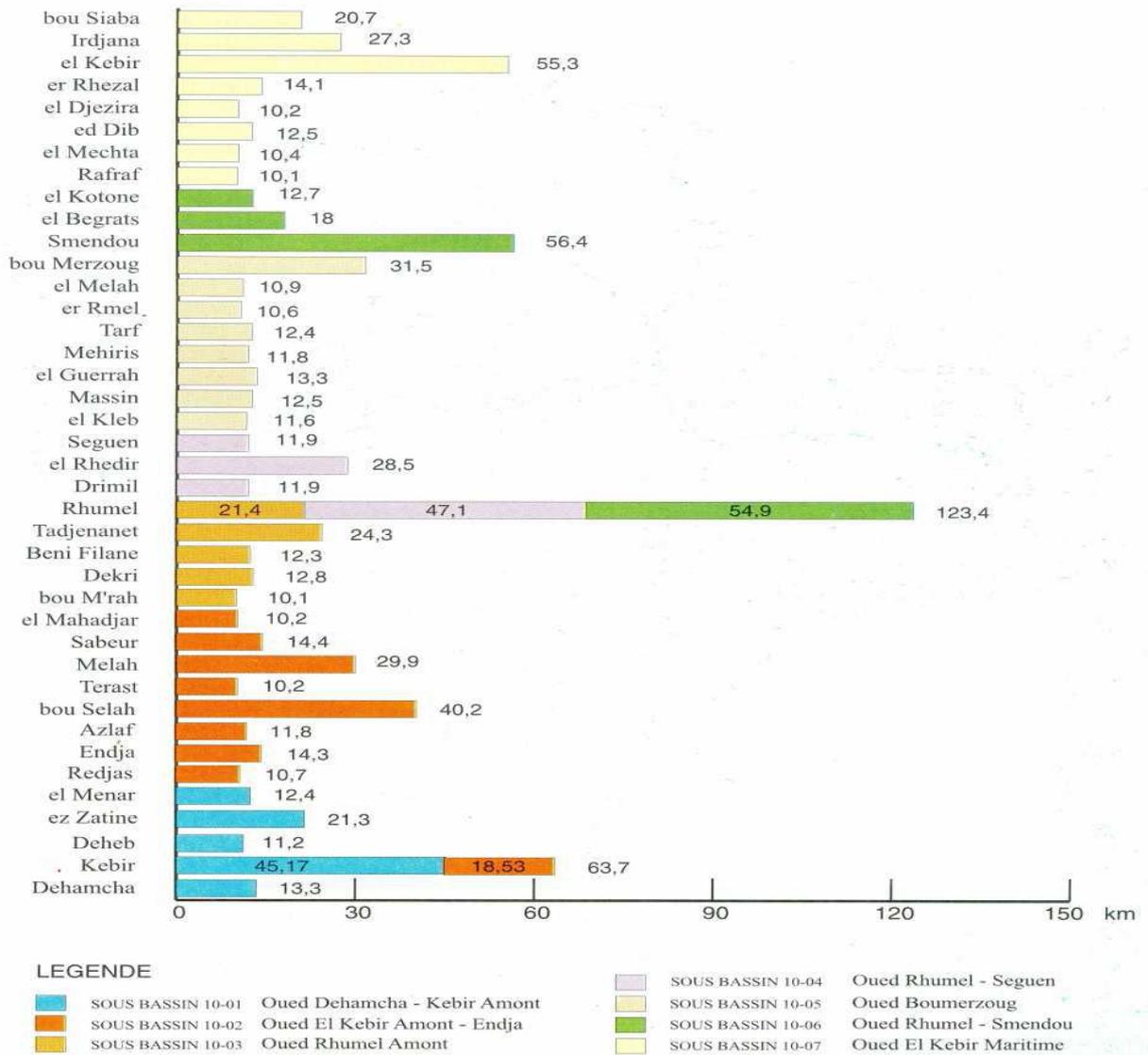
➤ **Oued Enndja**

D'un linéaire de 15 Km, il naît à la confluence de l'Oued El Kébir et de L'Oued Redjas, (Melghit, 2009) à l'instar de la haute vallée du Rhumel, il suit une direction Sud Ouest-Nord Est, mais cette fois à travers les reliefs montagneux du Tell, parallèlement à la chaîne numidique qui le borde au Nord. Il collecte les eaux des oueds Rarama (ou Djemila) ainsi que ceux de Bou Selah, de Redjas et d'El Melah (Sahli, 2012). Son lit possède une forme lithologique très intéressante du point de vue hydrogéologique ce qui explique le réseau hydrologique dense du barrage de Beni Haroun (Melghit, 2009).

➤ **Oued El Kébir**

L'oued Kebir résultant de la jonction des deux grands cours d'eau précédents (Rhumel et Endja) (Mebarki, 2005), prend d'abord une direction Sud-Nord et franchit vigoureusement la chaîne numidique, bien exposée aux vents pluvieux en provenance de la Méditerranée. Puis en prenant une orientation Sud Est-Nord Ouest, il traverse les massifs très arrosés de la petite Kabylie d'El Milia, avant de s'écouler dans une large vallée vers la mer (Sahli, 2012).

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



**Figure 7.** Principaux oueds du bassin versant de Beni Haroun (longueur > 10 km) (ABH, 2004).

#### 1.4. Alimentation en eau potable des agglomérations

Le bassin de Beni Haroun compte quelque trente deux (32) agglomérations de plus de 5000 habitants. Elles abritent un total de 1,06 millions d'habitants selon le recensement de la population et de l'habitat de 1998. Les plus fortes concentrations urbaines se limitent à Constantine (462.187 habitants), El Khroub (65.344 habitants), Mila (54.557 habitants), AinM'lila (50.744habitants), Chelghoum Laid (41.417 habitants) et Ain Fakroun (40.701 habitants).

Généralement, ces centres urbains sont branchés au réseau d'alimentation en eau potable avec un taux de raccordement variant de 70 à 98%(Kerdoud, 2006).

### **1.5. L'assainissement et le traitement des eaux rejetées**

Les centres raccordés au réseau d'alimentation en eau potable le sont également au réseau d'assainissement. Les taux de raccordement variant de 80 à 95% notamment pour les petites agglomérations. Le linéaire total est évalué à près de 1400 km. Le volume rejeté à ce titre, estimé sur la base de 80 % des eaux consommées par ces centres, est de 75093,44 m<sup>3</sup>/j soit 27,41hm<sup>3</sup>/an correspondant à un rejet de 60 l/j/habitant.

Le traitement des eaux rejetées dans le bassin se fait dans deux stations de traitement. La première, située à Chelghoum Laid, est destinée à traiter les eaux rejetées par cette agglomération. La seconde, située à Ibn Ziad, est destinée à épurer les eaux rejetées par la ville de Constantine. Ces dernières fonctionnent partiellement et le débit traité par les stations en question est évalué alors à 23918 m<sup>3</sup>/j soit un taux de dépollution de 32%(Kerdoud, 2006).

**Tableau 4.** Assainissement des eaux usées urbaines dans le bassin du Beni Haroun  
(A.B.H- CSM, n°2, 1999).

Sous Bassin	Agglomération	Wilaya	Linéaire ml	Type de réseau	Lieu de rejet
10 01	Tassadane	Mila	3178	Unitaire	O. El kébir
10 01	Toumeselt	Mila	7510	//	O. El kébir
10 02	Tessal Centre	Mila	2400	//	O. El kébir
10 02	Bougherdaine	Mila	2600	//	O. Endja
10 02	Sidi Meroune	Mila	25666	//	O. Endja
10 02	Ras El Bir	Mila	8966	//	O. Endja
10 02	Terai Beinen	Mila	5700	//	O. Endja
10 02	Zouabi	Mila	4840	//	O. Endja
10 02	Rouached	Mila	9800	//	O. Endja
10 03	Chelghoum L	Mila	97827	//	STEP vers O. Rhumel
10 03	Djemaa Lkhdar	Mila	14238	//	STEP vers O. Rhumel
10 04	O Athmania	Mila	18100	//	O Athmania
10 04	Ain Smara	Constantine	26000	//	O. Rhumel
10 05	Constantine	Constantine	234000	//	STEP vers O. Rhumel
10 05	El Khroub	Constantine	59000	//	O. Boumerzoug
10 06	Mila	Mila	42300	//	O. Rhumel
10 06	Ain Tinn	Mila	16300	//	O. Ktone
10 06	Grarem Gouga	Mila	22135	//	O. Rhumel
10 06	Zighoud Y	Constantine	31000	//	O. Smendou
10 06	H. Bouziane	Constantine	16000	//	O. Rhumel
10 06	Beni Hmidène	Constantine	12000	//	O. Smendou
10 07	Hammala	Mila	19984	//	O. Dib
10 07	El milia	Jijel	34849	//	O. El kébir

## 2.6. Agriculture

Le bassin du Beni Haroun se caractérise par une agriculture mixte, traditionnelle (irrigation gravitaire) et moderne (irrigation par canaux d'aspersion), tout dépend du type de culture. La superficie actuellement irriguée dans le bassin est de 2 679 ha consommant un volume annuel de 27,65 hm<sup>3</sup> d'eau. Les principales activités des périmètres irrigués sont essentiellement les cultures maraichères et l'arboriculture. Les engrais les plus utilisés en agriculture sont les ammo-nitrates (NH<sub>4</sub>-NO<sub>3</sub> 33%) et les superphosphates (45%) (Bouchareb, 2013).

Les nouveaux périmètres agricoles à équiper dans les régions de Teleghm (8 000 ha), Chemord (15 000 ha) et Touffana (11 000 ha) (Remini, 2007).

Afin d'atteindre la production nécessaire, il était important de développer des techniques et des stratégies de culture et d'autoriser l'usage de certains produits chimiques et organiques tel que les engrais et les pesticides pour améliorer les rendements et lutter contre les parasites et les maladies (Melghit, 2009).

## 1.7. Industrie

Aux alentours du bassin versant de Beni Haroun, le tissu industriel est surtout concentré autour des grandes agglomérations (Constantine, El Khroub, Chelghoum Laid, Hamma Bouziane, Mila,...) (Melghit, 2009).

Constantine concentre sur la ville et ses périphéries, un tissu industriel aussi dense que varié. Les effluents les plus importants et les plus nocifs se localisent dans un rayon de 20 km de la ville de Constantine. Il s'agit des rejets (en partie traités) des industries de construction mécanique de oued Hamimime et d'Ain Smara ainsi que ceux générés par les unités de textiles et les unités de produits laitiers de Constantine, par le complexe tabagique de la commune d'Ibn Badis, par le dépôt d'hydrocarbures d'El Khroub, par la cimenterie de Hamma Bouziane, par les unités de matériaux de construction et autres. Ils ont pour milieux récepteurs, l'oued Rhumel et son principal affluent, Boumerzoug.

Les industries localisées autour des agglomérations d'Ain El Kébira (cimenterie, unité boulonnerie), de Mila (briqueterie, vaissellerie) de Ferjioua (matériel électroménager, minoterie) et de Chelghoum Laid (détergents) génèrent également des rejets non négligeables(Annex1) (Sahli, 2012).

## II.2. Le barrage de Béni Haroun

### 2.1. Localisation et description

Un Barrage est un ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau (Mihoubi, 2008), dans le but de créer des réservoirs (retenues) qui permettent d'accumuler l'eau durant les périodes pluvieuses pour pouvoir ensuite la distribuer durant les périodes sèches, soit à en assurer la régulation, soit à pouvoir alimenter en eau des villes ou à l'irrigation des cultures, ou bien à produire de l'énergie (Bakroune, 2011).

La classification des barrages est basée, en général, sur les normes de projection, les spécificités techniques de construction et en particulier les risques attendus à l'aval de l'ouvrage après sa rupture.

Comme elle peut se faire également selon plusieurs critères parmi lesquels on peut citer : les matériaux de la fondation, les matériaux de construction ou la façon de s'opposer à la poussée de l'eau.

Le critère le plus important de la classification de ces ouvrages hydrauliques reste la hauteur (H, hauteur prise à partir de la fondation) :

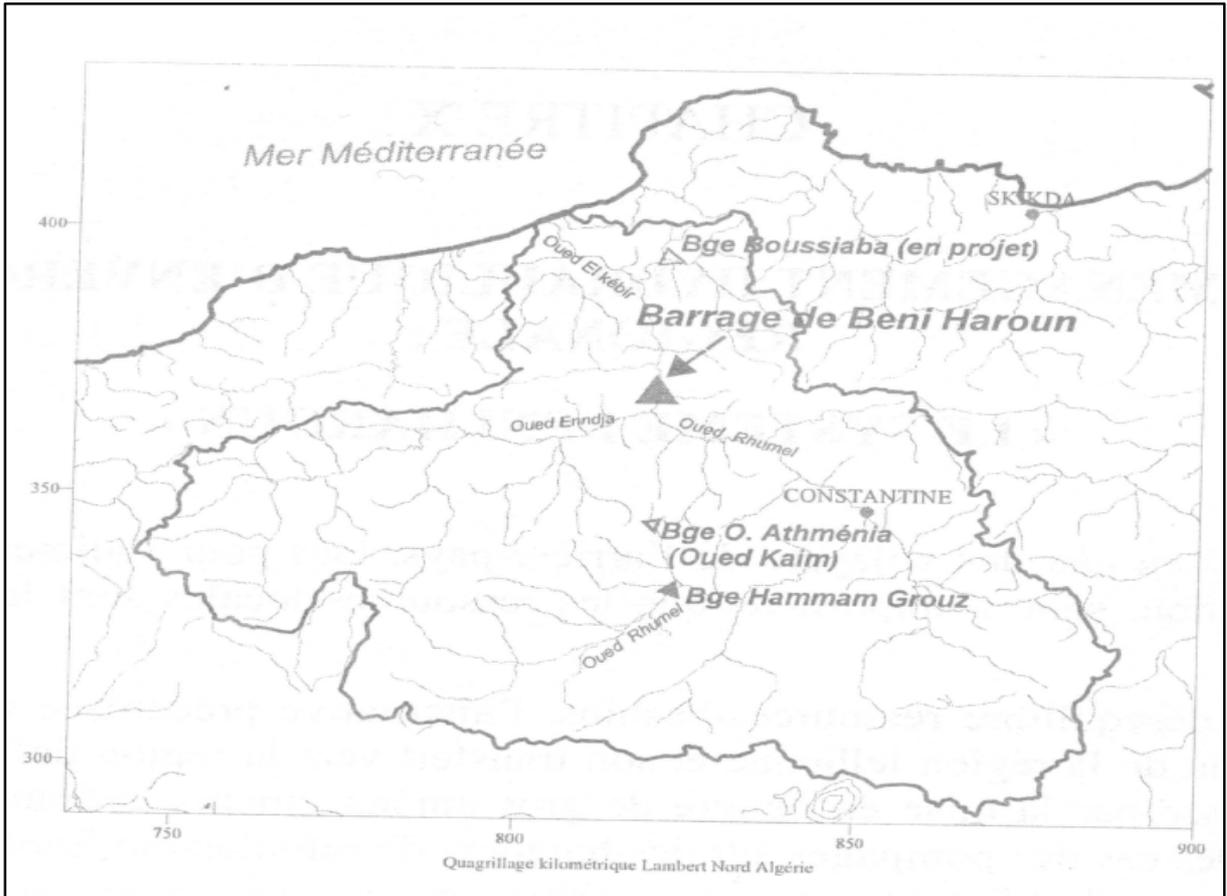
- grands barrages:  $H > 50$  m ;
- moyens barrages :  $15 \text{ m} < H < 50$  m ;
- petits barrages :  $H < 15$  m.

Tenant compte des critères ci-dessus, le barrage de Beni Haroun se classe dans la catégorie des grands barrages avec une hauteur H égale 107m (Mihoubi, 2008).

Le site du barrage Beni Haroun est situé dans le nord-est de l'Algérie sur l'oued Kebir à une quarantaine de Km de son embouchure dans le mer Méditerranée. La retenue créée par le barrage se trouve au sud de ce dernier. Elle est à environ 40 Km de la ville de Constantine et à 350Km à l'Est d'Alger.

Le barrage est situé à l'extrémité amont de la gorge calcaro-marneuse de Beni Haroun et à environ 4Km du confluent de l'Oued Rhumel et l'Oued Endja.

Administrativement, le barrage de Beni Haroun est situé au Nord Est du chef-lieu de la wilaya. Distant de moins de 15 km de Mila, il est implanté dans la commune de Hamala, daïra de Grarem Gouga (ANBT, 2013).



**Figure 8.** Localisation du barrage de Beni Haroun (Mebarki, 2009).

La digue du barrage, est du type poids rectiligne en béton compacté au rouleau (BCR), se dresse sur une hauteur maximale de 107m au dessus du lit de l'oued Kébir, avec une longueur en crête de 710 m et une largeur en crête de 8 m. La retenue du barrage de Beni Haroun permet d'emmagasiner 998 millions  $m^3$  entre les côtes 110 et 200 m d'eau ; avec un volume utile de 732 millions  $m^3$  entre les côtes 172 et 200m. Le barrage de Beni Haroun permet de régulariser un apport moyen annuel d'eau de 435 millions  $m^3$  (ANBT, 2013).



**Figure 9.** Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (coté aval) (ANBT, 2013).

Ce gigantesque ouvrage comporte une station de pompage d'une puissance totale de 180 mégawatts, située à 50km au Nord-Ouest de Constantine et à 100 km de Jijel. Cette station permet de refouler, selon une estimation de l'ANBT, un débit global de  $22,5 \text{ m}^3/\text{s}$  jusqu'à un bassin d'expansion situé à une hauteur de 880 m transférant l'eau jusqu'au barrage d'Oued Athmenia. A partir du barrage (réservoir) d'Oued Athmenia, dont le volume avoisine  $20 \text{ millions m}^3$ , seront directement alimentées les villes de Constantine, d'El Khroub, de Aïn Smara, de Chelghoum Laïd, d'Oued Athmenia, d'Oued Seguin et de Téléghma.

## 2.2. Site géologique du barrage

Le barrage est édifié sur les massifs calcaires de la « nappe tellienne stricto-sensu », affectés par une tectonique complexe et qui percent, en forme d'écailles, d'épaisses couches à dominante marneuse (Mebarki, 2009).

Le site du barrage se localise dans une zone à relief accidenté, montrant des contrastes topographiques remarquables, avec des massifs culminants à des hauteurs élevées (Djebel Msid Aïcha : 1462 m) et des ravins et talwegs sur creusés (Benabbas et al, 2008).

Les unités rocheuses présentes sur le site, sont de l'amont vers l'aval :

-Des marnes éocènes, présentent à l'amont du barrage. Ce sont des marnes fortement déformées et altérées présentant à l'affleurement des schistes gris foncé à noirs avec la présence de spataria dans les faciès marneux (ANBT, 2003).

-Une barre de calcaire éocène (Yprésien), représentant l'appui du barrage et enfin, des marnes noires du Paléocène constituées de marnes, situées à l'aval immédiat de la digue;

-Et enfin, des marnes noires du Paléocène constituées des schistes, situées à l'aval immédiat de la digue (Mebarki, 2009).

-Les terrains meubles sont constitués principalement de dépôts alluviaux sablo-graveleux dans le lit des oueds et sur plusieurs niveaux de terrasses, de colluvions provenant en grande partie de l'érosion des formations terrigènes et d'éboulements au pied des formations rocheuses (Benabbas et al, 2008).

### **2.3. Climatologie**

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point de la surface terrestre. Aussi, la bonne connaissance des conditions climatiques de la zone d'étude, et de ses caractéristiques est importante pour la compréhension de l'évolution des éléments climatiques et du comportement hydrologique des cours d'eau. La nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes. Notre zone d'étude est soumise à des influences méditerranéennes (Aissaoui, 2013).

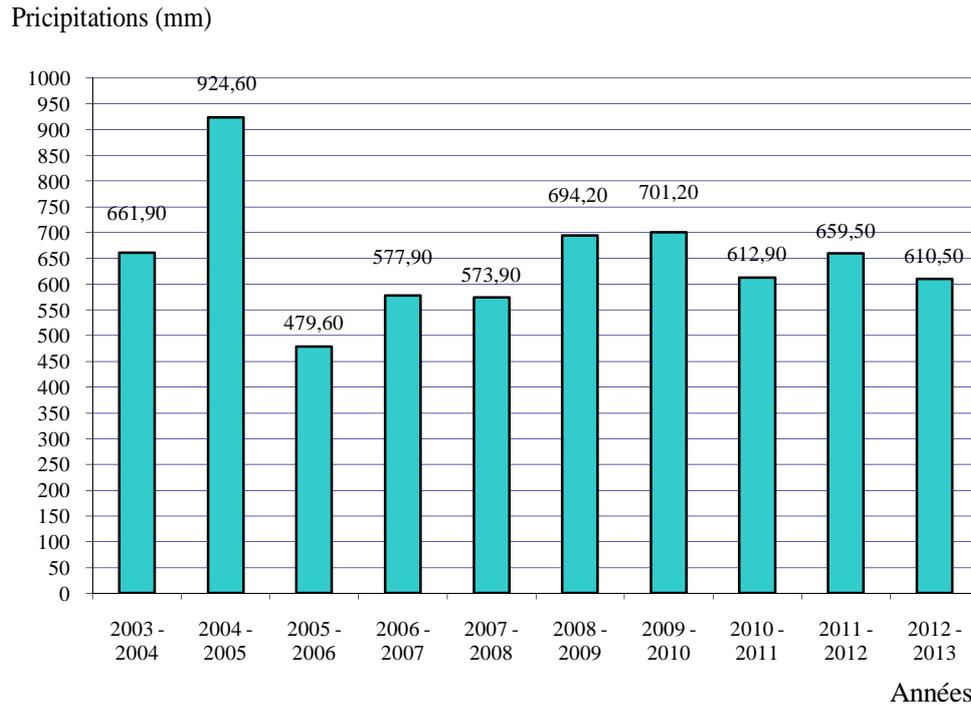
#### **2.3.1. Précipitation**

Les précipitations constituent évidemment, le paramètre climatique essentiel. Leur intensité, leur continuité et leur périodicité sont l'origine même de l'écoulement, de sa localisation et de sa violence (Kerdoud, 2006).

L'interprétation de l'histogramme (Figure.4) fait sortir, que d'une manière générale les précipitations se caractérisent par leur irrégularité interannuelle.

La moyenne annuelle des pluies précipitées pour la période 2003/2012, est de 570,75 mm.

L'année 2005/2006, est l'année la plus abondante en pluie, elle a connu un excédent de 924,60 mm, A l'inverse, l'année 2005/2006, a connu un déficit de 479,60 mm c'est l'année la plus sèche.



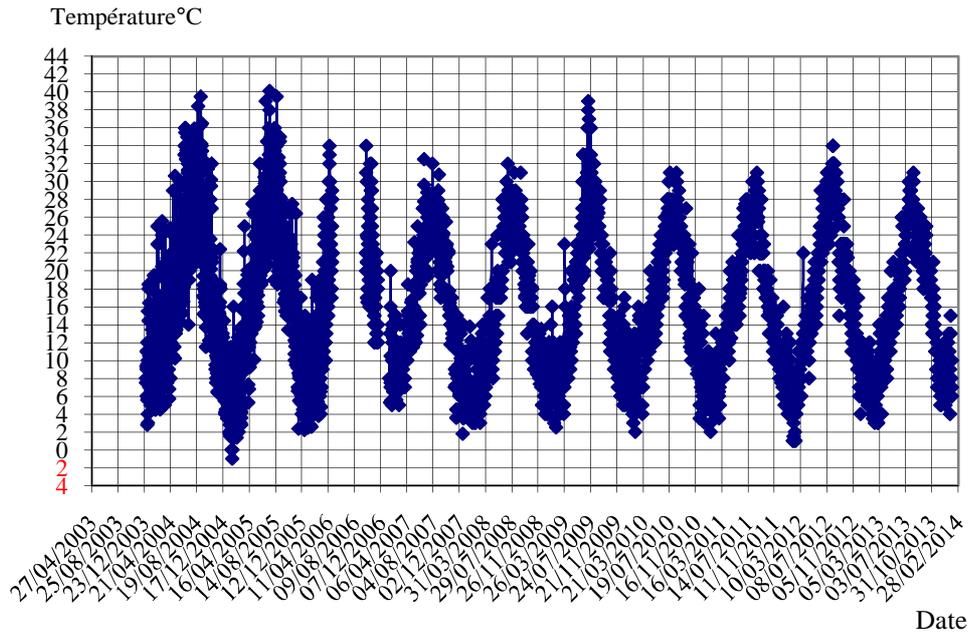
**Figure 10.** Variation interannuelles des précipitations 2003/2013 station de Beni Haroun (ANBT).

### 2.3.2. Température

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1982).

Les données de la station météorologique du barrage de Béni Haroun (Figure 11), montrent que la moyenne annuelle des températures de la période 2003/2013, est de 19,55°C.

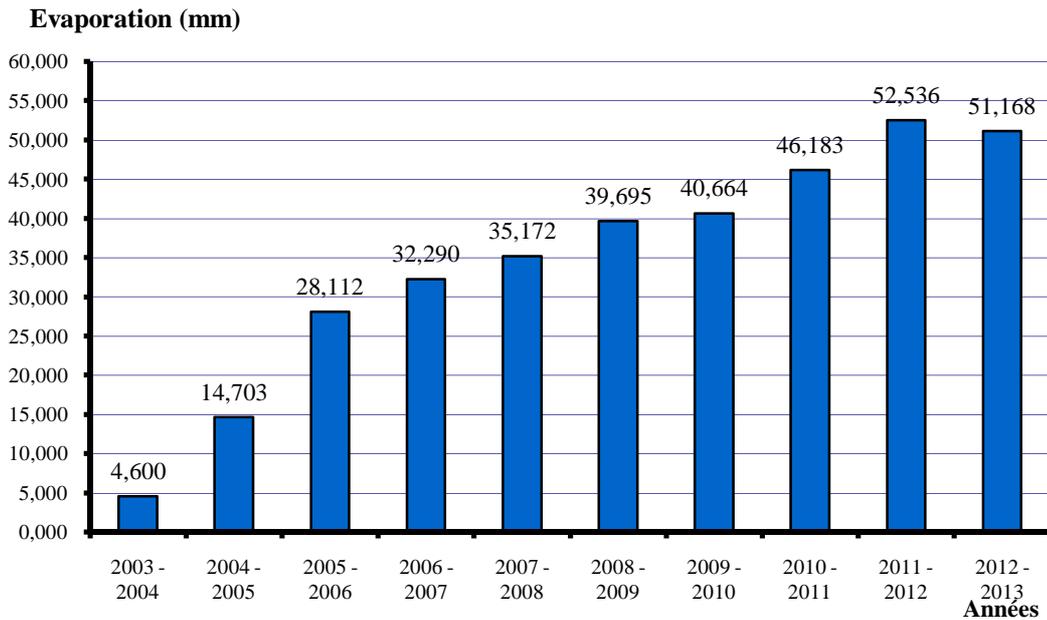
Les températures annuelles, varient de 30 à 31°C, a enregistré une température minimale de -1°C. Les températures maximales on atteint leurs pics durant l'année 2005 avec 40,1°C.



**Figure 11.** Variation interannuelles de la température 2003/2013 station de Beni Haroun (ANBT).

### 2.3.3. Évaporation

L'humidité est un paramètre très important pour l'étude des pertes par évaporation dans un barrage (Groga, 2012). Au regard de la base de données décennale sur ce paramètre (2003 à 2013), les valeurs d'évaporation de l'eau vont croissant en 2003 à 2012 (de 4, 6 à 52, 536 mm), baissent en 2013 à (51, 168 mm).



**Figure 12.** Variation interannuelles d'évaporations 2003/2013 station de Beni Haroun (ANBT).

#### 2.4. Végétations

D'après les collectes des données par la direction des forêts de Wilaya de Mila (2014), Les groupements de végétation de barrage Beni Haroun sont caractérisés par des groupements de ripisylve, constitués d'un cortège forestier aux nord-ouest qui est dominée principalement par l'*Olea europea sub sp*, le *Pinus halepensis*, l'*Olea europaea* et le *Cupressus sp* et à nord-est du barrage qui composée principalement par *Capparis sp* comme arbrisseau et le *Cupressus sp* comme arbre forestier. Alors au sud du barrage, le Pin d'Alep représente l'essence dominante de la forêt de madiou avec la présence du *Calycotome Spinosa*, *Acacia Horrida*, *Fraxinus excelsior* et l'*Eucalyptus sp*.

Autre essences forestières dans le barrage comme Pistachier, Opuntia et Roseau occupent des petites superficies.

#### 2.4. Quelles espèces de poissons peuplaient le barrage Béni Haroun ?

Les poissons sont de loin le groupe le plus divers parmi les vertébrés vivants. En outre, le poisson, figure emblématique du milieu aquatique, est un vecteur de communication intéressant pour sensibiliser le public et les décideurs à la nécessité de préserver la qualité des milieux naturels. C'est ainsi que la caractérisation des communautés de poissons des cours d'eau s'avère très importante parce que ceux-ci sont reconnus comme un bon outil d'aide à la prise de décisions environnementales et comme

indices de la qualité du milieu aquatique dans le monde, capables de signaler les dégradations du milieu et d'identifier le succès de restauration des écosystèmes aquatiques.

Si les diatomées et les insectes ont prouvé leur efficacité comme indicateurs de pollution, expliquent que des décisions plus informatives et moins coûteuses sont possibles quand les poissons sont employés comme unité première d'évaluation environnementale (Aguilar Ibarra, 2004).

#### **2.4.1. Les espèces autochtones**

D'après les collectes des données par DPMP (2014), le Bassin Hydraulique de Beni Haroun est caractérisée par la prédominance des Cyprinidea et du *Barbus barbuis* en particulier et *Anguilla anguilla* étaient présent.

#### **2.4.2. Les espèces introduites**

L'introduction de poissons exotiques lors de biomanipulation d'écosystèmes aquatiques pour lutter contre des organismes déjà présents dans le milieu. Les poissons sont introduits pour modifier l'environnement à différents niveaux, physique et biologique. Afin de diminuer l'abondance des moustiques (Martino, 2012). De même plusieurs espèces de la même famille des Cyprinidea, représentés par six espèces dont la *Cyprinus* est d'ailleurs reconnue comme le poisson type (*Cyprinus nudus*, *Cyprinus carpio*, *Hypophthalmichthys molitrix* et *Aristichthys nobilis*). *Carassius carassius* et *Abramis bramas* ont des espèces d'élevages.

Cette famille, est strictement inféodée aux eaux du barrage, ont été relâchées dans le barrage afin de contrôler les abondances des macrophytes et le phytoplancton (Martino, 2012).

L'introduction de ces espèces dans le barrage Beni Haroun suivi par 4 étapes:

-La 1<sup>ère</sup> étape (6juille 2006) a vu l'introduction de 160.000alvin importé on Angleterre.



**Figure 13.** L'introduction des alvins.

- La deuxième étape (23juille 2007) a vu l'introduction de 400géniteurs : Il faut peut-être rappeler que l'opération d'importation des géniteurs a été réalisée à l'occasion de développer à écloserie expérimentale de la station du Sétif.
- La troisième étape (2août2011) : après la sèchement de Barrage de Hammam Grouz, il va importer 800 mille larves de grande bouche.
- La 4<sup>émé</sup> étape (12août 2013) : L'importation de 300 mille larves a été réalisée à la même station de Sétif.

### 2.4.3. Offrir les sites de ponte les plus favorables

Avant d'introduire des poissons dans le barrage Beni Haroun, faut-il s'assurer que les conditions favorables. Au moment de leur émission, il est préférable de les introduire dans des barrages d'eau peu profonde. Ces poissons sont assez résistants aux variations du taux d'oxygène, d'ammoniac et la température. À cause de la compétition alimentaire, éviter les surcharges et endroit d'abris (DPMP, 2014).

Les avantages des poissons comme indicateurs de la qualité de l'écosystème aquatique sont :

- Les poissons sont présents partout, même dans les plus petits cours d'eau et même dans des eaux assez polluées.
- Ils occupent des positions à tous les niveaux de la chaîne trophique aquatique fournissant ainsi une vue intégrative des régions et des bassins entiers.

- Puisque beaucoup d'espèces ne se reproduisent qu'une fois par an pendant une saison de reproduction fixe, les populations sont relativement stables, permettant des échantillonnages représentatifs.
- Pour aboutir non seulement à un équilibre piscicole et prévoir les risques d'eutrophisation, mais aussi enrichir le milieu en espèces nobles ayant une valeur économique importante et encourager la pêche sportive.
- Ils ont des durées de vie relativement longues, de sorte qu'ils permettent de donner une dimension temporelle à l'évaluation des cours d'eau : des effets de toxicité aiguë et de stress peuvent être évalués.
- Comparés aux diatomées et aux invertébrés, les poissons sont relativement faciles à identifier car la plupart des échantillons peuvent être identifiés et mesurés sur le terrain pour être ensuite libérés (Aguilar Ibarra, 2004).

### **2.5. Source de la pollution remarquée de la zone d'étude**

Selon l'ANBT (2014), l'idéal dans les études d'impact des écosystèmes est de signaler les sources de pollution.

- les activités de récréation et du tourisme ;
- Implantation des formes d'élevage et des abattoirs ;
- Une décharge publique est implantée à environ 4Km du barrage ;
- L'activité agricole dans la zone de servitude (200 à 270 m) presque autour de cuvette de barrage ;
- L'utilisation des pompes illicites (100 à 200 pompe) sont installées juste au bore du barrage, ils dégagent des huiles qui provoquent une pollution chimique des eaux.

Selon l'DHW (2013), il faut signaler que les eaux usées de la wilaya de Mila sont évacuées vers les stations des épurations :

- La STEP de Chelghoum Laid avec une capacité de 45000 équivalent habitants (9000 m<sup>3</sup>/j) qui transfèrent vers le barrage de Hammam Grouz.
- Autres STEP est de Sidi Merouane avec une capacité de 137 711 équivalent habitants (20 657 m<sup>3</sup>/j) destinée à épurer des effluents urbains des villes de Mila, Grarem Gouga et Sidi Merouane. Cette station fait partie des installations de protection de grand barrage de Beni Haroun de la Wilaya de Mila. Donc on a ignoré la pollution urbaine et industrielle.



***Chapitre III :***  
***Matériel et Méthodes***

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc). Dans le barrage Beni Haroun, la chimie des eaux est souvent influencée par l'effet de la dissolution des formations géologiques, les rejets industriels et l'activité agricole. Et, en raison de l'utilisation multiple de ces eaux, cette étude a été menée afin de contrôler l'état actuel des eaux, son évolution dans l'espace et en fonction de la variation des paramètres physico-chimiques et biologiques de l'eau (Debiech, 2002).

## **I.1. Matériel**

### **1.1. Matériel de mesure des paramètres physico-chimiques**

Au cours de cette étude, divers appareils ont été utilisés pour la mesure des paramètres physiques et chimiques :

-Un pH-mètre de type HI2210-Hi2211 a permis de mesurer le pH et la température de l'eau.

-La conductivité a été mesurée à l'aide d'un conductimètre de type WTW D812WEILHEIM

-Le dosage des sels nutritifs a été effectué à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption moléculaire de marque Odyssey DR/2500, et des filtres Whatman GF/C pour la filtration des échantillons eaux.

### **1.2. Matériel de prélèvement du phytoplancton**

L'échantillonnage du phytoplancton (communautés d'algues pélagiques) a été réalisé à partir la méthode qualitatif.

Le prélèvement quantitatif du phytoplancton a été fait avec l'utilisation d'un filet à plancton dont les principales caractéristiques sont les suivantes: forme conique de longueur 108 cm, de maille 55  $\mu\text{m}$  avec une ouverture de 34 cm de diamètre muni d'un collecteur.

### **1.3. Matériel d'identification et d'analyse du phytoplancton**

Pour l'analyse du phytoplancton au laboratoire, les appareils suivants ont été utilisés :

-Un microscope de type Optika réalisés au objectif  $\times 40$  pour l'observation.

-Un appareil photographique numérique pour la prise de vue des taxons phytoplanctoniques.

#### 1.4. Matériel d'identification des diatomées

Avec des brosses à dents nous avons récoltés les diatomées fixées sur des pierres, et pour leur identification au laboratoire, les appareils suivants ont été utilisés :

- Bain-marie et plaque chauffante
- Un microscope de type Optika pour l'observation.
- Un appareil photographique numérique pour la prise de vue des taxons phytoplanctoniques.

### III.2. Méthodes

Cette partie reprend toutes les techniques utilisées (stratégie d'échantillonnage, mode de prélèvement), et les différentes méthodes qui nous avons utilisées sont résumées dans l'annexe 2.

#### 2.1. Mode de prélèvement

Une seule campagne de prélèvement des échantillons des eaux brutes du barrage de Beni Haroun à été effectuées en mois d'avril 2014 pour chaque station d'étude.

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau, dans le cas de notre station la bouteille sera lavées et rincées à l'eau distillée.

Au moment de l'échantillonnage, les bouteilles ont été rincées 3 fois avec l'eau à échantillonner, puis plongée a un certaine distance de fond (15 à 25cm), en évitant la pénétration de l'air faisant face au courant d'eau. Après les mesures *in situ*, un échantillon d'eau était prélevé dans des bouteilles 1,5 L en plastique pour l'analyse chimique.

L'échantillonnage phytoplanctonique a été récolté au même moment que les échantillons d'eau pour chaque station. La récolte est effectuée par la méthode de filtration à travers un filet à plancton, a chaque bouteille nous rajoutons des gouttes de lugol jusqu'à l'obtention de la couleur du thé et conservé dans des flacons sombres.

Pour l'échantillonnage des diatomées le prélèvement s'effectuent sur des substrats stables, durs et inertes, ils sont récoltés par grattage de la surface supérieure des substrats à l'aide de brosses à dents. Fixé aussi par lugol.

Les échantillons sont transportées après dans une glacière au laboratoire à température varie entre 4 °C et 10 °C. Pour faciliter le travail de l'analyse et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, nous avons établis des étiquettes et des numéros

pour l'ensemble des prélèvements. Comme nous avons accompagné chaque échantillon avec une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire.

Il va sans dire qu'un seul prélèvement ne reflète pas vraiment les variations du profil chimique des eaux durant l'année. Alors que le nombre minimal d'échantillons sur la base duquel une eau destinée à l'utilisation humaine est dite conforme au nombre de 12 prélèvement par an à raison que 1 par mois.

Cette dérogation aux normes a pour motif d'une part : Les conditions météorologiques dont nous étions obligées d'attendre le passage du mauvais temps et d'autre part aux conditions de travail aux moyens mis à notre disposition. Comme, on s'est limité à l'objectif fixé dans le cadre d'un mémoire de mastère à savoir, une initiation à la recherche, aux techniques de prélèvement, d'échantillonnage d'analyse, et la maîtrise d'une méthodologie.

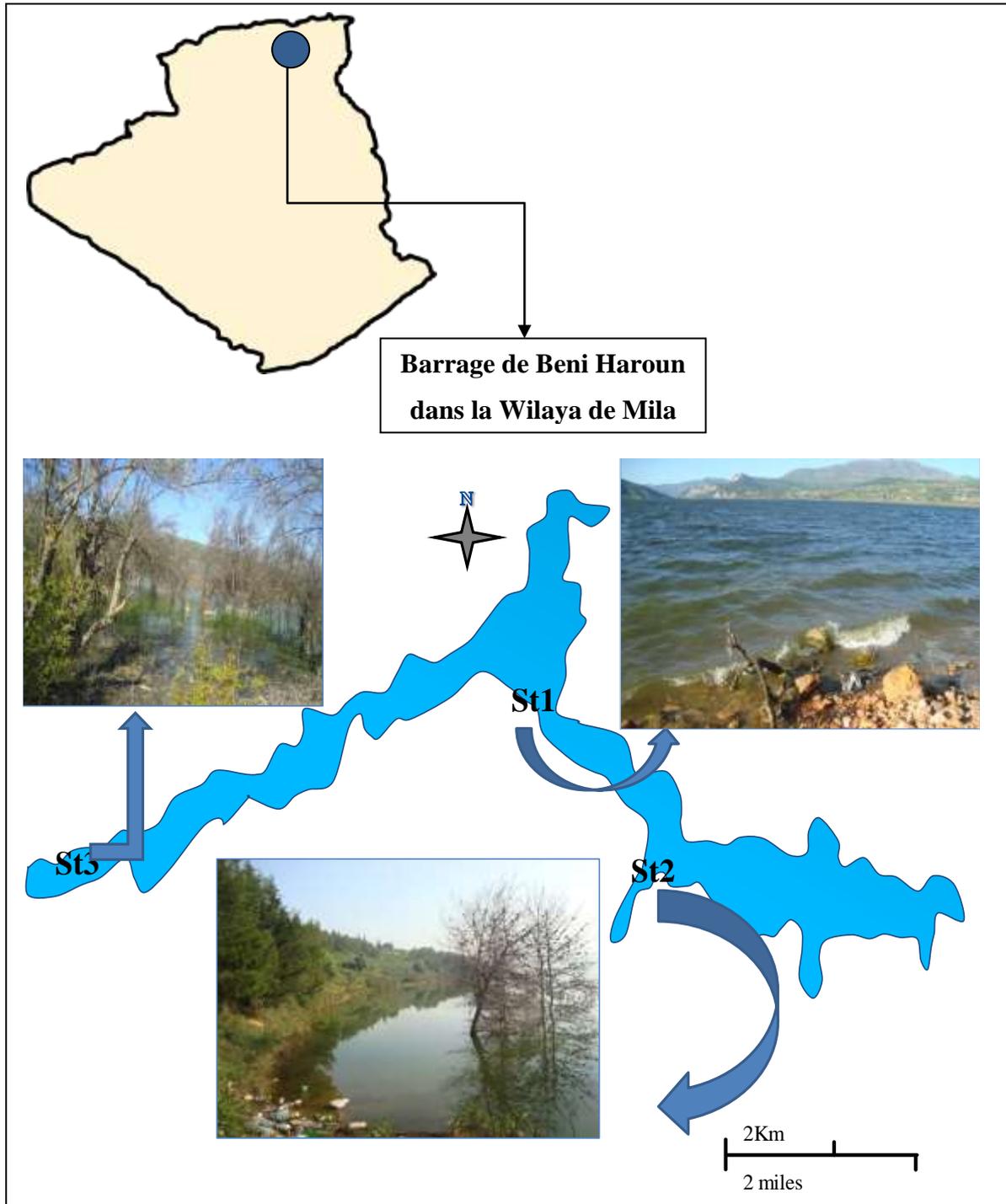
## 2.2.Choix et localisation des stations de prélèvements

Dans le cadre du suivi de l'état de contamination du barrage de Beni Haroun par les activités agricoles et industrielles de la région. Le choix des stations repose sur leur situation par rapport aux agglomérations, aux sources de pollution possible et à leur accessibilité. Nous avons tenu compte également des conditions hydrologiques (débit, période des crues et d'étiages...), des conditions météorologiques (période hivernale, printanière et estivale) et des événements pouvant influencer la charge polluante (période d'épandage, d'arrosage...). Pour cela trois stations ont été retenues.

Le plan d'échantillonnage (tableau 5) a été réalisé aux mois d'avril 2014 dans 3 stations.

**Tableau 5.** Calendrier des sorties de terrain.

<b>Station</b>	St1	St2	St3
<b>Date</b>	10 Avril 2014	15 Avril 2014	21 Avril 2014



**Figure14.** Localisation du site d'étude et les stations d'échantillonnage.

➤ **Station1 (St1) :**

Haloufa Commune de sidi Merouane. Le lit du lac à dominance rocheuse.

➤ **Station 2(St2):**

Forêt de madious. Cette station est située au sud de barrage et à environ cinq kilomètres au nord de la ville de Mila. Elle est entourée par une forêt, marquée par la présence de (*Olea europaea*, *Olea europaea sub sp*, *Pinus halepensis* et *Calycotome spinosa*), et très faible influence des activités humaines polluantes par rapport aux deux autres sites choisis.

➤ **Station 3 (St3) :**

Bladsyafana commune de terrai Beinen, marquée par une présence d'arbres (*Olea europaea*, *Olea europaea sub sp*). Le substrat majoritairement sableux avec de la vase et des troncs d'arbres morts sur places, à proximité des agglomérations qui agissent fortement possible sur la qualité des eaux.

### 2.3. Mesure des paramètres physico-chimiques

Les mesures de la température, de la conductivité, et de pH de l'eau ont été effectuées *in situ* dans chaque station, pour chaque prélèvement. Pour étude physico-chimiques, cinq éléments ont été analysés : les éléments majeurs ( $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$ ), le cycle de l'azote ( $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$  et  $NH_4^+$ ). Selon Rejsek (2002) les analyses sont faites le jour même au laboratoire.

#### 2.3.1. Détermination de l'alcalinité (Méthode titrimétrie)

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (Rodier, 2005).

#### 2.3.2. Détermination du calcium ( $Ca^{2+}$ ) et du magnésium ( $Mg^{2+}$ )

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium se fait à l'aide d'une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétra acétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur (Rodier, 2005).

### 2.4. Analyse chimique des nutriments

La filtration des échantillons d'eau à l'aide d'une unité de filtration (membranes filtrantes de 0.45  $\mu m$  de diamètre) a été effectuée pour éviter la précipitation de certains composés, pour faciliter l'analyse des eaux troubles et empêcher une modification

ultérieure de la composition chimique due aux particules en suspensions et/ou à l'activité biologique.

#### **2.4.1. Dosage des nitrates (Méthode au salicylate de sodium)**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro salicylate de sodium, coloré en jaune, sont dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire selon la méthode décrite par Rodier.

#### **2.4.2. Dosage des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

La diazotation de l' amino-4-benzènesulfonamide par les nitrates en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de N-(naphty-1)diamino-1,2éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique (Rodier,2005).

#### **2.4.3. Dosage de l'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )**

Le dosage de l'ammonium est réalisé selon la méthode au bleu d'indophénol en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur. Les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol, susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Rodier, 2005). Les résultats de la teneur en ion ammonium sont exprimés en mg/l de  $\text{NH}_4$ .

#### **2.4.4. Dosage de la dureté totale (méthode titrimétrique)**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène-diamine tétracétique à PH=10. La disparition des derniers traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage de l'indicateur spécifique, doser avec EDTA N/50 jusqu'au virage de violet au bleu. En milieux convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium (Rodier, 2005).

## 2.5. Analyses qualitative du phytoplancton

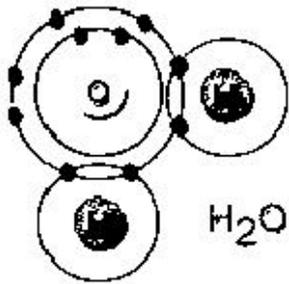
### 2.5.1. Identification des espèces

L'identification et le comptage de phytoplancton ont été effectués sur les échantillons d'eau brute (non filtrée) préalablement (Fraisie, 2013). Une goutte d'eau est prélevée au fond à l'aide d'une pipette pasteur. Cette goutte est déposée entre lame et lamelle puis observée au microscope Optika à l'objectif 40x10. Suivant la morphologie générale des taxons observés, une première détermination des espèces a été faite au laboratoire de centre universitaire. En plus des observations, des photographies des taxons ont été réalisées grâce à une caméra numérique Optika reliée à un ordinateur pour permettre des mensurations plus aisées (Groga, 2013). L'identification taxonomique a été conduite jusqu'à l'espèce dans la mesure du possible, et jusqu'au genre le cas non échéant (Fraisie, 2013).

De nombreux ouvrages algologiques ont été consultés afin de réaliser les identifications. Les plus fréquemment compulsés sont les suivants : Algues d'eau douce (Bourrelly, 1968), Atlas de microscopie des eaux douces (Pesez, 1977), Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique de Diatomées (Prygiel et Coste, 2000) et OFEV(2007).

### 2.5.2. Identification des diatomées

L'identification des diatomées étant basse sur l'examen microscopique, les échantillons sont traités à l'eau oxygénée  $H_2O_2$ . Le bain-marie est utilisé pour accélérer le processus de dégradation de la matière organique et à l'acide chlorhydrique afin d'éliminer les carbonates. L'ensemble lame-lamelle est retirée de la plaque chauffante pour enlever tout trace d'eau oxygéné (Rouquet, 2010).



## ***Chapitre IV:***

# ***Résultats et discussion***

## VI.1. Qualité des eaux du barrage

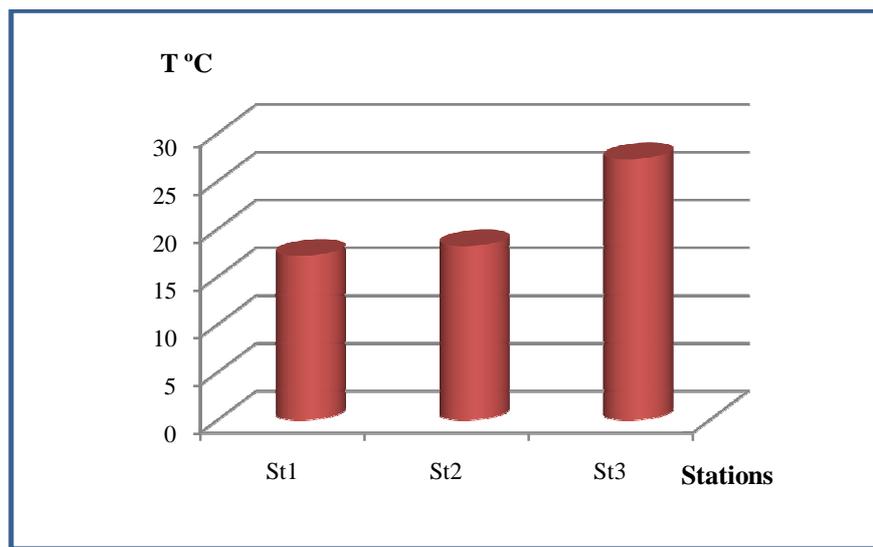
### 5.1. Analyse physico-chimique de l'eau

Les résultats des analyses physico-chimiques (T, pH, CE et TAC) sont regroupés dans le tableau 6 et les figures 15 -18.

**Tableau 6.** Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau.

Paramètres	St1	St2	St3
<b>T eau (°C)</b>	17,2	18,2	27,3
<b>PH</b>	9,38	8,60	9,55
<b>CE (µS/cm)</b>	1016	1096	1059
<b>TAC (mg/l)</b>	148,84	203,74	107,7

#### 5.1.1. Température



**Figure 15.** Variations thermiques des stations d'étude.

La figure 14 montre que les valeurs de température fluctuent entre 17, 2 - 27, 3°C respectivement pour la station St1 et St3.

La température des eaux est influencée essentiellement par les variations climatiques (Hamdi, 2011). Une température élevée des eaux du barrage peut entraîner une sursaturation en gaz dissous et ayant des conséquences sur la conductivité et ce la est bien montrer par les résultats d'analyse indiquer sur le tableau ci-dessus à l'exception de la station St2 où la valeur de la conductivité est un peu élevée.

La comparaison des résultats de la température avec la valeur de l'ANRH montre que la station St1 et St2 présentent des valeurs proches de celles données par l'ANRH, à l'exception de la station St3 qui présente une valeur peut élevée (27°C).

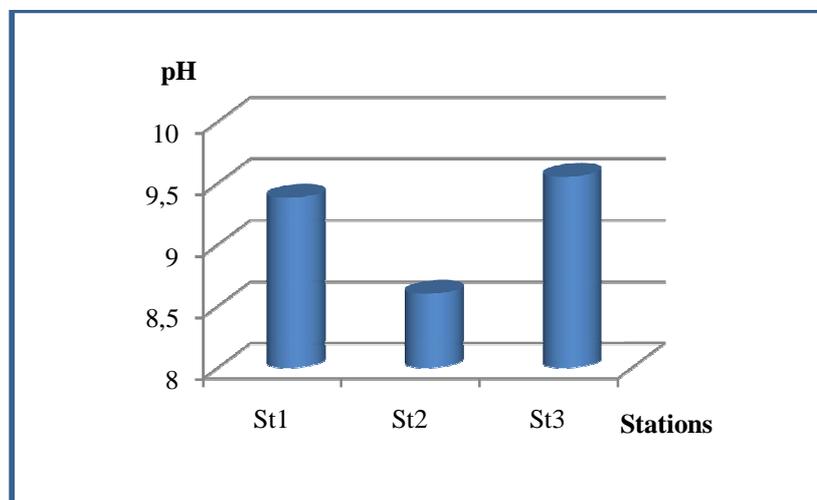
Les températures des eaux du barrage sont aux alentours de 18°C pour les St1 et St2 donc considérées comme "très bonne" en terme de qualité pour la biologie aquatique (tab7). En revanche, pour la St3 la température dépasse le 25 °C donc considérée comme mauvaise (tab7).

**Tableau 7.** Aptitude à la biologie en fonction de la température (SEQ-Eau, 1999).

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
T°C	20	21,5	25	28	>28

### 5.1.2. pH

La valeur du pH (qui traduit l'acidité de l'eau) résulte des nombreuses interactions entre les éléments dissous.



**Figure16.** Variations du pH des stations d'étude.

L'examen de la figure 14 montre une légère variation de ces teneurs qui oscillent entre 9,38 (St1) 8,60 (St2) et 9,55 (St3). Ce qui peut être expliqué par la différence de l'activité photosynthétique.

Ces résultats obtenus pour le pH montrent que les eaux du barrage sont alcalines dans toutes les stations.

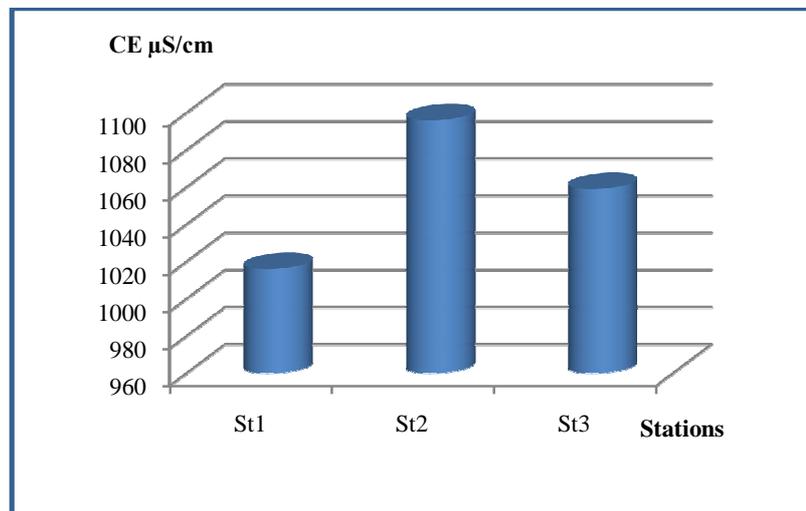
En comparant nos résultats avec ceux obtenus par l'ANRH, nous remarquerons que les eaux de nos stations sont plus alcalines.

L'eau du barrage Beni Haroun est de qualité bonne à très mauvaise pour la vie aquatique (tab.8). Les valeurs sont aux alentours de 9.

**Tableau 8.** Aptitude à la biologie en fonction du pH (SEQ-Eau, 1999).

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

### 5.1.3. Conductivité électrique (CE)



**Figure 17.** Variations de CE des stations d'étude.

La conductivité électrique présente des variations d'une station à une autre. La valeur la plus élevée 1096µS/cm a été enregistrée à la station (St2), et la plus faible 1016µS/cm au niveau de St1.

Les trois stations du barrage Beni Haroun sont caractérisées par une minéralisation très forte à excessive selon la classification de Rejsek (2002) ( $CE > 1000 \mu\text{S/cm}$ ).

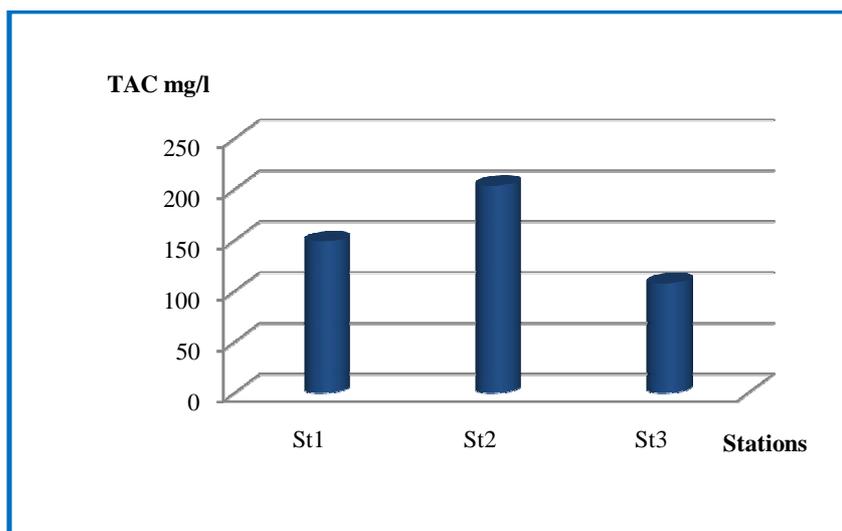
Ces résultats signalent que la variation de conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).

Selon la grille de qualité les eaux du barrage Beni Haroun est de qualité très bonne.

**Tableau 9.** Aptitude à la biologie en fonction de CE (SEQ-Eau, 1999).

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
CE mg/l	2500	3000	3500	4000	>4000

#### 5.1.4. Alcalinité

**Figure 18.** Variations de TAC des stations d'étude.

Les résultats obtenus restent élevés dans l'ensemble des stations qui montrent la prédominance des bicarbonates. La station St2 avec une valeur de 203,74mg/l, alors que la station St1 présente la valeur la plus faible (107,7mg/l).

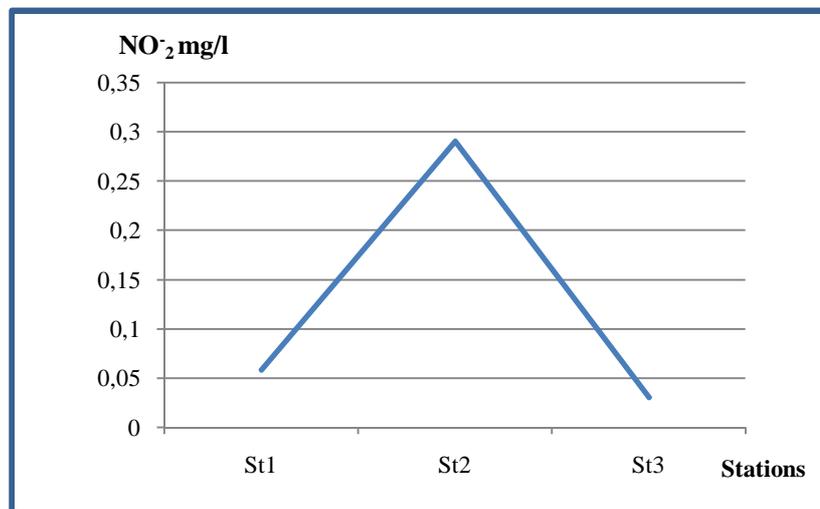
## 5.2. Qualité chimique

Le tableau 10 présente les teneurs de 5 nutriments (nitrates, nitrites, ammonium, magnésium et calcium) des différentes stations étudiées.

**Tableau 10.** Eléments nutritifs.

Stations Nutriments	St1	St2	St3
$\text{NO}_2^-$ mg/l	0,058	0,29	0,039
$\text{NO}_3^-$ mg/l	3,54	5,70	2,38
$\text{NH}_4^+$ mg/l	1,1	0,808	0,118
$\text{Ca}^{2+}$ mg/l	14,09	65,23	63,32
$\text{Mg}^{2+}$ mg/l	10,69	38,88	54,91
TH mg/l	50	330	384

### 5.2.1. Nitrites



**Figure 19.** Variations de nitrite des stations d'étude.

Concernant la concentration en nitrites, les valeurs ne dépassent pas 0,29 mg/l pour l'ensemble des stations. Notons que, la valeur la plus faible (0,03 mg/l) est donnée par (St3) et la plus élevée dans St2 (0,29 mg/l).

En comparant nos résultats avec ceux obtenus par ANRH, nous remarquons que les eaux de barrage Beni Haroun ont presque les mêmes teneurs en nitrite. Ce qui indique que les eaux étudiées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrites.

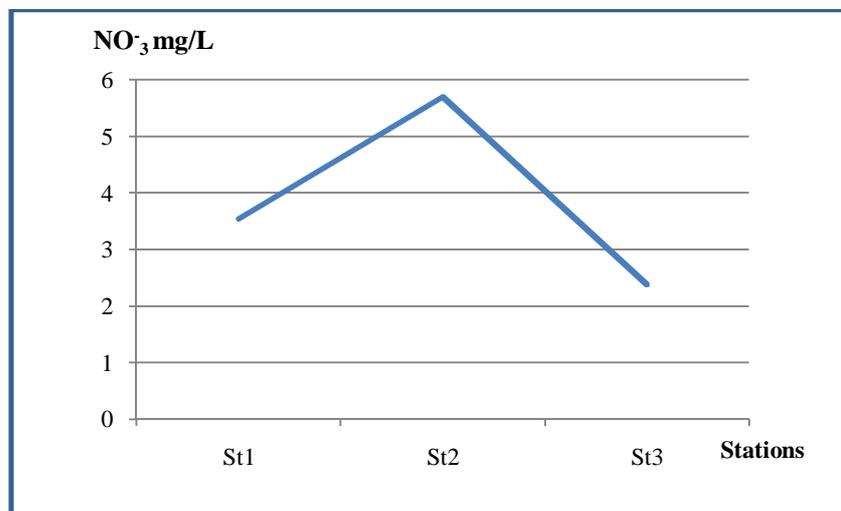
Les teneurs en  $\text{NO}_2^-$  dans l'eau du barrage ont permis de mettre en évidence une eau de qualité très bonne selon la grille de qualité.

**Tableau 11.** Aptitude à la biologie en fonction de  $\text{NO}_2^-$  (SEQ-Eau, 1999).

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
$\text{NO}_2^-$ mg/l	0,03	0,3	0,5	1	>1

### 5.2.2. Nitrates

Les  $\text{NO}_3^-$  constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, se trouvant naturellement dans les eaux, dont les sources sont essentiellement le lessivage des engrais ou les rejets des eaux usées d'origine domestique (Melghit, 2008).



**Figure 20.** Variations de nitrate des stations d'étude.

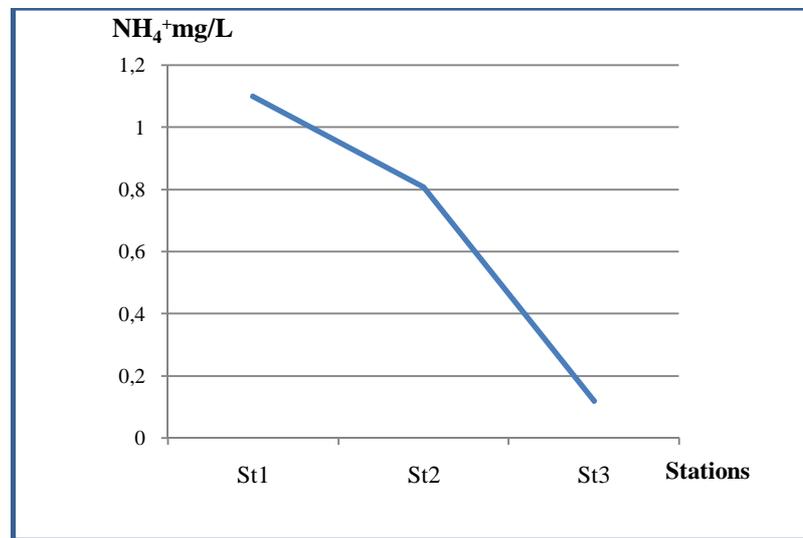
Les résultats montrent que les valeurs de concentrations en nitrate sont élevées comparant à celle d'ammonium et du nitrite. Il est à noter que la station (St2) présente un pic important en fonction de ses teneurs en  $\text{NO}_3^-$ . Ces teneurs peuvent être liées à la fréquence de la végétation dans cet endroit.

On peut conclure que les teneurs en nitrates enregistrées sont inférieures à la teneur suggérée par l'ANRH. Cependant, la qualité des eaux de trois stations reste très bonne à bonne.

**Tableau 12.** Aptitude à la biologie en fonction de  $\text{NO}_3^-$  (SEQ-Eau, 1999).

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
$\text{NO}_3^+$ mg/l	2	10	25	50	>50

### 5.2.3. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )



**Figure 21.** Variations d'ammonium des stations d'étude.

La figure 21 montre que les valeurs d'ammonium varient peu en fonction des stations de prélèvement, l'ammonium de l'eau est similaire au niveau des trois stations de prélèvement.

Les plus basses concentrations sont obtenues aux St2 et St3 qui sont les moins anthropisées que St1.

Nos résultat est élevé que celle de l'ANRH qui contienne une teneur nulle. Ces teneurs en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) ont permis de mettre en évidence cette eau de qualité très bonne à passable selon les grille de qualité.

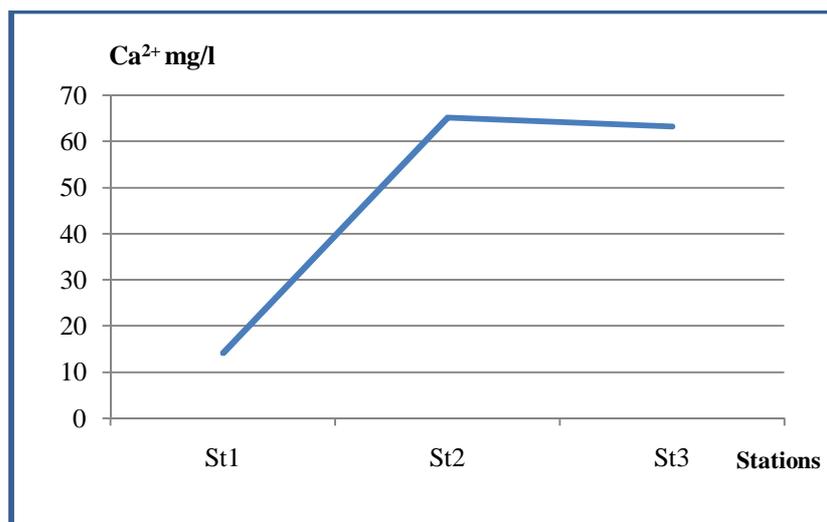
**Tableau 13.** Aptitude à la biologie en fonction du  $\text{NH}_4^+$  (SEQ-Eau, 1999).

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
$\text{NH}_4^+$ mg/l	0,1	0,5	2	5	>5

En fin, en observant les résultats des trois éléments nutritifs cités au dessus, on peut dire qu'une telle observation (faible en matières azotées), peut s'expliquer par le fait que les eaux usées sont d'abord collectées et traitées au niveau des stations d'épuration avant qu'elles soient rejetées dans le barrage.

#### 5.2.4. Calcium $\text{Ca}^{2+}$

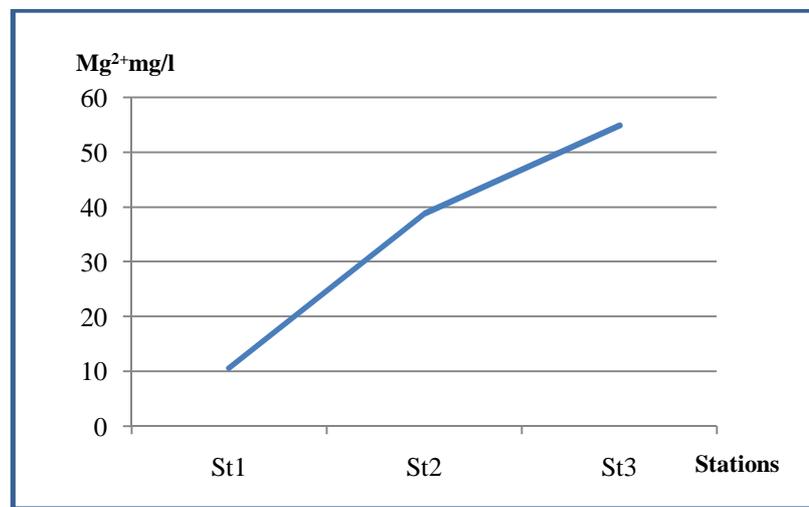
Constituant cationique le plus dominant dans les eaux superficielles, il se présente généralement sous forme de bicarbonates  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  solubles (Bremond et Vuichard, 1973). Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles, c'est un composant majeur de la dureté de l'eau. Il provient essentiellement de la dissolution des formations carbonatées (calcite et dolomite). Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé (Rodier, 2005).

**Figure 22.** Variations de calcium des stations d'étude.

Les stations St2 et St3 ont présentés des concentrations plus élevées en calcium respectivement de 65,2mg /l et 63,32 mg/l par rapport à la station St1 qui présente une valeur très faible de 2,40mg/l. Ces valeurs sont inférieure par rapport à ceux obtenus par l'ANRH.

### 5.2.5. Magnésium ( $Mg^{2+}$ )

C'est le deuxième élément de la dureté totale, qui présente une origine semblable à celle du calcium. La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau (Rodier, 2005).



**Figure 23.** Variations de Magnésium des stations d'étude.

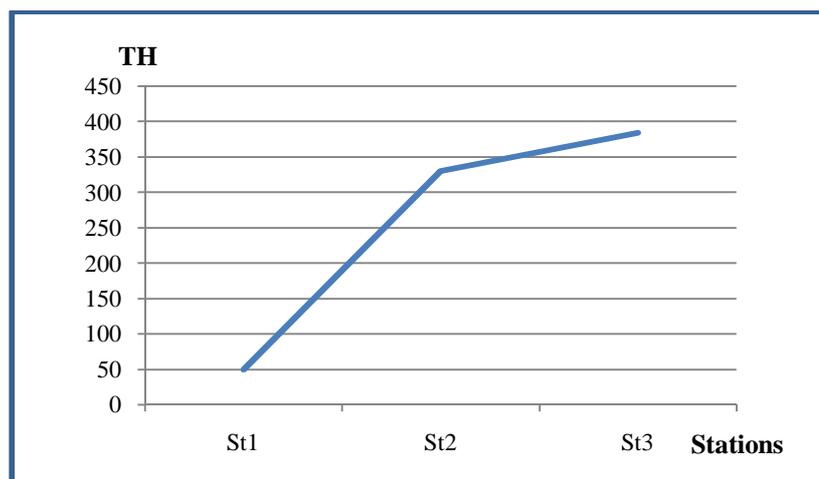
Les teneurs en magnésium enregistrées au niveau de St1 est inférieur à celles relevées au niveau des eaux de St2 et St3. La teneur la plus faible est 10,69 mg/l enregistrée à la station (St1) et la plus élevée est 54,91 mg/l enregistrée à la station (St3).

La comparaison entre la valeur montrée au niveau de St2 est proche à celle donnée par L'ANRH, Par contre dans les eaux de St3 est plus élevée.

La présence de cet élément dans les eaux a pour origine la dissolution des formations carbonatées et gypseuses (Bremond et Vuichard, 1973).

### 5.2.6. Dureté totale (Titre hydrotimétrique TH)

Le degré hydrotimétrique (TH) exprime la dureté d'une eau. Cette dernière est due particulièrement à la présence des sels de calcium et de magnésium (Rejsek, 2002).



**Figure 24.** Variations de TH des eaux des stations d'étude.

Les résultats obtenus pendant les trois stations de prélèvement nous permettent de constater que la valeur maximale a été signalée dans la station St3 (384 mg/l), et la valeur minimale, de 50 mg/l dans la station St1.

L'évolution de la dureté semble être liée à une augmentation en  $\text{Ca}^{2+}$  et/ou  $\text{Mg}^{2+}$ . La dureté totale a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (Hamdi, 2011).

Selon la grille d'appréciation de la qualité générale de l'eau utilisée en France (SEQ-Eau, 1999), et si nous comparons nos résultats obtenus en 2014 avec ceux donnés par l'ANRH en 2013, les divers prélèvements peuvent être qualifiés d'une bonne qualité (classe 2). Cependant, et malgré les teneurs assez faibles en éléments nutritifs, les eaux de ce barrage révèlent toujours un degré de pollution.

Enfin, il est important de noter que le barrage de Beni Haroun, avec la présence de la STEP, n'est pas complètement protégé de la pollution par rejets domestiques et industriels, du fait que la capacité épuratoire de la STEP à nos jours et après le raccordement des rejets de la ville de Mila est considérée insuffisante du point de vue capacité et taux de rendement.

### 5.3. L'inventaire taxonomique du phytoplancton

L'étude qualitative du phytoplancton a permis de dénombrer 21 taxons d'algues. D'après la classification de Bourrelly (1968), les taxons appartenant à 22 genres réparties sur 13 familles et 6 classes selon leur abondance : Chlorophycées, Cyanobacteries, Bacillariophycées, Euglenophycées et Cryptophycées (tableau 14, figure 25).

Tableau 14. Inventaire phytoplanctonique des eaux du barrage de Beni Haroun.

Embranchement	Classe	Famille	Genre/espèce	St	St	St
				1	2	3
Chromophyte	Cryptophycée	Cryptomonadaceae	<i>Cryptomonas sp</i>	+		+
	Dinophycée	Goniodomataceae	<i>Alexandrium minutum</i>	+	+	
			<i>Ostreopsis ovate</i>			+
		Prorocentraceae	<i>Prorocentrum dendtatum</i>		+	
	Bacillariophycée	Bacillariaceae	<i>Nitzschiasp</i>			+
		Fragilariaceae	<i>Syndra ulna</i>		+	
			<i>Opephoramartyi</i>			+
Naviculaceae			<i>Navicula transitans</i>		+	
Chlorophyte	Chlorophycée	Chlamydomonadaceae	<i>Chlamydomonasp</i>			+
		Volvocaceae	<i>Eudorina elegans</i>			+
			<i>Pondorina morum</i>			+
			<i>Pondorina sp</i>			+
Radiococcaceae	<i>Gleocystis sp</i>			+		
Cyanophyte	Cyanobactérie	Chroococcaceae	<i>Microcystis sp</i>		+	+
			<i>Microcystis aeruginosa</i>			+
		Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria limosa</i>	+		
			<i>Oscillatoria sp</i>	+		+
			<i>Lyngbya polysiphoniae</i>	+		
Phormidioideae	<i>Planktothrix suspensa</i>			+		
Euglénophyte	Euglénophycée	Euglénaceae	<i>Euglena clavata</i>		+	+
			<i>Euglena sp</i>			+
			<i>Trechelomonas volvacina</i>			+

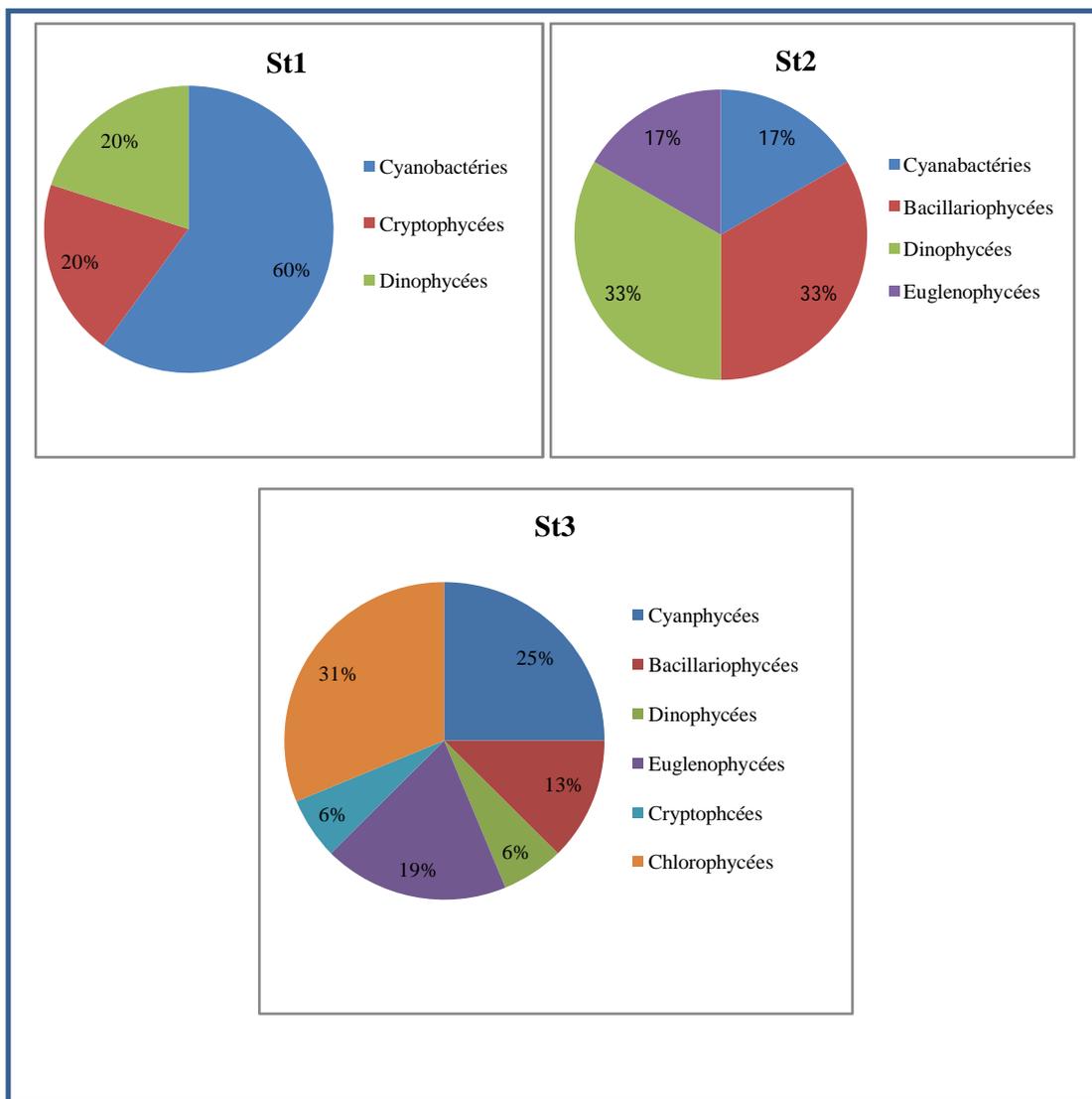


Figure 25. Richesse phytoplanktonique par classe des stations étudiée.

D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que la station St1, place les cyanophycées au premier rang avec un pourcentage de 60% notamment par le genre *Oscillatoria* et *Lyngbya*.

Pour la station St2, les classes les plus rencontrées sont les Bacillariophycées et Dinophycées avec un pourcentage de 33%. Il convient de noter que la classe des cyanobactéries et malgré sa faible richesse spécifique, par rapport à celle des Bacillariophycées et Dinophycées, elle s'est toujours manifestée comme la classe la plus dominante par une large colonie de *Microcystis sp*, alors que les Euglénophycées sont les moins rencontrées avec une fréquence d'une seule espèce (*Euglena clavata*).

Laissent entrevoir clairement que la St2 et St3 apparaissent être les stations les plus minéralisées, selon Atanle et al (2013). Cette minéralisation justifie la présence des Dinophycées.

Dans la dernière station St3, nous avons identifié 16 genres donc c'est la plus riche par rapport aux autres stations. Notant une dominance spécifique des Chlorophycées avec un pourcentage de 31%, composées principalement par *Chlamydomonas sp*, *Eudorina elegans* suivi par les Cyanophycées avec 25% dominées par le genre *Microcystis*. Ce dernier se présente sous différentes formes cellulaires ou morphotypes potentiellement toxique.

La présence de *Planktothrix suspensa* est liée à la conductivité élevée et les concentrations importantes en  $Ca^{2+}Mg^{2+}$  (Willame et Hoffmann, 2005) ; suivies par les Euglénophycées 19%. Ces dernières sont caractérisées par leur grande tolérance vis-à-vis aux eaux polluées et plus spécialement les eaux chargées en métaux (Hg, Cd et Pb) (Pongswat, 2002).

En outre, il faut noter que les Euglénophytes caractérisent les milieux riches en substances organiques c'est-à-dire en éléments nutritifs (Adjahouinou, 2012).

Puis celle des Bacillariophycées, Dinophycées représentant respectivement 13%, 6%. Tandis que les Cryptophycées, n'ont jamais apparues comme une classe dominante.

Comme il ne faut pas oublier que plus de 70 espèces de cyanophycée produisent de la toxine. Quelques Cyanophycées peuvent causer des intoxications graves chez l'homme ou l'animal et des espèces du genre *Oscillatoria* peuvent être à l'origine d'eaux rouges et caractérisent les eaux hypereutrophe (Willame et Hoffmann, 2005).

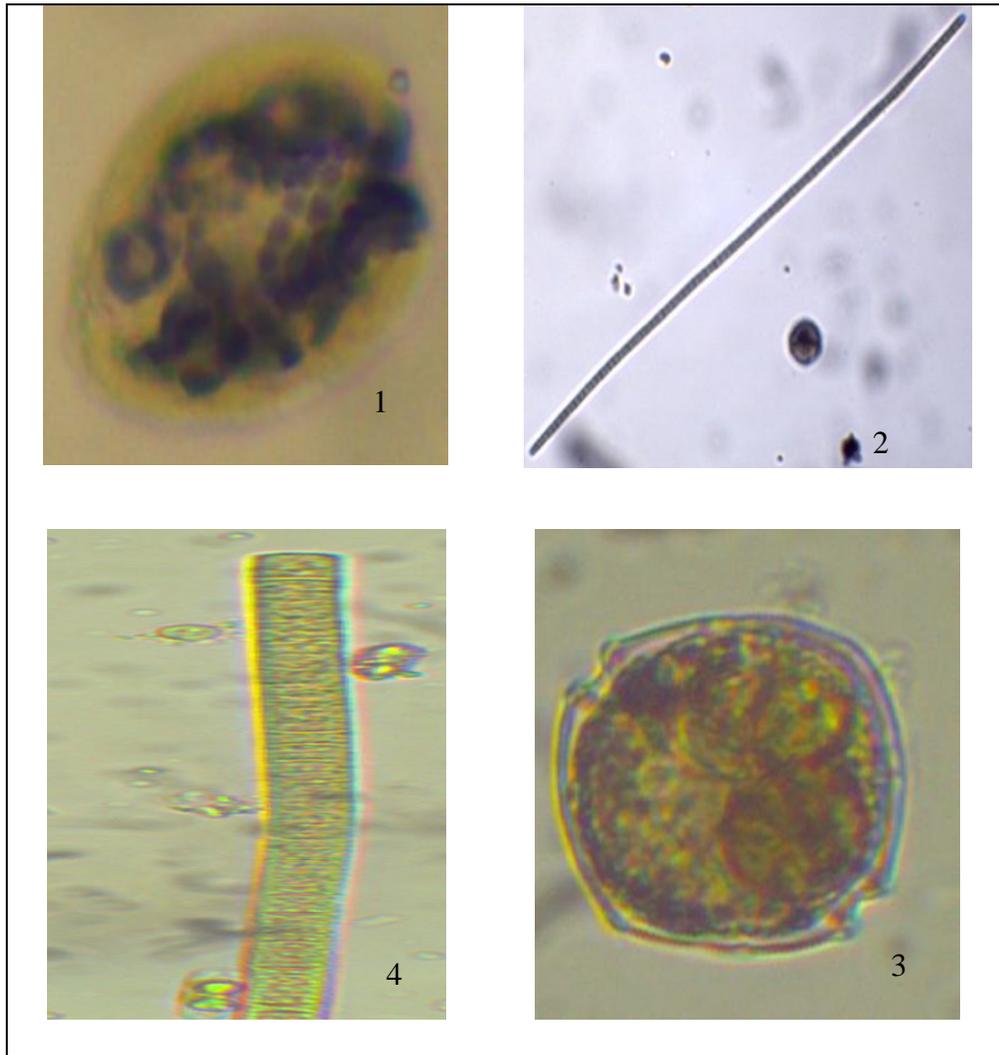
La variation de la richesse phytoplanctonique dans les stations d'étude peut être due aux modifications hydrologiques survenues et l'influence des apports anthropiques environnants.

Dans l'ensemble, les communautés phytoplanctoniques sont relativement faibles dans le barrage. Cette baisse de richesse peut s'expliquer par le fait que chaque espèce planctonique possède ses propres conditions optimales de croissance et que leur densité est principalement due à l'adaptation des divers organismes face aux paramètres physico-chimiques et biologiques du milieu (Ba, 2006).

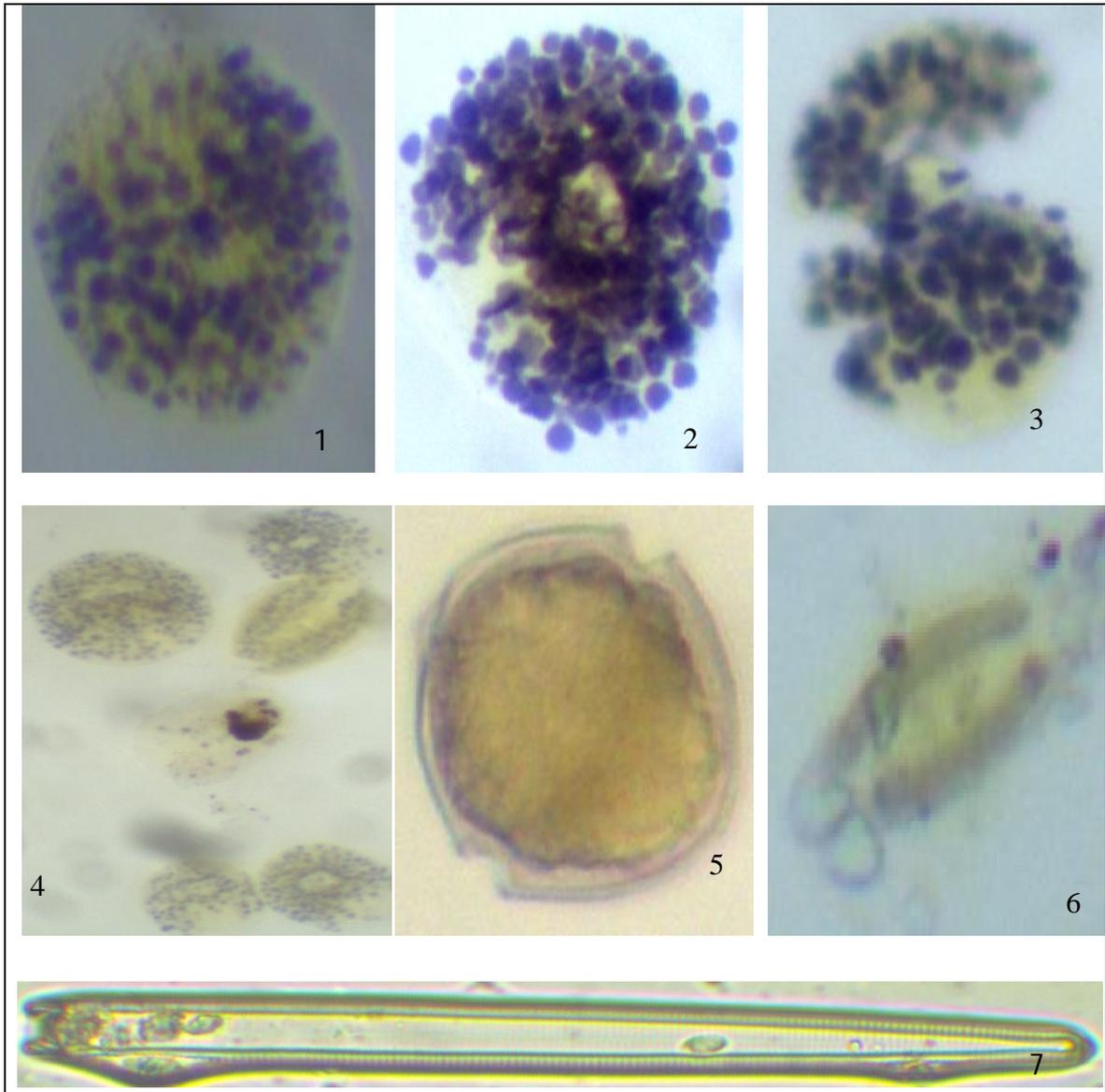
Ainsi cette faible richesse dépend sûrement des teneurs relativement faibles en éléments nutritifs dans les eaux du barrage. Ces teneurs sont caractérisés par des teneurs toujours inférieures à 0,29 mg/l en nitrite et une teneur maximale de 1,1mg/l en ammoniacque.

On peut aussi supposer cette baisse à la pression exercée par le zooplancton (poisson) comme *Hypophthalmichthys molitrix* et *Carassius carassius*.

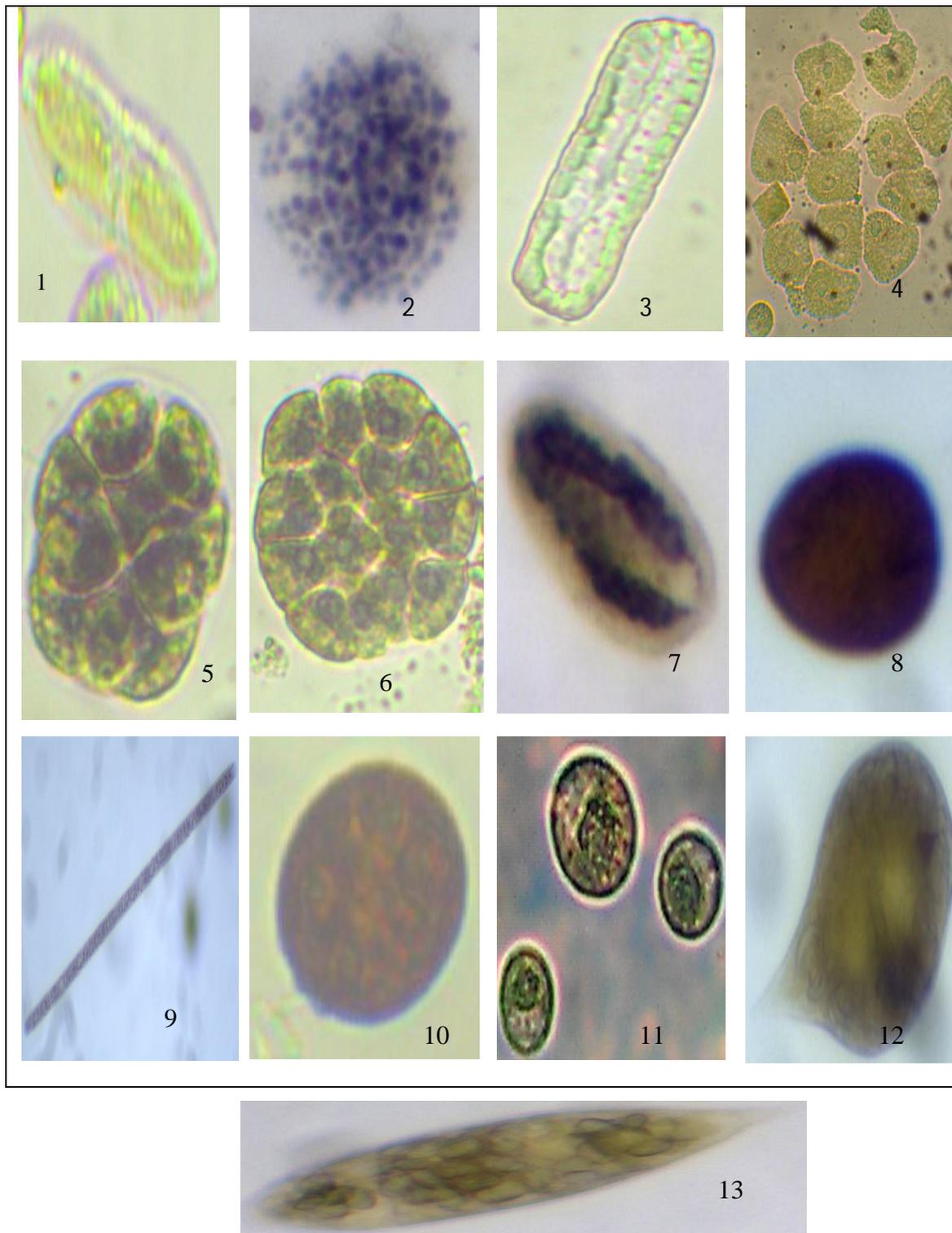
En raison de l'alimentation du barrage Beni Haroun par les fleuves, la dynamique générale du phytoplancton engendre une dilution des eaux et entraîne alors une baisse de densité (Pongswat, 2002).



**Figure 26.** Richesse phytoplanktonique identifiée dans la station St1 : 1. *Cryptomonas sp.*, 2. *Oscillatoria sp.*, 4. *Oscillatoria limosa*, 3. *Alexandrium minutum*.



**Figure 27.** Richesse phytoplanctonique identifiée dans la station St2 : 1-4. *Microcystis* sp., 5. *Alexandrium minutum*, 6. *Navicula transitans*, 7. *Syndra ulna*.



**Figure 28.** Richesse phytoplanctonique identifiée dans la station St3 : 1. *Nitzschia* sp, 2. *Microcystis aeruginosa*; 3. *Opephora martyi*, 4. *Pandorina morum*, 5. *Pandorina* sp, 6. *Eudorina elegans*, 7. *Cryptomonas* sp, 8. *Oscreopsis ovata*, 9. *Planktothrix suspensa*, 10. *Trechelomonas volvacina*, 11. *Chlamydomonas* sp, 12. *Euglena clavata*, 13. *Euglena* sp.

## 5.4. Inventaire taxonomique des diatomées

Tableau 15. Richesse en espèces diatomiques dans les stations d'étude.

Famille	Genre	Espèce	St1	St2
Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i>	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	+	
Chroococcaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis placentula</i>	+	
Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	<i>Cymbella microcephala</i>		+
		<i>Cymbella sp</i>	+	
		<i>Cymbella tumida</i>		+
Diatomaceae	<i>Diatoma</i>	<i>Diatoma vilgaris</i>	+	
		<i>Diatoma vulgare</i>	+	
Epithémiaceae	<i>Epithemia</i>	<i>Didimorsphenia geminata</i>	+	+
		<i>Epithemia zebra</i>	+	
Fragilariaceae	<i>Faragilaria</i>	<i>Faragilaria pinata</i>	+	
		<i>Fragilaria nanana</i>		+
Gomphonemataceae	<i>Gomphonema</i>	<i>Gomphonema augur</i>	+	
		<i>Gomphonema pala</i>		+
		<i>Gomphonema sp</i>		+
		<i>Gomphonema minutum</i>		+
		<i>Gomphonema pseudoaugur</i>		+
Melosiraceae	<i>Melosira</i>	<i>Melosira islandica</i>	+	
		<i>Melosira varians</i>	+	
Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Navicula lanceolata</i>	+	
		<i>Navicula sp</i>	+	+
		<i>Navicula molestiformis</i>		+
		<i>Navicula gergaria</i>		+
		<i>Meridion circulare</i>	+	
Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>Nitzschia pala</i>	+	
		<i>Nitzschia sp</i>		+
		<i>Nitzschia amphibia</i>	+	
	<i>Bacillaria</i>	<i>Bacillaria sp</i>	+	+
Surirellaceae	<i>Surirella</i>	<i>Surirella berbissonii</i>	+	
		<i>Cymatopleura elliptica</i>		+
Achnanthaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>Cocconeis planctula</i>		+

L'inventaire diatomique est réalisé au niveau de la station St1 et St2 à exception de la St3 a cause de l'absence des supports. La flore diatomique comprend 30 taxons appartiennent à 12 familles. La famille la plus dominante c'est celle de Naviculaceae avec la présence de 6 espèces suivie par la famille de Bacillariaceae et Gomphonemataceae présentées par 5 espèces pour chacune d'entre elles. Ensuite 3 espèces sont déterminées pour chacune des Cymbellaceae et Epithémiaceae. La famille de Diatomaceae, Fragilariaceae, Melosiraceae et la Surirellaceae, seulement avec 2 espèces. La Chroococcaceae, Stephanodiscaceae et l'Achnanthaceae avec une seule espèce pour chacune.

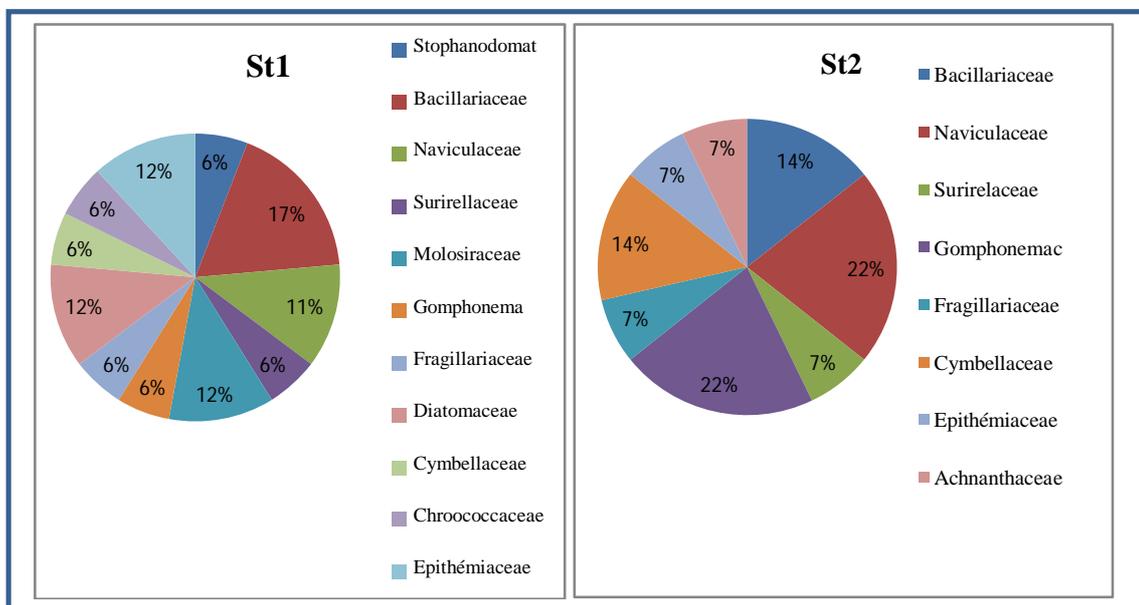


Figure 29. Richesse diatomique par classe des stations étudiées.

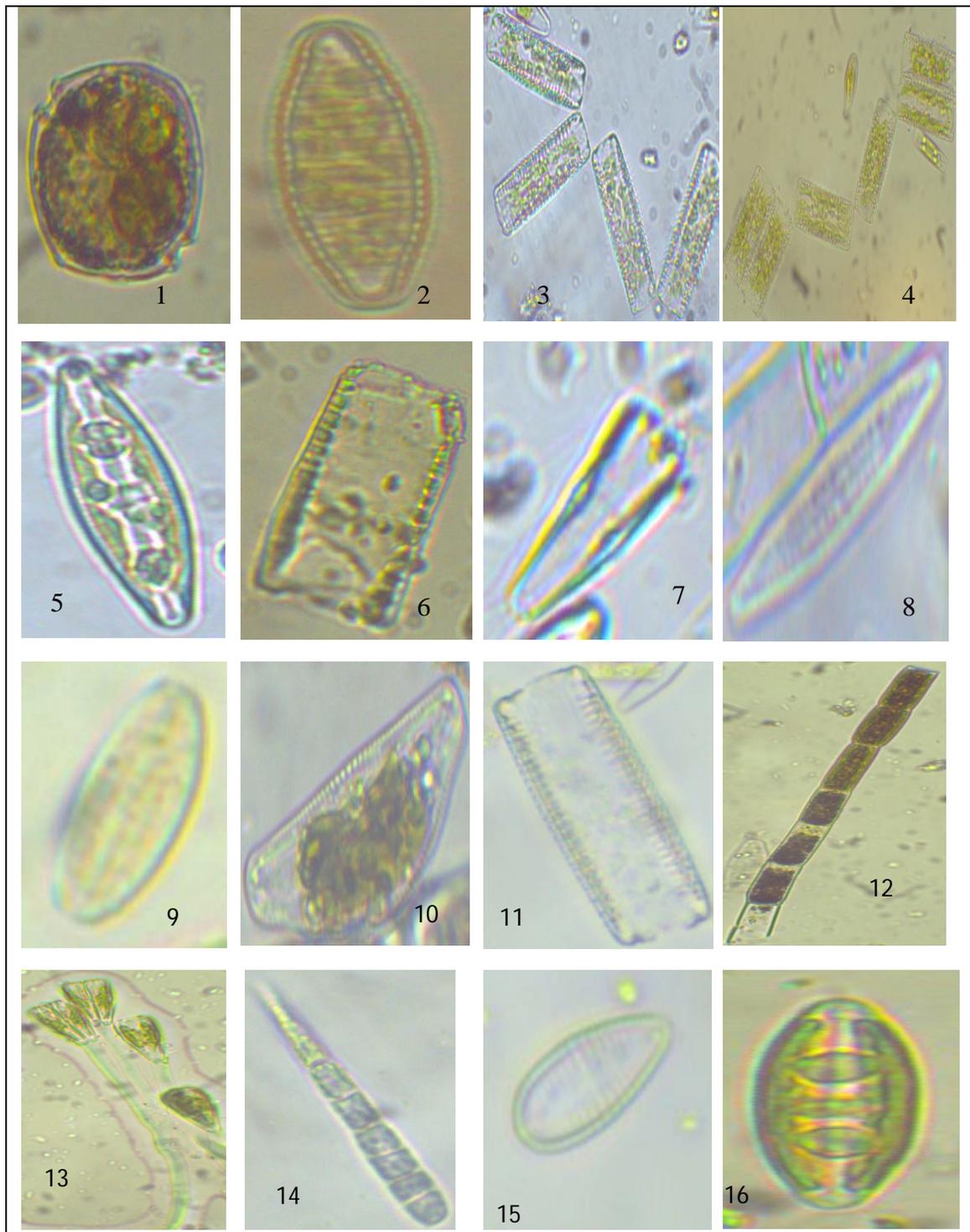
Dans la station St1, 11 familles ont été identifiées. La famille la plus dominante c'est celle des Bacillariaceae avec un pourcentage de 17%, suivie par les familles Melosiraceae, Diatomaceae et Epithémiaceae avec 12%. Ensuite la famille des Naviculaceae avec 11%. Au dernier classement avec un pourcentage de 6% vient la famille de Gomphonemataceae, Chroococcaceae, Fragilariaceae, Surirellaceae, Stephanodiscaceae et Cymbellaceae.

Pour la station St2, nous avons identifié moins d'espèces par rapport à la première qui appartiennent à 8 familles. Les Gomphonemataceae et les Naviculaceae sont les plus fréquents avec un pourcentage de 22%. Suivi par les Cymbellaceae et Bacillariaceae avec 14%. Les autres familles, les Surirellaceae, les Fragilariaceae et les Epithémiaceae avec le pourcentage le plus faible 7%.

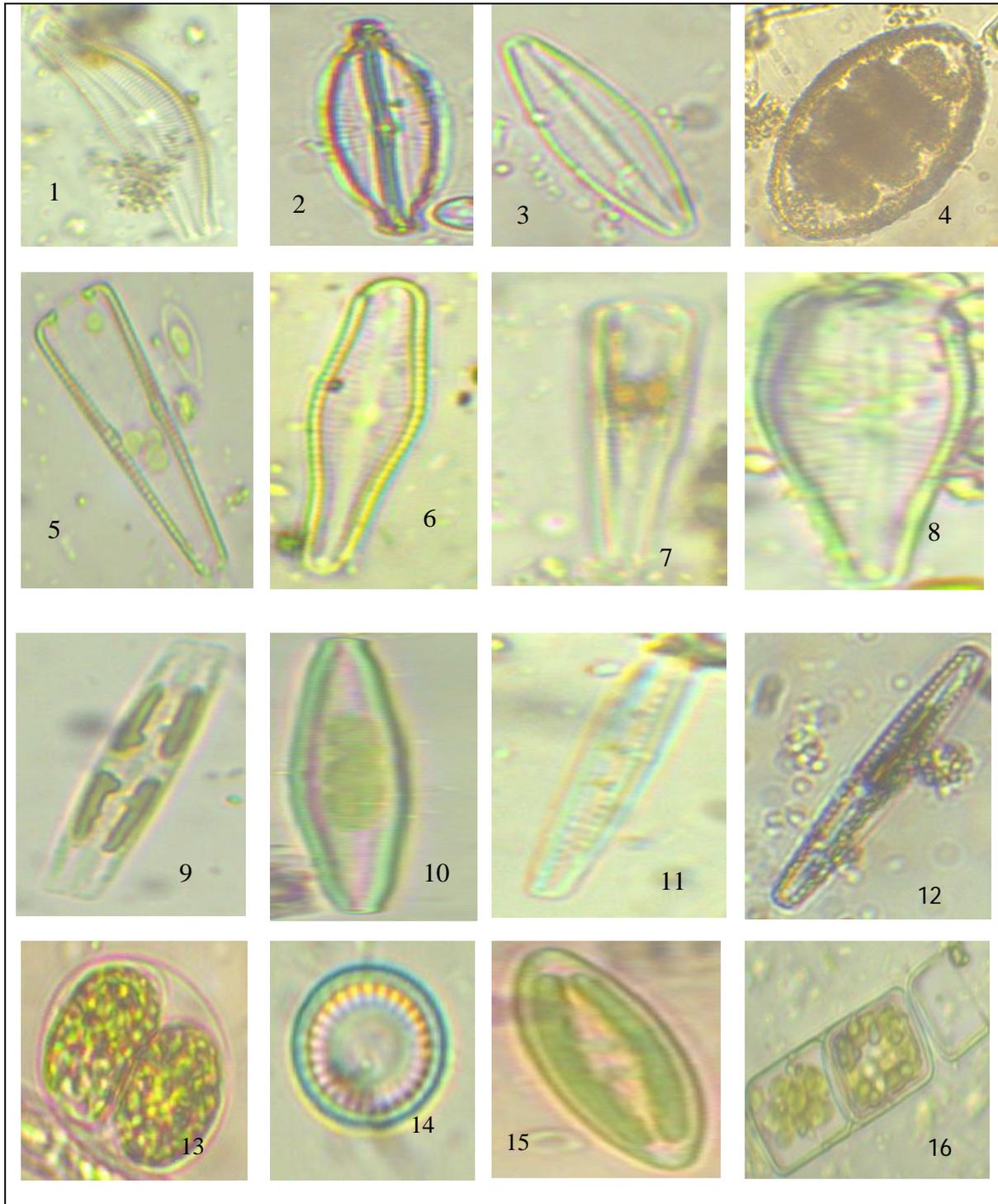
La dominance des diatomées est liée aussi aux bonnes conditions climatiques (la température et la lumière) ; elles affectionnent en général les milieux bien oxygène et pauvres en nutriments. Les diatomées malgré leur faible présence restent comme un bon indicateur de la qualité des eaux et beaucoup de chercheurs ont prouvé l'efficacité de ce type d'outils pour déceler les effets de la pollution dans les différents écosystèmes aquatiques.

Notant que dans notre cas, la présence de *Meridion circulare* indique que l'eau du barrage n'est pas encore polluée mais riche en calcaire.

La présence d'espèces *Meridion circulare*, *Gomphonema minutum* et *Diatoma vulgare* et *Cymatopleura elliptica* indique que les eaux sont de bonne qualité et qu'ils ne subissent pas de perturbations anthropiques majeures (Prygiel et Coste, 2000).



**Figure 30.** Richesse diatomique identifiée dans la station St1 : 1. *Alexandrium minutum*; 2. *Diatoma Vilgaris*, 3- 4. *Diatoma vilgare*, 5. *Navicula lanceolata*, 6. *Fragilariapinata*, 7. *Gophonema minutum*, 8. *Nitzschia pala*, 9. *Cocconier placcutula*, 10. *Cymbella sp*, 11. *Epthemiazebra*, 12. *Meloxiraislandica*, 13. *Didimosphenia geminata*, 14. *Meridion circulare*, 15. *Surirella berbissonii*, 16. *Navicula gergaria*.



**Figure 31.** Richesse diatomique identifiée dans la station St2 : 1. *Cymbella tumida*, 2. *Cymbella microcephala*, 3. *Navicula molestiformis*, 4 : *Cymatopleura elliptica*, 5 : *Gomphonema augur*, 6-7. *Gomphonemaspp.*, 8. *Gomphonema pala*, 9. *Bacillariasp.*, 10-12. *Nitzschiaspp.*, 13. *Chroococcus minutus*, 14. *Cyclotella meneghiana*, 15. *Navicula sp.*, 16. *Melosira varians*.

# ***Conclusion***

## Conclusion

Le barrage de Beni Haroun, situé dans la wilaya de Mila avec une capacité de 998 millions m<sup>3</sup>, construit dans l'Est algérien, constitue actuellement le plus important aménagement hydraulique réalisé à travers le pays.

L'objectif principal de la présente étude est l'évaluation de la qualité des eaux de ce dernier à travers l'analyse de 10 paramètres physico-chimiques et la réalisation d'un inventaire phytoplanctonique en particulier les diatomées comme indicateur biologiques.

Les mesures effectuées in situ, montrent que les eaux du barrage à tendance alcaline, avec une température moyenne aux alentours de 18 °C et une conductivité électrique (CE >1000 µS/cm), ce qui rend ces eaux comme excessivement minéralisées et reflétant généralement une qualité très bonne.

Les analyses physico-chimiques de 5 éléments nutritifs reflètent des teneurs relativement faibles en composés azotés dans toutes les stations étudiées.

Selon la grille d'appréciation de la qualité générale de l'eau utilisée en France (SEQ-Eau, 1999), et en comparant nos résultats de 2014 avec ceux donnés par l'ANRH en 2013, les eaux sont qualifiées d'une bonne qualité (classe 2).

L'inventaire phytoplanctonique nous a permis d'identifier 21 taxons d'algues. Les taxons appartenant à 22 genres répartis sur 13 familles et 6 classes selon leur abondance : Chlorophycées, Cyanobacteries, Bacillariophycées, Euglenophycées et Cryptophycées.

Concernant les communautés des diatomées, l'inventaire a permis de comptabilisé 30 taxons regroupés dans 13 familles. De plus la présence de certains taxons potentiellement toxique comme le *Microcystis* montre que malgré les teneurs assez faibles en éléments nutritifs, les eaux de ce barrage révèlent toujours un degré de pollution ce qui nécessite un suivi continue au niveau du barrage et surtout dans le fait que ces eaux sont destinés à l'usage humain.

Enfin, il est important de noter que le barrage de Beni Haroun, avec la présence de la STEP, n'est pas complètement protégé de la pollution par rejets domestiques et industriels, du fait que la capacité épuratoire de la STEP à nos jours et après le raccordement des rejets de la ville de Mila est considérée insuffisante du point de vue capacité et taux de rendement.



***Références  
bibliographiques***

**Référence bibliographiques**

**Adjahouinou D-C., Liady N-D., Fiogbe E-D, 2012.** Diversité phytoplanctonique et niveau de pollution des eaux du collecteur de Dantokpa (Cotonou-Bénin). Thèse de doctorat. Faculté des Sciences et Techniques. Université d'Abomey-Calavi-Bénin, 9pp.

**Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue, 1999.** Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°02.

**Agence du bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue, 2004.** Cahiers de l'A.B.H.- C.S.M. n°08.

**Agence Nationale des Barrages et Transferts ANBT, 2013.**

**Aguilar Ibarra A, 2004.** Les peuplements de poissons comme outil pour la gestion de la qualité environnementale du réseau hydrographique de la Garonne. Thèse de doctorat en science Agronomiques, Institut National Polytechnique de Toulouse, Ecole Doctorale de Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bio-ingénieries, pp13, 14.

**Aidat A, 2008.** Typologie de rapports entre la ville de Constantine et sou Rhumel-Boumerzoug. Mémoire de Magister option projet urbain. Université de Mentouri-Constantine, pp14.

**Ainane T, 2011.** Valorisation de la biomasse algale du Maroc : Potentialités pharmacologiques et Applications environnementales, cas des algues brunes *Cystoseira tamariscifolia* et *Bifurcaria bifurcata*. Thèse de doctorat en chimie Analytique. Université Hassan II – Casablanca, pp 100,101.

**Aissaoui A, 2013.** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (Wilaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoire de Magistère en Ecologie végétale appliquée et gestion de l'environnement. Université Mouloud Mammeri De TiziOuzou, pp3.

**Aminot A., Kerouel R, 2004.** Hydrologie des écosystèmes marines paramètres et analyses. Edition Ifremer, 335p.

**Atanle K., Bawal M., Moctar1., Kokou K., Djaneye-boundjou G., Edorh M., 2013.** Distribution saisonnière du phytoplancton en fonction des caractéristiques physico-chimiques du lac de Zowla. (Lac Boko) dans le Sud- Est du Togo : cas de la petite saison

**Azzouz S., Chellat S., Boukhalfa Ch., Amrane A, 2013.** Spatial Evolution of Phosphorus Fractionation in the Sediments of Rhumel River in the Northeast Algeria,

Article Published by Canadian Center of Science and Education, Environment and Pollution; Vol,pp3.2.

**Ba N, 2006.** La communauté phytoplanctonique du lac de Guiers (Senegal) : type d'associations fonctionnelles et approches expérimentales de facteurs de régulation. Thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> Cycle de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), pp 9-11.

**Bachasson B., 2012.** Mise en valeur des étangs. Agriculture d'aujourd'hui Science, Techniques, Applications. 3<sup>ème</sup> édition TEC et DOC, 168p.

**Bakroune M-CH, 2011.** Analyse dynamique d'un barrage en béton compacté au rouleau (B.C.R) sous charge sismique. Mémoire de Magister en Hydraulique. Université Hadj Lakhdar-Batna, pp48.

**Benabbas C., Mebarki A., Grecu F., 2008.** Le système « Beni-Haroun » (Oued kebir–Rhumel Algérie): Aménagement hydrauliques et contraintes morpho–géologiques, pp5.

**Bioret F., Estève R., Sturbois A, 2010.** Dictionnaire de la protection de la nature. Presses Universitaires de Rennes, 357p.

**Boeglin J-C, 2001.** L'eau et l'industrie. Technique de l'ingénieur, traité environnement. Article G1100, p4.

**Boissonneault Y, 2009.** Etats des eaux WWW.BOISSONNEAULT.CA 1.8IiVi9, 2682p.

**Bottin M, 2012.** Structure des assemblages de diatomées benthiques en rivière : l'environnement explique-t-il tout ? Processus écologiques et développement méthodologiques. Thèse de doctorat en Écologie évolutive, fonctionnelle et des communautés. Université de Bordeaux I, pp 1, 5.

**Bouchareb N, 2013.** Transferts et géochimie de l'azote, du phosphore et du silicium des bassins des oueds Kébir-Rhumel, Kébir ouest et Saf-Saf. Thèse de doctorat en science de la mer .Option : Environnement littoral. Université Badji Mokhtar-Annaba, pp28-30.

**Bourdin L, 2004.** Caractérisation et suivi de L'eutrophisation des lacs et des cours d'eau lentique en en France, une ouverture européenne, synthèse technique de l'office international de l'eau, SNIDE, 14p.

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

**Bouzidi N, 2007.** Evaluation de la teneur en nitrates dans les eaux minérales naturelles et eaux de captage destinées à la consommation humaine. Mémoire d'ingénieur d'état en pathologie des écosystèmes. Université Mentouri– Constantine. pp14.

**Bravard J-P., Clémens A, 2005.** Les poissons et la pêche du Rhône, Compagnie National du Rhône, 202pp.

**Brémond R., et Vuichard R., 1973.** Les paramètres de la qualité de l'eau. Edition. La documentation française. Paris, 173p.

**Cantin I, 2010.** La production de biodiesel à partir des microalgues ayant un métabolisme hétérotrophe. Mémoire pour obtention du grade de maître en environnement (M.Env) Université Sherbrooke, Québec, Canada, pp20.

**D'hondt Q et Halleu M, 2013.** Bioindicateurs de pollution II : étude de cas sur la Vesdre à Vaux-sous-Chèvremont. Mémoire de Master 1 BOE – Unamur, pp4.

**De Reviere, 2003.** Biologie et phylogénie des Algues, Tome 2 édition Belin, 255p.

**Debieche T-H, 2002.** Évolution de la qualité des eaux (Salinité, Azote et Métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline Agricole et industrielle : Application à la basse plaine de la Seybouse-Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat en Hydrogéologie et Environnement. Université de Franche-Comté, pp38.

**Demba N'diaye., Mouhamed Salem K-M., Ould Kankou, 2013.** Contribution de l'étude de la qualité physico-chimique des eaux de la rive droite du fleuve senegal, 3pp.

**Direction de la Pêche Maritime et de la Pisciculture Wilaya de Mila, 2014.**

**Direction des forêts de Wilaya de Mila, 2014.**

**Direction Hydraulique de Wilaya D H W, 2013.**

**Drira Z, 2009.** Contribution à la compréhension du fonctionnement de Golfe de Gabès : Etude des caractéristiques dynamiques et structurales des communautés phyto-zooplanctoniques en relation avec la variabilité environnementale et caractéristiques hydrographiques des zones côtières et océaniques. Thèse de doctorat en science Biologiques. Université de Sfax, pp14, 15.

**El khelifi M, Hachemaoui B, 2008.** Etude de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de consommation d'Ain Yousef provenant du barrage de sekkak, p32.

**Ehrhardt J-P., Seguin G, 1978.** Le plancton composition, écologie, pollution. Bordas, Paris, 210p.

**EtecSàrl M-B, Régine B., et Theler D, 2007.** Qualité des cours d'eau en valais, Edition Département des transports, de l'équipement et de l'environnement Service de la protection de l'environnement, 26pp.

**Faurie C., Ferra C., Médoui P., Dévaux J., Hemptinne J-L, 2002.** Écologie Approche scientifique et pratique, 5<sup>ème</sup> édition Lavoisier, 407pp.

**Fraisse S, 2013.** Structure de la communauté phytoplanctonique des fleuves côtiers en réponse aux contraintes hydrodynamiques : une approche basée sur les traits morpho-fonctionnels. Thèse de doctorat en Biologie, Université de Rennes, 1, 3, 91pp.

**Genin B., Chaurin Ch., Ménard F., 2003.** Cours d'eau et indice biologiques. Pollution- méthodes- IBGB, 2<sup>ème</sup> édition Educagri, 221p.

**Godin J, 2002.** Les espèces animales et végétales susceptibles de proliférer dans les milieux aquatiques et subaquatiques : Ficher espèces animales, Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées, Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables, pp 27, 33, 37.

**Groga N, 2012.** Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat en Ecologie Fonctionnelle. Université de Toulouse, pp 35, 38, 89, 93.

**Guasmi I., Djabri I., Hani A., Lamouroux C, 2006.** Pollution des eaux de l'oued Medjerda par les nutriments. Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface, pp6.

**Guyot S, 1994.** Evaluation de l'eutrophisation sur le bassin Artois-Picardie. Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables et Amélioration de la qualité de la vie. pp17.

**Hamdi W, 2011.** Qualité hygiénique et caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette d'Ouargla. Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée. Université kasdi merbah – ouargla, pp 40,44.

**Hecg J-H et Goffart A, 2007.** Diversité de l'écosystème planctonique de la Baie de Calvi. Projet Finance par L'agence de l'eau RMC. Université de liège, pp8.

**Houli S, 2014.** Eutrophisation des barrages. Département de la Formation continue, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique Abdellah Arbaoui. pp 4, 9, 22.

**Prygiel P., Coste, 2000.** Guide méthodologique par la mise en œuvre de l'indice Biologique Diatomée. Edition Cemagref, 340p.

**Kaid Rassou K, 2009.** Etude des interactions entre les eaux de souterraines et les eaux de surface dans le bassin côtier d'oualidia. Thèse de doctorat en Hydrogéologie. Université de Cadi Ayyad-Marrakech, pp 93.

**Kerdoud S, 2006.** Basant versant Beni Haroun eau et pollution. Mémoire de Magistère en Aménagement du territoire. Université Mentouri– Constantine, pp7, 22, 55, 57.

**Koller E, 2004.**Traitement des pollutions industrielles Eau. Air. Sols. Boues, 2<sup>ème</sup> Edition Dunod, 569p.

**Lavoie I, Laurion I, Vincent W, 2007.** Les fleurs d'eau de cyanobactéries, document d'information vulgarisée. INRS rapport no, pp 917, 25.

**Lehtimet N., Abdelaziz S, 2006.** Qualité physico-chimique des eaux de l'oued El Kantra (casino) et celle de la plage de Bordj Bliada, Mémoire d'ingénieur en Ecologie végétal et Environnement. Université de Jijel. pp11.

**Madouf F., Sahraoui M, 2011.** Etude de l'impact des caractères physico-chimiques sur la communauté algale des cours d'eau de la région d'oued Athmania, Mémoire d'ingénieur en Ecologie et Environnement. Université Mentouri– Constantine. 13pp.

**Mama D, 2010.** Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nocoue (Benin). Thèse de doctorat en chimie et microbiologie de l'eau. Université de Limoges, pp 3,4.

**Martino A, 2012.** Ecologie trophique des poissons top-prédateurs – interactions entre espèces natives et introduites au sein d'écosystèmes dulçaquicoles. Thèse de doctorat en Ecologie Fonctionnelle. Université de Toulouse. 6pp.

**Mazzuoli L, 2012.** La gestion durable de l'eau, Ressource. Qualité. Organisation, Dunod, 249p.

**Mebarki A., 1982.** Le bassin du Kébir-Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et Aménagement des ressources en eau. Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle. Nancy II. 304p.

**Mebarki A., 2005.** Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de doctorat en Hydrologie. Université Mentouri– Constantine, pp39, 45, 244.

**Mebarki A., 2009,** Ressources en eau et aménagement en Algérie- Les bassins hydrographiques de l'est. OPU Algere, 389p.

**Melghit M., 2009.** Qualité physico-chimique, pollution organique et métalliques des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Magistère en Ecologie. Université Mentouri– Constantine. 6, 7, 17-20, 26pp.

**Anonyme, 2005.** Memento Technique de L'eau. Tome 1, Degrémont. 340p.

**Ménesguen A, 1999.** L'utilisation de modèles écologiques dans la lutte contre l'eutrophisation des eaux côtières Françaises, direction de l'environnement et de l'aménagement littoral, Ifremer Centre de Brest, pp2.

**Merabet S, 2010.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuée du barrage réservoir du Beni Haroun. Mémoire de Magister en chimie Analytique, Université Mentouri–Constantine. Pp 9, 22.

**Mihoubi N, 2008.** Fonctionnement et gestion hydrogéologique et hydrologique des ressources en eau du bassin de hammam grouz. Mémoire de Magister en hydrogéologie. Université Mentouri–Constantine, pp 50, 128.

**Mollo P., Noury A, 2013.** Le manuel du plancton,Éditions Charles Léopold Mayer France, 197p.

**Nabors N, 2008.** Biologie Végétale : structure écologie et biotechnologies, Éditions Pearson Education France. 591p.

**Nollet P, 1996.** Problèmes d'environnement. Dires d'experts. Ed. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 288p.

**Olivier A, 2011.** Bioindication de la qualité de l'eau pour les gammars : Concepts et applications, Presses universitaires de Franche-comte, 197p.

**Pérés J-M., Fontaine M., Bellan G., Ramade F., Ancellin J., Le lourd M., Mechel P., Gauthier M., Soudan F., Bellan-santini D., 1976.**La pollution des eaux marines. Edition Bordas Paris, 230p.

**Pongswat M-S, 2002.**The use of phytoplankton biodiversity for monitoring water quality in Ram Ixlakepathumthani province. Thesis the doctor of Philosophy in Environmental Biology.University of technology, pp14.

**Ramade F, 2005.**Eléments d'écologie, écologie appliquée, édition Dunod, Paris, 689p.

**Ramade F, 1982.**Eléments d'écologie, écologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère. Edition Dunod, Paris.446p.

**Ramade F., 2002.**Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. 2<sup>ème</sup> Editions1075p.

**Raven P H., Evert R F., Eichhorn S E., 2008.** Biologie Végétal, 2<sup>ème</sup> édition Boeck. 733p.

**Rejsek F., 2002,** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Bordeaux, 360p.

**Remini B., 2007.** La problématique de l'eau en Algérie, office des Publication Universitaires, 2<sup>ème</sup> Editions, 162p.

**Reyjol Y., Sypratos V., Basilico L., 2013.** Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques Respectives en vue du 2<sup>e</sup> cycle DCE-Eau de surfaces continentales. Les Rencontres de l'ONEMA. Edition Véronique Barre (ONEMA/Dast), pp50.

**Rodier J., 1984.** Analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. 7<sup>ème</sup> Editions. Dunod Bordas. Paris. 1365 p.

**Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Champsaur H. et Rodi L., 2005.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer. 8<sup>ème</sup> Editions. Dunod. Paris, 1383p.

**Rodier J., Legube B., Nerlet N., 2009.** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> Edition. Dunod. Paris, 1526p.

**Rouquet P., 2010.** Prélèvements et déterminations taxonomiques du phytobenthos – Diatomées– dans les cours d'eau de la région Languedoc-Roussillon. Lots n° 1 et n° 2 Pyrénées Orientales et Aude, 6pp.

**Sahli L., 2012.** Etude du comportement de quelques espèces floristiques et faunistiques des écosystèmes aquatiques vis-à-vis des éléments traces métalliques par des bioessais. Thèse de doctorat en Pollution et Écotoxicologie. Université Mentouri–Constantine, pp 23-36, 46.

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

**Silva T., Lemaire B.-J., Vinçon-leite B., 2011.** Suivi du phytoplancton dans les lacs urbains à l'aide d'une bouée instrumentée : le cas du lac D'Enghien-les-Bains. 22<sup>èmes</sup> JSE – Reconquête des environnements urbains: les défis du 21<sup>ème</sup> siècle. Université Paris-Est, LEESU, École des Ponts Paris Tech, pp 2.

**Tireche S., 2006.** Contribution à l'évaluation de la pollution au profit des collectivités locales. Applications d'un système d'évaluation de la qualité. Mémoire de Magister en Génie des procédés. Université de Mamed Bougara –Boumerdes, 64pp.

**Trouilhé M-C, 2002.** Etude biotique et abiotique de l'habitat préférentiel de l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) dans l'ouest de la France. Implications pour sa gestion et sa conservation. Thèse de doctorat en Ecologie des Systèmes Aquatiques Continentaux. Université de Poitiers, pp 39.

**Willame H., Hoffmann L, 2005.** Les cyanobactéries (algues bleues) responsables d'efflorescences dans les eaux Stagnantes : Aspects systématiques-écologiques toxicologiques. Rapport final de l'agence de l'eau Artois-Picardie. Edition centre de recherche public Gabriel Lippman, 125p.

**Zerluth J., Gienger M, 2006.** L'eau et ses secrets, éditions Déslris. 223p.

# ***Annexes***

**Annex1.** Récapitulatif des principales industries du bassin versant Beni Haroun  
(ABH, 2004).

S/B	Implantation	Commune	Willaya	Nom	Nature/type
10-01	Ain El Kebira	Ain El Kebira	19	BCR	Boulonnerie, coutellerie, Robinetterie
10-01	Ain El Kebira	Ain El Kebira	19	ERCE	Production de ciment
10-01	Djebbes	Djemila	19	Unité de plâtre	Production de plâtre
10-02	Ferdjioua	Ferdjioua	43	SONARIC	Chauffage à gaz, cuisinière
10-02	Ferdjioua	Ferdjioua	43	ERIAD	Semoulerie, Minoterie
10-03	Chelghoum Laid	Chelghoum Laid	43	ENAD-SODER	Détergents et produits d'entretien
10-03	Chelghoum Laid	Chelghoum Laid	43	EMAC	Matériaux de construction
10-04	Ain Smara	Ain Smara	25	CPG	Pelles, Grues
10-04	Ain Smara	Ain Smara	25	CCA	Compacteurs, Compresseurs
10-04	Ain Smara	Ain Smara	25	CCE	Chariots, Elévateurs
10-04	O.Athmenia	O.Athmenia	43	CSOA	Céramique sanitaire (dalle de sol)
10-04	O.Athmenia	O.Athmenia	43	Placage de bois	Bois
10-05	ChaabEressas	Constantine	25	COTITEX	Textile filature
10-05	ChaabEressas	Constantine	25	ORELAIT	Lait et dérivés
10-05	Ben Badis	Ben Badis	25	SNTA	Produits tabagiques
10-05	El Khroub	El Khroub	25	ERIAD	Minoterie
10-05	Bounouara	OuledRahmou	25	NAFTAL	Gaz butane
10-05	O.Hamimime	n	25	ENPMA	Moteurs, tracteurs
10-05	O.Hamimime	El Khroub	25	PMO	Machines-outils
10-05	Ain M'Lila	El Khroub	04	CCS	Cabines sahariennes
10-05	Ain M'Lila	Ain M'Lila	04	Sté Khentouche	Transformation de pierre de marbre
10-05	Z.industrielle	Ain M'Lila	25	ENGI	Production de gaz industriel
10-05	Z.industrielle	Constantine	25	SNVI	Entretien des camions et bus
10-05	Constantine	Constantine	25	Limonaderie	Boissons gazeuses et sirop
10-05	ZI.Boumerzoug	Constantine	25	Limonaderie	Boissons gazeuses et sirop
10-05	Constantine	Constantine	25	Tann Hadj Arab	Traitement de peau brute (cuir)
10-05	Constantine	Constantine	25	ETC	Parc
10-06	Mila	Mila	43	SOMIC	Dalle de sol, faïence, plinthe
10-06	Mila	Mila	43	SBNC	Briques
10-06	Mila	Mila	43	SOFEM	Céramiques (vaisselle)
10-06	Grarem Gouga	Grarem	43	ERIAD	Minoterie
10-06	H.Bouziiane	Gouga	25	Cimenterie	Production de ciment
10-06	H.Bouziiane	H.Bouziiane	25	ENATUB	Poteaux, Tubes et supports
10-06	H.Bouziiane	H.Bouziiane	25	ERIAD	Semoule, farine
10-06	D.Mourad	H.Bouziiane	25	Briqueterie EPRE	Fabrication de briques
10-06	D.Mourad	D.Mourad	25	EMIB	Limonaderie
10-06	Ibn.Ziad	D.Mourad	25	SCC	Céramique sanitaire(faïence)
10-06	Ibn.Ziad	Ibn.Ziad	25	SOALCO	Fabrication de margarine
10-07	El Milia	El Milia	18	UCS	Céramique sanitaire
10-07	El Milia	El Milia	18	TannKhenifer	Traitement de peau brute (cuir)



**Annex 02.** Les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques de l'eau utilisée

<b>Paramètre</b>	<b>Unité</b>	<b>Méthode</b>	<b>Appareillage</b>
<b>Température</b>	°C	Lecture directe	pH mètre
<b>pH</b>	µS/ cm	Lecture directe	pH mètre
<b>Conductivité électrique (CE)</b>	mg.L <sup>-1</sup>	Lecture directe	Conductimètre
<b>Oxygène dissous</b>	/	Lecture directe	Oxymétrie
<b>l'alcalinité totale(TAC)</b>		Méthode titrimétrie (Rodier, 2005)	Volumétrie
<b>Nitrite</b>	mg.L <sup>-1</sup>	La diazotation de l' amino-4- benzène sulfonamide par les nitrates). (Rodier, 2005)	Spectrophotomètre Absorption Moléculaire
<b>Nitrate</b>	mg.L <sup>-1</sup>	Méthode au salicylate de sodium (Rodier,2005).	Spectrophotomètre Absorption Moléculaire
<b>Ammonium</b>	mg.L <sup>-1</sup>	Méthode au bleu d'indophénol en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate (Rodier,2005).	Spectrophotomètre Absorption Moléculaire
<b>Calcium</b>	mg.L <sup>-1</sup>	Méthode tetrimétrique à l'EDTA (Rodier,2005)	Volumétrie
<b>Magnésium</b>	mg. L <sup>-1</sup>	Méthode tetrimétrique à l'EDTA (Rodier,2005)	Volumétrie
<b>Dureté totale</b>	mg. L <sup>-1</sup>	Méthode tetrimétrique à l'EDTA noir d'ériochrome à 5% (Rodier,2005)	Volumétrie



**Annexe 3.** Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau de l'ANRH.

<b>Paramètres</b>	<b>Valeur</b>
<b>Température °C</b>	16,0
<b>pH</b>	7,96
<b>Conductivité <math>\mu\text{s/cm}</math></b>	1,17
<b>O<sub>2</sub> dissous mg/l</b>	9,6
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/l</b>	0,00
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> mg/l</b>	0,1760
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/l</b>	15
<b>Ca<sup>+2</sup> mg/l</b>	105,39
<b>Mg<sup>+2</sup> mg/l</b>	33,16

# ***Résumé***

## Summary

The Beni Haroun dam, located in the province of Mila is the largest dam in the country, built in the well-watered East Tell region, south of which are located in large urban centers (Constantine, Batna, Khenchela ...) and vast irrigable land. In an assessment of the water quality of the latter goal, we focused on the evolution sum of the algal flora in relation to nutrient content.

To achieve this, three plants were selected depending on accessibility. More than six (06) liters of water have been re-collected in April 2014. Firstly three (03) physico-chemical parameters were measured in situ and five (05) nutrients are analyzed in the laboratory and on the other hand, a phytoplankton inventory and a diatomic was achieved at progressively.

Analysis of physico-chemical parameters showed an alkaline pH, a high electrical conductivity predominantly in bicarbonates and all stations to a temperature ranging from around 27 ° C. From the view point of nutrients, the result reveals that such low levels of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_2^-$ .

Overall, phytoplankton communities are relatively low wealth, dominated by Cyanophyceae indicator of the eutrophic zone and those of Dinophyceae indicative of intense mineralization medium.

Diatoms and despite their low presence remain as an indicator of water bio-quality is linked to favorable climatic conditions (temperature and light); they are fond generally the environments with well oxygenated and low of nutrients. In Our case, the presence of *Meridion circulare* indicates that the dam is not yet polluted but rich in limestone while *Gomphonema minutum*, *Cymatopleura ellitica* *Diatoma vulgare* indique une indicate that the dam's water of Beni Haroun is in good quality.

**Keywords:** Beni Haroun dam, water quality, physico-chemical parameter, phytoplankton.

سد بني هارون، يقع في ولاية ميلة وهو أكبر سد في الوطن، بني في منطقة التل الشرقي العالية بهدف تقييم نوعي المياه لهذا الأخير، ه يقع أكبر المراكز الحضارية (قسنطينة) (.....) بية وعلاقتها مع المحتوى الغذائي

لتحقيق هذا، قمنا بإختيار 3 محطات حسب إمكانية . 6 من الماء قمنا بجمعها في شهر أفريل 2014. في الأول قمنا بقياس 3 معايير فيزيائية - كيميائية في الموقع و5 عناصر غذائية تم تحليلها في المخبر ومن جهة العوالق النباتية diatomée.

أظهرت تحاليل المعايير الفيزيائية - الكيميائية - قلووية، وموصولية كهربائية مع سيادة بكاربونات في جميع المحطات ودرجة حرارة متغيرة حوالي 27 درجة مئوية. ومن جهة العناصر الغذائية النتيجة تكشف عن محتوى ضعيف ل  $\text{NO}_2^-$   $\text{NH}_4^+$ .

العوالق النباتية هي ثروة منخفضة نسبيا، مع سيادة Cyanophycées مؤشر لمنطقة غنية بالمغذيات و Dinophycées .

وعلى الرغم من الوجود الضعيف ل Diatomées تبقى المؤشر الحيوي لنوعية المياه المرتبطة بالظروف المناخية الجيدة ( )، وهي تصيب عموما الأوساط الغنية بالأكسجين والفقيرة من الأغذية. Meridion circularis يدل على أن مياه السد ليست ملوثة ولكن غنية بالكلس بينما Gomphonema, Cymatopleura elliptica, Diatoma vulgaris، تتدل على النوعية الجيدة لمياه سد بني هارون.

**الكلمات المفتاحية:** سد بني هارون، نوعية المياه، المعايير الفيزيائية- الكيميائية، العوالق النباتية.

<b>Nom :</b> RABIA DJAMAA	<b>Prénom :</b> Yassmina Yaqota	<b>Date de soutenance</b> 04/06/2014
<b>Titre :</b> <i>Contribution à l'évaluation de la qualité des eaux du Barrage de Beni Haroun de la région du Mila</i>		
<b>Diplôme de Master en Biologie Appliqué et Environnement</b> <b>Option :</b> Gestion et Fonctionnement des Ecosystèmes Aquatiques et Foristiérs		
<p><b>Résumé</b></p> <p>Le barrage de Beni Haroun, situé dans la wilaya de Mila est le plus grand barrage du pays, érigé dans la région bien arrosée du Tell oriental, au Sud de laquelle se situent de grands centres urbains (Constantine, Batna, Khenchela...) et de vastes terres irrigables. Dans un but d'évaluation de la qualité des eaux de ce dernier, nous nous sommes focalisés sur l'évolution de la flore algale en relation avec la teneur en nutriments.</p> <p>Pour y parvenir, 3 stations ont été choisies selon l'accessibilité. Plus de 6 litres d'eau ont été récoltés le mois d'avril 2014. D'une part 3 paramètres physico-chimiques ont été mesurés in situ et 5 éléments nutritifs sont analysés au laboratoire et d'autre part un inventaire phytoplanctonique et diatomique a été réalisé au fur et à mesure.</p> <p>L'analyse des paramètres physico-chimiques a montré un pH alcalin, une forte conductivité électrique avec prédominance des bicarbonates dans l'ensemble des stations et une température qui varie aux alentours de 27°C. Du point de vue éléments nutritifs, le résultat, révèle des teneurs faibles telles que <math>\text{NH}_4^+</math> et <math>\text{NO}_2^-</math>.</p> <p>Dans l'ensemble, les communautés phytoplanctoniques sont relativement de faible richesse, dominées par les Cyanophycées indicatrices de la zone eutrophie et celles des Dinophycées indicatrices d'une intense minéralisation du milieu.</p> <p>Les diatomées et malgré leur faible présence restent comme un bio indicateur de la qualité des eaux est liée aux bonnes conditions climatiques (température et lumière) ; elles affectionnent en général les milieux bien oxygénés et pauvres en nutriments. Dans notre cas, la présence de <i>Meridion circulare</i> indique que l'eau du barrage n'est pas encore polluée mais riche en calcaire ainsi <i>Gomphonema minutum</i>, <i>Cymatopleura elliptica</i> et <i>Diatoma vulgare</i> indique une bonne qualité des eaux du barrage de Beni-Haroun.</p>		
<b>Mots clés :</b> Barrage de Beni Haroun, Qualité de l'eau, Paramètre physico-chimiques, phytoplancton.		
<b>Promoteur :</b> Mlle. KHERIEF N Saliha.		