

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة سعد دحلب البليدة

*Université SAAD DAHLEB Blida 1*

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

**Mémoire de fin d'études**

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME

DE MASTER EN BIOLOGIE

**OPTION : Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes, Restauration  
des milieux aquatiques continentaux**

**THEME**

Etude des caractéristiques physico-chimiques et  
bactériologiques des eaux du Lac de Réghaïa  
(Wilaya D'ALGER)

► Réalisé par :

► MOHAMEDOUN JAHFAR AG

Soutenu le 28 Juin 2016 devant le Jury :

M<sup>me</sup> BELMESKINE H. Maitre de conférence B à USDB1 Présidente

M<sup>me</sup> MOHAMED MAHMOUD F. Maitre Assistante A à USDB1 Examinatrice

M<sup>me</sup> EL MAHDI I. Maitre Assistante à USDB1 Promotrice

Année Universitaire 2015/2016

*Au terme de ce travail, je tiens à remercier en premier lieu Dieu de m'avoir donné la santé, le courage, la volonté et la patience pour mener à bien ce travail.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à ma promotrice madame EL Mehdi.*

*Je tiens aussi à remercier vivement le responsable du laboratoire de l'ADE de chifa monsieur Yahyoui, madame Melika du laboratoire centrale du SEAAL à Kouba, monsieur Lahbib du centre cynégétique de Réghaïa ainsi que madame Tartak et madame Hamidi du laboratoire du SEAAL au niveau de la STEP de Réghaïa.*

*Je voudrais également remercier le corps professoral et toute l'administration du Département de biologie de l'université Saad Dahleb de Blida 1.*

*Je remercie en avance madame Belmeskine pour son rôle de présidente et madame Mohamed Mahmoud pour son rôle d'examineur.*

*Mes remerciements vont enfin à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

---

# Dédicace

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail à mes très chers, respectueux et magnifiques **parents** qui m'ont soutenu tout au long de ma vie ainsi qu'à ma **fiancée** et à mes **sœurs** et **frères**.*

*A mes **tontons**, **tantes**, **cousines** et **cousins** de loin ou de près ainsi qu'à mes **amis d'enfance** qui ont toujours eu une place importante dans ma vie.*

*A mes **amis** des différentes cités universitaires et de la faculté que j'ai connus ici en Algérie et qui ont su prendre une place dans ma vie, et en particulier **Moussa Wankily** et **Ibrahim Doumbia**.*

*A toutes personnes qui m'ont encouragé ou aidé le long de mes études.*

**Jahfar**

---

## RESUMÉ

L'étude concerne l'analyse des paramètres physico-chimiques et bactériologique le long du lac de Réghaïa afin d'établir le diagnostic de l'état de la pollution des eaux de surface de ce lac. Quatre prélèvements d'eau ont été effectués au niveau de trois stations d'étude.

Les résultats obtenus montrent qu'au niveau des stations (Station 1 et Station2) où se déversent les eaux usées de la ville de Réghaïa et environ, des teneurs élevées en demande biochimique en oxygène, en matière en suspension et en demande chimique en oxygène. La teneur en azote ammoniacal augmente quant à elle de l'amont vers l'aval, ce paramètre étant accentué par les eaux de ruissellement des terres agricoles aux alentours.

Les résultats des analyses bactériologiques montrent l'existence des coliformes totaux, *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux qui dépassent la norme Algérienne.

L'analyse comparative avec des anciennes données du lac (périodes de 1993, 2000 et 2015) et la mise en évidence du risque de contamination ainsi que de l'influence de la de Station d'épuration de Réghaïa sur les eaux du lac sont réalisées par l'analyse en composante principale normée. Par ailleurs, le degré de pollution diffère d'un point à l'autre selon la distance d'éloignement de la source de pollution.

**Mots clés :** Lac de Réghaïa, Eaux de surface, Eaux usées, paramètres physico-chimiques, paramètres bactériologiques, Contamination.

---

## ABSTRACT

The study concerns the analysis of physicochemical parameters and bacteriological along the lake to establish diagnosis of the state of pollution of surface waters of this lake. Thus, four water withdrawals were made at three of studies.

The results show that the stations (Station<sub>1</sub>, Station<sub>2</sub>) which discharge wastewater from of Reghaïa and about, there is an increase in level of biochemist requirement oxygen, of suspension matter and chemist requirement oxygen. The level of ammoniacal azote increase upstream and downstream, this parameter is increase stream water agricultural land about.

The result of bacteriological analysis show existance of totaux coliformes, Escherichia coli and gut enterocoques that increase Algerian norm.

The interpretation of data, the comparative analysis with old data of lake (period 1993, 2000 and 2015) and putting evidence of contamination risk thus that influence of Réghaïa STEP on lake water are realize by analysis of principal composite normed. Moreover, the degree of pollution varies from one station to another depending on the distance away from the pollution source.

**Keywords:** Reghaïa lake, Surface Water, Wastewater, Physicochemical parameters, Biological parameters, contamination.

---

## لخص

هذه الدراسة تعنى بتحليل المؤشرات الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية على طول بحيرة الرغاية بغرض تشخيص حالة تلوث سطح مياه هذه البحيرة. أخذت أربع عينات على مستوى ثلاث محطات دراسة.

النتائج المتحصل عليها تبين أنه على مستوى المحطات | المحطة 1 و المحطة 2 | أين تصب مياه الملوثة لمدينة رغاية و ما جاورها هناك قيم عالية للطلب البيوكيميائي للأكسجين و المواد العالقة و الطلب الكيميائي للأكسجين.

قيمة الأزوت النشادري ترتفع من المنبع الى المصب. هذا المؤشر يزيد بفعل مياه الصرف من الأراضي الزراعية المحيطة.

نتائج التحاليل البكتريولوجية تبين وجود البكتيريا الكوليفورم الأجمالية ، اشريكية قولونية و المكورة المعوية التي تفوق المعايير الجزائرية.

التحليل المقارن مع معطيات سابقة للبحيرة – فترة 1993، 2000 و 2015- و تحديد مخاطر التلوث و كذا تأثير محطة تصفية المياه للرغاية على مياه البحيرة تم بواسطة التحليل بالمركبة الأساسية المقننة. من جهة أخرى , درجة التلوث تتغير من مكان الى آخر حسب البعد من منبع التلوث,

## الكلمات المفتاحية

بحيرة الرغاية ,المسطحات المائية ,مياه الصرف ,مؤشرات فيزيوكيميائية ,مؤشرات بكتريولوجية ,تلوث

# Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des Tableaux	
Glossaire	
Introduction .....	1

## Partie théorique

### *Chapitre I : Généralités sur les eaux de surface*

I. Généralités sur les eaux de surface.....	2
I.1 Cycle de l'eau .....	2
I.2 Eaux de surface.....	3
I.3 Pollution de l'eau .....	4
I.4 Etude des paramètres physico-chimiques .....	7

### *Chapitre II : Lac de Réghaïa, Centre Cynégétique de Réghaïa « CCR » et Station d'épuration de Réghaïa*

II. Le lac, CCR et STEP de Réghaïa.....	8
II.1 Présentation du lac et du CCR .....	8
II.1.1 Historique du site .....	13
II.1.2 Les missions du centre cynégétiques de Réghaïa.....	14
II.1.3 Géologie et Pédologie du lac de Réghaïa.....	16
II.1.4 Caractéristique climatique.....	18
II.1.5 Flore et faune du lac de Réghaïa.....	20
II.2 Présentation de la STEP de Réghaïa .....	21
II.2.1 Situation géographique .....	21
II.2.2 Quelques rejets industriels déversés à la STEP.....	22

## Partie expérimentale

### *Chapitre I : Matériel et méthodes*

I.1 Choix et localisation des stations d'étude.....	23
I.2 Matériel et méthodes .....	24
I.2.1 Matériel utilisés .....	25

I.2.2 Méthodes .....	25
I.2.2.1 Analyses physico-chimiques .....	25
I.2.2.1.1 Analyses Physiques .....	26
I.2.2.1.2 Analyses chimiques .....	30
I.2.2.2 Analyses bactériologiques .....	31
I.2.2.2.1 Méthodes .....	31
I.2.2.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes et <i>Escherichia coli</i> en milieu liquide .....	34
I.2.2.2.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques du groupe D par la méthode d'ensemencement en milieu liquide .....	35

## **Chapitre II : Résultats et discussion**

II.1 Paramètres physico-chimiques.....	36
II.1.1 Paramètres physiques.....	36
II.1.1.1 Température.....	37
II.1.1.2 Potentiel d'Hydrogène (pH).....	38
II.1.1.3 Conductivité électrique.....	40
II.1.2 Paramètres chimiques.....	40
II.1.2.1 L'azote ammoniacal.....	41
II.1.2.2 Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	42
II.1.2.3 Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	44
II.1.2.4 Matière en suspension (MES).....	45
II.2 Paramètres bactériologiques.....	45
II.2.1 Coliformes totaux (CT), <i>Escherichia coli</i> et entérocoques intestinaux (EI).....	47
II.3 Influence de la station d'épuration sur les eaux du lac.....	48
Conclusion.....	49
Références Bibliographiques.....	51
Annexe	

---



AEE	Agence Européenne de l'Environnement
A <sub>1</sub>	Analyse 1
ADE	Algérienne Des Eaux
ANRH	Agence National des Ressources Hydraulique
BCPL	Bouillon Lactosé au pourpre bromocrésol
BP	Boite postale
CCR	Centre Cynégétique de Réghaïa
CF	Coliformes Fécaux
CT	Coliformes Totaux
D/C	Double Concentration
DBO <sub>5</sub>	Demande Biochimique en Oxygène après 5 jours
DCO	Demande Chimique en Oxygène
EC	Conductivité électrique
EH	Equivalent d'Habitant
EI	Entérocoques Intestinaux
ENSO	El Niño-Southern Oscillation
F	Facteur
J.O.R.A	Journal Officiel de la République Algérienne
LNTPB	Laboratoire National des Travaux Publics et Bâtiments
MedWet	Mediterranean wetlands initiative
MES	Matière en suspension
N.A	Norme Algérienne
NPP	Nombre le Plus Probable
ONA	Office National de l'Assainissement
OPIM	Office des Périmètres Irrigués de la Mitidja
P <sub>1</sub>	Prélèvement 1
RN	Route Nationale
S/C	Simple Concentration
S <sub>1</sub>	Station 1
SEAAL	Société de l'Environnement et de l'Assainissement d'Alger
STEP	Station d'épuration
UICN	Union Internationale de la Conservation de la Nature

---

WWF-international

World Wide Fund-international

ZI

Zone Industrielle

---

<b>Figure 1</b> : Marais de Réghaïa en 1972.....	9
<b>Figure 2</b> : Marais en 1984.....	10
<b>Figure 3</b> : Marais en 2003.....	11
<b>Figure 4</b> : Lac de Réghaïa à nos jours.....	12
<b>Figure 5</b> : Esquisse géologique de la région du lac de Réghaïa.....	15
<b>Figure 6</b> : Coupe géologique transversale au pied de la digue du Lac de Réghaïa.....	16
<b>Figure 7</b> : Répartition des pluies moyennes mensuelles et du nombre moyen de jours de pluie à Réghaïa pour la période de 1972 à 2004.....	17
<b>Figure 8</b> : Diagramme Ombrothermique, station Réghaïa Pont RN5.....	18
<b>Figure 9</b> : Vue aérienne de la STEP de Réghaïa.....	21
<b>Figure 10</b> : Station de prélèvement N°1.....	23
<b>Figure 11</b> : Station de prélèvement N°2.....	23
<b>Figure 12</b> : Station de prélèvement N°3.....	24
<b>Figure 13</b> : Localisation des stations d'étude sur le lac de Réghaïa.....	24
<b>Figure 14</b> : Variation spatio-temporelle de la température de l'eau du lac de Réghaïa.....	36
<b>Figure 15</b> : Variation de la température (°C) des eaux du lac du Réghaïa entre 1993 et 2016.....	37
<b>Figure 16</b> : Variation spatio-temporelle du pH des eaux du lac de Réghaïa.....	37
<b>Figure 17</b> : Variation du pH des eaux du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.....	38
<b>Figure 18</b> : Variation spatio-temporelle de la C.E ( $\mu S/cm$ ) des eaux du lac de Réghaïa.....	39
<b>Figure 19</b> : Variation de la conductivité électrique en ( $\mu S/cm$ ) des eaux du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.....	39
<b>Figure 20</b> : Variation spatio-temporelle des teneurs en azote ammoniacal (mg/l) des eaux du lac de Réghaïa.....	40
<b>Figure 21</b> : Variation de l'azote ammoniacal en (mg/l) du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.....	41
<b>Figure 22</b> : Variation spatio-temporelle de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5) en mg/l des eaux du lac de Réghaïa.....	41
<b>Figure 23</b> : Variation de la DBO en (mg/l O <sub>2</sub> ) du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.....	42
<b>Figure 24</b> : Variation de la DCO en (mg/l) des eaux du lac de Réghaïa.....	43
<b>Figure 25</b> : Variation de la DCO en (mg/l O <sub>2</sub> ) du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.....	43
<b>Figure 26</b> : Variation spatio-temporelle des MES en (mg/l) des eaux du lac de Réghaïa.....	44

---

<b>Figure 27</b> : Variation des MES en (mg/l) du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.....	45
<b>Figure 28</b> : Représentation graphique des germes coliformes totaux.....	46
<b>Figure 29</b> : Représentation graphique des germes d' <i>Escherichia coli</i> .....	46
<b>Figure 30</b> : Représentation graphique des germes d'entérocoques intestinaux.....	46
<b>Figure 31</b> : Amélioration de la DBO5 (mg/l) entre l'eau brute et épurée de la STEP de Réghaïa.....	47
<b>Figure 32</b> : Amélioration de la DCO (mg/l) entre l'eau brute et épurée de la STEP de Réghaïa.....	47
<b>Figure 33</b> : Amélioration en MES (mg/l) entre l'eau brute et épurée de la STEP de Réghaïa.....	48
<b>Figure 34</b> : Amélioration de la conductivité ( $\mu S/cm$ ) entre l'eau brute et épurée de la STEP de Réghaïa.....	48
<b>Figure 35</b> : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux sur milieu liquide par la méthode du NPP.....	(Annexe IV)
<b>Figure 36</b> : Recherche et dénombrement des Streptocoques du groupe D par la méthode d'ensemencement sur milieu liquide (NPP).....	(Annexe IV)
<b>Figure 37</b> : Matériel utilisés durant notre travail.....	(Annexe V)
<b>Figure 38</b> : Etapes d'analyse de l'azote ammoniacal.....	(Annexe VI)
<b>Figure 39</b> : Etapes d'analyse de la demande biochimique en oxygène.....	(Annexe VI)
<b>Figure 40</b> : Etapes d'analyses de la demande chimique en oxygène.....	(Annexe VI)
<b>Figure 41</b> : Etapes d'analyse des matières en suspension.....	(Annexe VI)
<b>Figure 42</b> : Sites d'Algérie inscrits sur la liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale entre 1982 et 2002.....	(Annexe VIII)
<b>Figure 43</b> : Table du nombre le plus probable et intervalle de confiance.....	(Annexe X)
<b>Figure 44</b> : Difficulté de navigation sur le lac.....	(Annexe XI)

---

**Tableau I** : Quelques rejets industriels déversés à la STEP.

**Tableau II** : Différents volumes pour l'analyse de la DBO<sub>5</sub>.

**Tableau III** : Résultats de mesure de la température en (°C) de l'eau du lac de Réghaïa.

**Tableau IV** : Résultats de mesure du pH de l'eau du lac de Réghaïa.

**Tableau V** : Résultats de mesure de la conductivité électrique en  $\mu S/cm$  de l'eau du lac de Réghaïa.

**Tableau VI** : Résultats de mesure de l'azote ammoniacal en mg/l de l'eau du lac de Réghaïa.

**Tableau VII** : Résultats de mesure de la DBO<sub>5</sub> en mg/l de l'eau du lac de Réghaïa.

**Tableau VIII** : Résultats de mesure de la DCO en mg/l de l'eau du lac de Réghaïa.

**Tableau IX** : Résultats de mesure de MES en mg/l de l'eau du lac de Réghaïa.

**Tableau X** : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau de lac de Réghaïa.

**Tableau XI** : Qualités physico-chimiques des eaux du la de Réghaïa entre 1993 à 2016.

---

**Biodiversité** au sens étymologique du terme, évoque la diversité du vivant, c'est-à-dire tous les processus, les modes de vie ou les fonctions qui conduisent à maintenir un organisme à l'état de vie. Ce terme est beaucoup trop large pour avoir une véritable connotation scientifique.

**Convention Ramsar** La Convention de Ramsar qui date de 1971 est un accord gouvernemental qui se bat pour que les zones humides du monde entier soient conservées grâce à une utilisation rationnelle.

**Cynégétique** « qui concerne la chasse avec une meute, ou l'art du veneur ».

**Dessiccation** est un procédé d'élimination de l'eau d'un corps à un stade poussé. Il s'agit d'une déshydratation visant à éliminer autant d'eau que possible. Ce phénomène peut être naturel ou forcé.

**Ecosystème** Système formé par un environnement (biotope) et par l'ensemble des espèces (biocénose) qui y vivent, s'y nourrissent et s'y reproduisent.

**Environnement** est l'ensemble des éléments qui constituent le voisinage d'un être vivant ou d'un groupe d'origine humaine, animale ou végétale et qui sont susceptibles d'interagir avec lui directement ou indirectement. C'est ce qui entoure, ce qui est aux environs.

**Etang** est une étendue d'eau stagnante, peu profonde, de surface relativement petite (jusqu'à quelques dizaines d'hectares), résultant de l'imperméabilité du sol.

**Faciès** qualifie un étage lithostratigraphique (une roche ou un minéral) ou biostratigraphique. Finalement, les faciès permettent de catégoriser ces derniers à l'aide de critères déterminants qui leur sont propres

**Lac** Plan d'eau douce assez vaste qui se retrouve au cœur de terres et ne possède pas de liens maritimes directs. Exemple : Si un lac est constitué d'eau salée, on parlera plutôt d'une mer fermée pour éviter des amalgames.

**Lithostratigraphique** est une approche stratigraphique consistant en l'étude des empilements sédimentaires, d'un point de vue géométrique, lithologique et pétrographique.

**Marais** Zone où s'accumulent des eaux stagnantes et où pousse de la végétation.

**Marnes** est une roche sédimentaire, mélange de calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) et d'argile dans des proportions à peu près équivalentes variant de 35 % à 65 %. Au-delà de 65 % de calcaire il

---

s'agit d'un calcaire argileux, tandis qu'en deçà de 35 % de calcaire on parle d'argile calcaire (parfois « argile calcareuse » ou « argile calcarifère »)

**Miocène** Période géologique s'étendant d'il y a 23 à 5 millions d'années, correspondant à la période intermédiaire de l'ère tertiaire, placée entre l'Oligocène et le Pliocène.

**Nonylphénols** sont des composé organiques synthétiques (ils ne sont pas produits naturellement) appartenant à la famille des alkylphénols. Le nom de nonylphénol regroupe génériquement différentes formes sous lesquelles on les retrouve ; le 2-, 3- ou 4-nonylphénols.

**Pliocène** est la plus récente époque géologique du Néogène. S'étendant de  $5,332 \pm 0.005$  à  $2,588 \pm 0.005$  millions d'années (depuis que le Gélasien est classé dans le Pléistocène)<sup>1</sup>, il est suivi du Pléistocène et précédé par le Miocène.

**Quaternaire** est la troisième période géologique de l'ère du Cénozoïque et la plus récente sur l'échelle des temps géologiques. Cette période se caractérise par le retour des glaciations, l'apparition du genre *Homo* et l'extinction de l'Holocène.

**Roselières** Zone bordière des étangs, marais où les roseaux constituent l'essentiel de la végétation. (Ces formations abritent nids et couvées de nombreux oiseaux des marais et assurent une forte épuration des eaux.)

**Sauvagine** propre aux oiseaux de mer, d'étang, de marais.

**Vases** Mélange de matières organiques et de terre qui forme un dépôt au fond de l'eau.

**Zone humide** sont des « terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année».

---

# INTRODUCTION

---



L'eau est indispensable à la vie. Nous disposons sur terre de 97,5% d'eau salée et 2,5% d'eau douce dont (0,3% constituent Lacs et réservoirs, 30,8% les eaux souterraines et 68,9% les glaciers et couvertures neigeuses permanente) (**Sabouraud, 1999**). Elle est utilisée pour de nombreux usages essentiels, après avoir été captée, traitée, transportée, distribuée et puis consommée, l'eau est rendue à la nature via les égouts et les stations d'épuration ou directement au ruisseau. Après un parcours plus ou moins long, que l'on appelle le cycle de l'eau, nous pourrions la capter de nouveau pour satisfaire nos besoins (**Leemans, 2008**).

L'Algérie est riche en zones humides, ces milieux qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle. Aujourd'hui, nous savons que les zones humides jouent un rôle important dans les processus vitaux, entretenant des cycles hydrologiques et accueillant une flore importante, des poissons et des oiseaux migrateurs. Pourtant les zones humides sont détruites à un rythme sans précédent. Elles sont privées de leur eau par des pompages excessifs ou par la construction des barrages, elles sont même complètement drainées au profit de l'agriculture. De nombreuses zones humides sont le réceptacle à ciel ouvert des rejets d'eaux usées. Le recensement préliminaire effectué au milieu des années 1990 a dénombré 254 zones humides naturelles. Parmi elles, soixante peuvent être classées sur la Liste Ramsar (Voir annexe VIII) des zones humides d'importance internationale (**Boumezbeur, 2004**). Parmi ces zones nous retrouvons le lac de Réghaïa qui a été inscrit sur la liste Ramsar en 2003.

Au cours de notre travail de recherche, nous avons suivi la qualité physico-chimique des eaux du lac de Réghaïa dans le but de comparer ces résultats aux résultats des analyses physico-chimiques des années (1990, 2000 et 2015). Tout en évaluant la qualité microbiologique de l'eau du lac et l'influence de la STEP de Réghaïa sur les eaux du lac.

De ce fait, nous avons structuré notre travail en débutant par une introduction, une partie théorique composée de deux (2) chapitres ; le premier portant sur les généralités sur les eaux de surfaces et le second sur le lac, le CCR et la STEP de Réghaïa. Et une partie expérimentale composée également de deux chapitres, le premier décrivant le matériel et les méthodes utilisées au laboratoire et le second donnant les résultats ainsi que les interprétations de ces derniers.

# PARTIE THÉORIQUE

---

# *CHAPITRE I*

---

GÉNÉRALITÉS SUR LES EAUX DE SURFACES

## I. Généralités sur les eaux de surfaces

La molécule d'eau est la combinaison d'un atome d'oxygène relié à deux atomes d'hydrogène : H<sub>2</sub>O. L'eau a une capacité considérable à dissoudre : elle réussit même, en prenant son temps, à dissoudre toutes les roches, participant ainsi à la formation des sols indispensables à l'agriculture (**Sabouraud, 2006**).

L'eau se présente, dans la nature, sous trois états :

- Solide : neige et glace
- Liquide : eau chimiquement pure ou chargée en solutés
- Gazeux : à différent degrés de pression et de saturation.

### I.1 Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est lié aux mouvements de l'humidité dans l'atmosphère. Il est le principal élément régulateur du climat sur terre. L'énergie apportée par le rayonnement du soleil provoque l'évaporation de grandes quantités d'eau des océans, des lacs et zones humides. Les végétaux rejettent également une quantité importante de vapeur d'eau. On a calculé que sur l'ensemble de la planète, 450.000 Km<sup>3</sup> (ou 450 millions de milliards de litres) d'eau de mer et 70.000 Km<sup>3</sup> de l'eau douce présente sur les continents s'évaporent chaque année. L'air humide, plus léger que l'air sec, s'élève et se refroidit dans l'atmosphère. La vapeur d'eau se condense alors sous forme de nuages et retombe sous forme de pluie ou de neige (**Leemans, 2008**).

L'eau qui tombe sur les terres s'évapore à nouveau pour plus des deux tiers. Le reste s'accumule dans les neiges et les calottes glaciaires, ou s'écoule vers la mer via les rivières ou s'infiltre dans le sol et forme les nappes d'eau souterraine (**Leemans, 2008**).

### I.2 Eaux de surface

Les eaux sont un milieu particulièrement sensible aux pressions anthropiques puisque c'est principalement par l'eau que s'effectuent la collecte et le transfert des substances ou composés polluants dans l'environnement. Depuis quelques années, les lacs, les étangs et les marais, où se concentrent les masses d'eau issues des *bassins versants*\* voient leur qualité se dégrader fortement (**Devidal, 2007**).

### ➤ Eaux des Rivières

Les rivières sont alimentées par les précipitations, par le ruissellement de surface, à partir des sources et suintements, ou par la fonte des neiges et des glaciers. La contribution directe des précipitations aux eaux de surface –*channel precipitation*– est habituellement mineure, sauf lorsque la majeure partie du bassin est occupée par des lacs. Les pertes en eau au niveau des rivières sont dues aux fuites et aux percolations dans les aquifères adjacents, et plus particulièrement à l'évaporation (**Simpson et al., 1993**).

Les variations temporelles du débit des cours d'eau peuvent être classées en deux groupes : annuelles (saisonniers) ou interannuelles. Les variations interannuelles de beaucoup de cours d'eau sont commandées par les changements climatiques et des phénomènes climatiques tels que l' « *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO). (**Simpson et al., 1993**) ont démontré son influence lors des études sur la rivière Murray et son principal affluent, la rivière Darling (**Simpson et al., 1993**).

### ➤ Eaux des lacs

Les lacs constituent des bassins naturels de retenue des eaux de pluies, ce qui a pour effet :

- De réduire la turbidité des eaux étant donné que ; grâce leur faible turbulence, les matières en suspension ont tendance à se poser au fond

De réduire également la concentration des bactéries et des virus pathogènes dans ses eaux, grâce l'effet combiné de la sédimentation et des longs séjours de l'eau dans les lacs, là où les conditions sont peu favorables à la survie de ces organismes ; plusieurs d'entre eux sont par exemple d'origine intestinale, et la température des intestins est Certes plus favorable leur croissance que celle de l'eau des lacs où ils sont passés (**Anonyme, 2003**).

- Ainsi que l'eutrophisation qui à l'origine est un phénomène naturel extrêmement lent, qui intervient dans l'évolution du lac. Cependant ce processus peut être fortement accéléré par des apports anthropiques de *nutriments*\* d'origine agricole, domestique ou encore industrielle (**Devidal, 2007**).

## I.3 Pollution de l'eau

Lorsque l'homme utilise l'eau il ne fait pas que la consommer, mais il en rejette une partie dans l'environnement. C'est ce que l'on appelle l'eau usée. Cette eau usée peut contenir différents polluants. On a donc tout d'abord commencé à la traiter pour des raisons sanitaires.

Les premiers réseaux d'évacuation des eaux usées remontent à l'antiquité. Au XIX<sup>e</sup> siècle les premiers systèmes de traitement de ces eaux ont vu le jour, les premiers objectifs étaient alors sanitaires, hygiéniques et l'amélioration du confort. La prise de conscience écologiste des années 70-80 a permis de prendre en compte l'impact environnemental des eaux usées : il a alors fallu éliminer de nombreux polluants chimiques, dont certains étaient encore inconnus (**Moulin et al., 2013**).

#### ➤ **Survol de la diversité des polluants**

Il existe plusieurs types de polluants dans l'eau usée. Ils ont été mis en évidence progressivement et grâce aux améliorations techniques de détection. Les premiers éléments à avoir attiré l'attention ont été les bactéries, à l'origine de problèmes sanitaires, tels le choléra. Les eaux usées domestiques sont aussi source de matière organique, dissoute ou sous forme particulaire qui contient du carbone, de l'azote et aussi du phosphore ; ces substances nutritives en trop fortes concentrations enrichissent, parfois jusqu'à l'asphyxie du milieu où elles sont déversées, sols et eaux de surface. Puis de nouveaux problèmes sont arrivés. La révolution industrielle a apporté de nombreux polluants métalliques ainsi que des produits chimiques toxiques tels que les nonylphénols retrouvés dans l'industrie de la papeterie. Les polluants que l'on découvre aujourd'hui sont des composés actifs tels que les détergents, les médicaments, les œstrogènes et des perturbateurs endocriniens. (**Moulin et al., 2013**).

Certes plus favorable leur croissance que celle de l'eau des lacs où ils sont passés (**Anonyme, 2003**).

- Ainsi que l'eutrophisation qui à l'origine est un phénomène naturel extrêmement lent, qui intervient dans l'évolution du lac. Cependant ce processus peut être fortement accéléré par des apports anthropiques de *nutriments\** d'origine agricole, domestique ou encore industrielle (**Devidal, 2007**).

### **I.4 Etude des paramètres physico-chimiques**

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure des paramètres physiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau. (**Sandrine et al., 2005**)

➤ **Température**

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît. (**Sandrine et al., 2005**)

La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaires chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3° C s'avèrent souvent néfastes. (**Sandrine et al., 2005**)

➤ **pH**

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est -à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H<sup>+</sup>). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac. (**Sandrine et al., 2005**)

➤ **Conductivité électrique (EC)**

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons Conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (µS/cm) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm. (**Sandrine et al., 2005**)

➤ **Demande Biochimique en Oxygène (DBO)**

La DBO constitue un indicateur de pollution par la matière organique biodégradable. Elle représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement

ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau et qui constituent leur source de carbone (graisses, hydrates de carbone, tensioactifs, etc.).

Ce prélèvement d'oxygène se fait au détriment des autres organismes vivants du milieu aquatique. En ce qui concerne les eaux domestiques, environ 70% des composés organiques sont généralement dégradés après 5 jours et la dégradation est pratiquement complète au bout de 20 jours (processus d'autoépuration). Plus la DBO est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée (**AEE**).

➤ **Azote ammoniacal**

L'azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ) résulte essentiellement de la dégradation aérobie de l'azote organique (protéines, acides aminés, urée...) lequel provient en grande partie, en milieu urbain, du rejet d'eaux usées non ou insuffisamment épurées. La dégradation du  $NH_4^+$  en nitrites ( $NO_2^-$ ) puis en nitrates ( $NO_3^-$ ) via le processus de nitrification consomme de l'oxygène dissous et participe aux phénomènes d'eutrophisation en mer du Nord (l'azote est souvent le facteur limitant pour la croissance des algues en milieu marin). Le  $NH_4^+$  en lui-même n'est pas nuisible mais peut se transformer sous certaines conditions en ammoniac ( $NH_3$ ), un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Le  $NH_4^+$  est en général rapidement absorbé par les organismes aquatiques mais il peut être présent en quantités importantes dans les eaux polluées par des matières organiques et peu oxygénées (**AEE**).

➤ **Matière en suspension (MES)**

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.

La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l. (**Sandrine et al., 2005**)



➤ **Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique, effectuée à l'aide d'un oxydant puissant, des composés organiques présents dans l'eau. Elle permet de mesurer la teneur en matières organiques totales (excepté quelques composés qui ne sont pas dégradés), y compris celles qui ne sont pas dégradables par les bactéries. Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques. (**Sandrine et al., 2005**)

La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement. Le rapport entre la DBO et la DCO constitue une mesure indicative de la « dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau. Le rapport DCO/ DBO évolue d'environ 2,5 (eau résiduaire récemment déversée) à 10-20 après décomposition totale (**Lisec, 2004**). Dans ce dernier cas, on parle d'une eau bien minéralisée. Cependant, lorsque des composés toxiques sont présents, l'activité biologique est ralentie et, de ce fait, la quantité d'oxygène consommée après 5 jours est moindre. Ceci se traduit également par un rapport DCO/DBO élevé. La DBO et la DCO se mesurent en mg d'O<sub>2</sub> par litre. (**Sandrine et al., 2005**)

## *CHAPITRE II*

---

LAC DE RÉGHAÏA, CENTRE CYNÉGÉTIQUE DE RÉGHAÏA  
« CCR » ET STATION D'ÉPURATION DE RÉGHAÏA

## **II. Lac, CCR et STEP de Réghaïa**

### **II.1 Présentation du lac et du CCR**

Le territoire du projet de Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa est situé à 30 km à l'est d'Alger, à la limite nord-est de la plaine de la Mitidja (longitude 3°19 - 3°21E ; latitude 36° 45 - 36°48N) et à 14 km de Boumerdès. Il est bordé au nord par la Mer Méditerranée, au sud par la route nationale 24 reliant Alger à Constantine, à l'est par la ville de Boudouaou et à l'ouest par la ville d'Aïn Taya.

Il est accessible à l'ouest par la route goudronnée de la plage d'El Kadous, au sud par la route nationale 24 reliant Ain-Taya à Boumerdès et à l'est, par la route de Réghaïa plage. Ce territoire fait partie de la Wilaya d'Alger, Circonscription administrative de Rouiba, Communes de Réghaïa et Heraoua.

En rive Est du lac est implanté depuis 1983 le Centre Cynégétique de Réghaïa relevant du Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et de la pêche. Une Station de Pompage des eaux d'irrigation relevant du Ministère des Ressources en Eau et gérée par l'Office des Périmètres Irrigués de la Mitidja (OPIM) est également implantée. Le site s'étend sur plus de 3 km de long dans le sens nord-sud et présente plusieurs centaines de mètres de largeur. (Thibault, 2006)

#### **II.1.1 Historique du site**

- Avant les années 1930, lorsque les dunes retenaient l'oued et que son lit n'avait pas été recreusé, il existait un marais naturel très riche en sauvagine.
- Années 1930 : En quête de nouvelles terres agricoles, les colons entreprennent l'assèchement de l'oued par pompage, drainage et plantation d'eucalyptus. Ce projet est finalement abandonné et une digue en terre est construite afin de créer un réservoir pour l'irrigation. Une station de pompage est mise en service.
- 1971 - 1974 : Des travaux de curage sont réalisés ; une digue est construite pour retenir des volumes plus importants d'eau issus de l'oued. Le chenal en aval est recalibré.
- 1983 : Aménagement du Centre Cynégétique de Réghaïa.
- 1997 : Mise en service d'une station d'épuration collectant les eaux usées domestiques et industrielles et les eaux pluviales, opérant un traitement mécanique partiel et rejetant dans le lac.

- 1999 : Arrêté du Gouverneur d'Alger proposant le classement du site en Réserve Naturelle.
- 2001 : Visite du Bureau de la Convention de Ramsar sur les zones humides, de la coordination MedWet, de la Fondation MAVIA pour la Protection de la Nature et du Fonds Mondial pour la Nature (WWF-international).
- Juin 2003 : Inscription du site à la Convention de Ramsar.
- 2004-2006 : Aménagement d'un Centre d'Education à l'Environnement comprenant un centre nature réservé aux enfants. Projet de plan de gestion (dans le cadre du programme Life-Pays Tiers). Demande de classement en réserve naturelle. (**Thibault, 2006**)



**Figure 1 : Marais de Réghaïa en 1972. (Thibault, 2006)**





Figure 2 : Marais en 1984. (Thibault, 2006)



**Figure 3 : Marais en 2003. (Thibault, 2006)**





Figure 4 : Lac de Réghaïa à nos jours. (Photo Google Earth)

Depuis 1972, les évolutions suivantes peuvent être relevées :

- la physionomie de la zone humide a complètement changé à partir de 1973, après la construction de la digue. En amont de cette digue, le marais a disparu au profit d'un plan d'eau à structure de réservoir.
- les étendues importantes de roselières et autres végétations lacustres ont reculé pour ne subsister qu'en de rares endroits avec des surfaces très modestes (partie sud du plan d'eau, berges est et sur le talus autour des résurgences d'eau).
- en aval du barrage, le chenal a été recalibré et le marais a été drainé puis mis en culture. Ce marais était jusqu'aux années 1970 le principal lieu de nidification de l'avifaune remarquable.
- le trait de côte n'a pas changé de manière importante, la dimension de la dune semble stable mais la végétation dunaire a beaucoup régressé.
- le recouvrement des pentes par le maquis a peu évolué. En rive est, en particulier à proximité du Centre Cynégétique, le maquis s'est étendu.
- en périphérie du lac, l'urbanisation et l'ouverture de pistes et de chemins se sont développées de façon importante. **(Thibault, 2006)**

### **II.1.2 Les missions du Centre Cynégétique de Réghaïa**

Les missions fixées initialement par décret présidentiel sont :

- La production des espèces cynégétiques ou exotiques en vue d'enrichir le patrimoine national ;
- La promotion et le développement de l'activité cynégétique par la sélection des espèces cynégétiques locales ;
- L'introduction de nouvelles espèces et leur acclimatation ;
- la participation à l'organisation des lâchers et le suivi des espèces dans le milieu naturel pour tirer les conséquences sur l'acclimatation.

Depuis sa création, le Centre Cynégétique s'est doté de missions supplémentaires :

- La gestion des zones humides, de par le code des eaux, relève du Ministère en charge de la ressource en eau. Depuis 2000 cependant, un arrêté du Gouverneur d'Alger confie la gestion de la zone humide de Réghaïa au Centre Cynégétique.

La sensibilisation du public et l'éducation à l'environnement : Depuis 2000, le Centre organise des portes ouvertes avec une exposition importante sur les zones humides et le lac de Réghaïa,



- à l'occasion de la journée mondiale des zones humides. Le Centre d'Education à l'Environnement, en cours d'aménagement, permet depuis plusieurs années l'accueil de nombreuses classes (annuellement plus de 1000 élèves, accompagnés de 50 professeurs). (Thibault, 2006)

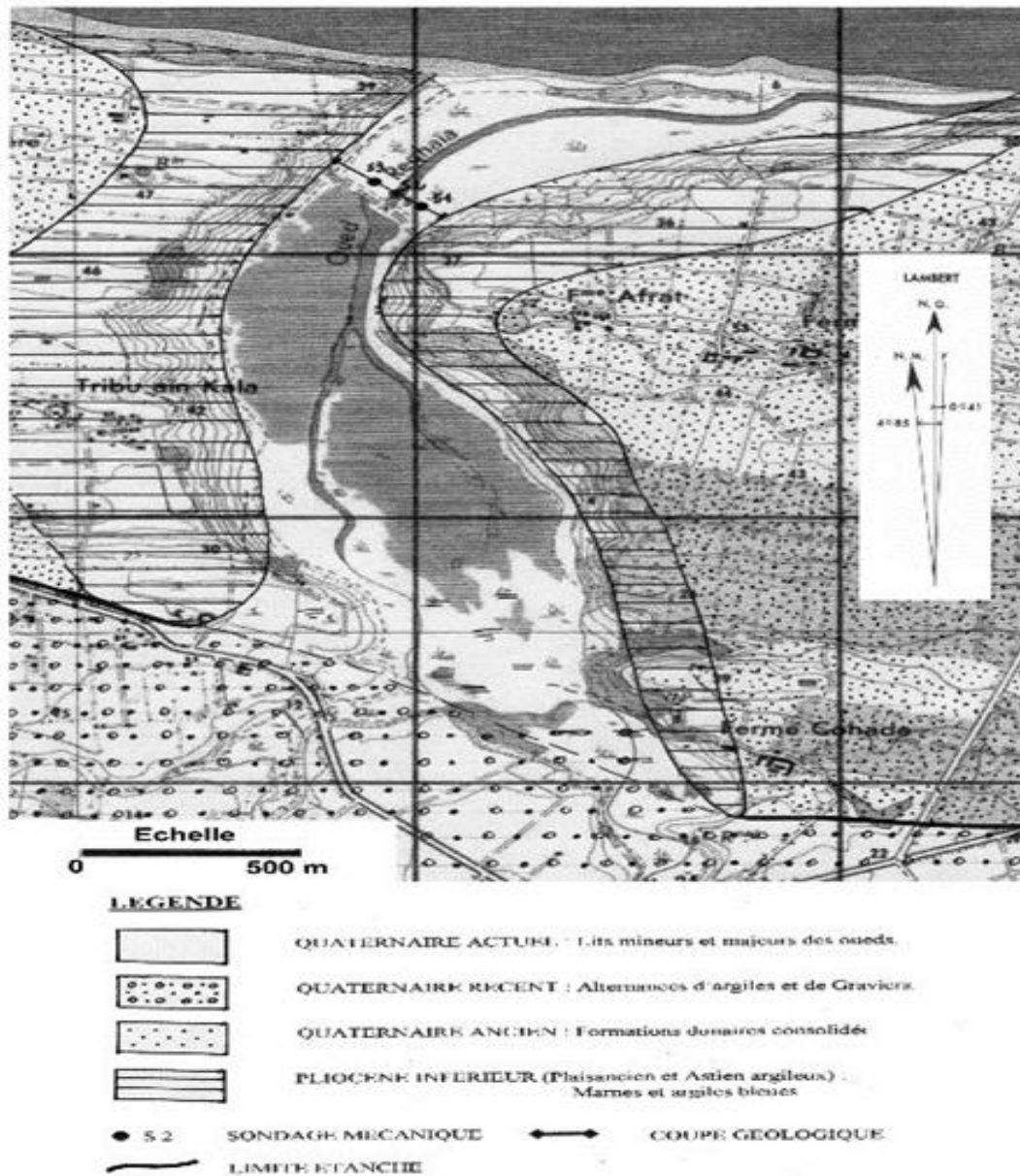
### II.1.3 Géologie et pédologie du lac de Réghaïa

Les terrains constituant les alentours immédiats du cours de l'oued Réghaïa composent la colonne lithostratigraphique suivante (des plus anciens aux plus récents) :

- Les terrains d'âge Miocène inférieur (Burdigalien). Ils affleurent essentiellement à l'embouchure du Hamiz
- Les faciès d'âge Miocène moyen (Vindobonien) ; Ils présentent un faciès calcareo-gréseux dans les îles Agueli, et un faciès argileux à l'extrémité de l'embouchure de la rive droite de l'oued Réghaïa.
- Le Pliocène inférieur. Il est constitué de marnes grises qui occupent les rives de la cluse du lac de Réghaïa, et s'étale largement du côté ouest (Heuraouas à la cote 50m). Elles disparaissent au sud de la dépression du lac et ne semblent pas dépasser le petit affluent d'El Biar. Ce faciès est vraisemblablement celui retrouvé au fond des sondages effectués sur le marais à la côte – 35 m environ.
- Le pliocène supérieur (Astien). Il est représenté par un faciès argilo-sableux le long de l'oued Réghaïa ainsi qu'au niveau des petits affluents (oued Berraba en particulier).
- Le Quaternaire inférieur (Pléistocène inférieur : Calabrien d'âge Villafranchien). Ces terrains n'ont pas été reconnus sur le site. Par ailleurs, les alluvions anciennes de la Mitidja représentées par des argiles rouges avec des sables, des galets et des graviers hétérogamétiques sont notées le long d'un axe séparant la ville de Réghaïa de celle de Rouïba. Ils sont attribués au Quaternaire inférieur.
- Le Quaternaire inférieur pléistocène (tyrrhénien). Il affleure sur les rebords est et ouest de la cluse du Réghaïa et correspond à des lumachelles, Poudingues, Grés, marins et à d'anciennes dunes consolidées.

Le Quaternaire supérieur Holocène (Flandrien). Il correspond au comblement de la cluse de l'Oued Réghaïa sur laquelle repose la retenue du lac.

Les sondages montrent que ce remplissage se présente sous différents faciès : des galets, des sables coquilliers et des vases. (Thibault, 2006)

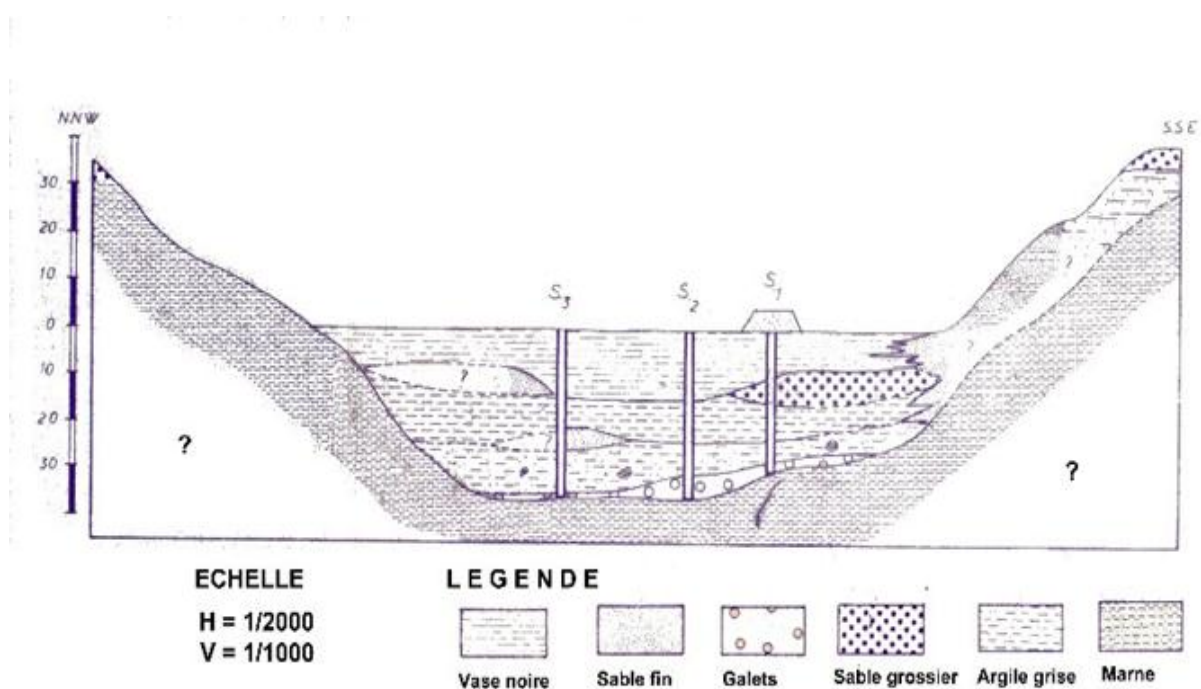


**Figure 5** : Esquisse géologique de la région du lac de Réghaïa.

La figure ci-dessous, représentant une coupe géologique du lac, montre de la base au sommet la succession suivante (Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment, 1971) :

- Les marnes plaisanciennes qui constituent le substratum, à 30 ou 35 m de profondeur sur lesquelles repose un lit de galets dont l'épaisseur varie de 1 à 4 m ;

- Les argiles grises et les sables coquilliers avec une épaisseur moyenne de 15 m. Les sables à la base sont fins avec des coquilles entières, il est parfois noté des passages plus limono-argileux ;
- Des argiles grises, molles dans lesquelles s'intercalent des lits de sables fins ; Ces deux formations correspondent en réalité à une alternance de faciès littoraux, pré-littoraux ou continentaux comme en témoigne la présence de coquilles, de débris de végétaux et de matières carbonneuses.
- Des sables intermédiaires plus grossiers que les sables de base ;
- Des vases noires très molles dont l'épaisseur varie entre 8 et 12 mètres et qui correspondent à la formation la plus récente. Cette dernière formation est recouverte dans la partie aval par un tapis végétal. La base de la formation présente un aspect de tourbe une fois séchée. Elle concentre une teneur en matière organique plus élevée que la moyenne de la formation qui varie entre 2 et 6%. Ce faciès supporte le lit actuel de l'oued Réghaïa dont le cours butte contre le cordon littoral au niveau de sa rive gauche. (Thibault, 2006)



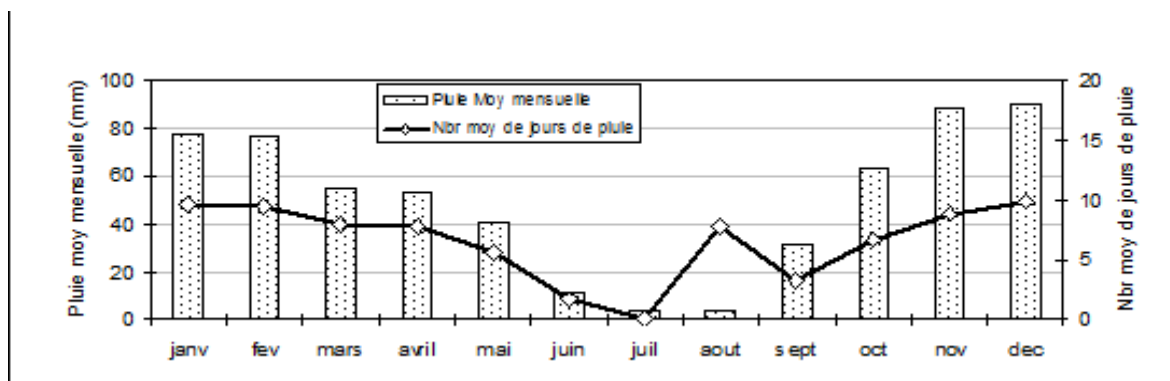
**Figure 6 :** Coupe géologique transversale au pied de la digue du Lac de Réghaïa.

### II.1.4 Caractéristiques climatiques du lac de Réghaïa

#### ➤ Précipitations

**Les précipitations journalières :** La distribution des pluies maximales journalières observées dans les différentes stations montre l'importance de l'intensité des averses. Les valeurs atteintes de **152 mm/24H** en octobre 1973 dans la région de Réghaïa et de **110 mm/24H** en décembre 1986 à la station du Hamiz barrage traduisent la rapidité et le caractère torrentiel des pluies. Le nombre de jours de pluie par an varie de 100 jours (années humides) à 47 jours (années sèches). Le nombre moyen de jours pluvieux est de l'ordre de 71 jours dont 45 jours répartis durant la période octobre à février.

La capacité érosive de ce régime de précipitation est élevée et se traduit par un transport solide important qui alimente le lac. Outre leur agressivité pour les terrains dénudés, les pluies maximales journalières contribuent pour une grande part à l'alimentation du lac. (ANRH Blida, 2005)



**Figure 7 :** Répartition des pluies moyennes mensuelles et du nombre moyen de jours de pluie à Réghaïa pour la période de 1972 à 2004.

#### ➤ Température

Sur 14 années (période de 1986 à 1999), l'analyse des données provenant de la station de Dar El Beida montre :

- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 18°C ;
- Une température moyenne minimale variant de 6 à 10°C durant la période hivernale et de 13 à 21 °C pour la période estivale ;

- Une température moyenne maximale comprise entre 24 et 33°C durant les étés ;
- Des hivers aux températures moyennes relativement basses, comprises entre 12 et 15 °C.

Ce constat de température oriente les disponibilités naturelles de la région aux travaux agricoles en permettant de déterminer approximativement les périodes de déficit hydrique durant lesquelles l'irrigation devient nécessaire. La courbe ombrothermique situe la période de sécheresse dans la région du lac entre les mois de juin et septembre. La région est caractérisée par un étage bioclimatique subhumide à hiver doux et relativement pluvieux. Le climat du lac de Réghaïa est de type méditerranéen caractérisé par une saison humide de 8 mois et une période sèche de 4 mois correspondant à la saison estivale. (ANRH Blida, 2005)

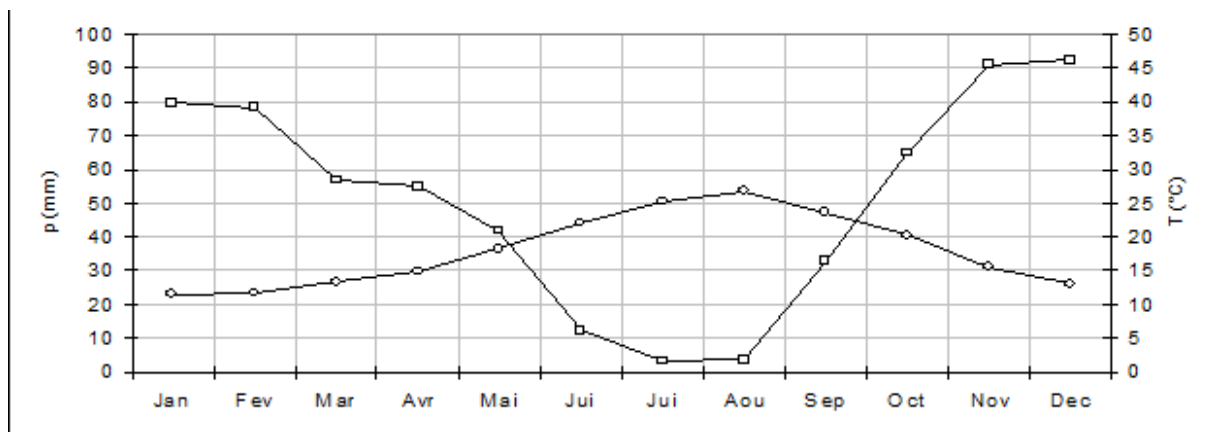


Figure 8 : Diagramme Ombrothermique, station Réghaïa Pont RN5

## II.1.5 Flore et faune du lac de Réghaïa

### ➤ Flore

233 espèces de plantes ont été inventoriées sur la partie terrestre du territoire proposé en classement en réserve naturelle. A cette liste s'ajoute la flore marine (plantes vasculaires et algues) dont 25 espèces ont été inventoriées. Au regard des connaissances actuelles, les éléments les plus remarquables sont les herbiers immergés de Posidonie (espèce endémique de la Méditerranée) et de Zostère marine signalés dans la partie marine du projet de Réserve naturelle par (Chalabi, 2002).

Parmi la flore terrestre, trois espèces endémiques d'Afrique du Nord sont répertoriées : *A.cerastioides*, *S.lingulata*, *C.africanum*. Ces espèces, qui ne sont pas inféodées aux milieux

aquatiques, sont considérées comme étant largement répandues au Maghreb. *Abutilon theophrastii* est une espèce considérée rare sur le littoral.

➤ **Faune**

➤ **Les oiseaux**

D'après les connaissances actuelles, les oiseaux constituent la composante la plus remarquable du site. 206 espèces y ont été répertoriées, soit 54,5 % du total présumé des espèces d'Algérie qui est de 378 espèces (**Bellatreche et al., 2002**). Parmi celles-ci, 55 sont protégées par la réglementation algérienne.

Trois espèces d'oiseaux d'eau sont considérées menacées à l'échelle mondiale par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature « **UICN** ». (Voir annexe IX)

**Les autres oiseaux d'eau nicheurs remarquables** : La Talève sultane, Le Grèbe castagneux et le Canard Colvert.

**Les oiseaux d'eau migrateurs et hivernants**

De très nombreuses espèces d'oiseaux inféodés aux milieux aquatiques font étape de façon plus ou moins prolongée sur le lac et les marais en période de migration et d'hivernage (canards, marouettes, guifettes, petits échassiers de rivage, passereaux paludicoles). Plusieurs espèces emblématiques sont régulièrement présentes comme le **Flamant rose** (des oiseaux bagués originaires de Camargue, France, sont régulièrement contrôlés), la **Spatule blanche** et l'**Ibis falcinelle**. Les recensements réalisés entre 1998 et 2004 montrent que le site est important en période d'hivernage, avec 2000 à 3000 oiseaux d'eau recensés chaque hiver. Les espèces les plus abondantes durant cette période sont le Canard souchet, le **Canard colvert**, le **Fuligule milouin** et la **Foulque macroule**. L'abondance du canard souchet révèle celle du zooplancton dans le lac. Les autres oiseaux d'eau hivernants le plus régulièrement sont le Grèbe à cou noir, le Grèbe castagneux, le Canard siffleur, le Canard chipeau et le Tadorne de Belon. (Voir annexe IX)

**Les oiseaux liés aux écosystèmes terrestres**

Parmi ceux-ci, on peut citer la présence de plusieurs espèces remarquables comme le **Tchagra à tête noire** (lié au maquis) et l'**Elanion blanc**. (Voir annexe IX)

➤ **Les mammifères**

21 espèces de mammifères ont été inventoriées sur le site. Parmi celles-ci, on peut citer le Chacal, le Renard famélique, la Genette, la Mangouste et le Porc-épic. Leur statut présent et leur abondance n'ont pas été étudiés. Le Sanglier semble bien répandu.

➤ **Les reptiles et amphibiens**

Parmi les reptiles inventoriés sur le site, on peut citer trois espèces de tortues : L'**Emyde lépreuse** et la **Cistude d'Europe** sont liées aux milieux aquatiques ; la **Tortue mauresque** est terrestre.

Le Caméléon commun et le lézard *Psammodrome algire* sont également répertoriés. (Voir annexe IX).

➤ **Les poissons**

**Ouafi (1987)** indique que les eaux du lac étaient très riches en poissons tels que la carpe *Cyprinus carpio*, le mulot *Liza sp. / Mugil sp.* et l'anguille *Anguilla anguilla*. Selon **Akli (1988)**, l'état de la pollution du lac durant les années 1980 était déjà tel que chaque année des milliers de poissons mourraient en été.

Depuis les années 1980, les peuplements piscicoles du lac ne semblent plus du tout avoir été étudiés. Plusieurs témoignages laissent indiquer la disparition plus ou moins complète des poissons du lac au cours des années 1990, à l'exception peut-être de l'anguille et du Gambusie. Les résultats de tentatives récentes de réintroduction ne sont pas connus.

➤ **Les invertébrés aquatiques du lac**

**(Akli, 1988)** a étudié la structure verticale de la communauté zooplanctonique du lac de Réghaïa. Il concluait que le facteur essentiel déterminant la structure et le fonctionnement du lac était la forte pollution par les matières organiques. Ces matières organiques étaient responsables :

- d'une DCO et DBO importantes,
- d'un faible taux d'oxygène dissout
- d'une forte turbidité de l'eau (avec en conséquence une diminution de la photosynthèse).

La source essentielle de nourriture trouvée par le zooplancton dans ces eaux vertes était représentée par les détritiques et les bactéries. En conséquence, une forte densité d'animaux filtreurs était présente, avec une diversité spécifique faible. (**Thibault, 2006**)



## II.2 Présentation de la STEP de Réghaïa

La station d'épuration des eaux usées de Réghaïa est une station de type réseau unitaire qui a une capacité de 400.000 équivalents d'habitant (EH), gérée par la société des eaux et de l'assainissement d'Alger (SEAAL).

La STEP mise en service en 1997 recevrait et traiterait en moyenne 15 000 m<sup>3</sup> d'eau par jour (**service technique de la STEP, 2005**) en provenance de la zone industrielle et des rejets de la ville de Réghaïa et d'une partie de celle de Heraoua. A nos jours elle a une capacité de 80.000 m<sup>3</sup> par jours et possèdent 12 postes de relevages dont la commune de : Réghaïa, Rouiba, Heraoua, Ain taya, Bordj El bahri, El marsa, Bordj El Kiffan. (**Thibault, 2006**)

### II.2.1 Situation géographiques

La STEP est située au Nord-Est de Réghaïa, à 30 km de la ville d'Alger. Elle est limitée au :

- Nord : par le lac de Réghaïa et la mer méditerranéen
- Sud : par la route nationale n°24, et la zone industrielle du côté Sud-Est
- Est : par la ville de Réghaïa
- Ouest : par la ville de Ain-taya et celle de Heuraoua. (**Thibault, 2006**)



**Figure 9** : Vue aérienne de la STEP de Réghaïa (Photo Google Earth)



### II.2.2 Quelques rejets industriels déversés à la STEP

Le tableau ci-dessous énumère quelques industries dont les effluents sont traités par la STEP de Réghaïa :

**Tableau I** : Quelques rejets industriels déversés à la STEP

N°	Etablissement	Activité	Adresse
1	FRUITAL Coca-cola	Production de boisson gazeuse	ZI Rouïba RN n°5
2	PEPSI	Production de boisson gazeuse	ZI Rouïba RN n°5 BP51
3	NAFTAL	Ecrasement des bonbonnes de gaz	ZI Rouïba
4	ENIP	Pétrochimie	ZI Rouïba
5	INFRATELE	Télécommunication	ZI Rouïba BP n°28
6	EURAPHARMA	Dépôt de médicaments	ZI Rouïba

# PARTIE EXPÉRIMENTALE

---

# *CHAPITRE I*

---

MATÉRIEL ET MÉTHODES

## I.1 Choix et localisation des stations d'étude

Afin d'avoir des résultats représentatifs et de pouvoir cerner toute la superficie du lac de Réghaïa, nous avons choisis trois (3) stations en allant de l'amont vers l'aval.

### I.1.1 Description et localisation des stations d'études

**Station 1 :** Localisée sur le côté Est du Lac et faisant face à l'entrée du CCR à proximité d'un pic de nivellement



**Figure 10 :** Station de prélèvement N°1. (Photo originale, 2016)

**Station 2 :** Elle se trouve à proximité du quai d'embarquement N°1 du CCR.



**Figure 11 :** Station de prélèvement N°2. (Photo originale, 2016)

**Station 3 :** Localisée vers la sortie du Lac à proximité du réseau de collecte d'eau.



**Figure 12 :** Station de prélèvement N°3. (Photo originale, 2016)



**Figure 13 :** Localisation des stations d'étude sur le lac de Réghaïa (Photo Google Earth)

## I.2 Matériel et méthodes

Nous avons suivi la qualité de l'eau du Lac de Réghaïa à travers des analyses physico-chimiques réalisées au niveau du Laboratoire **SEEAL** « Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger » de la **STEP** « Station d'épuration » de Réghaïa et bactériologique réalisée au niveau du Laboratoire de l'**ADE** « Algérienne Des Eaux » de Chifa (Wilaya de Blida). Et cela pour une durée allant du 14 Février au 20 mai 2016. Ainsi nous avons effectuée 4 prélèvements au niveau de 3 stations d'études ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ) (Voir Figure 13).

L'objectif de notre travail étant de suivre la qualité physico-chimiques des eaux du lac de Réghaïa durant cette période (Février-Mai), les comparés aux données précédentes (période de 1993, 2000 et 2015) ; Suivre l'évolution des paramètres microbiologiques et illustré l'influence de la STEP de Réghaïa sur les eaux du lac.

### I.2.1 Matériel utilisés

Pour les matériels physico-chimiques et bactériologiques. (Voir **Annexe V**).

### I.2.2 Méthodes

#### I.2.2.1 Analyses physico-chimiques

##### ➤ **Echantillonnage**

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

##### ➤ **Mode de prélèvement**

Pour les paramètres physico-chimiques, au moyen d'une barque, les échantillons ont été prélevés en surface dans des bouteilles en plastiques d'une capacité d'un litre et demi. La Bouteille est remplie d'eau, après un rinçage répété avec l'eau du point de prélèvement. Chaque échantillon est soigneusement identifié grâce à une étiquette. Cette dernière doit toujours porter le numéro de la station, la date, l'heure et le type d'analyse auquel le prélèvement est destiné.

##### ➤ **Transport**

Les analyses sont effectuées au niveau du laboratoire du SEAAL de la STEP de Réghaïa, on transporte les échantillons isothermes dans une glacière (+4°C) à l'abri de la lumière.

### I.2.2.1.1 Analyses Physiques

#### ❖ Température

##### ➤ Principe

La mesure de la température se fait avec un thermomètre. On introduit la sonde et on prendra la valeur en °C après stabilisation. (Hamidi et al., 2009)

#### ❖ pH

##### ➤ Mode opératoire

Le pH a été mesuré au laboratoire à l'aide d'un automate senSion (Hach) doté d'une électrode au platine combinée avec une sonde de température. Cet appareil est doté d'un système de compensation de température à 25°C. Introduire l'électrode du pH-mètre senSion(Hach), préalablement rincé avec de l'eau distillée, dans un bêcher contenant l'échantillon à analyser. Agiter doucement avec un barreau magnétique. (Hamidi et al., 2009)

##### ➤ Expression des résultats

Appuyer sur la touche (Read/Enter) du pH-mètre senSion (Hach), la valeur du pH et de la température évoluent jusqu'à se stabiliser, un bip sonore indique la stabilité de la valeur, noter cette dernière.

La valeur du pH est donnée directement par l'appareil ainsi que la température. La valeur du pH donnée est celle correspondante à une température de 25°C, elle est donnée à deux chiffres après la virgule. (Hamidi et al., 2009)

#### ❖ Conductivité

##### ➤ Mode opératoire

La mesure de la conductivité se fait par un conductimètre inoLab 720. Après rinçage de l'électrode par l'eau distillée, on la plonge dans un récipient contenant l'eau à examiner, et sous une faible agitation on fait la lecture.

##### ➤ Expression des résultats

Les résultats sont donnés en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### I.2.2.1.2 Analyses chimiques

#### ❖ Détermination de l'Azote ammoniacal

##### ➤ Mode opératoire

Le dosage de l'azote ammoniacal par la méthode Kit Hach LCK302 se fait suivant différente étape :

- Enlevez délicatement la feuille de protection Dosi Cap Zip ;
- Dévissez le Dosi Cap Zip ;
- Pipeter 0.2 ml de l'échantillon dans la cuve à code barre pour LCK302 ;
- Vissez immédiatement le Dosi Cap Zip en dirigeant le cannelage vers le haut secoué énergiquement ;
- Attendre 15 mn ; bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer en appuyant sur le menu code barre. (Hakim et al., 2012)

##### ➤ Expression des résultats

Le DR2800 affiche des résultats en mg/l de  $\text{NH-NH}_4$ . (Hakim et al., 2012)

#### ❖ Détermination des matières en suspension (MES) par filtration

##### ➤ Principe

Filtration sous vide de l'échantillon sur un filtre en fibre de verre, séchage à 105°C et pesée.

##### ➤ Réactifs

- Cellulose microcristalline, concentration 500 mg/l.

##### ➤ Mode opératoire

- Attendre jusqu'à ce que les échantillons soient à température ambiante.
- Peser le filtre à 100 mg. Eviter soigneusement de contaminer le filtre par des poussières, par exemple en utilisant un dessiccateur non nettoyé.
- Placer le filtre (la partie lisse en bas) dans l'entonnoir du dispositif de filtration et insérer l'entonnoir sur la fiole à vide.
- Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon et transférer immédiatement et d'un seul trait 200 ml sans une fiole jaugée.
- Le résultat doit, pour être correct, être obtenu à partir d'un résidu sec (après filtration d'au moins 2 mg).



- Verser les 200 ml d'échantillon dans l'entonnoir, puis rincer la fiole jaugée avec un peu d'eau distillée, et verser également dans l'entonnoir.
- Démarrer la filtration en enclenchant la pompe d'aspiration. Une fois l'échantillon filtré, rincer les parois internes de l'entonnoir avec un peu d'eau distillée et filtrer cette eau.
- Libérer le dispositif sous vide lorsque le filtre est pratiquement sec.
- Retirer avec précaution le filtre de l'entonnoir à l'aide d'une pince extrémités plates. Si nécessaire, le filtre peut être plié. Placer le filtre dans le creuset et le sécher dans l'étuve à  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  pendant au moins 2h.
- Retirer le tout dans l'étuve, passé au dessiccateur environ 30 min puis peser (masse  $M_1$ ). (Zaida et al., 2009)

➤ **Expression des résultats**

Calculer la teneur en matière en suspension d'après l'expression :

$$p = (M_1 - M_0) \times 1000/V$$

- $p$  : teneur en matière en suspension, en milligrammes par litre (mg/l) ;
- $V$  : volume, en millilitres (ml), de la prise d'essai ;
- $M_0$  : masse, en milligrammes (mg), de capsule vide ;
- $M_1$  : masse en milligrammes (mg), du creuset et de son contenu après séchage à  $105^{\circ}\text{C}$  et dessiccation.
- Les résultats sont reportés sur le cahier de poste puis sur la trame informatique de saisie. (Zaida et al., 2009)

❖ **Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

➤ **Mode opératoire**

La détermination de la DCO se fait par la méthode Kit Hach LCK114/314, on procède de la manière suivante :

- Prendre une cuve de gamme indiquée (dans notre cas, kit haute gamme 150 mg/l) auquel on ajoute 2 ml de l'échantillon et bien agiter :

L'agitation de la cuve est obligatoire afin de mélanger les dépôts des substances décantées avec le reste de la solution dans la cuve DCO.

- Chauffer le tube pendant 2h à 148°C :

Le chauffage de la cuve à 148°C pendant 2h dans le thermostat LT200 est une étape essentielle, afin de permettre aux substances oxydables de réagir avec le bichromate de potassium sulfurique en présence du catalyseur (le sulfate d'argent). (Yasmine Merad *et al.*, 2012)

#### ➤ Expression des résultats

Nettoyer la cuve puis l'insérer dans le spectromètre de masse, sélectionner le mode à code barre sur le menu principal, sur l'écran digital du **DR3800** la valeur de la DCO s'affichera en **mg O<sub>2</sub>/l** qui est la concentration en masse d'oxygène consommée par la matière organique présente dans l'échantillon. (Yasmine Merad *et al.*, 2012)

### ❖ Détermination de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)

#### ➤ Réactifs

- Hydroxyde de Lithium (LiOH) : Base très forte, toxique, corrosive. Il absorbe le CO<sub>2</sub> dégagé lors de la dégradation de la matière organique par les microorganismes. Il est utilisé à raison de 0,4 g pour chaque cupule. (Hamidi *et al.*, 2012)

#### ➤ Mode opératoire

La détermination de la DBO5 est faite par la méthode instrumentale OxiTop® IS12 ; la valeur de la DBO5 est approximativement estimée à 80% de la valeur de la DCO mesurée. On choisit le volume de la prise d'essai selon les intervalles de mesure de la DBO5 dans le tableau suivant :

**Tableau II** : Différents volumes pour l'analyse de la DBO<sub>5</sub>. (Hamidi *et al.*, 2012)

Volume de la prise d'essai (ml)	Intervalle de mesure en (mg/l)	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50
22.7	0-4000	100

- Dans notre cas, nous avons prélevé un échantillon de 250 ml correspondant au facteur 5. L'échantillon est versé dans un flacon brun du DBOmètre, connectés par son bouchon au capteur de pression de l'appareil.
- Pour démarrer la mesure appuyer sur les boutons **S** et **M** simultanément pendant deux secondes jusqu'à l'apparition de (--) et (00), qui indique que toute valeur auparavant enregistrée a été effacée.
- L'échantillon est continuellement agité par un barreau d'agitation magnétique pour le transfert de l'oxygène de l'air à l'échantillon.
- Cet oxygène est consommé par les bactéries, pendant la période de mesure, pour oxyder les matières organiques.
- Les capteurs de pressions contrôlent la pression d'air dans le flacon d'échantillon. La variation de pression est convertie en mg/l de DBO lorsque la pression diminue dans le flacon.
- Le Gaz carbonique qui est produit par les microorganismes est absorbé par l'hydroxyde de Lithium placé dans la cupule.
- Placer le flacon sur l'appareil BODTrak.
- Placer l'appareil BODTrak dans l'incubateur réglé à 20°C pendant 5 jours.
- Mettre en marche l'appareil et vérifié que le barreau d'agitation magnétique est en mouvement. (**Hamidi et al., 2012**)

➤ **Expression des résultats**

La lecture de la valeur en cours se fait en appuyant sur le bouton (**S**). Les valeurs lues 1F, 2F, 3F, 4F ou 5F indiquent que la mesure du jour, indiquée en chiffre, n'a pas encore été prise. La valeur de la DBO5 (en **mg/l**) est la valeur lue directement sur l'écran digital de l'OxiTop® multipliée par le facteur donné dans le tableau ci-dessus, selon :

$$\text{Valeur lue} \times \text{Facteur} = \text{DBO5 (mg/l)}$$

(**Hamidi et al., 2012**)

## I.2.2.2 Analyses bactériologiques

### Recherche et dénombrement des bactéries responsable de contamination d'origine fécale

Notre travail d'analyse microbiologique des eaux brutes du lac de Réghaïa a été effectué au niveau du laboratoire de L'ADE de Chifa (Wilaya de Blida).

#### ➤ Milieu de culture et réactifs

- Milieu BCPL D/C + cloche de Durham
- Milieu BCPL S/C + cloche de Durham
- Milieu Schubert
- Réactif de Kowacs
- Milieu Rothe D/C
- Milieu Rothe S/C
- Milieu EVA LIYSKY D/C
- Milieu EVA LITSKY S/C

### I.2.2.2.1 Méthodes

#### ➤ Echantillonnage

Pour les paramètres microbiologiques, nous avons utilisé des flacons en verre stériles d'une capacité de 250 ml. Ces derniers ont été stérilisés à 120°C durant 20 mn dans un autoclave. Au moyen d'une barque nous nous sommes rendus aux différentes stations de prélèvement, nous avons procédé comme suit :

- Introduire le flacon verticalement et renversé ;
- Retourner l'ouverture jusqu'à ce qu'elle soit légèrement plus haute que le fond ;
- Remplir presque entièrement le flacon puis fermer avec le bouchon ;
- Une fois le prélèvement terminé, nous inscrivons sur l'étiquette la date, l'heure et le numéro de la station.

#### ➤ Transport

Les échantillons ont été réfrigérés dans une glacière de terrain 4°C avant leur acheminement au laboratoire.

### I.2.2.2 Recherche et dénombrement des coliformes et *Escherichia coli* en milieu liquide

#### ➤ **Objet**

Recherche et dénombrement des coliformes et *Escherichia coli* en milieu liquide dans les échantillons d'eau brute du lac de Réghaïa par la technique du nombre le plus probable (NPP). (Lebres et Mouffok, 2008)

#### ➤ **Définition**

Au sens de cette méthode, on entend par coliformes des bacilles à Gram négatifs aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capable de se multiplier en présence de sels biliaires et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C.

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à  $42 \pm 2^\circ\text{C}$ . (Lebres et Mouffok, 2008)

#### ➤ **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes ;
- Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes thermo tolérant et *Escherichia coli*. (Lebres et Mouffok, 2008)

#### ➤ **Dilution**

L'eau du lac étant trop chargée, nous avons fait une dilution de  $1/10^{\text{ième}}$  avant de procéder à l'analyse de nos différents échantillons. (Voir figure 34)

#### ➤ **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham

- 3 fois 0,1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham, comme l'indique la figure 34.

Notez que les manipulations se font dans un périmètre stérilisé à l'aide d'un Bec Benzène.

Chassez l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. (**Lebres et Mouffok, 2008**)

#### ➤ Lecture

Seront considérés comme positif les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10<sup>ième</sup> de la hauteur de la cloche) ;
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady qui figure en (Annexe X).

#### ➤ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la recherche des coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute la présence d'*Escherichia coli*.

Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C.

*Escherichia coli* est un coliforme thermo tolérant qui entre autre :

- Produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44°C ;
- Donne un résultat positif l'essai au rouge de méthyl,
- Ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol ;
- N'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham, comme l'indique la figure 34. (**Lebres et Mouffok, 2008**)

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

➤ **Lecture**

Seront considéré comme positif, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux et ;
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C. (Lebres et Mouffok, 2008)

### **I.2.2.2.3 Recherche et dénombrement des Streptocoques du groupe D par la méthode d'ensemencement en milieu liquide (NPP)**

➤ **Objet**

C'est une méthode qui consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou Streptocoques du groupe « D » de la classification de **Lance Field**. (Lebres et Mouffok, 2008)

➤ **Définition**

On entend par entérocoques intestinaux des bactéries qui se présentent sous forme de cocci à Gram positive, sphérique ou ovoïdes formant des chainettes, ne possédant pas de catalases mais possédant l'antigène du groupe D. (Lebres et Mouffok, 2008)

➤ **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des Streptocoques du groupe « D » dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption : réservé à la recherche présomptive des Streptocoques ;
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques du groupe « D ». (Lebres et Mouffok, 2008)

➤ **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement : fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C ;

- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C ;
- 3 fois 0.1 ml dans 33 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C

Bien mélange le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

➤ **Lecture**

Seront considérés comme présomptifs les tubes présentant un trouble microbien ; seulement ces derniers :

- Ne doivent en aucun cas faire l'objet d'un dénombrement ;
- Doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être justement confirmés. (Voir figure 35) (**Lebres et Mouffok, 2008**)

➤ **Test de confirmation**

Les tubes ROTHE trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans un tube contenant le milieu EVA LITSKY. (Voir figure 35)

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois dans un bain marie à 37°C pendant 24 heures. (**Lebres et Mouffok, 2008**)

➤ **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois

- Un trouble microbien et ;
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de Mac Grady qui figure en (annexe X). (**Lebres et Mouffok, 2008**)



# RÉSULTAT ET DISCUSSION

---

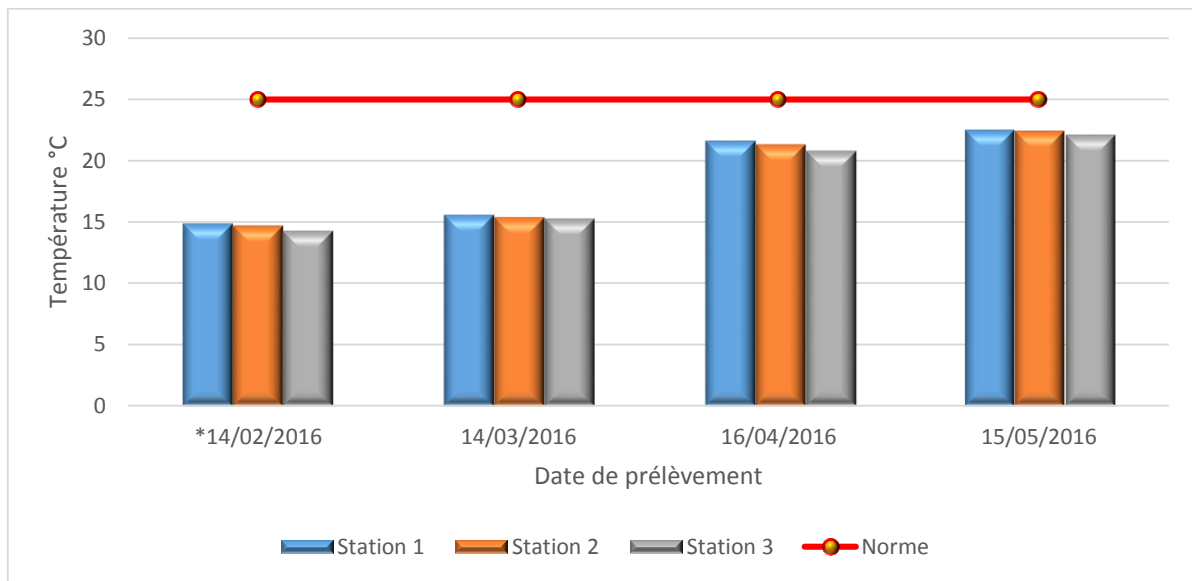
## II.1 Paramètres physico-chimiques

### II.1.1 Paramètres physiques

#### II.1.1.1 Température

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau III (Annexe I) et représenté par la figure 14.

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques (Leynaud, 1968).



**Figure 14 :** Variation spatio-temporelle de la température de l'eau du lac de Réghaïa.

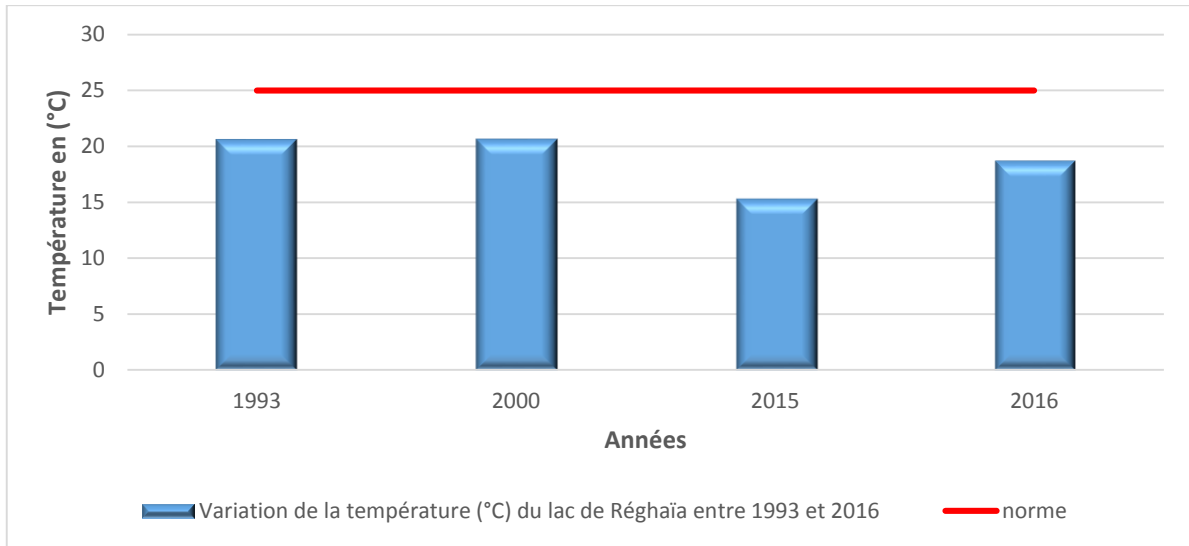
D'après les résultats obtenus durant les quatre mois de prélèvement, nous avons remarqué une variation moyenne de 5,8°C entre le deuxième mois et le troisième. Par contre nous remarquons une légère variation entre les deux premiers mois et les deux derniers.

Les valeurs de la température fluctuent entre une valeur minimale de 14,3°C enregistrés au niveau de la S<sub>3</sub> durant le P<sub>1</sub> et une valeur maximale de l'ordre de 22,5°C notée au niveau de la S<sub>1</sub> pendant le P<sub>4</sub>. Ces variations de la température suivent celles du climat de la région. Les températures mesurées dans les eaux du lac de Réghaïa appartiennent donc à la classe moyenne à excellente (N.A., Thibault, 2006).

L'évaluation de la qualité des eaux du Lac de Réghaïa se base sur trois campagnes d'analyses disponibles. La première effectuée en 1993 par Degremont, la deuxième campagne effectuée en 2000 par l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) après la mise en service de la station d'épuration et la troisième en 2015 effectuée par Bellarbi Amina.

Les résultats des analyses effectuées sur les eaux du lac sont récapitulés dans le tableau XI (Annexe VII).

La variation de la température en (°C) des eaux du lac de Réghaïa entre la période de 1993 à 2016 est représentée par la figure 15.

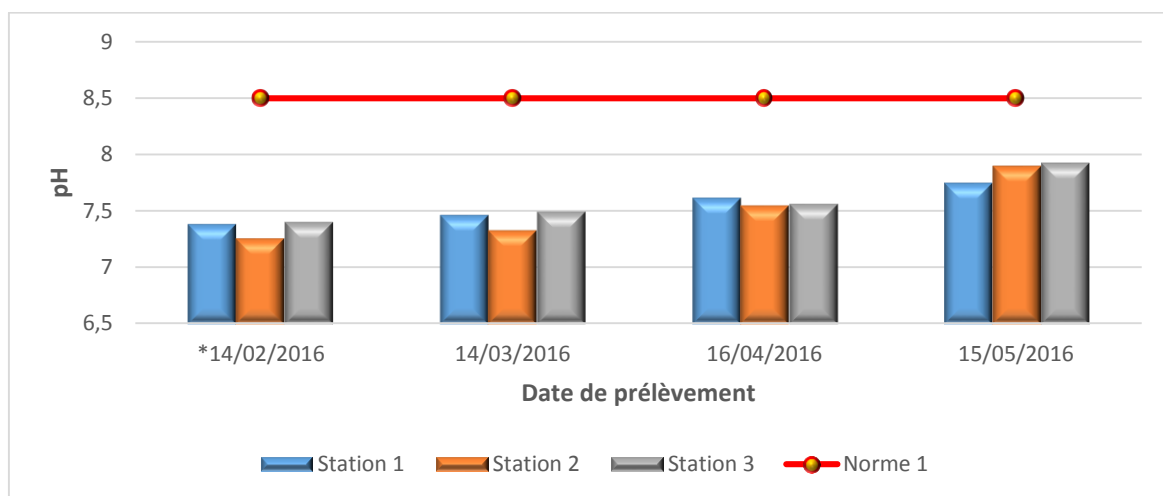


**Figure 15 :** Variation de la température (°C) des eaux du lac du Réghaïa entre 1993 et 2016.

La variation de la température du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016 respecte la norme algérienne qui est ( $< 25^{\circ}\text{C}$ ). La région étant caractérisée par un étage bioclimatique subhumide ceci expliquerait la température moyenne annuelle de  $15^{\circ}\text{C}$  de l'eau du lac en 2015.

### II.1.1.2 Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau IV (Annexe I) et représentés par la figure 16.



**Figure 16 :** Variation spatio-temporelle du pH des eaux du lac de Réghaïa.

Nous remarquons que les valeurs du pH mesurées au niveau des différentes stations durant les prélèvements montrent que toutes les valeurs s'échelonnent entre 7,26 et 7,92, ce qui indique que les eaux du lac de Réghaïa sont légèrement alcalines et ne dépassent pas la norme algérienne recommandée par le (N.A, Thibault, 2006) qui se situe entre 6,5 et 8,5. La variation du pH ne dépasse pas en général une unité du pH et l'allure des courbes (Figure 16) est variable et ne suit pas une loi régulière. En effet l'augmentation du pH de l'amont vers l'aval au cours du dernier mois peut être expliquée par le fait que le lac est alimenté par deux oueds (Oued El Abiar et Oued Khemiz), le premier pénètre vers l'aval et le second un peu plus bas vers le centre.

La variation du pH des eaux du lac de Réghaïa entre la période de 1993 à 2016 est représentée par la figure 17.

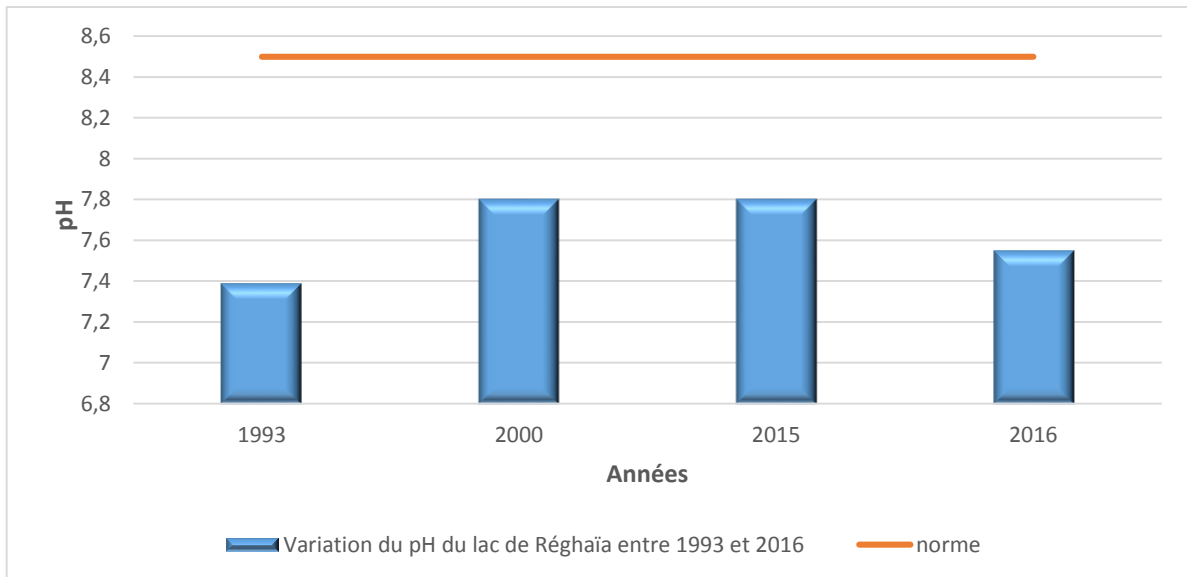


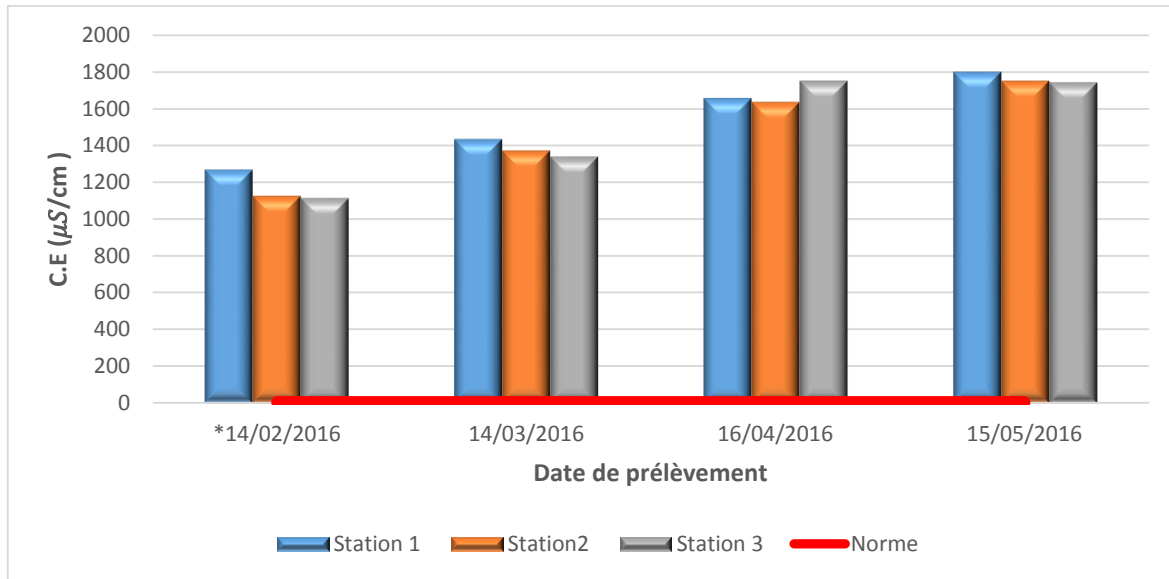
Figure 17 : Variation du pH des eaux du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.

Au même titre que la température, le pH est en concordance avec la norme algérienne des eaux de surface dont la valeur est comprise entre 6,5 et 8,5 (N.A, Thibault, 2006) de 1993 à nos jours.

### III.1.1.3 Conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique sont regroupées dans le tableau V (Annexe I) et représentées par la figure 18.

La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique.

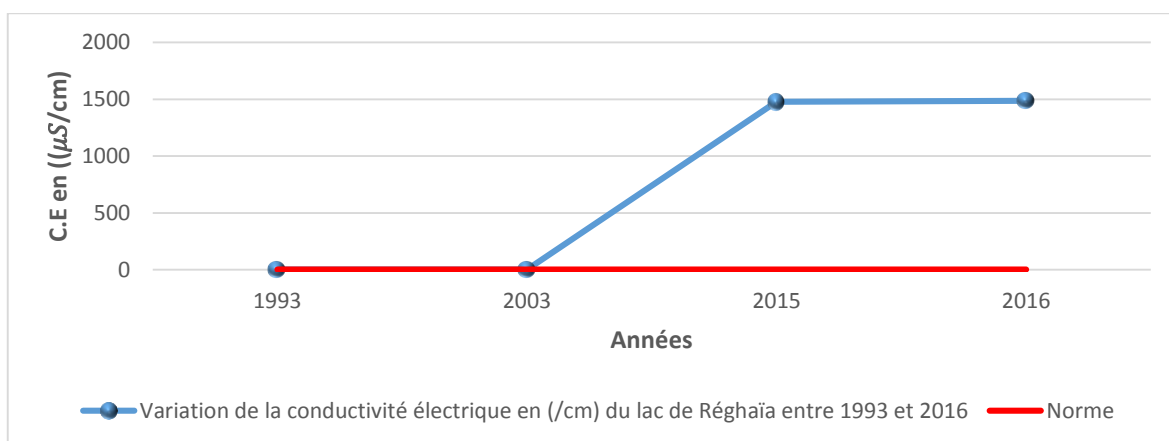


**Figure 18 :** Variation spatio-temporelle de la C.E. ( $\mu S/cm$ ) des eaux du lac de Réghaïa.

Nous remarquons que les valeurs de la conductivité électrique varient entre un minimum de  $1113 \mu S/cm$  noté durant le P<sub>1</sub> à la station S<sub>3</sub> et un maximum de  $1800 \mu S/cm$  relevé durant le P<sub>4</sub> à la station S<sub>1</sub>. Ces valeurs dépassent la norme algérienne des eaux de surfaces ( $<3 \mu S/cm$ ) recommandées par la (N.A, Thibault, 2006).

L'explication de l'augmentation de la conductivité électrique au fil des mois des eaux étudiées réside dans la diminution des apports des eaux pluviale.

La variation de la conductivité électrique en ( $\mu S/cm$ ) des eaux du lac de Réghaïa entre la période de 1993 à 2016 est représentée par la figure 19.



**Figure 19 :** Variation de la conductivité électrique en ( $\mu S/cm$ ) des eaux du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.

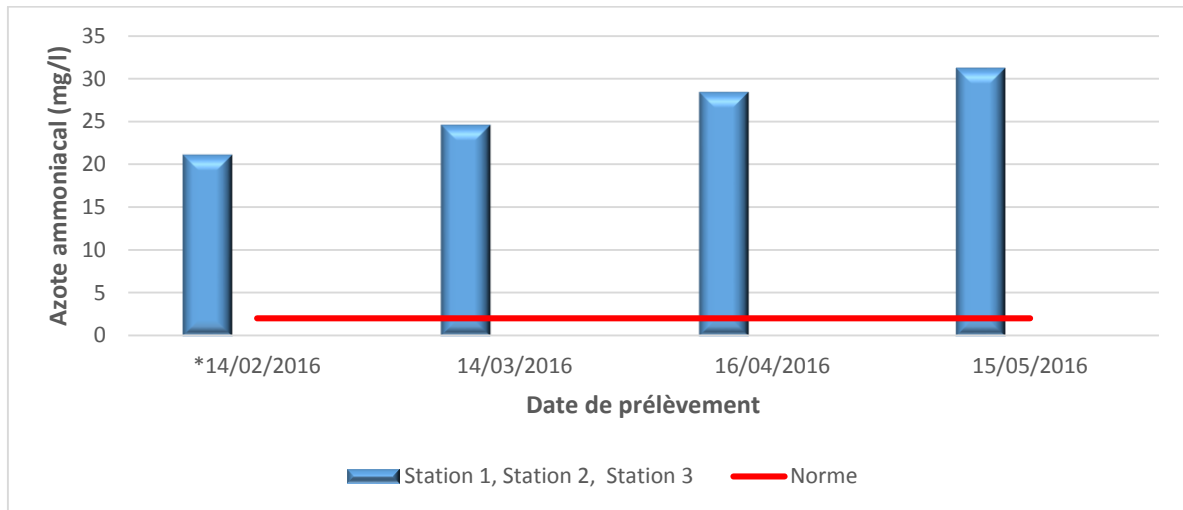
On observe une minéralisation excessive variant entre  $2.4 \mu S/cm$  à  $1478 \mu S/cm$  entre l'année 2003 et l'année 2015, ce qui traduit une surconcentration des eaux due aux mélanges

D'apports fortement chargés. Cette minéralisation excessive est attribuée aux eaux usées de la ville de Réghaïa et des villes avoisinantes : Rouïba, Heraoua etc...

## II.1.2 Paramètres chimiques

### II.1.2.1 L'azote ammoniacal

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau VI (Annexe I) et représentés par la figure 20.



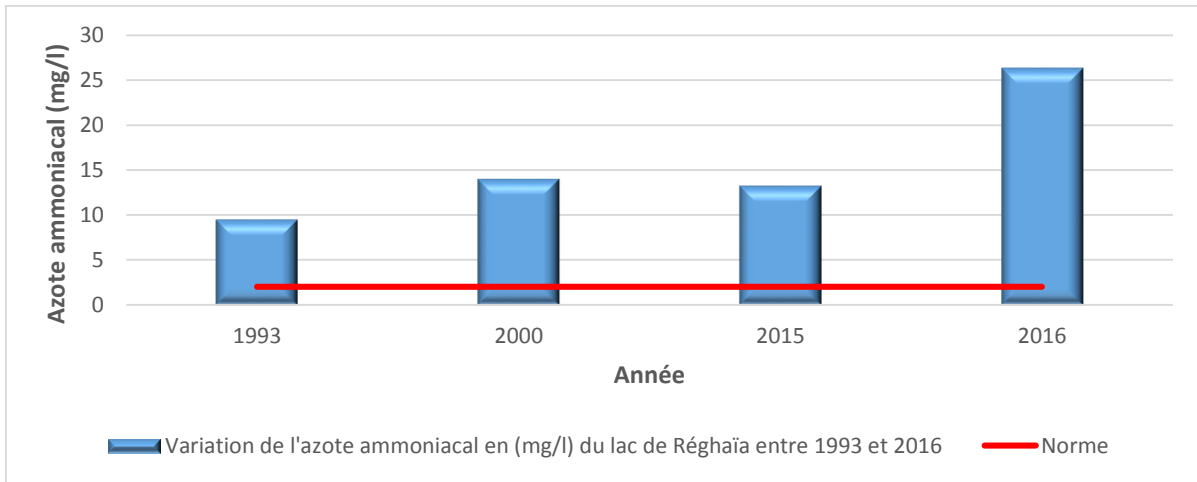
**Figure 20 :** Variation spatio-temporelle des teneurs en azote ammoniacal (mg/l) des eaux du lac de Réghaïa.

L'analyse du profil de l'ammonium (figure 20), montre que les teneurs varient entre 21,1 mg/l (P<sub>1</sub>) et 31,2 mg/l (P<sub>4</sub>). Les valeurs d'ammonium trouvées évoluent de manière croissante, traduisant ainsi l'effet de la diminution de la dilution et témoignant d'une diminution de l'oxygénation des eaux du lac empêchant ainsi l'oxydation de l'azote.

Les valeurs relevées en ion ammonium dans les eaux du lac de Réghaïa sont largement au-dessus de la norme algérienne des eaux de surface qui doit être (<2 mg/l) (N.A, Thibault, 2006).

La variation de la teneur en azote ammoniacal en (mg/l) des eaux du lac de Réghaïa entre la période de 1993 à 2016 est représentée par la figure 21.

L'azote ammoniacal constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Il existe en faible proportion, inférieure à 0,1mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Il constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (Chapman et al., 1996).

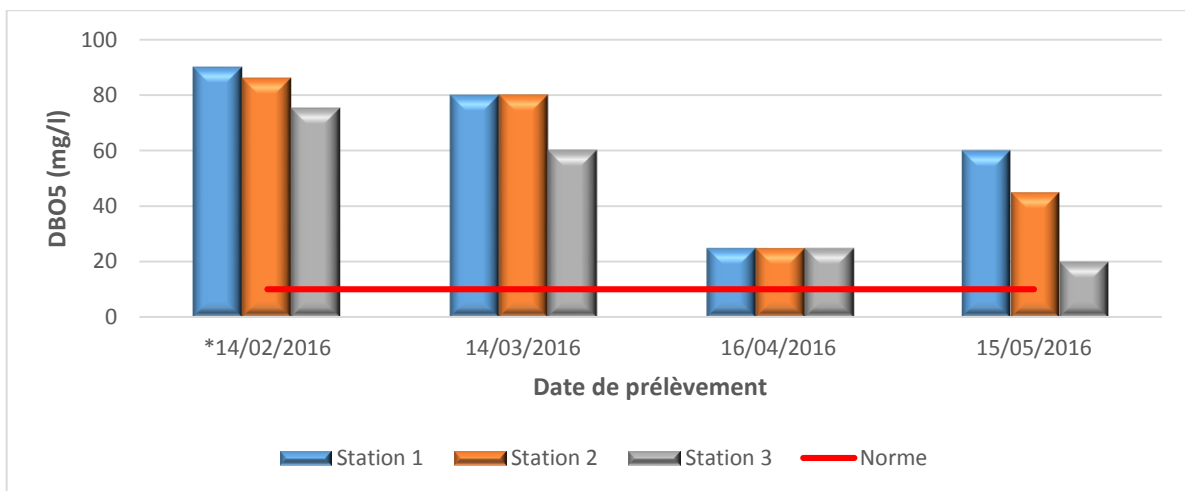


**Figure 21 :** Variation de l'azote ammoniacal en (mg/l) du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.

On observe des concentrations très élevées en azote ammoniacal variant de 9,5 mg/l en 1993 à 26,32 mg/l en 2016. Il est possible que l'origine de ces éléments soit d'origine agricole par apport des amendements et lessivages des sols.

### II.1.2.2 Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau VII (Annexe I) et représenté par la figure 22.



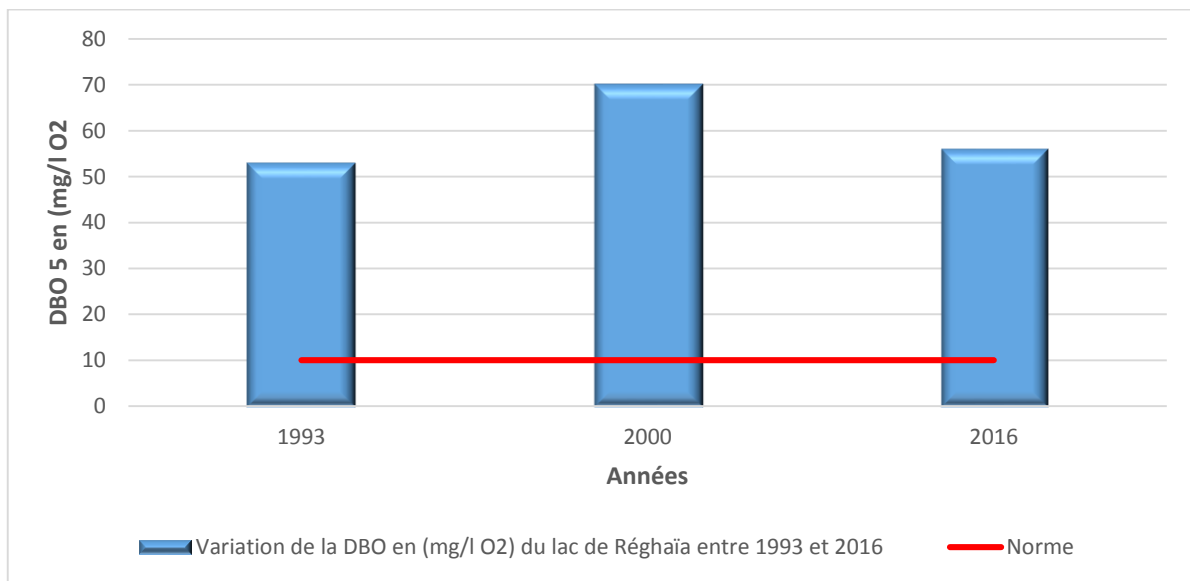
**Figure 22 :** Variation spatio-temporelle de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>) en mg/l des eaux du lac de Réghaïa.

La DBO<sub>5</sub> (demande biochimique en oxygène), c'est la quantité d'oxygène dissous consommée par les micro-organismes, à l'obscurité à 20 °C pendant 5 jours. Il permet l'évaluation des matières organiques biodégradables.

La figure 22 montre une DBO<sub>5</sub> largement supérieur à la norme algérienne qui doit être inférieur à 10 mg/l (<10) (N.A, Thibault, 2006). En effet, les valeurs moyennes de la DBO<sub>5</sub> varient

entre 20 mg/l ( $S_3$ ) pendant le ( $P_4$ ) et 90 mg/l ( $S_1$ ) lors du ( $P_1$ ). L'amont de la zone d'étude reçoit alors les eaux usées brutes riches en matières organiques et en substances nutritives provenant des agglomérations urbaines. Ce qui provoque un accroissement considérable de la charge organique des eaux superficielles dans un espace restreint. Elle traduit un appauvrissement en oxygène et une évolution vers l'eutrophisation des eaux du lac. La diminution de la  $DBO_5$  peut être expliquée par la fréquence des rejets dans les différents oueds ainsi que par l'influence de l'épuration des eaux par la STEP de Réghaïa. Son augmentation durant le  $P_4$  peut être expliquée par l'instauration des conditions de dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité s'intensifie avec la diminution de la vitesse d'écoulement et avec le réchauffement des eaux. Cette activité, consommatrice d'oxygène, est à l'origine de l'autoépuration des eaux (**Bremond et Perrodon, 1979**).

La variation de la  $DBO_5$  en mg/l des eaux du lac de Réghaïa entre la période de 1993 à 2016 est représentée par la figure 23.



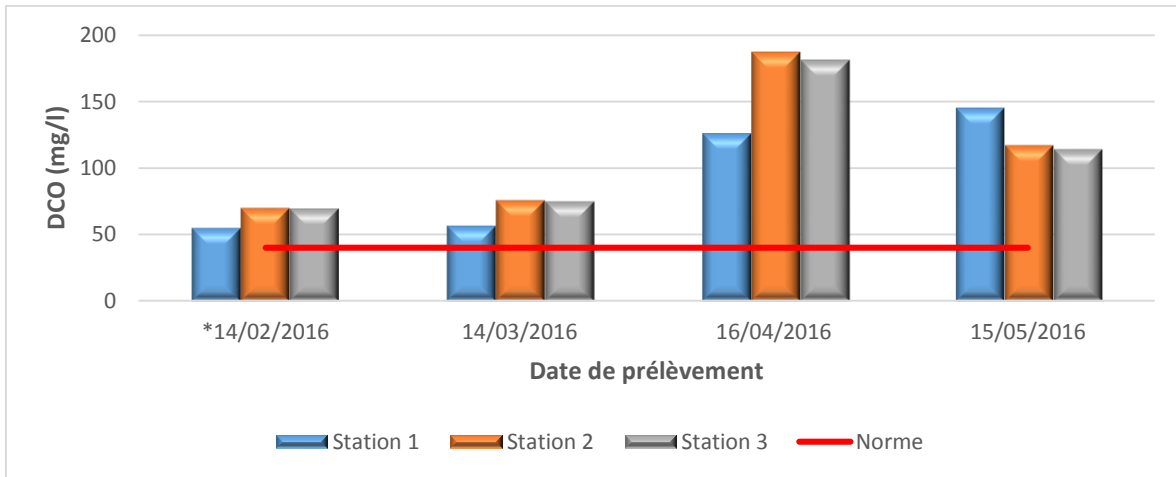
**Figure 23 :** Variation de la DBO en (mg/l O<sub>2</sub>) du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.

Les valeurs de la  $DBO_5$  fluctuent entre 53 mg/l en 1993 à 70 mg/l en 2000. Ainsi les valeurs de la  $DBO_5$  restent au-dessus de la norme Algérienne, ce qui fait que la qualité des eaux du lac de Réghaïa demeure toujours de très mauvaise qualité malgré les efforts entrepris depuis l'an 2000 par la mise en place de la STEP de Réghaïa.

### II.1.2.3 Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau VIII (Annexe I) et représentés par la figure 24.



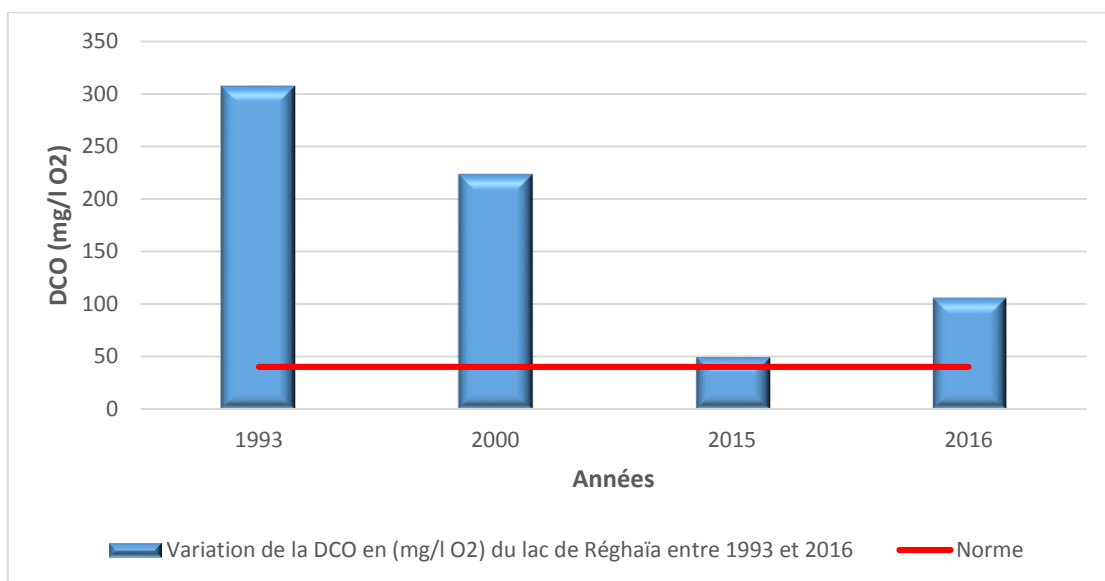


**Figure 24 :** Variation spatio-temporelle de la DCO en (mg/l) des eaux du lac de Réghaïa.

Les teneurs en DCO enregistrées au niveau des eaux étudiées sont comprises entre 55.1 mg/l (S<sub>1</sub>) pendant le (P<sub>1</sub>) et 187 mg/l (S<sub>2</sub>) lors du (P<sub>3</sub>). Ces valeurs dépassent la norme algérienne qui doit être inférieure à 40 mg/l (<40) selon (N.A, Thibault, 2006).

L'évolution spatiale (selon les stations) montre une augmentation de la DCO de l'amont vers l'aval durant les 3 premiers mois, ce qui est due aux eaux de pluie qui entraînent les polluants vers le milieu et l'aval.

D'un point de vue temporel (selon les saisons), la DCO a tendance à évoluer avec les saisons : Elle est maximale en période des basses eaux suites aux phénomènes de concentrations, et minimale durant la période des hautes eaux qui est due à la dilution suite aux pluies.

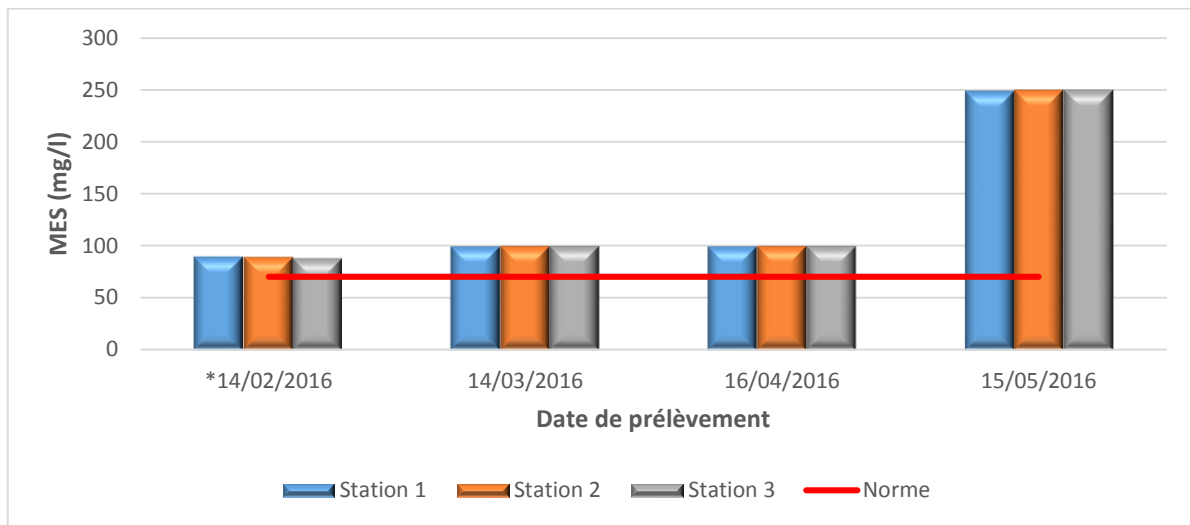


**Figure 25 :** Variation de la DCO en (mg/l O<sub>2</sub>) du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.

On observe une DCO légèrement plus faible (223 mg/L) après la mise en service de la STEP en 2000. Les valeurs enregistrées durant l'année 2015 et 2016 sont très au-dessous des années précédentes (1993 et 2003) ce qui est due à la durée d'étude au cours de laquelle les prélèvements ont été effectués. En 2015 et 2016 les études ont été menées durant 3 à 4 mois situé dans la période humide à subhumide (Janvier à Mai).

#### II.1.2.4 Matière en suspension (MES)

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau IX (Annexe I) et représentés par la figure ...

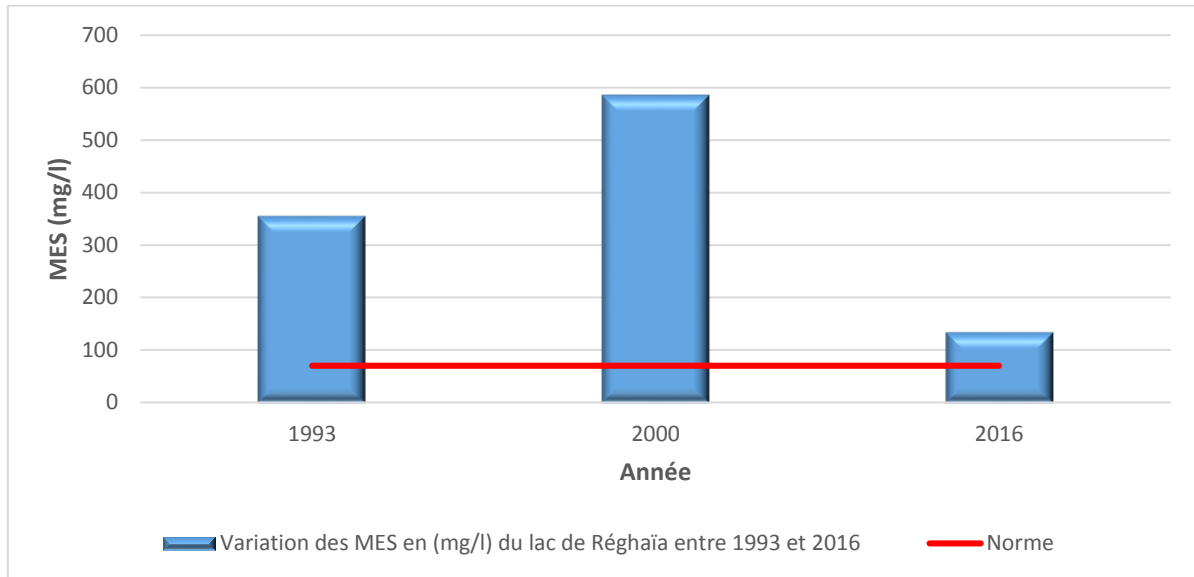


**Figure 26 :** Variation spatio-temporelle des MES en (mg/l) des eaux du lac de Réghaïa.

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Rodier, 1984). Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (Hébert et Légare, 2000).

L'évolution spatio-temporelle des teneurs en matières en suspension (MES) (figure 25) varie de 88,1 mg/l (S<sub>3</sub>) durant le P<sub>1</sub> pour atteindre un maximum de 249,69 mg/l (S<sub>2</sub>) au dernier prélèvement. Ces valeurs dépassent la norme algérienne qui doit être inférieure à 70 mg/l (<70) (N.A, Thibault, 2006). La charge en MES en augmentation est due aux rejets des eaux usées et des charriages. La station de traitement avec ses procédés actuels n'extrait pas suffisamment de charge solide.

La variation des teneurs en MES en (mg/l) des eaux du lac de Réghaïa entre la période de 1993 à 2016 est représentée par la figure 26.



**Figure 27 :** Variation des MES en (mg/l) du lac de Réghaïa entre 1993 et 2016.

La charge en MES varie d’une année à une autre pour atteindre son plus bas niveau en 2016, cette différenciation interannuelle s’explique par le fait que le mode de prélèvement (par rapport à la profondeur) diffère d’une étude à une autre. Notre étude s’est portée sur le prélèvement en surface. Ceci expliquerait cette différence entre la charge en MES de l’année 2016 et celle des années précédentes.

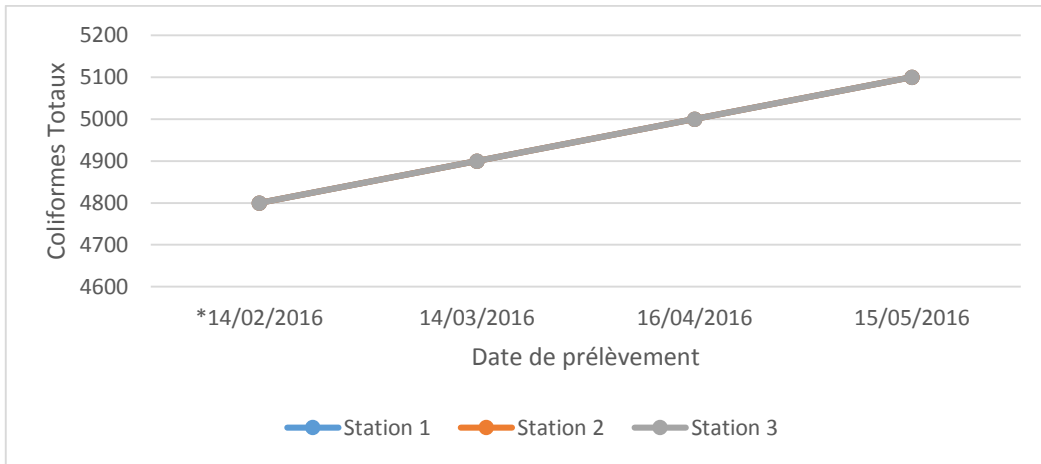
De 1993 à nos jours la charge en MES des eaux du lac de Réghaïa est supérieure à la norme algérienne des eaux de surface (<70 mg/l).

## II.2 Paramètres bactériologiques

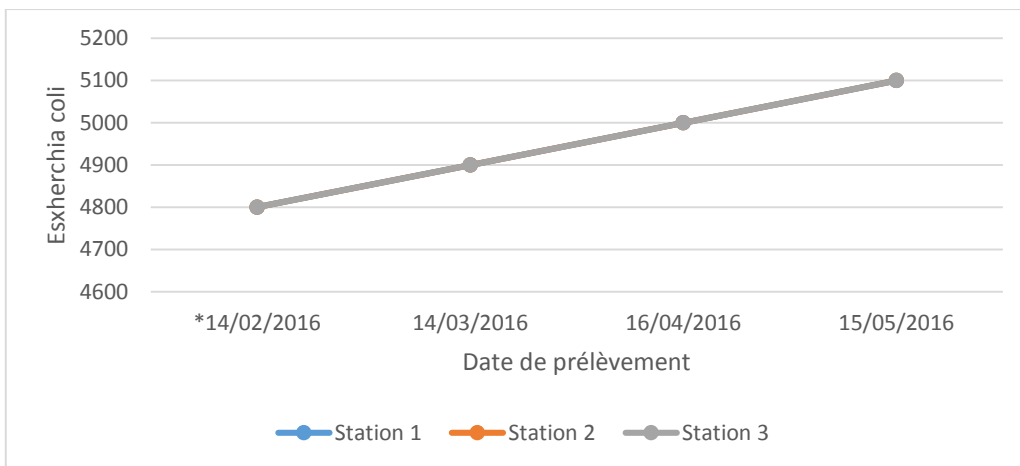
### II.2.1 Coliformes totaux (CT), *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux (EI)

Le nombre de germes trouvés dans les prélèvements sont représentés dans les figures 27, 28 et 29.

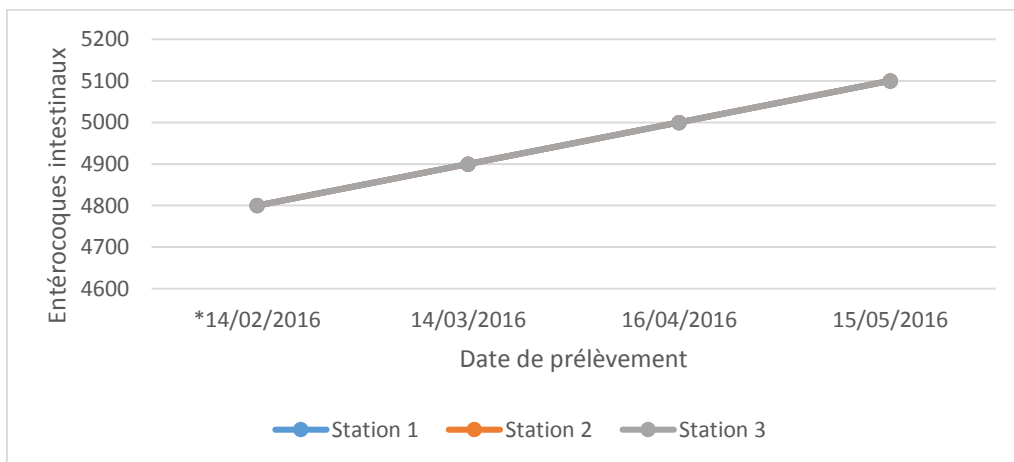
L’étude bactériologique du lac de Réghaïa a mis en évidence une contamination bactérienne d’origine humaine et/ou animale (Figure 27, 28 et 29). Les rejets des eaux usées et des déchets solides sans traitement préalable constituent l’origine la plus importante de la pollution microbienne. La méthode que nous avons utilisée au niveau du laboratoire de l’ADE à Chiffa bien qu’elle soit limitée, nous a permis d’avoir une idée de cette pollution microbienne. Malgré la dilution de 1/10 faite durant les analyses, tous les tubes étaient positifs au final.



**Figure 28 :** Représentation graphique des germes coliformes totaux.



**Figure 29 :** Représentation graphique des germes d'*Escherichia coli*.



**Figure 30 :** Représentation graphique des germes d'entérocoques intestinaux.

Les normes algérienne pour les CT, CF et EI dans les eaux de surface sont (<5000/100ml) selon (N.A, Thibault, 2006).

Nous remarquons que le nombre de germes est en constante évolution dans les trois figures, cette évolution continuera son élan jusqu'en période humide ou les pluies avec la dilution des eaux du lac ainsi que la diminution de la température freinera la croissance de ces derniers (germes). Les eaux du lac de Réghaïa contiennent donc une biomasse bactérienne très importante et seront classées comme étant de mauvaise qualité.

### II.3 Influence de la station d'épuration sur les eaux du lac

La STEP mise en service en 1997 recevrait et traiterait en moyenne 15 000 m<sup>3</sup> d'eau par jour (**service technique de la STEP, 2005**) en provenance de la zone industrielle et des rejets de la ville de Réghaïa et d'une partie de celle de Heraoua. A nos jours elle traiterait en moyenne 80 000 m<sup>3</sup> d'eau par jour soit 3 333 m<sup>3</sup> par heure et 8 118 m<sup>3</sup> par heure en temps de pluie, provenant de : Réghaïa, Rouiba, Heuroua, Ain taya, Bordj El bahri, El marsa, Bordj El Kiffan. Les figures suivantes montre une amélioration des paramètres DBO<sub>5</sub>, DCO, et MES pris comme indicateurs de l'impact de la station sur la qualité des rejets dans le lac.

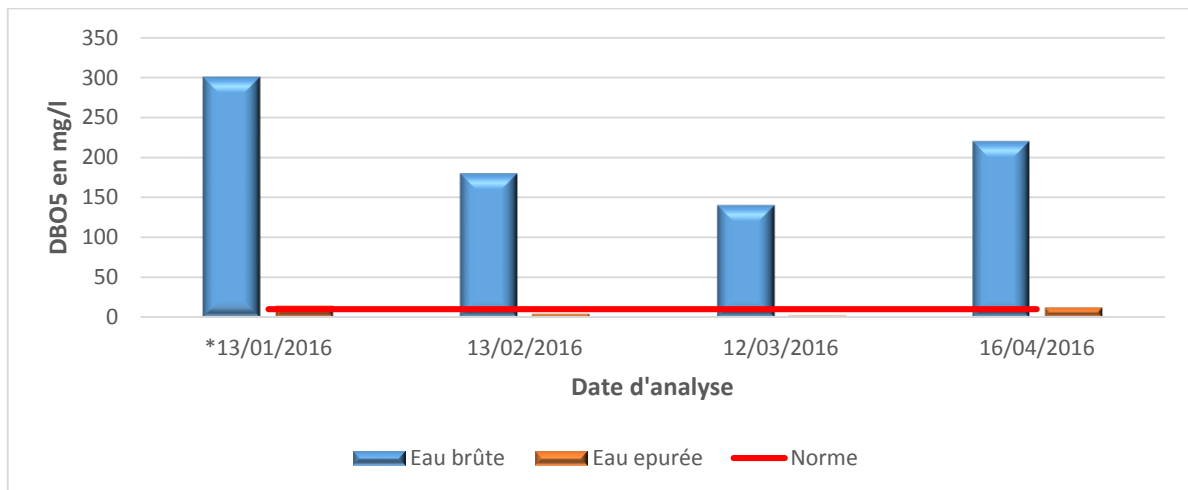


Figure 31 : Amélioration de la DBO<sub>5</sub> (mg/l) entre l'eau brute et épurée de la STEP de Réghaïa.

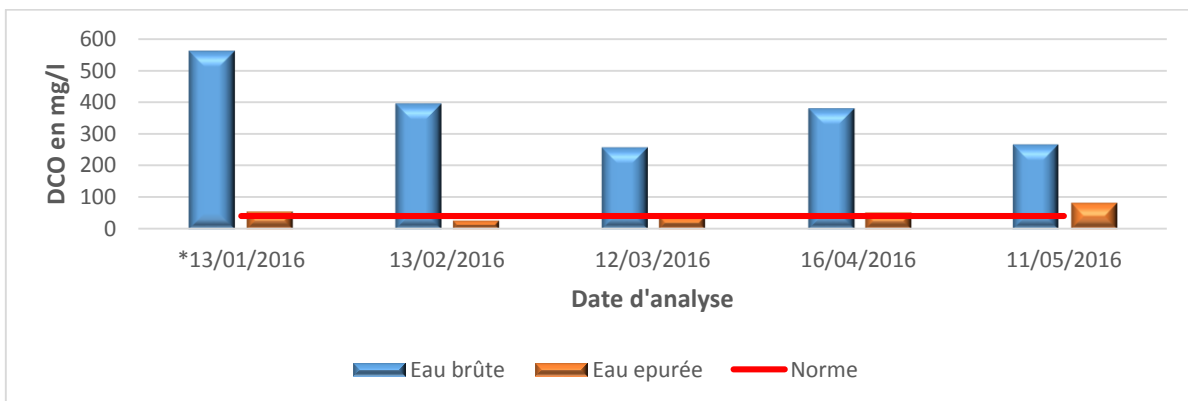
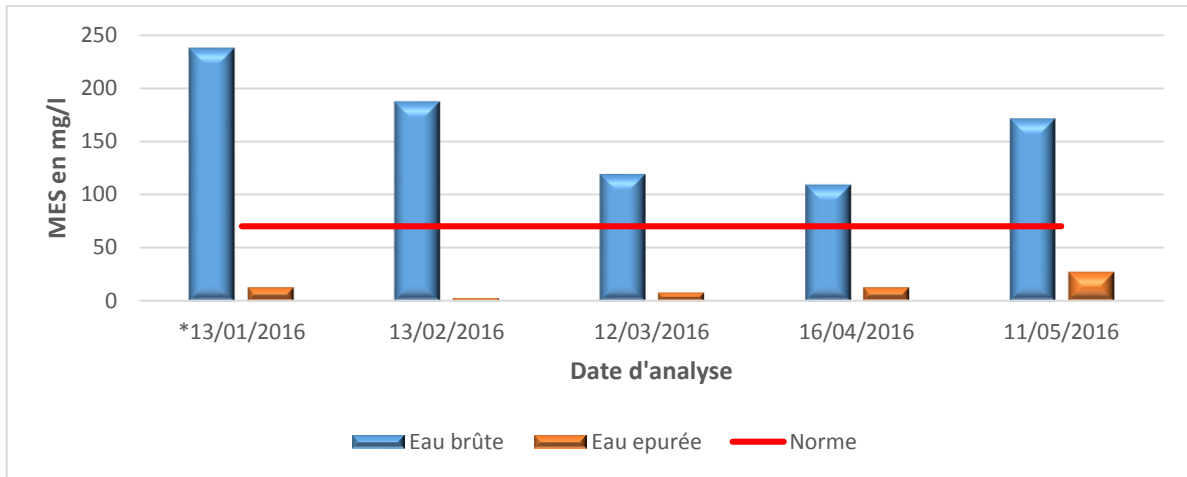
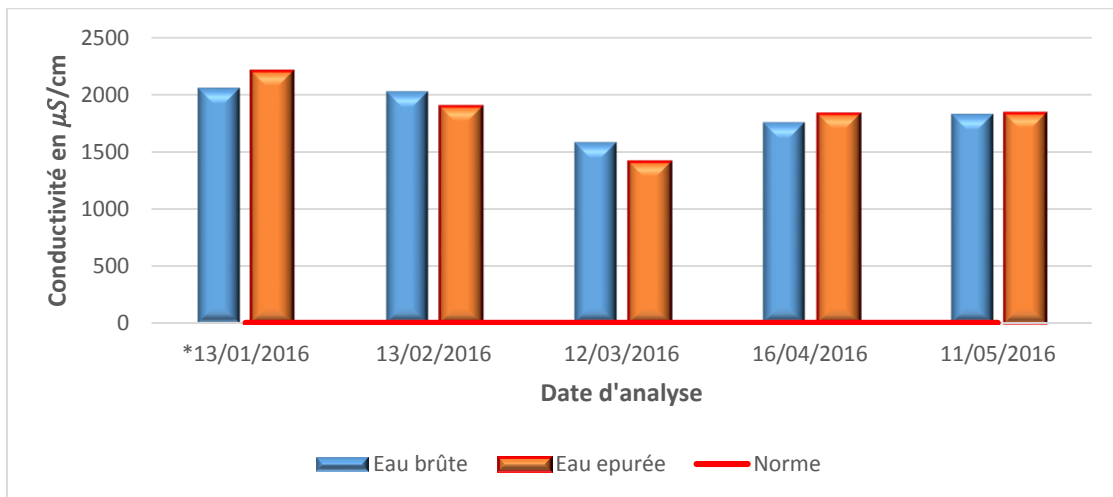


Figure 32 : Amélioration de la DCO (mg/l) entre l'eau brute et épurée de la STEP de Réghaïa.



**Figure 33 :** Amélioration en MES (mg/l) entre l'eau brute et épurée de la STEP de Réghaïa.



**Figure 34 :** Amélioration de la conductivité ( $\mu S/cm$ ) entre l'eau brute et épurée de la STEP de Réghaïa.

Ainsi malgré le traitement au niveau de la STEP, les eaux du lac ne subissent globalement pas d'amélioration de leur qualité. On note certains résultats de la DCO et de la  $DBO_5$  après traitement au-dessus de la norme algérienne des eaux de surface (N.A, Thibault, 2006). La conductivité quant à elle, reste mauvaise même après traitement et dépasse des fois les valeurs de l'eau brute ( $A_1$ ,  $A_4$  et  $A_5$ ) ceci peut être due à un mauvais entretien des installations de la STEP après traitement des eaux. De ce fait, les opérations de traitement en cours actuellement sont insuffisantes pour l'obtention d'une eau répondant aux normes de rejet dans le lac. En cas de panne, la station recourt à des by-pass en déversant directement les eaux usées sans aucun traitement dans le lac.

Cependant ce traitement bien qu'il soit des fois insuffisant permet une dilution des eaux usées du lac, en améliorant sa qualité et en le préservant d'un rejet direct de ces eaux non traitées.

# CONCLUSION

---

A la lumière des résultats obtenus au niveau des paramètres physicochimiques et bactériologiques mesurés au niveau des eaux superficielles du lac de Réghaïa, on constate une dégradation de la qualité de l'eau. Les concentrations sont moins élevées en période pluvieuse sans pourtant être dans les normes acceptable de qualité. Ceci montre à quel point le lac de Réghaïa fait l'objet de rejet d'eau usée mettant en péril la diversité biologique qu'il abrite.

L'ensemble des résultats montre que les eaux de surface du lac de Réghaïa présente des signes de dégradation qui dépasse les normes algérienne, notamment en aval des agglomérations qui génèrent des quantités importantes des eaux usées sans aucun traitement préalable et des déchets solides qui empêchent souvent même la navigation (voir annexe XI).

L'étude bactériologique en partie, nous a permis de constater un seuil élevé des différents germes (CT, CF et EI) c'est pourquoi les eaux du lac sont interdit pour des fins d'irrigation des cultures et de natation.

La mauvaise qualité des eaux du lac de Réghaïa sur le plan physico-chimique et bactériologique a provoqué la disparition de certaines espèces aquatiques telle que les poissons qui colonisaient ce lac à une certaine époque et qui constituent des espèces indicatrices de la qualité des eaux.

De ce fait, la préservation des ressources hydriques devient donc impérative devant la dégradation de ces écosystèmes aquatiques et exige l'augmentation de la capacité de traitement des eaux usées par la STEP de Réghaïa, l'application des décrets interdisant les industries et les habitations à rejetés leurs eaux usées sans traitement directement dans les oueds qui les achemineront par la suite vers le lac et la mise en place des décharges contrôlées pour la ville de Réghaïa et les environs.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Agence européenne de l'environnement** : « Oxygen consuming substances in rivers : O<sub>2</sub> and DBO and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> » (Core set indicators 019). 2p
- Anonyme, (2003)** « Encyclopédia Encarta »
- Anonyme, (2006)** « Encyclopédia Encarta »
- ANRH Blida, 2005** « Plan de Gestion de la Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa (Algérie) » :12-15p
- Barhoumi-Andreani Y., Gaudremeau J., Gerbe B., Khamsing F., Rabatel Y., (2004)** « Eau ressources et menaces » Science & Vie n°1040. 10p
- Boumezbeur A., (2004)** « ATLAS (IV) des zones humides d'importances internationale », Direction générale des forêts. 9p
- Bremond R., Perrodon C. (1979).** Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. Prévention des pollutions. 2ème édition: 259 p.
- Chapman D., Kimstach V. (1996).** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, 59-126p.
- Devidal S., (2007)** « Solutions curatives pour la restauration de lacs eutrophes » OEDD / UdeS. 4-5p
- Hakim B., Amara A., Tamzalit S. (2012)** « Dosage de l'azote ammoniacal par la méthode kit Hach LCK 302/ LCK 303/ LCK 305». 1-3p
- Hamidi S., Amara A., Tamzalit S. (2009)** « Détermination électrique du pH avec électrode combinée à une sonde de température ». 1-6p
- Hamidi S., Amara A., Tamzalit S. (2012)** « Détermination de la demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub> méthode instrumentale OxiTop®IS12 ». 1-3p
- Hebert S., Legre S. (2000).** « Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. » Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, **5 p.**
- Lebres et Mouffok F. (2008)** « Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson » **IPA.** 12-23p
- Leemans M. (2008)** « Livre Bleu », Edition C. Legros. **76 p.**

**Leynaud G. (1968).** « Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. » B.T.I. Ministère de l'agriculture. 881p

**Lisec 2004.** “Contrôle van de fysicochemische kwaliteit van de vis waters van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest”, rapport effectué pour le compte de l'IBGE.

**Moulin S., Rozen-Rechels D. et Stankovic M. (2013)** « Traitement des eaux usées ». 2p

**N.A., Thibault M. (2006)** « Plan de Gestion de la Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa (Algérie) ». 82p

**Rodier J. (1984)** « Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. » 7ème édition, Dunot, Paris.

**Sabouraud C., (2006)** « Exposition eau pour tous, tous pour l'eau ». 2p

**Sabouraud C., UNESCO (1999)** «Exposition eau pour tous, tous pour l'eau ». 2p

**Sandrine D., Françoise O., Marianne S., André T. (2005)** « "L'eau à Bruxelles ». 1p

**Simpson et al. (1993)** « Les rivières ».11-14p

**Thibault M. (2006)** « Plan de Gestion de la Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa (Algérie) ». 82p

**Yasmine Merad I., Mouloud L., Tamzalit S. (2012)** « Détermination de la DCO par la méthode Kit Hach LCK 114/314 ».1-3p

**Zaida L., Lamali Z., Farah L. (2009)** « Dosage des matières en suspension ».2-7p

# ANNEXES

---

## I. Résultats des analyses physico-chimiques

### I.1 Température

**Tableau III :** Résultats de mesure de la température en (°C) de l'eau du lac de Réghaïa.

Date de prélèvement Stations	14/02/2016	14/03/2016	16/04/2016	15/05/2016
Station 1	14.9	15.6	21.6	22.5
Station 2	14.7	15.4	21.3	22.4
Station 3	14.3	15.3	20.8	22.1

### I.2 pH

**Tableau IV :** Résultats de mesure du pH de l'eau du lac de Réghaïa.

Date de prélèvement Stations	14/02/2016	14/03/2016	16/04/2016	15/05/2016
Station 1	7.38	7.46	7.61	7.74
Station 2	7.26	7.33	7.55	7.90
Station 3	7.40	7.49	7.56	7.92

### I.3 Conductivité électrique

**Tableau V :** Résultats de mesure de la conductivité électrique en  $\mu S/cm$  de l'eau du lac de Réghaïa.

Date de prélèvement Stations	14/02/2016	14/03/2016	16/04/2016	15/05/2016
Station 1	1268	1434	1657	1800
Station 2	1125	1371	1634	1750
Station 3	1113	1338	1622	1741

#### I.4 Azote ammoniacal

**Tableau VI** : Résultats de mesure de l'azote ammoniacal en mg/l de l'eau du lac de Réghaïa.

Date de prélèvement Stations	14/02/2016	14/03/2016	16/04/2016	15/05/2016
Station 1	21.1	24.6	28.4	31.2
Station 2				
Station 3				

#### I.5 Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

**Tableau VII** : Résultats de mesure de la DBO<sub>5</sub> en mg/l de l'eau du lac de Réghaïa.

Date de prélèvement Stations	14/02/2016	14/03/2016	16/04/2016	15/05/2016
Station 1	90	80	25	60
Station 2	86	80	25	45
Station 3	75	60	25	20

#### I.6 Demande Chimique en Oxygène (DCO)

**Tableau VIII** : Résultats de mesure de la DCO en mg/l de l'eau du lac de Réghaïa.

Date de prélèvement Stations	14/02/2016	14/03/2016	16/04/2016	15/05/2016
Station 1	55.1	56.7	126	145
Station 2	69.9	75.7	187	117
Station 3	69.4	74.8	181	114

**I.7 Matières en suspensions (MES)****Tableau IX** : Résultats de mesure de MES en mg/l de l'eau du lac de Réghaïa.

<i>Date de prélèvement</i> Stations	14/02/2016	14/03/2016	16/04/2016	15/05/2016
Station 1	90	99.82	99.78	248.60
Station 2	89.2	99.81	99.80	249.69
Station 3	88.1	99.87	99.83	249.67

---

**Tableau X** : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau de lac de Réghaïa.

Stations		Date de prélèvement			
		14/02/2016	14/03/2016	16/04/2016	15/05/2016
Station 1	Coliformes totaux	>4800	>4800	>4800	>4800
	<i>Escherichia Coli</i>	>4800	>4800	>4800	>4800
	Entérocoques intestinaux	>4800	>4800	>4800	>4800
Station 2	Coliformes totaux	>4800	>4800	>4800	>4800
	<i>Escherichia Coli</i>	>4800	>4800	>4800	>4800
	Entérocoques intestinaux	>4800	>4800	>4800	>4800
Station 3	Coliformes totaux	>4800	>4800	>4800	>4800
	<i>Escherichia Coli</i>	>4800	>4800	>4800	>4800
	Entérocoques intestinaux	>4800	>4800	>4800	>4800



## I. Matériel des analyses physico-chimiques

### 1.1 Appareillage et verrerie

- Béchers
- Fioles jaugée
- Micropipette
- Eprouvette
- pH-mètre senSion (Hach)
- Conductimètre inoLab 720
- Spectromètre de masse DR3800
- DBO mètre OxiTop® IS12
- Balance OHAUS
- Barreau magnétique
- Nano-filtre
- Pince à extrémités plates
- Creuset
- Aspirateur
- Entonnoir

### 1.2 Réactifs

#### Demande Biochimique en oxygène $DBO_5$

- Hydroxyde de Lithium (LiOH) : Base très forte, toxique, corrosive. Il absorbe le  $CO_2$  dégagé lors de la dégradation de la matière organique par les microorganismes. Il est utilisé à raison de 0,4 g pour chaque cupule.

#### Azote ammoniacal (LCK 303)

- Hydroxyde de sodium
- Trac roubine acétique, sodium

#### Demande Chimique en Oxygène (LCK 114)

- 90% d'acide sulfurique,
  - sulfate de mercure, bichromate de potassium.
-

## II. Matériel des analyses bactériologiques

### 2.1- Appareillage et verrerie

- Tube à essaie
- Flacon stérile de 250 ml
- Pipettes
- Bec Benzène
- Porte tubes
- Gant de protection
- Bain marie
- Incubateur, capable de maintenir une température de  $36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Incubateur, capable de maintenir une température de  $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$

### 2.2 Réactifs

- Réactifs d'ERLICH-KOVACS
  - Paraméthylamine-benzaldéhyde 3 à 5g
  - Alcool iso amylique 75 ml

### 2.3 Milieux de culture

- **Milieu BCPL**

Pour 1 litre de milieu :

- Tryptone.....5,0 g
- Extrait de viande .....3,0 g
- Lactose .....5,0 g
- Pourpre de bromocrésol.....25,0 mg

pH du milieu prêt-à-l'emploi à  $25^{\circ}\text{C}$  :  $6,7 \pm 0,2$ .

- **Milieu Schubert**

Pour 1 litre de milieu :

- Peptone pancréatique de gélatine.....5,0 g
-

- Extrait de viande .....3,0 g
- Lactose .....5,0 g

pH du milieu prêt-à-l 'emploi à 25°C :  $6,9 \pm 0,2$ .

- **Milieu ROTHE**

Pour 1 litre de milieu :

- Polypeptone .....20,0 g
- Glucose .....5,0 g
- Chlorure de sodium.....5,0 g
- Phosphate monopotassique.....2,7 g
- Phosphate dipotassique.....2,7 g
- Azide de sodium.....0,2 g

pH du milieu prêt-à-l 'emploi à 25°C :  $6,8 \pm 0,2$ .

- **Milieu EVA LITSKY**

Pour 1 litre de milieu :

- Polypeptone.....20,0 g
- Glucose.....5,0 g
- Chlorure de sodium .....5,0 g
- Phosphate monopotassique .....2,7 g
- Phosphate dipotassique .....2,7 g
- Azide de sodium .....0,3 g
- Ethyl-violet .....0,5 mg

pH du milieu prêt-à-l 'emploi à 25°C :  $6,8 \pm 0,2$ .

---

**✚ Etape 1 :**

Tubes à essai contenant 9 ml d'eau distillée dans lesquels on ajoute 1 ml de notre échantillon. Nous prenons 4 tubes pour chaque échantillon, le nombre d'échantillon étant au nombre de 3.



**✚ Etape 2 :**

Pour la recherche des coliformes, nous avons utilisé la méthode du NPP.

Nous avons pris le milieu BCPL 3 x 2 tubes S/C et 3 tubes D/C.



**Etape 3 :**

Pour le milieu BCPL D/C on ajoute 10 ml de la solution diluée dans chacun des 3 tubes,

A l'aide d'une pipette on ajoute 1 ml dans les 3 tubes BCPL S/C et 0.1 ml dans les 3 autres tubes BCPL S/C.

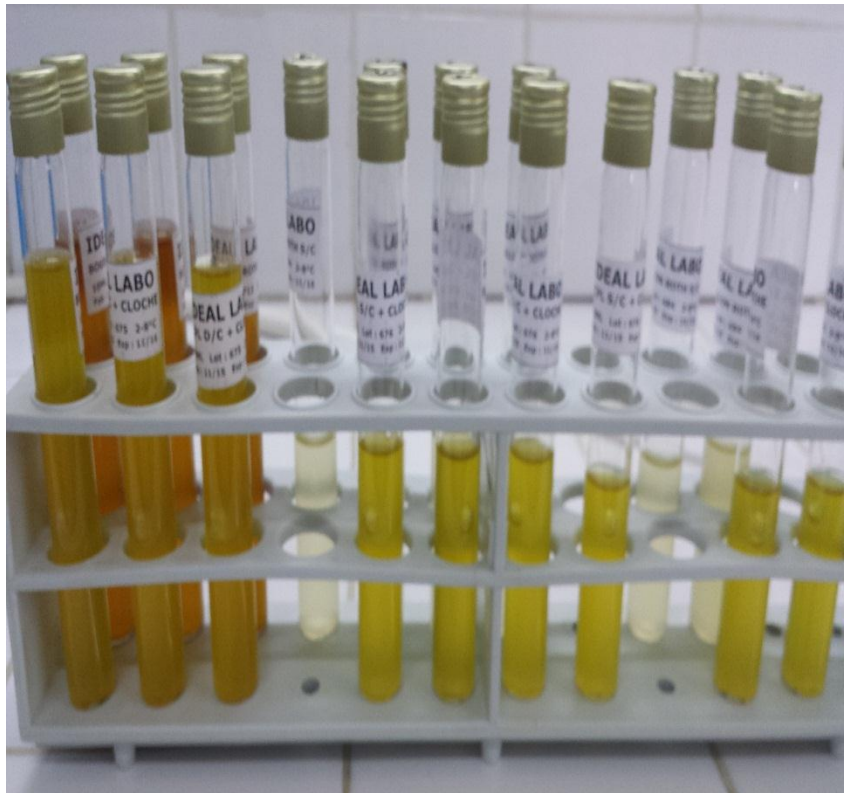
**Etape 4 :**

Les échantillons sont ensuite mis en incubations pendant 24 à 48 heures.



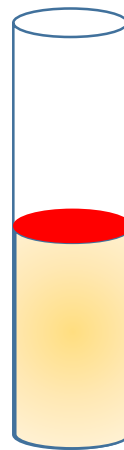
**Etape 5 :**

Un dégagement de gaz et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune.

**Etape 6 :**

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures



**Figure 35 :** Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux sur milieu liquide par la méthode du NPP.



**Etape 1 :**

On a effectué la même dilution que le test précédent.

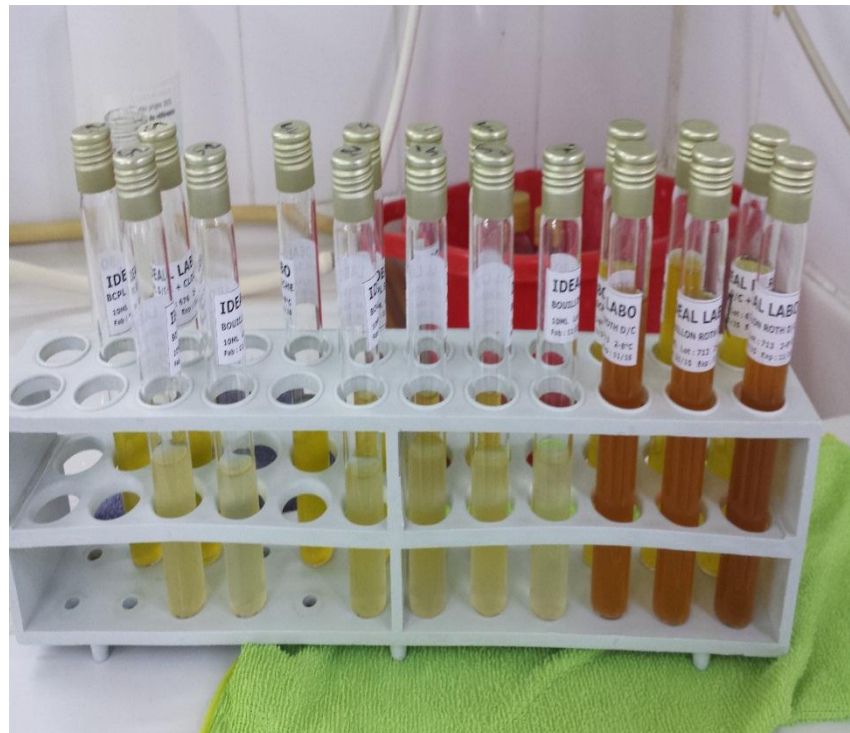
Pour le milieu ROTHE D/C on ajoute 10 ml de la solution diluée dans chacun des 3 tubes,

A l'aide d'une pipette on ajoute 1 ml dans les 3 tubes ROTHE S/C et 0.1 ml dans les 3 autres tubes ROTHE S/C.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

**Etape 2 :**

Les tubes présentant un trouble microbien feront l'objet d'un repiquage sur le milieu EVA LITSKY.



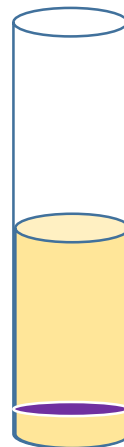
**Etape 3 :**

Les tubes ROTHE trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans un tube contenant le milieu EVA LITSKY.

L'incubation se fait cette fois dans un bain marie à 37°C pendant 24 heures.

**Etape 4 :**

Seront considéré comme positif les tubes présentant un trouble microbien et Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes



**Figure 36 :** Recherche et dénombrement des Streptocoques du groupe D par la méthode d'ensemencement sur milieu liquide (NPP).



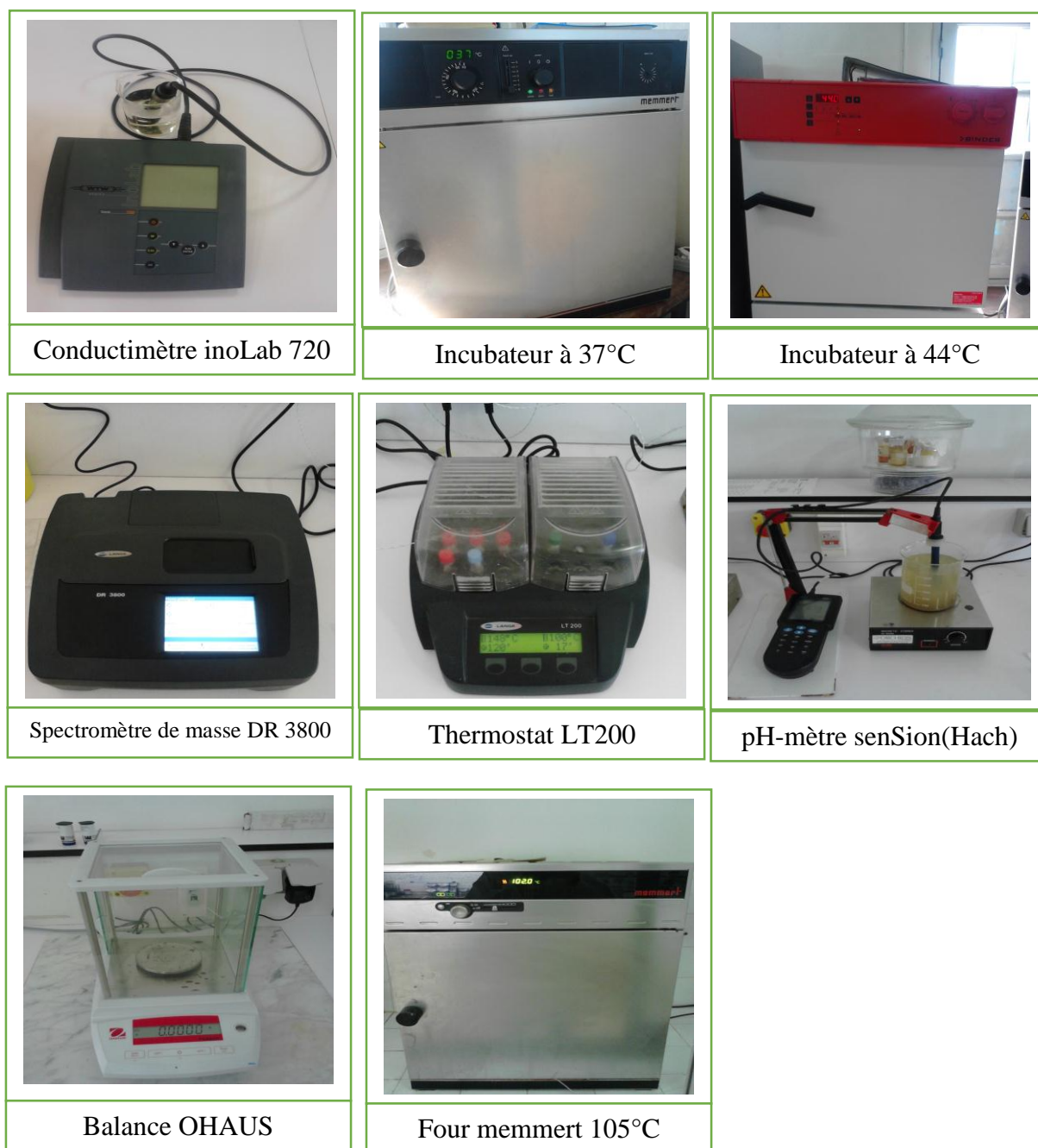


Figure 37 : Matériel utilisés durant notre travail. (Photo originale, 2016)

## Azote ammoniacal

### • Etape 1

Nous avons utilisé la méthode Kit Hach LCK302 (voir image). Un dispositif efficace et donnant les résultats dans un bref délai.



### • Etape 2 :

Le Dosi cap zip (voir image), après injection de 0.2ml d'eau de notre échantillon et passé à incubation dans le thermostat LT200 pendant 15 mn (Voir étape 3).



### • Etape 3

Après incubation, insérer la cuve dans le spectromètre de masse DR3800 (image à droite).

Le résultat s'affichera en mg/l.



**Figure 38** : Etapes d'analyse de l'azote ammoniacal. (Photo originale, 2016)

## ✚ Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

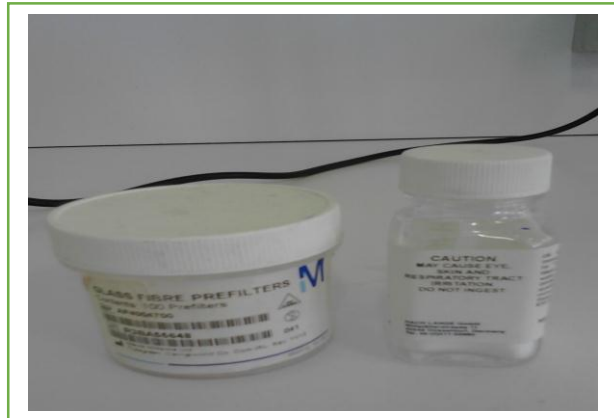
### • Etape 1

Pour la détermination de la DBO<sub>5</sub>, nous avons utilisé la méthode instrumentale OxiTop® IS12. On a ajouté 250ml d'eau de notre échantillon en utilisant une éprouvette graduée.



### • Etape 2 :

Nous avons ajouté ensuite une pincée de LiOH dans le flacon noir (voir image étape 1), et une pincée du bicarbonate de sodium (boite à gauche sur l'image).



### • Etape 3

Par la suite les tubes de DBO<sub>5</sub> sont placés dans l'armoire thermorégulatrice à l'abri de la lumière, ils y resteront durant 5 jours.



**Figure 39** : Etapes d'analyse de la demande biochimique en oxygène. (Photo originale, 2016)

## ✚ Demande Chimique en Oxygène (DCO)

### • Etape 1

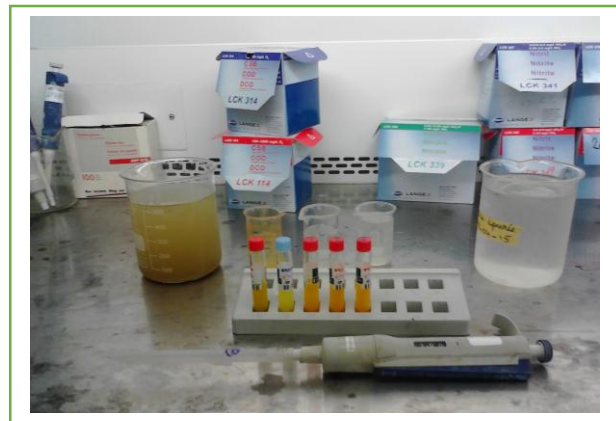
Pour la détermination de la DCO, nous avons utilisé des kits hauts gamme 150 mg/l de LCK 114.



### • Etape 2 :

Nous avons pris des cuves de gamme indiqué dans lesquels on a injecté 2 ml de nos échantillons ( $S_1$ ,  $S_2$  et  $S_3$ ), à l'aide d'une micropipette.

Agiter la cuve en la tenant par le bouchon pour éviter de se brûler étant donné que le tube s'échauffe.



### • Etape 3

Chauffer les cuves en  $148^{\circ}\text{C}$  pendant 2 heures dans le Thermostat LT200.

Insérer les cuves dans le spectromètre de masse DR3800 et la valeur de la DBO s'affichera en  $\text{mg O}_2/\text{l}$



**Figure 40** : Etapes d'analyses de la demande chimique en oxygène. (Photo originale, 2016)

## ✚ Matière En Suspension (MES)

### • Etape 1

Nous avons pris des creusets dans lesquels nous avons mis des nanofiltres, Cet ensemble est ensuite peser, la valeur obtenu est dite  $m_0$ .



### • Etape 2 :

Les nanofiltres sont ensuite placés entre l'erenmeyer et l'entonnoir, dans lequel on verse l'échantillon filtré et l'aspirateur est mis en marche en parallèle.

Une fois toute l'eau aspiré, c'est à dire de l'entonnoir vers l'erenmeyer en traversant le nanofiltre. Les nanofiltres sont extraits et replacés dans le creuset à l'aide d'une pince.

On les place ensuite dans le four à  $305^{\circ}\text{C}$  pendant au moins 2h.



### • Etape 3

A la fin de l'incubation, les creusets plus les nanofiltres sont placés dans le dessiccateur environ 30 mn.

On les pèse ensuite et les valeurs obtenues sont dite  $m_1$ ,  $m_2$  et  $m_3$  selon l'échantillon.



**Figure 41** : Etapes d'analyse des matières en suspension. (Photo originale, 2016)

**Tableau XI** : Qualités physico-chimiques des eaux du lac de Réghaïa entre 1993 à 2016.

Paramètres	Unités	Avant la mise en service de la STEP (1993)	STEP opérationnelle			Limites Normes officiels Algériennes
		Lac (1993)	Lac (2000)	Lac (2015)	Lac (2016)	
Température	°C	20.56	20.6	15.28	18.65	<25
Conductivité	$\mu S/cm$	2.13	2.4	1478	1488	<3
pH		7.39	7.8	7.8	7.55	6.5 à 8.5
DCO	mg/l	307	223,4	49.53	106	<40
DBO <sub>5</sub>	mg/l	53	70	...	56	<10
MES	mg/l	355	585.2	...	135	<70
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	9.5	14	13.23	26.32	<2
CT	N/100ml	...	...	....	<4900	<5000/100 ml
CF	N/100ml	....	...	...	<4900	<5000/100 ml
EI	N/100ml	...	...	...	<4900	<5000/100 ml



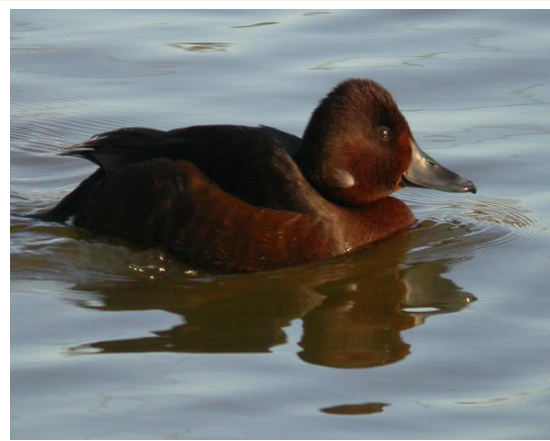
Nom de la zone humide	Année d'ins*	Superficie (ha)	Type de zone humide	Wilaya	Critères Ramsar d'inscription
Lac Tonga	1982	2.700	Lac d'eau douce côtier, marais et aïnale	El Tarf, commune de Gum Tboul Parc National d'El kala	5 critères sur 8 (1, 2, 3, 5, et 6).
Lac Oubelra	1982	2.200	Lac d'eau douce côtier. Végétation périphérique	El Tarf, commune d'El Frine, Parc National d'El kala	3 critères sur 8 (1, 5 et 6).
Le lac des oiseaux	1999	170	Lac d'eau douce côtier. Végétation en périphérie	El Tarf, commune du lac des oiseaux	2 critères sur 8 (3, et 6).
Chott Ech Chergul	2001	855.500	Chott salé, continental saumâtre et d'eau douce. Forêt humide de Tamarix	Wilaya de Saida, Nâama, El Bayadh	3 critères sur 8 (1, 2, et 4).
Guerbes	2001	42.100	Plaine d'inondation côtière, lacs d'eau douce et saumâtres, marais, aïnale.	Wilaya de Skikda	5 critères sur 8 (1, 2, 3, 6, et 8).
Chott El Hodna	2001	362.000	Chott et sebkhia continentaux, sources d'eau douce	Wilaya de M'Sila et Batna	4 critères sur 8 (1, 2, 3 et 7).
Vallée d'Iherir	2001	6.500	Gueltales d'eau douce continentales sahariennes	Wilaya de Illizi	4 critères sur 8 (1, 2, 3 et 4).
Gueltales d'Islikarassene	2001	35.100	Gueltales d'eau douce continentales sahariennes	Wilaya de Tamanrasset	4 critères sur 8 (1, 2, 3 et 7).
Chott Merouane et Oued Khrouf	2001	337.700	Chott continental alimenté d'eau de drainage et oued	Wilaya d'El Oued et de Blokra	2 critères sur 8 (5 et 6).
Marais de la Macta	2001	44.500	Marais côtier et Oued	Wilaya de Mascara, Oran et Mostaganem	3 critères sur 8 (1, 3 et 5).
Oasis de Ouled Saïd	2001	25.400	Oasis et foggara	Wilaya de Adrar Commune de Ouled Saïd	1 critère sur 8 (1). 1 critère sur 8 (6).
Sebkhia d'Oran	2001	56.870	Sebkhia ou lac salé continental	Wilaya d'Oran Wilaya de Adrar	1 critère sur 8 (3).
Oasis de Tamenit et Oid Ahmed Timmi	2001	95.700	Oasis et foggara	Commune de Tamentit Wilaya de Nâama	2 critères sur 8 (1 et 3).
Oasis de Moghrar et Tiout	2003	195.500	Oasis et foggara	Wilaya de Djelfa	2 critères sur 8 (1 et 2).
Zehrez Chergul	2003	50.985	Chott et sebkhia continentaux	Wilaya de Djelfa	2 critères sur 8 (1 et 2).
Zehrez Gharbi	2003	52.500	Chott et sebkhia continentaux	Wilaya de Tamanrasset	2 critères sur 8 (1 et 2).
Gueltales d'Affial	2003	20.900	Gueltales d'eau douce continentales sahariennes	Wilaya de Tiemcen	1 critères sur 8 (1).
Grotte de Ghar Boumâza	2003	20.000	Grotte karstique continentale et oued	Wilaya d'El Tarf	4 critères sur 8 (1, 4, 5 et 6).
Marais de la Mekhoda	2003	8.900	Marais d'eaux douces et saumâtres	Wilaya d'El Oued et de Blokra	2 critères sur 8 (1 et 2).
Chott Meighir	2003	551.500	Chott et Sebkhia salés continentaux	Wilaya d'Alger	3 critères sur 8 (1, 2 et 3).
Lac de Réghaïa	2003	842	Lac, marais et oued côtiers	Communes de Réghaïa et Hensoua Wilaya d'El Tarf, Commune de, Parc National d'El Kala	1 critère sur 8 (1).
Lac Noir	2003	5	Tourbière morte	Wilaya d'El Tarf, Commune de Aïn Khlar, Parc National d'El Kala	1 critère sur 8 (1).
Aïnales de Aïn Khlar	2003	170	Aïnales et oued d'eau douce	Wilaya de Jijel	3 critères sur 8 (1, 2 et 2).
Lac de Béni Belsaid	2003	600	Lac, marais, aïnale et oued côtiers d'eau douce	Wilaya de Nâama	1 critère sur 8 (1).
Cirque de Aïn Ouarka	2003	2.350	Lacs et sources d'eaux chaudes et froides, cirque géologique	Wilaya de Annaba	3 critères sur 8 (1, 5 et 6).
Lac de Fetzara	2003	20.680	Lac d'eau douce		

**Figure 42** : Les sites d'Algérie inscrits sur la liste de la convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale entre 1982 et 2002.

➤ **Trois espèces d'oiseaux protégées par l'UICN**



La Sarcelle marbrée (Thibault M.)



Le Fuligule nyroca (Thibault M.)



La Talève sultane (Thibault M.)

➤ **Les oiseaux d'eau migrateurs et hivernants**



Echasse blanche (Thibault M.)



Ibis falcinelle (Thibault M.)





Flamants rose (Thibault M.)



Canard chipeaux (Thibault M.)



Canard souchet (Thibault M.)

➤ Oiseaux liées aux écosystèmes terrestres ; Reptiles et amphibiens



Etalon blanc (Thibault M.)



Emydes lépreuses (Thibault M.)

**Système d'ensemencement n° 1 : nombre le plus probable et intervalle de confiance**

Nombre de tubes contenant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml	Limites de confiance à 95 %	
3 tubes de 10 mL	3 tubes de 1 mL	3 tubes de 0,1 mL		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	12
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	139
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	260	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 190	150	4 800

**Figure 43 :** Table du nombre le plus probable et intervalle de confiance.





**Figure 44** : Difficulté de navigation sur le lac. (Photo originale, 2016)