

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE DE SAAD DAHLEB-BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES ET BIOLOGIQUES  
**DEPARTEMENT DE BIOLOGIE**

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme  
De Master en Biologie  
Option : Restauration des écosystèmes aquatiques et continentaux

**THEME**

**TRAITEMENT DES EAUX USEES DE REGHAIA ET  
L'IMPACT SUR LE MILIEU RECEPTEUR LAC DE  
REGHAIA**

Soutenu le 19/09/2013

**Présenté par : Mlle MELLAS AFFAF**

**Devant un jury composé de :**

<b>Mme. KADRI.F</b>	<b>MAA USDB</b>	<b>Présidente</b>
<b>Mme. AMAROUCHE.N</b>	<b>MAA USDB</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme. OUARAB.B</b>	<b>MCB USDB</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mme. OUADAH.N</b>	<b>MAA USDB</b>	<b>Promotrice</b>



## Remerciements

Au terme de ce travail je tiens à remercier dieu tout puissant qui m'a donné la force, le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier mes enseignants pour leurs efforts et conseils, je remercie Mme **OUADAH.N** pour ses pertinents critiques et corrections et suggestions.

J'exprime ma profonde gratitude à Mme **KADRI.F** de m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

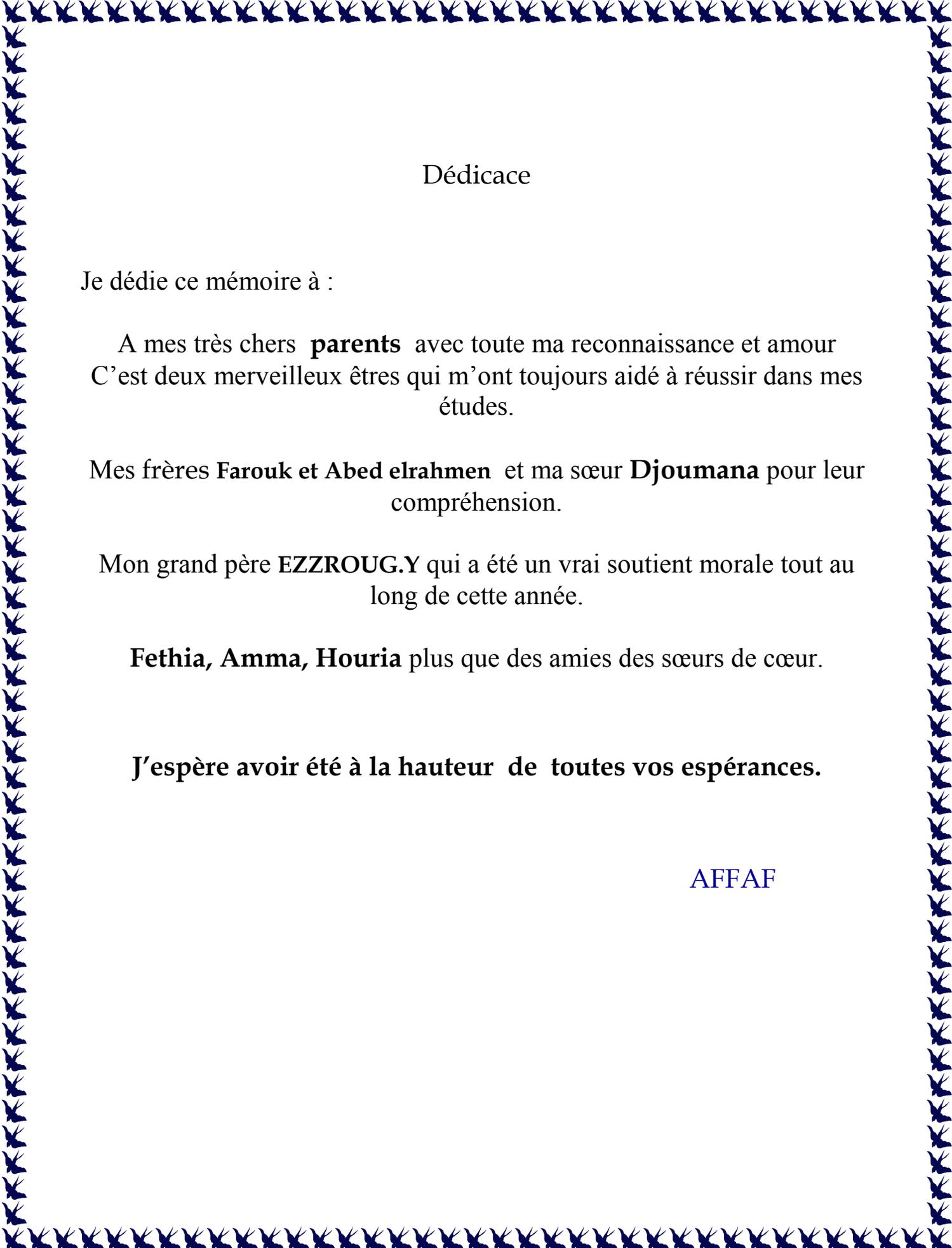
Je remercie vivement les membres du jury Mme **AMAROUCHE.N** et Mme **OUARAB.S** de bien vouloir accepter d'examiner ce modeste travail.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent à toute l'équipe de la station d'épuration SEAAL de Réghaïa surtout **Mr HAMOUNI.S** et aussi l'équipe du laboratoire d'analyse physico chimique et bactériologique de Tipaza.

Je remercie les responsables de la réserve naturelle de Réghaïa.

Je remercie mes parents qui m'ont encouragé pour réaliser mon mémoire.

**AFFAF**



## Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

A mes très chers **parents** avec toute ma reconnaissance et amour  
C'est deux merveilleux êtres qui m'ont toujours aidé à réussir dans mes  
études.

Mes frères **Farouk et Abed elrahmen** et ma sœur **Djoumana** pour leur  
compréhension.

Mon grand père **EZZROUG.Y** qui a été un vrai soutien morale tout au  
long de cette année.

**Fethia, Amma, Houria** plus que des amies des sœurs de cœur.

**J'espère avoir été à la hauteur de toutes vos espérances.**

**AFFAF**

## Résumé

L'objectif de cette étude est l'évaluation du rendement épuratoire de la STEP de Réghaïa qui assure un traitement secondaire et un traitement tertiaire et l'étude de la qualité des eaux du lac de Réghaïa afin de déterminer l'impact des eaux rejetées sur la qualité des eaux de lac de Réghaïa.

Pour cela, notre étude était basé sur plusieurs analyses : physico-chimique (azote total, ammonium, nitrite, nitrate, phosphate, chrome), microbiologique (coliforme totaux, fécaux, streptocoque, ASR, salmonelle, vibron cholérique) et parasitologique.

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques montrent que les eaux rejetées par la STEP repondent aux normes des rejets car elles présentent une bonne élimination de MES, DBO<sub>5</sub>, DCO, avec des rendements respectifs 95%,96%,88%.

Les analyses bactériologiques ont montré dans l'ensemble un bon rendement épuratoire avec des rendements supérieurs à 90%.

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de lac montrent que les eaux de lac de Réghaïa souffrent vraiment d'une pollution chimique et bactériologique avancée se qui rend les eaux impropre a tout usage et mettent en péril tout l'écosystème de la zone humide de Réghaïa.

Les mots clés : la zone humide, eaux urbaines, eaux industrielles, analyses physico chimiques, analyses microbiologiques, lac de Réghaïa.

## Summary

The objective of the study is to evaluate the treatment efficiency of the STEP of Réghaïa which provides secondary treatment and tertiary treatment and evaluation of water quality of Lake Réghaïa to determine the impact of water discharged this quality.

Therefore, our study was based on several analyzes: physico-chemical, microbiological and parasitological.

The results of physico-chemical and microbiological analyzes show that the water discharged from the STEP standards depend releases because they have a good removal of MES, DBO, DCO, with returns 95%, 96%, 88%.

Bacteriological analyzes showed overall good treatment efficiency with over 90% yields.

The results of physico-chemical and bacteriological analyzes of lake waters, the waters of Lake Réghaïa really suffering from advanced chemical and bacteriological pollution is making improper use all waters and threaten the entire ecosystem of the wetland Réghaïa.

Key words: the wetland of Réghaïa, urban water, industrial water pollution, physico-chemical analyzes, Bacteriological analyzes, Lake of Réghaïa.

## ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم كفاءة العلاج من محطة تنقية المياه الرغاية التي توفر المعالجة الثانوية والثالثية وتقييم نوعية المياه في بحيرة الرغاية لتحديد تأثير المياه المصرفة على هذه النوعية.

ولذلك، استندت دراستنا على عدة تحليلات: الفيزيائية والكيميائية (النيتروجين الكلي، الأمونيوم والنتريت والنترات والفوسفات والكروم) والميكروبيولوجية (مجموع القولونيات، العقديات البرازية، السالمونيلا، الضمة) والطفيلية.

نتائج الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية تبين أن المياه المنصرفة من محطة الرغاية تستجيب لمعايير النوعية بحيث يوجد إزالة جيدة من  $MES$ ,  $DBO$ ,  $DCO$ ، مع عوائد 95%، 96%، 88%.

وأظهرت التحاليل البكتريولوجية عموماً كفاءة حسنة مع مردود يفوق 90%.

نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه البحيرة تظهر أن مياه بحيرة الرغاية تعاني حقا من

تلوث كيميائي و بكتريولوجي متقدم وهو سبب عدم الاستفادة من المياه و بالتالي يشكل تهديد لنظام البيئي بأكمله.

الكلمات الرئيسية: بحيرة الرغاية الأراضي الرطبة , مياه المناطق الحضرية، المياه الصناعية، تحليلات الفيزيائية والكيميائية، التحاليل البكتريولوجية، بحيرة الرغاية.

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Glossaire	

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
---------------------------	---

### Chapitre I : Synthèse bibliographique

#### **I-Généralité sur les eaux usées**

1-Définition d'eau usée .....	2
2- Origine des eaux usées .....	4
3- Les eaux usées : un réservoir de polluant .....	7

#### **II- Critère d'évaluation de la pollution**

1-Critères organoleptiques .....	7
2- Critères physique .....	8
3- Critères Chimique .....	9

#### **III- L'assainissement en Algérie.....**

#### **IV- Les biotechnologies appliquées dans le traitement des eaux usées.....**

#### **V- Les caractéristiques de la station d'épuration de Réghaïa.....**

#### **VI- Les zones humides**

1-Définition .....	16
2- Les fonctions des zones humides .....	17

#### **VII - Description du lac de Réghaïa.....**

1-Localisation générale .....	18
2-Historique .....	19
3-Les différents écosystèmes .....	20

#### **VIII- Caractéristiques physiques du lac de Réghaïa**

##### **1-les facteurs Biotiques**

1-La flore remarquable .....	21
2-Faune terrestre .....	22

2-Les facteurs abiotiques .....	23
IX- L'environnement Economique .....	24

## Chapitre II : Matériel et méthodes

<b>I-Matériel</b> .....	24
2-Echantillonnage et mode de prélèvement .....	28
<b>II-méthodes</b>	
1-Analyses physicochimiques .....	34
2-Analyses microbiologiques .....	43
3-Recherche des Champignons .....	43
4-Dénombrement des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires.....	44

## Chapitre III : Résultat et discussion

### **La partie STEP**

I-Characterisation physico-chimique .....	54
II-Characteristiques bactériologique .....	58
III-Rendement épuratoire.....	62
IV- La flore fongique .....	63
V-Œufs d'helminthes et les kystes de protozoaires.....	64

### **La partie lac**

I-Analyses physico-chimiques	
a) Analyses physiques.....	65
b) Analyse chimique.....	69
II-Analyses bactériologiques.....	71

<b>Conclusion</b> .....	72
-------------------------	----

Référence bibliographique

Annexe

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Intégration des eaux usées traitées dans le cycle général des ressources en eau.....	2
<b>Figure 2.</b> Origine et principales caractéristiques de la pollution des eaux .....	4
<b>Figure 3.</b> Image de la STEP de Réghaïa.....	11
<b>Figure 4.</b> Système d'alimentation de la STEP de Réghaïa.....	12
<b>Figure 5.</b> Les dégrilleurs de la station d'épuration de Réghaïa.....	13
<b>Figure 6.</b> Les bassins de dessablage /désuilage .....	13
<b>Figure 7.</b> Les Classificateurs à sables.....	13
<b>Figure 8.</b> Les décanteurs Primaires.....	14
<b>Figure 9.</b> Le bassin d'aération .....	14
<b>Figure 10.</b> Les décanteurs secondaires .....	14
<b>Figure 11.</b> La salle de filtration.....	15
<b>Figure 12.</b> La sortie des eaux traitées.....	15
<b>Figure 13.</b> Etapes d'une filière de traitement des eaux.....	16
<b>Figure 14.</b> Situation géographique de la zone d'étude.....	18
<b>Figure 15.</b> Le marais de Réghaïa en 1972 et 2000 .....	19
<b>Figure 16. (a,d,c,d,e).</b> Les différents écosystèmes.....	19
<b>Figure 17.</b> (1, 2, 3, 4) : Les espèces les plus rares.....	21
<b>Figure 18 (a, b):</b> Les mammifères de la zone humide.....	22
<b>Figure 19.</b> Réseau Hydrique d'alimentation du lac de Réghaïa.....	23
<b>Figure 20.</b> Répartition des stations d'échantillonnage sur le lac de Réghaïa.....	26
<b>Figure 21.</b> Préparation des dilutions.....	35
<b>Figure 22.</b> Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	37
<b>Figure 23.</b> Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux.....	38
<b>Figure 24.</b> Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies Sulfito-Réducteurs.....	40
<b>Figure 25.</b> Recherche des salmonelles.....	42
<b>Figure 26.</b> Recherche des vibrions cholériques.....	44
<b>Figure 27 .</b> Variation de la température suivant les étapes de traitement. ....	47
<b>Figure 28.</b> Variation de pH suivant les étapes de traitement.....	48
<b>Figure 29.</b> Variation de la conductivité suivant les étapes de traitement.....	48
<b>Figure 30.</b> Variation des MES suivant les étapes de traitement.....	49
<b>Figure 31.</b> Variation de la DBO <sub>5</sub> suivant les étapes du traitement. ....	50
<b>Figure 32 .</b> Variation de la DCO suivant les étapes du traitement.....	50
<b>Figure 33.</b> Variation de l'azote total suivant les étapes du traitement.....	52
<b>Figure 34.</b> Variation des nitrates suivant les étapes du traitement.....	53

<b>Figure 35.</b> Variation des nitrites suivant les étapes du traitement.....	54
<b>Figure 36.</b> Variation de l'ammonium suivant les étapes du traitement.....	54
<b>Figure 37.</b> Variation des phosphates suivant les étapes de traitement .....	55
Figure 38. Réduction du nombre des coliformes totaux après le traitement. ....	56
<b>Figure 39.</b> Réduction du nombre de coliformes fécaux après le traitement.....	57
<b>Figure 40.</b> Réduction du nombre des streptocoques après le traitement.....	58
<b>Figure 41.</b> Réduction du nombre des ASR après le traitement.....	58
<b>Figure 42.</b> Rendement de l'élimination des MES .....	59
<b>Figure 43.</b> Rendement de diminution de la DBO <sub>5</sub> .....	60
<b>Figure 44.</b> Rendement de diminution de la DCO.....	60
<b>Figure 45.</b> Rendement d'élimination des coliformes totaux.....	61
<b>Figure 46.</b> Rendement de diminution des coliformes fécaux.....	61
<b>Figure 47.</b> Rendement de diminution des streptocoques fécaux.....	62
<b>Figure 48.</b> Rendement de diminution des ASR.....	63
<b>Figure 49.</b> Examen microscopique direct pour l'identification des <i>Candida sp</i> .....	64
<b>Figure 50.</b> variation de la température.....	65
<b>Figure 51.</b> Variation du PH.....	66
<b>Figure 52.</b> Variation de la conductivité.....	66
<b>Figure 53.</b> Variation de la turbidité.....	66
<b>Figure 54.</b> Variation du nitrate.....	68
<b>Figure 55.</b> Variation de nitrite.....	68
<b>Figure 56.</b> Variation de l'ammonium.....	69
<b>Figure 57.</b> Variation du phosphate.....	69
<b>Figure 58.</b> Variation de la DCO.....	69
<b>Figure 59.</b> Variation de la DBO <sub>5</sub> .....	70
<b>Figure 60.</b> Variation des coliformes totaux en fonction des saisons.....	71
<b>Figure 61.</b> Variation des coliformes fécaux en fonction des saisons.....	71
<b>Figure 62.</b> Variation des streptocoques fécaux en fonction des saisons.....	71
<b>Figure 63.</b> Variation des clostridium en fonction des saisons.....	72

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Rapport entre la conductivité et la minéralisation.....	8
<b>Tableau 2.</b> les diverses fonctions des zones humides .....	17
<b>Tableau 3.</b> Nombre d'espèces d'oiseaux du lac protégées au plan national et international.....	21
<b>Tableau 4.</b> La démarche expérimentale.....	28
<b>Tableau5.</b> Rendement épuratoire des paramètres physico-chimique.....	58
<b>Tableau6.</b> Rendement épuratoire des paramètres bactériologiques .....	60
<b>Tableau7</b> La flore fongique.....	62
<b>Tableau8</b> Œufs d'helminthes et les kystes de protozoaires .....	63

## Liste des abréviations

**CITES** =La Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction.

**DH**= Direction hydraulique.

**EB**= Eau brute.

**EE**= Eau épurée.

**EF**= Eau filtrée.

**OMS**= Organisation mondiale de la santé

**ONA**= Office national d'assainissement.

**PCB**= Les polychlorobiphényles ou encore parfois dits « pyralènes ».

**STEP**= Station d'épuration des eaux usées.

**TIAC** = Une toxi-infection alimentaire collective.

**UICN** =L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature est la plus grande et la plus ancienne des organisations globales environnementales au monde.

## Glossaire

**Abattement** : On parle d'abattement de concentration lorsqu'on compare leur valeur avant et après une étape de traitement de type filtration (**Jarde, 2000**).

**Adsorption** : Phénomène de surface par lequel des molécules de gaz ou de liquide se fixent sur les surfaces liquides (**Jarde, 2000**).

**Anoxie** : absence d'oxygène.

**Asymptomatique** : se dit d'une infection sans signe clinique mais pour laquelle le malade multiplie et excrète des virus.

**Dénitrification** : respiration dissimulatrice des nitrates par des bactéries anaérobies facultatives  $\text{NO}^{-3}$  est l'accepteur d'électrons conduisant à la composition des composés gazeux  $\text{NO}_2, \text{N}_2\text{O}, \text{N}_2$  (**Amir, 2005**).

**Eutrophisation** : L'enrichissement de l'eau par les éléments nutritifs notamment des composés d'azote et de phosphore, provoquant un développement accéléré d'algues et de végétaux se qui provoquent un déséquilibre indésirable pour les organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau (**Jarde, 2000**).

**Fagne** : terrain marécageux.

**La méthémoglobine** : une forme d'hémoglobine oxydée, incapable d'assurer sa fonction de transport de l'oxygène vers les tissus (**Larousse médical, 2010**)

**Les nitrosamines** : Des dérivés des nitrates et nitrites, constituent une famille de composés chimiques extrêmement dangereux. Les nitrosamines ont manifesté un pouvoir cancérigène sur de nombreux organes et ceci pour toutes les espèces animales testées (**Larousse médical, 2010**).

## INTRODUCTION

L'eau est un bien précieux qui subit diverses pollutions et dégradations : les écosystèmes et la santé des personnes en sont directement impactés. Les pollutions présentes dans l'eau sont d'origines diverses : industrielle, domestique ou agricole (**BASSOMPIERRE, 2007**). L'eau est devenue un enjeu stratégique mondial dont la gestion doit impérativement s'intégrer dans une perspective politique de développement durable.

Dans la nature les eaux de surfaces sont les plus fréquemment contaminées par les éléments biologiques et par les différents types de rejets liquides ou solides. Ces phénomènes de pollution de l'eau sont placés actuellement en tête des problèmes de l'environnement.

Le lac de Réghaïa est considéré comme site à très grande importance, sa particularité est d'être la seule zone humide de l'Algérie qui échappée à la dégradation, il est considéré comme le seul vestige de l'ancienne Mitidja marécageuse.

La station d'épuration de Réghaïa a pour mission de réduire la charge polluante et de rejeter une eau bien épurée répondant à des normes précises et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques. Côté pollution environnementale, le lac ne constitue pas plus d'un réceptacle finale des eaux urbaines et industrielles. Quotidiennement le lac reçoit environ 70000 m<sup>3</sup> d'eau polluée, ainsi que le pompage excessif pour l'irrigation des terres agricoles alentour du lac, ce qui n'est pas sans provoquer la disparition de la végétation aquatique et de poissons d'eau douce comme la carpe royale et l'anguille .

La loi sur l'eau de janvier 1992, exige que tous les ménages doivent être raccordés à un réseau d'assainissement pour collecter les eaux usées et les transporter puis les épurer, avant de les rejeter dans le milieu récepteur ou de leur réutilisation à des fins agricoles.

L'objectif de notre étude est l'étude de fonctionnement et le suivi de la qualité des eaux de la STEP de Réghaïa et d'évaluer l'impact des eaux rejetées sur le milieu récepteur (lac de Réghaïa).

## Conclusion

La station d'épuration de Réghaïa est une installation très importante non seulement par son étendu mais aussi par son fonctionnement rationnel, malgré que la station reçoit des eaux mixtes d'origine urbaines et industrielles. En effet, la station atteint son objectivité scientifique qui est l'élimination des contaminants drainées par les eaux usées et d'obtenir en fin de cycle de traitement une eau qui reprend à la norme de rejet.

Les résultats de nos analyses ont largement confirmé le bon fonctionnement de la station au plan des mesures analyses physico-chimiques.

Selon les résultats obtenus au cours de cette étude, nous constatons que :

- Le traitement biologique par boues activées présente une prestation très importante car elle présente une bonne élimination de MES, DBO5, DCO, avec des rendements respectifs 95%, 96%, 88%. Les résultats des analyses physico chimique sur les eaux traitées sont conformes aux normes de rejets dans les milieux naturels.
- Les analyses bactériologique et parasitologique ont montré dans l'ensemble un bon rendement épuratoire avec des rendements supérieurs à 90%, avec une absence de germe pathogène. En plus les analyses microbiologiques des eaux traitées sont conformes aux normes de rejet dans les milieux naturels.
- Les analyses de métaux lourds (Chrome III) montrent que le traitement biologique avec un rendement d'élimination de Chrome de 75% reprend à la norme.

Depuis sa mis en fonctionnement la STEP traite 30000 m<sup>3</sup>/j en moyenne, mais se qu'il rend la situation grave c'est l'existence des canalisations qui déversent directement des eaux usées dans le lac, ce qui rend inopérant le traitement de 30000 m<sup>3</sup>/j. En effet, de nombreux effluents industriels alimentent ce lac et l'autoépuration ne suffit plus pour rétablir un bon état écologique et sanitaire des eaux de surface du lac de Réghaïa.

Les eaux de lac de Réghaïa souffrent vraiment d'une pollution chimique avancée ce qui rend la zone humide de Réghaïa parmi les écosystèmes et les paysages les plus menacés du fait des pollutions et de la surexploitation de ses ressources.

En perspective, il est urgent de trouver des solutions pour la protection et la sauvegarde de ce patrimoine naturel de notre pays:

- L'utilisation des techniques de traitements simple, propre, amis à l'environnement, efficace, applicable a grande échelle à l'amont du lac afin d'éviter la pollution ce dernier.
- La sensibilisation des industries de l'importance de l'application de la loi sur l'eau de janvier 1992, qui exige que tout les ménages doivent être raccordés à un réseau d'assainissement pour collecter les eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur ou bien la disposition des stations d'épuration ou l'utilisation de en moins une filtration primaire des eaux industrielles avant d'être rejetées.
- L'installation des STEP pour les effluents industrielles en amont des deux oueds (oued el Biar et oued Réghaïa) qui sont les principaux effluents, pour minimiser la charge polluante qui déverse dans le lac.
- La nécessité de la séparation des eaux industrielles des eaux urbaines et de l'installation d'un traitement spécifique pour les effluents industrielles ou compléter le traitement biologique par un traitement spécifique pour les contaminants industrielles (métaux lourds).
- L'information des agriculteurs de l'importance de l'utilisation rationnelle des engrais et de l'importance de la zone humide de Réghaïa au plan national et international.

## Matériel et méthodes

Notre étude comporte deux parties la première a été réalisée au niveau de la Station d'épuration de Réghaïa, elle s'est étalée sur une période allant du mois de février jusqu'au mois de juin 2013 suivant le programme de la STEP une série d'analyses sur les paramètres indicateurs de pollution a été effectuée afin de donner les conditions optimales d'une bonne efficacité de la chaîne du traitement des eaux usées et de son rendement épuratoire ainsi que la qualité de l'eau épurée produite par la station et la comparer avec les normes de rejets **OMS (2006)**.

La deuxième partie a été réalisée au niveau du lac de Réghaïa s'est étalée sur une période allant du mois février jusqu'au mois de juin et afin d'établir une base de données et de suivi de la qualité de l'eau du lac de Réghaïa et dans le but d'illustrer les impacts sur le milieu, on a effectué des prélèvements d'échantillons d'eau a des points différents et des analyses physico-chimiques et microbiologique ont été ensuite réalisés.

### I-Matériel

#### a)-Matériel biologique

- Eau usée.
- Eau épurée.
- Eau filtrée.
- Eau de lac de Réghaïa.

#### b)-Matériel non biologique

Le matériel non biologique (appareillage, réactifs, solutions et milieux de culture) est mentionné en annexe II.

### 1-Echantillonnage et mode de prélèvement

#### a) Présentation des points de Prélèvements de la STEP

Dans cette étude, la méthode utilisée est le prélèvement manuel à l'aide d'une tige. On prélève à chaque fois 5L d'eaux à analyser dans des flacons de verre. Ces derniers sont transportés au laboratoire d'analyse dans une glacière à la température 4°C.

Trois points de prélèvement ont été choisis à savoir :

- Un premier prélèvement de l'eau brute n'ayant subit aucun traitement ;
- Un deuxième prélèvement de l'eau épurée qui sort du clarificateur ;
- Un troisième prélèvement de l'eau filtrée de la salle de filtration ;

### a) Présentation des points de Prélèvements du lac :

Les points de prélèvements du lac ont été choisis de façon à représenter la réalité du lac, 4 points ont été retenues : 2 représentant les zones de déversement des oueds el biar et Réghaïa ,1 point situé au centre et 1point situé à l'aval au niveau de la digue (fig.20).

Afin de s'affranchir des contaminations par les algues périphériques et les efflorescences accumulées sur les berges les échantillons d'eau sont pris à une distance de 10 mètres des berges. Le choix des points de prélèvements ont été fait sur les principaux cours d'eaux qui se déversent au niveau du lac, la partie centrale et au niveau de la digue.

Pour les paramètres bactériologiques on a pris trois points (A, B, D).

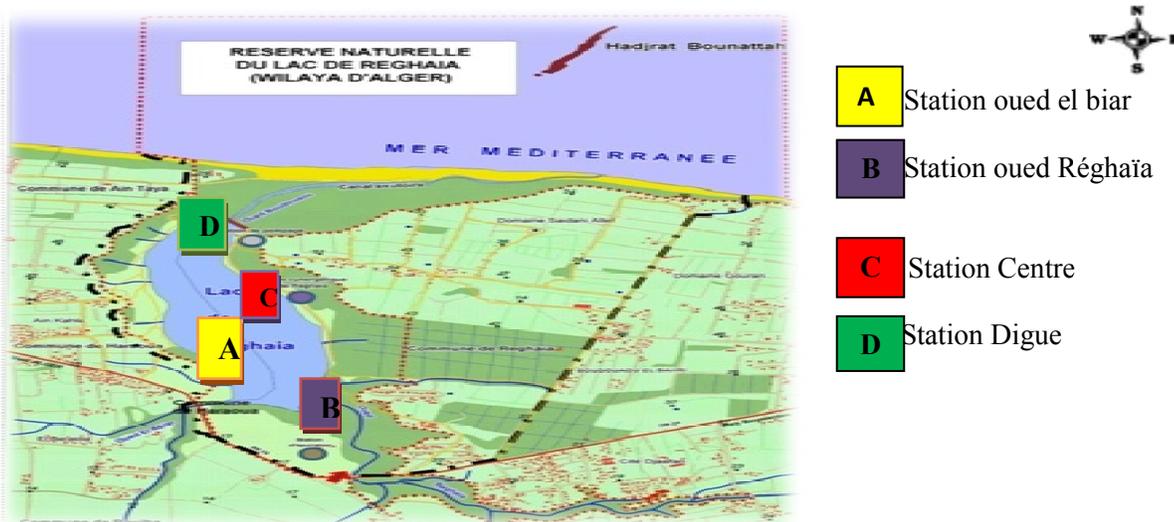


Figure20. Répartition des stations d'échantillonnage sur le lac de Réghaïa

### 2-Description des points de prélèvements :

**Point A :** Se trouve au Sud Ouest du lac (X :  $36^{\circ}.45. N$ , Y  $003^{\circ} 20$  ), c'est l'amont Ouest ou se déverse oued el biar, caractérisé par 1.5 de profondeur. Elle est entourée de terres agricoles d'où un pompage important d'eau pour l'irrigation. Elle est entourée d'arbres qui causent un ombrage important c'est une zone où le pâturage d'ovin et bovin est pratiqué.

**Point B :** Localisée au Sud Est du lac (X :  $36^{\circ} 45. N$ , Y  $003^{\circ} 20$  ) c'est l'amont Est où se déverse oued Réghaïa caractérisé par 2 de profondeur. Située en aval de la station d'épuration (STEP) c'est une zone entourée d'habitat précaire.

**Point C :** C'est le centre du lac (X :  $36^{\circ} 45. N$ , Y  $003^{\circ}19$ ), caractérisé par la plus grande profondeur (7mètres).

**Point D** : Elle est à une dizaine de mètres de la digue (X : 46° 38 .N, Y 003° 20), c'est une zone très fréquenté par les oiseaux d'eau caractérisé par 4.5 de profondeur, une station de pompage se trouve à proximité et qui sert à l'irrigation des terrains agricoles se trouvant dans la partie Est.

- La démarche expérimentale suivie est récapitulé dans le tableau suivant:

L'échantillon		La période De prélèvement	Nombre de prélèvement		Analyse physico chimique	Analyse microbiologique
			P/C	Micro		
Les eaux de la STEP	E. brute	Février à Juin	20	8	pH, T°, conductivite, MES, DBO, DCO, NT, NH <sup>4+</sup> , NO <sup>3-</sup> , NO <sup>2-</sup> , PT, cr <sup>3+</sup>	Coliforme totaux et fécaux, streptocoques fécaux, ASR, Flore fongique salmonelles, Vibron cholérique
	E. épurée		20	8		
	E. filtrée		20	8		
Les eaux de lac	Point A	Février	4	3	PH, T°, conductivité, turbidité, DBO, DCO, NH <sup>4+</sup> , NO <sup>3-</sup> , NO <sup>2-</sup> , PT	Coliforme totaux et fécaux, streptocoques fécaux, ASR, salmonelles, Vibron cholérique
	Point B	Mars	4	3		
	Point D	Juin	4	3		
	Point C	avril	4	//		//

## II-méthodes

### 1-Analyses physicochimiques

Les analyses physicochimiques portent sur les paramètres suivants :

#### a) pH et température NORME NF T 90 – 008 (Février 2001)

##### ➤ Principe

Mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution.

##### ➤ Mode opératoire

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser et faire la correction de température ;
- Mettre en place un agitateur avec une faible agitation ;
- Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible agitation, puis noter le pH ainsi que la température.

##### ➤ Expression des résultats

L'appareil donne la valeur de la température exprimée en degré Celsius (°C), ainsi que la valeur du pH correspondante.

#### b) Conductivité électrique NF EN 27888 / ISO 7888 Janvier 1994 (NF T90 – 031)

##### ➤ Principe

Déterminer directement à l'aide d'un instrument approprié de la conductivité électrique de solutions aqueuses. Mesure de la conductivité électrique du courant induit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration des ions, de leur nature, de la température et de la viscosité de la solution.

##### ➤ Mode opératoire

- Allumer le conductimètre et rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser ;
- Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher ;
- Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur de la conductivité affichée.

##### ➤ Expression des résultats

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

#### c) Matières en suspension : NF T90-105-2 ISO 11923

##### ➤ Principe

La filtration d'un volume précis d'eau a travers un dispositif de filtration connecter a une pompe a vide.

➤ **Mode opératoire**

■ **Les eaux brutes et l'eau de lac**

- Peser le filtre puis placer le sur le support de filtration puis connecter l'appareil d'aspiration sous vide (pompe à vide).
- Prendre 50 ml de l'échantillon et Verser l'échantillon progressivement sur le filtre jusqu'à ce que le dispositif soit vidé.
- Retirer avec précaution le filtre, puis sécher à 105°C pendant deux heures.
- Retirer le filtre, le laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser le filtre.

■ **Les eaux épurées et l'eau filtrée**

- Peser le filtre puis placer le sur le support de filtration puis connecter l'appareil d'aspiration sous vide (pompe à vide).
- Verser 100 ml de l'échantillon progressivement sur le filtre jusqu'à ce que le dispositif soit vidé.
- Retirer avec précaution le filtre, le placer sur le support de séchage et le sécher dans l'étuve à 105°C pendant 1 à 2h.
- Retirer le filtre de l'étuve, le laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser le filtre.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en MES est calculée à partir de la formule suivante :

$$[\text{MES}] = (M_1 - M_0) * 1000 / V \text{ en mg.l}^{-1}$$

$M_0$  : la masse en milligrammes du filtre avant filtration (cas des eaux usées épurées) ou bien du creuset en porcelaine vide (cas des eaux usées brutes).

$M_1$  : la masse en milligrammes du filtre après filtration et séchage (cas des eaux usées épurées) ou bien du creuset et de son contenu après séchage à 105°C (cas des eaux usées brutes).

$V$  : le volume en millilitre de la prise d'essai.

**d) Détermination de la pollution organique :**

**1) Demande chimique en oxygène (DCO)**

➤ **Principe**

La mesure de la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation par processus chimique des matières oxydables existantes dans l'eau

➤ **Mode opératoire:**

- Prendre une cuve de la gamme indiquée et bien l'agiter.
- Mélanger le contenu du flacon pour avoir une solution homogène et pipeter 2 .0 ml d'échantillon avec précaution.
- Fermer la cuve et nettoyer l'extérieur de celle-ci et mélanger.

- Chauffer dans le thermostat à 148 °C pendant 2 heures
- Sortir de la cuve chaude et fait la retourner 2 fois avec précaution.
- Laisser refroidir a température ambiante dans le support de cuve.
- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer par un spectrophotomètre à 448 nm pour les eaux traitées et à 605 nm pour les eaux brutes et les eaux filtrée à.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène par litre.

## 2) Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) par la méthode du Système OxiTop® Control

➤ **Principe de la méthode manométrique**

Le principe de la méthode manométrique consiste à mesurer l'évolution de la pression de l'air à l'intérieur d'un flacon contenant l'échantillon ; cette évolution est directement liée à la diminution de la concentration en oxygène de l'atmosphère d'incubation.

En effet, Les micro-organismes, lors de la biodégradation des molécules organiques, consomment l'oxygène dissous dans l'eau de l'échantillon et l'oxygène de l'air se dissout pour remplacer l'oxygène consommé. Ceci crée un déficit en gaz dans l'air du flacon qui n'est pas renouvelé, à condition que le CO<sub>2</sub>, formé lors de la biodégradation, soit absorbé par la soude présente dans le flacon.

➤ **Mode opératoire**

- Choisir le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme adéquate de mesures.
- Verser le volume d'échantillon dans le flacon DBO.
- Ajouter de la soude pour absorber le CO<sub>2</sub> formé.
- Introduire un barreau magnétique pour assurer l'agitation et insérer le flacon dans un incubateur de DBO.
- Lire la valeur qui correspond au cinquième jour.

➤ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligrammes d'oxygène par litre.

### e)Détermination de la pollution azotée

Pour évaluer l'azote dans les eaux résiduaires et suivre son évolution dans les réseaux et lors de l'épuration, il est indispensable de doser ses différentes formes de pollution :

- azote ammoniacal ou N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>,
- azote nitreux ou N-NO<sub>2</sub>-
- azote nitrique ou N-NO<sub>3</sub>-

L'azote global (ou total) est alors défini par :

$$\text{NGL} = \text{Ntotal} = \text{Norganique} + \text{Nminéral} = \text{Norganique} + \text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_2^- + \text{N-NO}_3^-$$

## 1) Dosage de l'azote total par la méthode test en cuve Hach LCK 338/238

### ➤ Principe

L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitrates. Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique avec du diméthylphénol-2.6 en formant du nitrophénol.

### ➤ Mode opératoire

#### ■ *Les eaux brutes et l'eau de lac*

- Doser consécutivement dans une éprouvette de réactif sec :
- Prendre 0,2 ml d'échantillon, 2,3 ml de solution A, 1 tablette B. Fermer immédiatement. Ne pas mélanger.
- Chauffer directement : pendant 60 minutes à 100°C dans un thermostat, ensuite refroidir et ajouter 1 microCap C.
- Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous par le microCap C sans qu'il n'y ait aucune particule restante.
- Pipeter lentement dans une cuve 0,5 ml d'échantillon désagrégé et 0,2 ml de solution D.
- Fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable.
- Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm.

#### ■ *Les eaux épurées et filtrées :*

- Doser consécutivement dans une éprouvette de réactif sec :
- Prendre 0,5 ml d'échantillon, 2,0 ml de solution A, 1 tablette B. Fermer immédiatement. Ne pas mélanger.
- Chauffer directement : pendant 60 minutes à 100°C dans un thermostat, ensuite refroidir et ajouter 1 microCap C.
- Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous par le microCap C sans qu'il n'y ait aucune particule restante.
- Pipeter lentement dans une cuve 0,5 ml d'échantillon désagrégé, et 0,2 ml de solution D.
- Fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable.
- Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm.

### ➤ Expression des résultats

La concentration en azote total est exprimée en milligrammes par litre.

## 2) Dosage de l'azote ammoniacal par la méthode test en cuve Hach LCK 302/LCK 303/LCK 305

### ➤ Principe

En présence de sodium nitroprussique agissant comme catalyseur et à une valeur du pH d'environ 12.6, les ions ammonium réagissent avec les ions hypochloreux et salicyliques et donnent une coloration bleue indophénol.

### ➤ Mode opératoire

- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable.
- Dévisser la cuve, et pipeter 0.2 ml d'échantillon.
- Visser immédiatement la cuve ; orientant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement, attendre 15 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 690 nm.

### ➤ Expression des résultats

La concentration en ammonium est exprimée en milligrammes par litre.

## 3) Dosage des nitrates par la méthode test en cuve Hach LCK 339

### ➤ Principe

Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrate réagissent avec le 2.6-diméthylphénol pour donner du 4-nitro-2.6-diméthylphénol.

### ➤ Mode opératoire

- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable.
- Dévisser la cuve, et pipeter 0.2 ml d'échantillon.
- Visser immédiatement la cuve ; orientant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement, attendre 15 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde 345 nm.

### ➤ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en milligrammes par litre de nitrates.

## 4) Dosage des nitrites par la méthode test en cuve Hach LCK 341

### ➤ Principe

Les nitrites réagissent dans une prise d'essai à pH 1,9 avec le réactif amino – 4 benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorohydrate de N- naphtyl -1 Diamino – 1,2 éthane.

### ➤ Mode opératoire

- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable.
- Dévisser la cuve, et pipeter 2,0 ml d'échantillon.

- Visser immédiatement la cuve ; orientant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement, attendre 10 min et bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm.

➤ **Expression des résultats**

La concentration en nitrite est exprimée en milligrammes par litre.

**f) Détermination de la pollution phosphorée**

**1) Phosphates par la méthode test en cuve Hach LCK 350/348**

➤ **Principe**

Les ions phosphates réagissent en solution acide avec les ions molybdate et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphoremolybdène.

➤ **Mode opératoire**

- Enlever délicatement la feuille de protection de la cuve détachable et la dévisser.
- Pipeter 0.5 ml d'échantillon et visser la cuve ; orientant le cannelage vers le haut.
- Secouer énergiquement et chauffer dans le thermostat pendant 60 min à 100°C.
- Pipeter dans la cuve une fois refroidie 0.2 ml de réactif B.
- Visser la cuve puis mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite.
- Attendre 10 min, mélanger à nouveau, bien nettoyer à l'extérieur et mesurer.
- Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 890 nm.

➤ **Expression des résultats**

La concentration de phosphate est exprimée en milligrammes par litre.

**5) Méthodes Alternatives spectrophotométriques du chrome III**

➤ **Principe**

La spectrophotométrie SAA est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou la densité optique d'une substance donnée, généralement en solution. Plus l'échantillon est concentré, plus il absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncées par la loi de Beer-Lambert.

La densité optique des échantillons est déterminée par un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de la substance à étudier.

Une lumière d'intensité  $I_0$  passe à travers une solution, une partie de celle-ci est absorbée par le(s) soluté(s).

L'intensité  $I$  de la lumière transmise est donc inférieure à  $I_0$ . On définit l'**absorbance** de la solution comme :

$$A = \log \left( \frac{I_0}{I} \right)$$

## 2-Analyses microbiologiques

L'échantillonnage a été effectuée à partir du mois de mars jusqu'aux mois de juin, à raison de deux prélèvements par mois pour les eaux de la STEP et une fois par saison pour les eaux de lac, les analyses sont réalisées au niveau du laboratoire de SEAAL à Tipaza.

### ■ Préparation des dilutions

Les dilutions sont réalisées en vue de réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume pour permettre, après incubation, d'observer leur développement (cas des tubes) ou d'effectuer le dénombrement des colonies (cas des boîtes) (SEAAL, 2012).

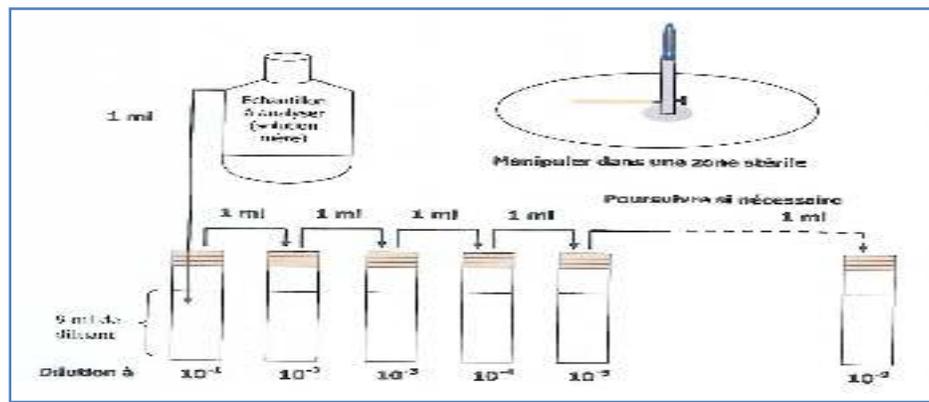


Figure 21. Préparation des dilutions (SEAAL, 2012)

### ■ Pour l'eau brute

Prendre une série de flacons stériles contenant chacun 225 ml d'eau distillée stérile. Ajouter dans le premier flacon à l'aide d'une pipette graduée stérile 25 ml de l'échantillon. Fermer le flacon et agiter. La suspension obtenue est dosée à  $10^{-1}$ .

Prélever, de la même façon, du premier flacon 25 ml et le transférer dans un deuxième flacon afin d'obtenir la dilution  $10^{-2}$ . Répéter la même procédure jusqu'à l'obtention de dilution  $10^{-6}$ .

### ■ Pour l'eau traitée

De la même manière, préparer quatre dilutions successives à partir de l'échantillon d'eau épurée, jusqu'à l'obtention de dilution  $10^{-4}$ .

### ■ Pour l'eau filtrée et l'eau de lac

Pour l'eau de lac ainsi que les eaux filtrées (après un traitement tertiaire), qui est présumée moins chargée en germes par rapport à l'eau traitée, préparer trois dilutions successives à partir de l'échantillon d'eau jusqu'à l'obtention de dilution  $10^{-3}$ .

- **Dénombrement des germes témoignant d'une pollution fécale**

### a) Dénombrement des Coliformes et streptocoques par filtration sur membrane

#### Principe

La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, identifier et dénombrer les bactéries recherchées dans un échantillon à la surface d'une membrane filtrante stérile. Les eaux usées doivent faire l'objet de dilution. La méthode consiste à filtrer, à travers d'une membrane de porosité de 0,45  $\mu\text{m}$  un volume déterminé de l'échantillon et d'incuber ensuite cette membrane pendant 24h à 37°C sur la gélose au tergitol pour les coliformes ensuite un test de confirmation sur bouillon de tryptophane et slanetz pour les entérocoques à 44,5°C pendant 48h.

#### Mode opératoire :

- On prépare une zone stérile : bec bunsen, boîtes de pétrie avec gélose de tergitol et slanetz, pipettes stériles.
- Une membrane de 0,45 $\mu\text{m}$  est mise en place de façon aseptique entre une membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- On prend 100ml on agite le flacon vigoureusement.
- On actionne la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.

#### L'ensemencement :

- En zone stérile, on ouvre le système de filtration, on retire la membrane avec pince stérile. On dépose la membrane sur une boîte de pétrie de 45mm de diamètre contenant de la gélose (face contaminée en haut). Les éléments nutritifs de la gélose traversent la membrane ce qui permet ainsi le développement en surface.

#### Incubation :

On place les boîtes en étuve, gélose en haut pour (la condensation s'accumule dans le couvercle).

#### Lecture

-**Coliformes totaux** : sont considérés comme caractéristiques les colonies qui présentent une coloration rouge orangée, lisses légèrement bombées.

-**Coliformes thermotolérants (fécaux)** : sont considérés comme caractéristiques les mêmes colonies que pour les coliformes totaux (Fig .22).

-**Les streptocoques fécaux** : apparaissent sous formes de petites colonies rouges, marron ou rose, lisses légèrement bombée (Fig .23).

#### Expressions des résultats

Les résultats sont exprimés en nombre de colonies trouvées par 100ml d'eau à analyser (figure en annexe II).

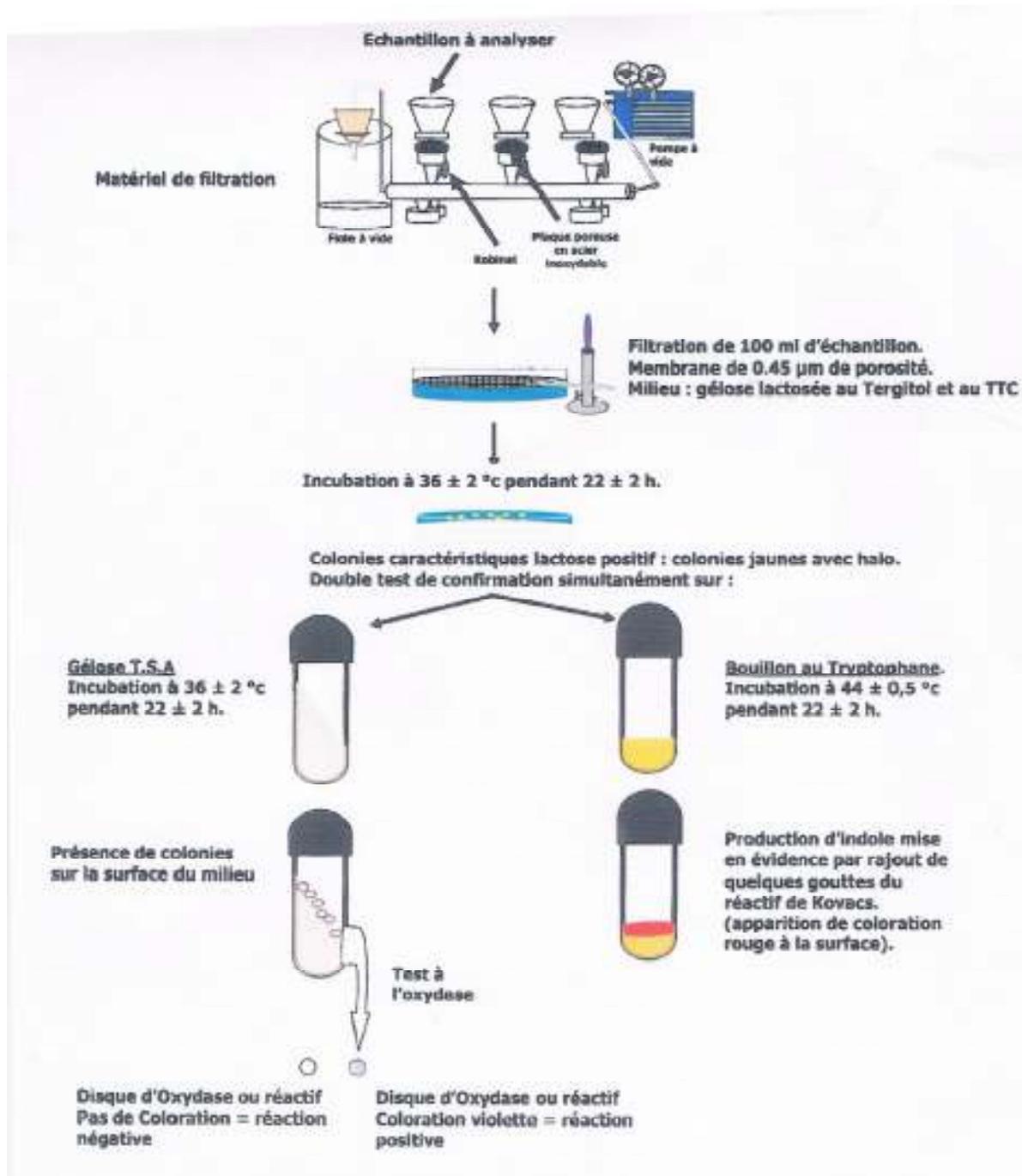
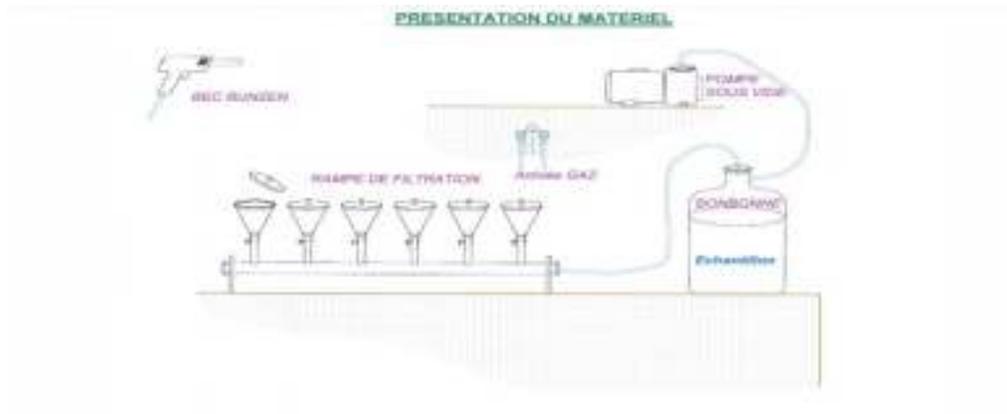


Figure 22. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux



Milieu Slanetz ET Bartley

Placer le filtre dans la boîte contenant la gélose Slanetz ET Bartley  
Mettre la boîte dans l'incubateur à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4\text{h}$ .



Les enterocoque intestinaustypiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rose ou rouge



Milieu B.E.A

Transférer le filtre à l'aide d'une pince stérile sur la boîte de pétri contenant la gélose B.E.A qui a été préchauffé préalable à  $44^\circ\text{C}$ . Faire incubé à  $44 \pm 0,5$  pendant 2h.



Compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine plus

**Figure23.** Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux

**b) Recherche des spores d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs – ASR selon RODIER *et al* (2009)****Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser :

-prendre environ 25 ml et répartir dans 4 tubes différents et stériles , à raison de 5 ml par tube, qui seront par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes dans le but de détruire toutes les formes végétatives -ASR éventuellement présentes.

-Après chauffage, refroidir immédiatement les tubes, sous l'eau de robinet.

-Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à  $45 \pm 1^\circ\text{C}$ , additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.

-Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.

-Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

-La première lecture doit absolument être faite au bout de 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de  $10^{-1}$  voire  $10^{-2}$ , la deuxième lecture se fera au bout de 24 heures et la troisième et dernière au bout de 48 heures (Fig.24).

**Lecture**

-Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse.

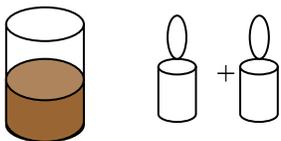
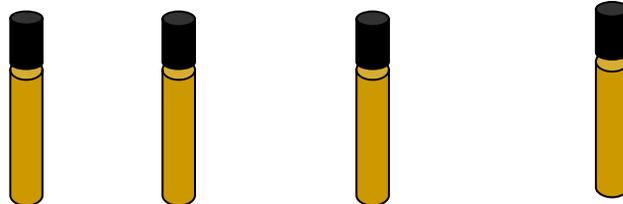
-Repérer et dénombrer, de façon impérative, toutes les colonies noires poussant en masse et rapporter le total des colonies à 20 ml d'eau à analyser (voir annexe II).



25 ml d'eau à analyser

**Chauffage à 80 °C ,10 minutes Refroidissement brutal sous l'eau de robinet Répartir à raison de 5 ml par tube dans 4 tubes**

Ajouter aux 4 tubes environ 20 ml de gélose de viande foie fondue additionné d'une ampoule d'Alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium et mélanger doucement les tubes



Laisser solidifier puis incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures

Colonies d'ASR



**Figure 24.** Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies Sulfito-Réducteurs

- **Recherche des germes pathogènes**

- a) **Recherche des Salmonelles selon RODIER *et al* 2009**

- Mode opératoire**

- Jour 1 : Pré-enrichissement.**

- Le pré-enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cystéine D/C (SFB I) réparti à raison de 100 ml par flacon. Ce dernier sera doncensemencé à l'aide de 100 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

- Jour 2 : Premier enrichissement et Isolement.**

- Ce flacon fera l'objet :

- d'un premier enrichissement sur milieu Sélénite en tubes (SFB II) à raison de 0,1 ml ;
          - d'un isolement sur gélose Hektoen (H I). L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

- Jour 3 : Deuxième enrichissement et Isolement.**

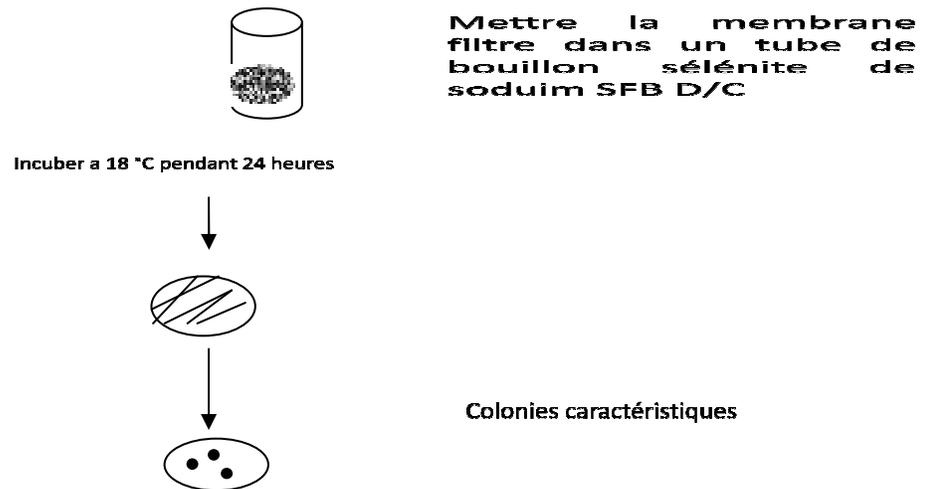
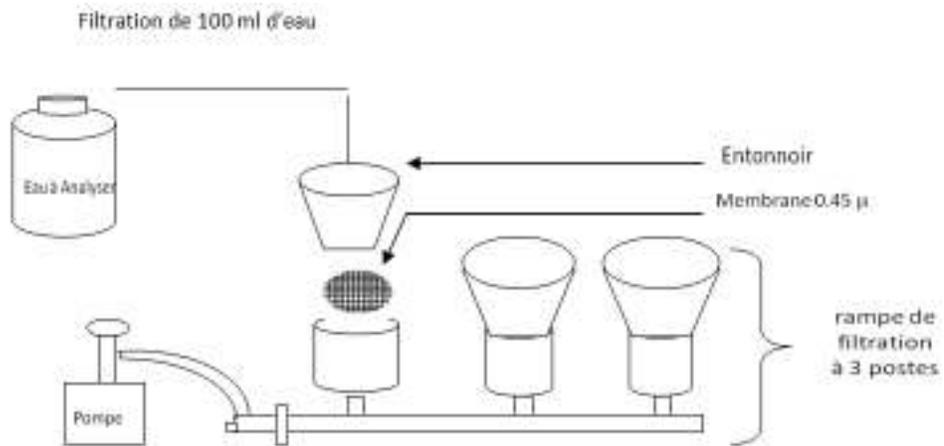
- le tube de Sélénite (SFB II) fait l'objet d'un isolement sur gélose Hektoen (H II) ;
          - la prise de 1 ml de tube de Sélénite (SFB II) et son introduction dans un tube sélénite cystéine (SFB III), puis incubation à 37°C pendant 24 heures.

- Jour 4 : Isolement.**

- Le tube de Sélénite (SFB III) fera l'objet d'un isolement sur gélose Hektoen (H III)

- Lecture des boîtes et Identification.**

- Les boîtes de gélose Hektoen subiront une lecture en tenant compte du fait que les Salmonelles se présentent le plus souvent sous forme de colonies à la couleur de gélose avec ou sans un centre noir ; par la suite ces dernières subiront une identification biochimique (Fig.25) (**RODIER *et al*, 2009**).



**Figure 25.** Recherche des salmonelles

**b) Recherche des Vibrions cholériques selon RODIER *et al* (2009)****Mode opératoire****Jour 1 : Pré-enrichissement.**

Le pré-enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA I), 10 fois concentré, réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

**Jour 2 : Premier enrichissement et isolement.**

Ce flacon fera l'objet :

- d'un premier enrichissement sur milieu EPA II en tubes à raison de 1 ml
- d'un isolement sur gélose GNABI. L'incubation se fait à 37°C pendant 24h.

**Jour 3 : Deuxième enrichissement et isolement.**

- Le tube d'EPA II fait l'objet d'un isolement sur GNAB II,
- Prise de 1 ml de tube d'EPA II et introduction dans un tube EPA III, puis incubation à 37°C pendant 24 heures.

**Jour 4 : Isolement.**

Le tube EPA III fait l'objet d'un isolement sur gélose GNAB II (Fig.26).

**Lecture des boîtes et identification**

-Les boîtes de gélose GNAB subiront une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques. (Voir annexe II).

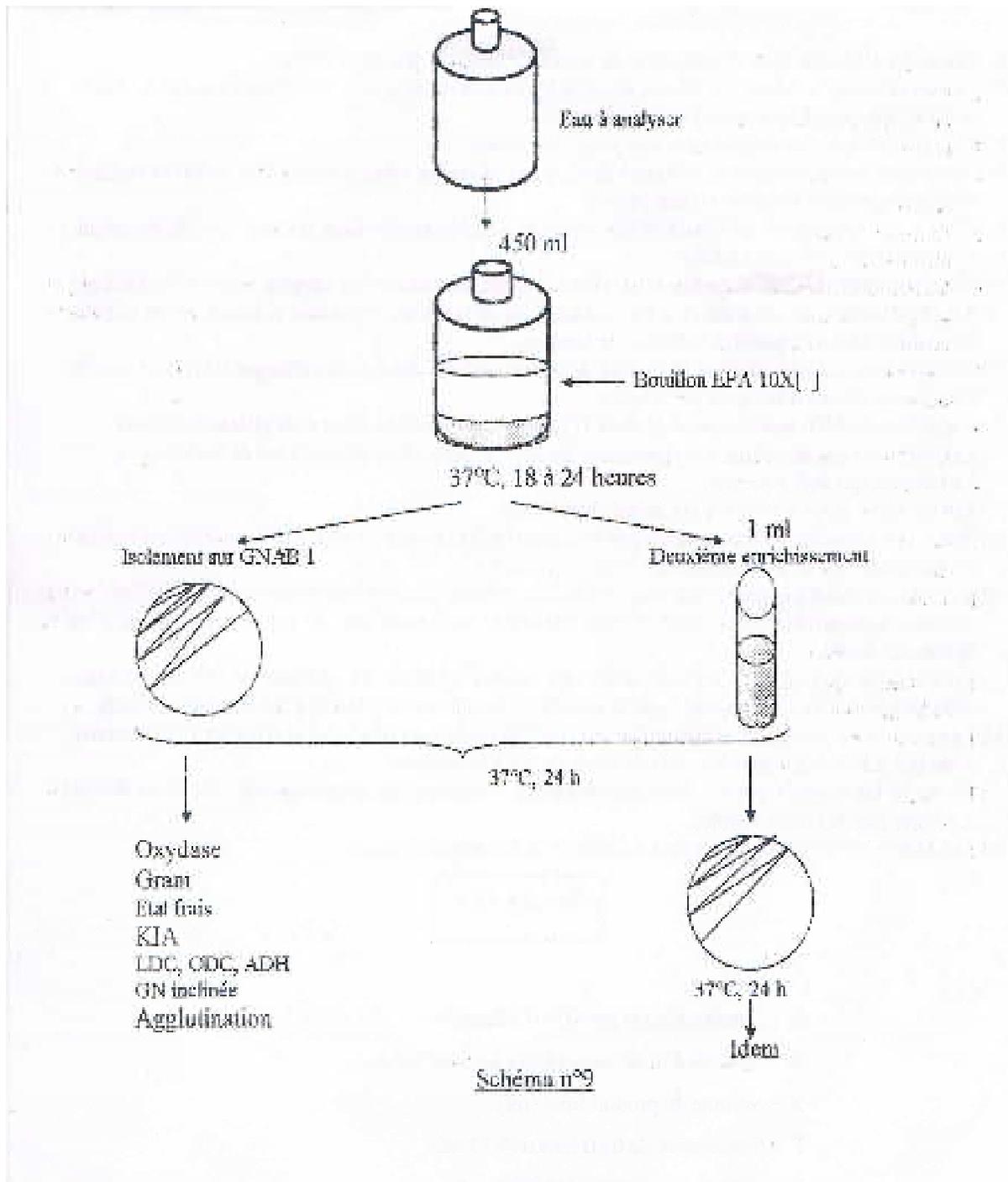


Figure 26. Recherche des vibrions cholériques

### 3-Recherche des Champignons selon LARONE (2002)

#### Mode opératoire

- Ensemencer le prélèvement ou la souche à tester directement sur le milieu Sabouraud (Voir annexe II).
- Incuber dans l'étuve à 25°C ou 37°C.
- Examiner les cultures, généralement après 48 à 72 heures d'incubation pour la recherche des levures :
- Réaliser, en cas d'incubation à 37°C, les lectures dès 24 heures.
- Observer la croissance après 3 jours d'incubation

#### Lecture et interprétation

Après incubation, observer la croissance microbienne : en cas de filamentation des cellules avec ou sans ramification : présence des levures pathogènes *Candida albicans* ou d'autres levures.

### 4-Dénombrement des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires

Le dénombrement des œufs d'helminthes et des kystes de protozoaires a été réalisé en suivant la méthode de Bailenger.

Les réactifs nécessaires sont les suivants : solution de sulfate de zinc; acétate d'éthyle ; tampon acéto-acétique (pH 4,5).

Les lames confectionnées sont placées sur la platine d'un microscope et examinées avec un grossissement de x10 ou de x40. On compte tous les œufs visibles dans chacune des cellules de lames. Pour plus de précision, on répète la numération de trois lames, et on note le nombre total trouvé.

On calcule le nombre d'œufs par litre à l'aide de la formule ci-dessous :

$$N = AX/PV$$

Où :

$N$  = nombre d'œufs par litre d'échantillon.

$A$  = nombre d'œufs comptés sur la lame ou moyenne des nombres trouvés dans trois lames.

$X$  = volume du produit final (ml).

$P$  = Contenance de la lame (0,5 ml).

$V$  = volume de l'échantillon initial (litre).

L'observation se fait sur des prélèvements frais, sous une loupe binoculaire en lumière directe au grossissement :

- Gr de ×40 : vue générale, appréciation grossières des espèces présentes et dominantes.
- Gr de ×100 : détermination des protozoaires et métazoaires (**DEGREMENT, 2005**).

## VII-Evaluation du rendement de l'épuration

Selon **COSTE** et **LOUDETE (1987)**, les rendements d'épuration s'expriment en pourcentage, en considérant la concentration en amont du paramètre et la concentration en aval correspondant en mg /l

$$R = \frac{\text{La concentration en amont} - \text{la concentration en aval}}{\text{La concentration en Amont}} \%$$

L'estimation de ce rendement permet d'apprécier les performances épuratoires d'un traitement d'eau usée dans la réduction de différents polluants.

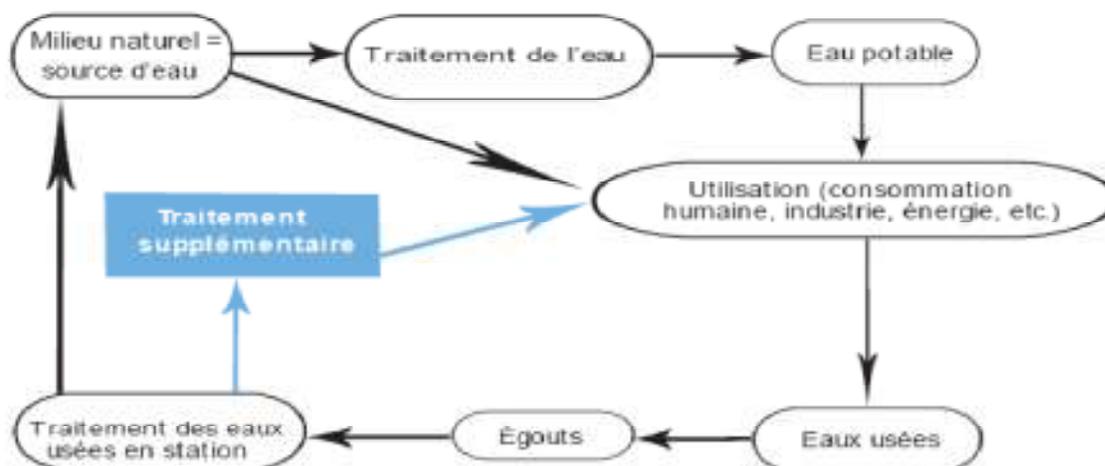


## I – Généralité sur les eaux usées :

### 1-Définition des eaux usées :

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage (Fig.1). La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme étant « tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaine » (DJERMAKOYE, 2005).

L'aspect des eaux résiduaires fraîches est celui d'un liquide brun gris avec une odeur typique, mais faible. Durant leur transport, ces eaux se modifient d'autant plus vite que la température est élevée ; elles deviennent noires et dégagent une odeur d'œufs Pourris, signe de la présence d'hydrogène sulfureux (H<sub>2</sub>S), dangereux pour les égoutiers et corrosifs pour le béton et les aciers des égouts. Environ un tiers des matières contenues est en suspension, le reste est en solution (DJERMAKOYE, 2005).



**Figure 1.** Intégration des eaux usées traitées dans le cycle général des ressources en eau (BELAID, 2010).

### 2 -Origine des eaux usées :

Selon BAUMONT *et al* (2004), les eaux usées ont trois origines possibles :

- 1) Les eaux domestiques ;
- 2) Les eaux industrielles ;
- 3) Les eaux de ruissellements ;

#### 1) Les rejets domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers.

Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. Elles constituent l'essentiel de la pollution (**BAUMONT *et al*, 2004**).

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (vaisselle, lessive, douche, bain...) qui contiennent des matières minérales en suspension et chargées en matières organiques les eaux de vanes (urines et matières fécales), qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes (**CHOCAT, 1997 et FRANCK, 2002**).

## **2) Les rejets industriels :**

Ces rejets correspondent à une utilisation de l'eau autre que domestique, issue entre autre, des Etablissements à caractère industriel, commercial ou artisanal.

Leurs natures quantitatives et qualitatives sont précisées dans les arrêtés autorisant le raccordement et le déversement, et éventuellement dans les conventions spéciales de déversement.

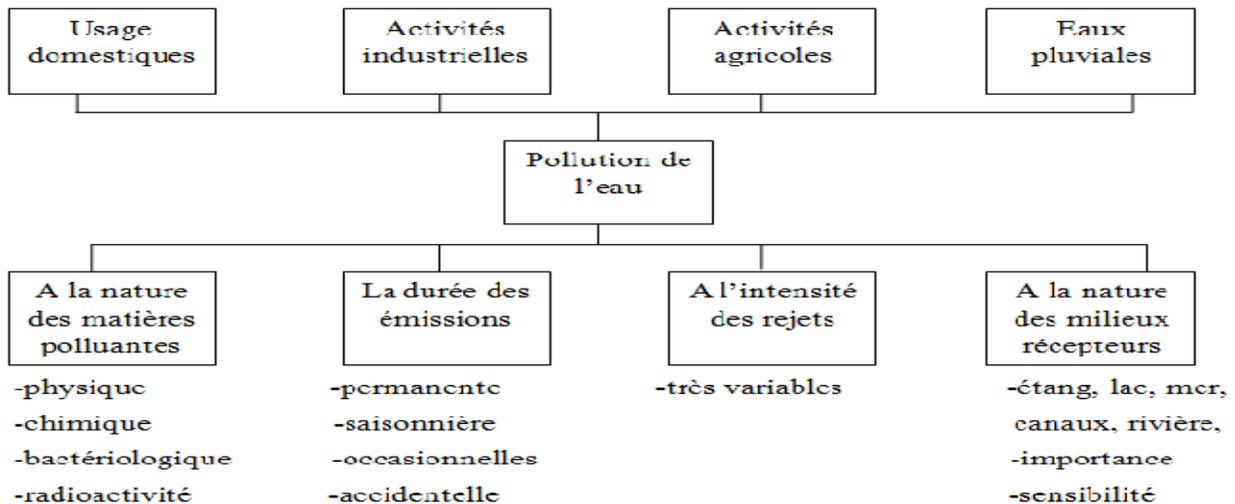
Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- soit ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- soit ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel (**BAUMONT *et al*, 2004**).

## **3) Les eaux de ruissellements :**

Les eaux pluviales peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, elle entraîne des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (**BONTOUX, 1993**).

Les eaux pluviales, gorgées de boue et de sédiments, entraînent d'importantes quantités de contaminants (des métaux traces, des PCB et des pesticides), elles envasent ainsi les cours d'eau, suffoquent la vie aquatique et enfouissent les frayères.



**Figure 2.** Origine et principales caractéristiques de la pollution des eaux (BAUMONT *et al*, 2004).

### 3- Les eaux usées : un réservoir de polluant :

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème (Bouziane, 2000).

Selon leur origine, les polluants des eaux de surface se divisent en 3 grands groupes :

- 1) Les polluants biologiques ;
- 2) Les polluants chimiques ;
- 3) Les polluants radioactifs ;

#### 1) Les polluants biologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. La flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes, l'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (BELAID, 2010). Quelque soit son origine la mauvaise qualité microbiologique de l'eau est un facteur de risque pour l'environnement (MARTINEAU, 1997).

##### 1-1-Les bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées (TOZE, 1999). Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries/100 ml dont la plupart sont des proteus et des entérobactéries,  $10^3$  à  $10^4$  streptocoques et  $10^2$  à  $10^3$  clostridium. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de  $10^4$  germes/l (BELAID, 2010).

## a) Principaux germes rencontrés dans les eaux usées

### 1-Germes indicateurs de contamination fécale

- **Les coliformes totaux**

Les coliformes totaux ont les propriétés suivantes : bacilles à gramme négatif, non sporulés, oxydase négative, aérobies anaérobies facultatifs et capable de fermenter le lactose avec au moins de 48 heures à 37°C. Les coliformes totaux sont présent un peu dans la nature, dans les eaux riches en éléments nutritifs, dans les sols, sur la végétation et sur les animaux **(HADE, 2003)**.

De point de vue physiologique il existe deux types de coliformes :

- Les non fécaux : d'origines aquatiques ou telluriques se multiplient à 4°C. Incapables de se multiplier de 41 à 44°C.
- Les fécaux : (thermotolérants) caractérisé par une croissance rapide à 44°C. **(DELARRAS, 2003)**, l'espèce la plus importante de ce groupe est *Escherichia coli* (*E. coli*) **(EMMANUEL et al, 2004)**

- **Les streptocoques fécaux**

Le terme "streptocoques fécaux" désigne les streptocoques généralement présents dans les fèces de l'homme et des animaux **(OMS, 1994)**. Ils se présentent sous forme de cocci, Gram+, sphériques à ovoïde formant des chaînettes, dépourvus de catalase, ils sont capables de développer en 24H à 37°C. Les streptocoques fécaux sont très résistants et se multiplient sur des milieux hostiles **(BONNEFOY et al, 2002)**.

- **Anaérobies sulfito-réducteurs**

Les bactéries du genre *Clostridium* sont des bacilles à Gram positif, anaérobies strictes, mobiles sporulant, catalase négative. La forme spore sous laquelle les bactéries sont retrouvées dans les eaux usées, permet de détecter une pollution intermittente fécale ancienne **(RODIER et al, 2002)**. Ces spores peuvent survivre dans l'eau et dans l'environnement pendant plusieurs mois et ne seraient pas toujours activés par le chlore et par les rayons ultraviolets **(LEBRES et al, 2002)**.

## b) Germes pathogènes

- **Salmonelles**

Les salmonelles appartiennent à la famille des Entérobactéries. Ce sont des bacilles à gram négatif de 1 à 3 microns, mobiles, aérobies-anaérobies, non sporulés, poussent facilement sur des milieux de culture ordinaire en 24 à 48 heures. Responsable de maladies infectieuses lors de la consommation :

- Fièvre typhoïde et paratyphoïde
- Gastro-entérite **(DELARRAS, 2003)**

- **Vibrio**

Ce sont des bâtonnets incurvés en virgule ou droit, mobiles et aérophiles, Gram négative et oxydase négative. Les vibrions regroupent deux types principaux :

- Les vibrions cholériques des eaux : ce sont des halotolérants et peuvent se développer en présence de chlorure de sodium ; ils engendrent le cholera chez les sujets qui consomment des eaux de boisson non traitées et contaminés.

-Les vibrions halophiles provoquant les TIAC (**DELARRAS, 2003**).

### 1-2- Les virus

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit à une sous estimation de leur nombre réel. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries (**AULICINO et al, 1996**).

### 1-3- Les parasites

Parmi les parasites pathogènes pour l'homme et qui sont transmissibles par l'eau, les plus importants sont les protozoaires et les helminthes (**ASANO, 1998**). Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle vital une forme kystique qui peut être véhiculé par les eaux résiduaires. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées (**BAUMONT et al, 2004**). Ainsi, selon les conditions du milieu, ces organismes peuvent survivre plusieurs semaine voir même plusieurs années. En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (**CAMPOS, 2008**).

## 2) Les polluants chimiques

Ils comprennent les substances nutritives et les composés toxiques. Ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques.

### 2- 1- Substances nutritives

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usée, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture et en gestion des paysages (**Hamoda, 2004**). Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre. Ces éléments se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes (**Faby et Brissaud, 1997**).

Le potentiel de fertilisation de l'eau usée traitée due à la présence de nutriments est un atout pour les cultures mais peut également être une source de pollution pour l'environnement, l'eutrophisation pour les eaux de surface et la contamination des eaux souterraines.

### 2- 2- Eléments traces

Les sources de métaux pour les milieux aquatiques sont multiples, on différencie principalement les sources d'origine naturelle (Al, Fe, Mn) et anthropique (**Baize et Sterckeman, 2001**). Les micropolluants cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) (**VILAGINES, 2003**) ainsi que de substances telles que les cyanures, ou des molécules organiques (organochlorés,

organophosphorés et organométalliques) présentant une action d'inhibition des mécanismes biologiques (**KETTAB, 2001**).

Les eaux usées urbaines sont une des principales voies d'apport de métaux vers les écosystèmes aquatiques (**Buzier et al, 2006**). A l'entrée des stations d'épuration, une large partie des métaux contenue dans les eaux usées se trouve complexée avec la matière organique dissoute (**Giokas et al, 2002**). Parmi ces composés, on peut citer les hydrocarbures polycycliques aromatiques, les pesticides et les résidus pharmaceutiques actifs. Certains composés ont un pouvoir de perturber le système endocrinien tel que les hydrocarbures polycycliques aromatiques (**Belgiorno et al, 2007**). La seule voie de contamination préoccupante pour les éléments traces est la consommation des plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent (**Boumont, 2004**).

### 3) Les polluants radioactifs

Ils sont deux types de pollution, la pollution thermique et la pollution radioactive (**Leveque, 1996**). Les sources de pollution sont essentiellement les installations nucléaires et les centrales thermiques, La difficulté sur le plan écologique de la pollution radioactive est due au fait que le seul moyen de faire disparaître la radioactivité est de laisser l'élément se désintégrer spontanément (**DJERMAKOYE, 2005**).

## II- Les critères d'évaluation de la pollution d'une eau polluée

### 1- Les critères organoleptiques

#### 1-1- La couleur

Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées. Leur couleur varie du jaune paille à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Le degré de couleur dépend non seulement de la concentration en matières colorantes, mais aussi du pH et de la turbidité (**MIZI, 2006**).

#### 1-2- L'odeur

Les eaux résiduaires se caractérisent par une odeur de moisi. Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition (**BOTTA et BELLON, 2001**).

### 2- Les critères physiques

#### 2-1- Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est la mesure de la concentration de cette eau en ions  $H^+$  ou  $OH^-$ , il représente son acidité ou son alcalinité (**LOUNNAS, 2009**). Le pH est un paramètre important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité, la température (**DJERMAKOYE, 2005**).

#### 2 -2- La température

La température influence sur plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau (l'oxygène dissous, les nutriments, la conductivité....) (**lavoie et al, 2008**).

Dans les eaux naturelles et au dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de microorganismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de la couleur et de la turbidité (LOUNNAS, 2009).

### 2-3- La conductivité

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution (DJERMAKOYE, 2005).

**Tableau 1.** Rapport entre la conductivité et la minéralisation

Conductivité	Minéralisation
0 – 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation très faible
100 – 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation faible
200 – 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
333 – 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation accentuée
666 – 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation importante
> 1 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation élevée

(RODIER *et al*, 2005)

### 2-4- la turbidité

Elle caractérise le degré de non transparence de l'eau, elle traduit la présence des MES (MEKHALIF, 2009). La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau; c'est l'inverse de la limpidité, elle est causée par diverses matières particulaires ou colloïdales (limon, d'argile, de composés organiques ou inorganiques ainsi que du plancton et d'autre microorganismes). Les sources de matières particulaires peuvent être d'origine naturelle (acides humiques, particules provenant de la dégradation des végétaux ou de l'érosion du sol) ou anthropique (rejets industriels, agricoles et urbains) (Pierre Chevalier, 2003).

### 2-5- Matières en suspension (MES)

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées, est associée aux MES (FAO, 2003)

Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées par les eaux résiduaires (LARKEM et BACEL, 2005). Ces matières peuvent être minérales et inertes ou plus ou moins actives vis à vis de l'oxygène.

Cependant des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique ; l'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies.

### 3- Critères Chimiques

#### 3-1- Demande chimique en oxygène (DCO)

Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation par processus chimique des matières oxydables existantes dans l'eau. Sa mesure correspond donc à une estimation corrélative des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine (**HARZALLAH, 2011**). La DCO constitue donc un paramètre important, c'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique) (**DEGREMONT, 2005**).

#### 3-2- Demande biologique en oxygène (DBO5)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. La mesure de cette demande en oxygène permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables, donc son degré de pollution ou sa qualité (**DJERMAKOYE, 2005**).

Elle est généralement mesurée au bout de 5 jours à une température d'incubation de 20°C. La mesure de cette DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, sa qualité ou son degré de pollution (**MEKHALIF, 2009**).

#### 3-3- L'azote

L'azote est présent dans les effluents sous différentes formes : azote organique (Norg), azote ammoniacal (ammoniac  $\text{NH}_3$ , ion ammonium  $\text{NH}_4^+$ ), nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) (**KOLLER, 2004**). Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique (**DIB, 2009**). L'azote est un élément qui cause la prolifération d'algues (eutrophisation) donc son élimination est très importante pour notre environnement (**degrément, 1989**).

#### 3-4- Les nitrates et nitrites

Les nitrites et les nitrates sont des composés intermédiaires du processus de nitrification ou de dénitrification. Ils sont associés du fait que la transformation de l'un en l'autre s'opère par des bactéries (nitrobacters) du sol et de l'eau. Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique sous l'action de bactéries nitrifiantes et les nitrites de l'oxydation incomplète sous l'action des Nitrosomonas.



Les nitrates et les nitrites proviennent généralement de :

- l'utilisation des engrais
- l'industrie chimique

➤ l'industrie alimentaire

La teneur en nitrates dans l'eau est généralement plus élevée (la valeur norme de l'OMS est de 50mg/L) que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution d'origine organique. Sa présence excessive peut aussi provoquer un problème de santé publique important tel que la méthémoglobinémie, à des doses supérieures à 100 mg/l peuvent conduire à la formation des nitrosamines (cancérogène) (BENAMAR *et al*, 2011).

### 3-5- Phosphore total (PT)

Le phosphore se trouve dans les ERI sous formes:

- D'orthophosphate, soluble  $PO_4H_2$
- De polyphosphate qui a tendance à s'hydrolyser en orthophosphate.
- De phosphore non dissous.

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie (MIZI, 2006).

### III- L'assainissement de l'eau en Algérie

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement de l'eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration. En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées (HARTANI, 2004). La prise de conscience des problèmes de santé publique et la compréhension des causes d'épidémies ont entraîné le Ministère des Ressources en Eau (MRE) à entrepris la mise en œuvre d'un important programme d'investissement concernant la réalisation de 147 stations d'épuration (STEP) (MRE, 2013).

### IV- Les biotechnologies appliquées dans le traitement des eaux usées

- **Les procédés aérobies à culture fixée**

- **Le lit bactérien ou granulaire :**

Un ruissellement de l'eau à traiter sur le support, ne nécessite pas de clarificateur en ce qui concerne le lit granulaire, coûts de fonctionnement faibles, rendement moyen pour un lit bactérien et bon pour un lit granulaire, chocs toxiques supportés, fonctionnement stable, risque de colmatage .

- **Les biodisques :**

Une biomasse fixée sur des disques tournants au sein du mélange à traiter, coûts de fonctionnement faibles, efficace à faible charge, sensible aux conditions climatiques (lessivage du biofilm par la pluie) (BASSOMPIERRE, 2007).

- **Les procédés aérobies à culture libre**

- **Le lagunage :**

L'effluent prétraité séjourne pendant une durée allant de plusieurs semaines à plusieurs mois, dans des bassins peu profonds mais de grande surface. L'épuration biologique est assurée par les microorganismes se développant dans le milieu grâce à l'oxygène de la photosynthèse des algues

.En raison de sa simplicité d'exploitation et de son efficacité, cette technique connaît un essor important dans les pays en voie de développement et également en Europe, pour le traitement des eaux usées des communes rurales (ALTMAYER *et al*, 1990).

➤ **Les boues activées :**

Traitement en deux phases, contact de la biomasse et de l'eau usée dans un réacteur puis séparation des solides de la phase liquide épurée par décantation. Le processus d'épuration par boues activées est le plus répandu. Son développement est dû à ses excellentes performances de dépollution (rendement supérieur à 95 %) par rapport aux autres procédés existants. En contre partie, suivant le type d'effluents à traiter, ce procédé peut être difficile à maîtriser notamment pour le traitement de l'azote et du phosphore ou en cas de variation importante des flux à traiter (CARDOT, 1990).

• **Les procédés à culture hybride**

Résultant, du couplage d'un système à culture libre avec un système à culture fixée au sein du même réacteur, ils sont proposés et utilisés pour le traitement des effluents de petites municipalités (TIZGHADAM GHAZANI, 2007). L'avantage principal des procédés hybrides est de permettre des possibilités de traitement plus élevé sans nécessiter d'augmenter le volume de bassin d'aération (GERMAIN *et al*, 2007).

### V-Les caractéristiques de la station d'épuration de Réghaïa

La station d'épuration de Réghaïa est de type boues activées fonctionnant en faible charge associée à une dénitrification en tête et à une déphosphatation simultanée par injection du chlorure ferrique avec une capacité nominale de 300 000 Equivalent habitants. Elle est dimensionnée pour recevoir une quantité d'eau usée estimée à 80 000 m<sup>3</sup>/j.

Les eaux usées reçues dans cette station d'épuration sont d'origine industrielle et urbaine .Elles proviennent des régions suivantes : Rouïba, Réghaïa, Heuraoua, Bordj El Kiffan, Bordj El Bahri, Ain-Taya et El Marsa.



**Figure 3.** Image de STEP de Réghaïa (SEAAL, 2012)

## 1-Alimentation générale de la station d'épuration de Réghaïa

Les eaux usées sont acheminées du bassin d'arrivée vers le bassin de comptage (fig. a.4) pour quantifier le volume journalier.

Un déversoir d'orage (fig.b.4) a été installé pour la réception des eaux qui dépassent le débit maximal toléré (BEGHOURA et HERAOUI, 2012).



a) Bassin de comptage.



b) Bassin d'orage.

**Figure 4.** Système d'alimentation de la STEP de Réghaïa (photos originales).

## 2- Différentes étapes d'épuration des eaux usées

### 1-Prétraitement

Le prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend quatre principaux modes de traitement des eaux usées : le dégrillage, le dessablage, le dégraissage et le déshuilage.

#### ➤ Dégrillage

A l'entrée de la station d'épuration, les effluents doivent subir un dégrillage (voire un tamisage) ainsi, les matières volumineuses (flottants, etc.) sont retenues au travers de grilles, dont les barreaux retiennent les éléments solides. Les différents dégrilleurs retrouvés dans les trois STEP sont les suivants :

-Deux dégrilleurs automatiques (fig.a.5) sont montés dans les canaux, avec un espace entre barreaux de 20 mm. Il est composé d'une grille courbée en acier galvanisé à nettoyage automatique par un peigne rotatif diamétral.

-Un dégrilleur manuel (fig.b.5) de secours à champ plat, avec un espace entre barreaux de 20 mm. Ce dernier est actionné en cas d'arrêt des dégrilleurs automatiques. (BEGHOURA et HERAOUI, 2012).



a) Les dégrilleurs automatiques



b) Un dégrilleur manuel.

**Figure 5.** Les dégrilleurs de la station d'épuration de Réghaïa (**Photos originales**).

### ➤ Dessablage-déshuilage

Les effluents dégrillés sont ensuite admis dans des canaux parallèles pour subir une élimination combinée des graisses et des sables (fig.6), éléments perturbateurs du traitement aval. Une insufflation d'air implantée en longueur favorise la concentration des graisses à la surface des canaux. Les sables, plus denses, décantent au fond des canaux.

Un pont mobile fonctionnant en continu d'une extrémité à l'autre des canaux, équipé d'un racleur de surface et de supprimeurs d'air, assure l'élimination des graisses dans une fosse dédiée et le pompage des sables qui sont acheminés vers un classificateur (fig.7) (IKHLEF et ARNAUD, 2010).



**Figure 6.** Les bassins de dessablage /déshuilage (**photos originales**).



**Figure 7.** Les Classificateurs à sables (**photos originales**).

## 2-Le traitement primaire

Après les prétraitements, Les effluents prétraités sont orientés vers les décanteurs primaires (Fig. 8) les effluents conservent une charge polluante dissoute et des matières en suspension, cette étape du traitement consiste à provoquer la sédimentation de la majorité des matières décantables, en jouant sur la vitesse de passage et le temps de séjour des effluents dans ces décanteurs. Les eaux décantées sont orientées vers le traitement biologique. Les matières décantées, appelées boues primaires, sont extraites régulièrement pour être envoyées vers l'étape d'épaississement des boues.

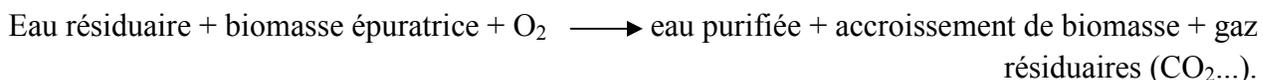


**Figure8.**Les décanteurs Primaires (photos originales)

### 3-Traitement secondaire

#### ➤ Réacteur biologique (bassin d'aération)

Les eaux décantées sont mises en contact avec une culture biologique, appelée « boue activée », riche en micro-organismes qui vont assurer l'élimination de la pollution biodégradable présente. Ces micro-organismes, aérobies, nécessitent un apport d'oxygène dans le milieu. En simplifiant, on peut décrire ce processus par l'équation suivante :



Dans la STEP de Réghaïa, cette aération est assurée par trois turbines de surface (fig.9)

Ces dispositifs ont une fonction double, aération et brassage des boues activées, pour éviter toute décantation de la biomasse. Après cette phase de contact, la clarification consiste à séparer par simple décantation l'eau épurée des boues activées (fig.10).

Le traitement biologique conventionnel est composé du couple bassin d'aération/clarificateur (BEGHOURA et HERAOUI, 2012)



**Figure9.** Le bassin d'aération

**Figure 10.** Les décanteurs secondaires

(Photos originales).

### 4-Traitement tertiaire

#### ➤ Filtration sur sable

La station d'épuration de Réghaïa est la seule STEP dotée de ce traitement où les eaux épurées sont acheminées vers une unité de traitement (fig.11) dans le but est d'enlever les solides en suspension dans l'eau et de réduire la contamination microbologique. La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité et indirectement les odeurs (CARDOT, 2002).

- C'est un procédé de séparation permettant de séparer les constituants d'un mélange qui possède une phase liquide et une phase solide au travers d'un milieu poreux (lit de sable). Les impuretés restent piégées entre les espaces inter granulaires du sable (**BEGHOURA et HERAOUI, 2012**).

Les systèmes de filtration rapide sur sable sont beaucoup plus répandus. Ils ont été développés durant le 20ème siècle. La filtration rapide sur sable est un processus physique qui enlève les solides en suspension dans l'eau avec une vitesse de 4 à 25 m/h. Ils ont des débits assez élevés et exigent peu d'espace pour fonctionner. Ces filtres sont généralement nettoyés 2 fois par jour (**USEPA, 2007**).

#### ➤ **Constitution d'un filtre sur sable**

Tout filtre est composé de trois parties :

- Le fond : doit être solide pour supporter le poids de l'eau, du sable et du gravier. Il doit permettre la collecte et l'évacuation de l'eau filtrée.
- Le gravier support : a pour rôle de retenir le sable et d'améliorer la distribution de l'eau de lavage dans le filtre.
- Le matériau filtrant : les matériaux utilisés sont des granules libres non adhérents les uns aux autres, insolubles, inattaquables par le liquide filtré ni par les particules solides retenues (**CARDOT, 2002**).



**Figure11.** La salle de filtration (**Photos originales**).

### **5-Evacuation de l'eau épurée**

Les eaux épurées, qui sont traitées par la station d'épuration de Réghaïa sont rejetées dans le lac de Réghaïa et ensuite vers la mer méditerranéenne.



Figure12. La sortie des eaux traitées (Photos originales).

Les quatre étapes principales du traitement sont détaillées sur (fig.13) et décrites dans les paragraphes suivants :

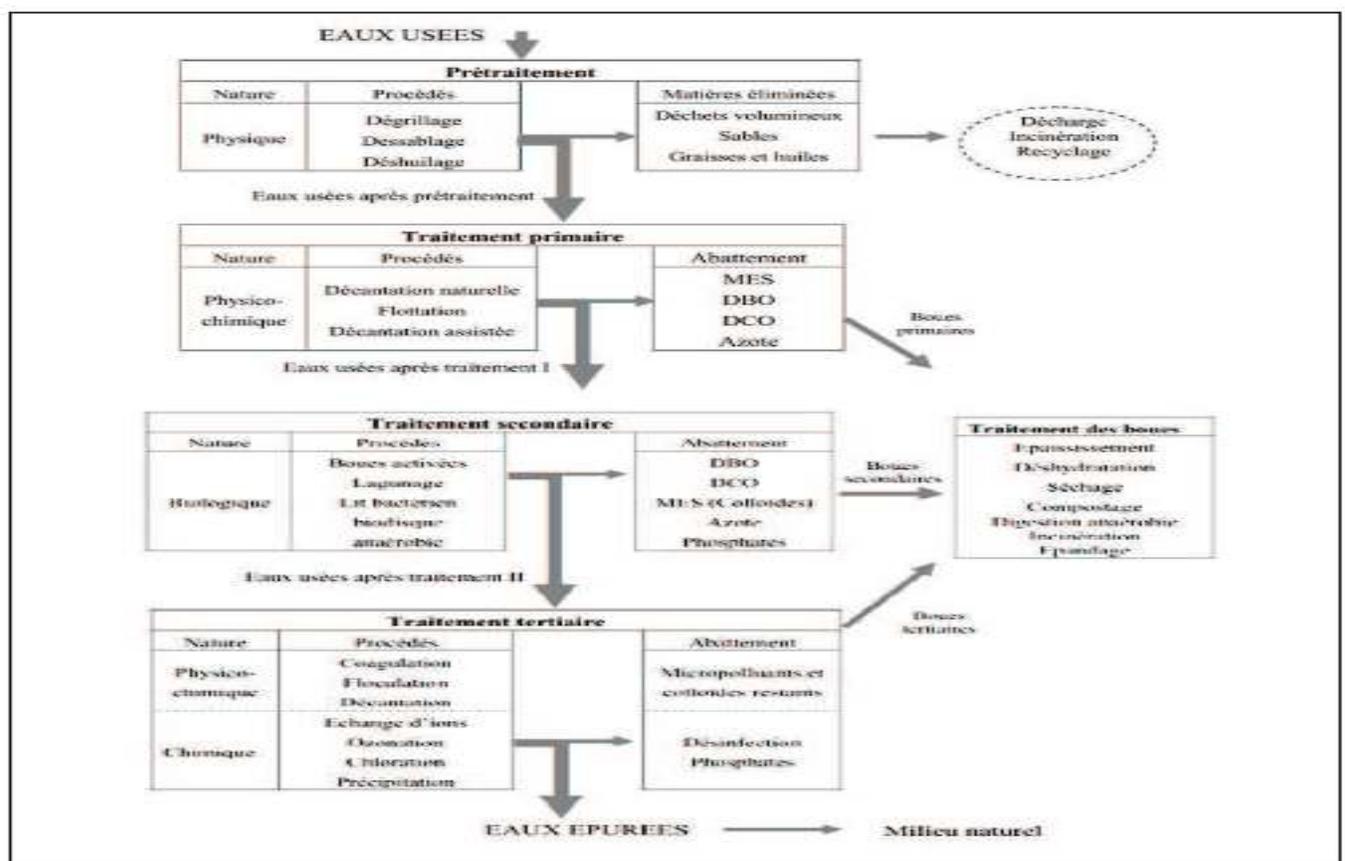


Figure 13. Etapes d'une filière de traitement des eaux (source : HADJ-SADOK, 1999)

## VI- Les zones humides

### 1- Définition

«Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris les étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres.» (Ramsar, 1971).

## 2- Les fonctions des zones humides :

Les zones humides méditerranéennes constituent des espaces multifonctionnels fragiles et diversifiés (**BONNET, 2005**). Ce sont d'abord des zones à grande variété écologique, On les a qualifiées de "reins de la planète" en raison des processus naturels de filtration et de purification qui s'accomplissent lorsque l'eau les traverse (**LUM, 1998**).

**Tableau 2.** Les diverses fonctions des zones humides

Historique	Dernier vestige de la Mitidja
Ecologique	Diversité des écosystèmes  Richesse botanique, faunistique, hydrique ( <b>SEYRIG, 2007</b> ), Milieu d'hivernage pour les oiseaux migrateurs
biogéochimique	Les zones humides permettent la rétention et/ou l'élimination de certains éléments contenus dans l'eau et notamment le nitrate et le phosphore ( <b>JOUBERT, 2006</b> ).
Pédagogique	Lieu idéal pour le suivi des oiseaux d'eau, support pédagogique pour les classes vertes et notamment ceux concernant la faune et la flore et d'autre travaux sont en cours (projet concitoyen)
Economique	Les zones humides remplissent des fonctions économiques évidentes : production biologique, piscicole et cynégétique ( <b>SEYRIG, 2007</b> ). Irrigation de 1200 HA de terre agricole  Lieu de pâturage
Touristique	les zones humides sont des lieux propices à de nombreuses activités récréatives telles la navigation, la chasse et la pêche et à la sauvegarde du patrimoine culturel. On peut aussi souligner l'activité liée au tourisme, grâce à la Diversité des paysages ( <b>BARNAUD, 2008</b> )

## VII - Description du lac de Réghaïa :

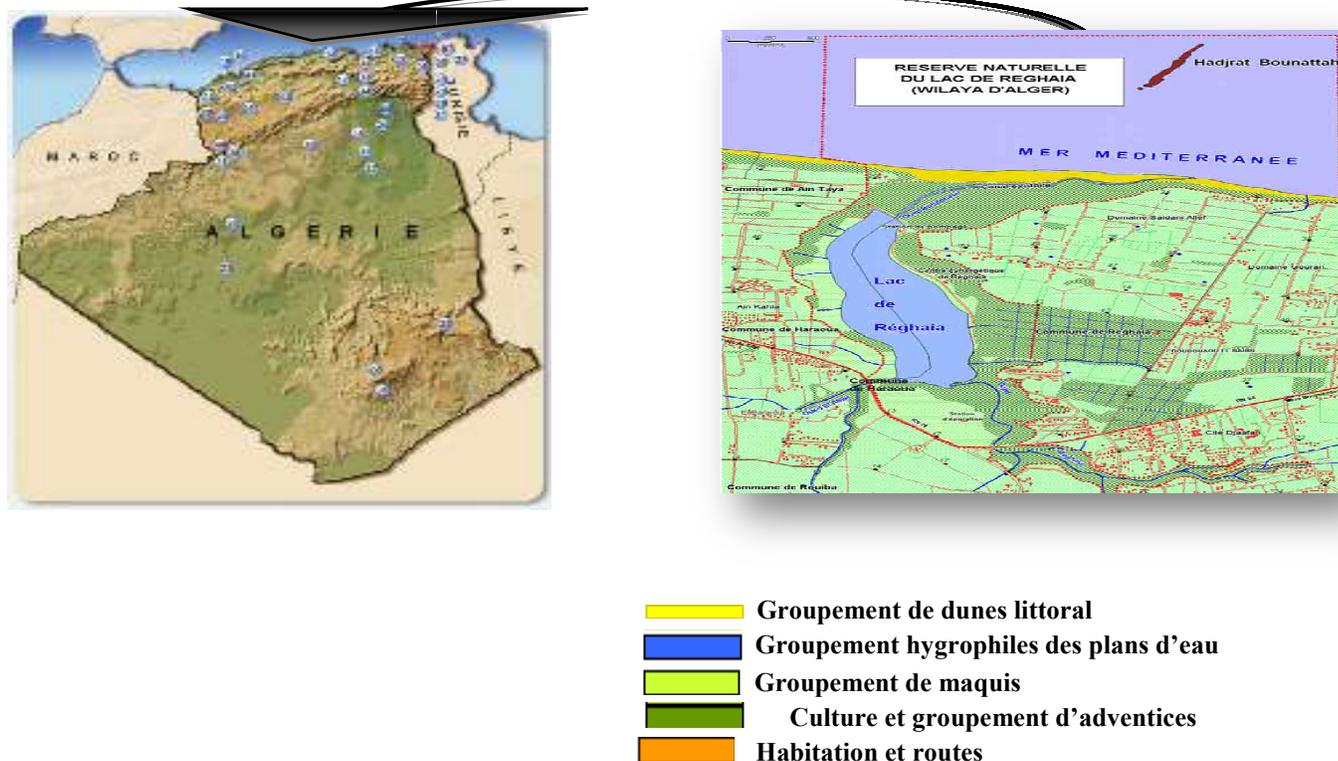
La Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa est situé à 30 km à l'est d'Alger ; elle constitue aujourd'hui l'unique vestige de l'ancienne Mitidja marécageuse. D'une superficie de plus de 1500 ha, dont la zone humide est de 842 ha, le plan d'eau ou lac est de 75ha et la partie marine est de 2 ha. Elle regroupe une diversité remarquable de milieux naturels, notamment :

- Le lac, les roselières à typhas et phragmites, les prairies humides, la plage et le cordon dunaire, les maquis à oléastres et lentisques.

- Elle abrite environ 233 espèces végétales.
- Environ 391 espèces animales importantes.
- La présence de plusieurs espèces mondialement menacées (liste rouge U.I.C.N.) tel que l'erismature à tête blanche et la Sarcelle marbrée a permis un classement du lac en zone humide d'importance internationale au titre de la Convention de Ramsar en 2003. (Graba, 2005).

### 1- Localisation générale :

La Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa est situé à 30 km à l'est d'Alger dans les deux communes Réghaïa et Heuraoua de la wilaya d'Alger et à 14 Km de la wilaya de Boumerdes. Coordonnées géographiques : 3° 19' et 3° 21' Est, 36° 45' et 36° 48' Nord.



**Figure 14.** Situation géographique de la zone d'étude (Direction Générale des Forêts, 2006)

Malgré que la moitié de ses terrains soit agricole, Réghaïa est une commune à vocation industrielle d'une superficie totale de 2630 Ha. Elle est divisée en 3 zones:

- 1- la zone industrielle 355 HA
- 2- la zone urbaine 845HA
- 3- la zone agricole 1337HA (Direction Générale des Forêts, 2006)

## 2- Historique :

- Avant les années 1930, seules les dunes retenaient oued Réghaïa et son lit n'avait pas été recreusé, le site était constitué que d'un marais naturel très riche en sauvagine. Faisant partie de la Mitidja, le marais de Réghaïa a échappé lors de la colonisation à des tentatives d'assèchement.
- En 1930 l'administration française a procédé à la construction d'une digue, la digue a été construite légèrement en amont de l'embouchure de l'oued Réghaïa. L'objectif principal a été l'irrigation des terres agricoles fertiles.
- Des équipements de pompage ont été réalisés en 1932 et rénovés en 1968.
- Entre 1970 et 1974, réalisation d'un canal sur la partie Nord du lac donnant sur la mer Méditerranée.
- En 1983, le secteur des forêts crée par décret le Centre cynégétique de Réghaïa pour la production d'oiseaux destinés au repeuplement des zones humides e les barrages.
- 1997 : Mise en service d'une station d'épuration en amont du lac, collectant les eaux usées domestiques et industrielles et les eaux pluviales, opérant un traitement mécanique partiel et rejetant dans le lac, prévue pour le traitement de 8 millions de mètres cubes.
- Juin 2003 : Inscription du site à la Convention de Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale.
- 2004-2006 : Aménagement d'un Centre d'Education à l'Environnement comprenant un centre nature réservé aux enfants et la réalisation de plan de gestion (dans le cadre du programme Life-Pays Tiers) (THIBAUT *et al*, 2006).



a) Le marais de Réghaïa en 1972



b) Le marais de Réghaïa en 2000

**Figure 15 (a, b). Le marais de Réghaïa en 1972 et 2000 (Institut National de la Cartographie et de la Télédétection, 2010)**

### 3- Les différents écosystèmes :

Le site est composé de plusieurs écosystèmes qui lui confèrent un rôle bio stratégique et qui lui permettent la persistance d'une biodiversité remarquable :

#### 1- Ecosystème marécageux :

Cet habitat constitue un milieu idéal pour la nidification

a



des nombreuses espèces, les plantes aquatiques émergentes dominant le paysage de la zone sont à base de Typha, phragmites et scirpes.

### 2- Ecosystème lacustre :

Représenté par un réservoir permanent d'eau douce d'une superficie de plus de 75 ha bordé d'une ripisylve et les plantes hygrophiles.

b



### 3- Ecosystème forestier :

Qui forme une ceinture étroite autour du lac, représenté par un maquis à Oléo-lentisque, caractérisé par une végétation buissonnante et lianes et de *Pistacia Lentiscus* et *Olea europea*.

c



### 4- Ecosystème dunaire :

Cette barrière naturelle entre la mer et le lac, est colonisée par une végétation qui se développe en bande étroite le long de la côte, elle est représentée par des groupements : *Pancratium maritimum*, *Ammophila arenaria*, *Lotus creticus*, *Urginea maritima*, *Chamaerops humilis*.

d



### 5-Ecosystème marin :

Cet écosystème est représenté par le bord de mer et on note la présence l'îlot Agueli de 212 m<sup>2</sup>. La petite île fait face au marais à 1 Km en mer et permet, la nidification du Grand Cormoran (GRABA.2005).

e



**Figure 16. (a,d,c,d,e).** Les différents écosystèmes (GRABA, 2005)

## VIII -Caractéristiques physiques du lac de Réghaïa :

### 1- les facteurs Biotiques :

#### ➤ La flore

Malgré sa faible superficie, Le marais de Réghaïa présente une richesse floristique non négligeable estimée au minimum de 284 espèces végétales recensées, soit l'équivalent de 18% de la flore du nord de l'Algérie (Anonyme1, 2012). Parmi les taxons recensés au niveau du lac de Réghaïa, Il existe un certain nombre de taxons bio indicateurs de l'état de l'eau et de la faune, il existe aussi ceux dans l'existence est intimement liée à la présence des plans d'eau (voir annexe I).

- Les groupements hygrophiles se développent en bandes vertes dans les zones marécageuses en aval, en amont et sur la rive Est du lac. Ils sont représentés par *Phragmites communis*, *Typha latifolia*, *Scirpus lacustris*, *Iris pseudacorus*, et les *Juncus* et autres.

- Les terrains en pente entourant le lac sont occupés par un important maquis dont le cortège floristique est composé principalement de Lentisque (*Pistacia lentiscus*) et oléastre (*Olea europea*), quelques bosquets d'*Eucalyptus camaldulensis* et de friches.

-Les espèces Méditerranéennes restent les plus abondantes avec environ 50 % des espèces recensées en raison de la stabilité du climat de type méditerranéen.

-Les espèces Européennes ne représentent que 14 % des plantes observées. Alors que les cosmopolites occupent 12%.

On note également la présence des espèces endémiques à l'Afrique du Nord tels que :

- *Arenaria cerastioïdes*
- *Cyclamen africanum*
- *Scilla lingulata*

Ainsi d'une espèce rare au niveau du littoral : *Abutilon théophrastii* et la présence d'une espèce endémique de la Méditerranée *Posidonia oceanica* au niveau de la zone marine.

#### ➤ Faune terrestre

Le lac de Réghaïa, abrite une grande biodiversité. Cette réserve d'eau douce joue un rôle très important, particulièrement remarquable sur le plan écologique et ornithologique, dont l'intérêt scientifique date du siècle dernier. C'est un site d'accueil pour l'avifaune aquatique migratrice de la région algéroise et du Centre-Nord algérien d'une manière générale et aussi en nicheurs rares (sédentaires et estivants).

La zone humide héberge plus de 206 espèces d'oiseaux dont près de 100 espèces d'oiseaux d'eau, 30 espèces du site bénéficient également d'une protection internationale parmi Les quelles figurent 4 espèces parmi les plus rares:

Le fuligule nyroca (*Aythya nyroca*)<sup>1</sup>, la sarcelle marbrée (*Marmaronetta angustirostris*)<sup>2</sup>, la poule sultane (*Porphyrio porphyrio*)<sup>3</sup> et l'érismature à tête blanche<sup>4</sup> (*Oxyura leucocephala*) (GRABA, 2005).



Figure 17. (1, 2, 3, 4) : Les espèces les plus rares (Source : GRABA, 2005)

Nombre d'espèces du Lac Réghaïa	Nombre d'espèces protégées en Algérie	Protection par la convention africaine, Annexe:	Inscrites sur les listes de la CITES, Annexe:	Inscrites sur les Listes Rouges de L'U.I.C.N, Catégorie:
206	53	26	22	5

Tableau 3. Nombre d'espèces d'oiseaux du lac protégées au plan national et international. (GRABA, 2005)

La faune des mammifères de la zone humide du Lac de Réghaïa représente 97 espèces terrestres et 11 espèces marines, avec Au moins 9 espèces de reptiles et 6 espèces d'amphibiens évoluent dans les différents habitats écologiques de la zone (BELLATRECHE *et al*, 2002).



a) *Genetta genetta*



b) *Erinacrus algerus*

Figure 18 (a ,b): Les mammifères de la zone humide (GRABA, 2005)

## 2-Les facteurs abiotiques

### ➤ Géologie et Pédologie

La topographie de la région est assez complexe, elle est formée de quatre plateaux à configuration variée. C'est une formation géologique qui est passée par un plissement puis un remblaiement. Les Principaux faciès géologiques sont de type alluvionnaire et marécageux. Les faciès datant du quaternaire récent et actuel, ils sont caillouteux et limoneux, de dunes consolidées, de grés marins, de sable argileux et d'alluvions anciennes du quaternaire. La zone littorale de Réghaïa présente un

sol à tendance sablo-limoneuse, par contre la partie centrale est caractérisée par une terre fertile à tendance argileuse constituée par des sols bruns méditerranéens et des sols brunifiés.

### ➤ Hydrologie

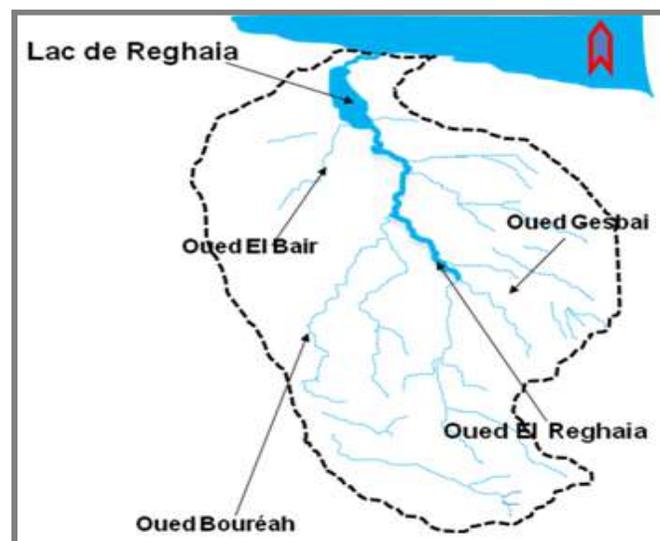
Les eaux du lac proviennent des précipitations et du ruissellement des eaux des nappes phréatiques à l'origine de la formation du marais de Réghaïa qui est alimenté par trois cours d'eau :

- L'Oued Réghaïa, il est le plus important avec une longueur de 5500m, le bassin versant atteint 75 km<sup>2</sup>, une partie atteignant 25km<sup>2</sup> est constituée par un territoire monticuleux, le reste est une plaine inclinée vers la mer. Il est alimenté par deux affluents à savoir Oued Guesbaï et Oued Berraba.
- L'Oued El Biar, prenant naissance aux environs de la zone industrielle de Rouïba- Réghaïa, traverse une grande partie des champs agricoles avant de se déverser au niveau du lac. Sa longueur atteint 4075 mètres et son bassin versant 20 km<sup>2</sup>.
- L'Oued Boureah, un affluent de l'Oued El Hamiz, débute à Rouïba. Il draine les eaux de ruissellement des terres agricoles de la Plaine de la Mitidja dans sa partie Nord-Est. Son bassin versant atteint 20 km<sup>2</sup>. (**Ministère de L'agriculture et du développement rural, 2003**)

Ces trois cours d'eau charrient toutes sortes de pollution particulièrement oued el Biar qui prend naissance à partir de la zone industrielle de Rouïba et traverse toutes la ville de Réghaïa pour aboutir jusqu'au lac et y déposer ses impuretés qui mettent en péril tout l'écosystème de la réserve naturelle.

### ➤ Humidité

La période humide englobe les trois saisons (automne, hiver, et printemps) et la Période sèche correspond à l'été.



**Figure 19.**Réseau Hydrique d'alimentation du lac de Réghaïa (**Anonyme2, 2003**)

### ➤ Valeurs hydrologiques

Les fonctions réelles du lac en matière de prévention contre l'érosion côtière, la maîtrise des crues, le captage des sédiments et le maintien de la qualité de l'eau, n'ont pas fait l'objet d'études

permettant de quantifier et d'apprécier ces valeurs. Mais d'après les différents écrits étudiés, c'est une zone de captage de sédiments et d'épandage de crues. En plus de ces fonctions, le lac de Réghaïa assure l'irrigation de 1200 hectares de terres agricoles.

➤ **Les facteurs climatiques**

Parmi les éléments du climat susceptible d'influer sur la biologie du lac et le développement de la biodiversité il faut citer la température facteur énergétique, la pluviosité facteur hydrologique et le vent facteur mécanique (LEVEQUE, 2001).

➤ **La pluviométrie**

Les précipitations sont l'un des facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la répartition de la végétation, l'alimentation des nappes, des lacs et des cours d'eau et caractérise le climat de la région. D'après les données climatologiques de la station la plus proche (Dar El-Beida), les précipitations moyennes annuelles sont de 49,2mm.

➤ **La température**

Les températures moyennes mensuelles et annuelles agissent directement sur le climat en interaction avec d'autres facteurs météorologiques et biogéographique, les températures moyennes annuelles sont de 15,63°C.

➤ **Vents**

Il peut influencer sur le climat, ils sont faibles, la direction prédominante est de Nord-Ouest. Le sirocco souffle en moyenne 5 jours par an.

➤ **Synthèse climatique**

Le climat de la région est méditerranéen caractérisé par une saison humide de 7 mois et une saison sèche correspondant à la période estivale d'une durée de 5mois. Selon le climagramme d'Emberger (voir annexe I), le marais de Réghaïa est situé dans l'étage bioclimatique sub-humide doux caractérisé par des étés secs et chauds et par des hivers doux et humides.

## **IX- L'environnement Economique**

### **L'Industrie :**

La réserve naturelle est situé à proximité d'un pôle industriel important : Sur la daïra de Rouïba sont implantées 421 unités industrielles, notamment représentées par l'agro-alimentaire (70 unités), les matériaux de construction (46 unités), la transformation des métaux (105 unités), les cuirs et textiles (78 unités).

La zone industrielle Rouïba – Réghaïa, créée en 1963, s'étend sur une superficie de 1000 ha et draine une masse importante de main d'œuvre (40000 emplois directs). Une classification a été établie avec l'aide de la DH.W de Boumerdes et de l'EGZIB (entreprise de gestion de la zone industrielle). Sur 100 établissements classés, 8 sont en catégorie 1 (entreprises polluantes), 36 en

catégorie 2 (entreprises moyennent polluantes) et 63 en catégorie 3 (entreprise peu ou pas polluantes) (Anonyme, 2012).

**Tableau 4.** Exemple d'entreprises de **catégorie 1** (Polluantes) :

Unités		effluents	quantités
SNVI	Société nationale de véhicules industriels	Al, Cd, Cr, Fe, Mn, Ni Hydrocarbures, cyanures, Pb Huiles Gaz naturel	2000m <sup>3</sup> /j
TAMEG	Tannerie mégisserie de Rouïba	Sulfures, chaux, acide, sel, solvant Chrome, graisse solide, colorant, carcasse, laine, poussière	1112 m <sup>3</sup> /j
PEPSI	Production de boissons gazeuse	Matière en suspension, colorant Polluant biodégradable	40.000 à 50.000m <sup>3</sup> /mois
ANNABIB	Production de tubes longitudinaux	Diluant, catalyseur, bitumes	
SNTA 1 SNTA 2	Tabac et Allumette	Chlorates de potassium, soufre, paraffine	
EPBR	Production de boisson Gazeuse et de Bières	Levures, polluant biodégradable	

## Résultats et discussion

### Les résultats de la STEP :

#### I- Caractérisation physico-chimique

Les résultats obtenus après la phase expérimentale sont les suivants

##### 1-La température de l'eau

Les résultats obtenus (fig.27) montrent que les valeurs de la température des différents prélèvements sont très proches.

A l'entrée, la température des eaux brutes (EB) oscillent entre 11,5 et 23,1°C durant la période d'étude, elles sont voisines de la température ambiante. Ce qui probablement serait à l'origine de la formation de la biomasse bactérienne favorisant ainsi le traitement biologique. A la sortie, les valeurs des eaux épurées (EE) sont comprises entre 11,5 et 18°C et des eaux filtrées (EF) entre 11,8 et 17,5°C cette variation de température est en relation avec l'heure de prélèvement et les conditions météorologiques.

Certains de ces effets peuvent avoir une action bénéfique, c'est ainsi que l'augmentation de la température favorise l'auto-épuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui présente un intérêt dans les stations d'épuration. A la sortie, les valeurs sont conformes aux normes de l'OMS (2006) qui préconisent une température maximale de 30°C.

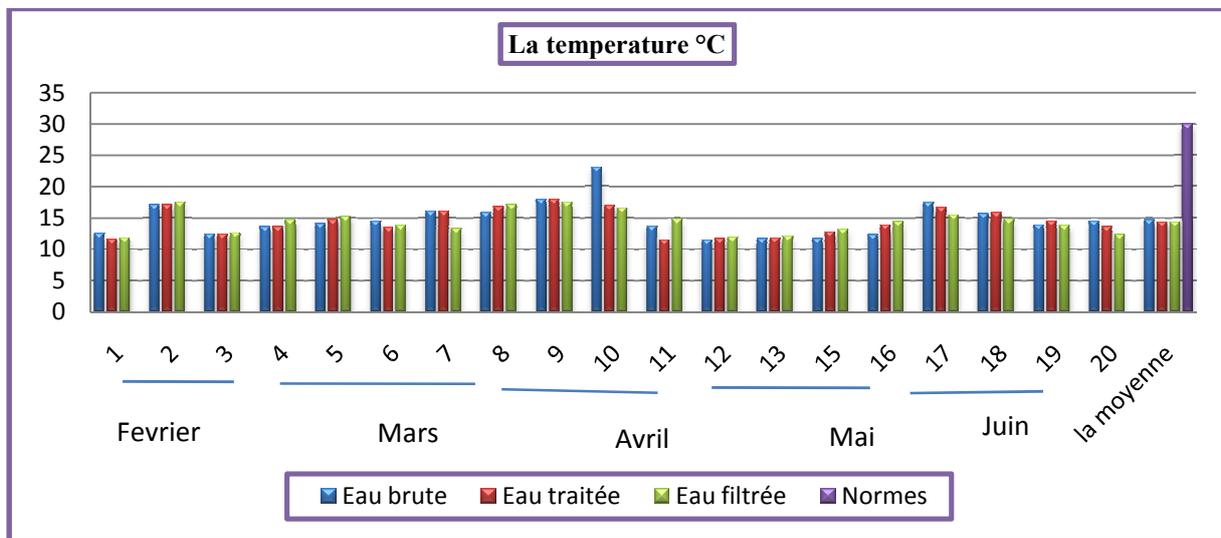


Figure27. Variation de la température suivant les étapes de traitement.

##### 2 -Le PH

La valeur maximale du ph des eaux résiduaires a l'entrée de la station est de 7,92 (fig.28) qui est une caractéristique des eaux résiduaires, dont le pH est souvent de l'ordre de 7.5 à 8, le plus favorable à l'action bactérienne, pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie. (FRANCK, 2002).

En ce qui concerne les eaux traitées, le pH est toujours inférieur à celui enregistré à l'entrée. Les valeurs gravitent autour de la neutralité avec une tendance vers l'alcalinité, et elles varient entre 6,4 et 7,77 pour les eaux épurées et de 6,92 et 7,84 pour l'eau filtrée, Cette valeur coïncide, d'après GAUJOUS (1995), avec le pH normal de l'eau de mer et des eaux douces en zones calmes. Nous pouvons dire que ces valeurs restent toujours dans les normes de l'OMS (2006).

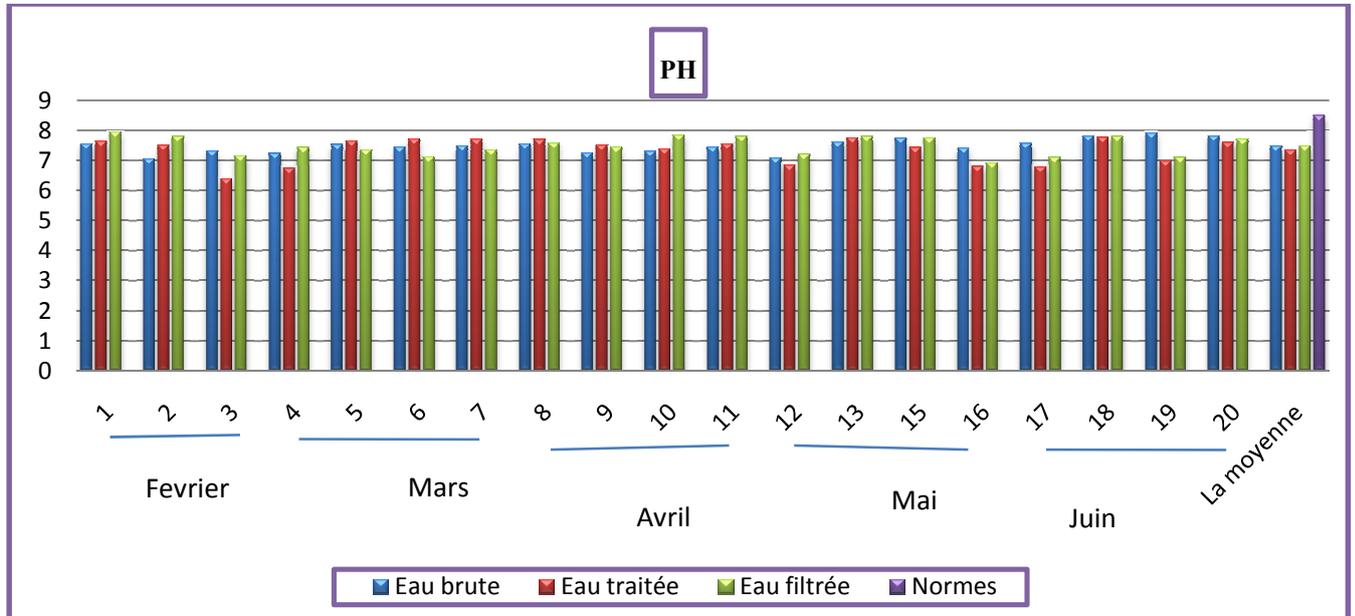
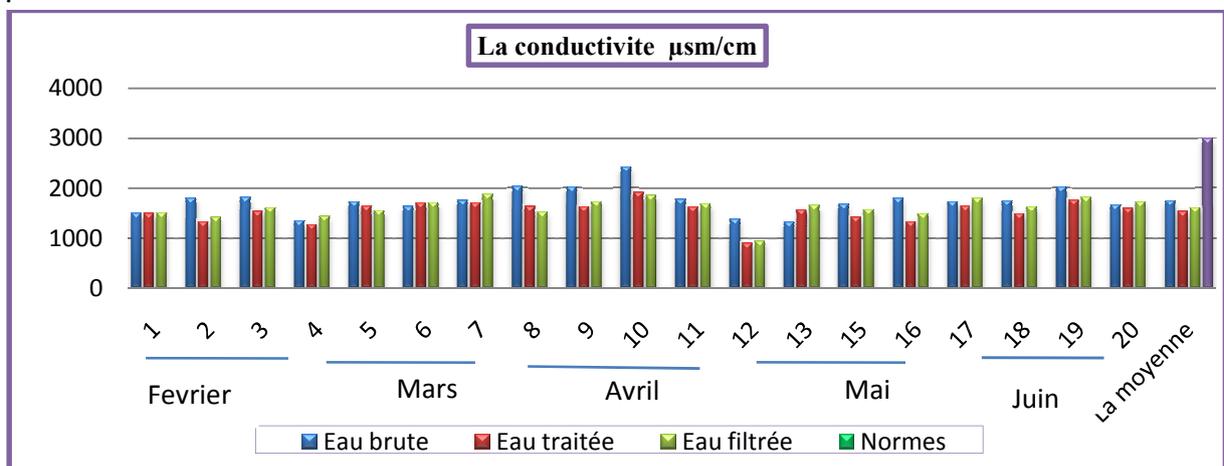


Figure 28. Variation de pH suivant les étapes de traitement

### 3-Conductivité électrique

La figure (29) nous montre que l'eau brute a une gamme de conductivité de 1324-2430  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , l'eau épurée est de 897-1917  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et l'eau filtrée est de 945-1880  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Cette diminution peut être expliquée en général par une sédimentation des sels minéraux qui sont concentrés dans les boues. Il faut de plus noter que les traitements physique ou biologique n'ont que peu d'impact sur ce paramètre (FRANCK, 2002).



**Figure 29.** Variation de la conductivité suivant les étapes de traitement.

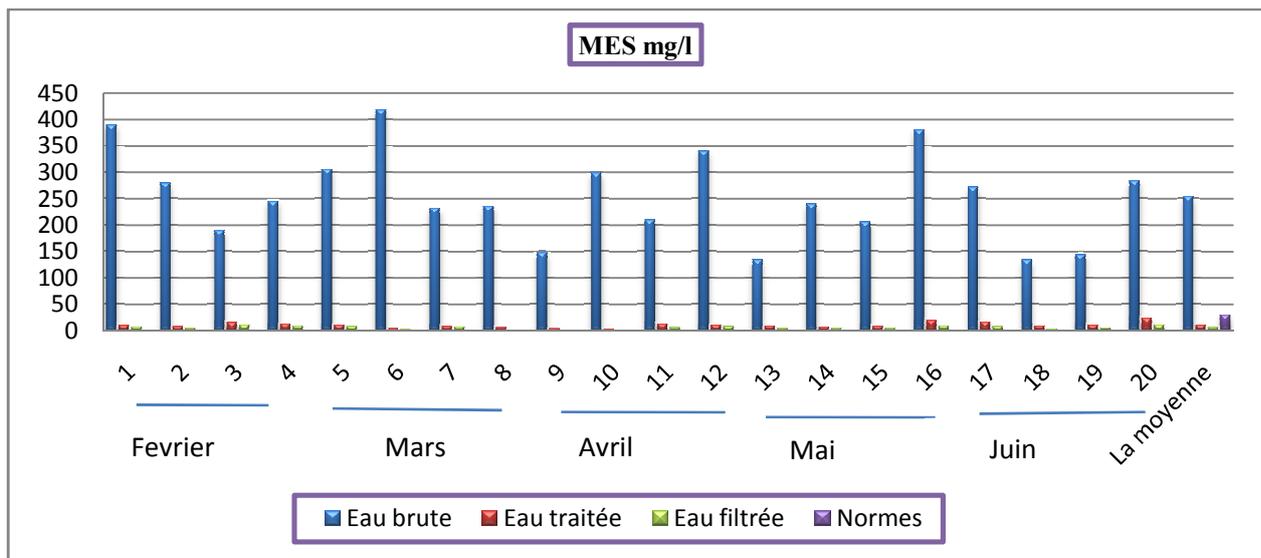
La conductivité d’une eau usée dépend essentiellement de l’eau potable utilisée et de la population et des activités industrielles (salghi, 2007).

#### 4- Matières en suspension (MES)

Les valeurs des matières en suspension MES enregistrées à l’entrée de la STEP (fig.30) varie entre 134 et 418 mg/l cette variation est due la nature des rejets.

Pour les eaux épurées entre 3 et 24mg/l et entre 1 et 11mg/l pour les eaux filtrées. Cette diminution de MES est due a l’élimination de particules par le dessableur ainsi que par l’adsorption des matières en suspension sur des floccs biologique et la bonne sédimentation au niveau du clarificateur (REJESK, 2002) , ainsi que La filtration qui est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d’un matériau granulaire (lit filtrant) (CARDOT ,1999).

Les MES sont, en majeure partie, de nature biodégradable (FAO, 2003). Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et épurées et filtrées de la STEP de Réghaïa et restent toujours dans la norme de l’OMS (2006).



**Figure 30.** Variation des MES suivant les étapes de traitement.

#### 5- Paramètres de la pollution organique

##### ➤ Demande biologique en oxygène DBO<sub>5</sub>

L’effet principal d’un rejet de matières organiques biodégradables dans le milieu naturel est la consommation d’oxygène qui en résulte. La détermination de la DBO a donc pour but d’évaluer cette nuisance et d’en estimer les effets (BLIEFERT et PERRAUD, 2001).

Au cours de notre suivi, les variations de la teneur en DBO<sub>5</sub> le long de la filière de traitement sont représentées par la figure (31) nous observons que l'eau brute présente une DBO<sub>5</sub> qui varie entre 110 et 240 mg O<sub>2</sub>/l, celle de l'eau épurée entre 2 et 14 mg O<sub>2</sub>/l pour l'eau filtrée entre 1 et 13 mg O<sub>2</sub>/l.

Les variations des concentrations en DBO<sub>5</sub> de l'eau brute s'expliquent par la nature des eaux résiduaires entrantes à la STEP, par contre une importante réduction est observée pour les effluents épuré et filtré qui est expliqué par l'élimination maximale de la pollution biodégradable par les différentes étapes de traitements de la STEP de Réghaïa. D'après **BLIEFERT et PERRAUD (2009)**, Cette performance de la station est liée à une optimisation des réglages d'exploitation. On peut ainsi confirmer que l'objectif fixé par la station est atteint puisque les valeurs sont conformes aux normes de l'OMS (DBO<sub>5</sub> <30 mg O<sub>2</sub>/l).

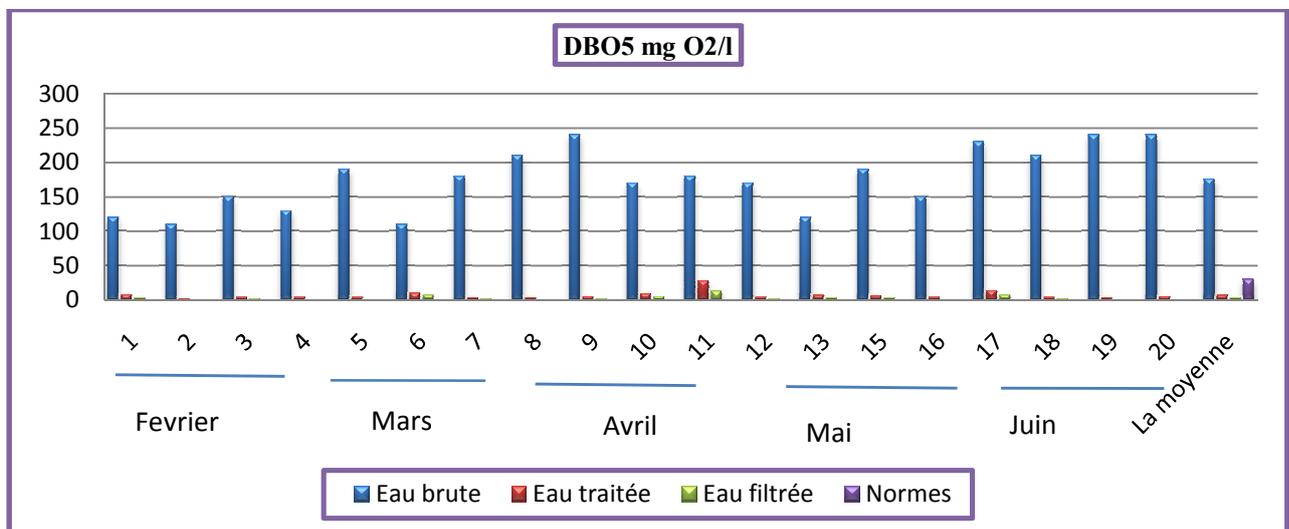
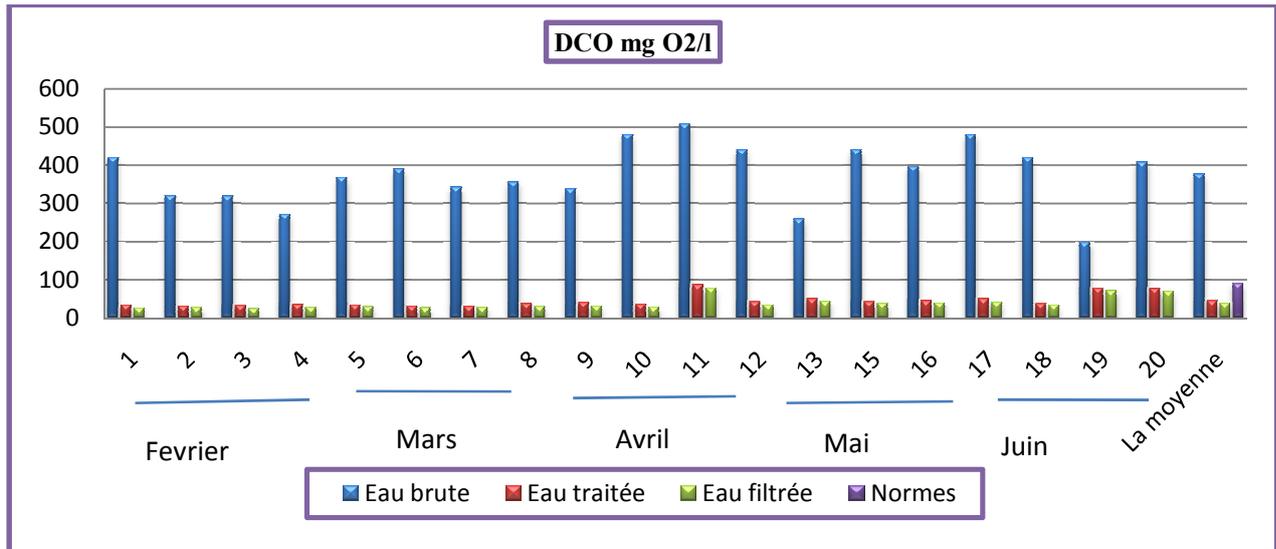


Figure 31. Variation de la DBO<sub>5</sub> suivant les étapes du traitement.

### ➤ Demande chimique en oxygène DCO

Nos résultats de mesure de la DCO (fig.32) de l'eau brute varient entre 198 et 508 mg d'O<sub>2</sub>/l, D'après **AUDIC (1990)** cette valeur élevée de la DCO s'expliquerait dans notre cas par la présence de matières organiques non biodégradables dans l'effluent brute. Alors que la DCO dans l'eau traitée a considérablement diminuer et correspond a des valeurs comprise entre 21 et 86,5 pour l'eau épurée et de 18 et 78 mg d'O<sub>2</sub>/l pour l'eau filtrée, cette diminution est due a l'abattement de la DBO au niveau du bassin d'aération ainsi que la décantation ou le temps de séjours qui permet la bonne décantation (**Anonyme 3, 1990**).

Nous pouvons dire que l'objectifs fixé par la station est atteint (90mg/l) ce qui est conforme a la norme de l'OMS (**2006**).



**Figure 32.** Variation de la DCO suivant les étapes du traitement.

## 6-Rapport DCO/DBO<sub>5</sub>

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> détermine la possibilité de biodégradation qu'on peut espérer par un traitement d'oxydation biologique.

D'après les résultats sont compris entre 0,83 et 3,54, les valeurs restent durant notre période d'étude inférieurs à 3 ce qui signifie selon **cardot (1999)** que l'effluent a une bonne biodégradabilité.

Selon **Rodier et al, (2009)** :

- 🧩 DCO/DBO<sub>5</sub> < 3 effluent facilement biodégradable.
- 🧩 3 < DCO/DBO<sub>5</sub> < 5 effluent moyennement biodégradable.
- 🧩 DCO/DBO<sub>5</sub> > 5 effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable.

Globalement, les valeurs enregistrées dans cette étude (voir annexe III) sont inférieures à 3, ce qui confirme que les eaux usées reçues, au niveau de la STEP, sont facilement biodégradables.

Toutefois, les valeurs obtenues lors du 1<sup>er</sup> et 6<sup>ème</sup> prélèvement (3,5 et 3,54) sont supérieures à 3. Ce qui indique que l'effluent est moyennement biodégradable et qu'il s'agirait d'un rejet industriel.

## 7- Paramètres de la pollution azotée

### ➤ Azote total

L'azote est un constituant essentiel de la matière vivante, mais sa présence en quantité importante dans les eaux usées nécessite une surveillance attentive (Cornaz, 2004).

D'après la figure (33) à l'entrée de la STEP les valeurs de l'azote total varient entre 31,6 et 48,4mg/l, L'azote est présent dans les effluents sous différentes formes : azote organique (N org), azote ammoniacal (ammoniac NH<sub>3</sub>, ion ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (KOLLER, 2004), à la sortie les valeurs varient entre 6,6 et 20,3 mg/l pour les eaux épurées et de 3,01 et 12,3mg/l pour les eaux filtrées, Ces valeurs inférieures à 50 mg/l sont conformes aux normes OMS (2006).

Ces résultats de réduction de l'azote total montrent que ce dernier a été assimilé par les bactéries. Le phénomène de la nitrification et de la dénitrification se déroulent dans les bassins d'aération. Les mêmes remarques ont été rapportées dans les travaux de CHACHUAT *et al* en 2007.

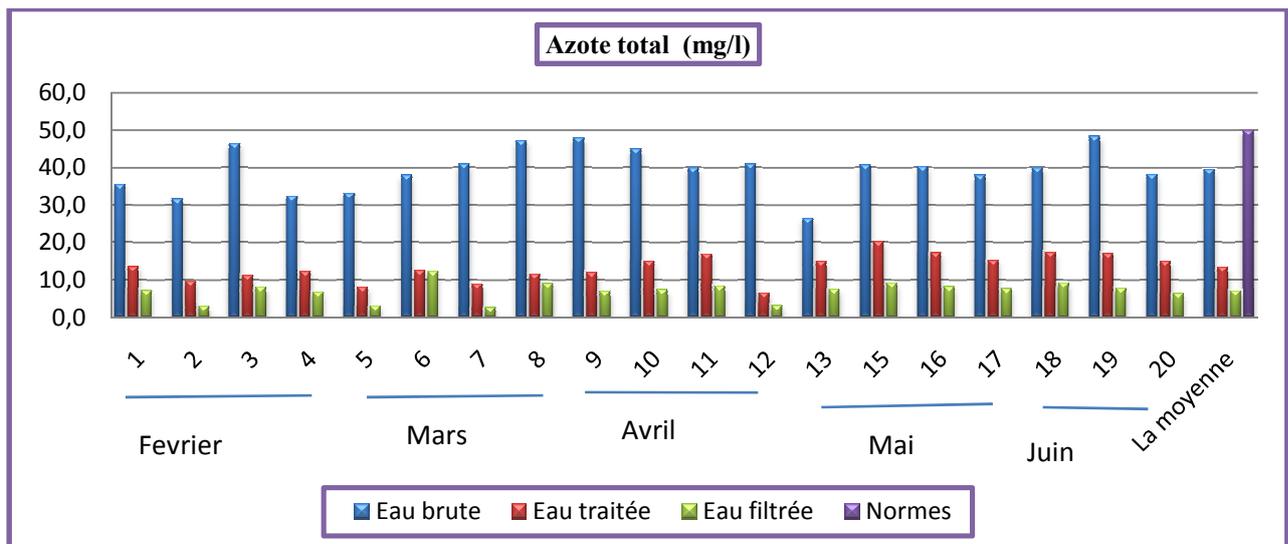


Figure 33. Variation de l'azote total suivant les étapes du traitement.

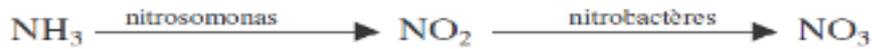
## 8- Nitrates et nitrites

### ➤ Nitrates

D'après la figure (34), les valeurs des nitrates obtenues dans les eaux brutes oscillent entre 0,35 et 5,7 mg/l, Les faibles teneurs en nitrates au niveau des eaux brutes sont probablement dues au fait que l'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques a essentiellement une origine anthropique.

Les eaux épurées entre 1,34 et 19,4 mg/l et de 1,1 et 19,8 mg/l pour les eaux filtrées. Ces valeurs restent inférieures à la norme 44 mg/l. On constate que les taux de nitrates ont augmenté considérablement au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes.

L'élimination biologique de l'azote s'organise selon deux phases successives que sont la nitrification et la dénitrification (CHACHUAT *et al*, 2007).



La présence des microorganismes autotrophes vis-à-vis de l'azote, dégradent les protéines en azote ammoniacal. Les bactéries autotrophes telles que *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*, transforment l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en présence d'oxygène pour produire des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) puis des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ; ces deux étapes mettent en oeuvre l'oxydation de ces différents substrats par des bactéries aérobies qui en tirent l'énergie nécessaire à leur chimiosynthèse.

En environnement anoxique, certaines bactéries hétérotrophes anaérobies métabolisent les nitrates, à la place de l'oxygène, en oxyde d'azote en de l'azote gazeux (N<sub>2</sub>) (FAURIE *et al*, 2005). Ces deux processus peuvent néanmoins coexister dans un même bassin à boues activées si l'on prend le soin d'alterner des phases d'aération et d'anoxie.

La capacité d'aération est en effet souvent suffisante pour assurer une nitrification poussée. Le plus souvent, au niveau des petites stations d'épuration, les aérateurs étant généralement surdimensionnés par rapport à la charge polluante reçue (CHACHUAT *et al*, 2007), ce qui explique le taux élevé des nitrates dans l'effluent traité. Les eaux épurées sont très chargées en nitrates mais restent inférieurs aux normes internationales des eaux destinée à l'irrigation selon l'OMS (1989) (<50mg/l) et inférieurs aux normes de rejet OMS (2006).

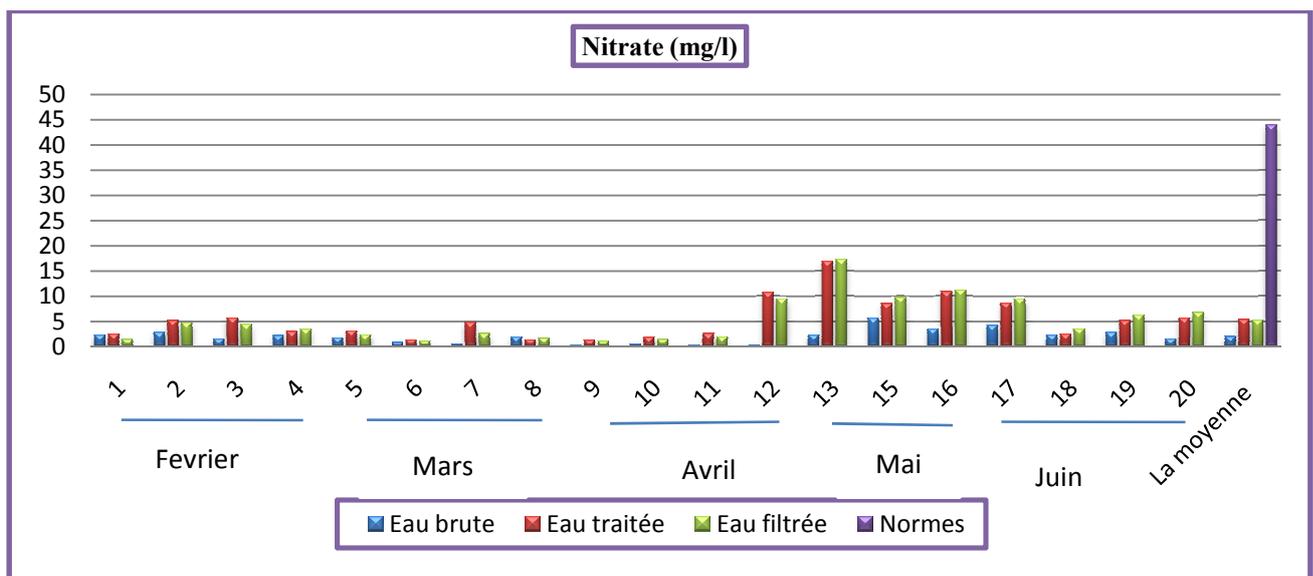


Figure 34. Variation des nitrates suivant les étapes du traitement.

➤ **Nitrites**

D’après les résultats obtenus la figure (35), au cours de notre étude, on remarque que la teneur en nitrites des eaux à savoir brutes et traitées est faible. Ainsi, la différence de ces valeurs entre l’entrée et la sortie on a 0,11 et 1,75 mg/l pour l’eau brute 0,08 et 0,51mg/l pour l’eau épurée 0,02 et 0,47 mg/l et l’eau filtrée. Ces valeurs sont en fonction de la qualité de l’effluent.

Les nitrites proviennent soit d’une oxydation incomplète de l’ammoniaque où la nitrification n’était pas conduite à son terme, soit d’une réduction des nitrates sous l’influence d’une action dénitrifiante, cette dernière joue un rôle important pour le fonctionnement du système de traitement (CHOUBERT, 2002).

Les travaux de SANZ *et al* (1996) montrent qu’il existe des changements de l’activité de la biomasse autotrophe nitrifiante sous l’effet des variations de la température, ce qui influence le taux de nitrification. Ainsi, une eau refermant des nitrites est à considérer comme suspecte car ces substances sont souvent associées à une détérioration de la qualité microbiologique (RODIER, 1996).

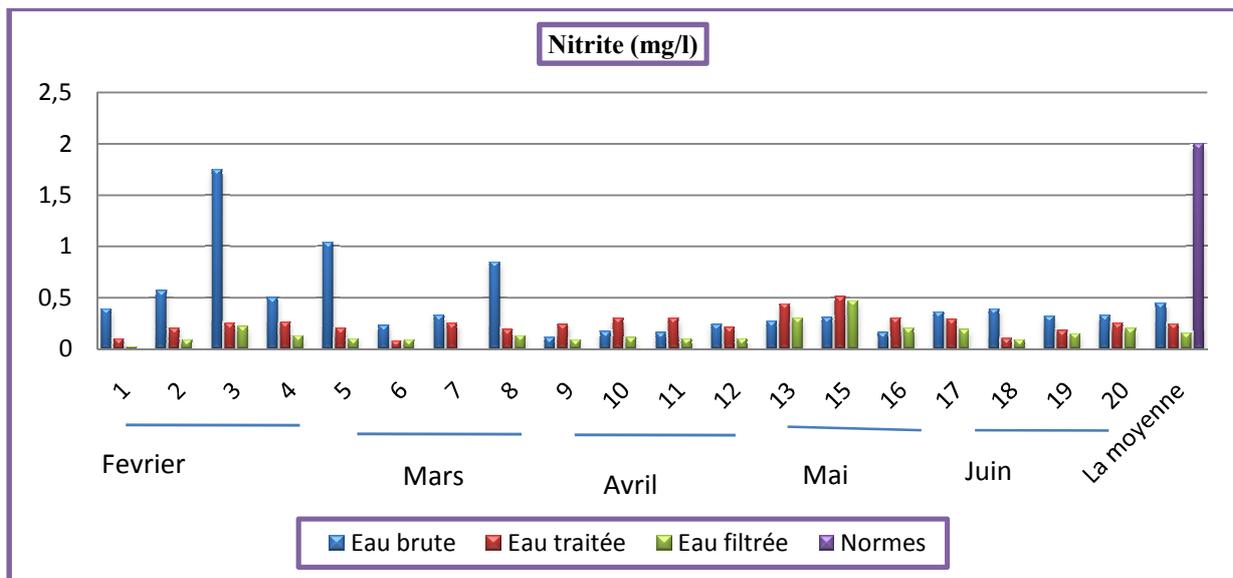


Figure 35. Variation des nitrites suivant les étapes du traitement.

**9- Ammonium**

D’après la figure (36) les concentrations de l’ammonium des eaux usées brutes varient entre 10,8 et 41mg/l pour les eaux épurées entre 1,8 et 14,2mg/l, pour les eaux filtrées entre 1,4 et 15,1 mg/l.

Dans le bassin d'aération, les sels d'ammonium sont convertis en formes plus oxydés (nitrite puis nitrate) par des micro-organismes autotrophes réalisant ce qu'on appelle la nitrification (SEITZINGER et al, 2006). C'est probablement la raison pour laquelle les valeurs sont réduites à la sortie de la STEP.

Selon GROSCLAUDE (1999), l'activité nitrifiante nécessite des conditions de fonctionnement particulières de la STEP (une oxygénation forte et un âge élevé des boues).

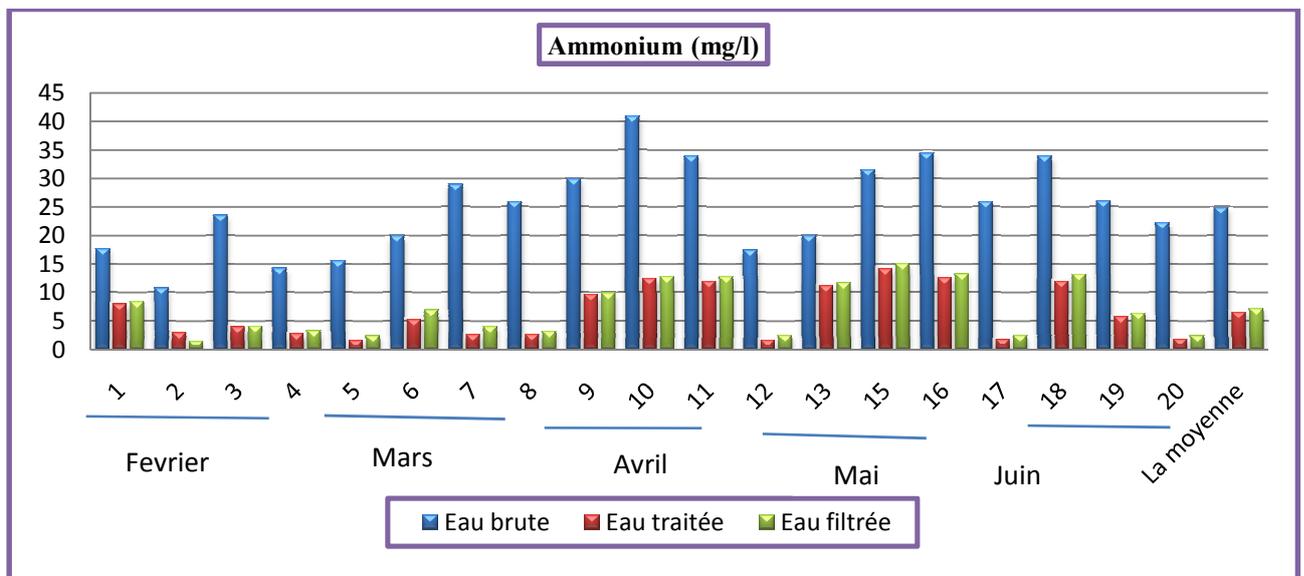


Figure 36. Variation de l'ammonium suivant les étapes du traitement.

### 10- La pollution phosphorée

A l'entrée des stations (fig.37), l'analyse de ce paramètre a révélé des valeurs comprises entre 2,07 et 17,5 mg/l. Ces concentrations dépendent de l'intensité des rejets, il provient du métabolisme humain, des rejets de détergents qui sont à l'origine du phosphore, des lessives ainsi que les engrais utilisés en agriculture.

A la sortie de la STEP les valeurs oscillent entre 0,16 et 1,39 mg/l pour les eaux épurées et entre 0,1 et 1,32 mg/l pour les eaux filtrées.

Les micro-organismes assurant la dégradation du carbone et de l'azote intègrent du phosphore à leur matériel cellulaire (structure membranaire, ATP et ARN). La part de phosphore éliminée, simplement par cette voie, représente environ 25 % de la quantité journalière à dégrader (CHOUBERT, 2002).

Nous avons notés que les concentrations des eaux épurées obtenues dans les STEP ne dépassent pas les normes algériennes et internationales des rejets (<2 mg/l) OMS (2006).

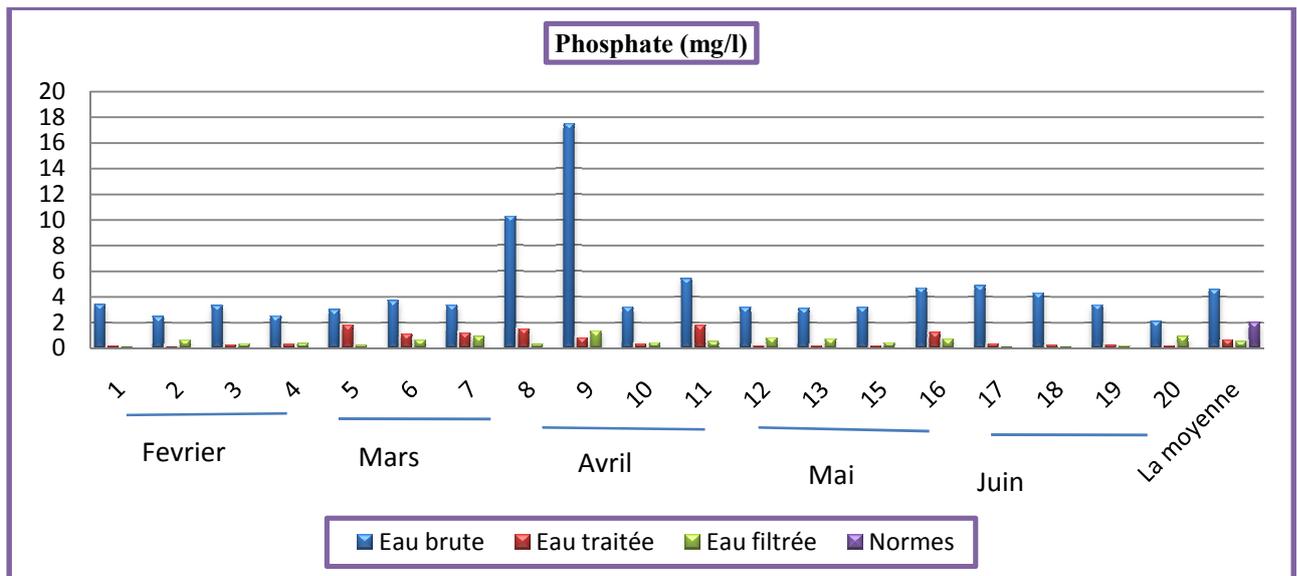


Figure 37. Variation des phosphates suivant les étapes de traitement.

## 11-Résultat d’analyse du Chrome trivalent

L’analyse du chrome III montre que la concentration du chrome III dans l’eau rejetée est de 0,057 mg/l avec un rendement d’épuration de 75 %. Ce qui reprend à la norme de rejet (<3mg/l).

Période du prélèvement	Concentration a L’entrée (Mg/Litre)	Concentration a la sortie (Mg/Litre)	Le rendement
08-15 /03/2013	0.231 mg/l	0.057	75%

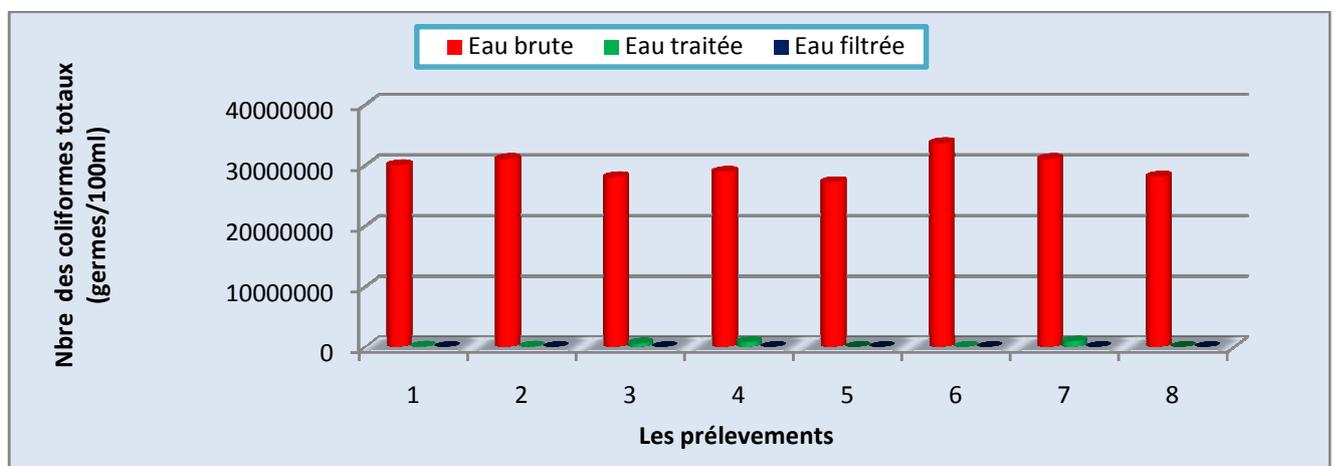
## II-Caractéristiques bactériologique

### ➤ Coliformes totaux

D’après la figure (38), le nombre des coliformes totaux présent dans les eaux brutes est compris entre  $27,2 \times 10^6$  et  $33,6 \times 10^6$  germes/100ml. Cette présence est due à l’enrichissement en matière organique des eaux usées brutes qui rend le milieu favorable au développement bactérien, d’où la prolifération de ce type de coliformes qui dépend de la nature du substrat présent (RODIER *et al*, 1996). Les valeurs obtenues dans cette étude sont similaires à celles de painusstein et al (1990), qui ont conclu que ce nombre varie entre  $10^5$  et  $10^7$  Par 100ml dans l’effluent de la station.

Cependant une réduction considérable est remarqué après l’épuration biologique en effet, à la sortie des STEP, l’eau épurée présente des valeurs oscillant entre  $2 \times 10^4$  et  $92,08 \times 10^4$  germes/100ml et de 1000 à 8600 germes/100ml pour les eaux filtrées. L’élimination des micro-organismes consiste en leur association avec les floccs préformés par la boue activée et

leur élimination par décantation. Ces micro-organismes s'adsorbent solidement aux particules solides (SHANG *et al*, 2005). Cette hypothèse est confirmée par CHITNIS (2004) qui rapporte également la concentration en bactéries de l'eau à celle de la boue biologique du décanteur; il affirme que les bactéries adhèrent aux particules en suspension. elle se fait par une compétition entre les micro-organismes. Il semble en effet que l'inactivation des bactéries dans les traitements à boue activée se réalise par différents processus : par des enzymes extracellulaires, par des protozoaires prédateurs, et par la phagocytose réalisée par d'autres bactéries (LY *et al*, 2006). Le nombre de coliformes totaux sont conformes aux normes de rejet dans le milieu naturel qui se situent entre  $10^3$  et  $10^7$  germes/100ml, mais reste insuffisant car les valeurs dépassent toujours la norme de l'OMS autorisée pour la réutilisation agricole (<1000germes/100ml).



**Figure 38.** Réduction du nombre des coliformes totaux après le traitement.

### ➤ Coliformes fécaux

Selon la figure (39) on remarque que le nombre de coliformes fécaux des eaux brutes varient entre  $175 \times 10^3$  et  $32,2 \times 10^5$  germes/100ml, par contre on remarque une réduction pour les eaux épurées 1900 et  $9 \times 10^4$  germes/100ml et de 100 et 6900 germes/100ml pour les eaux filtrées.

Les abondances en coliformes dans les effluents traités dépendent de la qualité microbiologique des eaux brutes d'une part, et de l'efficacité de la filière de traitement à éliminer les coliformes, d'autre part la présence de coliformes résulte de leur abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et constituent des indicateurs fécaux de première importance (DUPRAY et DERRIEN, 1995).

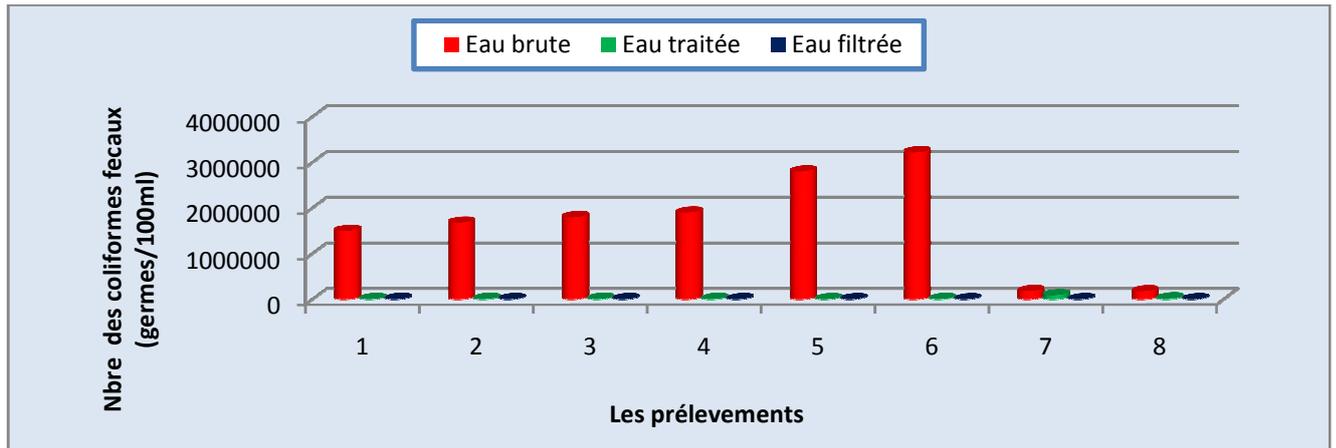


Figure 39. Réduction du nombre de coliformes fécaux après le traitement

### ➤ Les streptocoques

Concernant les streptocoques fécaux figure (40) montre des résultats  $42 \times 10^3$  et  $26,5 \times 10^5$  germes/100ml pour les eaux brutes. Ces bactéries sont des témoins assez résistants de contamination fécale, y compris dans les milieux salés (GAUJOUS, 1995). Cette grande concentration est due selon EVENS (2004), à la résistance de ces germes aux conditions difficile et à leur capacité à persister pendant longtemps dans l'eau. Ils sont utilisés comme indicateurs pathogènes qui présentent une résistance similaire au pH élevé (OMS, 1979).

Par contre on remarque une réduction significative pour les eaux épurées qui varie entre  $2,8 \times 10^3$  et  $64 \times 10^3$  germes/100ml et de 400 et 840 germes/100ml pour les eaux filtrées. Les streptocoques semblent être plus sensibles à l'action de la radiation solaire.

A la sortie, les eaux épurées sont conformes aux normes de l'OMS ( $10^{-5}$ ), mais reste insuffisant pour une réutilisation agricole ( $<1000$  germes/100 ml).

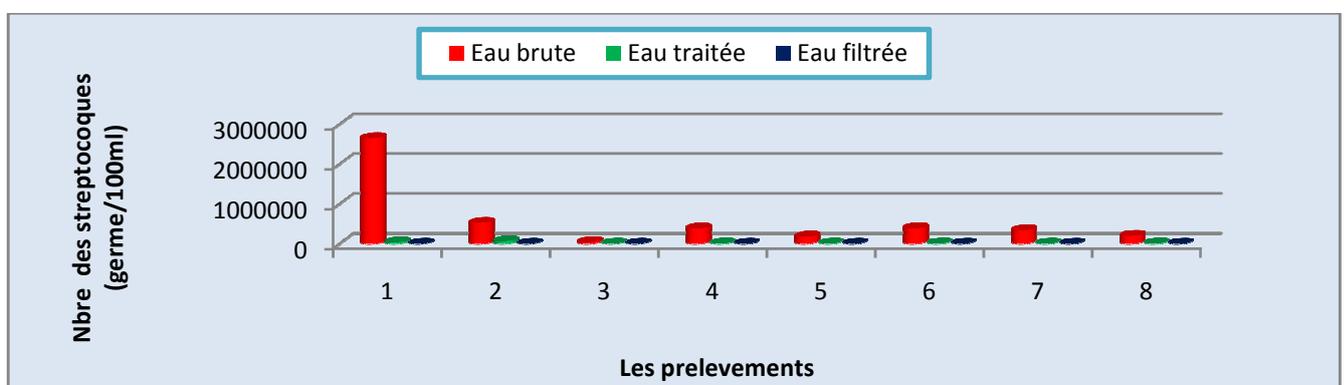


Figure 40. Réduction du nombre des streptocoques après le traitement.

## Les anaérobies sulfito-réducteurs

Les résultats de la recherche et du dénombrement des ASR ont montré que le nombre de spores dans les eaux usées brutes varient entre  $10^6$  et  $3 \times 10^6$  spores/20 ml. La présence de ces germes indique la présence de sulfite de fer, qui provoque l'apparition des mauvaises odeurs et peut être à l'origine de la corrosion des conduites (RODIER, 2005).

Par la suite, nous avons noté une diminution significative du nombre de ces spores dans l'eau épurée figure (41). Les valeurs oscillent entre  $25 \times 10^3$  et  $22 \times 10^4$  spores/20 ml pour les eaux épurées et entre 20 et 800 spores/20 ml pour les eaux filtrées.

Il faut noter également que les ASR sont des germes qui subissent le plus d'élimination par rapport aux coliformes totaux. Ceci est le résultat probable de l'adsorption sur les floccs biologiques et/ou du phénomène de la prédation.

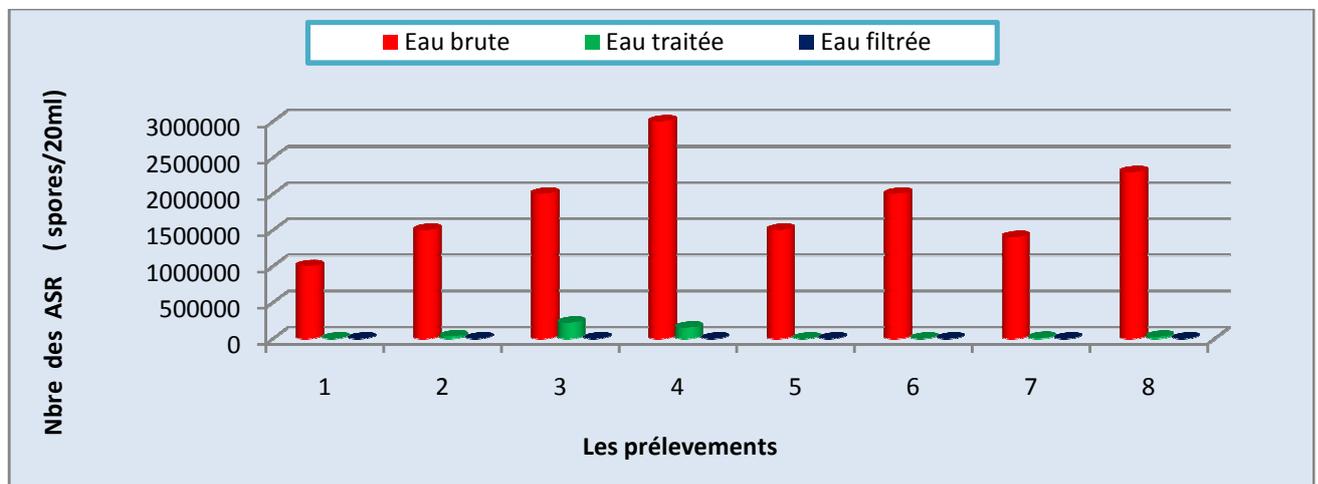


Figure 41. Réduction du nombre des ASR après le traitement.

## Les germes pathogènes

Pour ce qui est des germes pathogènes comme les Salmonelles, les Vibrions cholériques et les staphylocoques, leur présence n'a pas été détectée dans les eaux de la STEP. Cette absence a également été mentionnée dans d'autres études similaires en dépit de la présence d'une forte charge bactérienne d'origine fécale **ABOULKACEM et al, (2007)**, **CHAHLAOUI (1996)**. Ceci pourrait être expliqué par :

- l'absence de porteurs asymptomatiques ou d'épidémie dans la population de la région.
- La difficulté de la recherche de ces germes du fait de leur nombre très faible par rapport aux germes banals.

### III-1 Rendement épuratoire des paramètres physico-chimique

	Rendement du traitement secondaire (EE)	Rendement du traitement tertiaire (EF)
<b>MES</b>	95%	97,5%
<b>DCO</b>	88%	90%
<b>DBO<sub>5</sub></b>	96%	98,3%

#### Rendement de l'élimination des MES

Le taux d'élimination des MES après traitement figure (42) est de l'ordre de 95% ce taux supérieurs a celui de **REJESK (2002)** qui considère un rendement épuratoire minimal pour un traitement efficace est égale à 90%.

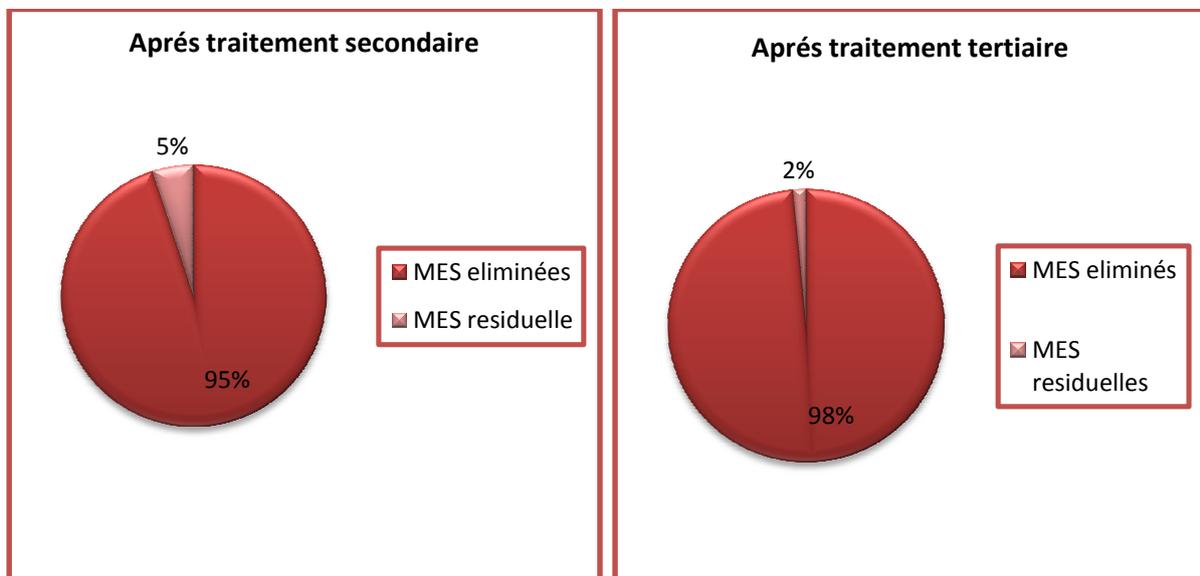


Figure42.Rendement de l'élimination des MES

#### Rendement d'élimination de la DCO et de la DBO<sub>5</sub>

Nous remarquons que le rendement épuratoire de la DCO et la DBO sont très satisfaisant avec des taux de 88% pour la DCO et de 96% pour la DBO, ces valeurs sont supérieures à 90% et selon **REJESK (2002)** c'est ce qui caractérise une épuration efficace pour les eaux usées.

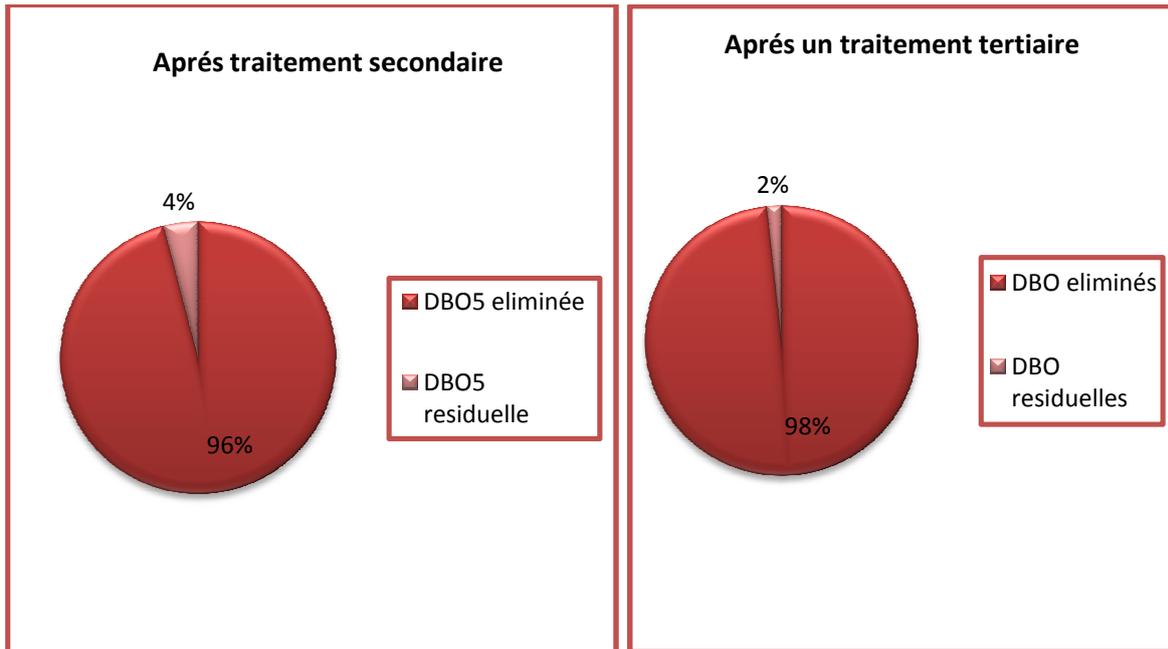


Figure 43. Rendement de diminution de la DBO<sub>5</sub>

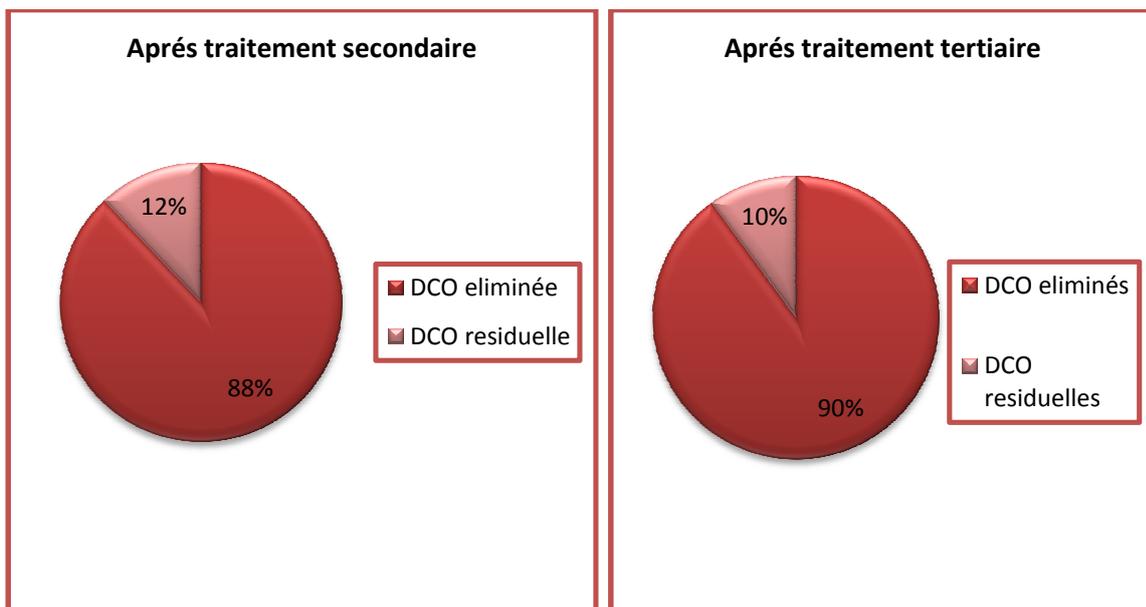


Figure 44. Rendement de diminution de la DCO

Cet abattement traduit le bon développement des boues biologique qui assure la dégradation de la matière organique et la fiabilité du clarificateurs qui permet une décantation satisfaisante des boues activées ainsi que le rendement de la filtration qui permet une amélioration de la qualité des eaux.

### III -2 Rendement épuratoire des paramètres bactériologiques

Comme on le constate sur la figure (45.46.47.48) le traitement s'avère très important en ce qui concerne l'abattement des coliformes totaux, fécaux et entérocoques (streptocoques fécaux) qui sont des bactéries témoins de contamination fécale avec des rendements épuratoires représentés sur le tableau suivant :

	Rendement du traitement secondaire (EE)	Rendement du traitement tertiaire (EF)
<b>Coliforme totaux</b>	91%	99%
<b>Coliforme fécaux</b>	98%	99,8%
<b>Streptocoque fécaux</b>	97%	97,3%
<b>ASR</b>	97%	99,9%

Ces résultats sont en accord avec les résultats de **SHUVAL (1986)**, qui atteste que les systèmes d'épuration biologique à boues activées sont les plus efficaces en ce qui concerne la réduction de la biomasse bactérienne avec des taux qui peuvent varier entre 90% et 99%.

En ce qui concerne les anaérobies sulfite réducteurs ; ce taux d'abattement s'avère moins important que celui des coliformes totaux car selon **BISSON ET CABELLI (1980)** ces bactéries peuvent former des spores protectrices qui leur permettent de résister aux stress environnementaux et de persister ainsi dans l'eau, le rendement de la filtration reste très efficace.

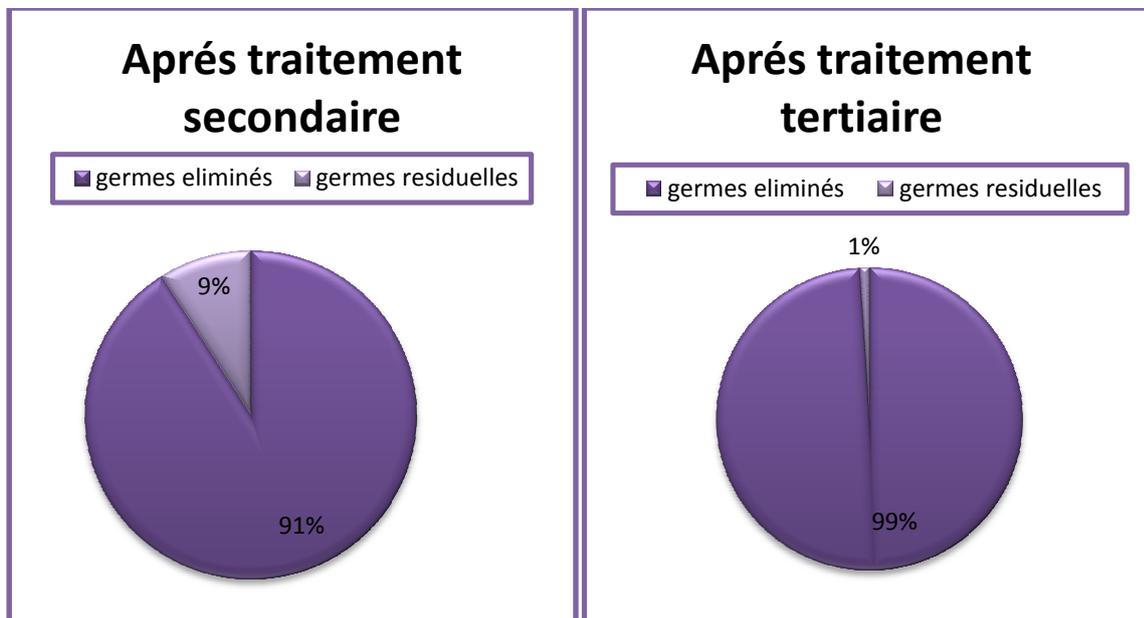


Figure 45. Rendement d'élimination des coliformes totaux

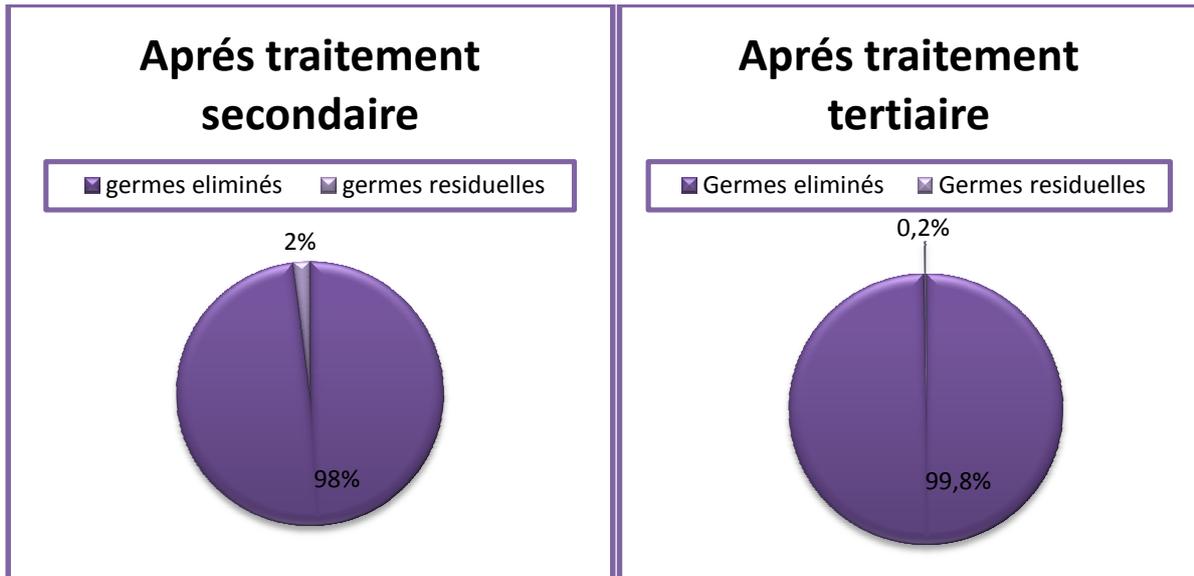


Figure 46. Rendement de diminution des coliformes fécaux

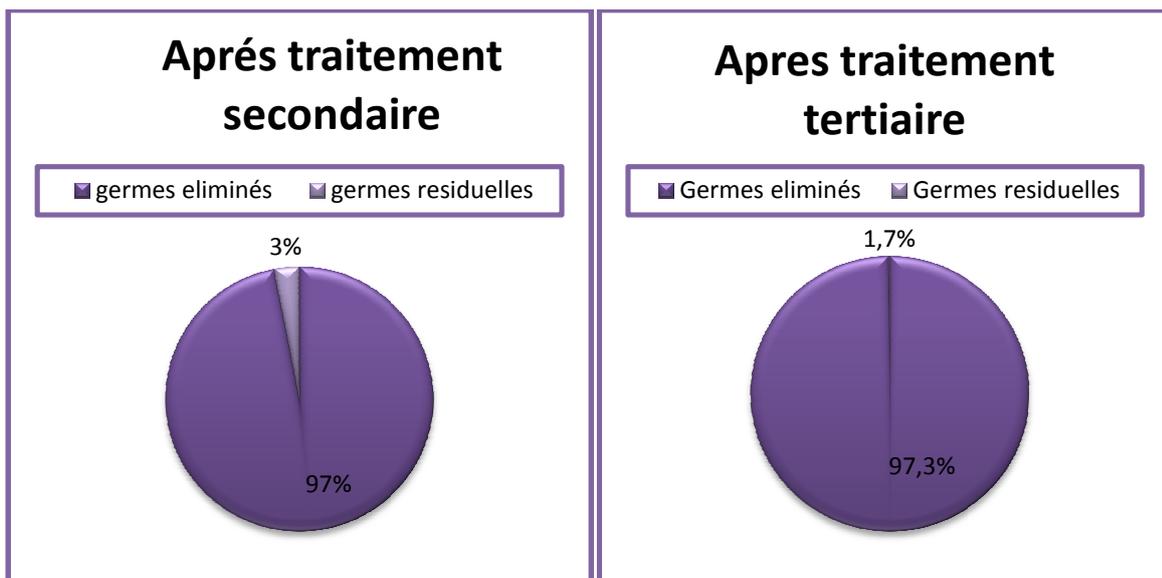


Figure 47. Rendement de diminution des streptocoques fécaux

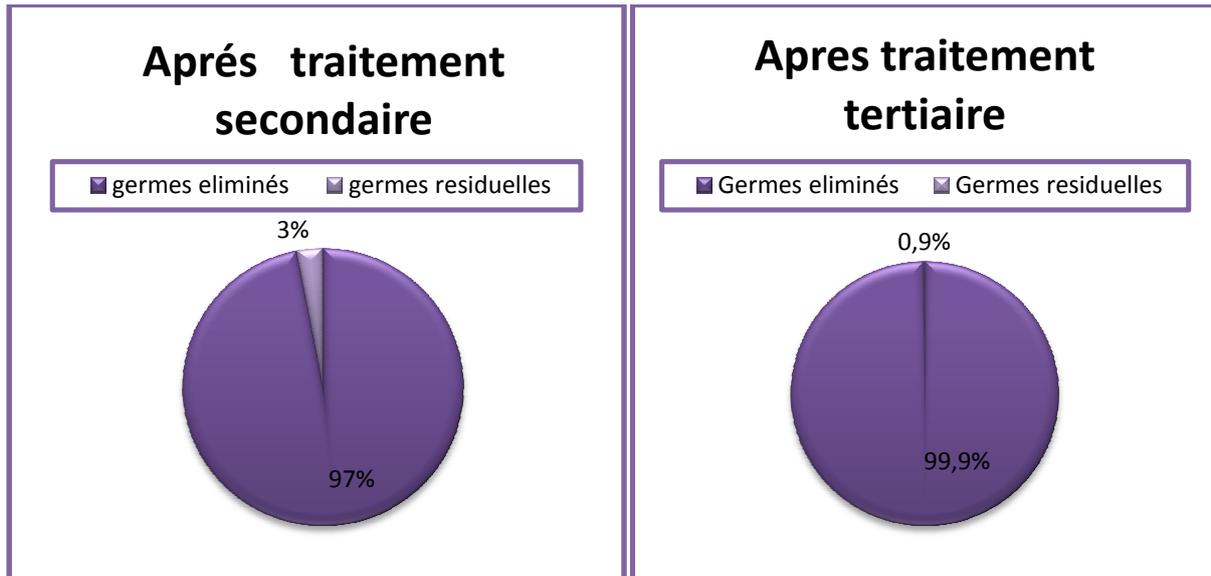


Figure 48. Rendement de diminution des ASR

### III La flore fongique

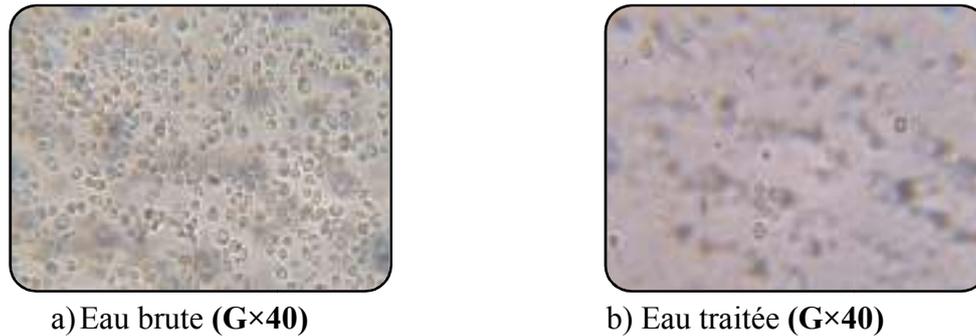
On observe qu'à l'entrée de la station les eaux brutes ont une température légèrement plus élevée que la température des eaux traitées (figure 27) sont par conséquent plus chargées en levures de type *Candida sp.*

	26/03/2013		04/04/2013		21/06/2013	
	EB	EF	EB	EF	EB	EF
<i>Candida sp.</i>	+++	+	+++	0	+++	0

Cette fréquence élevée dans les eaux brutes est expliquée d'après **BONNARD (2001)** du fait que ces champignons sont naturellement présents dans l'environnement et prolifèrent dans les déchets, en particulier les déchets organiques, la charge des eaux usées brutes en matières organiques et l'importance de l'humidité rendent le milieu favorable pour la croissance des *Candida sp.*

A la sortie de la STEP, on a pu noter leur présence mais moins fréquemment par rapport à l'eau usée brute et on note parfois l'absence totale de ces champignons. Ce qui signifie qu'il y a eu une bonne décantation dans le clarificateur. D'après **PARAT et al, (1999)** et le bon rendement épuratoire de la filtration.

Ces résultats concordent avec ceux de **REJESK (2002)**. En effet, ces micro-organismes levuriformes existent normalement à des concentrations faibles dans une STEP à boues activées.



**Figure 49.** Examen microscopique direct pour l'identification des *Candida sp* (Photos originales).

#### IV Œufs d'helminthes et les kystes de protozoaires

On a réalisé l'étude parasitologique pour les eaux filtrées. Les analyses parasitologique des eaux filtrées montrent qu'elles ne sont pas contaminées d'une part par les kystes de protozoaires et d'autre par les œufs d'Helminthes.

	26/03/2013	04/04/2013	05/05/3013
Les œufs d'Helminthes	0	0	0
kystes de protozoaires	0	0	0

Cette absence est due à leur sédimentation dans le clarificateur et au bon lavage du filtre qui permet une filtration importante des eaux de la STEP de Réghaïa.

Les eaux usées chargées en éléments parasitaires constituent également un risque de contamination pour les eaux superficielles lorsqu'elles sont rejetées à l'état brut (EI GUAMRI et BELGHYTI, 2007). Selon les recommandations en vigueur de l'OMS, les eaux filtrées étudiées sont conformes à la norme des rejets (entre 0 à 10 œufs/l).

#### **Les eaux du lac de Réghaïa :**

Dans cette partie on présente les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de lac avec les normes algériennes de qualité des eaux superficielles (1993).

#### **I-Analyses physico-chimiques**

##### **a-Analyses physiques**

Les résultats des paramètres physiques représentés par PH, température, conductivité, turbidité.

Selon les figures (50, 51, 52, 53), les résultats des analyses de l'eau montrent que les quatre échantillons présentent :

### La température

La température varie entre 13 et 17°C (fig.50), la mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. Ainsi, la saturation en gaz dissous (AMINOT et KEROUEL, 2004). La température des eaux de surface varient selon les saisons alors qu'une température supérieure à 15°C favorise le développement des micro organismes et peut intensifier les odeurs et les saveurs (Rodier *et al*, 2005).

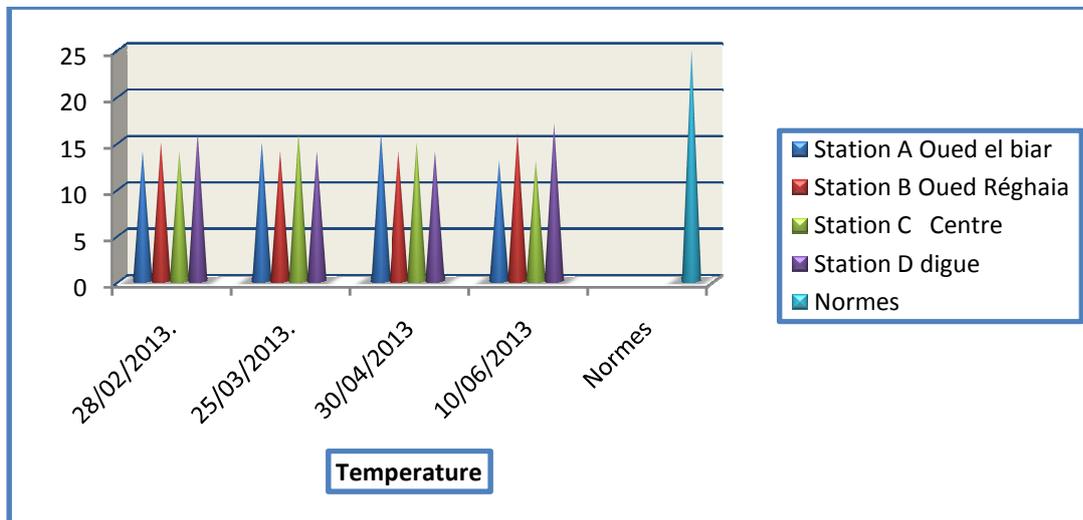


Figure 50. variation de la température

### Le PH

Selon (fig.51) le pH se situe entre 7,39 et 8,15 C'est un paramètre qui nous permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau. (AZZOUG et LAMANI, 2005). En milieu côtier certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être dans ce cas un indice de pollution (AMINOT et CHAUSSEPIED,1983).

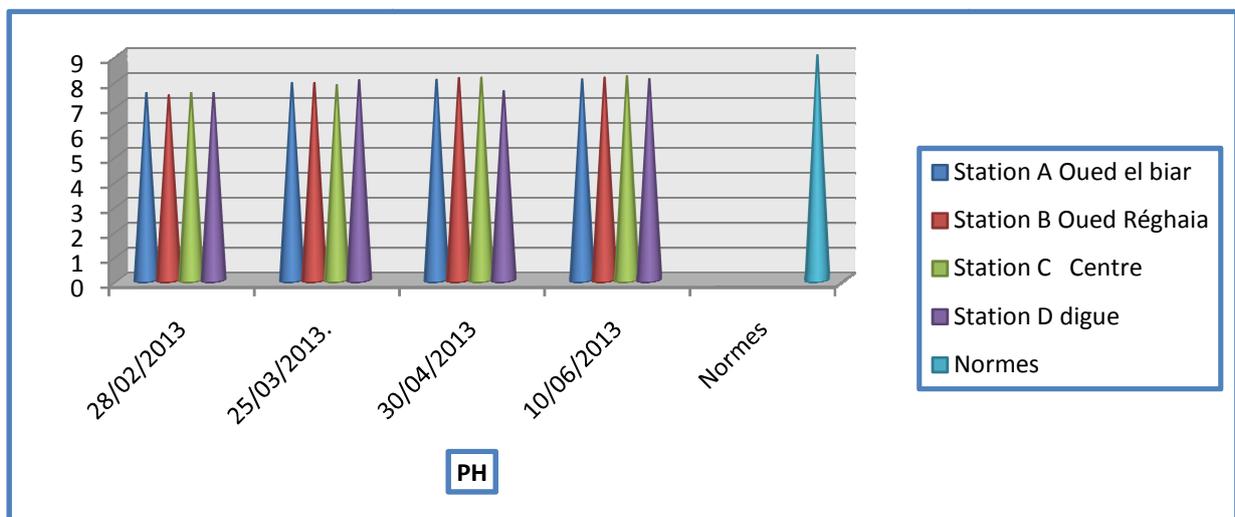


Figure 51. Variation du PH

### La conductivité

La conductivité vari entre 1233 et 1699  $\mu\text{sm}/\text{cm}$  (fig.52). Les valeurs de la conductivité des eaux de lac de Réghaïa sont conformes à la norme (2800 $\mu\text{sm}/\text{cm}$ ) .Sachant que la conductivité vari selon les sels dissous et la température Selon **RODIER et al** en (2005) l'eau de lac est d'une minéralisation élevée.

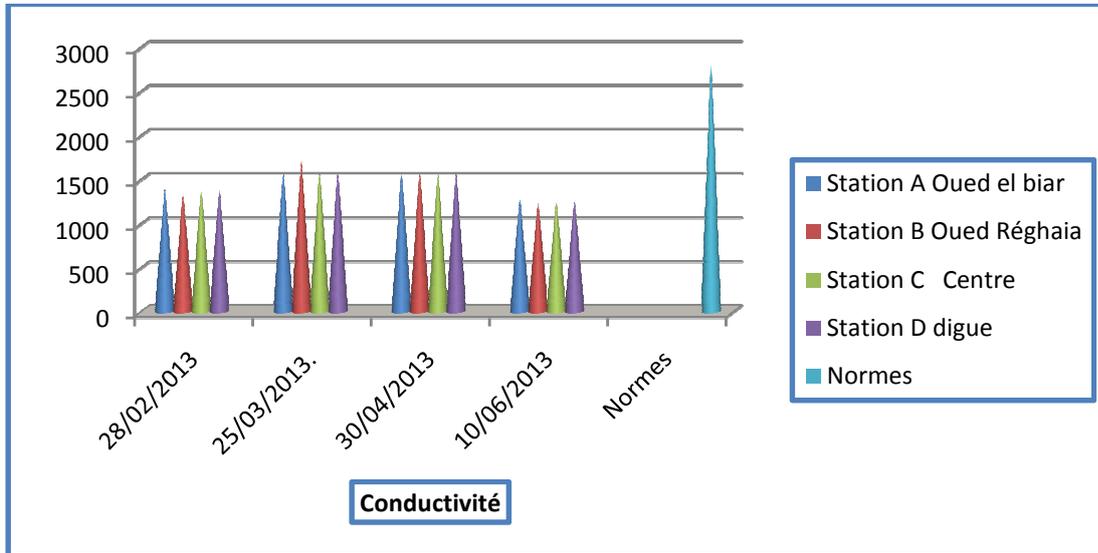


Figure 52.Variation de la conductivité

### La turbidité

Une turbidité qui varie entre 14,26 et 19 NTU (fig.53), ce sont les particules en suspension qui sont à l'origine de la turbidité. En effet l'érosion des roches, l'entraînement des matières minérales ou organiques du sol, le déversement des eaux usées urbaine ou industrielles riches en matieres en suspension peuvent conduire inévitablement à l'augmentation de la turbidité (Larbi, 2004).

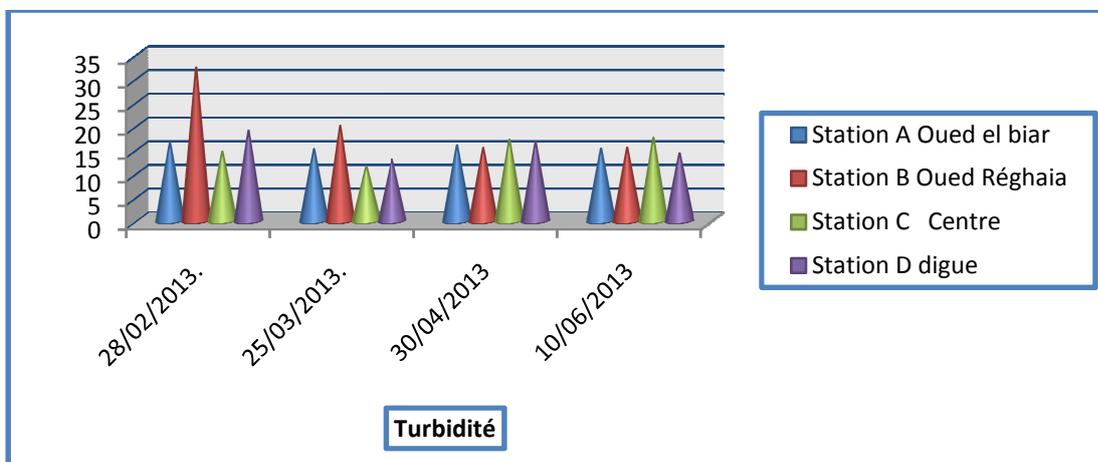


Figure 53.Variation de la turbidité

Les paramètres physiques étudiés tels que température, PH, conductivité, turbidité, sont variables mais restent toujours conformes à la norme algérienne.

### b-Analyses chimiques

Les résultats des paramètres de pollution nitrite, ammonium, nitrate, phosphate sont représentés par les figures (54, 55, 56, 57, 58, 59) :

#### Nitrate

Le taux de nitrate varie entre 1,98 et 7,43 mg/l (fig.54), l'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance phytoplanctonique, il est ensuite régénéré à partir des formes organiques par les bactéries (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

Les eaux de surface ne contiennent pas plus de 10mg/l en nitrate par contre les effluents industriels, urbains, agricoles et les déjections humaines et animales et les produits des activités humaines contiennent des quantités plus élevées en nitrate (Degrement, 2005).

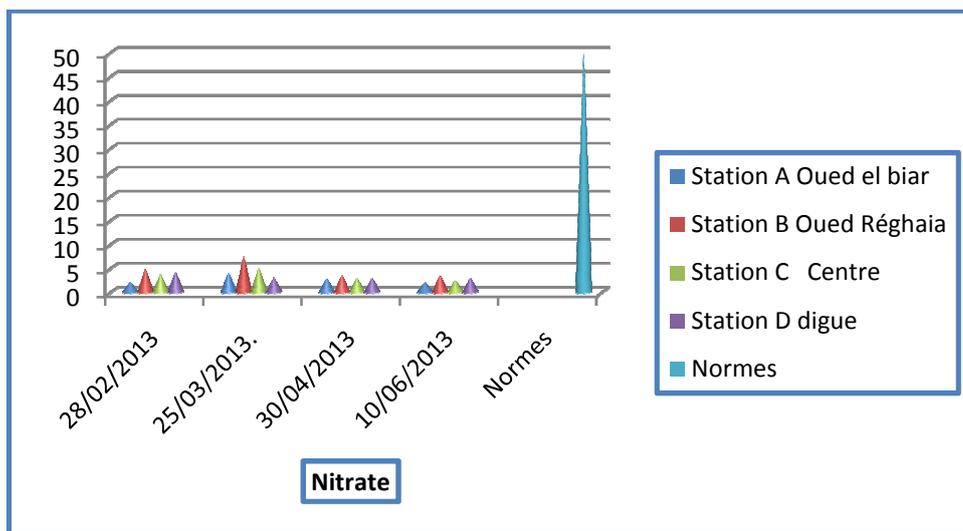


Figure 54. Variation du nitrate

#### Nitrite

Le taux de nitrite varie entre 0,21 et 1,95 mg/l (fig.55), dans le cycle de l'azote les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

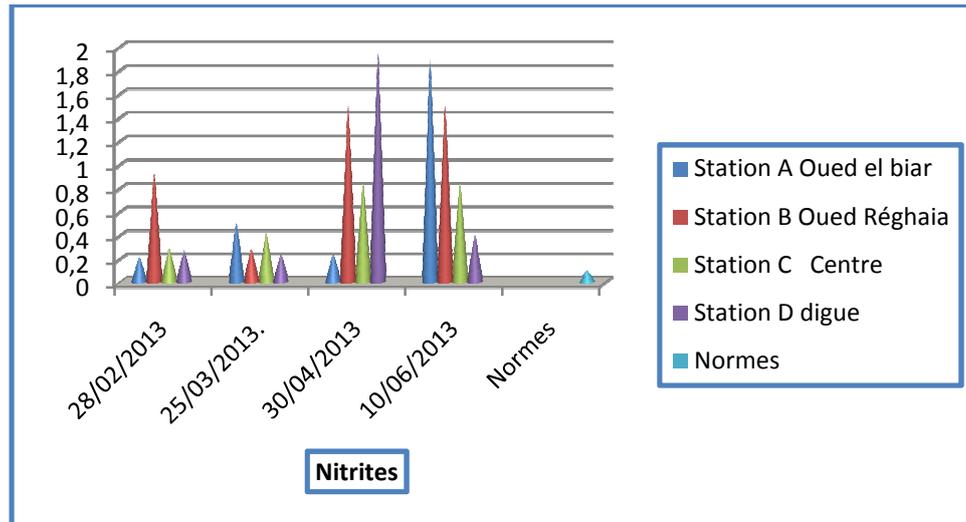


Figure 55. Variation de nitrite

### L'ammonium

Selon la figure (56) le taux d'ammonium varie entre 0,02 et 17,8 mg /l. Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniaque (NH<sub>3</sub>) et l'ammonium (NH<sub>4</sub> +) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés; il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983). Sachant que notre site présente une pollution microbiologique élevée, nous supposons que l'ammonium est oxydé par les bactéries nitrifiantes, d'où les taux élevés de nitrites et nitrates trouvés précédemment.

Dans certains cas, les teneurs peuvent atteindre des seuils toxiques, variables pour chaque espèce, et liés au pH et à l'oxygénation des eaux (ALZIEU, 1989).

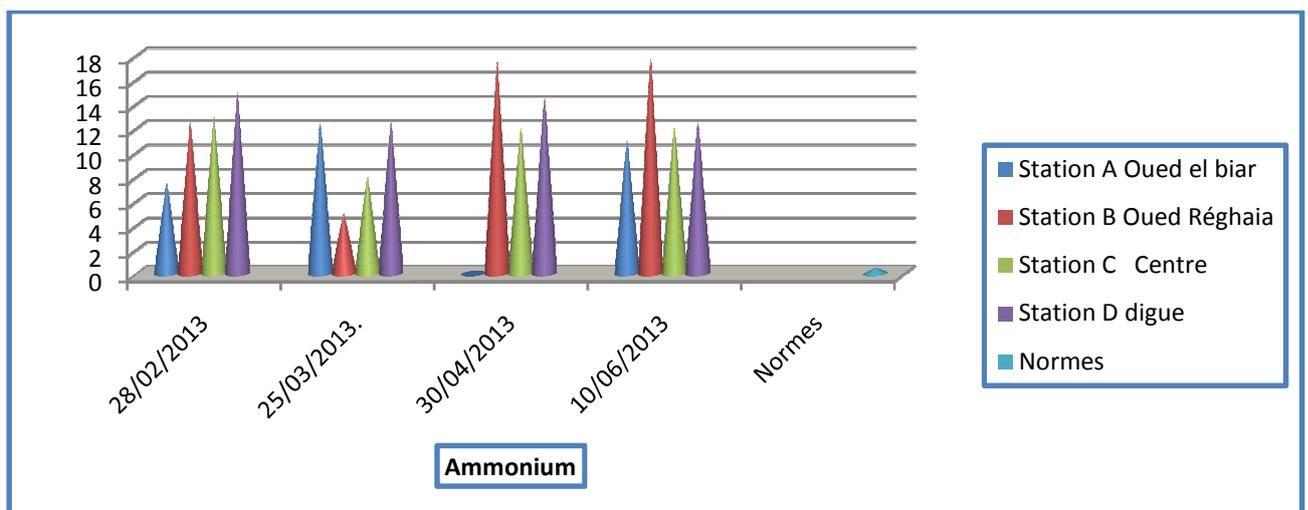


Figure 56. Variation de l'ammonium

### Les phosphates

Le taux de phosphate varie entre 0,69 et 3,39 mg /l (fig.57), le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l'orthophosphate, il est essentiel à la vie

aquatique. Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant de la production de la biomasse végétale (LEVÊQUE, 1996).

Les sources du phosphore sont multiples, elles proviennent des résidus métaboliques, détergents, excès d'engrais agricoles et de l'industrie (ZOUREZ et FARHANI, 2003), le phosphore qui en quantité supérieur à 0,5mg/l constitue un indice de pollution cet élément joue un rôle important dans le développement et la multiplication des algues et dans les lacs peut conduire à l'eutrophisation (Rodier *et al*, 2005).

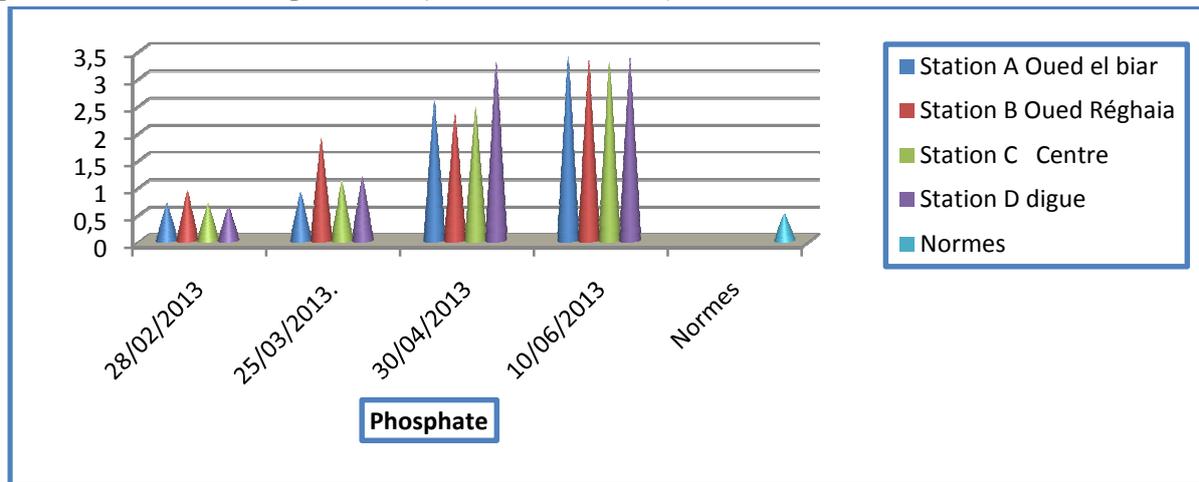


Figure 57. Variation du phosphate

### DBO<sub>5</sub>

La DBO<sub>5</sub> varie 4 et 5,89 mg o<sub>2</sub>/l (fig.58) dans le lac de Réghaïa la quantité de la matière organique est très élevée avec des taux de DBO5 très importantes mais qui restent dans les normes. La composition des eaux de surface dépend de la composition des terrains traversés durant leur parcours et les différents rejets.

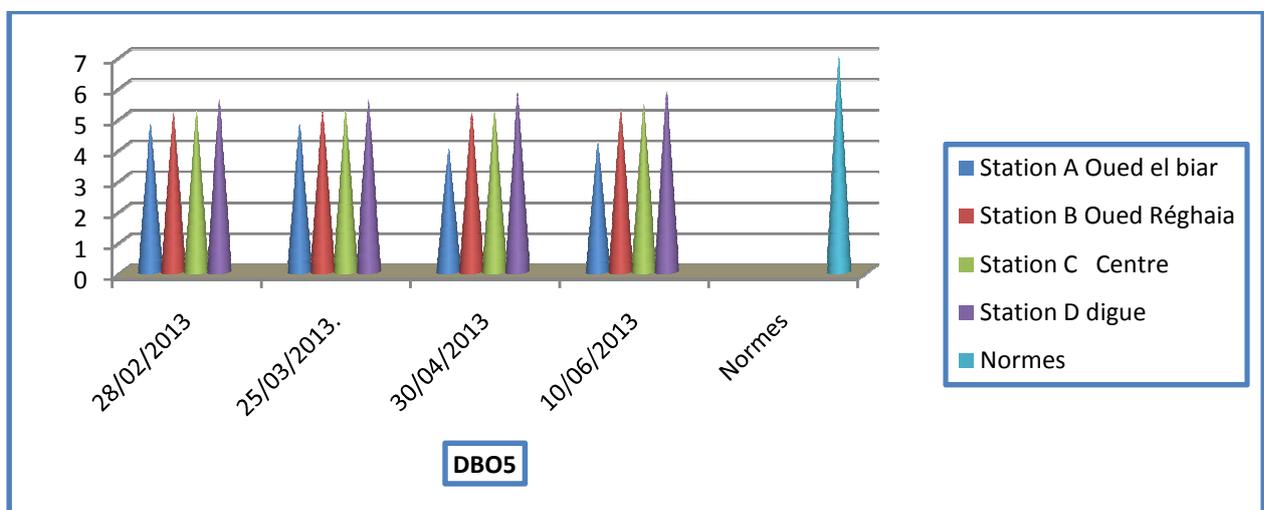


Figure 58. Variation de la DBO5

## DCO

La DCO varie 17,3 et 18,96 mg/l (fig.59), les résultats de la demande chimique en oxygène (DCO) montrent également que la charge en matières oxydables est considérable dans toutes les stations mais qui reste dans la norme .

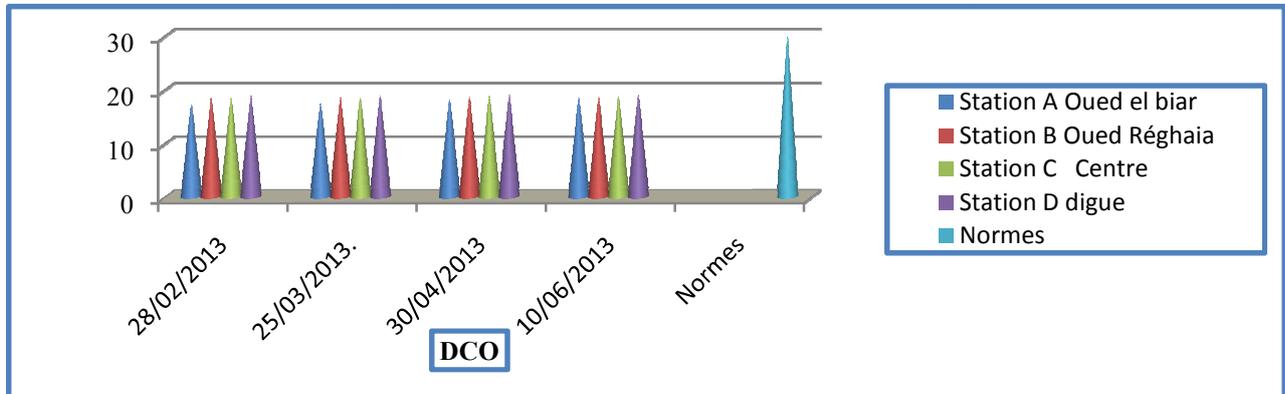


Figure 59. Variation de la DCO

Les résultats des analyses des paramètres de pollutions révèlent que le taux de nitrate, DCO, DBO5 repend à la norme algérienne. Cependant les concentrations en ammonium est très élevé ainsi que les nitrites, les phosphates sont supérieurs à la norme, cette abondance dans les eaux de lac de Réghaïa peut être expliqué par les rejets industriels et agricoles des zones de Réghaïa et Rouïba.

## II-Analyse bactériologique

Les analyses bactériologiques révèlent une absence totale des vibrions cholériques, des salmonelles dans tous les échantillons et pendant toutes les saisons qui est en conformité avec la norme. Par contre on note la présence de coliforme totaux, coliforme fécaux, streptocoques fécaux, clostridium sulfito réducteurs qui sont supérieurs aux normes.

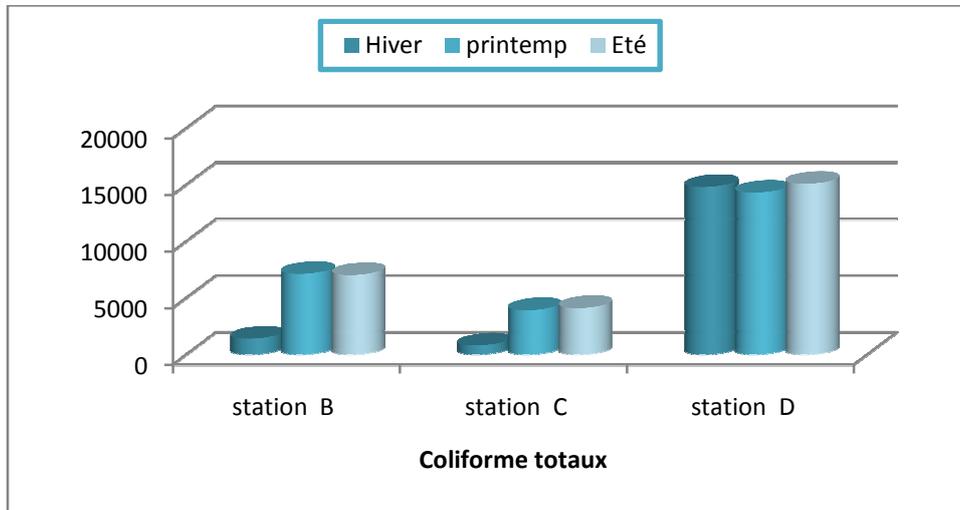
### Les coliformes et les streptocoques

Les résultats des analyses bactériologiques Fig.(60, 61, 62) montrent l'absence de conformité avec la norme concernant le nombre de germes dans les eaux de lac pour les coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques, pendant toute les saisons.

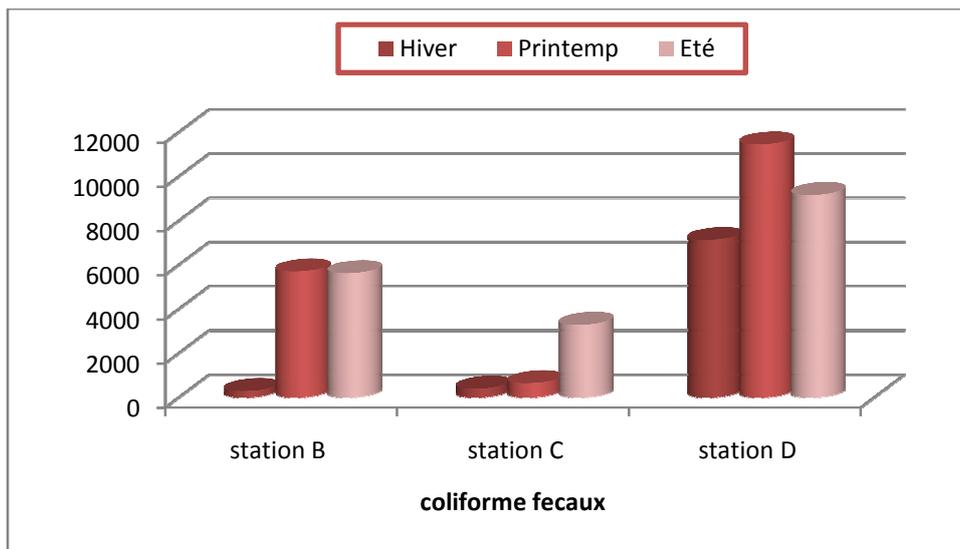
L'augmentation du nombre du germes dans les eaux de lac d'une saison a l'autre est expliqué par l'augmentation de la température de l'eau se qui rend le milieu plus favorable pour la multiplication des microorganismes.

En effet, La présence simultanée des coliformes et des entérocoques suffit à confirmer qu'il y a une pollution (**BRISOU et DENIS, 1978**). Les eaux de lac de Réghaïa souffrent d'une mauvaise qualité bactériologique cela pourrait être expliqué par une contamination fécale due

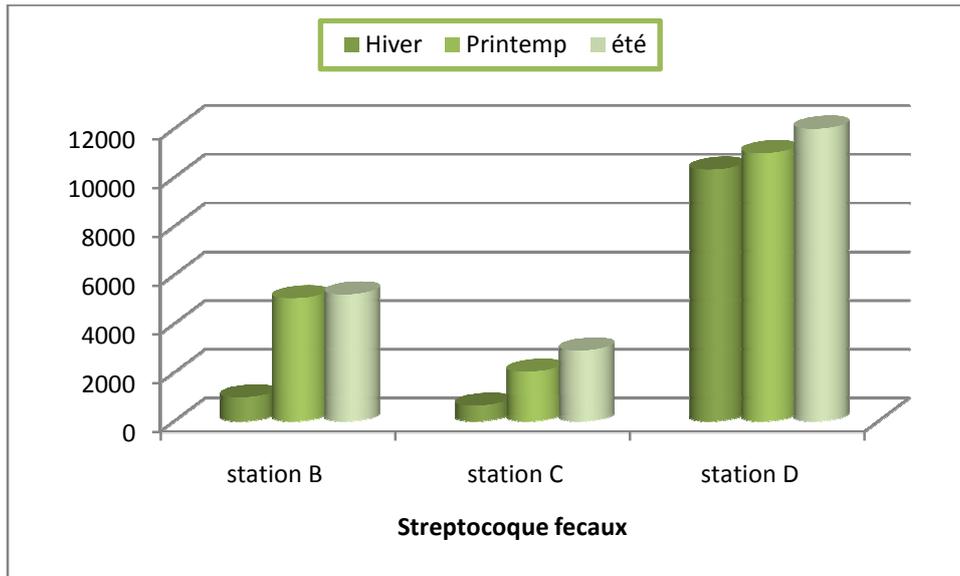
a l'élevage intensif pratiqué dans la région, ainsi que les eaux usées rejetées directement dans le lac.



**Figure 60.** Variation des coliformes totaux en fonction des saisons



**Figure 61 .**Variation des coliformes fécaux en fonction des saisons

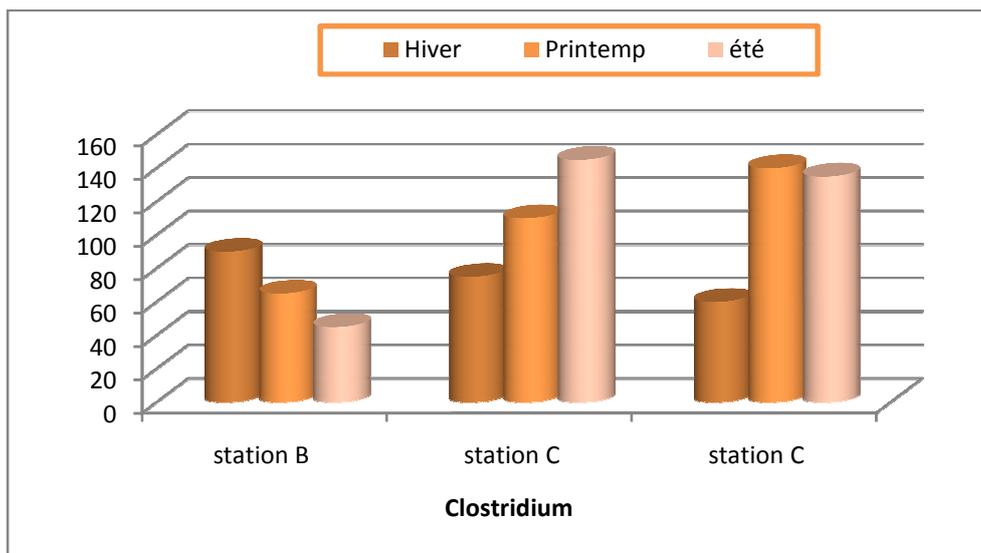


**Figure 62.** Variation des streptocoques fécaux en fonction des saisons

Le risque est lié à l'importance de la contamination et la concentration des bactéries indicatrices de contamination fécale, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir des germes pathogènes (Rodier *et al*, 2005).

### Les clostridiiums

La fig(63) montre une absence de conformité avec la norme, les clostridiiums sont employées comme indicateurs dans l'étude des pollutions littorales pour un certain nombre de raisons (PNUE/OMS, 1977), elles se trouvent en abondance dans les eaux usées qui sont principalement d'origine humaine. Elles survivent dans les sédiments ce qui permet de déceler une pollution ancienne ou intermittente (RODIER *et al*, 1996).

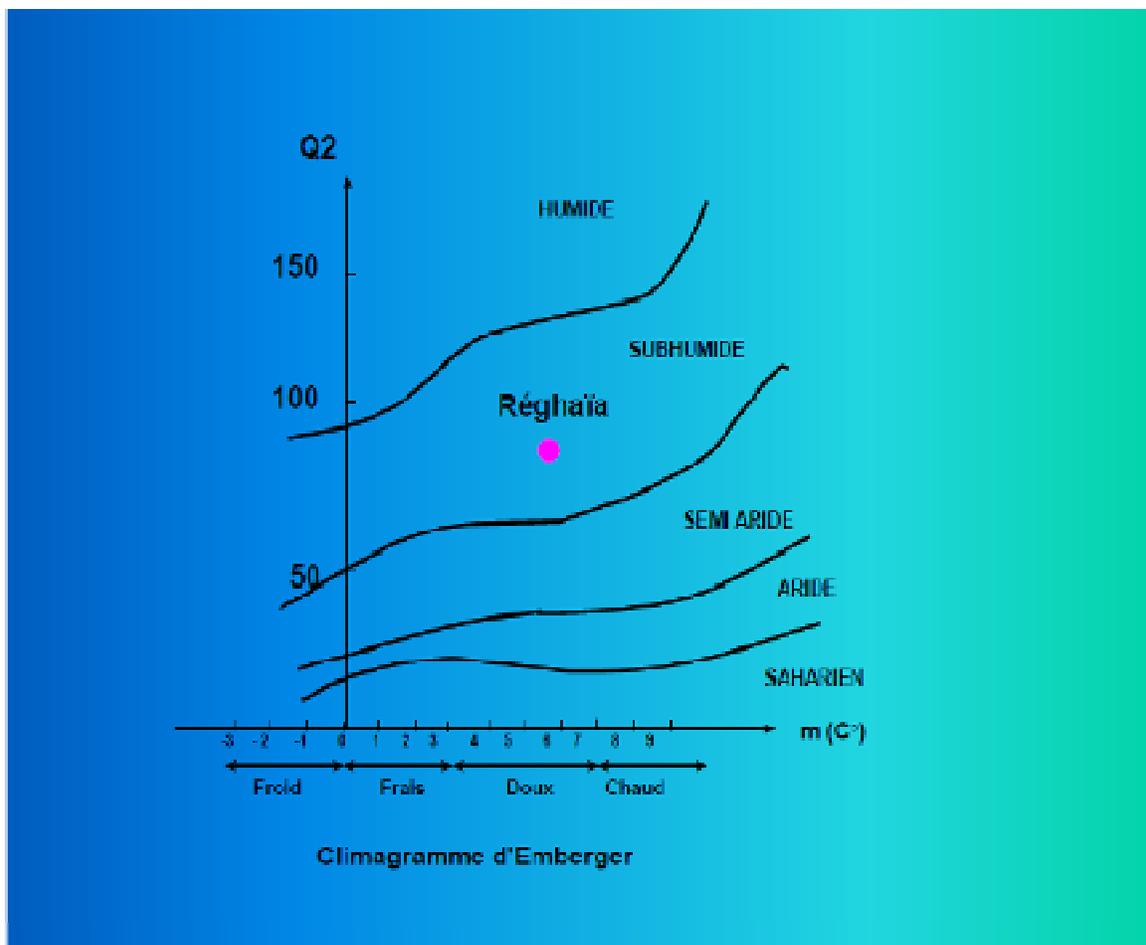


**Figure 63.** Variation des clostridiiums en fonction des saisons



## Annexe I

Figure1. La situation du marais de Réghaïa selon le climagramme d'emberger



Le tableau 1: récapitule les taxons du plan d'eau (Groupements hygrophiles du lac)

Espèces	Observations
Phragmites communis	Espèce cosmopolite des bords d'eau
Typha latifolia	Assez cosmopolite mais rare au niveau de l'Atlas Tellien et à l'est du pays
Carex muricata	Bords d'eau du Littoral aux Oasis
Polygonum	Lieux humides, commune dans le Tell, rare ailleurs
Iapathifolium	Commune dans le Tell (rare à l'Ouest) Bords d'eau
Iris pseudacorus	Lieux humides Eurasiatique
Plantago major	Commune du Littoral aux Hauts Plateaux sub-cosmopolite
Juncus acutus	Lieux humides inondés commun
Carex divisa	Espèce de prairies humides et de bords d'eau commune dans le Tell, rare ailleurs
Potentilla reptans	Lieux humides, très commune espèce méditerranéenne
Lythrum junceum	Lieux humides, commune dans le Tell, rare ailleurs
Lythrum salicaria	Assez rare dans le Tell, semble manquer ailleurs
Lycopus europaeus	Fréquente dans les canaux et les lacs Commune dans toute l'Algérie (Atlantico- méditerranéenne)
Apium nodiflorum(= Helosciadium nodiflorum)	Lieux humides assez rare dans le Tell
Mentha aquatica	Lieux humides, du Tell au Sahara sauf Sahara septentrional
Mentha rotundifolia	Très commune dans les eaux douces et peu profondes du Tell
Scirpus holoschenus	Commune dans les marais mais rare dans les lacs de la Calle, Tonga et région de Collo
Alisma plantago aquatica	Commune du Littoral aux Hauts Plateaux sub-cosmopolite, espèce méditerranéenne.
Roripa amphibia	Commune dans les marais du Tell central
Arundo donax	Commune dans le Tell utilisé comme brise vent

Tableau 2: Statut phénologique des espèces d'oiseaux du lac de Réghaïa

Statut phénologique	Nombre d'espèces	%	Observation
Nicheur sédentaire	65	31,55	Total des nicheurs: 93
Nicheur estivant	28	13,59	espèces (45,14% du total)
Migrateur Hivernant	52	25,24	Total des non nicheurs: 107
Migrateur De passage	55	26,70	espèces (51,94% du total)
Accidentel	6	2,91	Total des accidentels: 6
<b>Total</b>	<b>206</b>	<b>100,00</b>	<b>/</b>

Tableau 3: Mammifères sauvages protégées de la zone humides de lac de Réghaïa

Nom commun	Protégé en Algérie depuis:	Inscrites sur les listes de la CITES, Annexe:	Inscrites sur les Listes rouges de l'UICN, Catégorie:
Belette de Numidie	1983		
Mangouste Ichneumon	1983		
Genette commune	1983		
Chat sauvage	1983	II	
Lérot	1983		
Porc-épic	1983	III	Faible risque
Hérisson d'Algérie	1995	II	

## Annexe II



Spectrophotometre



Kites LCK



La balance



Dispositif de filtration



Oxitop



L'étuve à 37°C, 44°C



PH metre, conductimetre,  
thermometre



Echantillon (EB, EE, EF)



La tige de prélèvement



La dilution



Recherche des ASR



Gélose sabouraud



Recherche des coiformes totaux et fécaux



Compteur de colonie



Bain marie



Armoire thermorégulatrice



La hotte



Le distillateur



La glacière



Dénombrement des œufs d'helminthes

- **Matériel pour les analyses microbiologiques**

- **Milieu de culture**

- ✓ Milieu TTC + gélose au Tergitol
    - ✓ Milieu TTC+ gélose Slanetz
    - ✓ Gélose TSA+ tryptophane
    - ✓ Bouillon au sélinite de sodium cysteine SFB
    - ✓ Gélose hektoen
    - ✓ Eau peptonée Alcaline EPA
    - ✓ Gélose nutritive alcaline biliée GNAB
    - ✓ Gélose sabouraud

- **Composition des différents milieux de cultures**

- **Milieu TTC +gélose au Tergitol**

- Lactose
    - BBT
    - Tergitol 7
    - TTC (chlorure de 2-3-5 triphénylterazolium)

- **Milieu TTC+ glose slanetz**

- Glucose
    - Azide de sodium
    - TTC (chlorure de 2-3-5 triphénylterazolium)

- **Bouillon au sélinite de sodium cysteine SFB**

- Peptone pancréatique de caséine
    - Lactose
    - Monohydrogénosélénite de Na
    - cysteine
    - Eau distillée pH à 7 +/-0.2

- **Gélose hektoen**

- Peptone pepsique de viande
    - Extrait de levure
    - sels biliaires
    - lactose
    - Saccharose
    - Salicine
    - Chlorure de sodium
    - hyposulfite de sodium
    - Citrate de fer ammoniacal
    - Bleu de bromothymol

Fushine acide

Gélose

Diluer ; chauffer, refroidir la milieu a 45 -50°C puis couler en boites de petri

- **Eau peptonée Alcaline EPA**

Peptone

Lactose

Monohydrogénophosphate de Na

Dihydrogénophosphate de K

Eau distillée

- **Gelose nutritive alcaline biliée GNAB**

Peptone

Extrait de viande

Chlorure de sodium

Agar

Eau distillée

Dissoudre ; ajuster le pH à 9 stériliser a l'autoclave à 121 °C/20 min

**Matériel non biologique**

• **Appareils**

Spectrophotomètre Hach-Lange - DR 3800

Centrifugeuse

PH mètre WTW INOLAB COND 720

Four (600°C)

Dessiccateur

Tube de réactif à DCO

Armoire thermorégulatrice

Oxytops

Etuve

Hotte à flux laminaire

Pompe à vide

Papier filtre 0,45µm

Microscope optique

Balance

Agitateur magnétique chauffant IKA (RET)

Multi paramètre (CON, TDS, SAL, TUR)

Bain marie

**Verreries**

Entonnoir

Eprouvette 1l, 100ml

Tubes à essai

Pissette  
 Boites de pétrie  
 Lames  
 Lamelles  
 Pipettes 1ml, 5 ml, 20 ml  
 Fiole  
 Papier buvard  
 Portoir  
 Bec bunsen  
 Pince stérile  
 Membrane filtrante

### Colorant réactifs et produits chimique

Soude  
 Kovacs  
 Solution de sulfate de zinc (33%, densité 1,18)  
 Acétate d'éthyle  
 Tampon acéto-acétique (pH 4,5)

## Annexe III

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	12,5	17,1	12,4	13,6	14,1	14,5	16,1	15,9	18	23,1	13,7	11,5	11,7	12,4	11,7	12,3	17,5	15,7	13,9	14,5
Eau traitée	11,6	17,1	12,4	13,6	14,7	13,5	16,1	16,8	18	17	11,5	11,7	11,8	13,7	12,8	13,9	16,7	15,9	14,5	13,6
Eau filtrée	11,8	17,5	12,6	14,7	15,2	13,8	13,3	17,1	17,5	16,6	14,8	11,9	12,1	13,8	13,2	14,4	15,5	14,8	13,8	12,3

Tableau 1. La température

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Eau brute	1506	1808	1822	1352	1737	1642	1761	2040	2030	2430	1778	1384	1324	1675	1684	1808	1737
Eau traitée	1496	1335	1534	1278	1646	1712	1710	1636	1632	1917	1626	897	1567	1565	1421	1335	1646
Eau filtrée	1510	1420	1612	1444	1558	1713	1880	1522	1734	1859	1690	945	1665	1700	1572	1493	1805

Tableau 2. la conductivité

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	7,55	7,06	7,32	7,24	7,53	7,45	7,49	7,55	7,26	7,31	7,45	7,09	7,62	7,70	7,75	7,42	7,58	7,82	7,92	7,82
Eau traitée	7,64	7,51	6,39	6,74	7,65	7,71	7,7	7,69	7,51	7,39	7,56	6,84	7,76	7,12	7,43	6,80	6,78	7,77	6,98	7,6
Eau filtrée	7,95	7,8	7,15	7,43	7,35	7,12	7,35	7,58	7,44	7,84	7,8	7,2	7,8	7,48	7,75	6,92	7,1	7,8	7,1	7,7

Tableau 3. Le PH

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	390	280	190	245	306	418	232	236	148	299	210	340	134	196	240	206	380	272	134	144	284
Eau traitée	10,4	8	16	13	11	4,4	8,4	6	4	3	13	11	9,2	8,4	7	8	20	17	9,2	10,8	24
Eau filtrée	7	5	11	9	8	2,6	7	2	1,2	1	6	8,2	5	7,1	5	5,1	9,4	8	3,4	5,3	11

Tableau 4.MES

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	120	110	150	130	190	110	180	210	240	170	180	170	120	200	190	150	230	210	240	240
Eau traitée	8	2	4	4	4	10	3	3	5	9	28	4	7	5	6	4	14	4	3	5
Eau filtrée	3	1	2	1	1	7	2	1	2	5	13	2	3	2	3	1	7	2	1	1

Tableau 5.DBO

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	420	320	319	271	368	390	342	356	338	480	508	440	259	217	440	397	480	420	198	408
Eau traitée	34	30,9	32	35	33,7	30,7	29,5	37,4	40,5	36	86,5	42	50	21	42,0	44,5	49,6	37	77	76,5
Eau filtrée	26	27	24	27,6	28,9	26,3	27,1	29,5	31	28	78	34	43	18	38	39	41	34	71	69,1

Tableau 6 .DCO

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	35,6	31,6	46,5	32,4	33,2	38	41	47,2	48	45	40	41	26,4	41	40,8	40	38	40	48,4	38,2
Eau traitée	13,6	9,7	11,3	12,3	8,1	12,5	9	11,6	12	15	17	6,6	15	6,6	20,3	17	15	17	17,1	15
Eau filtrée	7,2	3,01	8,1	6,78	3,1	12,3	2,64	9,01	7	7,4	8,4	3,2	7,5	3,2	9,2	8,2	7,7	9,2	7,8	6,4

Tableau 7. Azote total

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	17,7	10,8	23,6	14,3	15,6	20	29	26	30	41	34	17,5	20	21,5	31,6	34,5	26,0	34,00	26,1	22,3
Eau traitée	8	2,97	3,98	2,8	1,6	5,3	2,64	2,68	9,7	12,5	12	1,66	11,2	3,66	14,2	12,6	1,76	12,00	5,8	1,8
Eau filtrée	8,4	1,4	4,1	3,3	2,4	6,94	4,06	3,2	9,93	12,8	12,8	2,5	11,7	4,2	15,1	13,3	2,5	13,2	6,4	2,4

Tableau 8. Ammonium

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	2,35	2,9	1,57	2,25	1,83	0,86	0,61	2,02	0,35	0,6	0,42	0,3	2,4	4,7	5,7	3,55	4,3	2,35	2,9	1,57
Eau traitée	2,53	5,22	5,75	3,02	3,19	1,34	4,85	1,35	1,28	1,9	2,6	10,8	17	19,4	8,55	10,9	8,7	2,53	5,22	5,75
Eau filtrée	1,4	4,8	4,45	3,53	2,4	1,13	2,64	1,68	1,1	1,4	2	9,5	17,3	19,8	9,8	11,2	9,5	3,6	6,3	6,8

Tableau 9. Nitrate

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	0,39	0,57	1,75	0,5	1,04	0,23	0,33	0,85	0,11	0,17	0,16	0,24	0,27	0,20	0,306	0,16	0,361	0,39	0,32	0,33
Eau traitée	0,1	0,2	0,25	0,26	0,2	0,08	0,25	0,19	0,24	0,3	0,3	0,21	0,44	0,23	0,51	0,30	0,29	0,10	0,18	0,25
Eau filtrée	0,02	0,09	0,22	0,13	0,1	0,09	//	0,13	0,09	0,11	0,1	0,1	0,3	0,2	0,47	0,2	0,19	0,09	0,15	0,2

Tableau 10. Nitrite

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	3,4	2,44	3,33	2,5	3	3,7	3,35	10,3	17,5	3,2	5,42	3,16	3,1	3,89	3,16	4,7	4,9	4,3	3,37	2,07
Eau traitée	0,18	0,12	0,25	0,28	1,8	1,11	1,18	1,5	0,8	0,3	1,8	0,16	0,18	1,39	0,16	1,24	0,33	0,21	0,22	0,19
Eau filtrée	0,1	0,6	0,34	0,35	0,2	0,6	0,9	0,29	1,32	0,42	0,5	0,8	0,7	0,82	0,4	0,69	0,12	0,11	0,15	0,9

Tableau 11. Phosphate

Prélèvements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Eau brute	420	320	319	271	368	390	342	356	338	480	508	440	259	217	440	397	480	420	198	408
Eau brute	120	110	150	130	190	110	180	210	240	170	180	170	120	200	190	150	230	210	240	240
DCO/DBO	3,5	2,9	2,12	2,08	1,93	3,54	1,9	1,69	1,4	2,82	2,82	2,52	2,15	1,09	2,31	2,64	2,09	2	0,83	1,7

Tableau 12. Rapport DBO/DCO

Les coliformes	1	2	3	4	5	6	7	8
Eau brute	30000000	31000000	28000000	28900000	27 200 000	33600000	31000000	28100000
Eau traitée	68700	61800	580000	820000	20000	41000	920800	21600
Eau filtrée	8600	6200	4100	7000	1000	2400	3800	1500

Tableau 13. Les coliformes

Les coliformes fécaux	1	2	3	4	5	6	7	8
Eau brute	1500000	1680000	1800000	1900000	2800000	3220000	180000	175000
Eau traitée	4350	9000	8554	7600	1900	7000	90000	19000
Eau filtrée	6900	2480	3080	2800	830	100	300	300

Tableau 14. Les coliformes fécaux

Streptocoque	1	2	3	4	5	6	7	8
Eau brute	2650000	520000	42000	381000	178000	386000	336000	198000
Eau traitée	38000	64000	2800	8570	5900	7800	2800	9010
Eau filtrée	800	400	840	700	630	580	450	420

Tableau 15. Streptocoques fécaux

ASR	1	2	3	4	5	6	7	8
Eau brute	1000000	1500000	2000000	3000000	1500000	2000000	1400000	2300000
Eau traitée	0	30000	220000	150000	0	0	10000	25000
Eau filtrée	0	600	800	100	0	0	20	35

Tableau 16. Anaérobies sulfite réducteur

	le 25/03/2013.				le 19/03/2013.				le 30/04/2013.				le 10/06/2013			
	Station A	Station B Oued Réghaia	Station C Centre	Station D digue	Station A Oued el biar	Station B Oued Réghaia	Station C Centre	Station D digue	Station A Oued el biar	Station B Oued Réghaia	Station C Centre	Station D digue	Station A Oued el biar	Station B Oued Réghaia	Station C Centre	Station D digue
T	14	15°C	14°C	16°C	15	14	16	14	16	14	15	14	13	16	13	17
Turbidité	16,5	32,3	14,6	19	5,11	20	1,49	2,97	5,96	5,33	7,08	6,6	5,2	5,4	7,5	4,26
PH	7,49	7,39	7,5	7,5	7,9	7,9	7,8	8	8,02	8,09	8,1	7,57	8,03	8,1	8,15	8,04
Conductivité	1389	1317	1362	1372	1571	1699	1572	1572	1568	1566	1560	1586	1276	1233	1245	1245
Nitrite	0,21	0,92	0,29	0,27	0,5	0,28	0,42	0,24	0,24	1,5	0,85	1,95	1,89	1,5	0,85	0,4
Ammonium	7,49	12,5	13	15	12,5	5	8	12,5	0,02	17,5	12	14,5	11	17,8	12,05	12,5
Nitrate	2	4,8	3,7	4,2	3,92	7,43	5,02	3,03	2,8	3,43	2,84	2,94	1,98	3,42	2,4	2,91
Phosphate	0,69	0,92	0,69	0,64	0,09	0,09	0,09	0,09	0,6	0,33	0,26	0,29	0,39	0,32	0,3	0,36
DCO	17,3	18,5	18,5	18,9	17,33	18,53	18,53	18,92	18,2	18,6	18,82	18,95	18,5	18,63	18,85	18,96
DBO	4,8	5,2	5,2	5,6	4,8	5,23	5,23	5,62	4	5,2	5,2	5,8	4,2	5,3	5,45	5,89

Tableau 17. Résultat des analyses de lac de Réghaïa

coliforme totaux	station amont B	station centre A	station aval D	Coliforme fécaux	station amont B	station centre A	station aval D
Hiver	1400	800	14800	Hiver	286	392	7120
printemps	7120	3920	14300	Printemps	5696	640	11440
Eté	7020	4100	15080	Eté	5616	3280	9152

Tableau 18. Coliforme totaux et fécaux

ASR	station amont B	station centre A	station aval D	Streptocoque	station amont B	station centre A	station aval D
Hiver	90	75	60	Hiver	980	640	10320
Printemps	65	110	140	Printemps	5040	2030	11000
été	45	145	135	été	5200	2900	12000

Tableau 18. Résultats des ASR et des streptocoques

## Référence bibliographique

**Anonyme1., 2012.** Projet de plan de gestion de la zone humide de Réghaïa 2015-2020. 38p

**Anonyme2., 2003.** Fiche descriptive sur les zones humides. 11p.

**Anonyme3., 1990.** Direction de l'environnement. Les stations d'épuration d'effluents.6p. domestiques. Ministère de l'intérieur. 24 p.

**ABOULKACEM A., CHAHLAOUI A., SOULAYMANI A., RHAZI-FILALI F., et BENALI D., 2007.** Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc). Rev. Microbiol. Ind.San.et Environn. N°1. pp 10-22.

**ALAIN B., Laurence B., 2001.** Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro-Méditerranée TEHYS.pp 45.

**ALTMAYER N., ABADIA G., SCHMITT S et LEPRINCE A., 1990.** Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épuration des eaux usées. Document pour le médecin du travail, n°44, pp 374-377.

**ALZIEU C., 1989.** L'eau : milieu de culture. *In* Aquaculture. 2<sup>ème</sup>. Ed. Tec et Doc, Tome 1 : p 16- 43

**AMINOT A et KEROUEL R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Éd. Ifremer, 336 p

**AMINOT A., CHAUSSEPIED M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO : 395p.

**ASANO T., 1998.** waste water réclamation and reuse, water qualité management Library .145p

**AUDIC J.M., 1990.** Evolution des technologies d'élimination des microorganismes. Paris : In IFREMER acte de colloque. 148p.

**AULICINO E A., MASTRANTONIO A., ORSINI E., BELLUCCI C., MUSCILLO M., LAROSA G., 1996.** Enteric viruses in a wastewater treatment plant in Rome Water, Air, and Soil Pollution 91, pp 327-334.

**AUSSEL H., DORNIER G., Galtier Y., 2004.** Le point des connaissances sur le traitement des eaux usées. INRS. Paris. France. 4 p.

**BARNAUD G., 2001.** Importance des zones humides. Éditions Quæ-Educagri. 420p

**BARNAUD G., FUSTEC E., 2008.** Conserver les zones humides. Pourquoi? Comment? éditions Quæ-Educagri éditions. 430p.

**BAUMONT S., CAMARD J-P., LEFRANC A., FRANCONI A., 2005.**Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.380p.

**BAIZE D., Sterckeman T., 2001.** The necessity of knowledge of the natural pédogeochemical background content in the evaluation of the contamination of soils by traces elements. The Science of The Total Environnement.264 p.

**BASSOMPIERRE C., 2007.** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique De Grenoble, pp 25-42.

**BELAID N., 2010.** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax, pp 1- 39.

**BAUMONT S., Camard J.P., Lefranc A., Franconi A., 2004.** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS. France. 220 p.

**BASSOMPIERRE C., 2007.** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique De Grenoble, pp 25-42.

**BEGHOURA et HERAOUI S., 2012.** Notice de Fonctionnement et d'Exploitation de la station d'épuration de Réghaïa. Centre technique assainissement usines : Lyonnaise des eaux ; Société des eaux et d'assainissement algérienne. 67p.

**BELAID N., 2010.** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax, pp 1- 39.

**BELGIORNO V., LUIGI R., DESPO F., CLAUDIO D.R., GIUSY L., ANASTASIA N., VINCINZO N., SURREYA M., 2007.** Review on endocrine disruptingemerging compounds in urban wastewater: occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse. Desalination .pp166–176.

**BELGHYTI D., EL KHARIM K., BACHIKH J., ET GABRION, C. 1994.** Caractérisation parasitologique des eaux usées, du lac Fouarat (Kénitra - Maroc) et évaluation du niveau épidémiologique dans une population rurale en contact avec ces eaux. Actes Quatrième Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française. Marrakech, 25 - 28 Avril 1994. Tome II.475p.

**BENAMAR N., MOUADIH N., BENAMAR A. 2011.** Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff. Colloque international. Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ? Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, pp 6 .

**BISSON J.W., CABELI V.J., 1980.** Clostridium perfringens as a water pollution indicator: Journal/ Water Pollution Control Federation, v. 52, no. 2. pp. 241-248.

**BILIEFERT C., PERRAUD R., 2001.** Chimie de l'environnement AIR, EAU, SOLS, DECHETS. De Boeck université (Ed.). Bruxelles. Belgique. 477 p.

**BILIEFERT C., PERRAUD R. 2009.** Chimie de l'environnement AIR, EAU, SOLS, DECHETS. De Boeck université (Ed.). Bruxelles. Bruxelles. 478 p.

**BOEGLIN J., 2000.** Propriétés des eaux naturelles. Technique de ingénieur, traité environnement, G1 110.

**BONNARD R., 2001.** Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, rapport final. 70 p.

**BONIN J., 1986.** Hydraulique urbaine appliqué aux agglomérations de petite et moyenne importance, Edition Eyrolles Paris, pp 2- 30.

**BONNARD R., 2001.** Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, rapport final. 70 p.

**BONNEFOY C., GUILLET F., LEYRAI VERNE BORDAIS E., 2002.** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaire. Paris : collection biosciences, Série : science des aliments. 248p.

**BONNET B., 2005.** gestion intégrée des zones humides méditerranéennes, conservation des zones humides méditerranéennes .Medwet n°13, tour de valet.160p.

**BOTTA A., Bellon L., 2001.** Pollution chimique de l'eau et santé humaine. Coordination Euro-méditerranéenne de l'université de Tethys.23p.

**BOURRILLON A., BENOIST G., 2008.** Pédiatrie 4<sup>ème</sup> édition. Ed : Elsevier, masson. 416p.

**BONTOUX J., 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux de boisson. Cebedocéd., Liège Belgique. 169 p.

**BOUZIANE M., 2000.** L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Iben Khaldoun, Oran.pp 4-133.

**BRISOU J F et DENIS F., 1978.** Hygiène de l'environnement maritime. Edit. Masson.248p. **BRISOU J F et DENIS F., 1980.** Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Edit. Masson. p206.

**BUZIER R., Tusseau-Vuillemin M.H., Mouchel J.M. 2006.** Evaluation of DGT as a metal speciation tool in wastewater. *Science of the Total Environment* 358p.

**CAMPOS C., 2008.** New perspectives on microbiological water control for waste water reuse. Desalination. Departamento de Microbiología, Universidad Javeriana, Colombia. 218p.

**CHACHUAT E., ROCHE, N et LATIFI M A., 2007.** Nouvelle approche pour la gestion optimale de l'aération des petites stations d'épuration par boues activées. *L'eau, l'industrie, les nuisances*. 240 p .

**CHAHLAOUI A., 1996.** Etude Hydrobiologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'Etat, Fac. Sci. Meknès. 234 p.

**CARDOT C., 1999.** Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris : Ellipses. 247p.

**CARDOT C., 2002.** Génie de l'environnement : les techniques de traitements des eaux. Paris : Ellipses. 254p.

**CHVALIER P., 2003.** Institut national de santé publique du Québec .35p.

**CHOCAT B., 1997.** Technique alternatives, assainissement, bassin de retenue : Encyclopédie d'hydrologie urbaine et assainissement. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris.220p.

**CHACHUAT E., ROCHE N., LATIFI M A., 2007.** Nouvelle approche pour la gestion optimale de l'aération des petites stations d'épuration par boues activées. *L'eau, l'industrie, les nuisances* – 240, pp 24-30.

**CHITNIS V., 2004.** Bacterial population changes in hospital effluent treatment plant in central India. *Water Research*: 38p.

**CHOUBERT J-M., 2002.** Analyse et optimisation du traitement de l'azote par les boues activées a basse température. Thèse Doctorat de l'Université Louis Pasteur. 320p.

**CORNAZ K., 2004.** Evaluation du statut trophique d'un canal de drainage sous l'impact des pollutions d'origines diffuses et ponctuelles.180p.

**COSTE C., LOUDET M., 1987.** L'assainissement en milieu urbain ou rural. Tome 2 : l'épuration et les traitements. 2<sup>ème</sup> édition. Paris : le moniteur : 271p.

**DEGREMONT T., 1989** .Mémento technique de l'eau : vol. 1, 9ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 592p.

**DEGREMENT T., 2005.** Mémento technique de l'eau. 10ème édition. Paris : Lavoisier technique et documentation.1718p.

**DELARRAS C., 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, Lavoisier. 269p.

**DEREX G., 2003.** Les ORTHOPTERES DU MARAIS DE St GEORGES DE REX. 44p.

**DERNAT M., ELMERICH P., POUILLOT M., 1994.** Vers une optimisation de la déphosphatation physicochimique, L'Eau, l'Industrie, les Nuisances.182p.

**DEJOUX C. 1988.** La pollution des eaux continentales africaines : expérience acquise, situation actuelle et perspectives. Collection travaux et documents n° 123, éditions de l'ORSTOM, Paris : 513 pp.

**DERONZIER et CHOUBERT, 2004.**Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées, Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales FNDAE n° 29. Edition Cemagref, Antony, pp 24.

**DEJARDINS R., 1997.** Le traitement des eaux. Ecole polytechnique de Montréal (2eEd.). Canada. 303 p.

**DIB I., 2009.** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien). Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna, 127 p.

**DIALLO B., 1996.**Analyse et contrôle de la pollution des eaux du fleuve Niger par les rejets liquides urbains et industriels du district de Bamako Mémoire DER de Biologie : Ensup Bamako.120p.

**DUPAIN R., LANCHON R et SAINT ARROMAN J., 2004.** L'analyse granulométrique. Edition Castella. 34-37p.

**DUPRAY E., DERRIEN A., 1995.**Influence du passage de Salmonella spp. Et Escherichia coli en eaux usées sur leur survie en eau de mer. Wat. Res. 29(4), pp 1005-1011.

**ECOSSE D., 2001.**Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mémoire D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens. 62p.

**EI GUAMRI Y.,BELGHYTI D., 2007.** Etude de la qualité physicochimique des eaux usées brutes de la commune urbaine de Saknia, rejetées dans le lac Fouarat (Kénitra, Maroc). J. Afr. Des Sc. De l'environnement. pp53-60.

**EMMANUEL K., THELEYESM., MOMPOINT J., BLANCHARD Y., PERRODIN M., 2004.** Evaluation des dangers environnementaux liés aux rejets des eaux usées urbains <<eau et environnement>>,15p .

**EVENS A., 2004.** Evaluation des risques sanitaires et éco toxicologiques liés aux effluents hospitaliers. Thèse de doctorat institut-national des sciences appliquées de LYON. 237p.

**FAO. 2003.** L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, pp 73.

**FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX K., HEMOPTINNE J-L., 2005.** Ecologie approche scientifique et pratique. 5ème Edition Tec et Doc, Paris, pp214-215.

**FRANCK C., 2002.** Circuit eau de mer : traitement et matériaux ; Comité des Techniciens : La Chambre Syndicales de la Recherche et de la Production du Pétrole et du Gaz Naturel. Paris : TECHNIP. 393p.

**FABY J et BRISSAUD F., 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, pp76.

**FUSTEC E., LEFEUVRE J.C., coll., 2000.** Fonctions et valeurs des zones humides. Dunod ,426 p.

**GAUJOUS D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, pp 220.

**GENIN B., CHAUVIN C., MENARD F., 2003.** Cours d'eau et indices biologiques : pollutions-méthodes-IBGN.2<sup>ème</sup> édition. Dijon : EDUCAGRI. 328 p.

**GERMAIN E., BANCROFT L., DAWSON A., HINRICHS C., FRICKER L.et PEARCE P. 2007.** Evaluation of hybrid processes for nitrification by comparing MBBR/AS and IFAS configurations. Water Sci. Technol. 55p.

**GIOKAS DL., ANTELO J., PLEOLOGOS EK., ARCE F., KARAYANNIS MI. 2002.** Copper fractionation with dissolved organic matter in natural waters and wastewater a mixed micelle mediated methodology (cloud point extraction) employing flame atomic absorption spectrometry. J Environ Monit. pp4-10.

**GRABA K., 2005.** Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement Programme d'Aménagement Côtier (PAC) "Zone côtière algéroise". Action pilote: Site du lac de Réghaïa. 120p

**GROSCLAUDE G., 1999.** L'eau : usage et polluant. Volume I. Tome : II. Paris : INRA. 210p.

**HADE A., 2003.** Nos lacs : les reconnaître pour les mieux protéger. Canada : FIDES. 359p.

**HADJ-SADOK Z M., 1999.** Modélisation et estimation dans les bioréacteurs; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau. Thèse Doctorat: Sciences de l'Ingénieur, Nice – Sophia Antipolis.pp 267.

**HAMODA M.F., 2004.** Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries. Desalination 165. pp 31-41

**HARTANI T., 2004.** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Institut national agronomique, Alger, Algérie, pp 3.

**HARTANI T., 2004.** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie. Institut national agronomique, Alger, Algérie, pp 3.

**HERTEMAN M., 2010.** Evaluation des capacités bioremédiatrices d'une mangrove impactée par des eaux usées domestiques. Application au site pilote de Malamani, Mayotte. Thèse de doctorat. Toulouse : Université Paul Sabatier ; Ecologie - Ingénierie écologique. 323p.

**IKHLEF N., ARNAUD P., 2010.** Notice de Fonctionnement et d'Exploitation de la station d'épuration de Béni Messous. Centre technique assainissement usines : Lyonnaise des eaux ; Société des eaux et d'assainissement algérienne. 54p. **GAID AK., 1984.** Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tome I et II. Alger .261 p.

**JORA, 2000.** Les normes de potabilité d'une eau de consommation. Journal officiel de la République algérienne .Décret N°51, 20 août 2000, Alger, 4 p.

**JOUBERT F., 2006 -** Les zones humides : de l'inventaire à la préservation. Identification des méthodes et outils pertinents, Univ. Rennes 1, Mémoire Master 2 Gestion intégrée des bassins versants, 65 p.

**KETTAB A., 2001.** Traitement des eaux "les eaux potable", O.P.U, Alger, 1992. Les ressources en eau en Algerie ,strategie enjeux vision desalination.136p.

**KOLLER E., 2004.**Traitement des pollutions industrielles. Eau – air – déchets – sols– boues. Prais, Dunod, 424p.

**LARKEM F, BACEL S., 2005.**Traitements des eaux usées "effluents" de la raffinerie de SKIKDA. Mémoire d'ingénieur.Université de CONSTANTINE.130p.

**LARONE D.H. 2002.**Medically important fungi: a guide to identification.4<sup>ème</sup> édition. Paris : Elsevier. 300p.

**LAVOIE I., HAMELTON B,P .,CAMPEAU S.,GRENIER S., GUILLO PJ., 2008.** Guide d'identification des diatomées des rivières de l'est de CANADA QUEBEC. 241p.

**LEBRES E., AZIZI D., HAMZA A.,TALEB F.,TAOUCHICHT B., 2002.** Manuel des travaux pratiques. Institut Pasteur d'Algérie. 20p.

**LE HYARIC R., 2009.** Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épurations. Thèse Doctorat l'Institut National des Sciences appliquées de Lyon, pp 30-34.

**LEVEQUE E., 2001.** Ecosystème aquatique. Ed. HACHETTE. 324p.

**LEVÊQUE C., 1996.** Ecosystèmes aquatiques. *Les fondamentaux*, Ed. Hachette. 159p.

**LOUNNAS A., 2009.** AMELIORATION DES PROCEDES DE CLARIFICATION DES EAUX DE LA STATION HAMADI-KROMA DE SKIKDA.120p.

**LUM K., 1998.** Les zones humides sous pression. pp54- 59.

**LY., ZHENG W., YANG X., ZHANG M., LIU Y., LIU J., 2006.** Virus removal performance and mechanism of a submerged membrane bioreactor. Process Biochemistry.pp 299-304.

**MARTINEAU G.P ., 1997.**Maladie d'élevage des porcs.1<sup>ère</sup> Edition. Ed. France agricole. 316p.

**MAIGA Y., 2010.** Processus d'Elimination d'Escherichia Coli et des entérocoques des bassins de lagunage sous climat sahélien: Influence de la radiation solaire. Thèse de doctorat. Université de Oudoudougou, Unité e formation de recherche scientifiques de la vie et de la terre ; LEDES, centre de recherche en sciences biologiques alimentaires et nutritionnelles. 157p.

**MECHATI F., 2006.** Etude des paramètres physico-chimique avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA. Mémoire de magister.235p.

**MEKLATI., 2009.** Thèse de magister. Skikda : Université 20 Aout 1955, Faculté des sciences, Chimie : Pollution chimique et environnement. 139p.

**MIQUEL G., 2001.** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Paris, 365p

**MIZI A., 2006 .**Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar ANNABA. 240p.

**MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE Hamsatou., 2005.** Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. 135p.

**OMS. 1979.** Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l' pour l' Organisation Mondiale de la Santé, Copenhague, pp 168.

**OMS. 1994.** Directive de qualité pour l'eau de boisson, 2eme edition. Recommandations, Genève.202p.

**OMS. 2006.** Directives de qualité pour l'eau de boisson, troisième édition. Recommandations. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 78 p.

**ONA. 2009.** Les Enjeux de la Qualité dans le Secteur de l'Eau et de l'Assainissement en Algérie. Office National de l'assainissement : Rapport annuelle. 51p.

**PAINISSETIN., NHEUHOS L., FREINSINUS FT., SCHENEIDER w., 1991.**Technologie des eaux résiduaires. Production,collecte et annalyses des eaux residuaires. Paris :shorschigsin. 1220p

**PARAT S., PERDRIX A., MANN, S. et BACONNIER, P., 1999.** Contribution of particle counting in assessment of exposure to airborne. Ed. Atmospheric environment. 959p.

**PELMONT J., 2005.** Biodégradations et métabolismes : les bactéries pour les technologies de l'environnement. Ed. Grenoble sciences EDP. 798p.

**PNUE / OMS., 1977.** Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague : 168p.

**PRESCOTT M., HARLEY J. P., KLEIN D. A. 2007.** Microbiologie. Ed. De Boeck Larcier, Paris, 1137p.

**PUTZ P., 2009.** Rapport d'application. Analyse de laboratoire et Analyse en continu Eléments nutritifs. Composées Azotés. HACH LANGE Rapport d'application. 4p.

**REJSEK F., 2002.** Les analyses des eaux. Tome II. France : Aspects réglementaires et technique. 360p.

**RODIER J., 1996.** L'analyse de l'eau. 8<sup>ème</sup> édition. Paris. DUNOD.1383p.

**Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., 2005.** L'analyse de l'eau. Dunod (8eEd.). Paris. 1382 p.

**RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET, R. 2009.** L'analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition. Paris : DUNOD. 1526p.

**SANZ N., DUCHENNE P., COTEUX E., 1996.** Les éléments les plus significatifs de la microfaune des boues activées. Paris : CAMEGRAF-DIVISION qualité des eaux. pp 471-477.

**SALGHI R., 2007.** Différents filières de traitement des eaux. Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir. 320p.

**SATIN M., SELMI B., 1999.** Guide technique de l'assainissement ; 2<sup>ème</sup> édition. Paris: Le moniteur. 680p.

**SEAAL., 2012.** Conditions générales de manipulation en microbiologie. Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger : SEEAL. 13p.

**SEITZINGER P., HARRISON J.A ., BÖHLKE J.K ., BOUWMAN A.F., LOWRANCE R.R., PETERSON, B., TOBIAS C ., DRECHT G.V., 2006.**Denitrification across landscapes and waterscapes: a synthesis. Ecological Applications. 2090 p.

**SHUVAL H.I., ADIN A., FATAL M., RAWITZE B., YEKUTIEL M., 1986.** WASTE WATER IRRIGATION IN DEVELOPING COUNTRIES: Health effect technical solution. ED world bank technical pp 27-28.

**SEYRIG R., 2007.** Fiscalité et protection des zones humides. 220p

**SHANG C., WONG HM., CHEN G., 2005.** Bacteriophage MS-2 removal by submerged membrane bioreactor. Water Research. 39.pp 4211-4219.

**SHUVAL H.I., 1991.** Parasitic disease and wastewater irrigation. In: sanitation in developing countries. Ed. Oxfoam and the Ross Institute of Tropical Hygiene, Chichester, John Wiley, Dacey, A. 215p.

**TAKACHI A., 1998.** Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library. 1475P.

**THIBAUT M., Bouazouni O., Boumédine H. K., Moali A., 2006.** Plan de Gestion de la Réserve Naturelle du Lac de Réghaïa (Algérie). 122p

**THOMAS O., 1995.** Analyse microbiologique dans «Métrologie des eaux résiduaires». Ed. Cebedoc. 125p.

**TIZGHADAM GHAZANI., 2007.** Etude de performance et optimisation d'un réacteur cascade a biomasse hybride pour le traitement des eaux usées urbains. Thèse de doctorat .Ed. Université de limoges. Eau, sol, environnement (Grese) .169p

**TOZE S., 2006.** Reuse of effluent water-benefits and risks *Agric Water Manage.* 80p.

**TOZE S., 1999.** PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. Water Resources. 33p.

**USEPA. 2007.** Water & Health Series: Filtration Facts. United States Environmental Protection Agency.

**VALIRON F., MONGELLAZ J.** Manuel d'assainissement spécifique pour les pays à faible revenu- Techniques vivantes Agence de Cooperation Culturelle et Technique 1991. ISBN : 92.9028.108.4. connaissances sur les fonctions et valeurs des zones humides, grâce notamment à des programmes Européens ou étrangers. 220p.

**VILAGINES R., 2003.** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2<sup>e</sup> édition, Editions Tec&Doc, pp198.

**VILLEBRUN J. F., 1989.** La déphosphatation biologique appliquée à la station d'épuration de Craon, Rapport de la DDAF de la Mayenne. Volume 2 : Critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève, Suisse, 330p.

**ZOUAKH D. E., 2007.** Workshop international Biodiversité et Écosystèmes Littoraux Un écosystème littoral en péril: Le marais de Réghaïa.

**ZOUREZ O. H. et FERHANI K. 2003 :** Etude physico-chimique et biologique d'un écosystème aquatique : barrage de boukourdane (Wilaya de Tipaza). *Mém. d'Ing. d'Etat. en halieutique*, I.S.M.A.L , Alger, 104p.

[http://www.ramsar.org/cda/fr/ramsar-home/main/ramsar/1\\_4000\\_1](http://www.ramsar.org/cda/fr/ramsar-home/main/ramsar/1_4000_1).

[http://www.Traitement des eaux. www.univ-ubs.fr](http://www.Traitement%20des%20eaux.%20www.univ-ubs.fr).

[http:// www.oieau.fr](http://www.oieau.fr). Office international de l'eau