

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar El oued



Faculté de Technologie

Département : Hydraulique et Génie Civil

## MEMOIRE

*Présenté en vue de l'obtention du diplôme du Master en Hydraulique*

**Option:** Conception et diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement

## THEME

Étude de performance du système de  
lagunage aéré dans quelques stations d'épuration  
Dans la région d'Oued Souf

**Dirigé par :**

Dr. OUKOUAK abdelkader

**présenté par :**

BEN KHALIFA Ali

DERKI Imad eddine

**Devant le membre jury :**

M<sup>me</sup>. BOUCHEMAL Fattoum

Université d'El Oued

Président

Dr. OUKOUAK Abdelkader

Université d'El Oued

Encadreur

Mr. GHEDEIR AMAR Hacem

Université d'El Oued

Examineur

Promotion : Juin/ 2019

# REMERCIEMENTS

*Avant tout nous remercions Allah de nous avoir donné la santé,*

*Le courage et les moyens à fin de pouvoir ce travail*

*Nous adressons notre vif remerciement à notre encadreur*

*Monsieur le docteur OUAKOUMAK Abdelkader*

*Pour ces compréhensions et ses conseils et ses aides pour sa gentillesse*

*Et orientations efficaces.*

*Au membre de jury qui ont dieu voulu examiné ce travail et de*

*participer à son évaluation*

*Nous tien aussi remercier*

*Mr directeur de L'ONA.*

*Chef de la STEP2. Chef de la STEP3. Chef de la STEP4.*

*Chef du laboratoire de la STEP2*

*Nous remercions également tous les professeurs qui nous ont*

*supervisés tout au*

*Long de notre carrière universitaire.*

*Et tous les amis et collègues et tous ceux qui nous ont aidé de près ou*

*de loin*

*À accomplir ce travail.*

*Avant tout*

## Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'efficacité du système lagunage aéré dans la région d'oued souf. L'étude a été basée sur trois stations d'épuration dans la région d'étude (**STEP 02, STEP 03 et STEP 04**).

Les résultats ont montré une bonne l'efficacité de ce système au niveau de tous les paramètres physico-chimiques tels que **DBO<sub>5</sub>, MES, DCO**. L'épuration biologique des eaux usées dans les stations étudiées est généralement satisfaisante. L'eau traitée respecte les normes de rejet et ne représente pas des risques sur l'environnement.

**Mots-clés:** traitement des eaux usées, performance, Lagunage aéré, région d'oued souf.

## المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو اثبات فعالية تصفية المياه المستعملة بتقنية الأحواض المهواة بمنطقة الدراسة ارتكزت على ثلاث محطات في المنطقة المدروسة (رقم 01 ، 02 و 03). وادي سوف أظهرت النتائج كفاءة عالية لهذه التقنية على مستوى جميع المعايير الفيز وكيميائية مثل الطلب البيولوجي للأكسجين في اليوم الخامس ،المواد العالقة ،الطلب الكيميائي للأكسجين . تعتبر معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة نظام الأحواض المهواة فعالة ومرضية بشكل عام. المياه المعالجة في هذه المحطات مطابقة للمعايير ولا تحمل أضرار على البيئة. **الكلمات المفتاحية :** معالجة المياه المستعملة ،فعالية ،الأحواض المهواة ،منطقة وادي سوف

## Abstract

The objective of this work is to study the efficiency of the aerated lagoon system in Oued Souf region. The study was based on three treatment plants in the studied area (STEP 02, STEP 03 and STEP 04).

Results showed a good efficiency of this system for all physico-chemical parameters such as BOD<sub>5</sub>, MES, COD. Biological treatment of wastewater in the studied plants is generally satisfactory. Treated water meets discharge standards and does not presents environmental risks.

**Keywords:** wastewater treatment, performance, aerated lagoons. Oued souf region.

# Dédicaces

*Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné le courage*

*Pour achever ce mémoire.*

*Je dédie ce travail au père et à la mère généreux, que la  
miséricorde et les bénédictions de Dieu soient sur eux et je prie Allah  
de demeurer dans son espaces.*

*Et à la chère épouse et à mes enfants et filles pour les encourager*

*À mes frères et sœurs*

*Et tous mes collègues au travail et aux études qui m'ont aidé à  
étudier.*

**BEN KHALIFA. A.**

# Dédicaces

*Je dédie ce travail à mon cher grand-père*

*Au Saint Père qui m'a donné la meilleure éducation et m'a vu  
toute ma vie*

*Pour ma chère mère qui m'a toujours apporté son amour et son  
affection.*

*À mes chers frères et sœurs.*

*Mes cousins, mes oncles et leurs enfants.*

*Pour toute la famille Derki*

*DERKI .I.E*

## Sommaire

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>i</b>
<b>Dédicaces .....</b>	<b>iii</b>
<b>Liste de tableau .....</b>	<b>ix</b>
<b>Liste de figure.....</b>	<b>x</b>
<b>Lites D'abréviation .....</b>	<b>xii</b>
<b>Introduction Générale .....</b>	<b>0</b>
<b>Chapitre I : Généralités sur les eaux usées.....</b>	<b>3</b>
I-2 Origines des eaux usées .....	4
I-2-1 Origine domestique.....	4
I-2-2 Origine agricole .....	4
I-2-3 Origine industrielle .....	5
I-2-4 Origine pluviale .....	5
I-3 Caractéristiques et composition des eaux usées.....	5
I-3-1 Les matières en suspension (MES).....	6
I-3-2 La matière organique .....	6
I-3-2-1 Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	6
I-3-2-2 Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	7
I-3-3-3 Matières phosphorées .....	7
I-3-3-4 Matières azotées .....	7
I-4- Caractère microbiologique.....	8
I-5 Composition moyenne des eaux usées .....	8
I-6 Pollution par les eaux usées .....	9
I.6.1 Définition :.....	9
I.6.2 Origine et type de la pollution par les eaux usées: .....	9
A- Origine de pollution:.....	9
B- Types de la pollution:.....	9
I.6.3. Risques de la pollution par les eaux usées: .....	10
I.6.3.1 Risque sur l'environnement: .....	10
A- Effets sur le sol:.....	10
B- Effets sur les eaux souterraines:.....	10
C- Effet sur les eaux superficielles:.....	10
I.6.3.2 Risque sur la santé humaine: .....	10

I-7 Normes de rejet des eaux usées.....	11
I-7-1 Normes de l'OMS .....	11
I-7-2 Normes européennes.....	12
I-7-3 Normes algériennes.....	12
I-8- Réutilisation des eaux usées épurées .....	14
I-9 Conclusion.....	15
<b>Chapitre II: Procédés d'épuration des eaux usées.....</b>	<b>16</b>
II-1 Introduction.....	17
II-2 Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées : .....	17
II-3. Etapes d'épuration des eaux usées: .....	17
II-3.1 Prétraitement.....	18
II-3-1.1 Dégrillage .....	18
II-3-1.2 Dessablage .....	19
II-3-1.3 Déshuilage/Dégraissage .....	19
II-3-2 Traitement primaire .....	20
II-3-4 Traitement secondaire (Biologique).....	21
II-3-4-1 Lits bactériens .....	21
II-3- 4 -3 -2 Boues activées.....	23
II-3- 4 -2 Lagunage .....	24
II-3-4-2-1 Lagunage naturel (aérobie). .....	24
II-3-4-2-2 lagunage aéré. ....	25
II-3-4-2-3 Le lagunage anaérobie. ....	26
II-3-5- Décantation secondaire (clarification) .....	27
II-4- Traitement des boues.....	27
II-4-1 Réduction du pouvoir fermentescible ou stabilisation .....	27
II-4-2 La réduction du volume.....	28
II-5Traitements tertiaires .....	28
II-5-1 La dénitrification .....	28
II-5-2 La désinfection .....	28
II-7-3 Déphosphatation .....	29
II-6- Conclusion.....	30

<b>Chapitre III : Présentation des stations d'épuration d'el oued .....</b>	<b>31</b>
I-1. Introduction .....	32
I-2. Epuration des eaux usées dans la région d'El Oued .....	32
I-3. Présentation des stations étudiées .....	33
I-4. Les différentes étapes de traitement .....	36
I-4-1 Prétraitement .....	36
I-4-2 Traitement biologique .....	39
I-4-2 Traitement des boues .....	43
I-5. Conclusion.....	44
<b>Chapitre IV : Matériels et méthodes.....</b>	<b>45</b>
IV-1 Introduction .....	46
IV-2 Echantillonnage des eaux .....	46
IV-3- Paramètres étudiés .....	47
IV-3-1 Détermination de Potentiel d'hydrogène (pH) .....	47
IV-3-2 Détermination de la Température .....	48
IV- 3-3 Détermination de Conductivité .....	48
IV-3-4 Détermination de la Matière en suspension (MES).....	48
IV- 3-5 Détermination de l'oxygène dissous (O <sub>2</sub> ).....	50
IV- 3-6 Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) .....	50
IV-3-7 Détermination de la Demande Biologique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	51
IV-3-8 Détermination d'Orthophosphates (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ).....	53
IV-3-9 Détermination de Matière azotées .....	53
IV-3-10 Conclusion .....	53
<b>Chapitre V : Étude de performance de lagunage aéré des stations étudiées .....</b>	<b>54</b>
V.1. Introduction.....	55
V.2. Rendement épuratoire .....	55
V.3. Résultats et discussions des paramètres analysées.....	55
V-3-1 Température .....	55
V-3-2 Potentiel d'hydrogène (pH) .....	56
V-3-3 Oxygène dissous (O <sub>2</sub> ).....	58
V-3-4 Conductivité .....	59
V-3-5 Demande chimique en oxygène (DCO) .....	60
V-3-6 Demande Biologique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	61



V-3-7 Rapport DCO/DBO <sub>5</sub> .....	63
V-3-8 Matière en suspension (MES). ....	64
V-3-9 Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	65
V-3-10 Azote ammoniacal (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ). ....	66
V-3-11 L'azote total Kjeldahl.....	67
V-3-12 Orthophosphates (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ).....	68
II-5 Comparaison des performances épuratoires entre les STEP .....	69
II-6 Conclusion .....	70
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>71</b>
<b>Référence bibliographique .....</b>	<b>74</b>

## Liste de tableau

<b>Tableau 1</b> : Composition moyenne d'un effluent domestique ( <b>Rejsek, 2002</b> ). .....	8
<b>Tableau 2</b> . Normes de rejet des eaux usées (OMS) .....	11
<b>Tableau 3</b> . Normes européenne de rejet des eaux usées .....	12
<b>Tableau 4</b> . Normes algérienne de rejet des eaux usées ( <b>JORAD, 2006</b> ).....	13
<b>Tableau 5</b> : Paramètres de pollution pour le dimensionnement des stations.....	36
<b>Tableau 6</b> : <b>Lagunes</b> d'aération (premier étage) A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> .....	40
<b>Tableau 7</b> : Lagunes d'aération (deuxième étage) B1, B2, B3 .....	41
<b>Tableau 8</b> : Lagunes de finition F1, F2, F3 .....	43
<b>Tableau 9</b> . Volumes de la prise d'échantillon et de l'inhibiteur de dénitrification en fonction de la DBO <sub>5</sub> .....	52
<b>Tableau 10</b> : Teneurs des moyennes mensuelles de la DCO dans les eaux brutes et épurées	61
<b>Tableau 11</b> : Teneurs des moyennes mensuelles de la DBO <sub>5</sub> dans les eaux brutes et épurées .....	62
<b>Tableau 12</b> : Variation du Rapport DCO/DBO <sub>5</sub> dans les eaux brutes et épurées .....	63
<b>Tableau 13</b> : Teneurs des moyennes mensuelles de la MES dans les eaux brutes et épurées	64
<b>Tableau 14</b> : Rendements d'élimination de l'azote ammoniacal .....	67
<b>Tableau 15</b> : Rendements d'élimination des ions orthophosphates.....	69
<b>Tableau 16</b> : Moyens mensuels des rendements d'élimination des charges polluantes. ....	70
<b>Tableau 17</b> : Comparaison des teneurs résiduelles des charges polluantes aux de normes de rejet fixées par la station.....	70

## Liste de figure

<b>Figure 1 : Dégrilleur</b> .....	18
<b>Figure 2 : Déssableur</b> .....	19
<b>Figure 3 : Dégraissage-déshuilage</b> .....	20
<b>Figure 4 : Schéma de principe d'un décanteur primaire</b> .....	21
<b>Figure 5: Traitement biologique par lit bactérien (Perera et Baudot, 1991)</b> .....	22
<b>Figure 6 :</b> Traitement biologique par boues activées .....	23
<b>Figure 7 :</b> Mécanisme de l'épuration par lagunage naturel .....	25
<b>Figure 8 :</b> Lagunage aéré .....	26
<b>Figure 9 :</b> Lagunage anaérobie .....	26
<b>Figure10 :</b> Situation générale des ouvrages d'assainissement (ONA, 2018) .....	33
<b>Figure 11 :</b> Plan générale de la station d'épuration.....	34
<b>Figure12:</b> Regards de dégazage. ....	35
<b>Figure 13 :</b> Dégrilleurs .....	37
<b>Figure 14 :</b> Déssableur .....	38
<b>Figure15:</b> Classificateur à sable .....	39
<b>Figure 16 :</b> Lagunes aérées (première étape) .....	39
<b>Figure 17 :</b> Lagunes aérées (deuxième étape).....	42
<b>Figure18 :</b> Lagune de finition.....	42
<b>Figure 19 :</b> Lits de séchage.....	44
<b>Figure 20:</b> Préleveur Automatique. ....	46
<b>Figure 21:</b> pH mètre .....	47
Figure 22 : Conductimètre.....	48
<b>Figure 23 :</b> Appareils de mesure des matières en suspension (MES) .....	49
<b>Figure 24 :</b> Oxymètre .....	50
<b>Figure 25 :</b> Réactifs et appareils de mesure de la DCO .....	51
<b>Figure 26 :</b> Appareillage DBO mètre de mesure de la DBO <sub>5</sub> .....	53
<b>Figure 27 :</b> Variations des moyennes mensuelles de la température dans les eaux usées brutes et épurées.....	56
<b>Figure 28 :</b> valeurs moyennes mensuelles du pH dans les eaux usées brutes et épurées.....	57
<b>Figure 29 :</b> Variations de l'oxygène dissous dans les eaux usées brutes et épurées des stations.....	58

<b>Figure 30 :</b> Variations des moyennes mensuelles de la conductivité dans les eaux usées brutes et épurées des stations .....	59
<b>Figure 31 :</b> Moyens mensuels des rendements d'élimination de la DCO dans les stations d'El Oued. ....	60
<b>Figure 32 :</b> Moyens mensuels des rendements d'élimination de la DBO <sub>5</sub> Dans les STEP d'El Oued. ....	62
<b>Figure 33 :</b> Moyens mensuels des rendements d'élimination de la MES dans les STEP.....	64
<b>Figure 34 :</b> variations des moyennes mensuelles de nitrates dans les eaux usées brutes et épurées des stations .....	65
<b>Figure 35 :</b> variations des moyennes mensuelles de l'azote ammoniacal dans les eaux usées brutes et épurées des stations.....	66
<b>Figure 36 :</b> variations des moyennes mensuelles de l'azote total Kjeldahl dans les eaux usées brutes et épurées des stations.....	67
<b>Figure 37 :</b> variations des moyennes mensuelles des ions orthophosphates dans les eaux usées brutes et épurées des stations.....	68

## **Lites D'abréviation**

**DBO5** : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (mg/l)

**DCO** : demande chimique en oxygène (mg/l)

**pH** : Potentiel hydrogène

**MES** : Matière en suspension (mg/l)

**MVS** : Matière volatiles en suspension (mg/l)

**MO** : Matière organique (mg/l)

**STEP** : Station d'Épuration

**ONA** : Office Nationale d'Assainissement

**ONM** : Office National de la Météorologie.

**AEP** : Alimentation en Eau Potable.

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

**OMS** : Organisation Mondial de la Santé.

**UNESCO**: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

**INRAA** : Institut National de la Recherche Agronomique Alger.

# *Introduction Générale*

L'eau est une ressource vitale pour l'homme et bien qu'apparemment inépuisable, l'eau est très inégalement répartie sur la planète et tous les pays auront, à court ou à long terme, à faire face au problème de sa raréfaction. Devant les besoins en eau douce qui ne cessent de croître et vu l'impossibilité de se contenter seulement des ressources naturelles conventionnelles, la recherche de moyens d'épuration adéquats et la réutilisation des effluents d'eaux usées traitées est devenue une option attrayante et une alternative incontournable afin de mobiliser de plus importants volumes d'eau et satisfaire ainsi la demande de plus en plus croissante, particulièrement, dans les pays arides et semi arides.

Par ailleurs, les composants des eaux usées (agents pathogènes, sels, métaux, composés organiques toxiques, ..... ) présentent des risques pour l'environnement et peuvent nuire à la santé publique (**OMS, 2013**). Le traitement de ces rejets s'avère indispensable afin de lutter contre leurs effets nocifs. Différentes techniques de traitement sont utilisées quelles soient biologiques (lagunage naturel ou aéré, boues activées ou lits bactériens), physicochimiques (la coagulation-floculation, la précipitation ou l'oxydation) ou membranaires (l'osmose inverse, la nanofiltration ou l'électrodialyse) (**DEGREMONT, 2005**).

En Algérie, le volume d'eaux usées rejetées est estimé actuellement à près de 800 millions de m<sup>3</sup> et dépassera 1,5 milliards de m<sup>3</sup> à l'horizon 2020 (MRE, 2014). Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration (**KESSIRA, 2013**). L'Algérie dispose à l'heure actuelle de 137 stations d'épuration des eaux usées dont le volume d'eau usées épurées est estimé à 16 millions de mètres cube (**ONA, 2017**). Les eaux usées sont généralement traitées par voie biologique dans des stations de lagunage, boues activées, phyto-épurations...etc. Ces stations ont pour rôle déconcentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises.

L'étude de l'efficacité du système d'épuration est nécessaire pour garantir une bonne qualité de l'effluent traité et suivre le fonctionnement des ouvrages de la station. Ainsi, l'étude de l'adaptation de tout système d'épuration aux conditions climatiques de la région est importante pour la projection adéquate de ce système dans d'autres régions.

Dans le cadre de ce travail, nous sommes intéressés à étudier le pouvoir épuratoire du système de lagunage aéré dans le -est algérien (région d'oued souf) comme une zone hyper-aride en prenant trois (03) stations d'épuration à titre d'exemple. La période d'étude est fixée à six mois (décembre 2018 jusqu'au Mai 2019).

La présente étude comporte cinq chapitres comme suit :

Chapitre I: Généralités sur les eaux usées ;

Chapitre II: Procédés d'épuration des eaux usées ;

Chapitre III: Présentation des stations d'épuration d'el oued ;

Chapitre IV: Matériels et méthodes ;

Chapitre V: Étude de performance des stations étudiées.



*Chapitre I*  
*Généralités sur les eaux*  
*usées*

## I-1 Introduction

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage souvent domestique, industriel et agricole. Elles sont polluées et comportent généralement un mélange de matières polluantes, dispersées ou dissoutes.

Ce chapitre présente les principales caractéristiques des eaux usées et leur composition moyenne comme il indique les normes de rejet et donne un aperçu sur la réutilisation des eaux usées.

## I-2 Origines des eaux usées

L'eau, collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. Les eaux usées sont principalement d'origines domestique et pluviale comme elles peuvent contenir des eaux résiduaire industrielle ou agricole d'extrême diversité.

### I-2-1 Origine domestique

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 et se composent (**Baumont et Al., 2005 ; Chocat, 1997 ; Franck, 2002**) :

- Des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, (glucides, lipides protides), et des produits détergents.
- Des eaux de buanderie, contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement de matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes.

### I-2-2 Origine agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement (**Grosclaude, 1999**) :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...).

### **I-2-3 Origine industrielle**

Les eaux usées industrielles sont les eaux produites par des processus industriels consommateurs d'eau, dont le degré de pollution diffère d'un type d'industrie à un autre (**Ouali, 1999 ; Messrouk, 2011**). En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles sont mélangées aux eaux domestiques lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution. Les grandes entreprises sont toutes équipées d'unités de traitement interne. En vingt ans, la pollution industrielle a été réduite de moitié. Ce sont actuellement les petites moyennes entreprises (garages, pressing, entreprises de peintures ...) qui produisent plus de 90% de la pollution par déchets toxiques.

### **I-2-4 Origine pluviale**

Les eaux de pluie ne sont pas exemptes de pollution : au contact de l'air, elles se chargent d'impuretés comme les fumées industrielles et les résidus de pesticides. En ruisselant, les eaux pluviales se chargent également des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus, métaux lourds...) (**Kabore\_et Mathieu, 1994**).

## **I-3 Caractéristiques et composition des eaux usées**

Les eaux usées contiennent une quantité de déchets composés entre autres de matière organique d'origine animale ou végétale. Pour un traitement efficace des eaux usées, cette matière organique a besoin d'être stabilisée ou convertie en une forme non polluante. Les déchets solides inorganiques doivent aussi être extraits afin que les eaux usées soient traitées correctement. Les eaux usées contiennent aussi beaucoup de bactéries. Même si certaines de ces bactéries peuvent être pathogènes, la plupart sont en fait inoffensives. Ces bactéries non pathogènes sont très utiles parce qu'elles décomposent les matières organiques contenues dans les eaux usées. Il s'ensuit que les bactéries non pathogènes sont à la base de tous les procédés de traitement biologique des eaux usées (**Manic , 2000**).

### I-3-1 Les matières en suspension (MES)

C'est la quantité de pollution organique (fragments d'aliments ou résidus de digestion) et minérale (sable ou argile) non dissoute dans l'eau (**Gomella et Guerree, 1978**). Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel.

Cette pollution particulière est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10 $\mu$ m, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). Ces matières en suspension représentent l'un des paramètres globaux de pollution les plus facilement perceptibles mais l'un des plus difficilement mesurables en continu.

Le rejet des matières en suspension dans le milieu naturel réduit la limpidité de ce milieu, limitant la vie des organismes photosynthétique et entraînant des dépôts qui peuvent perturber la vie benthique et créer un envasement du cours d'eau.

La pollution particulière est appréciée par la détermination de la concentration en MES (matières en suspension) de l'eau. Il existe deux grands types de mesure de détermination des MES (**Grosclaude, 1999**):

- La méthode gravimétrique résultant d'une séparation physique des MES de l'eau par filtration ou centrifugation ;
- Les méthodes optiques qui mesurent l'absorption ou la réfraction d'un rayonnement lumineux. Cette détermination est réalisée par turbidimétrie.

### I-3-2 La matière organique

#### I-3-2-1 Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La demande biologique en oxygène est, par définition, la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau usée. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable (**Eckenfelder, 1982**).

La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours, ou DBO<sub>5</sub>, est l'un des paramètres de la qualité d'une eau. Ce paramètre est exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau (**Guirand, 1998**).

### I-3-2-2 Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non, contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  à  $150^\circ C$ . Elle est exprimée en  $mg\ O_2/l$ .

La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine (**Suschka et Ferreira, 1986**).

### I-3-3-3 Matières phosphorées

Ce sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents.

Le rejet de phosphore dans le milieu récepteur est une cause essentielle de son eutrophisation.

Le phosphore est dosé sous forme d'ions orthophosphate par des méthodes colorimétrique. La minéralisation préalable de l'échantillon permet de transformer l'ensemble des formes du phosphore en Orthophosphates (**Rodier, 2005**).

### I-3-3-4 Matières azotées

Ce sont des matières organiques et minérales contenant des atomes d'azote. A l'entrée des stations d'épuration l'azote est présent sous forme réduite : sous forme organique (N org.), et sous forme d'ions ammonium ( $N-NH_4$ ). Les formes oxydées de l'azote ( $NO_3^-$  et  $NO_2^-$ ) pourront apparaître, au cours du traitement biologique aérobie, au niveau de la station d'épuration (**Degrémont, 1989 ; Rejsek, 2002**).

Les nuisances de cette pollution azotée sont nombreuses et variées. Les rejets d'azote ammoniacal dans le milieu récepteur s'accompagnent d'une consommation de l'oxygène dissous due au processus de nitrification ( $4,3mg\ O_2/ mg$  de  $N-NH_4$  nitrifié). Si le pH du milieu récepteur est élevé, l'ion ammonium se transforme en gaz ammoniac dissous ( $NH_3$ ), très toxique pour les poissons, comme l'est également l'ion nitrite ( $NO_2^-$ ). L'azote ammoniacal et l'azote nitrique contribuent à l'eutrophisation du milieu récepteur (**Degrémont, 1989**).

Les formes ammoniacales ( $NH_4^+$ ), nitreuse et nitrique ( $NO_3^-$ ) sont déterminées par des analyses spécifiques, soit par des méthodes colorimétriques, soit par chromatographie ionique ou en flux. L'azote organique ne peut être déterminé de manière isolée mais le sera avec l'azote ammoniacal sous la forme de l'azote Kjeldahl (NK).

A partir de ces dosages, on déterminera l'azote global NGL (**Rejsek, 2002**) :

$$NGL = NK + N - NO_2^- + N - NO_3^-$$

Cette valeur prend en compte la totalité des formes azotée dissoutes ramenées à leur teneur en azote.

#### I-4- Caractère microbiologique

Le rejet urbain en général présente des conditions très favorables à la prolifération de certains germes pathogènes et d'organismes vivants. On peut citer les virus, les bactéries, les protozoaires, les vers et les microchampignons. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif de les épurer pour préserver le milieu naturel (Olivier et Christelle, 2004)

#### I-5 Composition moyenne des eaux usées

Le tableau 1, représente la composition moyenne d'un effluent urbain réalisé sur un grand nombre de stations d'épuration, en excluant tout apport d'eaux résiduares industrielles

**Tableau 1 :** Composition moyenne d'un effluent domestique (Rejsek, 2002).

Paramètres	Concentrations moyennes	Echelle de variation
pH	7.8	7.5 à 8.5
DBO <sub>5</sub>	300 mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	150 à 500 mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>
DCO	700 mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	300 à 1000 mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>
MES	250 mg. L <sup>-1</sup>	100 à 400 mg.L <sup>-1</sup>
NK	80 mg .L <sup>-1</sup>	30 à 100 mg. L <sup>-1</sup>
N-NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	60 mg L <sup>-1</sup>	20 à 80 mg .L <sup>-1</sup>
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Valeur voisine de 0	-
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Valeur voisine de 0	-
Phosphore total	35 mg. L <sup>-1</sup>	10 à 45 mg. L <sup>-1</sup>
Coliformes totaux	-	10 <sup>6</sup> à 10 <sup>10</sup> pour 100ml
Entérocoques	-	10 <sup>8</sup> à 10 <sup>6</sup> pour 100ml

## I-6 Pollution par les eaux usées

### I.6.1 Définition :

On appelle pollution de l'eau, toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants qui la consomment. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée ou l'utilisent (en irrigation par exemple), il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé (**Haouti, 2005**).

### I.6.2 Origine et type de la pollution par les eaux usées:

#### A- Origine de pollution:

La pollution de l'eau peut être d'origine naturelle, ou provenir d'activités humaines. Suivant l'origine des substances polluantes on distingue : la pollution d'origine domestique, industrielle, agricole et pluviale.

#### B- Types de la pollution:

Il plusieurs types de pollution parmi lesquelles on distingue:

##### ❖ La pollution chimique:

Due à la présence de substances chimique dissoutes dans l'eau. Cette pollution est due essentiellement au déversement de polluants organiques et des sels de métaux lourd qui sont les plus menaçants rejetés souvent par les unités industrielles.

##### ❖ La pollution organique:

Cette forme de pollution peut considérer comme résultats de diverses activités (urbaines, industriels, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organique banale "protides, glucides, lipides", les détergents, les huiles et goudron.

##### ❖ La pollution microbienne:

Les eaux d'égout contiennent une multitude d'organismes vivants apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.

##### ❖ La pollution thermique:

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80°C.) Elle diminue jusqu'à (40 à 45°C) lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

❖ La pollution par hydrocarbures:

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires) (**Boumediene, 2013**).

### **I.6.3. Risques de la pollution par les eaux usées:**

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et l'environnement. Elle peut concerner les eaux superficielles ou souterraines, aussi il est risqué sur la santé publique.

#### **I.6.3.1 Risque sur l'environnement:**

- ✓ Diminution de la teneur en oxygène dissous.
- ✓ Présence de produits toxiques.
- ✓ Prolifération d'algues.
- ✓ Modification physique du milieu récepteur.
- ✓ Présence de bactéries ou virus dangereux (**Yahiaoui, 2015**).

#### **A- Effets sur le sol:**

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- La salinisation,
- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- L'accumulation de nutriments (**FAO, 2003**).

#### **B- Effets sur les eaux souterraines:**

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible par l'infiltration de ces dernières. (**FAO, 2003**)

#### **C- Effet sur les eaux superficielles:**

Les rejets directs des eaux non épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture (**Baumont et al 2004**).

#### **I.6.3.2 Risque sur la santé humaine:**

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils sont dangereux pour la santé



humaine. L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue par un risque pour la santé (OMS, 2005).

## I-7 Normes de rejet des eaux usées

### I-7-1 Normes de l'OMS

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans

Le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial. Elle propose des normes sanitaires depuis des décennies et elle est en passe de les modifier pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale et sont adaptées aux pays en voie de développement (Rotbardt, 2011).

**Tableau 2.** Normes de rejet des eaux usées (OMS)

Caractéristiques	Normes	Unités
PH	6,5-8,5	-
Température	<30	°C
DBO <sub>5</sub>	<30	mg/l
DCO	<90	mg/l
MES	<20	mg/l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<0,5	mg/l
NO <sub>2</sub>	1	mg/l
NO <sub>3</sub>	<1	mg/l
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<2	mg/l
Couleur	Incolore	-
Odeur	Inodore	-

### I-7-2 Normes européennes

Une directive européenne relative aux eaux urbaines résiduaires a été adoptée par le Conseil des Ministres de la Commission Economique Européenne le 21 mai 1991. Cette directive réglemente les niveaux des rejets des stations d'épuration des eaux usées urbaines (Tableau 3).

**Tableau 3.** Normes européenne de rejet des eaux usées

Paramètre	Normes	Unités
pH	5,5 <pH<9,5	-
Température	< 30 °C, un écart de 5°C est toléré	°C
DBO <sub>5</sub>	25	mg/l
DCO	125	mg/l
MES	35	mg/l
Azote	15 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 10 mg/l pour une charge brute de pollution > 6 000 kg/jour.	mg/l
Phosphore	2 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 1 mg/l pour une charge brute de pollution > 6000 kg/jour.	mg/l
Plomb	0,1	g/l
Hydrocarbures totaux	5	g/jour
Composées phénoliques	5	g/jour

### I-7-3 Normes algériennes

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire. Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la

République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides dans son chapitre I, article 2, fixe, en son annexe 1, les valeurs limites de ce rejet. Ces mêmes valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire ; le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3. Les valeurs limites maximales de rejet d'effluents fixées par ces deux décrets sont regroupées dans le tableau ci-dessous

**Tableau 4.** Normes algérienne de rejet des eaux usées (JORAD, 2006)

PARAMETRES	VALEURS LIMITES	UNITES
pH	6,5 à 8,5	-
MES	30	mg /l
DBO <sub>5</sub>	40	mg/l
DCO	120	mg/l
Azote kjeldahl	40	mg/l
Phosphates	02	mg/l
Phosphore total	10	mg/l
Cyanures	0,1	mg/l
Aluminium	05	mg/l
Cadmium	0.2	mg/l
Fer	05	mg/l
Manganèse	01	mg/l
Mercure total	0.001	mg/l
Nickel total	05	mg/l
Plomb total	01	mg/l
Cuivre total	03	mg/l
Zinc total	05	mg/l
Huiles et Grasses	20	mg/l
Hydrocarbures totaux	20	mg /l
Indice phénols	0,3	mg/l
Fluor et composés	15	mg/l
Etain total	02	mg/l
Composés organiques chlorés	05	mg/l
Chrome total	0,5	mg/l

(*)Chrome III+	03	mg/1
(*)Chrome VI+	0.1	mg/1
(*)Solvants organiques	20	mg/1
(*)Chlore actif	1,0	mg/1
(*)PCB	0,001	mg/1
(*)Détergents	2	mg/1
(*)Tensioactifs anioniques	10	mg/1

### I-8- Réutilisation des eaux usées épurées

L'utilisation des eaux usées en agriculture est une pratique très ancienne et assez répandue dans le monde entier (**Arnold et Stevan, 1977**). Elle est apparue avec l'installation d'égouts dans les agglomérations urbaines et s'est développée au cours des dernières décennies, en particulier dans les régions arides et semi arides. Ce développement s'explique principalement par le manque d'eau fraîche et par le besoin d'accroître la production agricole. Plus de 20 millions d'hectares dans 50 pays sont actuellement irrigués avec des eaux usées épurées ou brutes (**Faruqui, 2003**).

Parmi les pays leaders dans la réutilisation, on peut citer le Japon, les Etats-Unis, la Chine, le Mexique, l'Australie, l'Afrique de Sud. L'Espagne et l'île de Chypre sont les plus actifs en Europe, suivis à un rythme plus modeste par la Grèce, la France et l'Italie. La Tunisie est le premier pays de l'Ouest Méditerranéen à avoir adopté des réglementations en 1989 pour la réutilisation de l'eau puis différents pays ont suivis cette politique tels que le Maroc, la Jordanie, l'Egypte et l'Algérie (**Bahri, 1987**)

Le volume d'eaux usées réutilisées a connu un accroissement très rapide de l'ordre de 10 à 29% par an en Europe, aux États Unis et en Chine, par contre, il est de l'ordre de 41 % en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5 à 1,7 millions de m<sup>3</sup> par jour dans plusieurs pays, comme en Californie, en Floride, au Mexique et en Chine (**Lazarova et Brissaud, 2007**).

En Algérie, les ressources en eau sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau au même titre que les eaux superficielles et souterraines. Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 750 millions de m<sup>3</sup> et dépassera 1,5 milliards de m<sup>3</sup> à l'horizon 2020. Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des

ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation et d'installation de stations d'épuration. Le nombre total des stations d'épuration exploitées est de 102 (52 STEP et 50 lagunes). Par contre, le nombre projeté est de 176 (87 STEP et 89 lagunes). La capacité totale installée après l'achèvement de ce programme est de 925 millions de m<sup>3</sup>/an, c'est-à-dire l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité (**Kessira, 2013**).

La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle (MRE, 2012). Parmi les stations d'épuration exploitées par l'ONA (Office nationale d'assainissement) à travers les 43 wilayas, quelques-unes sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture (**Kessira, 2013**).

### **I-9 Conclusion**

Les eaux usées sont généralement formées du sous-produit d'une utilisation humaine, soit domestique, industrielle ou agricole d'où l'usage de l'expression eaux usées. Ces dernières, se caractérisent par des matières polluantes telle la pollution particulaire qui limite la vie des organismes photosynthétiques et entraîne des dépôts et l'envasement du cours d'eau. La matière organique dans les eaux usées diminue la teneur en oxygène dissous et conduit à une modification et parfois à une disparition de la faune existante. Les nuisances de la pollution azotée et phosphorée sont nombreuses et variées comme l'eutrophisation du milieu récepteur. Dans un souci de protéger les milieux récepteurs, des traitements sont réalisés sur ces effluents collectés par le réseau d'assainissement urbain.

*Chapitre II*  
*Procédés d'épuration des*  
*eaux usées*

## II-1 Introduction

Les eaux usées sont chargées des matières minérales ou organiques, pouvant être en solution ou en suspension, et dont certaines sont toxiques, alors pour éviter toute pollution on doit les épurer avant leur évacuation.

L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante que pour protéger le moins possible le milieu récepteur. Les procédés d'épuration des eaux usées sont nombreux et très différents l'un par rapport à l'autre, ce chapitre vise essentiellement à donner un aperçu sur les divers procédés d'épuration des eaux usées. Le principe de fonctionnement, les avantages et les inconvénients de chaque procédé sont également illustrés.

## II-2 Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées :

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Des exigences du milieu récepteur.
- Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.).
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- De la disponibilité du site.
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien (**Bekkouche et Zidane, 2004**).

## II-3. Etapes d'épuration des eaux usées:

Les eaux usées peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des processus physiques, chimiques et biologiques. D'une façon générale, une station d'épuration des eaux usées comprend les étapes suivantes:

- Prétraitements;
- Traitements primaire;
- Traitements secondaire;
- Traitements tertiaires ou de finition.

### II-3.1 Prétraitement

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs. Selon la nature des eaux à traiter et la conception des installations, le prétraitement peut comprendre les opérations suivantes :

- Dégrillage : principalement pour les déchets volumineux;
- Dessablage : pour les sables et graviers;
- Dégraissage-déshuilage ou d'écumage-flottation: pour les huiles et les graisses.

#### II-3-1.1 Dégrillage

À l'arrivée de la station d'épuration, les eaux résiduaires brutes doivent subir un dégrillage (parfois un tamisage), permettant de séparer et d'évacuer les matières volumineuses (bois, plastiques, papiers, bouteilles, feuilles) qui sont susceptibles de provoquer des dégâts aux conduites et machines des différentes unités de l'installation et qui pourraient aussi nuire à l'efficacité des traitements postérieurs. L'efficacité d'un dégrillage ou tamisage est essentiellement dépendante de l'espace entre les barreaux, on constate (**Cemagref, 2000**) :

- Pré dégrillage : pour grille à barreaux espacés de 30 à 100 mm.
- Dégrillage moyen : pour grille à barreaux espacés de 10 à 25 mm.
- Dégrillage fin : pour grille à barreaux espacés de 3 à 10 mm.
- Tamisage : pour tamis à orifices de 0.3 à 5 mm.



**Figure 1 : Dégrilleur**



### II-3-1.2 Dessablage

Le dessablage est un procédé destiné à l'élimination des sables présents dans l'effluent brute. Cette étape est indispensable pour protéger les conduites et les pompes contre l'érosion et le colmatage.

Le dessablage s'effectue sur des particules de dimensions supérieures à 200 mm, la vitesse de sédimentation se calcule par la loi de Stokes (chute libre). La section du Déssableur est calculée de manière à ce que la vitesse de l'eau ne descende pas au-dessous de 0.30 à 0.20 m/s, et à éviter ainsi que les matières organiques se déposent en même temps que les sables. Les différents types des déssableurs sont (Gaïd, 2007) :

- Les déssableurs couloirs, dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante.
- Les déssableurs circulaires, à alimentation tangentielle, à brassage mécanique ou à insufflation d'air.
- Les déssableurs rectangulaires à insufflation d'air. L'insufflation de l'air provoque une rotation du liquide et crée une vitesse constante de balayage du fond, perpendiculaire à la vitesse du transit.

Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage vers un poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant.



Figure 2 : Déssableur

### II-3-1.3 Déshuilage/Dégraissage

Consiste à enlever les matières flottantes en surface. L'injection de bulles aide à séparer les matières grasses de l'eau. On parle de déshuilage pour une séparation liquide – liquide et de dégraissage pour une séparation solide – liquide. Les matières ainsi recueillies seront

incinérées ou mises en décharge, elles auraient nuit au traitement biologique. Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter parmi lesquels (Boumediene, 2013) :

- Dégraisseur-déshuileur aéré : Ce type d'ouvrage comprend une zone aérée (avec insufflation par le bas) suivi d'un compartiment de sédimentation latéral.
- Déshuileur longitudinal : C'est un bassin de forme rectangulaire équipé de racleur de surface et de fond.

Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage qui met en œuvre les principes de fonctionnement cités précédemment.

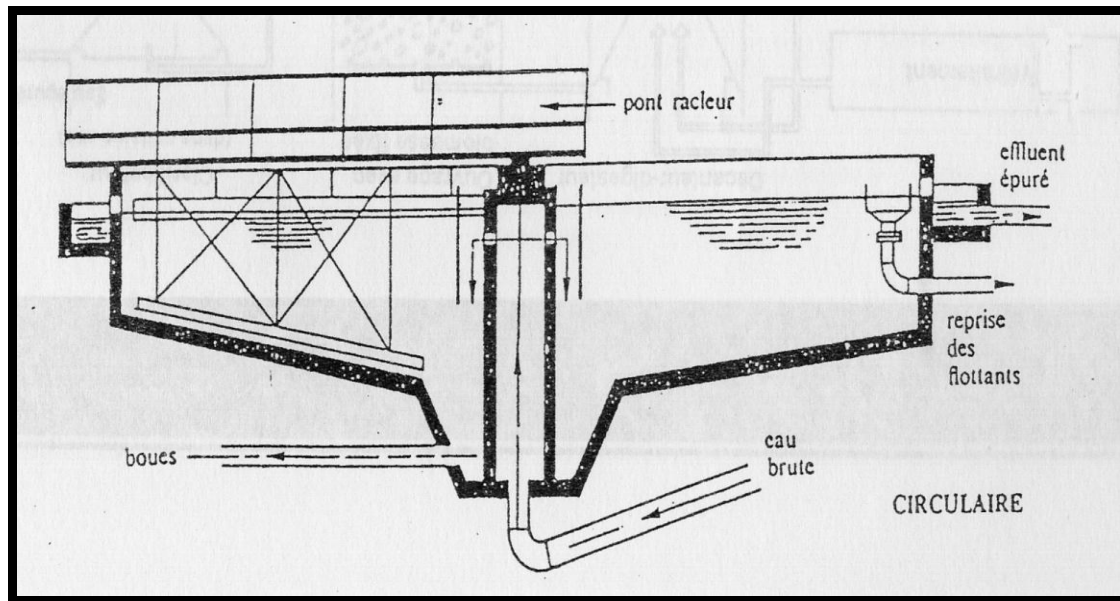


**Figure 3 : Dégraissage-déshuilage**

### II-3-2 Traitement primaire

Le traitement primaire consiste en une simple décantation. La décantation permet la séparation des liquides et des solides sous l'action de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond des bassins et sont récupérées par raclage.

Pour les eaux usées qui sont d'origine domestique, on attend de la décantation primaire qu'elle diminue de 30 à 35 % de la DBO5 avec une réduction faible de l'azote, du phosphore, des métaux et des germes pathogènes (10 à 30 %) et 40 à 60 % environ des matières en suspension (Degrémont, 1978).



**Figure 4** : Schéma de principe d'un décanteur primaire

#### II-3-4 Traitement secondaire (Biologique)

Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées (**Desjardins, 1997**).

Les traitements secondaires agissent donc sur la pollution organique biodégradable par des procédés biologiques. On constate trois grandes catégories :

- Les procédés biologiques intensifs à cultures fixées. Cas des lits bactériens.
- Les procédés biologiques intensifs à boues activées : les bactéries sont en suspension dans l'eau des bassins.
- Les procédés biologiques extensifs. Cas du lagunage : c'est un procédé qui consiste en un lent écoulement de l'eau dans un ou plusieurs réservoirs peu profonds, où prolifèrent naturellement des bactéries, algues et autres organismes vivants. Dans le lagunage, les bactéries sont libres. L'apport d'oxygène peut être naturel dans les installations de lagunage naturel, ou artificiel (turbine ou diffusion de microbulles) dans les stations d'épuration de type aéré.

##### II-3-4-1 Lits bactériens

L'utilisation des lits bactériens en traitement des eaux usées est très ancienne, les premiers systèmes étant apparus en Grande-Bretagne il y a plus d'un siècle, le procédé a fait l'objet de nombreuses adaptations technologiques (**Alexandre et Al., 1997**).

Ce traitement est basé sur le principe d'infiltration à travers le sol. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur dans laquelle se trouve un matériau poreux qui peut être traditionnel (pouzzolanes, coke métallurgiques, cailloux siliceux concassés ...) ou plastiques.

Les eaux à traiter ruissellent à la surface de la pellicule biologique qui prolifère sur le support, celles-ci renferment une forte concentration de bactéries et de champignons. Ces organismes absorbent et métabolisent la matière organique de l'effluent, s'appauvrissent progressivement au cours de son trajet (Rodier, 1996). Pour apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies de la microflore dans toute la masse du lit, on pratique une aération par tirage naturel ou par ventilation forcée (Degremont, 1989).

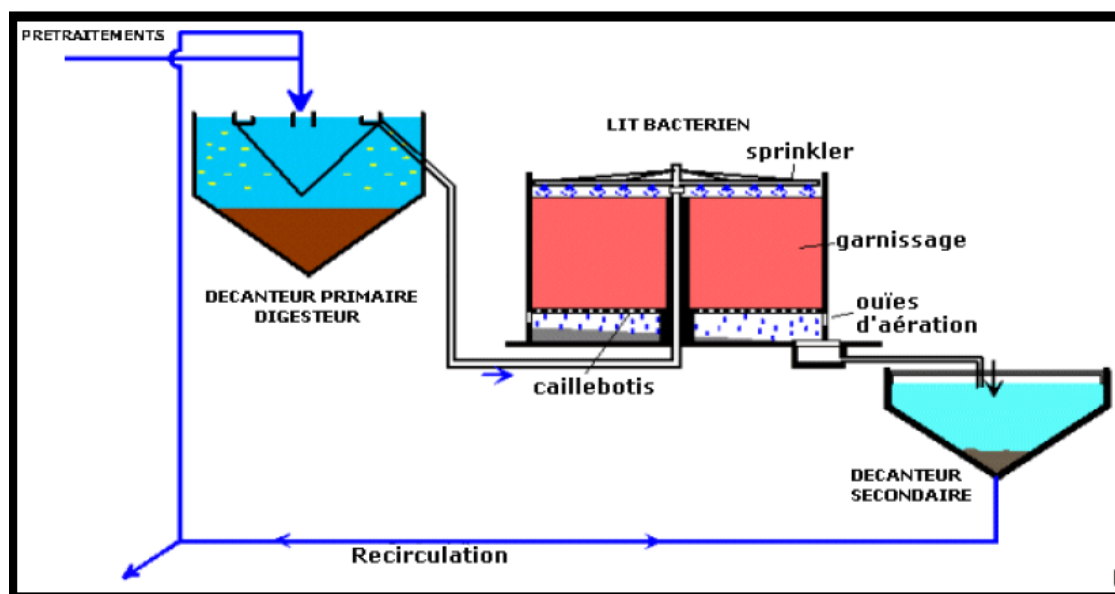


Figure 5: Traitement biologique par lit bactérien (Perera et Baudot, 1991)

- **Les avantages de traitement biologique par lits bactériens :**

- Un bon rendement est atteint avec un choix convenable du matériau et des dimensions des pores (augmentation de la surface spécifique).
- Les lits bactériens sont aussi performants dans le cas d'effluents urbains ou dans le cas de certaines industries spécifiques (parfumeries, agro-alimentaires)
- Conviennent également pour de très faibles volumes des eaux résiduaires, ils sont moins sensibles aux fluctuations de composition des eaux résiduaires
- L'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple

• **Les inconvénients de traitement biologique par lits bactériens :**

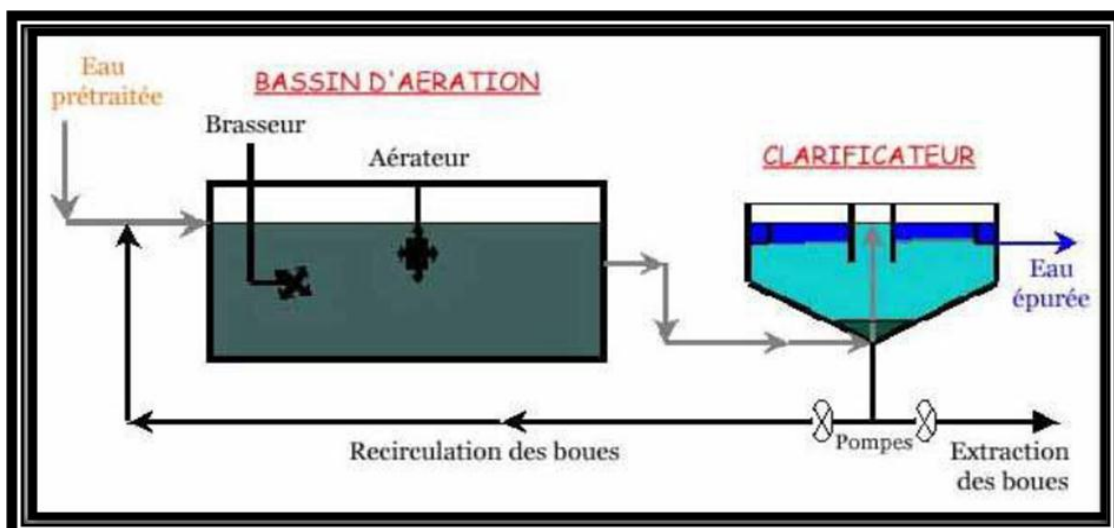
- Les traitements préalables doivent être performant (traitement primaire), faute de quoi, un encrassement progressif apparaît qui contraint à vider, laver et remettre en place le matériau du lit.
- Les fréquentes odeurs enregistrées au changement de saisons, une sensibilité au froid et un investissement coûteux.

**II-3- 4 -3 -2 Boues activées**

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Les boues activées constituent la référence des traitements biologiques aérobies en cultures libres.

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Le procédé à boues activées consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation).

Afin d'éviter la décantation des floccs dans ce bassin, un brassage vigoureux est nécessaire. La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante. Le bassin d'activation peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières décantables et suivi d'un clarificateur pour la séparation de l'effluent épuré et des boues, une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur pour le réensemencement permanent ou réinjectée en tête de station, l'autre en excès, est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé (Boeglin, 1998).



**Figure 6 :** Traitement biologique par boues activées



- **Les avantages de traitement biologique par boues activées :**
  - Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO<sub>5</sub>, azote par nitrification et dénitrification).
  - Adapté pour toute taille de collectivité à l'exception de très petites collectivités
  - Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles
  - Boues légèrement stabilisées
- **Les inconvénients de traitement biologique par boues activées :**
  - Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser
  - Consommation énergétique importante
  - Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière
  - Sensibilités aux surcharges hydrauliques

### **II-3- 4 -2 Lagunage**

Le procédé d'épuration des eaux usées par lagunage a été créé aux Etats-Unis en 1901. Dès 1920 le lagunage s'est développé aux USA, Canada, Suède et France.

Le lagunage est un procédé de traitement biologique, en cultures libres. Les procédés par lagunage sont les méthodes de traitement les plus communes lorsque on dispose de grandes surfaces de terrain, et lorsqu'on ne désire pas assurer en permanence une haute qualité de l'effluent.

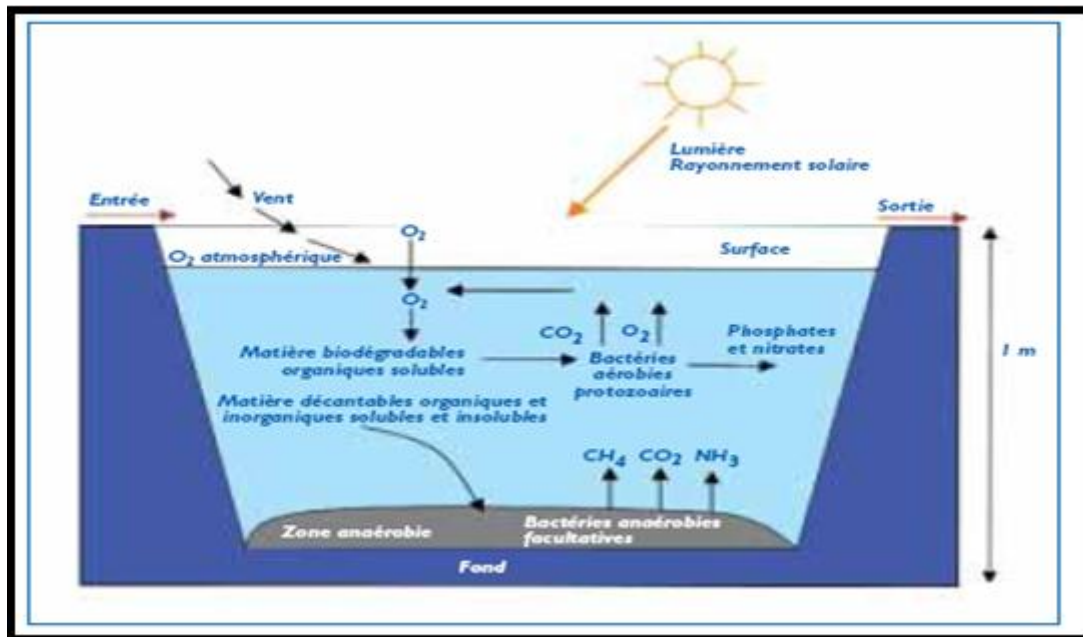
Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur. Il y a plusieurs types de lagunage parmi lesquels on distingue :

#### **II-3-4-2-1 Lagunage naturel (aérobie).**

Le lagunage naturel est un procédé rustique de traitement des eaux usées domestiques. Les effluents sont dirigés dans des bassins étanches, à l'air libre (Gaïd, 2007). Dans un premier bassin, des bactéries interviennent pour éliminer les déchets (la matière organique) et les transformer en sels minéraux et en gaz. Par la suite, dans un deuxième bassin, ces produits sont récupérés par les plantes pour permettre leur développement. Les micro-algues (phytoplancton) seront consommées dans les derniers bassins par le zooplancton (animaux microscopiques). L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues.

L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux

(Alexandre et al, 1997). A la fin de cette étape (80 jours environ après l'entrée dans le premier bassin), les eaux sont aptes à être rejetées dans le milieu naturel.



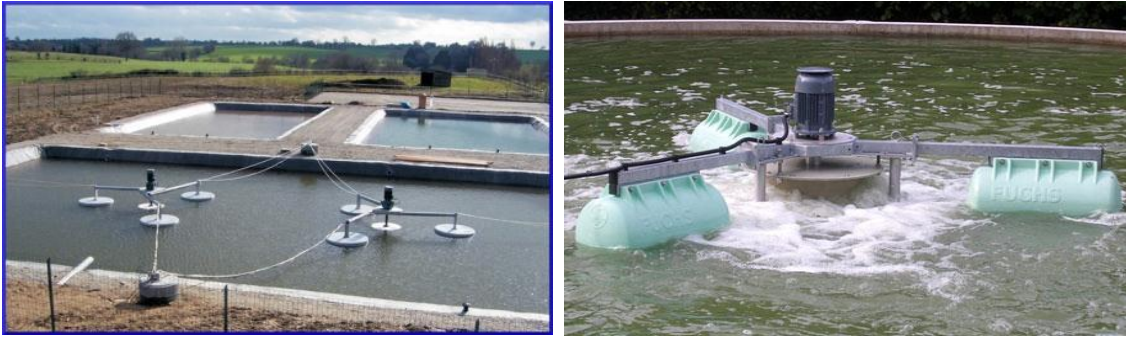
**Figure 7 :** Mécanisme de l'épuration par lagunage naturel

- **Les avantages du lagunage naturel :**
  - Excellente élimination de la pollution microbiologique.
  - Faibles coûts d'investissement et de fonctionnement.
  - Aucune source d'énergie.
  - Bonne élimination de l'azote (70 %) et du phosphore (60 %).
- **Les inconvénients du lagunage naturel :**
  - Difficultés d'extraction des boues.
  - Surface nécessaire très importante.
  - Rendement faible au climat froid.

#### II-3-4-2-2 lagunage aéré.

Le lagunage aéré est un procédé de traitement biologique principalement aérobie, en cultures libres qui se différencie des boues activées par l'absence de recirculation de la culture bactérienne séparée par décantation avant rejet des eaux traitées. (Alexandre et Al, 1997).

L'oxygénation dans le cas du lagunage aéré est apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. On réduit les volumes nécessaires mais on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel (Dhaouadi, 2008).



**Figure 8 :** Lagunage aéré

- **Les avantages du lagunage aéré**
  - Traitement conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables.
  - Tolérant aux variations de charges hydrauliques et/ou organiques importantes
  - Bonne intégration paysagère
  - Boues stabilisées.
- **Les inconvénients du lagunage aéré**
  - Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres.
  - Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé
  - Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération.
  - Forte consommation énergétique.

#### **II-3-4-2-3 Le lagunage anaérobie.**

Il n'est applicable que sur des effluents très concentrés et, le plus souvent comme prétraitement avant un étage aérobie. Les temps de séjour sont souvent supérieurs à 50 jours. La profondeur du bassin doit être de l'ordre de 2.5 à 5 m. L'eau n'est ni aérée ni agitée ni chauffée. La dégradation anaérobie produit du CO<sub>2</sub> et du méthane. La couverture de ces lagunes et le traitement des gaz produits sont nécessaires vu les risques de nuisances élevés (odeurs).



**Figure 9 :** Lagunage anaérobie



### II-3-5- Décantation secondaire (clarification)

La décantation secondaire permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux (clarificateurs). L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel. Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont pour partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en micro-organismes épuratoires et, pour partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des boues (**Boumediene, 2013**).

### II-4- Traitement des boues

La boue qui résulte de la station d'épuration est composée essentiellement de bactéries mortes, de matières organiques, de matières minérales et d'eau. Elles ont pour caractère commun d'être liquide, fermentescibles et contiennent des microorganismes qui peuvent être pathogènes. On distingue différents types de boues selon le traitement appliqué pour épurer l'eau (les boues primaires et les boues biologiques appelées boues secondaires).

Avant d'être acheminées pour être éliminées, les boues vont subir différents traitements en vue de réduire leur pouvoir fermentescible ainsi que leur volume.

#### II-4-1 Réduction du pouvoir fermentescible ou stabilisation

Les boues en sortie de station d'épuration sont très riches en matières organiques et en germes pathogènes. Les procédés de stabilisation assurent un abattement maximum (45%) du taux de matière organique et produisent ainsi une boue dite « stable ». Les principales techniques qui permettent de diminuer ces paramètres sont la stabilisation biologique (aérobie et anaérobie) ainsi que la stabilisation chimique (adjonction de la chaux).

**La stabilisation aérobie :** la stabilisation aérobie consiste à mettre les boues dans des bassins d'aération dits bassins de stabilisation aérobie.

**La stabilisation anaérobie.** La digestion anaérobie est une fermentation en l'absence d'oxygène qui permet de stabiliser les matières en transformant le plus complètement possible en gaz méthane ( $\text{CH}_4$ ) et gaz carbonique (**Degrémont, 1978**).

**La stabilisation chimique.** Elle a pour but de réduire le pouvoir fermentescible par l'adjonction d'agents chimiques. Cet apport de réactifs ne modifie pas la quantité de matières organiques biodégradables, mais agit essentiellement par action bactéricide. Cette opération s'effectue par l'utilisation de la chaux du fait de son alcalinité et de son coût réduit (**Degrémont, 1978**).

### II-4-2 La réduction du volume

L'**épaississement** est généralement la première étape du traitement des boues. Il s'agit d'un procédé simple, consommant peu d'énergie. Il sert principalement à réduire le volume des boues brutes et constitue une étape préalable aux traitements suivants. Le taux de siccité obtenu peut atteindre jusqu'à 10% de matière sèche. Quelle que soit la technique utilisée, l'eau récupérée doit être recyclée en tête de station.

**La déshydratation** constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, afin d'obtenir une siccité plus poussée (en moyenne comprise entre 20 et 30% selon la nature des boues) ; elle conditionne le choix de la filière de valorisation ou d'élimination finale.

**Le séchage** est une opération unitaire du traitement des boues consistant à évaporer l'eau dans les boues traitées. Le séchage thermique vient obligatoirement après une étape de déshydratation, mais la technique du lit de séchage ne nécessite pas de déshydratation préalable

### II-5 Traitements tertiaires

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie. Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau. Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige. On y distingue généralement les opérations de dénitrification et déphosphatation ainsi que la désinfection.

#### II-5-1 La dénitrification

La dénitrification consiste à éliminer les nitrates présents dans l'eau. L'élimination a lieu par la transformation des nitrates en gaz inerte. La dénitrification aura lieu par l'intermédiaire d'organisme vivant qui ont besoin d'oxygène pour leur propre respiration. La thiobacillus denitrificans est une bactérie qui utilise l'oxygène des nitrates et réduit ces derniers en azote gazeux. Ce processus a donc lieu lorsque la bactérie se trouve en présence de nitrates dans un milieu pauvre en oxygène. Plus le milieu est pauvre en oxygène, plus les bactéries vont trouver l'oxygène qui leur manque dans les nitrates.

#### II-5-2 La désinfection

Pour les zones sensibles, il est primordial de rejeter une eau épurée ne contenant pas de concentration élevée en éléments pathogènes. C'est pourquoi la désinfection est parfois

réalisée. Cette opération peut s'effectuer par différentes méthodes, notamment la chloration, les rayons ultraviolets et l'ozonation.

### ***La Chloration***

La méthode la plus ancienne de désinfection est l'utilisation de chlore. Le chlore est injecté directement dans les eaux usées. Il peut être utilisé sous forme de chlore gazeux, hypochlorite de sodium et bioxyde de chlore. Cet oxydant très puissant permet l'élimination de la plupart des microorganismes pathogènes même à faible dose. En effet, il endommage les membranes des cellules. C'est une technique très facile à mettre en place et peu coûteuse. Toutefois, la désinfection des eaux usées par chloration peut avoir un impact négatif sur la faune et flore aquatique (toxicité du chlore résiduel). De plus, les réactions entre le chlore et les matières organiques restantes dans les eaux peuvent former des sous-produits organochlorés, parfois cancérigène.

### ***Les Rayons Ultraviolets***

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement aux flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes (**Metahri , 2012**).

Le principe d'action des UV repose sur le fait que les rayons ultraviolets sont des ondes électromagnétiques qui correspondent à une gamme de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm. L'absorption de ces rayons par les micro-organismes provoque une modification de leur ADN qui bloque toute répllication du matériel génétique et engendre leur mort (**Gäid, 2007**).

### ***L'ozonation***

L'ozone est un procédé de désinfection utilisé et il est très efficace dans l'élimination des micro-organismes. L'ozone offre un large spectre d'action. Il est efficace aussi bien contre les virus que les bactéries et agit avec un temps de contact de courte durée (10 min) mais il nécessite pour son exploitation du personnel qualifié. (**Gäid ,2007**).

## **II-7-3 Déphosphatation**

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme sulfate d'alumine, chlorure ferrique, sulfate ferreux, chlorure ferreux, aluminat de sodium, chlorure d'aluminium pré polymérisé, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement,

éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes et de rendement variable. Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique.

## **II-6- Conclusion**

A partir d'une eau usée et grâce aux procédés de l'épuration, il est possible d'obtenir toute une gamme des eaux de qualités différentes. Il y a plusieurs procédés de traitements des eaux usées qui sont très différents au principe de fonctionnement, mais tout fait le même objectif de protéger le milieu récepteur par réduire les concentrations de toutes les charges polluantes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux.

*Chapitre III*  
*Présentation des stations*  
*d'épuration d'el oued*

## I-1. Introduction

La région d'El Oued est située dans le Sahara algérien. Elle forme une wilaya depuis la division administrative de 1984. Elle occupe une superficie de 44, 586,8 km<sup>2</sup>. Le nombre de population étant de 750,840 habitants selon les statistiques de 2013.

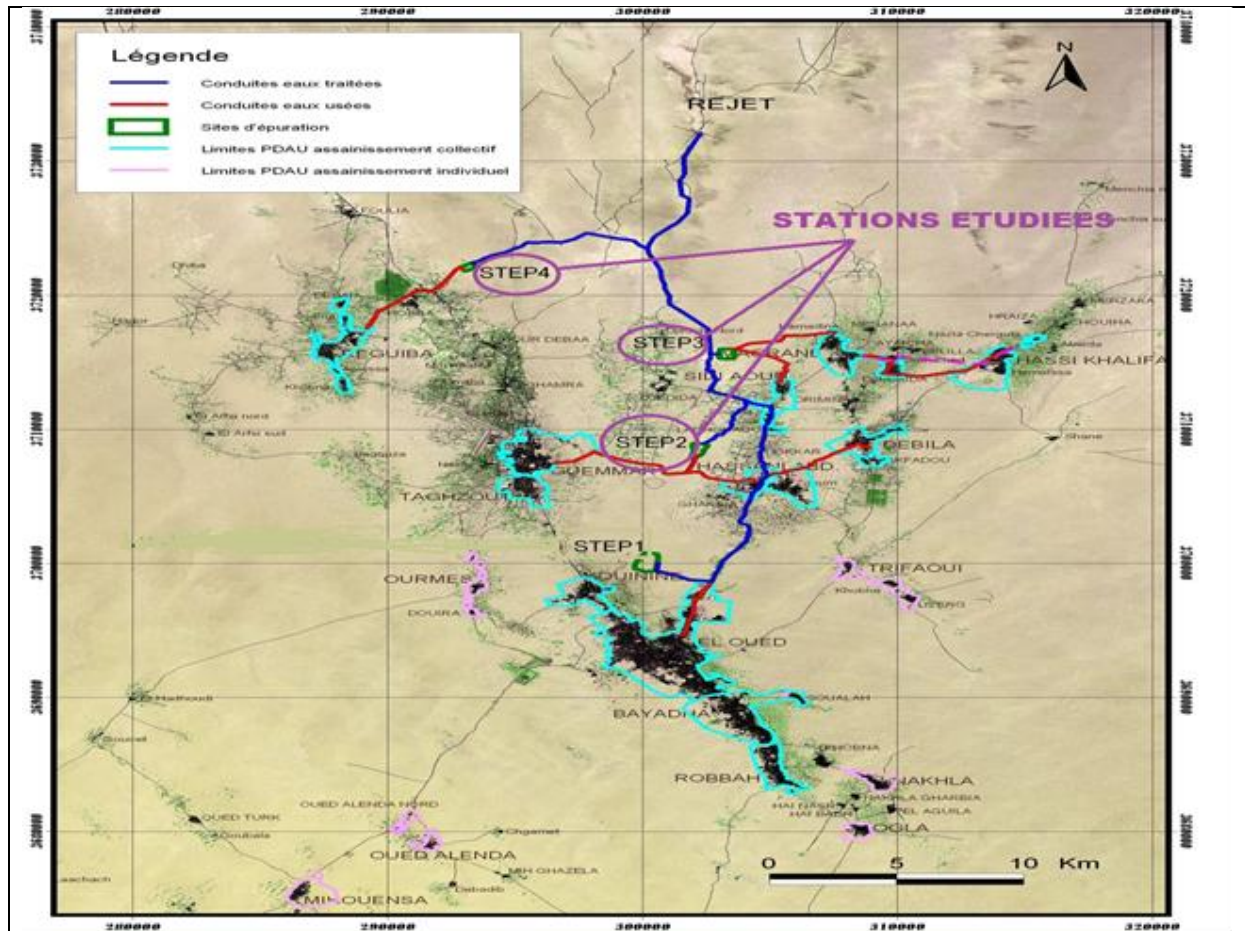
L'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation de la région d'Oued Souf a pour but d'assurer la collecte et le transit de l'ensemble des eaux usées et de procéder à leur traitement avant leurs rejets dans le milieu naturel. Le schéma d'assainissement est constitué de différents ouvrages permettant la collecte des eaux usées par groupes de localités voisines, dans des stations d'épuration par lagunage. Actuellement, le nombre de stations réalisées est quatre (04) et notre étude porte sur trois stations : il s'agit des STEP 02, 03 et 04 en vue la disponibilité des données.

## I-2. Epuration des eaux usées dans la région d'El Oued

Le réseau d'assainissement de la région d'El Oued est constitué par différents ouvrages permettant la collecte des eaux usées par groupes de localités limitrophes dans des stations d'épuration (Figure10):

- I- Groupe 1: ROBBAH, BAYADA, El Oued et KOUININE. (STEP 1).
- II- Groupe 2: TAGHZOUT, GUEMMAR, Hassani Abdelkrim et DEBILA. (STEP 2).
- III- Groupe 2: Sidi Aoun, MAGRANE ET HASSI Khalifa. (STEP 3).
- IV- Groupe 2: REGUIBA. (STEP 4).

Quatre stations d'épuration ont été réalisées par les sociétés TEIXEIRA DUARTE (Portugal) et Efacec (Portugal) pour le compte de l'ONA. Le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunages aérés. Cette filière d'épuration est adoptée grâce aux espaces nécessaires disponibles dans la vallée et de même aux coûts d'investissement et de fonctionnement inférieurs aux autres procédés. Ainsi, le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunes aérées. A la fin de l'épuration, l'eau traitée est renvoyée vers le collecteur principal pour être rejetée à 70 Km au Nord de la vallée d'El Oued.



**Figure10** : Situation générale des ouvrages d'assainissement (ONA, 2018)

### I-3. Présentation des stations étudiées

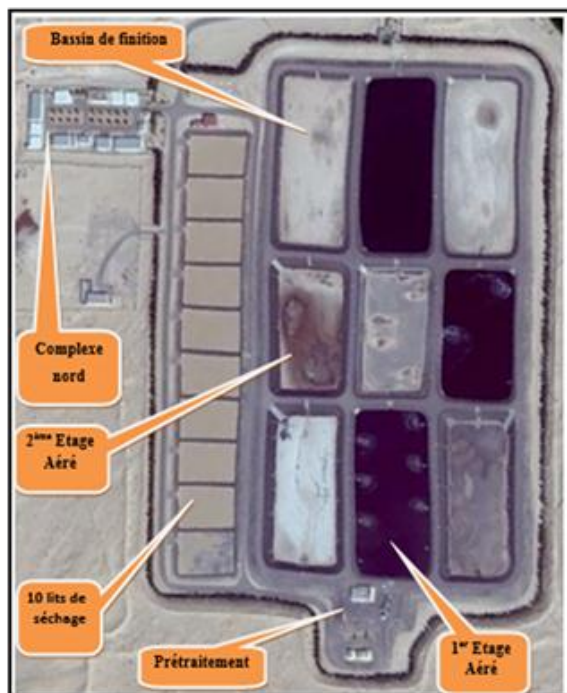
Notre étude porte sur trois stations et il s'agit des STEP 02, 03 et 04 puisque la première station Kouinine ont été étudiés par d'autres étudiants.

Le processus de traitement dans les trois stations d'épuration des eaux usées se base sur des lagunes aérées, et comprend les étapes principales ci-après (Figure11) :

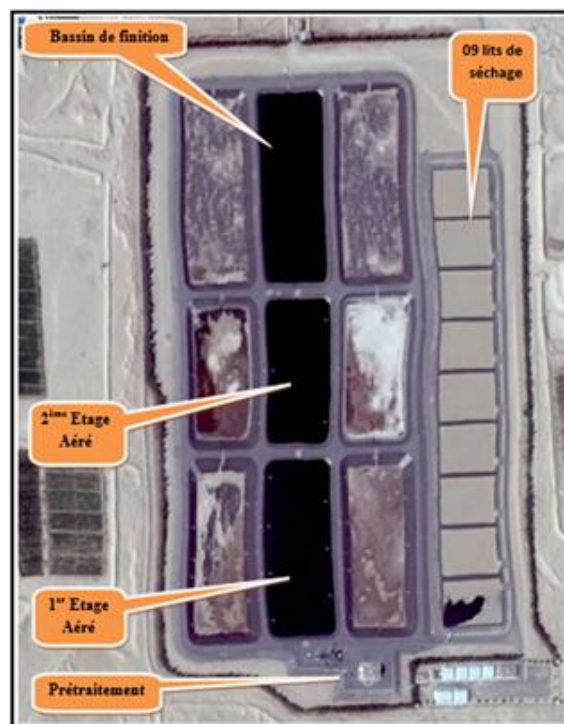
- ❖ Prétraitement avec dégrilleur et désableur longitudinal ;
- ❖ Bassin d'activation primaire (3 lagunages aérés parallèles à (STEP 02 et STEP 03) mais STEP04 ; 2 lagunages aérés parallèles) ;
- ❖ Bassin d'activation secondaire (3 lagunages aérés parallèles à (STEP 02 et STEP 03) et STEP04 ; 2 lagunages aérés parallèles)
- ❖ Lagune de traitement de finition (3 lagunages de poste à (STEP 02 et STEP 03) et 2lagunages de poste à STEP04- traitement parallèles) ;
- ❖ Traitement des boues (10 lits de séchage des boues à (STEP 02), 09 lits de séchage des boues à (STEP 03) et 06 lits de séchage des boues à (STEP 04)).



### STEP 02



### STEP 03



### STEP 04



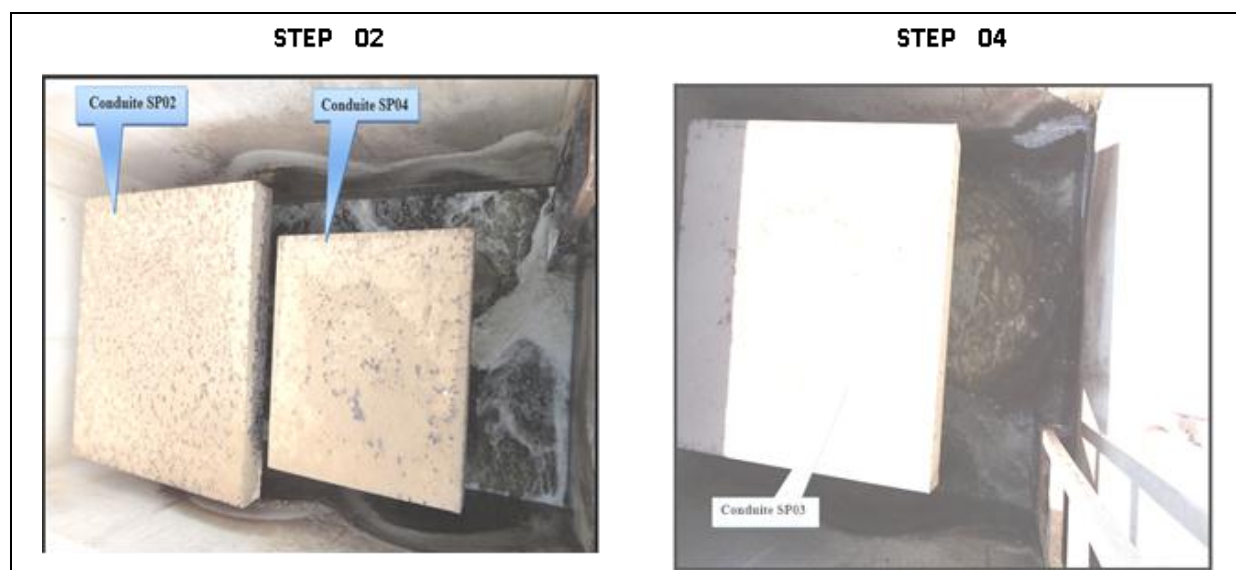
Figure 11 : Plan générale de la station d'épuration.



La STEP 02 Hassani A/K est conçue pour desservir les communes de : HASSANI ABD /KIRIM, DEBILA, GUEMMAR, TAGHZOUT. La population totale des communes est d'environ 79620 EH. La pleine capacité de cette station sera atteinte en 2030. Quant à la STEP 03 Sidi Aoun, elle est conçue pour desservir les communes de SIDI AOUN, MAGRANE et HASSI KHALIFA. La population totale de ces communes est d'environ 72286 EH et la pleine capacité de la station sera atteinte en 2030. Par ailleurs, la STEP 04 Reguiba est conçue pour desservir uniquement la commune de Reguiba. La population totale de cette commune est d'environ 28451 EH. La pleine capacité de la station d'épuration sera atteinte en 2030 (**Réunion Cadres Algérie, 2011**).

Les eaux usées arrivant aux STEP sont refoulées par l'intermédiaire de 02 stations de refoulement pour la STEP 02 Hassani A/K et la STEP 03 Sidi Aoun et par une seule station pour ce qui est des eaux de la STEP 04 Reguiba. Toutes les eaux refoulées débouchent dans des regards de dégazage (Figure 12). Cette opération permet d'évacuer le H<sub>2</sub>S (sulfure d'hydrogène) qui pourrait se former dans les conduites de refoulement.

Notons que les débits maxima pris en charge par les STEP 02, 03 ET 04 sont respectivement de 14332 m<sup>3</sup>/j et de 13011 m<sup>3</sup>/j et 5151 m<sup>3</sup>/j.



**Figure12:** Regards de dégazage.

Le tableau 05 montre la charge de pollution prise en considération pour le dimensionnement des différentes stations ainsi que la qualité exigée des eaux usées traitées.

Tableau 5: Paramètres de pollution pour le dimensionnement des stations

<b>STEP 02</b>				
<b>Paramètres</b>	<b>A l'entrée</b>	<b>Concentration</b>	<b>A la sortie</b>	<b>Concentration</b>
DBO <sub>5</sub>	3583 Kg/j	250 mg O <sub>2</sub> /l	573.28 Kg/j	40 mg O <sub>2</sub> /l
DCO	7166 Kg/j	500 mg O <sub>2</sub> /l	1791.5 Kg/j	125 mg O <sub>2</sub> /l
Matière en suspension (MES)	5173.852 Kg/j	361 mg/l	573.28 Kg/j	40 mg/l
<b>STEP 03</b>				
<b>Paramètres</b>	<b>A l'entrée</b>	<b>Concentration</b>	<b>A la sortie</b>	<b>Concentration</b>
DBO <sub>5</sub>	3252.75 Kg/j	250 mg O <sub>2</sub> /l	520.44 Kg/j	40 mg O <sub>2</sub> /l
DCO	6505.5 Kg/j	500 mg O <sub>2</sub> /l	1626.375 Kg/j	125 mg O <sub>2</sub> /l
Matière en suspension (MES)	4696.971 Kg/j	361 mg/l	520.44 Kg/j	40 mg/l
<b>STEP 04</b>				
<b>Paramètres</b>	<b>A l'entrée</b>	<b>Concentration</b>	<b>A la sortie</b>	<b>Concentration</b>
DBO <sub>5</sub>	1287.75 Kg/j	250 mg O <sub>2</sub> /l	206.04 Kg/j	40 mg O <sub>2</sub> /l
DCO	2575.5 Kg/j	500 mg O <sub>2</sub> /l	643.875 Kg/j	125 mg O <sub>2</sub> /l
Matière en suspension (MES)	1859.511 Kg/j	361 mg/l	206.04 Kg/j	40 mg/l

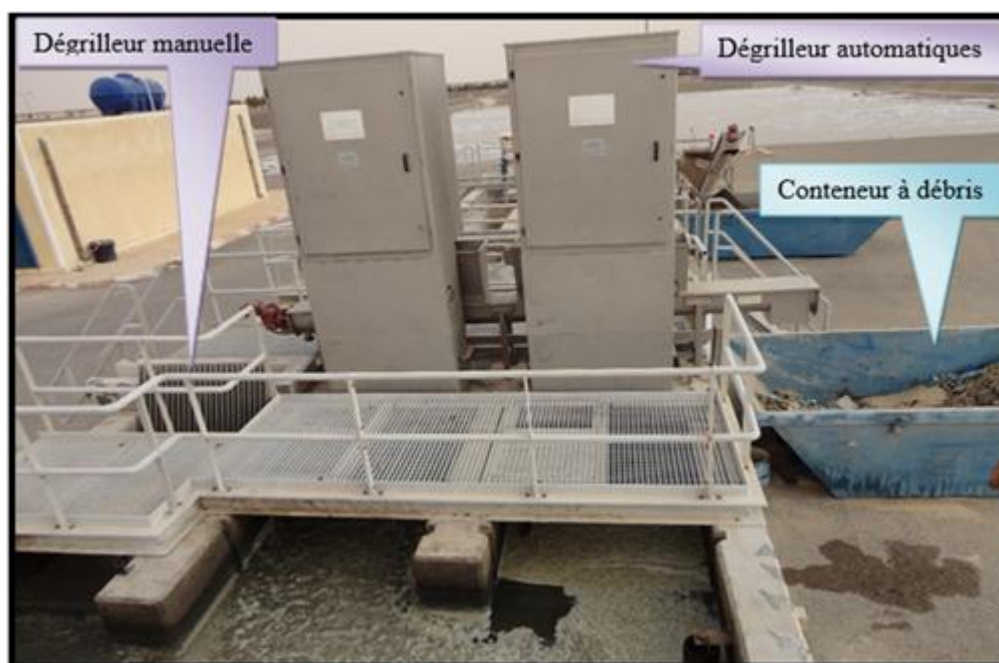
#### I-4. Les différentes étapes de traitement

##### I-4-1 Prétraitement

Pour chaque station d'étude, les eaux usées sont acheminées du regard de dégazage vers l'ouvrage de prétraitement. Celui-ci est un ouvrage construit en béton armé et est constitué d'une étape de dégrillage et d'une étape de dessablage.

## 1. Dégrillage

Ouvrage construit en béton, avec trois chambres ; deux chambres des dégrilleurs automatiques et une chambre du dégrilleur manuel disposés en parallèle (Figure13). Les barreaux du dégrilleur automatique sont placés verticalement avec un angle de  $90^\circ$  et l'espacement inter barreaux varie entre 20 et 30 mm et la vitesse à la traversée du dégrilleur est inférieure à 1m/s. les grilles sont nettoyés par un système à racleur motorisé dont l'action automatisée est déclenchée par un capteur de niveau d'eau en amont et en aval sur la grille. Une fois que les débris ont été recueillis et soulevés par le racleur, ils sont chargés dans une cuve horizontale, au moyen d'un transporteur à vis horizontal et sans arbre, ces débris sont ensuite déposés dans un conteneur à débris. Par ailleurs, les barreaux du dégrilleur manuel sont inclinés de  $60^\circ$  sur l'horizontale. L'espacement inter- barreaux est de 40 mm et la vitesse à la traversée du dégrilleur manuel, de même que le dégrilleur automatique est inférieure à 1m/s.



**Figure 13** : Dégrilleurs

## 2. Déssablage

Déssableur construit en béton, avec trois chambres. Dans cette étape, le sable contenu dans l'eau usée est décanté grâce à la force gravitaire, la vitesse de sédimentation des sables à retirer est de 0,01 à 0,02 m/s, la largeur de chaque chambre est de 1m, la longueur de 5 m et le temps de séjour varie de 45 à 150 s. Ces particules sont ensuite aspirées par un pont racleur avec moteur électrique et des pompes immergées d'aspiration fixées à la fin du déssableur. Le mélange sable-eau s'écoule par les conduites en acier montées sur la paroi extérieure du déssableur et puis vers le clarificateur à sable qui permet l'égouttage avant stockage dans une benne. La production spécifique des sables est 0,004 à 0,180 l/ m<sup>3</sup> des eaux usées.



**Figure 14 :** Déssableur

Le clarificateur à sable est un appareil qui s'installe idéalement sur les purges de déssableurs en stations d'épuration. Il a pour but de séparer le mélange sable-eau (Figure 15). La faible vitesse de rotation de la vis (5 tr/min) permet une reprise efficace des sables et un meilleur égouttage du produit final.





**Figure15:** Clarificateur à sable

#### I-4-2 Traitement biologique

##### 1. Lagunes aérées (première étape)

Suite à l'alignement des vannes des conduites du répartiteur, l'eau usée à traiter biologiquement s'écoulant par les conduites et répartie de manière homogène (Figure16).

Le traitement biologique d'eau usée s'effectue par trois lagunes aérées  $A_1$ ,  $A_2$  et  $A_3$  de même taille et conception et ceci pour chaque station. Pour assurer une réduction efficace de la pollution biologique en présence des micro-organismes, plusieurs aérateurs sont installés dans chaque lagune.



**Figure 16 :** Lagunes aérées (première étape)

**Tableau 6 : Lagunes d'aération (premier étage) A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>**

	<b>STEP 02</b>	<b>STEP 03</b>	<b>STEP 04</b>
<b>Nombre de lagunes (pièces)</b>	03	03	02
<b>Longueur (m)</b>	142	136	108
<b>Largeur(m)</b>	66	63	49
<b>Profondeur d'eau(m)</b>	3,6	3,6	3,6
<b>Longueur du fond (m)</b>	127,6	121,6	93,6
<b>Largeur du fond (m)</b>	51,6	48,6	34,6
<b>Volume de lagune (m<sup>3</sup>)</b>	28 574	25 912	15 205
<b>Volume des lagunes (m<sup>3</sup>)</b>	85 722	77 736	30 410
<b>Nombre d'aérateurs par lagune (-)</b>	08	07	04
<b>Puissance spécifique de brassage (W/m<sup>3</sup>)</b>	03	03	03
<b>Puissance total (par Lagune)( kW)</b>	89	80	47
<b>Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes (jour)</b>	08	08	07

## 2. Lagunes aérées (2<sup>ème</sup> étape)

Le fonctionnement de la deuxième étape est identique à la première mais le nombre d'aérateur dans chaque lagune est réduit : 3 aérateurs pour les STEP 02 et 03 et 2 aérateur pour la station 04.

**Tableau 7 :** Lagunes d'aération (deuxième étage) B1, B2, B3

	<b>STEP02</b>	<b>STEP 03</b>	<b>STEP 04</b>
<b>Nombre de lagunes (pièces)</b>	03	03	02
<b>Longueur (m)</b>	115	110	82
<b>Largeur(m)</b>	66	63	49
<b>Profondeur d'eau(m)</b>	2,9	2,9	3,2
<b>Longueur du fond (m)</b>	103,4	98,4	69,2
<b>Largeur du fond (m)</b>	54,4	51,4	36,2
<b>Volume de lagune (m<sup>3</sup>)</b>	19 091	17 311	10 342
<b>Volume des trois lagunes (m<sup>3</sup>)</b>	57 273	51933	20 684
<b>Nombre d'aérateurs par lagune (pièces)</b>	03	03	02
<b>Puissance spécifique de brassage (W/m<sup>3</sup>)</b>	02	02	02
<b>Puissance total (par Lagune)( kW)</b>	38	35	21
<b>Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes</b>	05	05	05



**Figure 17 :** Lagunes aérées (deuxième étape)

### 3. Lagunes de finition ( $F_1$ , $F_2$ et $F_3$ )

Les lagunes de finition  $F_1$ ,  $F_2$  et  $F_3$  ont été conçues et construites selon le même système que les lagunes aérées 1 et 2, leurs dimensions sont présentées dans le tableau 08.

Les lagunes de finition ou de traitement final, ont été construites pour améliorer la qualité de l'eau usée traitée biologiquement, la majeure partie des matières dégradables est retenue dans les lagunes de l'étape 1 et 2. Voilà pourquoi, le dépôt des boues dans les lagunes de traitement de finition augmente juste lentement. Les écarts de temps jusqu'au raclage des boues peuvent ainsi être prolongés par rapport aux lagunes aérées. Selon une estimation approximative, on peut assumer une fréquence de raclage de 8-10 ans. L'eau usée clarifiée biologiquement est dirigée vers l'émissaire.



**Figure18 :** Lagune de finition



**Tableau 8:** Lagunes de finition F1, F2, F3

	<b>STEP2</b>	<b>STEP 3</b>	<b>STEP 4</b>
<b>Nombre de lagunes (pièces)</b>	3	3	2
<b>Longueur (m)</b>	154	147	114
<b>Largeur(m)</b>	66	63	49
<b>Profondeur d'eau(m)</b>	1,5	1,5	1,5
<b>Longueur du fond (m)</b>	148	141,0	108
<b>Largeur du fond (m)</b>	60	47.0	43
<b>Volume de lagune (m<sup>3</sup>)</b>	14 272	12 963	7 662
<b>Volume des trois lagunes (m<sup>3</sup>)</b>	42 816	38 889	15 324
<b>Temps de séjour d'eau usée dans les lagunes (jour)</b>	3	3	3

#### **I-4-2 Traitement des boues**

(10) lits de séchage à la STEP 02, (09) lits de séchage à la STEP 03 et (06) lits de séchage à la STEP 04, ont été construits. Ces lits sont remplis de graviers de différente granulométrie (gravier propre de type 0/40 disposé en une couche de 0,50 m au minimum) et suivie d'une couche de sable lavée (D50 = 2,5 mm) (comme une couche de couverture). Conçues comme bâches terrestres avec revêtement en feuille, tuyaux de drainage pour la déshydratation et des rampes d'accès pour la décharge de la boue sèche.

Pour le raclage de la boue déposée au radier des lagunes d'eau usée, un racleur de boue avec une pompe à piston rotatif aspire le mélange boue-eau et le transmet par une conduite de refoulement flexible. La boue pompée s'écoule par la suite vers les lits de séchage.

La boue stockée dans les lits de séchage est déshydratée dans les conditions naturelles. Dans les conditions climatiques locales, on peut assumer un temps de séjour d'environ 15-18 jours.



**Figure 19** : Lits de séchage

### **I-5. Conclusion**

Les stations d'épuration 02, 03 et 04 d'El Oued sont conçues pour desservir respectivement les communes de " Hassani Abd /Krim, Debila, Guemmar, Taghzout.", "Sidi Aoun, Magrane Et Hassi Khalifa" et "Reguiba". Dans l'ensemble des stations, le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunes aérées. Il comprend un prétraitement avec dégrilleurs et déssableurs, deux bassins d'activation primaire et secondaire ainsi que des lagunes de finition en post- traitement. Le traitement des boues est assuré par les lits de séchage.

*Chapitre IV*  
*Matériels et méthodes*

## IV-1 Introduction

Dans toute les stations dépuraton des eaux usées il et nécessaire d'effectuer des analyses des eaux usées brutes et épurées afin de déterminer les différentes paramètres physicochimiques permettent d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination du pollution pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP, Nous allons identifier les principaux analyses fait sur les échantillons des eaux usées pour connaitre les caractéristiques de ces eaux et définir les appareils et méthodes d'analyses sont utilisées aux stations d'épuration d'El Oued (STEP02, STEP 03 et STEP 04).

## IV-2 Echantillonnage des eaux

Des prises d'échantillons sont effectuées à l'entrée et à la sortie de la station par un dispositif d'échantillonnage fonctionnant de manière proportionnelle au débit (figure20). Ce préleveur assure pour une période de 24 heures un mélange d'échantillons représentatif à l'entrée de la station de lagunage pour l'eau brute et à la sortie pour l'eau épurée.

Les analyses de l'échantillon ont été effectuées le même jour du prélèvement dans le laboratoire de la station d'épuration (STEP 03).



**Figure 20:** Préleveur Automatique.

### IV-3- Paramètres étudiés

Afin de déterminer la qualité des effluents à traiter, des analyses seront effectuées aux principaux points de rejet, les paramètres considérés sont les suivants :

- potentiel hydrique (pH)
- Température.
- La conductivité électrique, l'oxygène dissous.
- Les matières en suspension (MES).
- l'oxygène dissous (O<sub>2</sub>)
- Demande chimique en oxygène (DCO).
- Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>).
- Orthophosphatés (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)
- Matières azotées

#### IV-3-1 Détermination de Potentiel d'hydrogène (pH)

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peut s'exprimer par la concentration en H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (noté H<sup>+</sup> pour simplifier). De manière à faciliter cette expression ; on utilise le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ion H<sup>+</sup> ; c'est le pH. (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

$$\text{pH} = \log 1/ [\text{H}^+]$$

Le paramètre pH joue un rôle important dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) et l'efficacité de certains procédés de traitement. Ainsi, l'épuration biologique est possible lorsque le pH = 6,5 à 8,5, un pH différent est l'indice d'une pollution industrielle. (Degrémont, 1978).

Dans les stations d'épuration étudiées le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre qui affiche les valeurs directement après l'immersion d'une électrode spécifique de pH dans l'échantillon (figure21).



Figure 21: pH mètre

### IV-3-2 Détermination de la Température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique, aussi un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C (Rodier et al, 2005). La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil Oxymètre.

### IV- 3-3 Détermination de Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. La conductivité électrique d'une eau augmente avec la teneur en sels électrolytables dissous, la valeur de la conductivité est lue directement sur le conductimètre (figure 22).



Figure 22 : Conductimètre

### IV-3-4 Détermination de la Matière en suspension (MES)

Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres. Nous suivons les étapes suivantes :

- ❖ Mouiller le filtre avec de l'eau distillée
- ❖ Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- ❖ Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- ❖ Peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable du filtre tare vide en (g).
- ❖ Prendre une fiole de 100 ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- ❖ Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.

- ❖ Verser le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète.
- ❖ Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures.
- ❖ Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- ❖ Peser le filtre tare séché en (g).
- ❖ On calcule le MES par l'équation suivante : 
$$MES = \frac{\text{tare séché} - \text{tare vide}}{\text{Volume}}$$

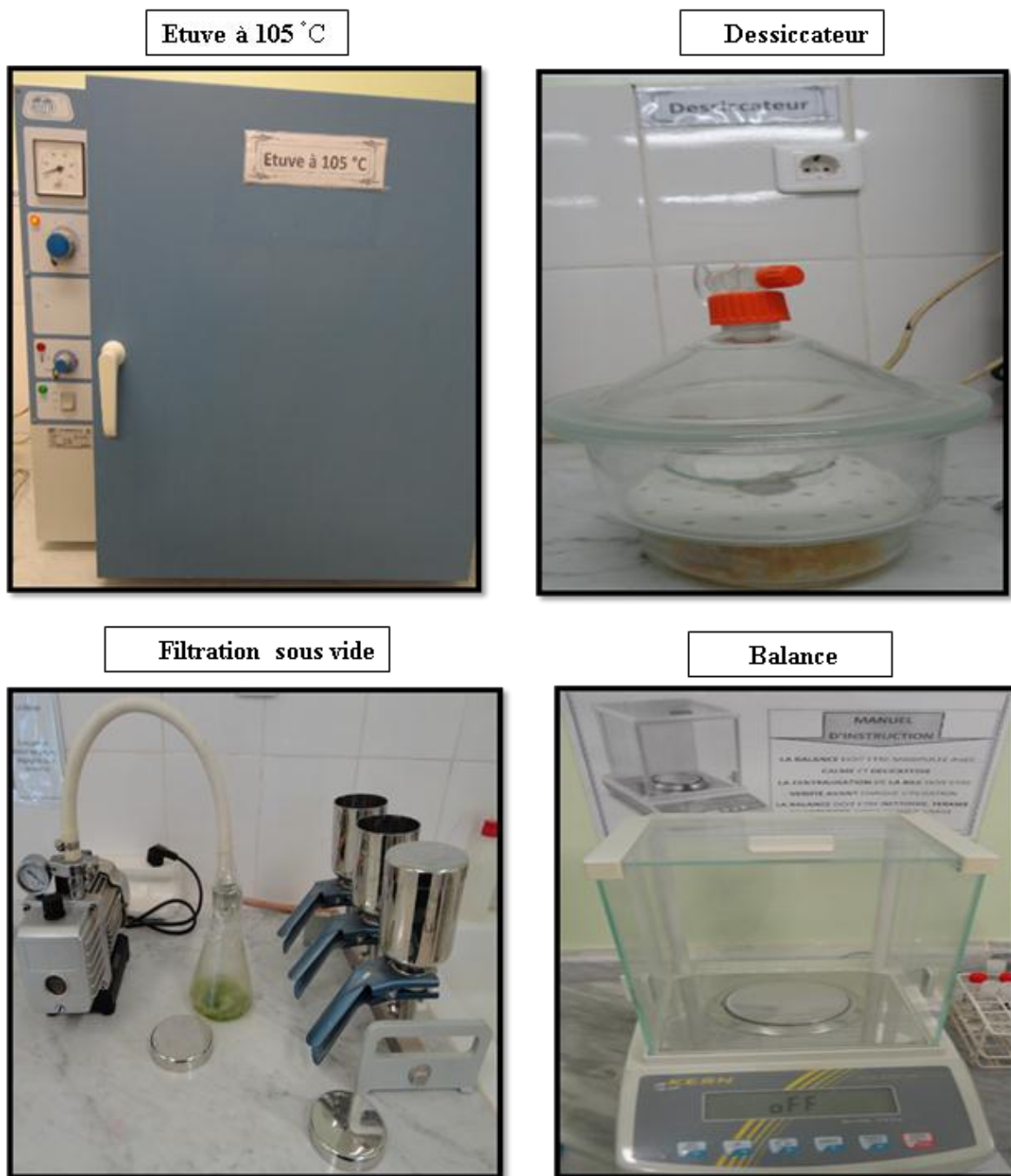


Figure 23 : Appareils de mesure des matières en suspension (MES)



### IV- 3-5 Détermination de l'oxygène dissous (O<sub>2</sub>)

La mesure de l'oxygène dissous s'effectue par la méthode électrochimique sur un oxymètre qui sur un échantillon d'eau à analyser de 100 ml affiche la teneur soit en concentration (mg d'O<sub>2</sub>/l) soit en pourcentage de saturation en oxygène.



Figure 24 : Oxymètre

### IV- 3-6 Détermination de la Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium. Pour atteindre la teneur de DCO Nous suivons les étapes suivantes :

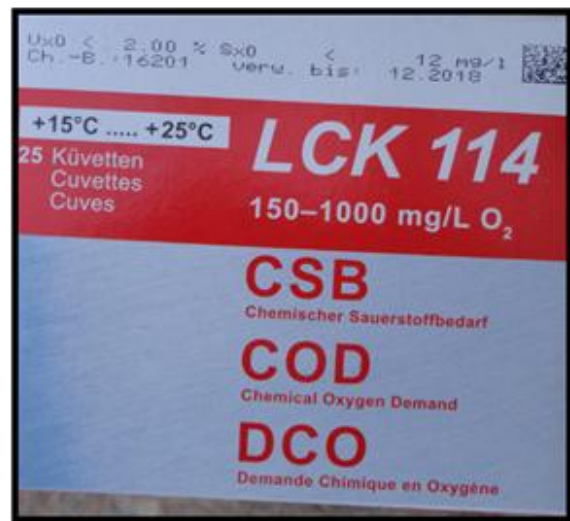
- ❖ Agiter le tube à essai pour amener le résidu en suspension ;
- ❖ Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO ; LCK 114 et LCK 314 ;
- ❖ Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté ;
- ❖ Mélanger énergiquement le contenu de tube. Toujours saisir le tube par son bouchon ;
- ❖ Chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans le thermo réacteur portoir ;
- ❖ Retirer le tube brulant du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir ;
- ❖ Au bout de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes). Ne pas refroidir à l'eau froide ;
- ❖ Mesurer la teneur de DCO de l'échantillon dans le spectrophotomètre DR2800.



Réactif DCO LCK 314



Réactif DCO LCK 114



Thermo-



Spectrophotomètre DR2800



Figure 25 : Réactifs et appareils de mesure de la DCO

#### IV-3-7 Détermination de la Demande Biologique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Le principe de la méthode consiste à mesurer l'évolution 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

L'échantillon d'eau est introduit dans une enceinte thermo-statée et mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la

dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant ainsi une diminution de la pression laquelle est enregistrée par le système de mesure OxiTop.

La prise d'essai dépend de la charge de l'échantillon qui varie selon une eau brute ou épurée (Tableau 09).

**Tableau 09.** Volumes de la prise d'échantillon et de l'inhibiteur de dénitrification en fonction de la DBO<sub>5</sub>.

Volume de l'échantillon	DBO <sub>5</sub> prévu mg/L	Facteur	Gouttes d'inhibiteur dénitrification
432	0-40	1	9
365	0-80	2	7
252	0-200	5	5
164	0-400	10	3
97	0-800	20	2
43.5	0-2000	50	1
22.5	0-4000	100	1

Pour prévoir la valeur de DBO<sub>5</sub>, on applique la corrélation suivante :

DBO<sub>5</sub> devrait être proche de 50 % de la valeur de la DCO.

- ❖ Mesurer pour la bouteille marron le volume correspondant à la DBO<sub>5</sub> prévu (voir tableau09).
- ❖ Mettre un agitateur magnétique dans chaque bouteille.
- ❖ Ajouter le réactif inhibiteur de nitrification (voir tableau 09).
- ❖ Mettre le bouchon en caoutchouc.
- ❖ Mettre 2 comprimés d'hydroxyde de sodium dans la capsule
- ❖ Vissez l'OXITOP directement sur la bouteille.
- ❖ Appuyez sur les touches S et M simultanément pendant 2 secondes jusqu'à ce que l'affichage indique "00" (à partir de la mesure).
- ❖ Mettre les pots dans l'incubateur à 20 °C, avec système d'agitation inductive, pendant 5 jours.
- ❖ Lorsque la température de fonctionnement (20 ° C) est atteinte l'OXITOP démarre automatiquement la mesure de l'oxygène consommé.
- ❖ Relever les valeurs après 5 jours
- ❖ Expression des résultants est : DBO<sub>5</sub> (mg/l) = Lecteur de la valeur après 5 jours × Facteur (voir tableau09).



**Figure 26 :** Appareillage DBO mètre de mesure de la DBO<sub>5</sub>

#### **IV-3-8** Détermination d'Orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)

Les Orthophosphates sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre DR 2800 avec les réactifs LCK 348 spécifiques au PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>

#### **IV-3-9** Détermination de Matières azotées

Substances issues des transformations de l'azote au cours de son cycle, par interaction avec les différents milieux aquatiques, terrestres et aériens. Par exemple, dans un bassin, les microorganismes (cyanobactéries et bactéries) vivant en symbiose avec les plantes favorisent la transformation de l'azote en ammonium. De même, certaines bactéries sont à l'origine de la nitrification, réaction d'oxydation permettant la transformation en nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) puis en nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) assimilables par les plantes.

Ils sont mesurés selon la méthode de test en tubes N5/25 (WTW) à l'aide d'un spectrophotomètre DR 2800 nécessitant des réactifs de chaque élément, LCK 339 nitrates, (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et LCK 342 nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).

#### **IV-3-10 Conclusion**

Le choix de la place appropriée de prélèvement des échantillons et leur conservation dans les conditions idéales jouent un rôle important dans les analyses pour obtenir des bons résultats, donc, les analyses des paramètres polluantes sont nécessaires pour connaître le degré de pollution et son risque à l'aide des appareils à technologie moderne.

*Chapitre V*  
*Étude de performance de*  
*lagunage aéré des stations*  
*étudiées*

## V.1. Introduction

Au cours de cette étape de l'étude nous présentons les résultats des analyses physico-chimiques au niveau des stations étudiées pour évaluation préliminaire de l'efficacité et la performance du système lagunage aéré dans le milieu saharien dans la région d'oued souf.

Les paramètres de pollution analysés ont été suivis pendant six mois à l'entrée et à la sortie des stations pour évaluer le pouvoir épuratoire des ouvrages de traitement.

Dans notre étude, nous avons pris en considération une période de six mois (Décembre 2018 à mai 2019) dans les trois stations d'épuration (STEP02, STEP 03 et STEP 04).

## V.2. Rendement épuratoire

L'évaluation du pouvoir épuratoire étudiés et l'interprétation des résultats obtenus sont basé essentiellement sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et sur le calcul du rendement d'élimination de la charge polluante. Le pourcentage d'abattement de la pollution (R %) est donné par la relation suivante :

$$R \% = \left( \frac{C_0 - C_f}{C_0} \right) \times 100$$

avec:

$C_0$  : Concentration du paramètre considéré dans l'eau usée brutes

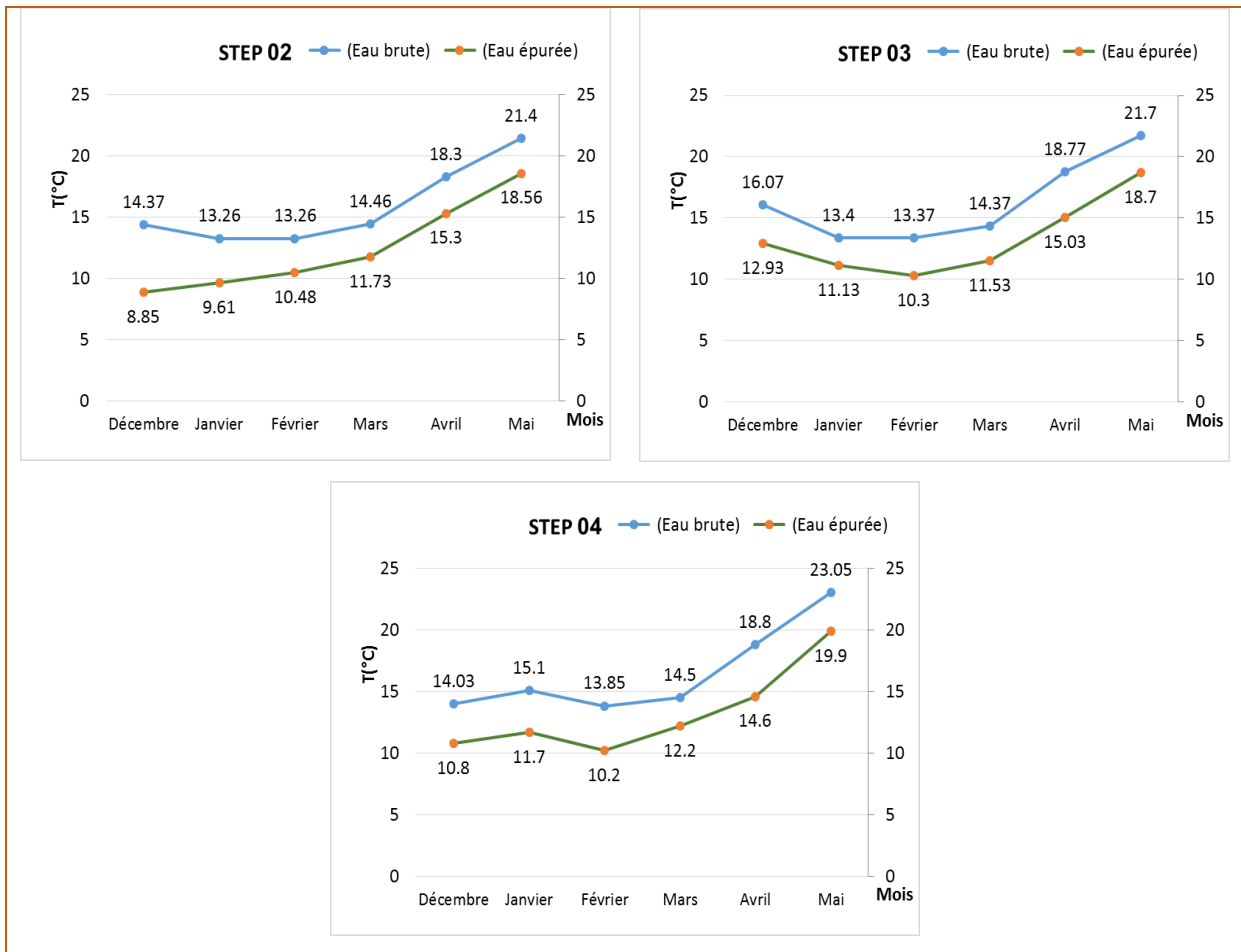
$C_f$  : Concentration du paramètre considéré dans l'eau traitée

## V.3. Résultats et discussions des paramètres analysés

### V-3-1 Température

La température est un facteur important. Sa mesure est nécessaire, elle joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous. Elle agit également comme facteur physiologique sur le métabolisme et la croissance de la plupart des organismes vivant dans l'eau, notamment ceux des microscopiques ce qui est directement liée à la vitesse de dégradation de la matière organique. Une diminution de la température entraîne une augmentation de la viscosité et ceci rend difficile le dépôt du floc de boue.

La figure 27 représente l'évolution des moyennes mensuelles des températures de différentes stations pour la période d'étude.



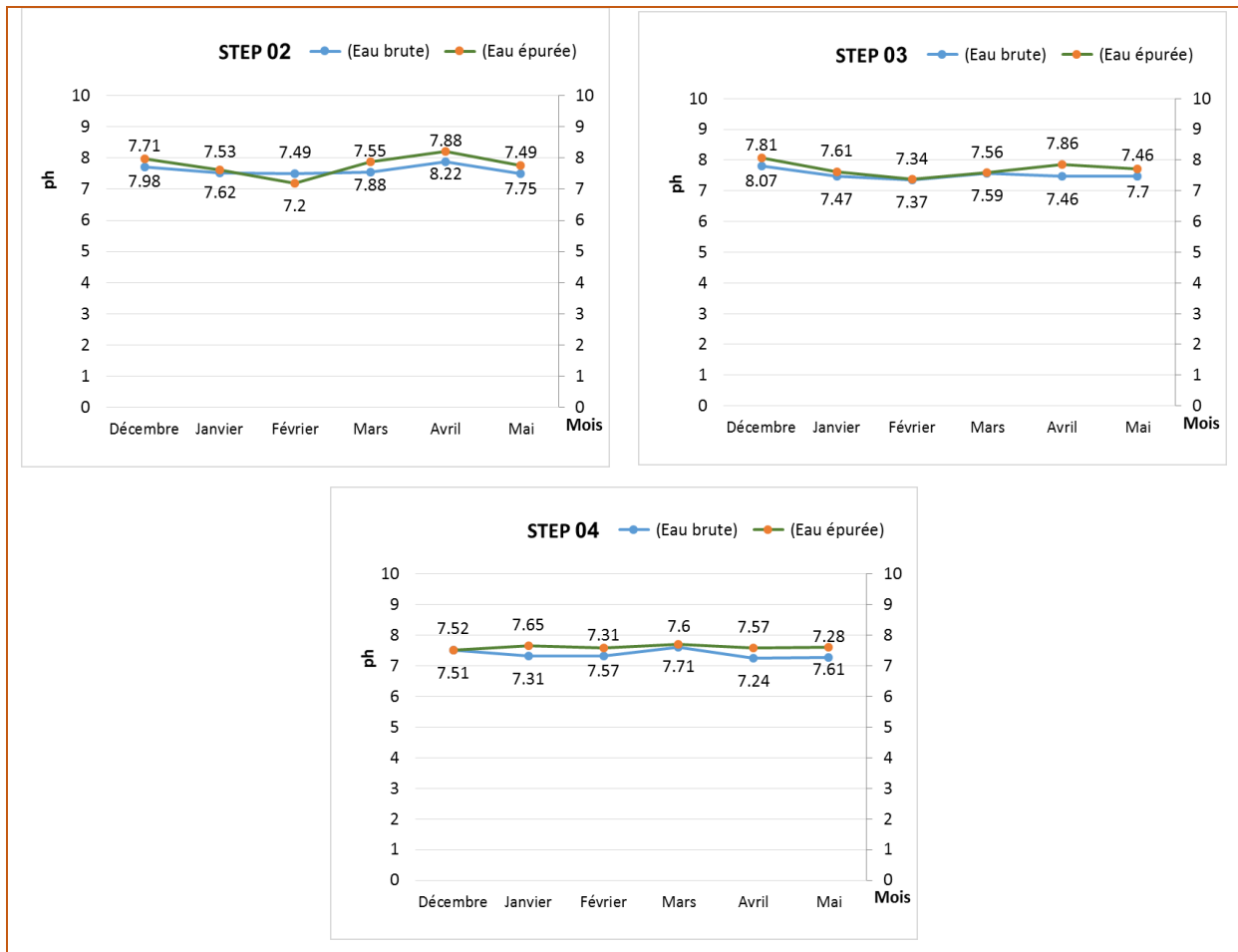
**Figure 27 :** Variations des moyennes mensuelles de la température dans les eaux usées brutes et épurées

Nous pouvons constater que les courbes des températures pour l'ensemble des stations décroissent pendant la saison hivernale elle diminue de mois de décembre à février et augmente jusqu'au mois mai. De plus, les courbes, illustrent bien que les températures des eaux brutes aux entrées des stations sont supérieures à celles des eaux épurées. La différence entre les températures des eaux usées et traitées peut être expliquée par le temps de séjour suffisant au niveau des lagunes (Kettar, 2015). Par ailleurs, les valeurs moyennes mensuelles des températures enregistrées au niveau des stations sont toujours inférieures à la norme de rejet d'eaux usées (30°C) fixée par le journal officiel de la république algérienne N°26 de 23 avril (JORA, 2006). Il est important de signaler que les fortes températures sont en faveur d'une accélération des procédés biologiques de traitement des eaux usées et des boues, car elles contribuent à l'augmentation de la cinétique de dégradation des matières organique.

### V-3-2 Potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du pH des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux. En général, l'activité biologique se situe entre 6,5 et 8,5 unités de pH. En dehors de cet

intervalle, le pH affecte la vie aquatique et par conséquent influence l'auto-épuration du milieu naturel. Des valeurs de pH inférieures à 6,5 ou supérieures à 8,5 affectent directement la viabilité et la croissance des micro-organismes (MARA, 1980). Le pH est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement (RODIER, 1996).



**Figure 28** : valeurs moyennes mensuelles du pH dans les eaux usées brutes et épurées.

La figure 28 présente les valeurs des moyennes mensuelles du pH pour l'ensemble des stations. Ces valeurs varient pour chaque station comme suit :

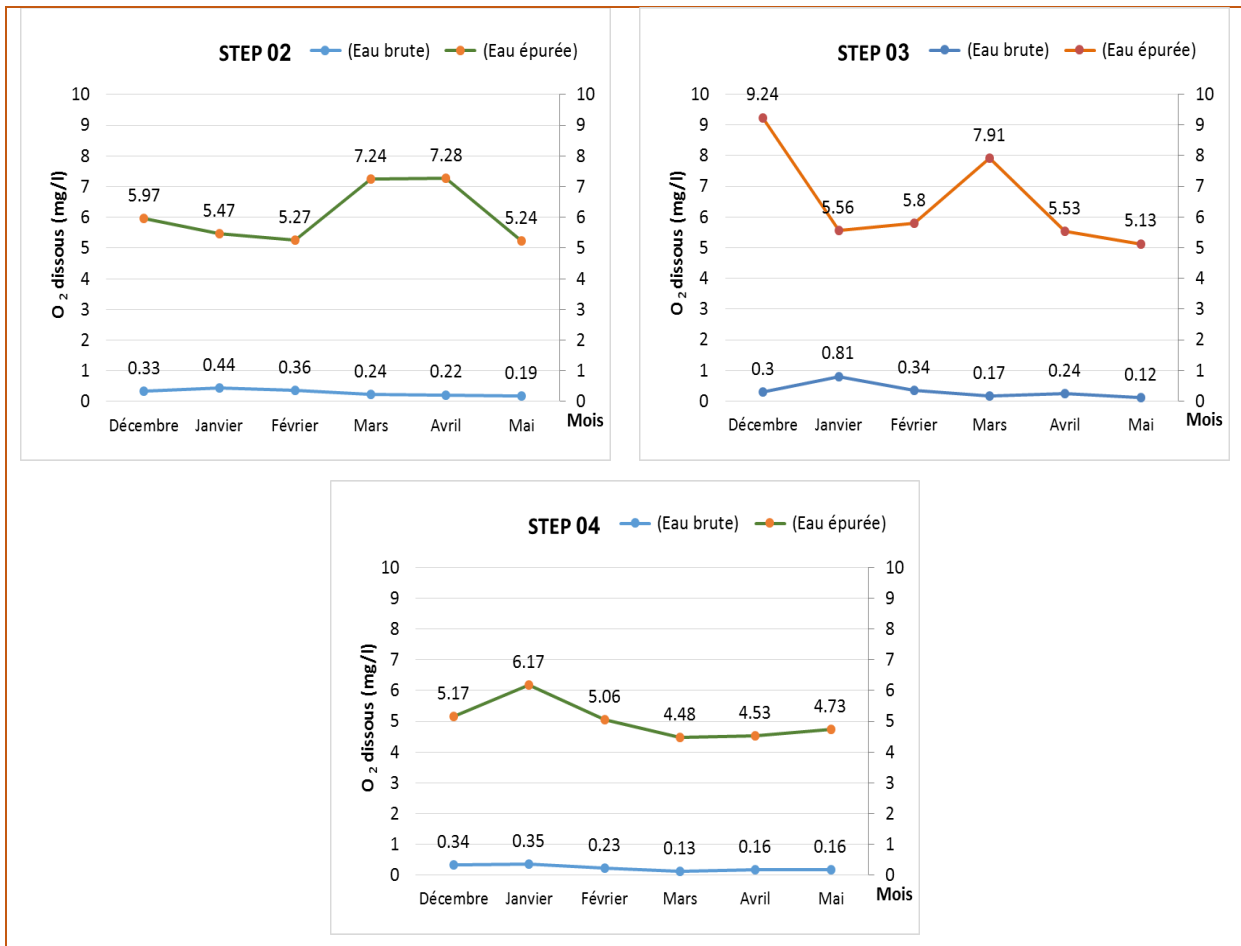
- ✓ STEP 02 : le pH varie pour les eaux brutes entre 7,49 à 7,88 et pour les eaux épurées entre 7,2 à 7,98
- ✓ STEP 03 : le pH varie pour les eaux brutes entre 7,34 et 7,81 et pour les eaux épurées entre 7,37 et 8,07
- ✓ STEP 04 : le pH varie pour les eaux brutes entre 7,24 et 7,6 et pour les eaux épurées 7,51 et 7,71.

Nous constatons pour les trois stations que les valeurs du pH relatives aux eaux brutes et épurées se situent dans une gamme proche de la neutralité. Les origines urbaines des eaux résiduaires des STEP peuvent expliquer cette gamme de pH. Donc on peut conclure que le pH ne perturbe pas le traitement biologique dans les STEP puisque ses valeurs sont favorables pour l'activité bactérienne dans le bassin biologique.

### V-3-3 Oxygène dissous (O<sub>2</sub>)

La figure 29 dessous montre les variations des teneurs moyennes mensuelles de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie des stations durant la période d'étude.

Les variations de la teneur en oxygène peuvent être fonction de la présence d'algues, de matières organiques, d'organismes et de germes aérobies et aussi de la solubilité de l'oxygène dépendant de la température et de même de la pression atmosphérique (Rodier, 2009). L'oxygène dissous est un paramètre important dans la dégradation de la matière organique.



**Figure 29 :** Variations de l'oxygène dissous dans les eaux usées brutes et épurées des stations.

Dans le cas de notre étude, on peut distinguer que les teneurs de l'oxygène dissous dans les eaux épurées sont nettement supérieures à celles des eaux brutes et ceci pour l'ensemble

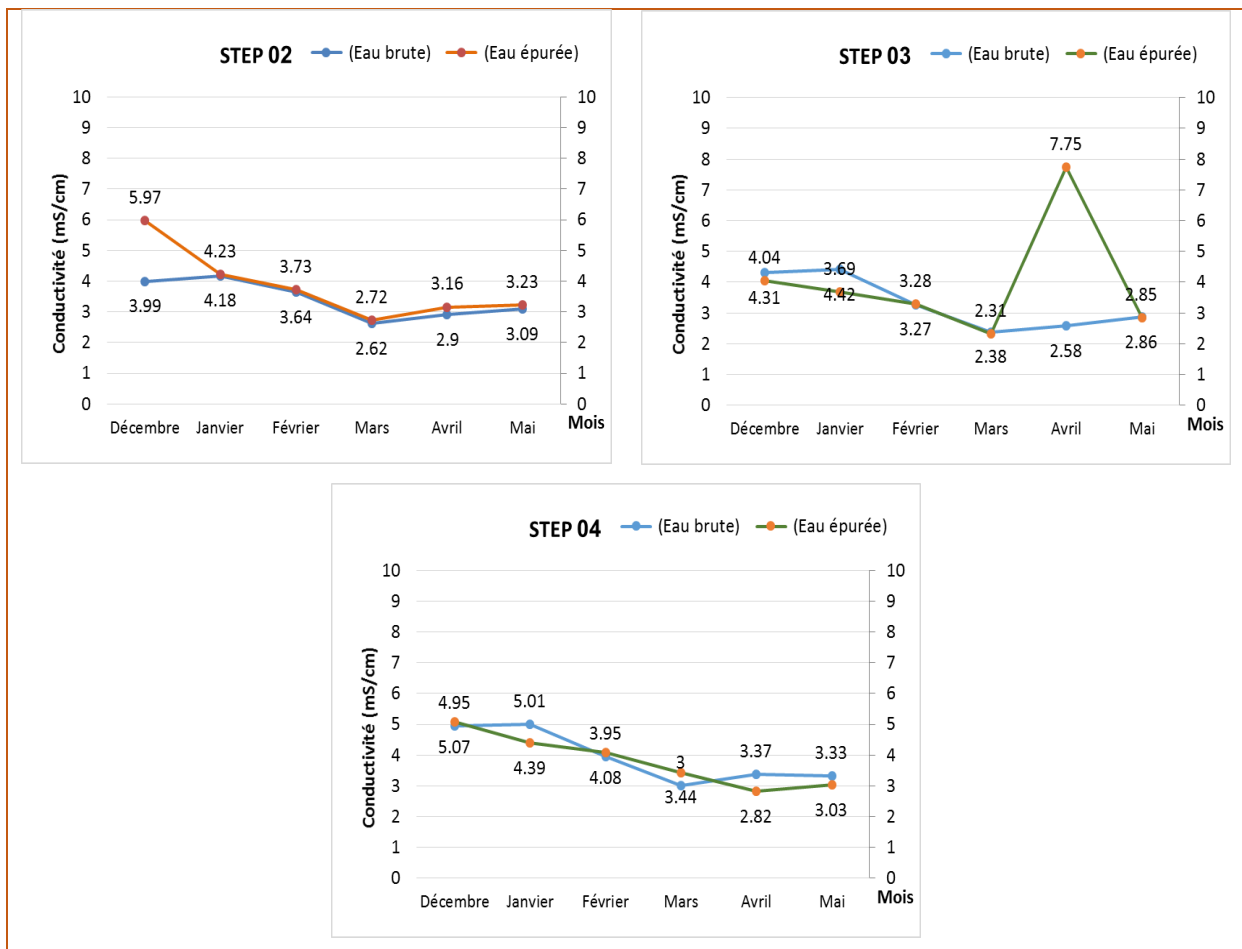


des stations. L'augmentation de l'oxygène dissous indique le bon fonctionnement des aérateurs dans les bassins de lagunage des stations et ainsi les bactéries épuratrices trouvent un milieu bien aéré et favorable pour leur croissance ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées.

### V-3-4 Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est définie comme étant la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{cm}^2$  et elle s'exprime en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ou en  $\text{ms}/\text{cm}$  (Bremond et Vuichard, 1973). La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution.

La figure 30 ci-dessous représente les variations des valeurs moyennes mensuelles de la conductivité électrique dans les eaux brutes et traitées dans les stations d'épuration étudiées.



**Figure 30 :** Variations des moyennes mensuelles de la conductivité dans les eaux usées brutes et épurées des stations

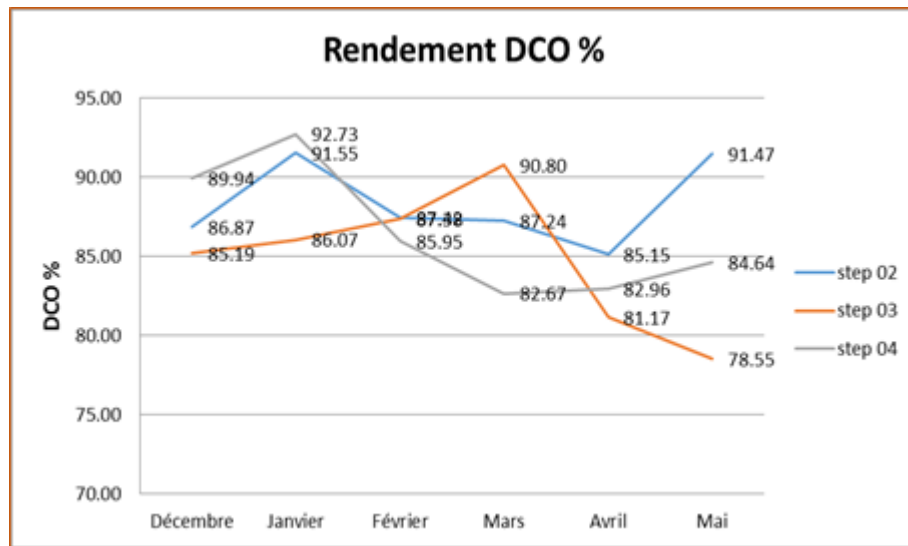
Les valeurs de la conductivité varient dans les stations comme suit :

- ✓ STEP 02 : entre 2.62 et 4.18 ms/cm dans les eaux brutes et entre 2.72 et 5.97 ms/cm dans les eaux épurées
- ✓ STEP 03 : entre 2.38 à 4.42 ms/cm dans les eaux brutes et entre 2.31 à 7.75 ms/cm dans les eaux épurées
- ✓ STEP 04 : entre 3 et 5.01 ms/cm dans les eaux brutes et entre 2.82 et 5.07 ms/cm dans les eaux épurées

Nous pouvons constater que les effluents des différentes stations présentent des conductivités voisines et il se pourrait que l'origine de la ressource en eau avant utilisation est la même pour ces effluents.

### V-3-5 Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non biodégradable) d'une eau à l'aide d'un oxydant. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub>/l, généralement la DCO est de 1,5 à 2 fois la DBO<sub>5</sub> pour les eaux usées urbaines et de 1 à 10 pour l'ensemble des eaux résiduaires industrielles. Les résultats des moyens mensuels des rendements d'élimination de la DCO sont illustrés sur la figure 31 et regroupés dans le tableau 10.



**Figure 31 :** Moyens mensuels des rendements d'élimination de la DCO dans les stations d'El Oued.

**Tableau 10** : Teneurs des moyennes mensuelles de la DCO dans les eaux brutes et épurées

Mois	STEP 02			STEP 03			STEP 04		
	E.B (mgO <sub>2</sub> /l)	E.T (mg O <sub>2</sub> /l)	R%	E.B (mgO)	E.T (mgO)	R%	E.B (mgO <sub>2</sub> /l)	E.T (mgO <sub>2</sub> /l)	R%
Déc.-18	937	123	86.87	503	74.5	85.19	990	99.6	89.94
Janv.-19	1255	106	91.55	610	85	86.07	1317	95.8	92.73
Févr.-19	744	93.6	87.42	721	91	87.38	1075	151	85.95
Mars-19	870	111	87.24	836	76.9	90.80	1033	179	82.67
Avr-19	882	131	85.15	579	109	81.17	804	137	82.96
Mai-19	1289	110	91.47	387	83	78.55	840	129	84.64
<b>Moyenne</b>	996.17	112.43	88.28	606	86.57	84.86	1009.83	131.9	86.48

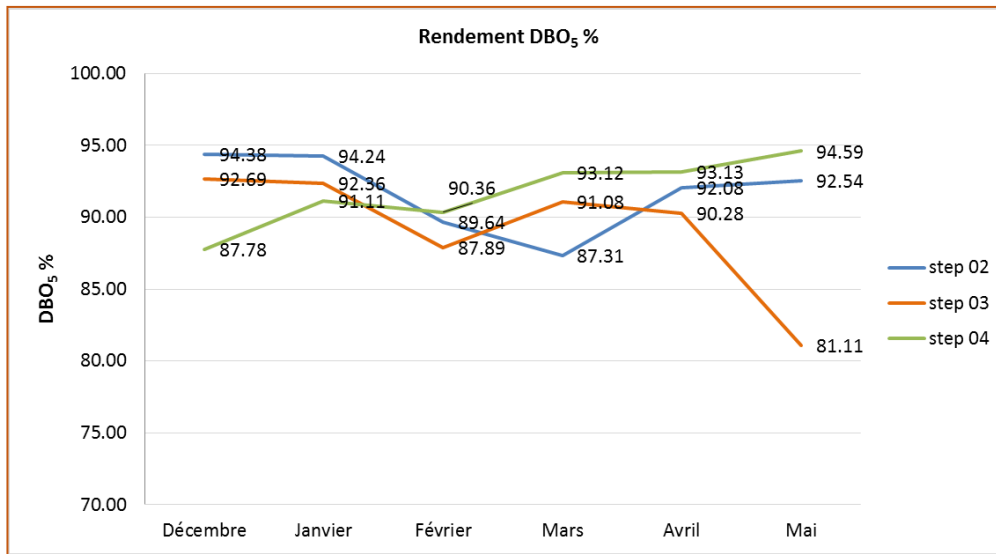
Nous pouvons constater qu'en allant décembre 2018 à avril 2019, la variation de la courbe de la DCO relative à chaque station est significative. Les rendements varient pour la STEP02 de : 85.15% à 91.55%, la STEP 03 de 85.15 à 90.80% et la STEP 04 82.67 % à 92.73%. Ainsi et comme l'illustre la figure 30 et le tableau10, les meilleurs rendements sont enregistrés au niveau de la STEP02.

D'autre part, les concentrations dans les eaux brutes de la matière organique en termes de DCO sont très élevées notamment pour la STEP02 dont les valeurs ont atteint 1289 mg/l au mois de Mai-19 et pour la STEP04 dont les valeurs ont atteint 1317 mg/l au mois de Janv-19; les valeurs décelées dépassent largement la charge maximale prise par la station (500mg/l). Les pourcentages d'abattement à la sortie des stations sont très importants et les concentrations résiduelles obtenues sont conformes à la norme de rejet (125 mgO<sub>2</sub>/l) à l'exception de la STEP04 dont les teneurs finales varient entre 99.6 mgO<sub>2</sub>/l et 179 mgO<sub>2</sub>/l.

### V-3-6 Demande Biologique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La demande biologique en oxygène est la quantité d'oxygène utilisée par voie biologique pour la dégradation de la matière organique biodégradable (RODIER et al., 1996). La valeur de DBO<sub>5</sub> est exprimée en mg O<sub>2</sub>/l, elle est très utilisée pour les contrôles de la pollution et le suivi de la pollution organique des effluents urbains (GUIRANUD, 1998).

Les résultats des moyens mensuels des rendements d'élimination de la DBO<sub>5</sub> sont illustrés sur la figure 32 et regroupés dans le tableau 11.



**Figure 32 :** Moyens mensuels des rendements d'élimination de la DBO<sub>5</sub> Dans les STEP d'El Oued.

Nous observons que parmi les 3 stations étudiées, la STEP 02, enregistre toujours les meilleurs rendements d'élimination en termes de DBO<sub>5</sub> avec des pourcentages d'abattement variant entre 87.31% à 94.38 %. Pour les autres stations, les rendements oscillent, pour la STEP 03 de 81.11% à 92.69% et de 87.78 % à 94.59% au niveau de la STEP 04.

Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> dans les eaux brutes sont élevées et dépassent pour l'ensemble des stations la charge polluante prise par les stations (250 mgO<sub>2</sub>/l). Par ailleurs et à l'exception de la STEP 04, les concentrations en DBO<sub>5</sub> dans les eaux épurées (STEP 02 et STEP 03) obéissent à la norme de rejet (40 mg O<sub>2</sub>/l).

**Tableau 11 :** Teneurs des moyennes mensuelles de la DBO<sub>5</sub> dans les eaux brutes et épurées

Mois	STEP 02			STEP 03			STEP 04		
	E.B (mgO <sub>2</sub> /l)	E.T (mg O <sub>2</sub> /l)	R%	E.B (mgO <sub>2</sub> /l)	E.T (mgO <sub>2</sub> /l)	R%	E.B (mgO <sub>2</sub> /l)	E.T (mgO <sub>2</sub> /l)	R%
Déc.-18	616.67	34.67	94.38	483.33	35.33	92.69	360	44	87.78
Janv.-19	683.33	39.33	94.24	410	31.33	92.36	506	45	91.11
Févr.-19	366.67	38	89.64	253.33	30.67	87.89	550	53	90.36
Mars-19	346.67	44	87.31	433.33	38.67	91.08	770	53	93.12
Avr-19	513.33	40.67	92.08	473.33	46	90.28	800	55	93.13
Mai-19	630	47	92.54	180	34	81.11	740	40	94.40
<b>Moyenne</b>	526.11	42.00	91.70	372.22	36	89.24	621	48.33	91.68

### V-3-7 Rapport DCO/DBO<sub>5</sub>

Le rapport DCO / DBO<sub>5</sub> a une importance pour la définition de la chaîne de traitement d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO / DBO<sub>5</sub> implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et dans ce cas il est préférable d'envisager un traitement par voie physico-chimique.

Selon la valeur de cet indice on a :

-Si DCO / DBO<sub>5</sub> < ou = 2 : effluent facilement biodégradable

-Si 2 < DCO / DBO<sub>5</sub> < 3 : effluent moyennement biodégradable.

-Si DCO / DBO<sub>5</sub> > 3 : effluent est difficilement biodégradable.

Les résultats du Rapport DCO/DBO<sub>5</sub> dans les eaux brutes et épurées sont illustrés dans le tableau 12

Les valeurs du rapport DCO / DBO<sub>5</sub> varient dans les stations comme suit:

- ✓ STEP 02 : entre 1,52 et 2,51 dans les eaux brutes et entre 2,34 et 3,55 les eaux épurées.
- ✓ STEP 03 : entre 1,04 à 2,85 dans les eaux brutes et entre 1,99 à 2,97 dans les eaux épurées.
- ✓ STEP 04 : entre 1,01 et 2,75 dans les eaux brutes et entre 2,13 et 3,38 dans les eaux épurées.

À l'entrée de stations étudiées, la majorité des valeurs de ce rapport se trouve autour de 2, ce qui nous indique que les effluents traités sont généralement facilement biodégradables.

À la sortie de ces stations, la plupart des valeurs de ce rapport se trouve autour de 3 effluent moyennement biodégradable et en remarque dans quelque mois le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> > 3. Ceci peut s'expliquer par la diminution de la partie biodégradable de la matière organique.

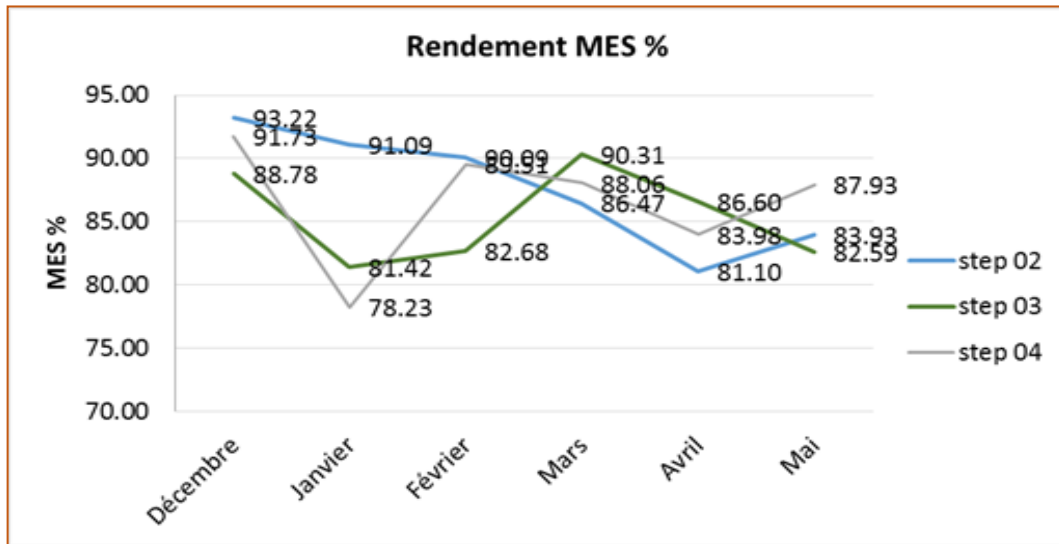
**Tableau 12 :** Variation du Rapport DCO/DBO<sub>5</sub> dans les eaux brutes et épurées

		Mai	Avril	Mars	Février	Janvier	Décembre
step 02	(Eau brute)	1.52	1.84	2.03	2.51	1.72	2.05
	(Eau épurée)	<b>3.55</b>	2.70	2.46	2.52	<b>3.22</b>	2.34
step 03	(Eau brute)	1.04	1.49	2.85	1.93	1.22	2.15
	(Eau épurée)	2.11	2.71	2.97	1.99	2.37	2.44
step 04	(Eau brute)	2.75	2.60	1.95	1.34	1.01	1.14
	(Eau épurée)	2.26	2.13	2.85	<b>3.38</b>	<b>3.43</b>	<b>3.23</b>

### V-3-8 Matière en suspension (MES).

La pollution particulaire peut être de nature organique ou de nature minérale (sable ou argile). Son rejet dans le milieu naturel réduit la limpidité de ce milieu, limitant la vie des organismes photosynthétique et entraînant des dépôts et créer un envasement du cours d'eau. La figure 33 illustre les moyens mensuels des rendements d'élimination des MES au cours de la période d'étude.

De même que la DBO<sub>5</sub> et la DCO, les pourcentages d'abattement pour la STEP 02 s'avèrent plus importants avec une moyenne de 87.65% comparativement aux STEP 03 (85.40%) et STEP 04 (86.57%). De plus, nous constatons que les teneurs en MES dans les eaux épurées respectent la norme de rejet (40 mg/l) et ceci pour les STEP 02 et STEP 03 mais ce n'est pas le cas pour la STEP 04 dont les concentrations résiduelles dépassent la norme pendant les mois de février, mars, avril et mai.



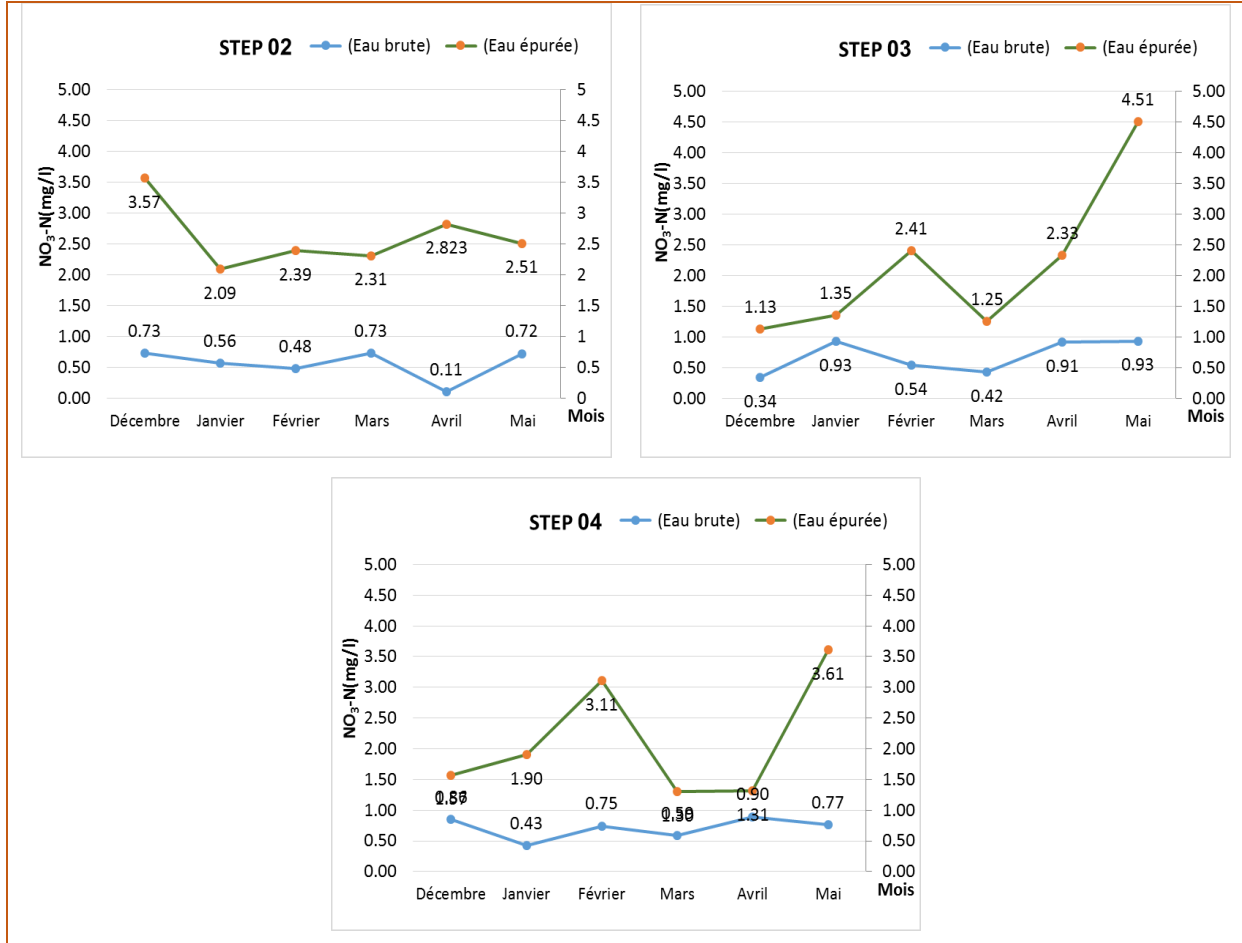
**Figure 33 :** Moyens mensuels des rendements d'élimination de la MES dans les STEP

**Tableau 13 :** Teneurs des moyennes mensuelles de la MES dans les eaux brutes et épurées

Mois	STEP 02			STEP 03			STEP 04		
	E.B (mg/l)	E.T (mg/l)	R%	E.B (mg/l)	E.T (mg/l)	R%	E.B (mg/l)	E.T (mg/l)	R%
Déc.-18	543.11	36.83	93.22	282.22	31.67	88.78	438.17	36.25	91.73
Janv.-19	392.67	35	91.09	143.56	26.67	81.42	179.6	39.1	78.23
Févr.-19	363.34	36	90.09	130.89	22.67	82.68	515	54	89.51
Mars-19	195.8	26.5	86.47	242.4	23.5	90.31	523.34	62.5	88.06
Avr-19	248.67	47	81.10	298.45	40	86.60	483.67	77.5	83.98
Mai-19	196	31.5	83.93	196.7	34.25	82.59	441	53.25	87.93
<b>Moyenne</b>	<b>323.27</b>	<b>35.47</b>	<b>87.65</b>	<b>215.70</b>	<b>29.79</b>	<b>85.40</b>	<b>430.13</b>	<b>53.77</b>	<b>86.57</b>

### V-3-9 Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates ne sont pas toxiques à faibles teneurs, mais leur présence à des teneurs élevées dans les eaux usées provoque une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu récepteur.



**Figure 34 :** variations des moyennes mensuelles de nitrates dans les eaux usées brutes et épurées des stations

Au cours de notre période d'étude, les résultats des moyennes mensuelles des nitrates des eaux brutes et épurées des différentes stations sont représentés sur la figure 34. Nous constatons que les taux de nitrates pour les eaux épurées ont augmentés considérablement par rapport aux eaux brutes et ceci pour les trois stations

A l'entrée des stations d'épuration l'azote est présent sous forme réduite : sous forme organique ( $\text{N}_{\text{org}}$ ), et sous forme d'ions ammonium ( $\text{N-NH}_4$ ). Les formes oxydées de l'azote ( $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$ ) pourront apparaître, au cours du traitement biologique aérobie, au niveau de la station d'épuration (**DEGREMONT, 1978 ; REJSEK, 2002**). De ce fait, on a constaté une augmentation des concentrations des nitrates dans les eaux épurées.

### V-3-10 Azote ammoniacal ( $N-NH_4^+$ ).

Les nuisances de cette pollution azotée sont nombreuses et variées. Les rejets d'azote ammoniacal dans le milieu récepteur s'accompagnent d'une consommation de l'oxygène dissous due au processus de nitrification. Si le pH du milieu récepteur est élevé, l'ion ammonium se transforme en gaz ammoniac dissous très toxique.



**Figure 35 :** variations des moyennes mensuelles de l'azote ammoniacal dans les eaux usées brutes et épurées des stations

La figure 35 représente les variations de l'azote ammoniacal en mg/l à l'entrée et à la sortie des STEP pendant la période d'étude.

Les rendements d'élimination de l'azote ammoniacal (tableau 14) varient d'un mois à l'autre et d'une station à l'autre. Les pourcentages d'abattements moyens enregistrés varient 68.91% ,57.71% et 62.29% respectivement pour les STEP 02, STEP03 et STEP 04. La quantité d'oxygène dans le bassin d'aération qui assure le phénomène de nitrification explique la réduction de l'azote ammoniacal dans les eaux épurées. Les ions ammonium sont ainsi oxydés en nitrate ou nitrite par les bactéries nitrifiantes en présence de l'oxygène.



**Tableau14** : Rendements d'élimination de l'azote ammoniacal

	Décembre	Janvier	Février	mars	Avril	mai	Rendement Moyen%
STEP 02	77.43	85.24	73.96	63.85	51.03	61.98	68.91
STEP 03	70.48	72.65	75.18	59.17	26.76	42.02	57.71
STEP 04	71.38	81.65	61.74	69.50	35.74	53.71	62.29

**V-3-11 L'azote total Kjeldahl**

L'azote Kjeldahl (NTK), du nom du chimiste qui a mis au point le dosage, représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. Au cours de notre étude l'évaluation de ce paramètre à l'entrée et la sortie des stations est représentée sur la figure 36. Nous remarquons que les concentrations de l'azote Kjeldahl dans les eaux varient d'une station à l'autre mais les plus importantes sont celles qui se rapportent à la STEP 02. D'autre part, les teneurs résiduelles dans les eaux épurées à la sortie de la station sont nettement inférieures à celles décelées dans les eaux brutes et ceci est remarqué dans les effluents des trois stations.



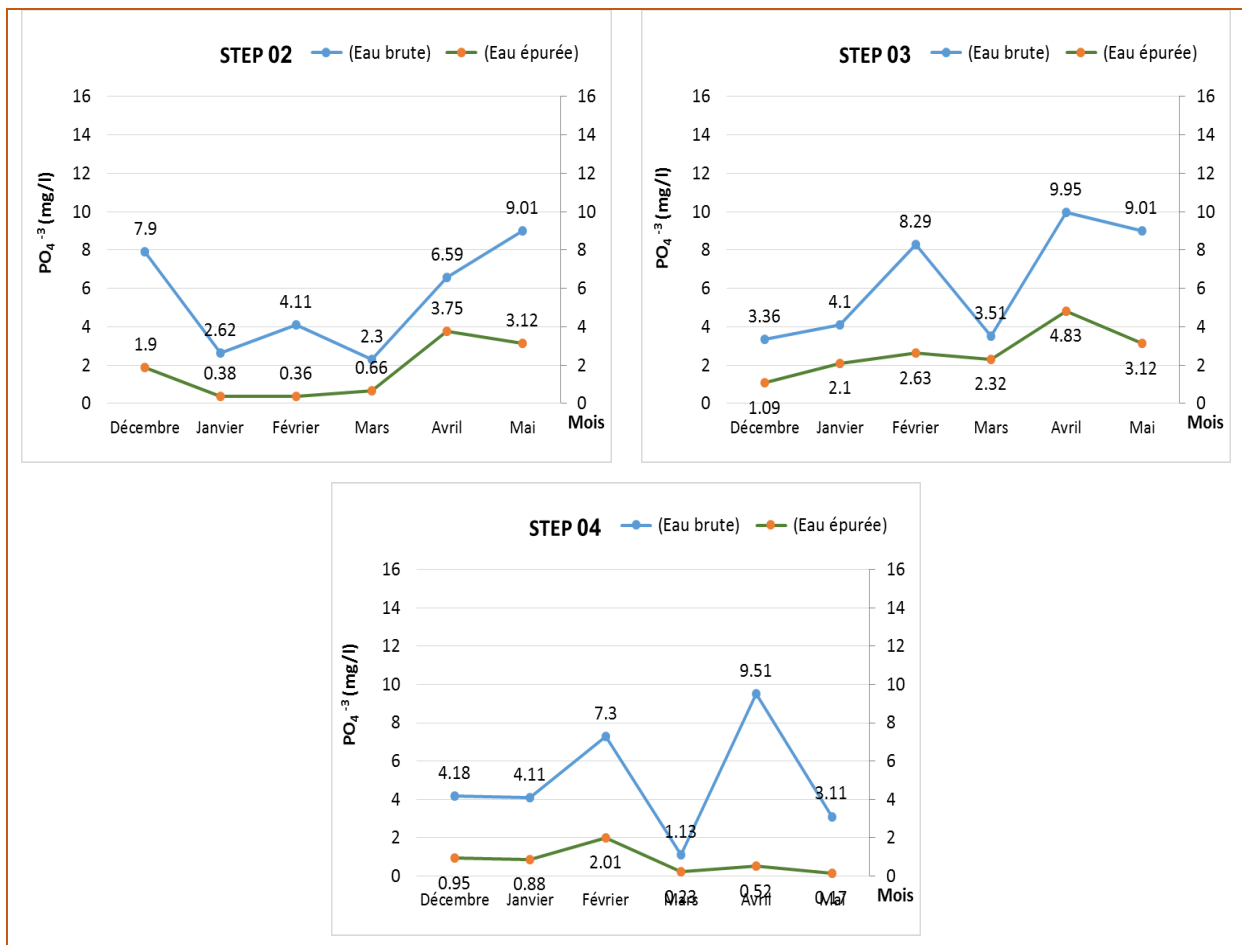
**Figure 36** : variations des moyennes mensuelles de l'azote total Kjeldahl dans les eaux usées brutes et épurées des stations

Les matières azotées sont des matières organiques et minérales contenant des atomes d'azote. Comme déjà mentionné à l'entrée des stations d'épuration l'azote est présent sous forme réduite : sous forme organique (N org.), et sous forme d'ions ammonium (N-NH<sub>4</sub>) L'azote pouvant subir différentes transformations au cours d'un traitement biologique : passage de la forme ammoniacale à la forme nitreuse puis nitrique et retour à la forme gazeuse. Ainsi, on peut expliquer la réduction des teneurs en l'azote Kjeldahl à la sortie de la station.

### V-3-12 Orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)

La connaissance de la quantité des ions orthophosphates (50 à 90% du phosphore total des eaux usées urbaines) contenue dans les eaux résiduaires permet de vérifier si ce composé ne fait pas défaut pour envisager un traitement biologique de ces eaux.

La figure 37 et le tableau 15 représentent les variations des moyennes mensuelles des ions orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) pendant notre période d'étude ainsi que leurs pourcentages d'abattement dans les stations étudiées.



**Figure 37 :** variations des moyennes mensuelles des ions orthophosphates dans les eaux usées brutes et épurées des stations

Les rendements d'élimination des orthophosphates (tableau15) varient d'un mois à l'autre et d'une station à l'autre. Les pourcentages d'abattelements moyens enregistrés varient 76.78%, 55.89% et 82.84% respectivement pour les STEP 02, STEP04 et STEP 03. Le rendement épuratoire en phosphore des systèmes de traitement aérobie s'avèrent encore moins efficaces ; à l'exception de la consommation en phosphore qu'effectuent les microorganismes pour assurer leur subsistance (environ 2,3 grammes de phosphore par 100 gramme de biomasse) (HENKA, 2015).

**Tableau 15 :** Rendements d'élimination des ions orthophosphates

	Décembre	Janvier	Février	mars	Avril	mai	Rendement moyen%
STEP 02	75.95	85.50	91.24	71.30	43.10	65.37	72.08
STEP 03	67.56	48.78	68.28	33.90	51.46	65.37	55.89
STEP 04	77.27	78.71	72.47	79.65	94.53	94.41	82.84

## II-5 Comparaison des performances épuratoires entre les STEP

Les tableaux (16,17) ci-dessous résument d'une part les moyens mensuels des rendements d'élimination de la DBO<sub>5</sub>, DCO et MES dans les différentes stations et comparent les concentrations résiduelles aux normes de rejet fixées par les stations d'autre part. On peut synthétiser les données qu'insèrent les tableaux comme suit :

- Nous constatons que la STEP 02 présente de meilleurs rendements et ceci pour l'ensemble des charges polluantes.

- Pour les trois stations étudiées, les rendements d'élimination est en fonction du type de la charge polluante et varient dans le sens croissant : (DBO<sub>5</sub>, DCO et MES).

- Les concentrations résiduelles obtenues en termes de DBO<sub>5</sub>, DCO et MES pour les STEP02 et STEP03 sont conformes aux normes de rejet des stations.

- La STEP 04 s'avère moins performante vis-à-vis de l'élimination des polluants comparativement aux autres stations. Les concentrations résiduelles des polluants exprimées en DBO<sub>5</sub>, DCO et MES dépassent légèrement les normes de rejet.

**Tableau 16 :** Moyens mensuels des rendements d'élimination des charges polluantes.

	STEP 02	STEP 03	STEP 04
<b>DBO<sub>5</sub></b>	91.70%	89.24%	91.68%
<b>MES</b>	87.65%	85.40%	86.57%
<b>DCO</b>	88.28%	84.86%	86.48%

**Tableau 17 :** Comparaison des teneurs résiduelles des charges polluantes aux de normes de rejet fixées par la station

	STEP 02		STEP 03		STEP 04	
	Teneurs résiduelles	Norme de la station	Teneurs résiduelles	Norme de la station	Teneurs résiduelles	Norme de la station
<b>DBO<sub>5</sub> (mgO<sub>2</sub>/l)</b>	34.67- 47	≤40	30.67 -46	<40	40-55	>40
<b>MES (mg/l)</b>	26.5-47	<40	22.67- 40	<40	36.25-77.5	>40
<b>DCO (mgO<sub>2</sub>/l)</b>	93.5-131	< 125	83-109	< 125	95.8-179	> 125

## II-6 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons pu présenter les paramètres analytiques permettant d'évaluer l'efficacité du système lagunage aéré dans le milieu saharien dans la région d'oued souf. L'étude est portée sur le suivi de différents paramètres de pollution carbonée (DCO, DBO<sub>5</sub>), matière en suspension (MES) et pollution inorganique (azote et phosphore) au niveau des stations étudiées.

Les résultats ont montré que les rendements d'élimination varient selon le type de la charge polluante. La charge organique exprimée en DBO<sub>5</sub> s'avère mieux éliminée par le procédé de lagunage aérée ; le taux d'abattement atteint 91.70%, 89.24% et 91.68% respectivement pour les STEP 02, STEP 03 et STEP 04.

Le lagunage aéré apparaît donc comme une technique performante dans le traitement des eaux usées urbaines sous le climat saharien (hyper-aride), comme celui de la région d'oued souf.

# *Conclusion Générale*

L'objectif de ce travail est d'étudier l'efficacité du système lagunage aéré dans la région d'oued souf par le suivi de l'épuration des eaux usées dans trois stations d'épuration (**STEP 02, STEP 03 et STEP 04**).

Au cours de cette étude, on a donné un aperçu bibliographique sur les origines des eaux et les paramètres globaux permettant de contrôler leur pollution. Le rôle d'une station d'épuration des eaux est l'élimination de la pollution jusqu'à un niveau définie par la réglementation en vigueur pour assurer que le rejet des eaux traitées n'affecte pas le milieu récepteur et selon cette réglementation, les procédés de traitement sont mis en œuvre selon plusieurs niveaux de traitements.

Dans la région d'El Oued, le processus de traitement biologique des eaux usées dans l'ensemble des stations se base sur des lagunes aérées et il comprend un prétraitement avec dégrilleurs et déssableur, deux bassins d'activation primaire et secondaire ainsi que des lagunes de finition en post- traitement. Le traitement des boues est assuré par des lits de séchage.

Dans le chapitre cinquième de l'étude, on a décrit les protocoles expérimentaux relatifs aux analyses réalisées sur les eaux usées brutes et épurées et ceci pour contrôler les variations des paramètres indicateurs de pollution des eaux ( $DBO_5$ , DCO, MES,  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3$ ,  $P-PO_4^{3-}$ )

Nous avons constaté de l'ensemble des résultats obtenus que :

Le lagunage aéré apparaît donc comme une technique performante dans le traitement des eaux usées sous le climat saharien, comme celui de la région d'oued souf.

Pour les trois stations étudiées, les rendements d'élimination sont en fonction du type de la charge polluante. Ces rendements varient en fonction de la nature de polluants dans le sens croissant de la manière suivante : ( $DBO_5$ , DCO et MES) .

Quel que soit le type de la charge polluante, la STEP 02 a présentée de meilleurs rendements d'élimination comparativement aux deux autres stations.

L'épuration des eaux usées brutes arrivant aux STEP 02 et STEP 03 a pu aboutir à des concentrations résiduelles en différents polluants ( $DBO_5$ , DCO et MES) respectant les normes de rejet et ceci pour toute la période d'étude.

La STEP 04 s'avère moins performante vis-à-vis de l'élimination des polluants ( $DBO_5$ , DCO et MES) comparativement aux autres stations. Les concentrations résiduelles obtenues après traitement ont dépassées les normes de rejet de la station.

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que l'épuration des eaux usées par le système lagunage aéré est généralement efficace et satisfaisant. L'eau traitée au niveau de ces stations ne représente aucun danger pour l'environnement. Nous recommandons d'équiper le poste de prétraitement par un système de déshuilage-dégraissage pour assurer un bon fonctionnement des bassins d'aération. Pour améliorer la qualité des effluents traités et réduire le taux de matière azotée et phosphatée, il faut penser à ajouter une étape de traitement tertiaire tel que la filtration sur sable ou sur charbon actif.

*Référence bibliographique*



- ❖ **ALEXANDRE O., BOUTIN C., DUCHENE P., LAGRANGE C., LAKEL A., LIENARD A., ORDITZ D. (1997)** Filières d'épuration adaptée aux petites collectivités.
- ❖ **ARNOLD JD., STEVAN J. (1977)** Manuel de microbiologie de l'environnement. OMS., Genève. PP 1996-1997.
- ❖ **BAHRI A. (1987)** L'utilisation des eaux usées et des boues résiduelles en agriculture : l'expérience tunisienne. Compte rendu du séminaire sur les eaux usées et milieux récepteurs. Casablanca (Maroc), 9-11 Avril. pp. 1-19.
- ❖ **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.
- ❖ **BOEGLIN J.C. (1998)** Traitements biologiques des eaux résiduelles.
- ❖ **BOUMEDIENE M.A. (2013)** Mémoire Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues actives : Cas de la STEP Ain el Houtz, Diplôme de licence en hydraulique, Tlemcen.
- ❖ **BREMOND R., et VUICHARD, R. (1973)** Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement. SPEPE, Paris. 179 p.
- ❖ **CHOCAT. B. (1997)** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. Edition Techniques et documentations, Paris, pp1124.
- ❖ **DEGREMONT (2005)** Mémento technique de l'eau, 9ième Edition, technique et documentation, paris 1167P.
- ❖ **DEGREMONT (1978)** Mémento technique de l'eau : 8ème édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200p.
- ❖ **DEGREMONT (1989)** Mémento technique de l'eau usée, tome I, édition cinquantenaire : Lavoisier, paris (France).
- ❖ **DESJARDINS R. (1997)** Le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. Ecole polytechnique.
- ❖ **DHAOUADI H. (2008)** Etude Traitement des eaux usées urbaines (les procédés biologiques. d'épuration) Tunis.
- ❖ **ECKENFELDER W.W. (1982)** Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Ed. Lavoisier. Paris, 503p.
- ❖ **FARUQUIN. (2003)** L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau régional pour le proche orient et l'Afrique du nord. Caire egypte.68 p.
- ❖ **FRANCK. R. (2002)**, Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp165-239.

- ❖ **GAID A. (2007)** Traitement des eaux usées urbaines, France.
- ❖ **GOMELLA C., GUERREE H. (1978)** « les eaux usées dans les agglomérations urbain ou rurales :(2) le traitement », Edition Eyrolles, Parise, 277p.
- ❖ **GROSCLAUDE G. (1999)** L'eau : usage et polluant, Tome II. 4eme Edition : INRA, Paris. 11pp.
- ❖ **JORAD (2006)** journal officiel de la République Algérienne Démocratique.. Norme de rejet.
- ❖ **KABORE MATHIEU (1994)** Caractérisation des eaux du canal central d'Ouagadougou (charges polluantes, provenances, débits). Mémoire de fin d'études.
- ❖ **KHATALA A. (2016)** Station d'épuration Kouinine dans la wilaya d'El Oued. Suivi de traitement et aptitude des eaux épurées pour l'agriculture. Mémoire de Master, Université de Biskra.
- ❖ **KESSIRA M. (2013)** Politiques de soutien et cadre institutionnels. Valorisation des eaux usées épurées en irrigation. Synthèse internationale du projet sécurité d'utilisation des eaux usées en agriculture. Téhéran, Iran.
- ❖ **KETTAR, A. (2015)** Etude de fonctionnement de système de pompage et d'épuration des eaux de la nappe phréatique d'oued Souf et leur aptitude à l'irrigation. Mémoire Master. Université de Batna.
- ❖ **LAZAROVA V. et BRISSAUD. F. (2007)** Intérêts, bénéfiques et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. L'eau, l'industrie, les nuisances, no 299, p.29-39.
- ❖ **MARA D. D. (1980)** Sewage treatment in hot climates, Ed. John Wiley and Sons.168p.
- ❖ **MESSROUK H. (2011)** Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de Magister en chimie organique Option : chimie organique et physico-chimie moléculaire Ouargla.
- ❖ **BEKKOUCHE et M, Zidane F, (2004),** Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. de Ouargla.67p.
- ❖ **Dahou A et Brek A.,** Mémoire de Lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (Région d'Ouargla), (Jun, 2013)
- ❖ **GHEDEIRAMAR.H, (2016)** suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration Mémoire de Master, Université de d éloued.

- ❖ **METAHRI M.S. (2012)** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Diplôme de Thèse Doctorat, Spécialité Agronomie.
- ❖ **FAO.,** Etude L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage papier, 65p, (2003)
- ❖ **OMS (2013)** Directives Organisation Mondial de la Santé pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères. Aspects environnementaux.
- ❖ **ONA (2011)** Office National d'Assainissement direction de l'assainissement El-oued station d'épuration 02 Hassani Abdelkrim, 03 Sidi Aoun et 04 Reguiba.
- ❖ **ROTBARDT A., (2011)** Rapport final: Réutilisation des eaux usées traitées- perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action,
- ❖ **OUALI M. (1999)** Précis d'assainissement urbain. Office. Pub. Univ. Blida. 79p.
- ❖ **PERERA P. et BAUDOT B. (1991)** Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, France.
- ❖ **REJESK F. (2002)** « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.
- ❖ **RODIER J. (1996)** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Edition, Dénod, Paris, 1383 p.
- ❖ **RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAMBON P., CHAPSAUP H, RODI L., (1996)** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Ed. Dunod, Paris, 30-1086.8ème édition.
- ❖ **RODIER J. (2005)** analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>ième</sup> Edition : dunod, paris (France).
- ❖ **RODIER J. (2009)** analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9<sup>ième</sup> Edition : Dunod, paris (France).
- ❖ **SUSCHKA J., FERREIRA E. (1986)** Activated sludge respirometric measurements. Water Research, 20, 2, 137-144.