



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التّعليم العالبي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre  
Département de Biologie

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences biologiques  
Spécialité : Microbiologie appliquée

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme du Master

**Traitement des eaux usées par boues activées**  
**«Cas de la station d'épuration de la ville de Ain Defla»**

**Présenté par :**

Mme. Rouin Nabila.  
Mme . Bounedjar wafia.

**Soutenu devant les jurys :**

<b>Promoteur :</b> Mr. Aoun.O.	<b>MCB</b>	<b>Université Djilali Bounama Khemis Miliana</b>
<b>Présidente :</b> Mme.Ladadi.A	<b>MAA</b>	<b>Université Djilali Bounama Khemis Miliana</b>
<b>Examinatrice :</b> Mme. Laissaoui.A.	<b>MCB</b>	<b>Université Djilali Bounama Khemis Miliana</b>

Année universitaire:2018/2019

## Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes chers parents, pour tous leur sacrifices, leur tendresse, leur soutien et leurs prières  
tout au long de mes études.

Celle qui a su me consolider durant les moments les plus difficiles de ma vie, mon modèle  
d'affection et de bonté : Ma mère rabi yrhamha,

Celui qui m'a guidé par ses précieux conseils, qui a été toujours présent dans les pénibles  
moments : Mon père,

L'esprit noble de mon mari rabi yrhmo et mon très cher fils Abdelaziz.

A mes chères sœurs, Fatima Zohra, Mahdia, Amel, pour leurs encouragements permanents, et  
leur soutien moral

A mes chers frères M'hamed, Omar, Abdallah pour leur appui et leur encouragement.

A mes belles sœurs, et ses enfants

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire, que ce travail  
soit l'accomplissement de vœux tant allègues, et le fruit de votre soutien infaillible, muerai  
d'être toujours là pour moi.

Tous ceux qui, de loin ou de près, n'ont cessé de m'apporter leur soutien tout au long de mes  
études.

**Nabila**

## **Dédicace**

Je dédie ce mémoire à:

Mes parents:

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance,  
Decourage et de générosité.

Mon mari merci pour votre soutien et votre patience avec moi

A toute ma famille ainsi qu'à mes amis.

Mes professeurs de TTE qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir

Bien acquis.

**Wafia**

## **Remerciement**

Tout d'abord, On rend grâce à Dieu de nous avoir donné la volonté, la santé et la Force nécessaire pour effectuer cette tâche.

Nous remercions chaleureusement tous les professeurs qui ont Contribué à notre formation par leurs apports généreux en savoir.

Nous exprimons nos profonds remerciements à notre encadreur Mr. AOUN O. et a Mr. MOKHTAR RAHMANI B. le chef de laboratoire de la station d'épuration de la ville de Ain defla, et toute l'équipe de la STEP.

Pour son orientation pour ses précieux conseils et pour sa patience sans faille.

Pour le bon déroulement de ce projet.

Nous tenons également à remercier Mm. La présidente du Jury Madame Ladaidi. A, et a l'examinatrice des jurys Madame Laissaoui. A, qui sont acceptés d'examiner ce travail avec bienveillance.

Merci à tous ceux qui nous ont assistés pour accomplir ce modeste travail.

### Résumé :

L'épuration des eaux usées par boues activées à faible charge en stabilisation aérobie est un procédé de traitement constituant un outil de privilège pour l'assainissement des eaux usées. Les objectifs de ce travail visent à améliorer et à contrôler la qualité physicochimique (Température, pH, conductivité, teneur en matière en suspension (MES), demande chimique en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène (DBO) et microbiologique (biomasse épuratrices) des effluents de l'eau brute et épurée, de la station d'épuration (Ain Defla), avant et après traitement biologique par boues activées. Les résultats essentiels montrent qu'il y a une diminution importante (plus de 90%) de la teneur en MES, en DCO et en DBO dans les eaux traitées, et que leurs valeurs ne dépassent pas les normes de rejet : 30, 120 et 35 mg/l pour la MES, DCO, et DBO ; respectivement. L'observation microscopique de la boue activée révèle la dominance de quelques espèces appartenant aux protozoaires et métazoaires. Les résultats des tests sont conformes aux normes algériennes.

**Mots clés :** Eaux usées, boues activées, décanteur secondaire, épuration.

### المخلص:

تعتبر معالجة المياه العادمة بواسطة الحمأة المنشطة ذات التحميل المنخفض في التثبيت الهوائي عملية معالجة تشكل أداة امتياز لتنقية مياه الصرف. أهداف هذا العمل هي تحسين ومراقبة جودة الكيمياء الفيزيائية (درجة الحرارة، درجة الحموضة، الموصلية، محتوى المواد الصلبة العالقة، الطلب على الأكسجين الكيميائي، الطلب على الأكسجين البيولوجي والميكروبيولوجية (الكتلة الحيوية) أجهزة تنقية) النفايات السائلة من المياه الخام والمطهرة، من محطة تنقية (عين الدفلى)، قبل وبعد العلاج البيولوجي مع الحمأة المنشطة. تبين النتائج الرئيسية أن هناك انخفاض كبير (أكثر من 90%) في المياه المعالجة، وأن قيمها لا تتجاوز معايير التصريف: 30، 120 و 35 مجم / لتر بالنسبة للمواد الصلبة العالقة، الأكسجين الكيميائي، الأكسجين البيولوجي؛ على التوالي. تكشف الملاحظة المجهرية للحمأة المنشطة عن هيمنة بعض الأنواع التي تنتمي إلى البروتوزوا والميتازوان. نتائج الاختبار يتوافق مع المعايير الجزائرية.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، الحمأة المنشطة، المرشح الثانوي، التنقية.

### Abstract

The treatment of wastewater by activated sludge with low loading in aerobic stabilization is a treatment process constituting a privilege tool for the purification of wastewater. The objectives of this work are to improve and control the physicochemical quality (Temperature, pH, conductivity, suspended solids content (MES), chemical oxygen demand (COD), biological oxygen demand (BOD)) and microbiological (biomass purifiers) effluents from the raw and purified water, from the purification plant (Ain Defla), before and after biological treatment with activated sludge. The key findings show that there is a significant (over 90%) reduction in SS, COD and BOD in treated waters, and that their values do not exceed discharge standards: 30, 120 and 35 mg / l for the MES, COD, and BOD; respectively.

## *Résumé*

---

Microscopic observation of activated sludge reveals the dominance of some species belonging to protozoa and metazoans. The test results comply with Algerian standards.

Key words: Sewage, activated sludge, secondary clarifier, purification.

**Pb** : plomb.

**As** : arsenic.

**Hg** : mercure.

**Cd** : cadmium.

**Ni** : nickel.

**pH** : potentiel hydrogène.

**MES** : matière en suspension.

**DBO** : demande biologique en oxygène.

**DCO** : demande chimique en oxygène.

**K** : coefficient de biodégradabilité.

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : nitrites.

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

**ONA** : office national d'assainissement.

**MRE** : ministère des ressources en eau.

**OMS** : organisation mondiale de la santé.

**SE** : station d'épuration.

**AGV** : acides gras volatils.

**CV** : charge volumique.

**CM** : charge massique.

**PO<sub>4</sub>**: phosphore.

**EH** : équivalent habitant.

**µs/cm** : micro siemens par centimètre.

**CON** : conductivité.

**Sal** : salinité.

**mg/l** : milligramme par litre.

**T** : température.

## *Liste des tableaux*

---

<b>Tableau n°1 :</b> Normes limite de rejet des effluents liquides urbaines, après l'épuration, Algérie.....	10
<b>Tableau n°2 :</b> Normes de rejet de l'effluent liquide urbain, après l'épuration, France.....	10
<b>Tableau n° 3 :</b> Dénomination du procédé en fonction de la charge massique appliquée et valeur indicative des principaux paramètres du processus.....	22
<b>Tableau n°4 :</b> Avantages et inconvénient d'une filière à boues activée.....	23
<b>Tableau n°5 :</b> Le matériel, instrument et réactif utilisé .....	24
<b>Tableau n°6 :</b> Les variations des paramètres journalier physico-chimiques (T°C, pH, CON ms/cm, O <sub>2</sub> mg/l, Sal mg/l) avants et après la sortie du STEP de Ain Defla.....	30
<b>Tableau n°7 :</b> Les variations des principaux paramètres hebdomadaire de pollution (MES mg/l, DBO <sub>5</sub> mg/l, DCO mg/l) effectués avants et après la sortie du STEP.....	34
<b>Tableau n°8 :</b> Les variations des paramètres mensuels relative au cycle d'azotes (NT mg/l, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l, NO <sub>3</sub> <sup>+</sup> mg/l, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> mg/l, PT mg/l, po <sub>4</sub> <sup>-</sup> mg/l) effectués avants et après la sortie STEP .....	36
<b>Tableau n°9:</b> La microfaune présents dans la boue activée.....	39
<b>Tableau n°10 :</b> Les protozoaires de type (ciliés) présents dans la boue activée.....	40
<b>Tableau n°11 :</b> Les métazoaires présents dans la boue activée.....	41

## *Liste des figures*

---

<b>Figure n° 1:</b> Déshuileur et des sableurs.....	13
<b>Figure n° 2 :</b> Les boues d'épuration séchées.....	16
<b>Figure n°3 :</b> Schéma de traitement biologique aérobie à boue activée.....	16
<b>Figure n°4 :</b> Bassin d'aération (traitement biologique) de STEP Ain defla.....	20
<b>Figure n°5 :</b> Décanteur (clarificateur) .....	21
<b>Figure n°6 :</b> Echantillon à analysé d'eau brute et épurée. ....	25
<b>Figure n°7 :</b> Multi paramètre WTW 3430 pour la mesure de (T°C, pH, O2, Cond,Sal).....	26
<b>Figure n°8 :</b> Teste de MES pour l'eau brute.....	26
<b>Figure n°9 :</b> Teste de MES pour eau épurée.....	26
<b>Figure n°10 :</b> Armoires régulatrice DBO mètre.....	27
<b>Figure n°11 :</b> Teste de la DCO.....	27
<b>Figure n° 12 :</b> Teste de l'azote totale eau brute. ....	28
<b>Figure n° 13 :</b> Teste de l'azote totale eau épurée. ....	28
<b>Figure n°14 :</b> Teste en cuve de l'ammonium.....	28
<b>Figure°15 :</b> Teste de nitrate.....	29
<b>Figure n° 16 :</b> Histogramme des variations des paramètres journaliers physico-chimiques (T°C,) mg/l effectués avants et après la sortie du STEP.....	30
<b>Figure n°17 :</b> Histogramme des variations des paramètres journaliers de (PH) effectués avants et après la sortie du STEP de Ain Defla.....	31
<b>Figure n°18 :</b> Histogramme des variations des paramètres journaliers de (Con) effectués avants et après la sortie du STEP de Ain Defla.....	32
<b>Figure n°19 :</b> Histogramme des variations des paramètres journaliers de (O <sub>2</sub> ) effectués avants et après la sortie du STEP de Ain Defla.....	33
<b>Figure n°20 :</b> Histogramme des variations des paramètres journaliers de (Sal ) effectués avants et après la sortie du STEP de Ain Defla.....	34
<b>Figure n°21 :</b> Histogramme des valeurs moyennes des principaux paramètres hebdomadaire de pollution (DBO <sub>5</sub> mg/l, DCO mg/l, MES mg/l) effectués avants et après la sortie du STEP d'Ain Defla.....	35

*Liste des figures*

---

**Figure n°22 :** Histogramme des valeurs moyennes des paramètres mensuels relative au cycle d'azoté (NTmg/l,  $\text{NH}_4^+$  mg/l,  $\text{NO}_3^-$ mg/l,  $\text{NO}_2^-$ mg/l, PT mg/l,  $\text{po}_4^{3-}$  mg/l) effectués avants et après la sortie du STEP de la ville Ain Defla.....36

# **SOMMAIRE**

*Liste des abréviations*

*Liste des figures*

*Liste des tableaux*

Introduction 01

**PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

**Chapitre I : Généralité sur les eaux usées urbaines**

I.1 Définition d'une eau usée 02

I.2 Origines des eaux usées 02

    1.2.1. Rejets domestiques 02

    1.2.2. Rejets industrielles 02

    1.2.3. Rejets agricole 02

    1.2.4. Eaux de pluie et de ruissellement 02

I.3 Composition des eaux résiduaires urbaines 03

I.3.1. Matières particulaires 03

I.3.2. Eléments traces, minéraux ou organique 03

I.3.3. Substances nutritives 04

I.3.4. Microorganismes 04

I.4 Effet des eaux usées sur le milieu récepteur 05

I.4.1 Pollution des eaux usées 05

    I.4.1.1. Définition 05

    I.4.1.2. Principaux paramètres de la pollution 05

        I.4.1.2.1. Paramètres physiques 05

        I.4.1.2.2. Paramètres chimiques 06

I.5 Réglementation et normes 08

I.5.1 Principaux textes législatifs et réglementaires 09

    I.5.2 Aspect réglementaire et normes de rejet 09

**Chapitre II : Procèdes d'épuration des eaux usées**

II.1 Historique sur l'épuration des eaux usées 11

II.2 Nécessité de l'épuration d'eau **11**

II.3 Traitement des eaux usées urbaines et réutilisation 12

II.3.1 Prétraitement 12

II.3.2 Traitement primaire 13

II.3.3 Traitement secondaire 14

II.3.3.1 Traitement secondaire anaérobie 14

II.3.3.2 Traitement secondaire aérobie 14

II.3.4 Traitement tertiaire 17

II.3.5 Traitement des boues	17
II.3.6 Réutilisation des eaux usées traité	18
<b>Chapitre III : Epuration biologique des eaux usées urbaines par boues activées</b>	
III.1 Bref historique du traitement biologique par boues activées	19
III.2 Principes de l'épuration biologique par boues activées	19
III.3 Les procédés de l'épuration biologique par boues activées	19
III.3.1 Bassin biologique	19
III.3.2 Décanteur secondaire ou clarificateur	20
III.4 Caractéristiques du traitement par boues activées	21
III.5 Avantages et inconvénients de l'épuration par boues activées	23
<b>PARTIE PRATIQUE</b>	
<b>Chapitre IV : Matériel et méthodes</b>	
I.1. Encadrement de l'étude	24
I.2. Objectifs	24
I.3. Prélèvement et transport des échantillons	25
I.4. Analyses physicochimiques des eaux usées	25
I.5. Analyses microbiologiques	29
<b>Chapitre V : Résultats et discussion.</b>	
II. Résultats et discussion d'analyse physico-chimique	30
III. Résultats et discussion d'analyses microbiologie	38
<i>Conclusion</i>	42
<i>Références bibliographiques</i>	43
<i>Annexes</i>	

# **INTRODUCTION**

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel; elle est une ressource vitale pour l'homme et également pour les activités agricoles, économiques,...etc.. Cependant, elle est considérée comme le réceptacle universel de tout type de pollution (Devaux , 1999).

La croissance alarmante de la pollution des eaux par des matières diverses, organiques ou non : pesticides, détergents, métaux lourds et d'autres substances toxiques, représente un réel danger pour l'environnement et cause de sérieux problèmes à l'humanité (Haggblom et young, 1990). Les eaux usées qu'elles soient industrielles ou ménagères ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel. (Ladjel F, 2006)

Les procédés de traitement des eaux usées urbaines à boues activées sont les plus utilisés dans la dépollution de l'eau, par conséquent elles devraient être dirigées vers des stations d'épuration dont le bassin d'aération et le décanteur secondaire sont les deux ouvrages les plus importants Selon les hauteurs (Rodier J et al. 2009).

Le but de ce travail est de contrôler et d'évaluer l'ensemble des paramètres, physicochimiques et microbiologiques, tels que : la température ( $T^\circ$ ), potentiel hydrogène (pH), oxygène dissous ( $O_2$ ), conductivité, salinité, matières en suspension( MES),demande chimique en oxygène ( DCO),demande biologique en oxygène ( DBO<sub>5</sub>), nitrites( $NO_2^-$ ),nitrates ( $NO_3^-$ ),phosphates (  $PO_4^{3-}$ ), ammonium ( $NH_4^+$ ).....etc.), des eaux usées de la station d'épuration de la wilaya de Ain Defla, et cela avant après leur traitement par boue activé.

Pour cela, le travail est subdivisé en deux parties :

- Une partie bibliographique consacrée, à la connaissance de la constitution, l'origine et l'effet des eaux usées sur l'environnement, et, à la présentation de divers procédés de traitement que doivent subir les eaux usées avant d'être rejetées en milieu naturel, sans omettre les différents usages possibles des eaux traitées.
- Une partie pratique qui regroupe deux chapitres :Le premier exprime la méthodologie suivie pour la réalisation du travail, et le deuxième chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion.

**PARTIE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

### **I.1 Définition d'une eau usée**

La pollution de l'eau est définie comme, une modification défavorable ou nocive des caractères physico-chimiques et biologiques, produit par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit.

Les eaux usées sont formés par des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué qui sont rejetées dans un émissaire d'égout. Ils regroupent les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux Ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines). (Baumont et al. 2004).

### **I.2 Origines des eaux usées**

#### **I.2.1. Rejets domestiques**

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les personnes pour les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, elles sont retrouvées dans les égouts. Elles constituent (Baumont et al. 2005) : 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 ; et, des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes (Chocat, 1997; Rejsek, 2002).

#### **I.2.2. Rejets industriels**

Sont les rejets des usines, aussi les activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc. Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

Soit ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;

Soit ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;

Soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel. (Baumont et al. 2005).

#### **I.2.3. Rejets agricoles**

Ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole tell qu'agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole Il s'agit principalement:

Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation);

Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,..) (Catherine, Alain et Jean 2008).

#### **I.2.4. Eaux de pluie et de ruissellement**

L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, elle entraîne des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (Bontoux, 1993). Les deux types d'eau sont collectés par deux réseaux. On distingue :

- Les réseaux unitaires : un seul collecteur permet le transport des eaux usées et des eaux pluviales. La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors à la station d'épuration sont très variables (OI. Eau, 2005).
- Les réseaux séparatifs : deux réseaux sont mis en place, l'un pour collecter les eaux usées, l'autre pour les eaux de ruissellement. En principe, seules les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour traitement, c'est-à-dire que les eaux de pluie ne sont pas traitées mais rejetées directement. (Baumont et al., 2005).

### **I.3 Composition des eaux résiduaires urbaines**

En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire. Peuvent être classées en quatre groupes : les matières particulaires, les éléments traces minéraux ou organiques, les substances nutritives et les microorganismes (Baumont et al. ; 2005).

#### **I.3.1 Matières particulaires**

On parle la matière en suspension ou MES qui expliquent qu'elles se retrouvent en suspension dans l'eau, des particules de grande taille supérieure à 10 µm et des matières colloïdales. On peut éliminer ces matières par des traitements physiques simples de décantation ou de filtration. Elle est de nature organique (fragments d'aliments ou résidus de digestion) ou de nature minérale (sables ou argiles). Son rejet dans le milieu naturel réduit la purification de ce milieu, limitant la vie des organismes photosynthétiques et entraînant des dépôts qui peuvent perturber la vie benthique et crée un envasement du cours d'eau. La pollution particulaire est appréciée par la détermination de la concentration en MES et turbidité de l'eau (Rejsek, 2002).

#### **I.3.2 Eléments traces, minéraux ou organiques**

Les micropolluants organiques et non organiques résultent d'une pollution Multiple et complexe, les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination se fait par voie indirecte, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées, tel que les métaux lourds ou les pesticides. (Baumont et al. ; 2005).

##### **➤ Métaux lourds**

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux (de l'ordre de quelques mg/l). Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces (Cauchi et al., 1996). Les éléments les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) (Vilagines, 2004).

##### **➤ Matières organiques**

Ces matières organiques proviennent surtout des sanitaires et des cuisines, sous forme de protides, glucides (sucres), lipides (graisses), urée et produits du métabolisme et de dégradation.

La plupart des matières biodégradables proviennent des matières organiques, alors que les matières minérales sont plus généralement non biodégradables. Les matières biodégradables représentent l'ensemble des composés transformables par des organismes vivants (bactéries). Cette transformation peut se réaliser en présence ou absence d'oxygène. (Berland et al., 2001; Rejsek, 2002).

### I.3.3 Substances nutritives

Dans l'eau usée on trouve une quantité très importante des nutriments, ces nutriments constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture et en gestion des paysages (Chen et al., 2003). Les éléments qu'ils existent dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le bore et le soufre. D'une part, l'azote présent dans les eaux résiduaires provient principalement des déjections humaines.

Les urines présentent à 85% essentiellement sous forme d'urée, d'acide urique et d'ammoniaque. Par ailleurs, les eaux de cuisine véhiculent des protéines comportant des acides aminés, et certains agents de surface qui incluent dans leurs molécules des radicaux azotés.

Ces éléments se trouvent en quantités bien déterminées, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes. Et aussi, la présence de matière organique sous différentes formes dans l'eau usée (solides en suspension, éléments colloïdaux et matières dissoutes) peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol (FAO, 2003).

### I.3.4 Microorganismes

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (Belaid, 2010).

#### ➤ Bactéries

Les bactéries sont les microorganismes généralement les plus rencontrés dans les eaux usées (Toze, 1999). Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries/100 ml dont la plupart sont des proteas et des entérobactéries,  $10^3$  à  $10^4$  streptocoques et  $10^2$  à  $10^3$  clostridium. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de  $10^4$  germes/l. Parmi les plus détectées sont retrouvées, les salmonelles, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux.

Les coliformes thermo tolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau. Dans 100 ml d'eau résiduaire sont dénombrés le plus souvent de  $10^7$  à  $10^8$  coliformes totaux et  $10^6$  à  $10^7$  coliformes fécaux (Belaid, 2010).

#### ➤ Virus

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux, nous citerons les entérovirus (exemple : polio), les rota virus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries (Aulicino et al., 1996).

#### ➤ Protozoaires

La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Se résistent les procédés de traitements des eaux usées par une forme appelée kyste (Baumont et al., 2005).

Ainsi, selon les conditions du milieu, ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voire même plusieurs années. En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (Campos, 2008).

#### ➤ Helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites rencontrés dans les eaux résiduaires. Le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et  $10^3$  germes/l (Faby et Brissaud, 1997). Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs.

Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires (Campos, 2008). Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taeniasaginata*.

### I.4 Effet des eaux usées sur le milieu récepteur

En effet plusieurs environnements aquatiques sont été pollués par des composés chimiques toxiques, notamment les mers et les rivières où on observe des marées noires qui causent la mort des poissons, suite à l'intoxication due à ces composés en plus des autres substances pharmaceutiques dont les principales sources sont les eaux usées et les rejets industriels (Kimura et al., 2004). Parmi ces composés, on peut citer les hydrocarbures polycycliques, les alkyphénols, chlorophénols, phtalates, les pesticides et les résidus pharmaceutiques actifs (Belgiorno et al., 2007).

#### I.4.1 Pollution des eaux usées

##### I.4.1.1. Définition

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation douteuse et/ou perturbe l'écosystème; elle peut concerner les eaux superficielles et/ou les eaux souterraines ayant pour origine principale l'activité humaine (Boulaha, Smail et Zerrouki, 2014).

##### I.4.1.2. principaux paramètres de la pollution

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, aussi se réfère-t-on à quelques Paramètres pour les caractériser. Ils sont généralement exprimés en mg/L.

##### I.4.1.2.1. Paramètres physiques

###### ➤ Température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz en particulier la conductivité électrique et dans les variations du PH. Son augmentation peut perturber fortement la vie aquatique, on parle « la pollution thermique ». Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures 28 à 32 °C par contre, elle est fortement diminuée pour de températures 12 à 15 °C et elle s'arrête pour des températures inférieurs à 5°C (Rodier, 2005).

###### ➤ Couleur

La coloration d'une eau signifié la présence de composés dissous. La mesure normalisée de la coloration s'effectue soit par comparaison avec une gamme de concentration comme de solutions colorées, soit par mesure Spectrophotométrie (Attab, 2013).

➤ **Matières en suspension (MES)**

Il s'agit des matières non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et minérales (Gaid, 1984). Les MES sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande partie des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble (Faby, 1997).

➤ **Conductivité électrique**

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces dissous et de leur concentration (Rejsek, 2002).

➤ **Turbidité**

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité signifie la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) (Abibsi, 2016).

#### **I.4.1.2.2. Paramètres chimiques**

➤ **Potentiel hydrogène (pH)**

Ce paramètre mesure la concentration des protons  $H^+$  contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux.

Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques, de 6 à 9, donc elle n'influe pas sur le pH de milieu récepteur mais les effluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH (Rodier, 1996).

➤ **Demande biologique en oxygène (DBO)**

La DBO représente la quantité d'oxygène utilisée par la bactérie, pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau. L'indicateur utilisé est généralement la DBO<sub>5</sub> qui correspond à la quantité d'oxygène (exprime en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée (De Villers et al., 2005).

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

La DCO exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant : le bichromate de potassium. En fait, il est très difficile de doser quantitativement les matières organiques, leur composition s'oxydant plus ou moins complètement. Il est toutefois possible de se faire une idée de la quantité de la matière organique présente par utilisation de tests simples. Les oxydants les plus utilisés sont le bichromate de potassium et le permanganate de potassium (Bremond et Vuichard, 1973).

➤ **Biodégradabilité (K)**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que  $K = DCO/DBO_5$

- Si  $K < 1.5$  : cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matière fortement biodégradables ;
- Si  $1.5 < K < 2.5$  : cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradable.
- Si  $2.5 < K < 3$  : les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si  $K > 3$  : les matières oxydables sont non biodégradables.

#### ➤ Oxygène dissous

L'un des plus importants indicateur sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau et il est exprimé mg/l ou en pourcentage de saturation. Il participe à la majorité des processus chimique et biologique en milieu aquatique.

Sa solubilité est fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne dépasse rarement 10 mg/l. elle est fonction de l'origine de l'eau ; L'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l (ladjel, 2006).

#### ➤ Phosphore

Le phosphore est un élément nutritif essentiel aux organismes vivants qui entraîne une croissance excessive des végétaux aquatiques (eutrophisation accélérée) lorsqu'il est trop abondant. Il permet de déterminer le niveau trophique des eaux d'un lac et de déceler la présence de pollution nutritive dans un tributaire.

#### ➤ Azote

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH<sub>4</sub>.

Azote Kjeldahl = Azote ammoniacal + Azote organique (Gaujous, 1995).

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux. L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH<sub>3</sub> et l'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température.

L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal ; en milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates; ce qui induit une consommation d'oxygène (Taramoul, 2007).

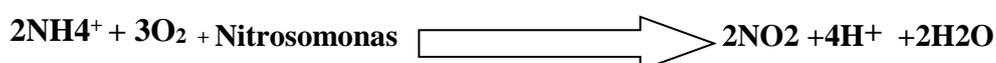
#### ➤ Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

##### Nitrification

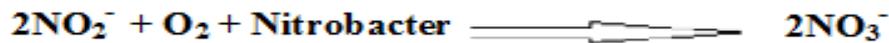
C'est une transformation chimique de l'azote organique en nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) par des organismes dits nitrifiants. La nitrification a lieu en trois étapes dans les conditions d'aérobiose

L'ammonification où l'azote organique est converti en ammoniac (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) par l'intermédiaire des hétérotrophes.

La nitrification est effectuée par les nitritants dont la majorité appartient à l'espèce Nitrosomonas. Ces autotrophes sont responsables de l'oxydation de l'ion ammoniac (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) en nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). La réaction totale est de la forme :



La nitratisation qui est accomplie par les nitratant de l'espèce Nitrobacter. Ces Cellules autotrophes effectuent l'oxydation du nitrite en nitrate. La réaction s'effectue comme suit :



### ➤ Dénitrification

C'est un processus de conversion du nitrate effectué par les hétérotrophes facultatifs sous les conditions d'anoxie. La dénitrification peut avoir lieu selon deux activités biologiques différentes :

- ✓ L'assimilation où le nitrate est réduite en ammoniac qui peut servir comme source d'azote pour la synthèse cellulaire. L'azote est donc éliminé par incorporation à la matière cytoplasmique. Mais cette activité est relativement négligeable.
- ✓ La dissimilation joue un rôle très important dans l'élimination totale du nitrate.
- ✓ Certains micro-organismes facultatifs (à la fois aérobies et anaérobies) ont la capacité de se servir de l'oxygène fixé dans la molécule  $\text{NO}_3$  lorsqu'ils se trouvent plantés dans des conditions d'anoxie, c'est-à-dire d'absence d'oxygène dissous.
- ✓ Le nitrate joue le rôle d'accepteur final d'électrons qui est converti en azote moléculaire au cours de la réaction d'oxydation. L'azote est donc éliminé par échappement du dioxyde d'azote gazeux  $\text{N}_2$ . Le méthanol est utilisé comme source d'énergie c'est à dire comme donneur d'électrons (Rodier, 2009). Le processus de conversion s'effectue en deux étapes:



## I.5. Règlementation et normes

Dans le cadre de la préservation de notre environnement, une auto-surveillance est donc imposée aux stations d'épuration et aux industries afin de responsabiliser les industriels sur la qualité de leurs rejets. La réglementation et normes sur le rejet des effluents liquides industriels exigés aux industries et aux stations d'épuration municipales sont de plus en plus strictes au niveau mondial.

En Algérie, la pénurie d'eau est plus importante dans les zones arides et semi-arides et à cause des conditions climatiques. La pénurie de l'eau en Algérie nécessite une politique de management éclairée, des législations fortes et harmonisée dans la lutte contre toutes les sources de pollution hydrique et pour une gestion rationnelle des ressources en eau.

### I.5.1 Principaux textes législatifs et réglementaires

Les listes des principaux textes législatifs et réglementaires concernant la pollution, l'assainissement et la gestion de l'eau, sont :

- Décret exécutif n°98-156 du 19 Moharram 1419 correspondant au 16 mai 1998 définissant les modalités de tarification de l'eau à usage domestique, industrielle, agricole et pour l'assainissement ainsi que les tarifs y afférents.
- Décret exécutif n°01-102 du 27 Moharram 1422 correspondant au 21 avril 2001 portant création de l'office national de l'assainissement.

- Loi n° 03-10 du Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 Juillet 2003, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.
- Décret exécutif n°10-23 du 26 Moharram 1431 correspondant au 12 janvier 2010 fixant les caractéristiques techniques des systèmes d'épuration des eaux usées.
- Décret exécutif n° 10-275 du 27 Dhou El Kaada 1431 correspondant au 4 novembre 2010 fixant les modalités d'approbation de la convention de délégation des services publics de l'eau et de l'assainissement.
- Décret exécutif n° 10-88 du 24 Rabie El Aouel 1431 correspondant au 10 mars 2010 fixant les conditions et les modalités d'octroi d'autorisation de rejets d'effluents non toxiques dans le domaine public hydraulique.
- Décret exécutif n° 11-262 du 28 Chaâbane 1432 correspondant au 30 juillet 2011 portant création de l'agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau « AGIRE ».

L'objectif principal de ces textes, est de présenter les moyens qui ont été entrepris jusqu'à ce jour, par le ministère des ressources en eau (MRE) et l'Office National d'Assainissement (ONA) pour restaurer et protéger notre environnement et pour but principal de diminuer l'eutrophisation des milieux naturels et d'interdire de déverser dans le milieu naturel sans traitement.

- Ces textes visent également la bonne marche des stations d'épuration. Ainsi que l'ONA doit être assuré l'application de cette réglementation pour :

-La protection des ressources et de l'environnement hydrique, sur tout le territoire national. Cette politique nationale d'assainissement doit être menée en concertation avec les collectivités locales.

-La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique et la préservation des réseaux de collecte des eaux usées, des stations de relevage, des stations d'épuration, des émissaires en mer, dans les périmètres urbains et communaux ainsi que dans les zones de développement touristique et industriel.

- La préservation de la santé publique.

### **I.5.2 Aspect réglementaire et normes de rejet**

La loi n° 03-10 du 19 Juillet 2003, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable a pour but la mise en œuvre d'une politique nationale de protection de l'environnement. Elle fixe les principes fondamentaux et les règles de gestion de l'environnement à savoir : la protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles; la restauration des milieux endommagés, la prévention et la lutte contre toute forme de pollution et nuisance; l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie, la promotion de l'utilisation rationnelle des ressources naturelles disponibles.

Les exigences concernant les rejets dans le milieu naturel des eaux résiduaires urbaines et industrielles ou par les stations d'épuration des eaux usées sont fixées par les décrets exécutifs n° 06-141 du 19 Avril 2006 et n°10-23 du 12 janvier 2010.

Tableau 1-1 comporte les concentrations limites des rejets d'effluents liquides fournies dans le Décret exécutif n° 06-141 et concernant seulement les indicateurs de pollution de rejet des stations d'épuration.

**Tableau n°1 :** normes limite de rejet des effluents liquides urbaines, après l'épuration, Algérie.

Paramètres	Décret exécutif n °06-141 du 19 avril 2006		
	Unité	Valeur limites	tolérances
Température	°C	30	30
PH	--	6.5-8.5	6.5-8.5
MES	mg /l	35	40
DCO	mg/l	120	130
DBO5	mg/l	35	40
NTK	mg /l	30	40
Composé organique chloré	mg /l	5	7
Phosphore (pt)	mg /l	10	15
Huiles et graisses	mg /l	20	30

Notons que le décret exécutif n° 06-141 du 19 Avril 2006 fixe les valeurs limite de rejet d'effluents liquides industriels. Cependant, ce décret ne spécifie pas d'une manière claire les normes des différentes eaux usées (industrielles, urbaines, etc.), qui devraient être données en fonction des charges traitées et calculées pendant 24 heures.

En particulier, en comparaison avec les nouvelles normes de la directive européenne n° 91/271/CEE du 21 mai 1991, relatives aux traitements des eaux urbaines résiduaires. Nous résumons dans le tableau 1-2 les performances et les valeurs limites de rejet en fonction des flux de pollution journaliers de l'Arrêté du 22 juin 2007 du Journal Officiel de la République Française, pour des installations de traitement de la pollution urbaine et industrielle.

**Tableau n°2 :** Normes de rejet des effluents liquides urbaines, après l'épuration, France

Paramètres	Arrêt du 22 juin 2007 du journal officielle –France		
	Charge brute	Concentration	rendement
Température	-	Inferieur à 25°C	-
PH	-	6.0-8.5	-
MES	Toutes charges	35 mg/l	90%
DCO	Toutes charges	125mg/l	75%
DBO5	120exclu à 600 inclus	25mg /l	70%
	>600	25mg /l	80%
AZOTE(NGL)	600exclu à 6000 inclus	15mg/l	70%
	>6000	10mg/l	70%
Phosphore (PT)	600exclu à 6000 inclus	2mg/l	80%
	>6000	1mg/l	80%

Cet arrêté (du 22 juin 2007 du Journal Officiel de la République Française), relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité, et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO5, répond à l'échéancier donné par la directive européenne n° 91/271/CEE du 21 mai 1991 et celui de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

**CHAPITRE II :**  
**Procédés d'épuration des**  
**eaux usées**

**CHAPITRE II :**  
**Procédés d'épuration des**  
**eaux usées**

## **II.1 Historique sur l'épuration des eaux usées**

Traitement des eaux usées a été pratiqué depuis plus de 3000 ans.

La première installation de traitement aux Etats-Unis, à partir d'une base historique, était à San Antonio, Texas, en 1901 (Morel, 1996). Cette opération a utilisé un système de bassins dans le procédé de traitement primaire.

A partir de 1920, on a assisté à un large développement du lagunage à travers le monde (Etats unis, Canada, Australie, Suède). Toute fois pour la construction des différents bassins, il n'y avait aucun calcul, aucune étude préalable. On aménagea les lagunes en fonction de la topographie du sol existant et de configuration du terrain disponible.

En 1964, une enquête d'une organisation mondiale révèle que sur les 39 pays qui utilisent les bassins de stabilisation du monde seulement sept pays d'Europe utilisent le système d'épuration par lagunage (parmi lesquels : Finlande, pays bas, Roumanie). Les états unis détiennent le plus grand nombre d'installations de lagunage, en 1962, on en comptait environ 3250 et plus de 7500 en 1984 dont la moitié traite les eaux domestiques, le reste les rejets industriels.

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement, comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration. En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %. Le volume annuel des eaux usées est estimé à 532 millions de m<sup>3</sup> correspondent aux agglomérations de taille supérieure à 9.621.714 habitants. Au cours de ces dernières années, le Ministère des Ressources en Eau (MRE) a entrepris la mise en œuvre d'un important programme d'investissement concernant la réalisation de 100 stations d'épuration (STEP) et la réhabilitation de 42 autres, dont deux en exploitation. Ceci a porté le nombre actuel des STEP existantes et en exploitation de 142 avant la fin de Juillet 2017, le volume mensuel des eaux épurées est de 19,6 Millions de m<sup>3</sup>. À noter aussi que 50 STEP sont actuellement en cours d'étude ou en étude de réhabilitation, ce qui a permis d'atteindre un parc de 180 STEP à l'horizon 2030 (DAPE, 2006; ONA, 2017).

## **II.2 Nécessité de l'épuration d'eau usée**

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qu'assistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la santé publique et d'une façon générale, avec les exigences des

diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives).

### **II.3 Traitement des eaux usées urbaines et réutilisation**

#### **II.3.1 Prétraitement**

Ils permettent d'éliminer la fraction la plus grossière, afin de ne pas gêner les opérations ultérieures. Ce sont le dégrillage, le dessablage, le dégraissage également appelé déshuilage.

##### **➤ Dégrillage**

Il s'agit d'éliminer les éléments de grandes dimensions qui se trouvent dans l'eau d'égout brute (chiffons, matières plastiques, etc.) et qui pourraient perturber le fonctionnement hydraulique de la STEP. Pour ce faire, on intercale une grille, dont les barreaux ont un écartement de l'ordre du centimètre (Brame, 1986).

##### **➤ Dessablage**

Après le dégrillage, il reste encore dans l'eau des fragments qui peuvent décanter facilement, mais dont la dureté et la taille sont relativement importantes, supérieure à 0,2 mm de diamètre, et qui pourraient conduire à l'abrasion de certains éléments de la station et particulièrement les pompes, on élimine ces matériaux facilement décantables dans de petits bassins rectangulaires ou circulaires (Brame, 1986).

##### **➤ Déshuilage**

Les eaux usées urbaines contiennent souvent des matières flottantes qui passent à travers les grilles (huiles, hydrocarbures, débris de graisse, etc.). Les huiles et hydrocarbures forment une couche mince en surface et gênent ainsi le processus d'aération dans le cas des boues activées, il est donc nécessaire de piéger ces substances au niveau du prétraitement par un dispositif d'écumage (Brame, 1986).



**Figure n°1** : déshuileur et déssableure de la station d'épuration de la ville Ain Defla.

### II.3.2 Traitement primaire

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique et a pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables.

Trois voies de traitement sont possibles

La décantation (processus physique) : le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation.

La flottation (processus physique) : par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient.

La décantation associée à l'utilisation d'un coagulant-floculant (voie physicochimique):le principe est ici de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation de façon à augmenter la Sédimentation grâce à l'obtention de floccs plus gros.

Durant la phase de traitement primaire, une quantité importante de la pollution totale est éliminée (abattement des matières en suspension pouvant atteindre 90 % et de la demande biochimique en oxygène de l'ordre de 35 % (Cardot, 1999). La DCO et la concentration en azote peuvent également être réduits durant cette phase de traitement. (Byassompierre, 2007).

### I.3.3 Traitement secondaire

Traitement secondaire a pour objectif principal l'élimination des composés solubles d'origine organique. Parallèlement, la floculation de la biomasse permet de piéger les matières en suspension restant à l'issue du traitement primaire.

Le principe de ce traitement est de mettre en contact la matière organique contenue dans les eaux usées avec une population bactérienne (Bassompierre, 2007).

Les procédés de traitement secondaires sont fondés sur la digestion microbienne à la fois en présence ou en absence d'oxygène pour réduire la concentration en matières organique (Madigan et Martinko ,2007).Peuvent être classées en procédés aérobies et anaérobies.

#### II.3.3.1 traitement secondaire anaérobie

Le principe de la digestion anaérobie est décrit comme la conversion de la matière organique en biomasse et en biogaz, il s'effectue en deux phases principales:

- Une phase acide de liquéfaction (hydrolyse) des composants organiques aboutissant à la formation d'acides gras volatils (AGV).
- Une phase de gazéification dont les produits finals essentiellement de méthane (CH<sub>4</sub>) et de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) (Boeglin, 2001).

D'emblée on peut rappeler que les systèmes de traitement anaérobie sont réputés plus économiques que les systèmes aérobies du fait de l'économie d'énergie, de la faible production de boue, et la possibilité de réutiliser le biogaz produit, qui est converti parfois en énergie électrique ou mécanique (Effebi, 2009).

#### II.3.3.2 traitements secondaires aérobies

Les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène. Deux grandes familles peuvent être distinguées : les procédés à cultures fixes (microorganismes fixés sur des supports), les procédés à culture libre (micro-organismes maintenus en suspension dans le mélange à épurer). Nous pouvons citer les plus courantes (Degremont, 2005):

##### ➤ procédés aérobies à culture fixée

Les procédés par cultures fixées utilisent un matériau support fixe (lits bactériens) ou des éléments rotatifs (disques biologiques) sur lesquels se développent des cultures bactériennes.

##### **Lit bactérien**

C'est le plus ancien procédé biologique utilisé. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre ; de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique, sur lequel On fait passer l'effluent. La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation

bactérienne) ni trop lent (pour une bonne évacuation des MES en excès). Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement les virus et les bactéries (respectivement 30 à 40 % et 50 à 95 %) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90 %) et les kystes de protozoaires (83 à 99 % des kystes d'*Entamoebahistoltytica*) (Belgiorno et al., 2007), (Kimura et al., 2004)

### **Bio-disques**

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

### ➤ **Procédés aérobies à culture libre**

#### **Lagunage**

Le principe du lagunage repose essentiellement sur la dégradation de la matière organique contenue dans les eaux usées par une chaîne alimentaire de micro-organismes colonisant successivement les différents bassins et se livrant à des phénomènes de compétition et de prédation où le rendement photosynthétique est important avec une prolifération d'algues sous l'effet conjugué de la présence des dérivés azotés et phosphorés dans l'eau (Oueslati et al., 2000). Le lagunage a été reconnu comme l'un des procédés les plus efficaces en matière d'élimination des germes pathogènes ; et ce, surtout en raison des très longs temps de séjour qu'il développe par rapport aux autres technologies d'épuration (Nameche et al., 1996).

Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu (Zobeidi et al., 2015). Les espèces varient en quantité et en nature selon les caractéristiques du milieu : nature des effluents à traiter, charge organique, conditions climatiques, profondeur d'eau (Diette et Vimont, 2007).

#### **Boues activées**

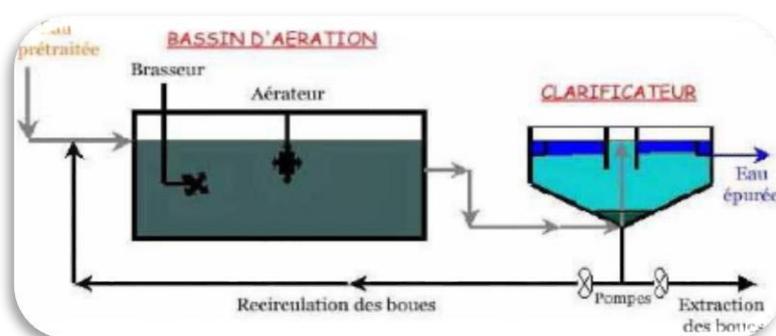
Les traitements réalisés en station d'épuration consistent à dégrader et séparer les polluants de l'eau (particules, substances dissoutes, microorganismes) par des procédés physiques, chimiques et biologiques pour ne restituer au milieu aquatique qu'une eau de qualité suffisante au regard du milieu récepteur. Le résultat de ces opérations est la production de boues qui est le principal sous-produit du cycle de traitement de l'eau. Donc les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un prétraitement obligatoire (Céline PERNIN 2003).



**Figure n°2:** les boues d'épuration séchées (Céline PERNIN 2003).

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas :

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice.
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne.
- Un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération de la boue biologique récupérée dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) de micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration recherché.
- Un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du plus de culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat,
- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.
- Un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture, (Dégriment., 1972).



**Figure n°3:** schéma du traitement biologique aérobie à boue activée (Dégriment., 1972).

### II.3.3.3 Traitement tertiaire

Les traitements complémentaires sont des opérations physiques, chimiques ou biologiques, qui permettent d'améliorer les caractéristiques d'une eau résiduaire après un traitement biologique ou un traitement physicochimique. On leur fait appel lorsqu'il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire du milieu récepteur ou en raison d'une réutilisation immédiate de l'eau épurée, comme eau industrielle ou agricole, ou indirecte, rejet ou réalimentation de nappe.

Il s'agit en fait d'affiner l'eau en poussant l'épuration le plus loin possible avec la possibilité de viser deux objectifs différents : L'amélioration des performances sur les paramètres classiques (MES, DBO5, DCO) Le traitement tertiaire est alors un affinage qui peut être obtenu par différentes techniques, filtration sur sable, adsorption sur charbon actif.

L'action spécifique sur un paramètre qui n'est que peu ou pas touché par les traitements classiques, c'est le cas de la désinfection (chloration ou ultraviolet), par laquelle on s'attache à réduire la pollution bactérienne, ou des procédés visant l'élimination des éléments nutritifs (azote ou phosphore) par des traitements biologiques (nitrification et dénitrification de l'azote

Ou physicochimiques (précipitation du phosphore) (Rejsek, 2002).

Les eaux usées bénéficiant d'un traitement tertiaire contiennent si peu de nutriments qu'elles ne peuvent permettre une forte croissance microbienne. Le traitement tertiaire est la méthode la plus complète pour traiter les eaux d'égouts, mais elle n'a été généralisée en raison de son coût (Madigan et Martinko, 2007).

### II.3.3.4 Traitement des boues

L'épuration des eaux résiduaires urbaines aboutit à la production régulière de sous-produits constitués par les boues en provenance de décanteurs primaires et/ou secondaires, soit en moyenne 40 à 50 g de matières sèches par jour et par habitant. Ces boues, avant leur élimination, subissent un traitement adapté à leur nature ainsi qu'à leur destination, afin :

D'en réduire le volume, en éliminant l'eau (les boues sont, en effet, extraites liquides du système de traitement de l'eau). Ceci est réalisé par un procédé d'épaississement qui est une concentration de la boue par décantation puis par un procédé de déshydratation permettant d'éliminer une quantité d'eau liée aux MES plus importante, par filtre presse ou centrifugation.

D'en réduire le pouvoir fermentescible par stabilisation en diminuant le taux des matières organiques qui peuvent fermenter dans le milieu naturel sous l'action des microorganismes. La stabilisation peut être réalisée par manière biologique grâce aux

bactéries contenues dans les boues en aérobiose (stabilisation aérobie par aération prolongée des boues) ou en anaérobiose (digestion anaérobie des boues avec production de biogaz).

Le problème des boues se pose en termes d'évacuation; trois solutions sont possibles:

- La mise en décharge des boues stabilisées et déshydratées mais n'est plus réalisable à partir de 2002.
- La valorisation agricole par épandage sur des sols agricoles où elles vont jouer un rôle d'engrais. Elles sont utilisées sous forme liquide, solide ou sous forme de compost, mais toujours stabilisées.
- L'incinération qui présente un intérêt pour les boues auto combustibles, c'est-à-dire fraîches et déshydratées avant leur évacuation (Rejsek, 2002).

#### **II.3.4. Réutilisation des eaux usées traité**

Dans les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an (Lazarova et Brissaud, 2007).

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans les eaux usées, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture (Hamoda, 2004). Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre. Une lame de 100 mm d'eau résiduaire traitée peut apporter à l'hectare de terre agricole : de 16 à 62 kg d'azote, de 2 à 69 kg de potassium, de 4 à 24 kg de phosphore, de 18 à 208 kg de calcium, de 9 à 100 kg de magnésium, de 27 à 182 kg de sodium (Faby et brissand, 1997).

Utilisation de la boue à la place de l'engrais de synthèse coûteux et économiquement intéressante pour les agriculteurs.

La fertilisation permet un apport fractionné et à faible dose des engrais; en cela elle est bénéfique pour l'environnement car elle évite la pollution des sols et les dépendances aux fertilisants, qui sont des phénomènes qui apparaissent avec une fertilisation classique. Peut donc être double :

-Au niveau économique, car en plus d'une préservation quantitative de la ressource les agriculteurs font des économies d'engrais.

-Au niveau écologique, car en plus de la diminution des rejets d'eaux usées dans le milieu, la pollution agricole diminue (Baumonteal., 2005).

**CHAPITRE III:**  
**Épuration biologique des**  
**eaux usées urbaines par boue**  
**activée**

**III.1 Bref historique du traitement biologique par boues activées**

Le procédé dit à "boues activées" est basé sur une culture bactériologique ment très active mélangée avec des eaux usées, qui assure la dégradation aérobie de la matière organique, dans le bassin d'aération. La biomasse ainsi formée constituant la phase solide est éliminée par décantation dans le décanteur secondaire (Berland et al., 2001).

Ce procédé de traitement biologique des eaux résiduaires a été découvert au début du 20<sup>ème</sup> siècle par deux chercheurs anglais Arden et Lockett, et constitue le procédé le plus couramment utilisé pour le traitement des effluents urbains (Hauduc, 2011). La première unité de traitement à "boues activées" en grandeur réelle a vu le jour à Manchester en 1914 (Edeline, 1997). Commencé depuis presque soixante-dix ans, le développement des stations d'épuration utilisant des cultures bactériennes et en aération prolongée dans les différentes collectivités n'a réellement débuté que depuis quelques décennies (Banadda et al., 2011).

**III.2 Principes de l'épuration biologique par boues activées**

Le traitement biologique par boues activées est généralement basé sur une culture microbienne aérobie dans le bassin d'aération alimenté par l'eau à épurer, chargée en polluants (Canler, 2004). La finalité du traitement passe par décantation qui assure la séparation simultanée des boues de l'eau. (Canler, 2004). Cette décantation à un décanteur secondaire placé à l'aval du bassin d'aération.

**III.3 Procédés de l'épuration biologique par boues activée**

Le procédé par boues activées à recirculation est un traitement dit secondaire des eaux usées. Son mode de fonctionnement nécessite deux ouvrages principaux :

**III.3.1. Bassin biologique**

Dans des bassins biologiques les micro-organismes dégradent la matière organique par oxydation et les matières en suspension sont retenues par les bio-flocs (Panadolfi, 2006). Il comprend aussi (Lacroix, 2008) .

- ✓ Un système d'aération pour assurer l'oxygène, nécessaire pour la croissance des Microorganismes, en utilisant généralement des turbines très puissantes. L'aération peut être continue ou intermittente.
- ✓ Un dispositif de brassage qui permet d'éviter le dépôt des floccs et de favoriser l'oxygénation homogène du bassin.

Les matières polluantes sont éliminées en présence des micro-organismes épurateurs et par différents processus :

- ✓ Par absorption des polluants sur une culture bactérienne,

- ✓ Par conversion en matière cellulaire : croissance de la culture bactérienne (métabolisme de transformation des floccs bactériens),
- ✓ Par oxydation en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et à la production de nouveaux matériaux cellulaires.

Le processus biologique dans une station d'épuration à boues activées est réalisé par différents types de bactéries, hétérotrophe et autotrophe. Les micro-organismes les plus importants dans ce processus sont des bactéries, tandis que les champignons, les algues et les protozoaires sont d'importance secondaire (Jeppson, 1996). La métabolisation de la matière organique peut s'écrire sous une forme simplifiée:

**Substrat + nutriments + oxygène**  $\longrightarrow$  **biomasse + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> + énergie**



**Figure n°4 :** bassin d'aération de la station d'épuration de la ville d'Ain Defla

### III.3.2. Décanteur secondaire ou clarificateur

Les boues décantées sont extraites et renvoyées vers le bassin d'aération (Lacroix, 2008). Pour assurer une concentration constante de biomasse, la biomasse excédentaire produite est éliminée généralement à la sortie du décanteur. Ces boues biologiques pourront subir des traitements de réduction et/ou de stabilisation avant d'être éliminées (Hauduc, 2011).



**Figure n°5 :** décanteur (clarificateur) de la station d'épuration de la ville d'Ain Defla.

### III.4 caractéristiques du traitement par boues activées

Les principales caractéristiques de traitement biologique sont (Dauphin, 1998; Croix, 2008) :

#### ✓ charge organique

Exprime le rapport: biomasse de Quantité temps de unité par apportée pollution de Quantité  
Pour les cultures libres, on parle de :

La Charge Massique (CM). Le terme du numérateur est exprimé en DBO<sub>5</sub> ou DCO (Kg/j). Le dénominateur est exprimé en matières volatiles (MV en Kg), paramètre représentatif de la masse de biomasse viable du réacteur.

La Charge Volumique (CV) ou la charge organique (en Kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>j), elle représente la masse de pollution arrivant chaque jour sur la station par unité de volume de réacteur.

#### ✓ Production spécifique

De boues est exprimée en DBO<sub>5</sub>/Kg MES éliminée, c'est le résultat de la transformation de la pollution brute par les micro-organismes.

#### ✓ Age des boues

Il est lié à la quantité de boue en excès. Si la boue est trop jeune, elle sera peu oxydée et ne sédimentera pas facilement. Au contraire, si la boue est âgée, elle sédimentera trop rapidement pour assurer une bonne clarification.

Il correspond au rapport de la quantité de boues présentes, en kg MS., dans le bassin d'aération (S) sur la quantité de boues en excès (E) à évacuer par jour, en kg MS/j.

$$A = S/E = VBA \times (MS)_{BA} / QE \times (MS)_E$$

VBA : Volume du bassin d'aération (m<sup>3</sup>)

•(MS)<sub>BA</sub> : Concentration des boues activées en kg / m<sup>3</sup> en MS (Matières sèches)

•QE : Débit journalier (m<sup>3</sup>/j) d'extraction des boues

•(MS)E : Concentration des boues en excès en kg/m<sup>3</sup>MS

Un âge des boues élevé témoigne d'une boue bien développée, ce qui est favorable à une bonne élimination de la pollution.

✓ **Consommation spécifique d'oxygène**

Est due à l'oxydation des matières organiques (environ 52/6.0KgDBOKgO).

Le tableau 2 résume les différentes grandeurs caractérisant le type de procédé.

**Tableau 3** : Dénomination du procédé en fonction de la charge massique appliquée et valeur indicative des principaux paramètres du processus (Bassompierre, 2007 ;).

Nom de procédé	Aération prolongée (très faible charge)	Faible charge	Moyenne charge	Forte charge
Charge massique (kg DBO5 /kg MV.J)	0.05 à 0.1	0.2	0.5	1
Charge volumique (Kg DBO5 /m <sup>3</sup> .J)	<0.3	0.3 à 0.4	0.5 à 1.5	1.5 à 3
Age des boues (jours)	10 à 33	6	2	0.8
Production spécifique de boue (Kg MS/Kg DBO5)	0.2 à 0.7	0.8	1	1.2
Consommation spécifique d'oxygène (Kg O <sub>2</sub> /Kg DBO5)	0.8 à 0.9	0.65	0.30	0.13

La notion de temps de séjour hydraulique, parfois notée « temps de passage », représente le temps nécessaire pour qu'une goutte de liquide traverse le bassin d'aération ; c'est une caractéristique hydraulique du réacteur. C'est le rapport :

Volume du bassin d'aération / débit entrant

✓ **Le taux de recyclage**

Représente le rapport entre le débit de recyclage et le débit d'entrée de l'effluent en station.

**III.5 Avantages et inconvénients de l'épuration par boues activées**

La filière d'épuration par boues activées est adaptée à toutes les tailles de collectivité, à l'exception des très petites (< 1000 EH). Cette technique rencontre un grand succès dans le monde et avec un rendement épuratoire très important pour la réduction des valeurs des différentes formes de pollution (MES, DCO, DBO5, NT et P), afin d'assurer la protection des milieux récepteurs.

Le tableau 3 rassemblé les principaux avantages et inconvénients d'une station d'épuration à boues activées.

**Tableau n°4 :** Avantages et inconvénients d'une filière à boues activées (Alloway, 1993 ; Berland et al., 2001 ; Lacroix 2009).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- exploitation simplifiée de l'installation</li> <li>- bonne résistance à la pollution</li> <li>- obtention de boues stables non fermentescibles en quantité minimale.</li> <li>- faible perte d'eau au sol.</li> <li>- facilité de mise en œuvre d'une dé phosphatation simultanée.</li> <li>- performances épuratoires très élevées.</li> <li>- Importante quantité de volume traité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- coûts d'investissement assez importants.</li> <li>- consommation énergétique élevée.</li> <li>- nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière.</li> <li>- sensibilité aux surcharges hydrauliques.</li> <li>- forte production de boues qu'il faut concentrer.</li> <li>- niveau de mécanisation élevé.</li> <li>- besoin d'une filière d'élimination des boues.</li> </ul>

# **CHAPITRE IV :**

## **Matériels et Méthodes**

# **CHAPITRE IV :**

## **Matériels et Méthodes**

## I. Matériels et méthodes

### I.1. Encadrement de l'étude

Ce travail a été réalisé au sein de la station d'épuration de la ville de Ain Defla à 03 km Nord Est, pendant une période un mois (mares) allant de début Mars jusqu'au fin Mai 2019.

Cette station d'épuration a été conçue pour une capacité de 50000 EH et s'étend sur une superficie de 5 ha .Elle est basé sur un procédé biologique de type boue activé et comporte les ouvrages. Leur charge de pollution est de 398mg/l de MES, 300mg/l de DBO<sub>5</sub>, et 720 mg /l de DCO pour l'entrée de STEP, et de 30mg/l de MES, 30-40 mg/L de DBO<sub>5</sub>, et 90-120 de DCO pour le sortie de STEP.

### I.2. Objectifs

L'objectif principal de se travail est de faire les analyses physico-chimique et microbiologique des eaux usées de la station d'épuration de Ain Defla en deux points de traitement, l'eau d'entrée, et l'eau de sortie, cela pour contrôler l'efficacité d'élimination de la matièreorganique et minérale ainsi que la qualité microbiologique de l'eau avant et après traitement par boues activée (traitement biologique) .

### ✓ I.3. Appareils et instruments

**Tableau N° 05 :**On cite le matériel, les instruments et les réactifs utilisé dans le travail :

Appareils et instruments	Les réactifs utilisés
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Thermo réacteur.</li> <li>✓ Spectrophotomètre.HACH (DR-6000)</li> <li>✓ Etuve.</li> <li>✓ Microscope optique.</li> <li>✓ Balance de précision.</li> <li>✓ Incubateur (armoire régulatrice pour la DBO).</li> <li>✓ Rampe de filtration pour les MES.</li> <li>✓ Micropipette.</li> <li>✓ Dis sécateur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Réactif de nitrate LCK 340 :(5-35 mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</li> <li>✓ Réactif de Nitrite LCK 341 : ( 0.015-0.6 mg/l N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</li> <li>✓ Réactif de l'ammonium LCK 303 : ( 2-47 mg/l N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</li> <li>✓ Réactif de la L'azote total NT LCK 238</li> <li>✓ Réactif de la L'azote total LCK</li> <li>✓ Réactif de Phosphate LCK348 :</li> <li>✓ Réactif de la DCO LCK 314 : (15-150 mg)</li> <li>✓ Réactif de la DCO LCK 514 : (100-2000 mg/l .</li> </ul>

Voir la composition chimique de chaque réactif en annexe N° 03.

#### I.4. Prélèvement et transport des échantillons

L'échantillonnage consiste d'une part à faire des prélèvements à partir de l'eau brute et d'autre pour l'eau épurée.

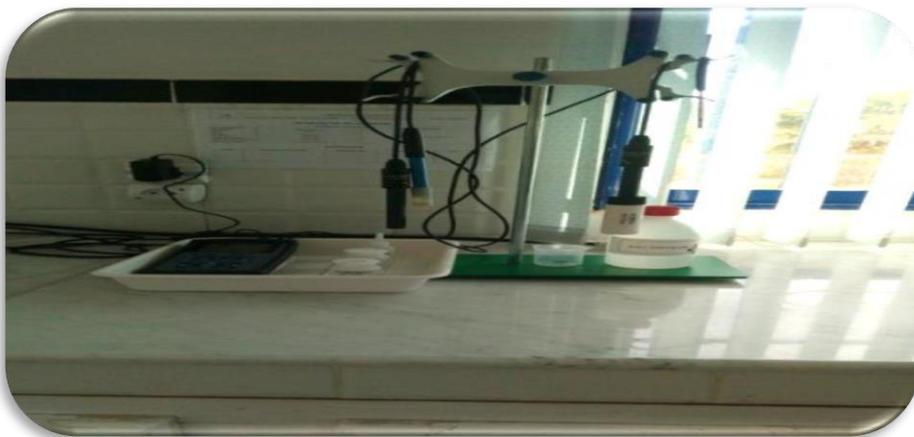
Les prélèvements d'eau sont effectués dans des flacons opaques de 01L . Deux flacon d'eaux ont été remplis ; l'un pour eau brute et l'autre pour l'eau épurée sont destinée pour les analyses physico-chimique.

Afin d'évité tout changement chimique de l'eau et d'inhibé l'activité bactérienne, les échantillons sont transportés à laboratoire dans une glacière isotherme, l'analyse doit être effectuée le jour même.

#### I.5. Analyse physico-chimique des eaux usées

##### ➤ Mesures sur site (*In Situ*)

Pour évaluer la qualité des eaux le paramètre tel que le pH, conductivité électrique, salinité et l'oxygène dissous ont été mesuré in situ au moyen d'un Multi paramètre de marque WTW type multi 3430, après calibration avec des solutions tampons. En effet, ces paramètres sont très sensible aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesuré sur site.

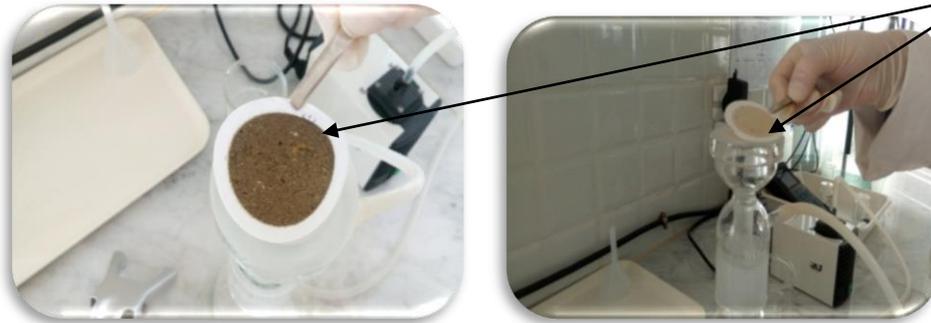


**Figure n°7 :** multi paramètre WTW 3430 pour mesurer la (T°, PH, O2, Cond ,Sal )

##### ➤ Détermination de la MES

Pour la détermination des matières en suspension (MES) ont utilise la méthode par filtration sur papier filtrant de  $1.2\mu\text{m}$  de porosité. Le filtre est séché à  $105^{\circ}\text{C}$  puis pesé après refroidissement. Le dispositif de filtration est constitué d'une base supporte-filtre surmontée d'un entonnoir amovible entre lesquels a été pincé le filtre. Un volume représentatif de l'eau (entre 25 et 1000 ml) de chaque échantillon ont été filtré à travers un filtre (fibre verre FV 280, diamètre 47 mm).Préalablement conditionné et pesé.

membrane de filtration



**figure n°8** :teste de MES pour l'eau brute **figure n°9** :teste de MES pour l'eau épurée.

#### ➤ Détermination de la DBO<sub>5</sub>

À l'aide de DBO mètre de type HACH. BODTRAK. Un volume de 420 ml de l'échantillon a été placé dans un flacon brun en verre contenant un barreau magnétique. Ont été met deux pastilles de soude (NaOH) dans un ruban en caoutchouc dans le goulot de la bouteille.la bouteille a été met sur le châssis du BOD Trak II. Les échantillons a été incubés à l'obscurité dans une armoire thermorégulatrice fermée à clef pendant 5 jours à  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ . La lecture de résultat se fait directement par la lecture de la valeur affichée sur l'écran DBO5 (mg d'O<sub>2</sub>/L).



**Figure n°10** : Armoire régulatrice pour la DBO mètre.

#### ➤ Détermination de la DCO

La technique des tests en cuve DCO LCK 514 a été utilisée, on a pipeté 2ml d'échantillon d'eau brute avec précaution. Et fermée la cuve puis mélanger et chauffer dans un thermoréacteur à 148°C pendant 2h. puis retourner 2x avec précaution. Ont été refroidir à température ambiante dans le support de cuve et mesurer. On a utilisé la même méthode pour l'eau épurée avec DCO LCK 314. La lecture est effectuée par un spectrophotomètre.



**Figure n°11 :** Teste de la DCO (Eau brute et épurée dans un thermoréacteur).

➤ **Détermination du phosphate**

On utilisé la technique des tests en cuve le phosphore totale LCK 348, après l'enlèvement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable, ont été Pipetée 0.5 ml d'échantillon. Puis on a vissée le DosiCap Zip, dirigeant le cannelage ver le haut, secouer énergiquement (2-3) fois Dans le thermo-réacteur chauffée à 100°C pendant 1h. Une fois refroidie ont été pipetée 0.2 ml de réactive B (LCK 348), puis Visser un DosiCap C (348) gris sur la cuve, mélanger le contenu de la cuve de nouveau et mesurer.

➤ **Détermination de l'azote total**

La technique des tests en cuve a été effectuée avec le réactif LCK 238 pour l'eau brute, ont été pipeter 0.5ml d'échantillon, 2 ml de solution A (LCK 238A), 1 tablette B (LCK 238), dans le thermo-réacteur à 100°C pendant 1h a été chauffée après on a refroidie à une température ambiante dans le support de cuve et ajoutée 1 Micro Cap C (LCK 238).Puis on a pipetée 0.5 ml d'échantillon et 0.2 ml de solution D (LCK 238). Après attendre 15mn puis mesurée. On a utilisé la même technique pour l'eau épurée avec le réactif (LCK 138) sauf on utilise 1.3 ml d'échantillon et 1.3 ml de la solution A (LCK 238A), 1 tablette B (LCK 138), 1 Micro CAP C (LCK 138), solution D (LCK 138).



**Figure n° 12 :** Teste d'azote total eau brute. **Figure n° 13 :** Teste d'azote totale eau épurée.

➤ **Détermination de l'Ammonium**

Eau brute réactif LCK (303) : On a enlevé délicatement la feuille de protection du DosiCapZip détachable. Dans la cuve d'analyse, on a pipetée 0.2 ml d'échantillon, visser immédiatement le DoziCapZip dirigeant le cannelage vers le haut puis secouer énergiquement (2-3x), après 15 mn, mélangé de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer, a partir les mêmes étapes ont été analysée l'eau épurée.



**Figure n°14 :** Teste en cuve de l'ammonium.

➤ **Détermination de Nitrite LCK (341)**

Ont été enlevé délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable, 2 ml d'échantillon a été pipete. vissez le DoziCapZip, dirigeant le cannelage vers le haut Secouer énergiquement jusqu'à dissolution de la lyophilisat (2-3x), attendre 10 mn et mesurer.



Figure°15 : Teste de nitrate

➤ **Détermination de Nitrate LCK(340)**

Ont été pipeté lentement 0.2 ml d'échantillon dans la cuve d'analyse et 1 ml de la solution LCK 340A. Puis fermer la cuve et mélangé le contenu jusqu'à ce que le mélange soit complet. Attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieure de la cuve et mesurer par un spectrophotomètre.

**I.6. Analyses microbiologiques**

➤ **Observation microscopique**

Une goutte de boues activée est placée au centre d'une lame bien propre ; l'observation microscopique à des grossissements ( $\times 10$ ) et ( $\times 40$ ) a été effectuée après recouvrement de l'échantillon avec une lamelle.

Le champ de vision s'apparaitre sous la lentille de microscope ce teste et basé sur deux points : détermination des espèces.

On distingue les espèces à partir de leur morphologie et leur mobilité

Le dénombrement de chaque espèce est que l'espèce est dominant le nombre réduit ou absent.

**Analyse statistiques des données**

Les données ont été analysées et évaluer par Microsoft EXEL.

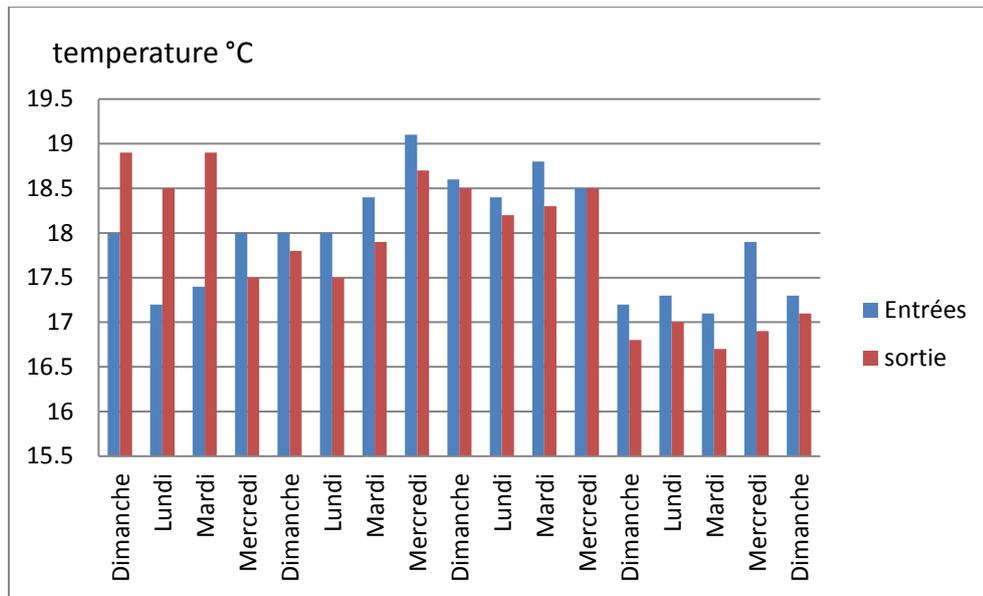
# **CHAPITRE V :**

## **Résultats et discussion**

## II. Résultats et discussion

Il s'agit d'une étude d'évaluation de quelques paramètres physicochimiques et microbiologiques de l'eau brute et épurée de la station d'épuration de la ville de Ain Defla .

Le tableau ci-après représente les résultats de quelques paramètres physicochimiques (température (T), potentiel hydrogène (pH), Conductivité (CON), oxygène dissous (O<sub>2</sub>), Salinité (sal)) de deux types d'eau.

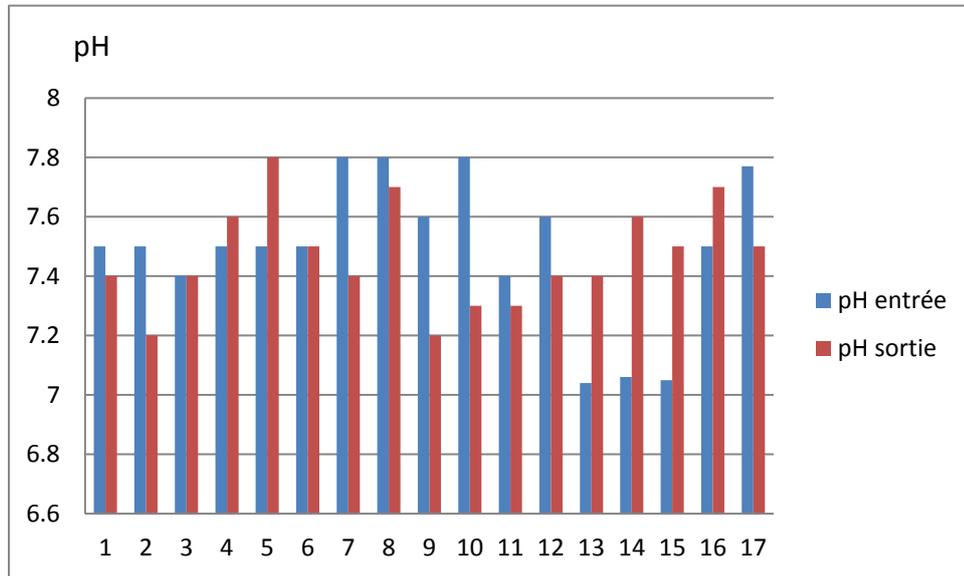


**Figure n°16 :** Histogramme des variations des paramètres journaliers de (T°C) effectués avant et après la sortie du STEP de la ville de Ain Defla.

L'histogramme de la figure n°16, représente les valeurs journalières de la température (T°C) enregistrée au niveau de l'entrée et de la sortie de la STEP, avec des valeurs moyennes de  $17.95 \pm 0.61^{\circ}\text{C}$  (entrée) et  $17.86 \pm 0.75$  (sortie). Malgré que les variations des valeurs enregistrées ne sont pas importantes, la température reste toujours un paramètre important qui agit également comme facteur physiologique sur le métabolisme et la croissance de la plupart des organismes vivants (Rodier, 2005), et ayant un impact positif sur la vitesse de dégradation des matières organique.

Aussi, et d'après Rodier, (2005), les températures de l'eau sont étroitement dépendantes de la température de l'air avec une tendance à augmenter en période estival et à diminuer en hiver. D'après ces résultats, on peut constater que les variations des températures moyennes enregistrées sont en relation étroites avec la température de rejet domestique d'une part et de condition métrologique d'autre part, et ne dépassent pas la valeur limite ( $30^{\circ}\text{C}$ )

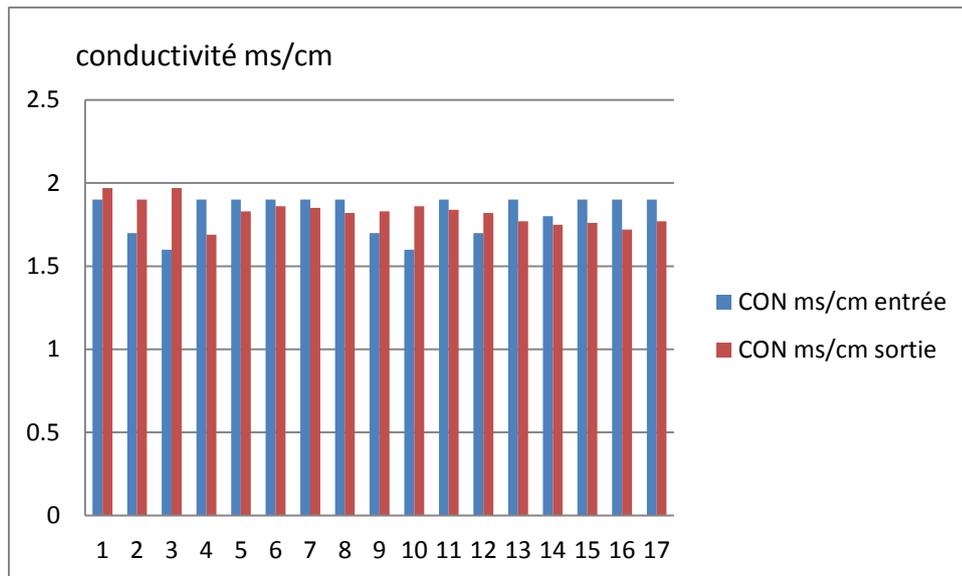
décrite dans la norme Algérienne de rejet des effluents liquides urbains après l'épuration (Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006).



**Figure n°17 :** Histogramme des variations des paramètres journaliers de (pH) effectués avant et après la sortie du STEP de la ville de Ain Defla.

On remarque que les valeurs du pH à l'entrée et à la sortie de STEP sont neutres avec des moyennes de :  $7.49 \pm 0.24$  et  $7.46 \pm 0.17$  à l'entrée et à la sortie, respectivement.

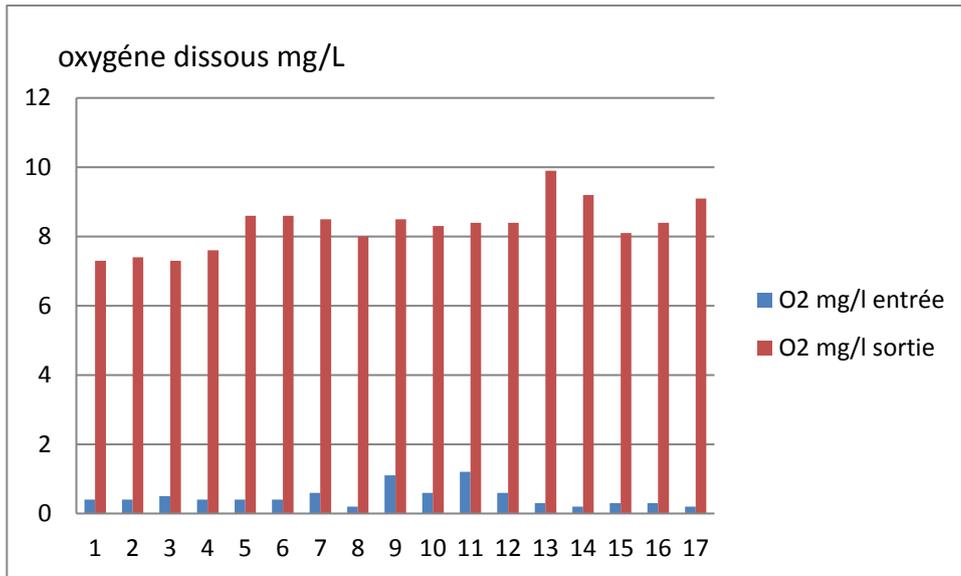
Selon Rodier, (1996), les valeurs du pH sont relativement neutres et varient en fonction des bassins, de la saison et du l'effluent, et d'après les résultats, il en ressort que les eaux usées brute ont un pH ne dépasse pas les limites décrites dans la norme Algérien dont les valeurs du pH situées entre [6.5 et 8.5] (Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006).



**Figure n°18 :** Histogramme des variations des paramètres journaliers de (Con) effectués avant et après la sortie du STEP de la ville de Ain Defla.

Les valeurs de conductivité des eaux usées évacuées par ces résultats varient avec un moyen entre  $1.82 \pm 0.11$  et  $1.82 \pm 0.08$  ( $\mu\text{s/cm}$ ) à l'entrée et à la sortie du STEP, respectivement.

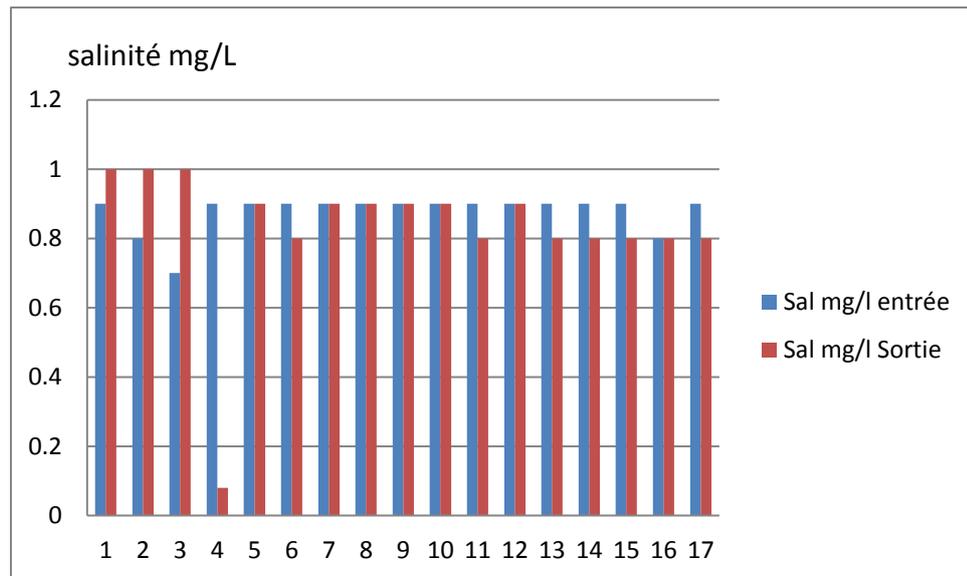
Concernant, la conductivité nous avons constatés que l'effluent est normal, aussi il n'est ya pas un changement entre l'eau brute et l'eau épurée. indique que le système épuratoire n'influence pas sur ce paramètre, car la conductivité de l'eau varie en fonction de la température et étroitement liée à la concentration et à la nature des substances (Rejsek .,2002).



**Figure n°19 :** Histogramme des variations des paramètres journaliers de ( $O_2$ ) effectués avant et après la sortie du STEP de la ville de Ain Defla.

On remarque que les valeurs d'oxygène dissous à l'entrée de STEP  $0,48 \pm 0,28$ (mg/l) diminuent pour atteindre une valeur très élevée à la sortie avec une moyenne de  $8,33 \pm 0,68$ (mg/l).

La concentration en oxygène dissous d'une eau est en fonction de plusieurs facteurs à savoir la température, la pression atmosphérique et la salinité, On constate qu'il y a une augmentation remarquable pour la valeur d'oxygène dissous de sortie par rapport à l'entrée cela à cause de l'enrichissement de l'eau par l'oxygène dans le bassin d'aération pour favoriser la dégradation de la matière organique par les microorganismes aérobie (Ladjel, 2006).

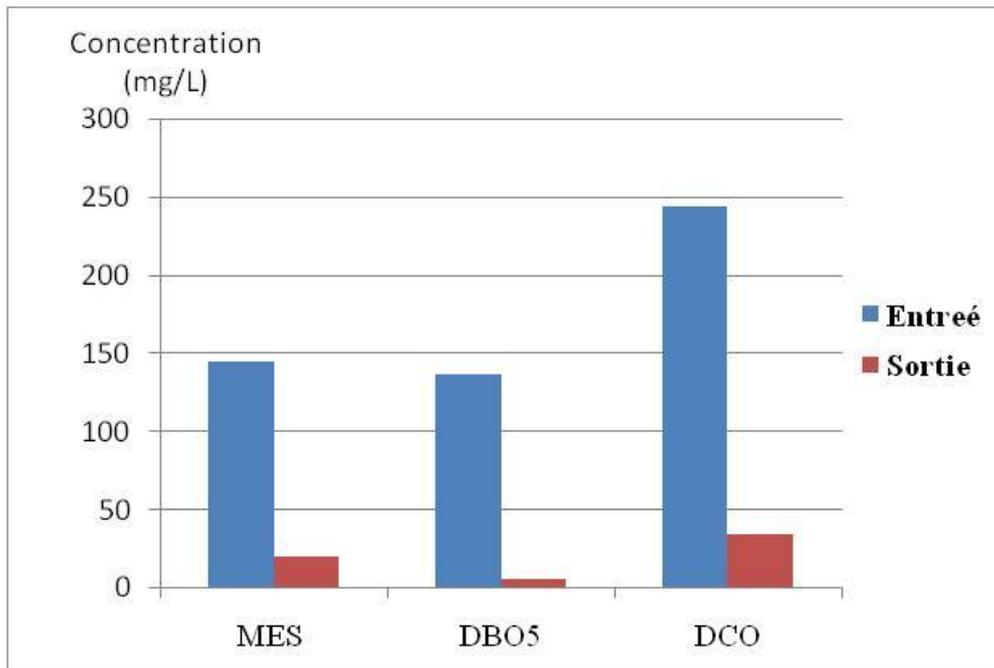


**Figure n°20 :** Histogramme des variations des paramètres journaliers de (Sal ) effectués avant et après la sortie du STEP de la ville de Ain Defla.

Les valeurs moyennes de la salinité à l'entrée et à la sortie de STEP sont les mêmes, elles sont d'ordre de  $(0.88 \pm 0.06$  et  $0.83 \pm 0.20)$  mg/l.

La salinité ne montre pas de variation notable, leur influence de salinisation ne peut être que négative pour les sols et par conséquent sur la plus part des cultures (Rodier, 1996).

Le tableau ci-après représente les résultats de quelques paramètres de la pollution carbonée demande chimiques en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène ( $DBO_5$ ) et la matière en suspension (MES) de deux types d'eaux.



**Figure n°21** : Histogramme des valeurs moyennes des principaux paramètres hebdomadaire de pollution (DBO<sub>5</sub> mg/l, DCO mg/l, MES mg/l) effectués avant et après la sortie du STEP de Ain Defla.

L'histogramme de la figure n°21 représente les valeurs moyenne des paramètres de pollution hebdomadaire de matière en suspension (MES), la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), la demande chimiques en oxygène (DCO)

L'histogramme de la figure n°21 représente les valeurs moyenne hebdomadaire des principaux paramètres de pollution : pour la matière en suspension (MES) enregistrée au niveau de l'entrée et de la sortie de la STEP, avec des valeurs moyennes de 145±38.17 (entrée) et 145±38.17 (sortie), pour la demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) 136.5±43.98 (entrée), et 5.65±0.46 (sortie), et concernant la demande chimique en oxygène (DCO) les valeurs moyenne enregistrée au niveau de l'entrée et de la sortie de la STEP, avec des valeurs moyennes de 244± 85.44 (entrée), et 34.37±11.62 (sortie).

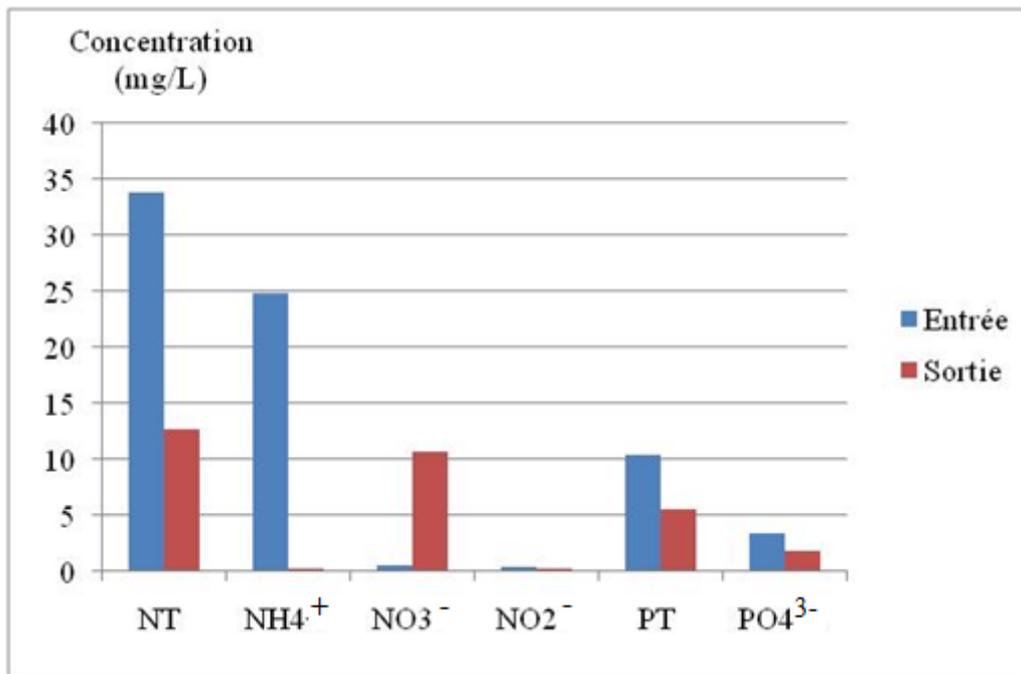
D'après les résultats, on constate qu'il y a une diminution importante de la teneur en MES dans les eaux traitées, elle est due a l'élimination des particules par le phénomène d'adsorption des matières en suspension sur les floes biologiques et d'autre part la bonne

sédimentation au niveau du clarificateur (Faby, 1997), les teneurs de MES sont en dessous des normes Algérienne fixée 35mg/l (Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006).

Pour la DCO on constate que cette valeur est conforme à la norme algérienne de rejet inférieure à 120mg/l (Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006). Donc on peut dire qu'une grande concentration a été éliminée par ce procédé car il y'a une dégradation importante de la charge polluante cela pourrait être expliquée par l'efficacité du procédé d'épuration (Bremond et al., 1973).

Pour la DBO<sub>5</sub> on remarque que la DBO<sub>5</sub> de l'eau traitée ; montrent des valeurs relativement faible et généralement et ne dépassent pas la valeur limite (35mg/l) décrite dans la norme Algérienne de rejet des effluents liquides urbains après l'épuration (Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006). Ce qui conduit à une bonne dégradation de la matière organique par les microorganismes décomposeurs dans un litre d'eau polluée (De villers et al, 2005).

Le tableau suivant représente les différents paramètres mensuels des formes azotées.



**Figure n°22 :** Histogramme des valeurs moyennes mensuelles relatives au cycle d'azote (NT mg/l, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/l, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/l, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> mg/l, PT mg/l, po<sub>4</sub><sup>3-</sup> mg/l) effectués avant et après sortie de STEP de la ville de Ain Defla.

Histogrammes de la figure n°22 représente les valeurs moyenne mensuels des différents paramètres azotes, enregistrée au niveau de l'entrée et de la sortie de la STEP, avec des valeurs moyennes d'azote total (NT)  $33.83 \pm 3.14 \text{mg/l}$  (entrée) , et  $12.77 \pm 2.2 \text{mg/l}$  (sortie), pour l'azote ammoniacal  $\text{NH}_4^+$   $24.8 \pm 1.75 \text{mg/l}$  (entrée) et  $0.30 \pm 0.24 \text{mg/l}$  (sortie), pour la valeur du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )  $0.57 \pm 0.27 \text{mg/l}$  (entrée) par contre au (sortie) a été augmenté jusqu'à  $10.77 \pm 2.68 \text{mg/l}$ , le nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) de  $0.4 \pm 0.39 \text{mg/l}$  (entrée) et  $0.3 \pm 0.15$ (sortie), et pour le phosphate enregistrée au niveau de l'entrée et de la sortie de la STEP, avec des valeurs moyennes de  $3.43 \pm 0.42 \text{mg/l}$  (entrée) et  $1.83 \pm 0.27 \text{mg/l}$  (sortie).

L'azote ammoniacal  $\text{NH}_4^+$  rencontré dans les eaux usées et traduit habituellement un processus de dégradation complète de la matière organique puisque la teneur en oxygène est suffisante pour assurer sa transformation en générale ne dépassent pas la valeur limite ( $03-05 \text{mg/L}$ ) décrite dans la norme Algérienne de rejet des effluents liquides urbains après l'épuration (Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006).

D'après les résultats obtenus nous observons que la valeur de nitrate  $\text{NO}_3^-$  dans l'eau épurée est très élevé puisque l'aération est très suffisante, la nitrification achève d'une manier totale c'est-à-dire transformation de tout le  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$ .

Nous constatons que le  $\text{NO}_3^-$  s'accumule qui correspond à une faible dénitrification due à l'absence d'une zone d'anoxie. La station d'épuration de la ville Ain Defla elle conçue sans cette zone.

D'après les résultats obtenus entre l'entrée et la sortie nous avons remarqué des valeurs de  $\text{NO}_2^-$  négligeable par rapport aux autres formes azotées puisque c'est un produit transitoire ; il est inférieur à  $1 \text{mg/l}$  plus proche des normes internationales des eaux destinées à l'irrigation. (O.I.Eau, 2005).

Selon les résultats obtenus il y a une faible dé-phosphatation aléatoire non maitrisable a cause de l'absence d'une zone anaérobie situé après le prétraitement. La station d'épuration de la ville Ain Defla elle conçue sans cette zone. Restent acceptable et inférieurs à la norme algérienne fixée  $10 \text{mg/L}$  (Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006).

### III. Analyses microbiologie

Le tableau n°9 represent un rapport d'observation microscopique hebdomadaire sur les espèces indicatrices mentionner sur l'aide au diagnostic par l'observation microscopique des

boues activées, la présence de chaque espèce parasitaire et interpréter à une information sur l'état de la boue activée et le fonctionnement de système épuratoire (Canler J-Pet al. 2004).

Tableau n°9 : La microfaune présente dans la boue activée.

PROTOZOAIRES			
	FAMILLE	GENRE	PRESENCE
FLAGELLES	Grands	EUGLENA	-
		PERANEMA	-
	PETITS	BODO	-
		ANISONIMA	-
		NOTOSOLENUS	-
		MONAS	-
		DIPLOMONADIDA	-
	COLONIAUX	DINOBYRON	-
		EUDRINA	-
		VOLVOX	-
SARCODINES	ACTINOPODE	ACTINOPHORYS	-
	AMIBES	AMOEBA	-
		MAYORELLA	-
		HARTAMANLLA	-
	THECAMEBINES	CLAMYDOPHRYS	-
		COCHLIPODIUM	-
		ARCELLA	-
		DEFFLUGIA	-
		EUGLYPHA	-
	Ciliés	Holo-triches	SPATIDDIUM
TRACHELOPHYLLUM			-
CHEANEA			-
COLEPS			-
DIDINIUM			-
LITONOTUS			-
AMPHILLEPTUS			-
HEMIOPHRYS			--
CHILODONELLA			-
TROCHILIA			--
COLPODA			--
PARAMECIUM			+
COLPIDIUM			-
URONEMA			-
TETRAHYMENA			-
GLAUCOMA			-
PRORODON			-
HOLOPHRYA	+		

Le tableau au dessous montre une très faible diversité de la microfaune, accompagnée de la présence du genre paramecium et le genre holophrya.

L'observation microscopique des boues activées est un outil précieux pour comprendre le fonctionnement et pour fonder une bonne exploitation des stations d'épuration, elle complète notamment d'autre observation et mesure : la taille et l'aspect du floc et les microorganismes filamenteux. Elle permet d'identifier les protozoaires, métazoaire et bactérie filamenteux (voir Annexes n°05), alors que leur observation au microscope optique peut donner des indications sur le niveau de traitement, selon Canler J-Pet al, (2004) :

Selon les résultats, le genre Holophrya montre qu'il y a un bon degré de traitement et une faible concentration en azote ammoniacale processus de nitrification a priori bien établi. Et pour le genre Paramécium indique une eau de bonne voire très bon qualité.

**Tableau n°10** : Les protozoaires de type (ciliés) présents dans la boue activée.

PROTOZOAIRES			
	FAMILLE	GENRE	PRESENCE
Ciliés	PERITRICHES	VAGINICOLA	-
		OPERCULARIA	-
		EPISTYLIS	-
		VORTICELLA	+++
		ZOOTHAMNIUM	+++
		CARCHESIUM	-
	SPEROTRICHES	STENTOR	-
		SPIRISTOMUM	-
		ASPIDISCA	+
		EUPLOETS	-
		OXYTRICHES	-
	SUCTORIENES	TOKOPHRYA	-
		ACINETA	-
		PODOPHRYA	-
			SPHAEROPHRYA

Selon le tableau n°10 on observe une certaine dominance pour les deux genres vorticella et zoothamnium et la presence pour le genre Aspidisca et résultat négatif pour les autres genres.

D’après les résultats obtenus dans le tableau n°10, on constate que la présence de genre vorticella est signifiée comme un indicateur d’effluent de bonne qualité, nitrification élevée, l’aération suffisante et indicateur d’une efficacité épuratrice correcte. Et le genre Zoothamnium indique qu’il y a une faible charge d’une bonne capacité épuratrice au niveau de la pollution carbonée aération permanente, indicateur d’effluent traité de bonne à très bonne qualité

**Tableau n°11 : les métazoaires présents dans la boue activée.**

METAZOAIRES		
FAMILLE	GENRE	PRESENCE
ROTIFERES	DIGONONTA	++
	PHILODINA	-
	COLURELLA	-
	LECANE	-
CASTRORICHES	CAETONNOTUS	-
NEMATODES	NEMATODES	+
TADIGRADES	TADIGRADES	-
OLIGOCHETES	AELOSOMA	-

Selon le tableau suivant on observe la présence que le genre Digononta et le genre Nématodes et absence totale pour les autres genres.

D’après les résultats mentionner dans le tableau n°11, le genre Nématodes témoigne d’une boue trop âgée. Certaines espèces sont prédatrices de protozoaires. Et le genre Rotifères montre qu’il y a une bon signe, âgé de boue 15 jours au minimés. Alimenté par les MES et les bactéries.

**Figure n°23:Observation microscopique de Rotifères.**



# **CONCLUSION GENERALE**

## *Conclusion générale*

---

Le traitement des eaux usées urbaines et industrielles est actuellement plus qu'indispensable. Dont le bassin d'aération et le décanteur secondaire sont les deux ouvrages les plus importants. La croissance des micro-organismes dans le bassin d'aération engendre l'accroissement de la taille des floes bactériens (particules solides) qui sont séparés dans le décanteur secondaire. Le rendement d'une station d'épuration est directement lié au bon fonctionnement de ces deux ouvrages « interconnectés ».

Les travaux se sont focalisés sur l'analyse et l'optimisation des stations d'épuration à boues activées, en s'intéressant essentiellement au décanteur secondaire, dont l'objectif est d'améliorer et de contrôler la qualité de l'effluent dans les systèmes de bio-traitement par boues activées.

Ces travaux portent essentiellement sur étude expérimentale afin de déterminer et de quantifier les paramètres caractérisant le type d'effluent, qui ont une influence sur le fonctionnement de ce type des stations d'épuration, en suivant les concentrations des matières en suspension (MES) ainsi que la DBO5 et la DCO.

Notre contribution a été principalement orientée vers la séparation solide/liquide. Les bassins de décantation ont pour but principal d'assurer la séparation par gravité des solides en matières en suspension (MES) à partir de l'eau. Le décanteur secondaire permet aussi de stocker, de concentrer et de recycler les boues activées.

Les résultats obtenus montrent qu'il y ait une réduction remarquable des paramètres de pollution de caractère organique qui sont la DCO et DBO5, elles restent toujours inférieure aux valeurs fixées par les normes algériennes, qui ne dépassent pas 120 mg/l pour la DCO et 35 mg/l pour la DBO5.

Comme perspectives, nous pensons que les points suivants sont à considérer :

- ✓ Les prélèvements réalisés en sortie de la station indiquent un bon rendement épuratoire pour les indicateurs de pollution.
- ✓ la qualité de l'eau rejetée après décanteur secondaire présente des valeurs relativement élevées concernant les nitrates pour des raisons techniques.
- ✓ L'installation de système de traitement différencié pour l'azote (zone d'anoxie) est indispensable pour améliorer beaucoup l'épuration.

# **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## *Références bibliographique*

---

- 1-Abibsi N, *Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoepuration) pour l'irrigation des espaces verts application á un quartier de la ville de Biskra*, mémoire de magister, Université Mohamed Khider –Biskra, Année 2011. *Algal ponds land macrophyte systems in China*. Water Sci.Technol.2003; 48:251-257p.
- 2-Alloway B. J., Ayres D.C. *Chemical principles of environmental pollution*, Ed. Blakie Academic and professional (1993).
- 3-Asano T, *waste water reclamation and reuse*. *Water quality management library*, 1998, 911-923p.
- 4-ATTAB, *Amélioration de la qualité microbiologique des eaux epurees par boues activées de la station d'épuration haoudberkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local*, mémoire de magister, Université kasdiMerbah-Ouargla, Année, 2013.
- 5-Aulicino E.A, Mastrantoni A , Orsini E, Bellucci C, Muscillo M. and Larosa G. *Enteric viruses in a wastewatertreatment plant in Rome*. *Water, Air, & Soil Pollut.*1996; 91(2-3):327-334p.
- 6- Banadda N., Nhapi I., Kimwaga R. *A review of modeling approaches in activated sludge Systems*, *African Journal of Environmental Science and Technology*, (2011), Vol. 5(6), pp. 397-408.
- 7-Bassompierre C. *Procédèa boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote a la validation de modèles*, Thèse de Doctorat, INP Grenoble, France (2007).
- Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. *Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. Rapport ORS, (2004), 220p.
- 8-Baumont S, Camard J.P, Lefranc A et Franconi A. *Réutilisation des eaux usées épurées : réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national, Risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France; 2005.p.15-62.
- 9-Belaid N. *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques*. Thèse de doctorat. Univ. Sfax; 2010. p.1-39.
- 10-Belgiorno V., Rizzo L., Fatta D., Della Rocca C., Lofrano G., Nikolaou A., Naddeo V.&Meric S., *Review on endocrine disrupting emerging compounds in urban wastewater: occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse*. *Desalination*, (2007). 215:166–176p.

## Références bibliographique

---

- 11-Berland J. M, Boutin C, Molle PetCooper P. *Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 Éq/hab): mise en œuvre de la directive du Conseil européen n°91-271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires*. Luxembourg: Office International de l'eau; 2001. 41p.
- 12-Berland J. M., Boutin C., Molle P., Cooper P. *Procédés extensifs d'épuration des eaux Usées*, Office des publications des communautés européennes, Luxembourg (2001).
- Boeglin J.C. *Traitements biologiques des eaux résiduaires*, technique de l'ingénieur J3940.France;2001.
- Bontoux J. *Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de Boisson*. Paris: Technique et Documentation Lavoisier; 1993. p.166.
- 13-BRAME V., *Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaine*. Série de documents techniques A.F.E.E. (France) (1986).
- 14-Bremond R, Vuichard R.; *parametres de la qualité des eaux*. Minister de la protection de la nature et de l'environnement. OSPEPE, paris,(1973). P.179
- 15- Campos C. *New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse*. Desalination. 2008; 218: 34-42p.
- 16-Canler J-P. *Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration: origines et solutions*, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, et des affaires rurales (FNDAE n°33), document technique, Cemagref, France (2004).
- 17- Canler J-P MarcJ-P, Duchène P , *Aide au diagnostic par l'observation microscopique des boues activeés*, Cemagraf, France (2004).
- 18- Cardot C. *Les traitements de l'eau: Procédés physico-chimiques et biologiques*. Paris: Ellipses; 1999. 247p
- Cathrine B, et Alain H et Jean-M, *technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) rapport final, convention de partenariat ONEMA-CemagrafDemaine : Ecotechnologie et pollution Action :28, réutilisation des eaux traité, Année (2008)*.
- 19- Céline Pernin, *Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (Quercus suber L.)* Ecole doctorale: Sciences de l'environnement, MARSEILLE (AIX-MARSEILLE III). (2003).
- 20- Chen P, Zhou Q, PaingJand Picot B. *Nutrient removal by the integrated use of high rate* Chocat B. *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement*. Paris: Techniques & Étude de Documentation; 1997.P1124.

## Références bibliographique

---

- 21- Dauphin S. *Connaissance et contrôle du fonctionnement des stations d'épuration, intérêt et limites des moyens métrologiques actuels : application à la gestion hydraulique d'un décanteur secondaire*, Thèse de Doctorat, Faculté des sciences et techniques de l'eau, Université Luis Pasteur de Strasbourg, France (1998).
- De Villers J., Squilibine A., Yaurassowsky C., *Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface*. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, (2005).
- 22- Degremont I. *Mémento technique de l'eau*. Tome 1, 2<sup>ème</sup> Ed. Paris: Degremont Suez; 2005.
- Degrémont M, « *technique de l'eau* ». Paris : Dégriment. (1972).
- 23- Devaux I.; *intérêt et limite de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise*. Thèse scientifique (Science de la Vie et de la Santé).univ Joseph Fourier, Grenoble, (1999), 257p.
- 24- Direction de l'Assainissement et de la Protection de l'Environnement(DAPE). ). *Étude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national, Mission 1 : Reconnaissance et collecte des données de base*. 2006. 120p.
- 25- Edeline F., *L'épuration biologique des eaux*, CEBEDOC, Paris (1997).
- Effebi K. R. *Lagunage anaérobie : modélisation combinant la décantation primaire et la Dégradation anaérobie*. Thèse de doctorat. Univ. Liège; 2009. p.7-9.
- 26- Faby J. A et Brissaud F. *L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation*.Office International de l'Eau(OI Eau). 1997. p.76.
- 27- Food and Agriculture Organisation (FAO). *L'irrigation avec les eaux usées traitées*.Le Caire Egypte; 2003. p. 68-73.
- 28- GAÏD A, *Traitement des eaux résiduaires*, Techniques de l'Ingénieur l'expertise technique et scientifique de référence, Année 2008.
- 29- Gaid A. *Epuration biologique des eaux usées urbain. Tome I*, édition OPU,Alger,(1984).P.261
- Gaujous D, *La pollution des milieux aquatiques*. Edit. Lavoisier Techniques et documentation .Paris. (1995). 2 17p.
- 30- Germain E, Bancroft L, Dawson A, HinrichsC, Fricker Land Perce P. *Evaluation of hybrid processes for nitrification by comparing MBBR/AS andIFAS configurations*. Water Sci.Technol. 2007;55: 8-9.
- Hagblom M. M, et Young L. Y, chlorophenol degradation coupled to sulfat reduction. Applied and environmental microbiology, (1990), 56:3255-3260p.

## Références bibliographique

---

- 31- Hamoda M.F., *Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries*. Desalination, (2004), 165: 31-41p.
- 32- Hauduc H. *Modèles biocinétiques de boues activées de type ASM: analyse théorique et fonctionnelle, vers un jeu de paramètres par défaut*, Thèse de Doctorat, Département de génie civil et génie des eaux, Faculté des sciences et génie Université Laval Québec (2011).
- 33- Jeppsson U. *Modelling Aspects of Wastewater Treatment Processes*, Thèse: Department of Industrial Electrical Engineering and Automation (IEA), Lund Institute of Technology (LTH), Lund University, Sweden (1996).
- 34- Kimura K., Toshima S., Amy G., Watanabe Y., *Rejection of neutral endocrine disrupting compounds (EDCs) and pharmaceutical active compounds (PhACs) by R.O.M.* Journal of Membrane Science, (2004).245: 71–78p.
- 35- Lacroix S. *Étude des mécanismes physiologiques et moléculaires de la filamentation de Sphaerotilus natans, bactérie modèle du foisonnement invasif en boues activées*, Thèse de doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), France (2008).
- 36- Ladjel F. *exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveaux 02*. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, 2006. P.80.
- Lazarova V. & Brissaud F., *Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France*. L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299, (2007).
- 37- Morel M. *L'utilité des végétaux aquatiques pour le traitement des eaux usées sous climat Tropical*. Thèse de doctorat, INPL de Lorraine; 1996.
- 38- Nameche T et Vassel J.L. *Élimination des germes pathogènes en lagunage aéré et en lagunage naturel sous climat tempéré*, Rapport dans le cadre d'une bourse de (FRIA) Fonds pour la formation à la Recherche dans l'Industrie et dans l'Agriculture, Fondation Univ. Luxembourgeoise-Belgique. 1996. p.20.
- 39- Office International de l'Eau (O. I. Eau). Centre National de Formation aux Métiers de l'Eau. 2005
- Office National de l'Assainissement (ONA). *Tableau de bord exploitation du mois de juillet 2017*. Direction de l'exploitation et de la maintenance. Alger, Algérie; 2017.
- 40- Oueslati M. A, Waddad M et Charbonnei Y. *Étude physico-chimique des eaux usées domestiques traitées par des végétaux aquatiques : première expérience tunisienne*. Sud. Sci. Tech. 2000; 6: 35-43.

## *Références bibliographique*

---

- 41-Pandolfi D. *Caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse de boues activées par analyse d'images*, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique (INP) de Lorraine, France (2006). Paris Document pour le médecin du travail. 1990; 374-387. Report N°.44TC 34.
- 42- Rejeseck F. *Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques*. Bordeaux: CRDP Aquitaine; 2002.p.165-192.
- 43- Rodier J, Legube B, Merlet M, Brunet R, *L'analyse de l'eau*, Ed, Dunod, Paris, (2009) ,1600p.
- Rodier J, *L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résudiers, eaux de mer)* 8eme édition, DUNOD, (1996), 557-570p et 968-1079p.
- 44- Rodier.J, *L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaire eaux de mer*, 8ème Edition DUNOD technique, Paris, Année 2005.
- 45- Tarmoul F, Sodi M, *Mémoire, « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel »*. Tribune de l'eau n° :563/3. Ed. CEBEDOC, (2007). 27-32p.
- 46- Toze S. *PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters*. Water Res.1999;33: 3545–3556p.
- 47- Vilagines R. *Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie*. 2<sup>ème</sup> Ed. Paris: Tec&Doc. 2004. 198p.
- 48- Vincent M., *Aquaculture Environnement, institut français de l'environnement*: (2003) 216-220p.
- 49-Zobeidi A and Bebba A. A. *Seasonal variations of physical, chemical parameters in a wastewater treatment plant by aerated lagoons at southern-east of Algeria*. Res.J. Pharm. Bio. Chem. Sci. 2015; 6(3): 1097-1101.

# **ANNEXES**

## Annexe



الديوان الوطني للتطهير

Office National de l'Assainissement



Station d'Épuration AIN DEFLA  
Service de laboratoire

Date de prélèvement: ....08..... /..04..... /2019  
Heure : ....10.....h.....30.....mn

### RAPPORT D'OBSERVATION MACROSCOPIQUE ET MICROSCOPIQUE

#### 1-OBSERVATION MACROSCOPIQUE :

- Echantillon brut : couleur : marron foncé.....
- Odeur : absence.....
- Echantillon décanté :  $V_{30}=.45$ .....%. Présence de flottants :  
.....OUI.....
- Aspect de surnageant :  
.turbide.....
- Aspect de floc pendant la décantation : normale

#### 2-OBSERVATION MICROSCOPIQUE :

- Débris végétaux et minéraux : nombreux détritiques végétaux avec spirales de lignine  
.....
- Aspect du floc : .Assez concentré plus quelques filaments fixés sur le floc  
.....

# Annexe

## - MICROFAUNE :

**Notez :** présence + / Dominance +++

PROTOZOAIRES					PROTOZOAIRES				
FLAGELLES	FAMILLE	GENRE	ESPECE	PRESENCE	Ciliés	FAMILLE	GENRE	ESPECE	PRESENCE
		Grands	EUGLENA PERANEMA					PERITRICHE S	VAGINICOLA
	PETITS	BODO				OPERCULARIA			
		ANISONIMA				EPISTYLIS			
		NOTOSOLENUS				VORTICELLA			+++
		MONAS				ZOOTHAMNIUM			+++
		DIPLOMONADIDA				CARCHESIUM			
	COLONIAUX	DINOBYRON				SPEROTRICHES	STENTOR		
	ACTINOPODE	ACTINOPHORYS					SPIRISTOMUM		+
	AMIBES	AMOEBA					ASPIDISCA		+
		MAYORELLA					EUPLOETS		
		HARTAMANLLA				OXYTRICHES			
	THECAMEBINES	CLAMYDOPHRYS				SUCTORIENS	TOKOPHRYA		
		COCHLIPODIUM					ACINETA		
		ARCELLA					PODOPHRYA		
		DEFFLUGIA					SPHAEROPHRYA		
		EUGLYPHA							
		SPATIDDIUM							
		TRACHELOPHYLLUM							
		CHEANEA							
		COLEPS							
		DIDINIUM							
		LITONOTUS							
		AMPHILLEPTUS							
		HEMIOPHRYS							
		CHILODONELLA							
		TROCHILIA							
		COLPODA							
		PARAMECIUM		+					
		COLPIDIUM							
		URONEMA							
		TETRAHYMENA							
		GLAUCOMA							
		PRORODON							
		HOLOPHRYA		+					

METAZOAIRES				
	FAMILLE	GENRE	ESPECE	PRESENCE
	ROTIFERES	DIGONONTA		++
		PHILODINA		
		COLURELLA		
		LECANE		
	CASTRORICHES	CAETONNOTUS		
	NEMATODES	NEMATODES		+
	TADIGRADES	TADIGRADES		
	OLIGOCHETES	AELOSOMA		

**Autres espèces :**  
 .....  
 .....

**Remarque :** une bonne décantation, des boues Une diversité de la microfaune, Accompagnée d'une densité importante de ciliés.....

**Fait par :** ..... **visa :** .....

**INTERPRETATION :** .....standare  
 .....  
 .....

Le chef de laboratoire

# Annexe

## Annexe 2

			
<b>Thermo réacteur</b>	<b>Rampe de filtration</b>	<b>Etuve</b>	<b>Réactif pour la DCO</b>
			
<b>Spectrophotomètre</b>	<b>Microscope optique</b>	<b>Balance de précision</b>	<b>Dis sécateur</b>
			
<b>Papier filtre</b>	<b>Réactif pour le nitrite</b>	<b>Micropipette</b>	<b>Réactif pour l'azote total</b>

## Annexe

---

### Annexe 3

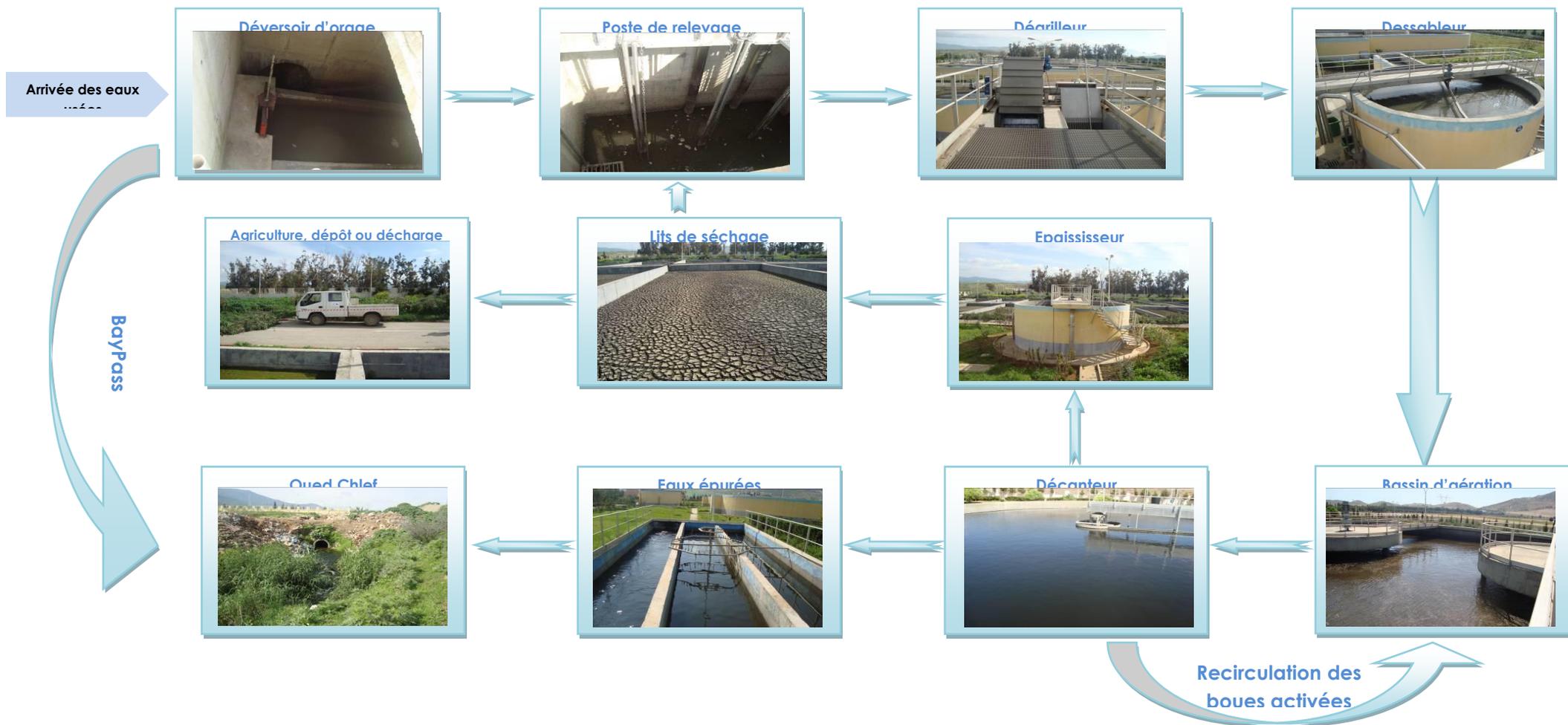
Les réactifs utilisés et leur composition chimique sont comme suite :

- ✓ LCK 340 : (5-35 mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) et ( 22-155 mg /l NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ).
- ✓ LCK 340 A : solution contient 2-propanol.
  
- ✓ LCK 341 : ( 0.015-0.6 mg/l N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et ( 0.05-20 mg /l NO<sub>2</sub><sup>-</sup>).
- ✓ LCK 303 : ( 2-47 mg/l N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et ( 2.5-60 mg /l NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).
- ✓ NT LCK238 : La cuve d'analyse contient : 60% acide sulfurique, 33% acide phosphorique.
- ✓ LCK 238A : solution qui contient hydroxyde de sodium.
- ✓ LCK 238B : solution qui contient peroxydisulfate de dipotassium, tétraborate de sodium.
- ✓ LCK 238D : solution contient 2-propanol.
- ✓ LCK348 : solution contient 16% acide sulfurique.
- ✓ LCK 314 : (15-150 mg/NO<sub>2</sub>) la cuve d'analyse contient : 90% d'acide sulfurique, sulfate de mercure agent sulfate.
- ✓ DCO LCK 514 : (100-2000 mg/l O<sub>2</sub>) cuve d'analyse contient : 90% d'acide sulfurique, sulfate de mercure, bichromate de potassium.
- ✓ DosiCapZip : contient sodium peroxydisulfate, méta borate de sodium, lithium, sulfate.

# Annexe

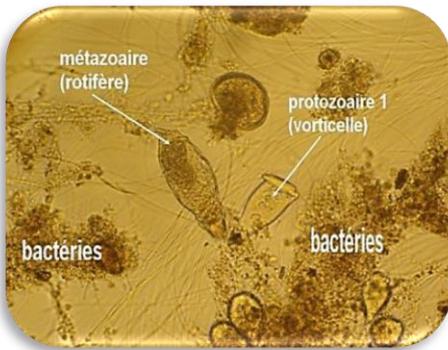
## Annexe 04

### SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES DE LA VILLE DE AIN DEFLA

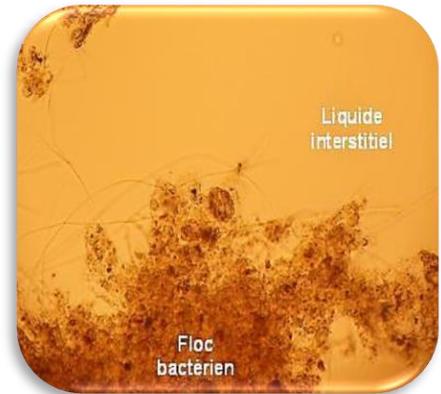


# Annexe

## Annexe 05



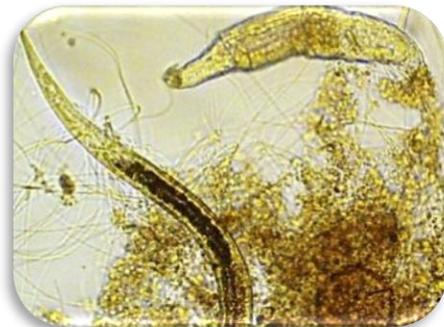
**Figure :** Observation microscopique de la microfaune.



**figure :** Observation microscopique d'un Flocc bactérien .



**Figure :** Observation microscopique de *Zoothamium*.



**Figure:** Observation microscopique de nématode et rotifère à droite.



**Figure:** Observation microscopique de Rotifères.

## Annexe

---

- Abibsi N, *Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoepuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra*, mémoire de magister, Université Mohamed Khider –Biskra, Année 2011. *Algal ponds land macrophyte systems in China*. Water Sci.Technol. 2003; 48:251-257p.
- Alloway B. J., Ayres D.C. *Chemical principles of environmental pollution*, Ed. Blakie Academic and professional (1993).
- Asano T , *waste water reclamation and reuse*. *Water quality management library*, 1998, 911-923p.
- ATTAB, *Amélioration de la qualité microbiologique des eaux epurees par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local*, mémoire de magister, Université kasdi Merbah-Ouargla, Année,2013.
- Aulicino E.A, Mastrantoni A , Orsini E, Bellucci C, Muscillo M. and Larosa G. *Enteric viruses in a wastewatertreatment plant in Rome*.Water, Air, & Soil Pollut.1996; 91(2-3):327-334p.
- Banadda N., Nhapi I., Kimwaga R. *A review of modeling approaches in activated sludge Systems*, African Journal of Environmental Science and Technology, (2011), Vol. 5(6), pp. 397-408.
- Bassompierre C. *Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote a la validation de modèles*, Thèse de Doctorat, INP Grenoble, France (2007).
- Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. *Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. Rapport ORS, (2004), 220p.
- Baumont S, CamardJ.P, Lefranc A et Franconi A. *Réutilisation des eaux usées épurées : réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national, Risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France; 2005.p.15-62
- Belaid N. *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorptiondes éléments métalliques*. Thèse de doctorat. Univ. Sfax; 2010. p.1-39.
- Belgiorno V., Rizzo L., Fatta D., Della Rocca C., Lofranoa G., Nikolaou A., Naddeo V.& Meric S., *Review on endocrine disruptingemerging compounds in urban wastewater: occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse*. Desalination, (2007). 215:166–176p.
- Berland J. M, Boutin C, Molle PetCooper P. *Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 Éq/hab): mise en œuvre de la directive du Conseil européen n°91-271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires*. Luxembourg: Office International de l'eau; 2001. 41p.
- Berland J. M., Boutin C., Molle P., Cooper P. *Procédés extensifs d'épuration des eaux Usées*, Office des publications des communautés européennes, Luxemburg (2001).
- BoeglinJ. C. *Traitements biologiques des eaux résiduaires*, technique de l'ingénieur J3940.France;2001.
- Bontoux J. *Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de Boisson*. Paris: Technique et Documentation Lavoisier; 1993. p.166

## Références bibliographique

---

- BRAME V., *Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaine*. Série de documents techniques A.F.E.E. (France) (1986).
- Bramond , Vuichard R.; *parametres de la qualité des eaux*. Minister de la protection de la nature et de l'environnement. OSPEPE, paris,(1973). P.179
- Campos. *New perspectives on microbiological water control for wastewater reuse*. Desalination. 2008; 218: 34-42p.
- Canler. *Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration: origines et solutions*, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, et des affaires rurales (FNDAE n°33), document technique, Cemagref, France (2004).
- Canler MarcJ-P, Duchène P , *Aide au diagnostic par l'observation microscopique des boues activeés*, Cemagraf, France (2004).
- Cardot . *Les traitements de l'eau: Procédés physico-chimiques et biologiques*. Paris: Ellipses; 1999. 247p
- Cathrine , et Alain H et Jean-M, *technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) rapport final, convention de partenariat ONEMA-Cemagraf Demaine : Ecotechnologie et pollution Action :28, réutilisation des eaux traité, Année (2008)*
- Céline Pernin, *Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (Quercus suber L.)* Ecole doctorale: Sciences de l'environnement, MARSEILLE (AIX-MARSEILLE III). (2003).
- Chen , Zhou Q, Paing Jand Picot B. *Nutrient removal by the integrated use of high rate*
- Chocat . *Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement*. Paris: Techniques & Étude de Documentation; 1997.P1124
- Dauphin. *Connaissance et contrôle du fonctionnement des stations d'épuration, intérêt et limites des moyens métrologiques actuels : application à la gestion hydraulique d'un décanteur secondaire*, Thèse de Doctorat, Faculté des sciences et techniques de l'eau, Université Luis Pasteur de Strasbourg, France (1998).
- De Villers ., Squilibine ., Yaurassowsky ., *Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface*. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement, (2005).
- Degremont . *Mémento technique de l'eau*. Tome 1, 2<sup>ème</sup>Ed. Paris: Degremont Suez; 2005.
- Degrémont M, « *technique de l'eau* ». Paris : Dégriement. (1972).
- Devaux ,: *intérêt et limite de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise*. Thèse scientifique (Science de la Vie et de la Santé).univ Joseph Fourier, Grenoble, (1999), 257p
- Direction de l'Assainissement et de la Protection de l'Environnement(DAPE). ). *Étude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national, Mission 1 : Reconnaissance et collecte des données de base*. 2006. 120p.
- Edeline., *L'épuration biologique des eaux*, CEBEDOC, Paris (1997).
- Effebi. R. *Lagunage anaérobie : modélisation combinant la décantation primaire et la Dégradation anaérobie*. Thèse de doctorat. Univ. Liège; 2009. p.7-9.
- Faby . A et Brissaud . *L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation*.Office International de l'Eau(OI Eau). 1997. p.76.

Food and Agriculture Organisation (FAO). *L'irrigation avec les eaux usées traitées*. Le Caire Egypte; 2003. p. 68-73

GAÏD , *Traitement des eaux résiduaires*, Techniques de l'Ingénieur l'expertise technique et scientifique de référence, Année 2008.

Gaid . *Épuration biologique des eaux usées urbaines. Tome I*, édition OPU, Alger, (1984). P.261

Gaujous , *La pollution des milieux aquatiques. Edit. Lavoisier Techniques et documentation* .Paris. (1995). 2 17p

Germain E, Bancroft L, Dawson A, Hinrichs C, Fricker Land Perce P. *Evaluation of hybrid processes for nitrification by comparing MBBR/AS and IFAS configurations*. Water Sci. Technol. 2007;55: 8-9.

Haggbloom , et Young , chlorophenol degradation coupled to sulfate reduction. Applied and environmental microbiology, (1990), 56:3255-3260p.

Hamoda., *Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries*. Desalination, (2004), 165: 31-41p.

Hauduc. *Modèles biocinétiques de boues activées de type ASM: analyse théorique et fonctionnelle, vers un jeu de paramètres par défaut*, Thèse de Doctorat, Département de génie civil et génie des eaux, Faculté des sciences et génie Université Laval Québec (2011).

Jeppsson. *Modelling Aspects of Wastewater Treatment Processes*, Thèse: Department of Industrial Electrical Engineering and Automation (IEA), Lund Institute of Technology (LTH), Lund University, Sweden (1996).

Kimura K., Toshima S., Amy G., Watanabe Y., *Rejection of neutral endocrine disrupting compounds (EDCs) and pharmaceutical active compounds (PhACs) by R.O.M.* Journal of Membrane Science, (2004).245: 71-78p.

Lacroix S. *Étude des mécanismes physiologiques et moléculaires de la filamentation de Sphaerotilus natans, bactérie modèle du foisonnement invasif en boues activées*, Thèse de doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), France (2008).

Ladjel . *exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02*. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, 2006. P.80

Lazarova V. & Brissaud F., *Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France*. L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299, (2007).

Morel M. *L'utilité des végétaux aquatiques pour le traitement des eaux usées sous climat Tropical*. Thèse de doctorat, INPL de Lorraine; 1996.

Nameche et Vassel J.L. *Élimination des germes pathogènes en lagunage aéré et en lagunage naturel sous climat tempéré*, Rapport dans le cadre d'une bourse de (FRIA) Fonds pour la formation à la Recherche dans l'Industrie et dans l'Agriculture, Fondation Univ.

Luxembourgeoise-Belgique. 1996. p.20.

Office International de l'Eau (O. I. Eau). Centre National de Formation aux Métiers de l'Eau. 2005

Office National de l'Assainissement (ONA). Tableau de bord exploitation du mois de juillet 2017. Direction de l'exploitation et de la maintenance. Alger, Algérie; 2017.

Oueslati., Waddad M et Charbonnei . *Étude physico-chimique des eaux usées domestiques traitées par des végétaux aquatiques : première expérience tunisienne*. Sud. Sci. Tech. 2000; 6: 35-43.

## *Références bibliographique*

---

- Pandolfi . *Caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse de boues activées par analyse d'images*, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique (INP) de Lorraine, France (2006). Paris Document pour le médecin du travail. 1990; 374-387. Report N°.44TC 34.
- Rejeseck. *Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques*. Bordeaux: CRDP Aquitaine; 2002.p.165-192.
- Rodier, Legube B, Merlet M, Brunet R, *L'analyse de l'eau*, Ed, Dunod, Paris, (2009) ,1600p
- Rodier, *L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer)* 8ème édition, DUNOD, (1996), 557-570p et 968-1079p
- Rodier., *L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires eaux de mer*, 8ème Edition DUNOD technique, Paris, Année 2005.
- Tarmoul, Sodi M, *Mémoire, « Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel »*. Tribune de l'eau n° :563/3. Ed. CEBEDOC, (2007). 27-32p
- Toze. *PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters*. Water Res.1999;33: 3545–3556p.
- Vilagines. *Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie*. 2<sup>ème</sup> Ed. Paris: Tec&Doc. 2004. 198p.
- Vincent., *Aquaculture Environnement, institut français de l'environnement*: (2003) 216-220p.
- Zobeidi Aand Bebbba. *Seasonal variations of physical, chemical parameters in a wastewater treatment plant by aerated lagoons at southern-east of Algeria*. Res.J. Pharm. Bio. Chem. Sci. 2015; 6(3): 1097-1101