



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريديج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences biologiques



UNIVERSITÉ MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI
BORDJ BOU ARRERIDJ

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Toxicologie

Intitulé

Amélioration des procédés de traitement des eaux
usées

Présenté par : BELEULMI Ghada

CHEKHABA Guermia Hanan

Devant le jury :

Président :	BENSGHIR Hadjira	MAA (Univ. Bordj Bou Arreridj)
Encadrant :	DIAFAT Abdelouaheb	MCA (Univ. Bordj Bou Arreridj)
Examineur:	SLIMANI Ourdia	MAA (Univ. Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2021/2022

REMERCIEMENTS

Merci ALLAH de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience, d'aller jusqu'au bout du rêve et la volonté de mener à terme le présent travail.

Nous tenons à remercier Mr. **DIAFAT Abdelouaheb** qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail de fin d'étude, nous avons apprécié votre aide et vos conseils si précieux. Votre rigueur scientifique et vos qualités pédagogiques nous ont aidés tout au long de la réalisation de ce travail, l'expression de notre estime et de notre reconnaissance.

Nous remerciant également le président des jurés Mme. **BENSGHIR Hadjira**, nos examinateurs Mme. **SLIMANI Ouardia** de nous faire l'honneur d'accepter de nous examiner et discuter sur nos travaux.

Je voudrais remercier aussi l'ensemble des personnes de laboratoire de l'université de MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI, spécialement **Mr BAHLOUL Ahmed**, **Mr KHALIL** et **Mr FOUAD**, et les personnels de la station d'épuration d'Ain Taghrout à Bordj Bou Arréridj.

Nous adressons également nos profondes gratitudee à tous les professeurs de l'université Mohamed El Bachir Al Ibrahimi en particulier ceux du département de biologie.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

BELEULMI G.et CHEKHABA H.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Ma mère **Fatima**, 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, et mon père **Mekki** pour leur patience, conseils, aide et aussi de m'avoir encouragée pour la réalisation de ce travail ;

A mon chère frère **Rami**, A très chères sœurs **Chahira, Lamis, Ikram** qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

A mes chers neveux **Maram, Mohamed, Farah, Wassim**

A ma très chère amis **Nadji, Amira, Widad, Houssam, Raouf, Khaoula**

A ma binôme **Hanane** et à tous mes amis (es) de la promotion Toxicologie, pour tous les bons souvenirs.

BELEULMI Ghada

Dédicace

Ce modeste travail est dédié à ma chérie Mama **AICHA** que Dieu ait pitié d'elle, tous mes efforts étaient pour toi maman, tu resteras toujours dans mon cœur.

A mon cher grand-père et ma grande mère **DJAMILA** que dieu le plus puissant vous garde et vous donne une longue vie pleine de santé, vous étiez toujours là pour moi, je ne vous remercierai jamais assez pour tout ce que vous avez fait pour moi.

A mon mari **IMAD**, merci pour ton soutien et ta patience, que dieu te garde.

A mon chère seul frère **RIDHA**, ta présence est la source de mon courage, je te souhaite aussi une vie pleine de santé et de réussite.

A toutes mes amies et particulièrement à mon binôme **GHADA** et toute sa famille, je te souhaite tout le bonheur du monde je ne t'oublierai jamais.

CHEKHABA Guermia Hanan

TABLE DES MATIERES

Résumé	
Abstract	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	01
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : Généralités sur les eaux usées	
I.1.Définition des eaux usées	03
I.2.1. Eaux usées domestiques	03
I.2.2. Eaux usées pluviales	03
I.2.3. Eaux usées agricoles	04
I.2.4. Eaux usées industrielles	04
I.2.5. Eaux usées de drainage	04
I.3. Types de pollution des eaux usées	05
I.3.1. Pollution minérale	05
I.3.2. Pollution microbiologique	05
I.3.3. Pollution chimique	05
I.3.4. Pollution physique	05
I.4.Caractéristiques des eaux usées	06
I.4.1. Paramètres physiques	06
I.4.1.1. La température	06
I.4.1.2. La turbidité	06
I.4.1.3. Matière en suspension (MES)	06
I.4.1.4. Matière volatile en suspension (MVS)	07
I.4.1.5 Matière minérale sèche (MMS)	07
I.4.2. Paramètres chimiques	07
I.4.2.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)	07
I.4.2.2. Demande biochimique en oxygène (DBO5)	07

I.4.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO)	07
I.4.2.4. Conductivité électrique (CE)	08
I.4.2.5. Dosage de nitrite (NO ₂ ⁻)	08
I.4.2.6. Dosage de nitrate (NO ₃ ⁻)	08
I.4.2.7. Dosage du phosphore	08
I.4.3. Paramètres microbiologiques	09
I.4.3.1. Coliformes Fécaux et coliformes totaux	09
I.4.3.2. Les clostridiiums sulfito-réducteurs	09
I.4.3.3. Flore mésophile aérobie totale (FTAM)	10
CHAPITRE II : Méthodes d'épuration des eaux usées	
II.1. Définition de l'épuration	11
II.2. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées	11
II.3. Rôle des stations d'épuration	11
II.4. Procédés d'épurations des eaux usées	11
II.4.1. Prétraitement	11
II.4.1.1. Dégrillage	12
II.4.1.2. Dessablage	12
II.4.1.3. Déshuilage/dégraissage	12
II.4.2. Traitement primaire (traitement physico-chimique)	13
II.4.2.1. Décantation	13
II.4.2.2. Coagulation-floculation	13
II.4.2.3. Filtration	13
II.4.3. Traitement secondaire (épuration biologique)	13
II.4.3.1. Procédés biologiques intensifs	13
II.4.3.2. Procédés biologiques extensifs	14
II.4.4. Traitement tertiaire	14
CHAPITRE III : Présentation de la station d'épuration	
III.1. Localisation géographique de la station d'épuration	15
III.2. Les données techniques de la station d'épuration	16
ETUDE EXPERIMENTALE	
CHAPITRE IV : Matériel et méthode	
IV.1. Eaux usées	17

IV.1.1. Prélèvement et transport des échantillons	17
IV.2. Pseudomonas aeruginosa	17
IV.2.1. Définition	18
IV.2.1. Echantillonnage de Pseudomonas aeruginosa	19
IV.3. Analyses physico-chimiques des eaux usées	19
IV.3.1. La température (T°)	19
IV.3.2. Matière en suspension (MES)	19
IV.3.3. Potentiel d'hydrogène (pH)	20
IV.3.4. La conductivité électrique (CE)	21
IV.3.5. La turbidité	22
IV.3.6. Demande biochimique en oxygène (DBO5)	23
IV.3.7. Demande chimique en oxygène (DCO)	24
IV.3.8. Dosage de nitrite (NO ₂ -)	25
IV.3.9. Dosage de nitrate (NO ₃)	26
IV.3.10. Dosage de Phosphore	27
IV.2.3. Analyses microbiologiques des eaux usées	28
IV.2.3.1. Dénombrement du coliformes fécaux (CF) et totaux (CT)	28
IV.2.3.2. Clostridium sulfito-réducteurs	29
IV.2.3.3. Flore mésophile aérobie total (FTAM)	30
CHAPITRE V : Résultats et discussion	
V.1. Analyses physico-chimiques des eaux usées	32
V.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	32
V.1.2. La température (T°)	33
V.1.2. La conductivité électrique (CE)	33
V.1.3. La turbidité	34
V.1.4. Demande biochimique en oxygène (DBO5)	35
V.1.5. Demande chimique en oxygène (DCO)	35
V.1.6. Matière en suspension (MES)	36
V.1.7. Dosage de nitrite (NO ₂ -)	37
V.1.8. Dosage de nitrate (NO ₃)	38
V.1.9. Dosage de Phosphore	39
V.2. Analyses bactériologiques des eaux usées	40
V.2.1. Dénombrement du clostridium sulfito-réducteurs	40
V.2.2. Dénombrement du coliformes fécaux (CF) et totaux (CT)	41

V.2.3. Dénombrement du flore mésophile aérobie total (FTAM)	42
CONCLUSION	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

LISTE DES FIGURES

N°	Figure	Page
1	Dégrillage grossier	12
2	Dégrillage fin	12
3	Déshuilage	13
4	Dégraissage	13
5	Les étapes de traitement des eaux usées de la station d'épuration à boue activée	14
6	Localisation géographique du barrage de Ain Zada	15
7	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	18
8	pH-mètre	21
9	Conductimètre	22
10	Turbidimètre	23
11	Flacons de mesure de DBO5	24
12	Réacteur DCO	25
13	Tubes des tests du DCO	25
14	Dénombrement des coliformes totaux et fécaux	32
15	Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale	33
16	Les variations des valeurs du Nitrite avant et après l'épuration par <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	39
17	Les variations des valeurs du Nitrate avant et après l'épuration par <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	40
18	Les variations des valeurs du Phosphore avant et après l'épuration par <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	41
19	Représentation des tubes correspondant à la recherche et dénombrement des spores sulfito-réductrices	42
20	Représentation des boîtes de pétries correspondant à la recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux	43
21	Représentation des boîtes de pétries correspondant à la recherche et dénombrement des Flores mésophiles aérobies totales	44

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Caractéristiques techniques de la STEP de Ain Taghrout	16
2	Qualité des eaux en fonction de la conductivité	22
3	Variation du pH, température, conductivité électrique et de la turbidité des eaux usées avant et après l'épuration	36
4	Variation des valeurs du DBO ₅ et du DCO des eaux usées avant et après l'épuration	37
5	Variation de MES des eaux usées avant et après l'épuration	38
6	Résultats du dénombrement des clostridiiums sulfito- réducteurs	42
7	Résultats du dénombrement des coliformes fécaux et totaux	43
8	Résultats du dénombrement des Flores mésophiles aérobies totales	44

ABBREVIATIONS

VF : Viande Foie

VRBG : Violet Red Bile Glucose Agar

PCA : Plate Count Agar

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliformes totaux

FMAT : Flore mésophile aérobie totale

DBO5 : Demande biologique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : Matières en suspension

MMS : matières minérales sèches

MVS : matières volatiles sèches

NTU : Norme françaises d'utilisation.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

pH : Potentiel d'hydrogène

STEP : Station d'épuration.

T : Température.

UFC : Unités Formant Colonies.

CE : Conductivité électrique.

Résumé

Ces dernières années, une attention particulière est portée à la recherche et à l'étude de nouvelles techniques d'épuration des eaux usées pour faire face aux problèmes de la pollution. Dans ce travail, nous tenons à essayer une technique biologique d'épuration à base des filtres microbiologique de « *pseudomonas aeruginosa* » pour traiter les eaux usées du barrage Ain zada à « Ain Taghrout ». Ainsi, nous avons suivi les performances épuratrices de cette bactérie par la mesure de certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques avant et après épuration.

Nos résultats ont mis en évidence une diminution importante après l'ajout de la *pseudomonas* pour les MES (de 21 mg/l à 15.2 mg/l), une diminution pour les nitrites NO_2^- , le nitrate NO_3^- aussi que pour le phosphore avec un maximum de 0.6 mg/l et un minimum de 0.3 mg/l.

Il convient de signaler une augmentation pour le DCO (de 8 à 131 mg/l) et du DBO5 (de 22 à 43 mg/l) après l'ajout de la bactérie. Concernant les paramètres microbiologiques, nous avons enregistré une diminution pour les coliformes totaux et le clostridium sulfito-réducteurs, avec une augmentation du flore mésophile aérobie totale.

L'ensemble des résultats obtenus après l'utilisation du « *Pseudomonas aeruginosa* » ne permettent pas l'utilisation directe de cette bactérie dans la station mais ils représentent un bon indice pour faire plus de recherche sur elle et développer les moyens qui permettront son utilisation.

Mots clés : Eaux usées, épuration, STEP, *Pseudomonas aeruginosa*, traitement biologique.

Abstract

In recent years, special attention has been paid to the research and study of new wastewater treatment techniques to cope with pollution problems. In this work, we want to try a biological purification technique based on microbiological filters of "pseudomonas aeruginosa" to treat domestic wastewater at the dam of Ain Zada à "Ain Taghrout". Thus, we followed the purification performances of this bacterium by measuring some physicochemical and bacteriological parameters before and after treatment.

Our results showed a significant decrease after the addition of pseudomonas for TSS (from 21 mg/l to 15.2 mg/l), a decrease for nitrite NO₂⁻, nitrate NO₃⁻ as well as for phosphorus with a maximum of 0.6 mg/l and a minimum of 0.3 mg/l.

An increase in COD (from 8 to 131 mg/l) and BOD₅ (from 22 to 43 mg/l) after the addition of the bacteria should be noted. With regard to the microbiological parameters, we recorded a decrease in total coliforms and sulphite-reducing clostridium, with an increase in total aerobic mesophilic flora. All the results obtained after the use of "Pseudomonas aeruginosa" do not allow the direct use of this bacterium in the plant, but they represent a good indication to do more research on it and to develop the means that will allow its use.

Key words : Wastewater, treatment, WWTP, Pseudomonas aeruginosa, biological treatment.

ملخص

في السنوات الأخيرة، تم إيلاء اهتمام خاص بالبحوث ودراسة تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي الجديدة للتعامل مع مشاكل التلوث. في هذا العمل، نريد تجربة تقنية تنقية بيولوجية تعتمد على المرشحات الميكروبيولوجية من "Pseudomonas aeruginosa" لمعالجة مياه الصرف المنزلية في سد عين زادة في "عين تاغروت". وهكذا، فقد تابعنا أداء تنقية هذه البكتيريا من خلال قياس بعض المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية قبل وبعد العلاج. أظهرت نتائجنا انخفاضًا معنويًا بعد إضافة الزائفة لـ MES (من 21 مجم / لتر إلى 15.2 مجم / لتر)، وانخفاض في النتريت NO₂- والنترات NO₃- وكذلك الفوسفور بحد أقصى 0.6 مجم / لتر و بحد أدنى 0.3 مجم / لتر. يجب ملاحظة زيادة في DCO (من 8 إلى 131 مجم / لتر) و DBO₅ (من 22 إلى 43 مجم / لتر) بعد إضافة البكتيريا. فيما يتعلق بالمعلومات الميكروبيولوجية، سجلنا انخفاضًا في إجمالي Clostridium و Coliformes fécaux et totaux و sulfite réducteurs مع ارتفاع في FMAT. جميع النتائج التي تم الحصول عليها بعد استخدام "Pseudomonas aeruginosa" لا تسمح بالاستخدام المباشر لهذه البكتيريا في المحطة، لكنها تمثل مؤشرًا جيدًا لإجراء المزيد من الأبحاث حولها وتطوير الوسائل التي تسمح باستخدامها.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، المعالجة، معالجة مياه الصرف الصحي، Pseudomonas aeruginosa، المعالجة البيولوجية.

INTRODUCTION

L'accès à l'eau de boisson saine est une condition indispensable à la santé, un droit humain élémentaire et une composante clé des politiques efficaces de protection sanitaire (**OMS,2004**).

Le thème de l'eau est l'un des plus importants en ce début du XXI^e siècle car, au fur et à mesure que la population de la terre augmente, la demande en eau s'accroît. Or l'eau est une ressource qui n'est pas aussi inépuisable qu'il apparaît, et l'on constate de plus en plus des déséquilibres entre les quantités disponibles et la consommation par l'homme, c'est pourquoi le traitement des eaux usées est aussi essentiel pour l'homme et pour la protection de l'environnement (**Rodier et al., 2009**).

La technologie du traitement et du rejet des eaux usées est bien avancée dans la plupart des pays industrialisés. Les processus spécifiques auxquels on recourt pour traiter ces eaux dépendent des conditions climatiques, économiques et sociales de chaque pays. Au cours de notre étude, nous nous sommes basés sur le traitement des eaux usées par voie biologique qui est la méthode d'assainissement la plus répandue dans le monde. Cette technologie utilise différents types de bactéries et autres micro-organismes pour le traitement et le nettoyage des eaux polluées (**Rejsek, 2002**). En effet, l'utilisation de ces bactéries accélère le traitement de la pollution sur une petite surface : la station d'épuration. C'est mieux que de laisser la rivière faire, car bien que ce soit le même processus d'épuration qui se passe dans la nature, les quantités de pollution rejetées de nos jours sont trop importantes pour ne pas dérégler le cycle naturel. Ainsi, les stations d'épuration permettent d'éviter par exemple l'eutrophisation des cours d'eau, mais aussi préviennent la diffusion de maladies. Les déchets des industries sont les principales sources d'eaux usées. Et grâce à l'utilisation des micro-organismes, nous sommes en mesure de dégrader le contenu des déchets organiques car ils les utilisent comme source d'alimentation et d'énergie pour se développer et se multiplier (**Djellouli et Taleb ,2005**).

Au cours de ce travail, nous expérimenterons la possibilité d'utilisation de bactéries *Pseudomonas aeruginosa* dans le traitement biologique des eaux usées, en contrôlant les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques.

Dans la première partie bibliographique on effectuera un rappel bibliographique sur les eaux usées (définitions ; origines) les paramètres de pollution ; les méthodes d'épuration des eaux usées et les paramètres de fonctionnement des stations à boues activées.

Ensuite une deuxième partie expérimentale dans laquelle nous exposons le matériel utilisé dans ce travail, notre méthodologie expérimentale et les résultats obtenus ainsi que leur interprétation. Nous terminerons notre travail par une conclusion.

**ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE**

CHAPITRE I

I.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées concernent toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques, qui parviennent jusqu'aux canalisations d'assainissement afin d'y subir un traitement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante susceptible d'engendrer au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (Dugniolle, 1980).

I.2. Nature et origine

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre origines (Metahri, 2012).

I.2.1. Les eaux usées domestiques

Ce sont les eaux utilisées par l'homme pour des besoins domestiques (Chocat, 1997). Elles constituent essentiellement de la pollution et se composent :

- Des eaux de cuisine : qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à de matières organiques à base (glucides, lipides ; protides), et des produits détergents.
- Des eaux de buanderie : contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bains : chargées en produits pour l'hygiène corporelle. Généralement de matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes : qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées (Frank, 2002).

I.2.2. Les eaux usées pluviales

Ce sont les eaux de ruissellement qui se forment après précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de la pluie par deux mécanismes :

- Le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs

Elles sont de même nature que les eaux usées domestiques avec des métaux lourds et des éléments toxiques (plomb ; zinc ; hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile.

I.2.3. Les eaux usées agricoles

Le secteur agricole reste le plus grand consommateur des ressources en eau. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais.
- Apport de sulfate, de cuivre et de composés arsenicaux destinés à la protection de vignes en région viticole.
- Apport de pesticides chlorés ou phosphorés ; de désherbants ; d'insecticides (**Richards, 1982**).

I.2.4. Les eaux usées industrielles

Elles proviennent généralement des usines ; elles sont caractérisées par une grande diversité.

Suivant l'utilisation de l'eau ; tous les produits ou sous-produit de l'activité humaine se trouvent concentrés dans l'eau .la composition des eaux usée industrielles varie selon la nature des rejets ; on distingue les pollutions spécifiques suivantes :

- Matières radioactives (centres nucléaires ; traitement des déchets radioactifs...)
- Sels métalliques (traitement de surface ; métallurgie...)
- Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires...)

La contribution importante des industries à la pollution des eaux s'effectue de plusieurs manières :

- Par rejets d'effluents dans le réseau d'assainissement avec ou sans épuration avant le retour au milieu naturel.
- Par rejet direct dans le milieu naturel avec ou sans prétraitement des eaux résiduaires (**Loumi et Yefsah, 2010**)

I.2.5. Les eaux usées de drainage

C'est l'eau de lessivage récupérée après irrigation grâce à système de drainage.

I.3. Les pollutions des eaux usées

I.3.1. Définition de la pollution de l'eau :

La pollution de l'eau est une modification néfaste de la composition des eaux par l'ajout des substances susceptibles d'altérer leur qualité ; leur aspect esthétique et compromettre leur consommation. L'agent polluant peut être de nature physique ; chimique ; ou biologique ; il provoque soit une gêne ; une nuisance ou une contamination (**Mayet, 1984**).

I.3.2. Types de pollution de l'eau :

I.3.2.1. La pollution minérale

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Le polluant minéral ce sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs (**Baumont et al., 2004**).

I.3.2.2. Pollution microbiologique

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, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

I.3.2.3. Pollution chimique

Est créé généralement par les déversements des établissements industriels. Elle est plus ou moins nocive, selon la nature des substances dissoutes dans l'eau (exemple : pollution par les phénols) et selon les concentrations de ces substances (**Vailant, 1974**).

I.3.2.4. La pollution physique

Résultat de la présence dans l'eau de particules ou de déchets capables de colmater le lit d'un cours d'eau (cas des eaux provenant par exemple des mines, d'usines de défilage de bois, de tanneries).

I.4. Caractéristiques des eaux usées

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique. Ce potentiel de pollution généralement exprimés en mg/l, est quantifié et apprécié par une série d'analyses. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, on peut retenir les analyses suivantes :

I.4.1. Paramètres physiques

I.4.1.1. La température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment) Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique influençant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (**Rodier et al., 1996**).

I.4.1.2. La turbidité

La turbidité 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 peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (**Rejeseck, 2002**).

I.4.1.3. Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (**Degrémont, 2005**).

Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

I.4.1.3.1. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique de MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau.

I.4.1.3.2. Les matières minérales (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les Chlorures, les phosphates, etc. L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau augmente la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré aération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène.

I.4.2. Paramètres chimiques

I.4.2.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel hydrogène) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) contenus dans la substance. Quand les quantités de ces deux ions sont égales, l'eau (ou la substance) est considérée comme neutre, Le pH d'une substance varie entre 1 et 14.

Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique. Au-dessous de 7, la substance est acide (Cuq, 2007).

I.4.2.2. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (Jakob et al., 2009).

I.4.2.3. La demande chimique en oxygène DCO

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une

eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes (**Hacene, 2016**).

I.4.2.4. La conductivité électrique (CE)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (**Denis et al., 2000**).

I.4.2.5. Nitrites (NO_2^-)

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation.

Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (**Rodier et al., 2005**).

I.4.2.6. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates.

I.4.2.7. Le phosphore

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions orthophosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensé entre eux (polyphosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le

phénomène de l'eutrophisation. L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2.5 à 3g par habitant.

I.4.3. Paramètres microbiologiques

Ils proviennent essentiellement des matières fécales qui contiennent majoritairement une flore anaérobie (10⁹-10¹⁰ bactéries /g fèces) détruite à l'air, et une flore aérobie – anaérobie facultative (10⁶ – 10⁷ bactéries / g fèces).

La présence de ces microorganismes dans les eaux usées et les boues résiduaire nécessite des règles sanitaires lors de leur traitement et de leur élimination. En particulier, lorsque le rejet se fait à proximité d'une zone conchylicole, d'une zone de baignade ou d'une prise d'eau potable, il est nécessaire d'effectuer une désinfection (**Leyral et al., 2002**).

I.4.3.1. Les coliformes fécaux et totaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'Escherichia Coli.

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau). Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'il contient notamment des bactéries d'origine fécale, comme Escherichia coli (E. coli) (**Annie et Françoise, 2001**).

I.4.3.2. Les clostridium sulfito-réducteurs

Les Anaérobies Sulfite- Réducteurs (ASR) sont des germes telluriques (présents dans le milieu extérieur : sol, eau, air, etc... capables d'y résister très longtemps sous forme de spore, présents également dans la flore intestinale de l'homme et des animaux. Ils se développent dans des conditions d'anaérobiose (absence d'oxygène). Les spores de ces germes sont très résistantes à la chaleur. A la différence des Coliformes, ces spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes à l'action des facteurs chimiques et physiques que les formes végétatives. Elles peuvent ainsi fournir des indications sur une pollution éloignée ou intermittente (**ISO, 1986**).

I.4.3.3. Flore mésophile aérobie totale (FMAT)

La flore mésophile aérobie totale est constituée d'un ensemble de microorganismes variés correspondant aux germes banaux de contamination. Son dénombrement reflète la qualité microbiologique générale de l'eau usée. Ainsi le nombre de germes totaux pourra donner une indication de l'état de fraîcheur ou de décomposition (altération) de l'eau. Des valeurs élevées n'indiquent pas nécessairement la présence de pathogènes, aussi des valeurs basses peuvent accompagner la présence de pathogènes à des niveaux dangereux. Cependant, la seule mesure des germes totaux ne suffit pas à bien évaluer les risques liés à ces groupes microbiens qu'il convient, alors, de dénombrer pour améliorer le diagnostic.

CHAPITRE II :
METHODES D'EPURATION
DES EAUX USEES

II.1. Définition et l'objectif de l'épuration

L'épuration est l'ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour la réutiliser ou la recycler dans le milieu naturel. Le principal objectif est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous la forme d'un petit volume de résidu (les boues) et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques ou biologique (Zeghoud, 2014).

II.2. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux Usées

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

- Des exigences du milieu récepteur.
- Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.).
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- De la disponibilité du site.
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien (Mahdjar, 2016).

II.3. Rôle des stations d'épuration

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement.

II.4. Procédés d'épurations des eaux usées

II.4.1. Prétraitement

Le prétraitement vise à protéger le relèvement des eaux brutes et plus généralement à éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs. Suivant la qualité de l'eau à traiter (Bekkouche et Zidane, 2004). Plusieurs opérations peuvent être nécessaires, parmi lesquelles :

II.4.1.1. Dégrillage

Il consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont l'écartement se mesure habituellement en centimètres (Banzaoui N ; Elbouz F ;2009). Le dégrillage a pour objectif :

- L'élimination des déchets volumineux.
- La protection de la station de traitement.

II.4.1.1.1. Le Dégrillage grossier

- Rétention mécanique des déchets (papiers, fibres textiles, plastiques,) de dimension $>15\text{mm}$
- Les déchets sont pressés et évacués en incinération (Figure 1).

II.4.1.1.2. Le Dégrillage fin

- La rétention mécanique de tous les petits corps étrangers (plastique, ...) de dimension $> 6,0\text{ mm}$, pouvant perturber le fonctionnement des installations.
- Les déchets sont pressés et évacués en incinération (Figure 2).



Figure 1 : le Dégrillage grossier
(Banzaoui et Elbouz, 2009).



Figure 2 : Dégrillage fin
(LADJEL, 2006)

II.4.1.2. Dessablage

Cette opération est indispensable pour éviter le colmatage des canalisations, surtout si elles sont enterrées et protéger les équipements à pièces tournantes de la corrosion (axe de chaînes, rotors de centrifugeuse, pompes de relèvement, etc.).

II.4.1.3. Déshuilage/ dégraissage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de l'effluent brut, les huiles et les graisses étant des produits de densité légèrement inférieure à l'eau.



Figure 3 : Dégraissage



Figure 4 : Déshuilage

(Station de Bordj Bou Arreridj : Mars 2017).

II.4.2. Traitement primaire (traitement physico-chimique)

II.4.2.1. Décantation

La décantation est la méthode la plus fréquente, son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité.

II.4.2.2. Coagulation-floculation

- La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension.
- La floculation a pour l'objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts, entre les particules déstabilisées.

II.4.2.3. Filtration

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat).

II.4.3. Traitement secondaire (épuration biologique)

Les techniques d'épuration biologiques utilisent l'activité des bactéries dans l'eau, qui dégradent la matière organique. Ces techniques peuvent être anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, ou aérobies c'est-à-dire nécessitant un apport oxygène.

Parmi les traitements biologiques, on distingue deux types de procédés biologiques (**Bechac J et al., 1983**).

II.4.3.1. Procédés biologiques intensifs

Ce sont des systèmes d'épuration classiques qui occupent peu d'espace et consomment de l'énergie. En plus, ils ont un coût d'installation et de fonctionnement élevé.

On distingue les systèmes de traitement par boues activées, lits bactériens, disques biologiques etc.

II.4.3.2. Procédés biologiques extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc.

II.4.4. Traitements tertiaires

Les traitements complémentaires appelés aussi tertiaires, avancés, ou de finissage, sont des procédés qui permettent d'améliorer les caractéristiques d'une eau résiduaire après un traitement biologique ou un traitement physico-chimique.

On leur fait appel lorsqu'il est nécessaire d'assurer une protection complémentaire de milieu récepteur ou en raison d'une réutilisation immédiate.

Ces procédés ont notamment pour but :

- L'élimination de l'azote et du phosphore.
- La désinfection.

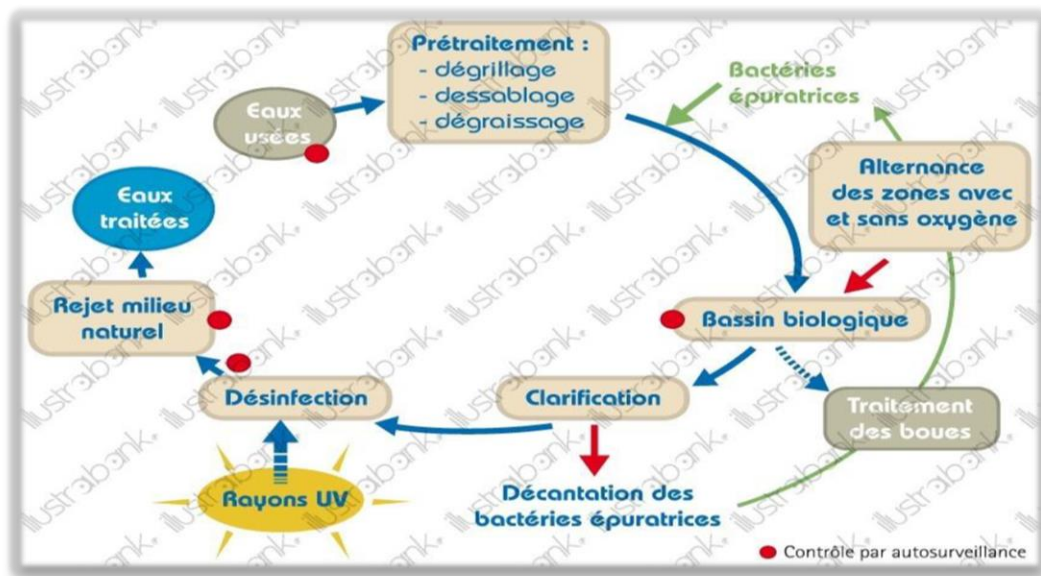


Figure 5 : Les étapes de traitement des eaux usées de la station d'épuration à boue activée (Bechac et al., 1983).

CHAPITRE III :

REPRESENTATION DE LA STEP

III.1. Localisation de la STEP (Station d'épuration) d'Ain Taghrout

La wilaya de Bordj Bou Arreridj est dotée d'une station d'épuration d'Ain Taghrout, située au niveau du barrage d'Aïn Zada, ce dernier est construit entre 1982 et 1986, et est un barrage en remblais situé à dix kilomètres à l'Est de la ville de Khelil sur l'oued Bou Sellam sur le territoire de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. Elle a la capacité de 1000 l/s partagée comme suit : 600 l/s vers Sétif - 300 l/s vers Bordj Bou-Arreridj et 100 l/s vers Bougaa.

La STEP d'Ain Taghrout est de type boues activées à faible charge, dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique et pluviales par le procédé d'épuration boues activées.



Figure 6 :

Localisation géographique du Barrage Ain Zada (**Google Earth, 2008**)

III.2. Les Données techniques de la STEP

La station d'épuration de la ville d'Ain Taghrout a été dimensionnée sur les bases de données suivantes.

Tableau I : Données Techniques de la STEP de Ain Taghrout

Nom de la station d'épuration	Ain Taghrout
Commune	Ain Taghrout
Willaya	Bordj Bou Arreridj
Localités raccordées	Ville Ain Taghrout
Origines des effluent	Barrage Ain Zada
La capacité de la STEP	150000 Eqh 30000m ³ /j
Le procédé de traitement	Boues activées à faible charge
Le milieu récepteur	Oued K'sob
Le périmètre concerné par la réutilisation	300 hectares

PARTIE EXPERIMENTAL

**PARTIE
EXPERIMENTAL**

CHAPITRE IV :

MATERIEL ET METHODES

Nos essais expérimentaux ont été effectués au niveau de laboratoire de zoologie, microbiologie et chimie de l'environnement. Département des sciences technologiques, Université Mohamed El Bachir Al Ibrahimi (BBA).

IV.1. Eaux usées

IV.1.2. Prélèvement et transport des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

Au cours de notre étude, le prélèvement s'est fait dans deux points différents de la STEP, le premier est à l'entrée (eau brute) et l'autre à la sortie (eau traitée). Pour les analyses bactériologiques, les échantillons sont collectés dans des flacons en verre stériles de 250 ml, et dans des bouteilles en plastique de 1.5 L pour les analyses physico-chimiques.

Les prélèvements sont immédiatement acheminés vers le laboratoire pour des analyses physico-chimiques et bactériologiques dans des glacières.

IV.2. Pseudomonas aeruginosa

Les micro-organismes, en particulier les bactéries, sont un facteur essentiel dans les stations d'épuration. Ce traitement est devenu un besoin urgent depuis le début du siècle dernier en raison de l'augmentation de la population et du développement industriel, et donc de l'augmentation de la quantité de polluants organiques. Le traitement des eaux usées à l'aide de bactéries est effectué selon les étapes suivantes :

La première étape comprend la séparation physique de l'eau polluée en deux parties, solide et liquide.

Dans la deuxième étape, la section liquide est traitée à l'aide de bactéries aérobies qui décomposent et séparent la matière organique dissoute. Enfin, la troisième étape consiste à purifier les eaux usées (des bactéries) où elles sont rejetées dans l'environnement (**Wu et al., 1996**).

Les facteurs affectant la croissance des bactéries lors de traitement des eaux usées :

L'environnement de traitement bactériennes des eaux usées nécessitent de fournir les meilleures conditions possibles pour la croissance des bactéries, et voici les facteurs affectant la croissance des bactéries : l'Oxygène, l'âge des boues, mélanger et remuer, pH, la température et les nutriments.

Avantages de l'utilisation de bactéries dans le traitement des eaux usées :

Des bactéries sont ajoutées aux eaux usées afin d'augmenter la décomposition biologique des matériaux qu'elles contiennent : papier, tissus végétaux, etc. Les bactéries utilisées dans le traitement des eaux usées se caractérisent par leur capacité à traiter les environnements aérobies et anaérobies, et les environnements à faible teneur en oxygène avec beaucoup de nitrates, et elles sont capables de s'adapter aux températures, à l'acidité et aux différents composants des eaux usées. Parmi les nombreuses Les avantages des bactéries dans le traitement des eaux usées sont les suivants :

- Réduction de la demande chimique et biochimique en oxygène.
- Réduire les solides en suspension dans l'eau.
- Élimination des odeurs désagréables associées aux eaux usées.
- Contrôlez les quantités d'huiles et de graisses.
- Réduire le volume de boues générées.
- Réduire les niveaux de tensioactifs et de produits chimiques.

IV.2.1. Définition

Pseudomonas Aeruginosa **Figure 7** est une bactérie de la famille des Pseudomonadaceae en forme de bâtonnet, aérobie stricte, Gram négatif, cytochrome-oxydase positive, mobile par cils polaires produisant les pigments de fluorescéine et de pyocyanine. Cette bactérie métabolise une grande variété de composés organiques et est résistante à plusieurs antibiotiques et désinfectants. Et elle est très répandue dans l'environnement. On la retrouve dans les eaux, la végétation et le sol. Elle résiste assez bien à des températures élevées et aux désinfectants (**Cryz et al, 1984**).

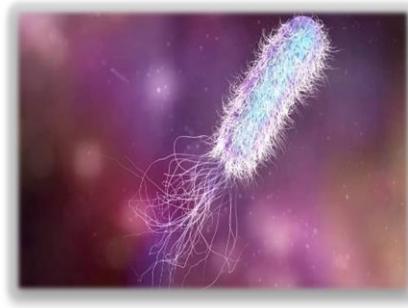


Figure 7 : Pseudomonas aeruginosa
(Elsen et al., 2014)

IV.2.2. Echantillonnage de *Pseudomonas aeruginosa*

Principe

Au cours de ce travail nous avons effectué un traitement les eaux usées à l'aide de bactéries *Pseudomonas aeruginosa*. Les paramètres physico-chimiques et microbiologiques sont mesurés avant et après l'ajout de *Pseudomonas*.

Mode opératoire

- Nous avons ajouté 5ml de *Pseudomonas aeruginosa* à 95 ml de la solution mère et les dilutions 10⁻³ à 10⁻¹ de L'eau brute et épuré.
- Après trois jours nous avons mesurer les paramètres suivants :
- **Physico-chimiques** : DBO, DCO, la température (T°), la conductivité électrique (CE), la turbidité, le potentiel d'hydrogène (pH), dosage de nitrite (NO₂⁻), nitrate (NO₃⁻) et phosphore.

Microbiologique : Coliformes fécaux (CF) et totaux (CT), *Clostridium sulfito-réducteurs*, Flore mésophile aérobie totale (FMAT).

IV.3. Analyses physico-chimiques

IV.3.1. La température

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé à pH-mètre étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (C°).

I.3.2. Les matières en suspension (MES)

Constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée.

Principe

Les MES s'obtiennent soit par filtration des effluents peu chargés soit par centrifugation des solutions, séchage jusqu'à obtenir un résidu sec. La détermination de MES se fera par filtration sur papier filtre compte tenu de l'origine domestique des effluents. La mesure de MES par filtration repose sur le principe de la double pesée : un volume d'eau est filtré sur une membrane (préalablement pesée à vide) de 1,5 microns et les résidus sur cette dernière sont pesés.

Le rapport de la différence de masse sur le volume d'eau filtré donne la concentration de MES en milligramme/litre.

Mode opératoire

- Nous avons pesé le papier filtre.
- Nous avons filtré 100 ml de chaque échantillon.
- Nous avons séché le papier filtre dans l'étuve et seule la matière insoluble reste.
- Nous avons pesé le papier filtre.
- Nous avons mis le papier filtre dans les creusets après pesée.
- Nous avons mis les creusets dans un four à moufle pour brûler du papier filtre à 600°/3-4 heures.
- Nous avons pesé le sonde blanc (Matière non volatile).

Calcul et expression des résultats

Les résultats d'analyses sont exprimés en mg/L.

La concentration des matières en suspension (MES) sera de :

$$C(\text{mg/l}) = \frac{(M_{\text{plat}} + \text{éch}(\text{mg}) - M_{\text{plat}}(\text{mg})) * 1000}{V(\text{ml})}$$

- $M_{\text{plat}} + \text{éch}$ = masse du plat d'aluminium contenant le filtre et les matières après séchage.
- M_{plat} = masse du plat d'aluminium contenant le filtre après conditionnement et avant la filtration.
- V = volume d'échantillon prélevé.

IV.3.3. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre l'acide et la base sur une échelle de 0 à 14.

Le mode opératoire suivi est :

- Nous avons allumé le pH-mètre **Figure 8**.
- Nous avons rincé l'électrode avec de l'eau distillée
- Nous avons étalonné le pH-mètre par des solutions tampons.

- Nous avons rincé l'électrode de verre avec l'eau distillée
- Nous avons mesuré le pH de l'échantillon



Figure 8 : pH-mètre

IV.3.4. La conductivité

La conductivité électrique est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité.

Tableau II : Qualité des eaux en fonction de la conductivité.

Conductivité	Minéralisation
Conductivité < 100µS/cm	Minéralisation très faible
100µS/cm < Conductivité < 200µS/cm	Minéralisation faible
200µS/cm < Conductivité < 333µS/cm	Minéralisation moyenne
333µS/cm < Conductivité < 666µS/cm	Minéralisation moyenne accentuée
666µS/cm < Conductivité < 1000µS/cm	Minéralisation importante
Conductivité > 1000µS/cm	Minéralisation élevée

Mode opératoire

- Nous avons préparé et étalonner le conductimètre **Figure 9**.
- Nous avons versé une quantité d'échantillon dans un bécher.
- Nous avons allumé le conductimètre et sélectionner l'échelle de conductivité appropriée.
- Nous avons plongé la sonde dans l'échantillon.
- Nous avons attendu jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture, le résultat obtenu est exprimé en « μ S/cm ».

**Figure 9 : Conductimètre****IV.3.5. La Turbidité**

La mesure de la turbidité est réalisée sur les eaux usées, à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie (HACH 2100N). L'analyse de l'eau est effectuée dans des cuvettes en verre bien nettoyées et séchées. Les résultats affichés par le turbidimètre sont exprimés en NTU.

Mode opératoire

- Nous avons agité l'échantillon et rempli dans une cuvette jusqu'au trait (environ 30 ml) en prenant soin de manipuler la cuvette par la partie supérieure. Boucher la cuvette. Procéder de la même manière avec les échantillons de contrôle.
- Nous avons tenu la cuvette par le bouchon et essuyé la surface extérieure au moyen d'un tissu doux afin de ne pas laisser de film graisseux. Au besoin, déposer une petite trace d'huile de silicone du col vers le bas de la cuvette et l'étendre uniformément avec le tissu.

- Nous avons installé le filtre USEPA s'il n'est pas déjà dans le module.
- Nous avons placé la cuvette dans le puit de mesure et fermer le capot.
- Nous avons fait la lecture lorsque le signal est stable (environ 2 secondes) et noter le résultat.



Figure 10 : Turbidimètre

IV.3.6. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO est mesurée de façon standardisée sur 5 jours, d'où l'appellation DBO5. La détermination de la DBO5 consiste à mesurer la concentration d'oxygène par voie biologique à une température constante égale à 20 °C. Par convention, la DBO5 est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation à l'aide des flacons de mesure de DBO.

Principe

Une quantité d'eau est versée dans une bouteille d'incubation de 300 ml, reliée à un manomètre à mercure ou fermée avec un bouchon muni d'un capteur de pression (oxytop). Le volume choisi est fonction de la gamme de mesures souhaitée. L'appareil de mesure, de type IS 602, est maintenu à 20°C. On suit ensuite, en fonction du temps, soit tous les jours pendant 5 jours pour la DBO5, la consommation d'oxygène, qui se traduit par une diminution de la pression d'air. On procède enfin à la correction de la mesure par un facteur correctif qui dépend de la quantité d'échantillon prélevée et de la gamme de mesure souhaitée.



Figure 11 : Flacons de mesure de DBO5.

Mode opératoire

- Nous avons mesuré la quantité désirée : 365 ml pour l'eau brute, 432 ml pour l'eau épurée avec le ballon jaugé de trop-plein et verser dans la bouteille propre ;
- Nous avons introduit l'agitateur magnétique dans chaque bouteille ;
- Nous avons mis 2 pastilles d'hydroxyde de potassium dans chaque bouchon intérieur (noir) avec deux pincettes ;
- Nous avons vissé sans fermer hermétiquement le bouchon ;
- Nous avons mis sur le système d'agitation à 20 °C ;
- Nous avons laissé s'établir l'équilibre pendant 30 mn et fermer hermétiquement le bouchon ;
- Nous avons relevé les valeurs après 5 jours ;

IV.3.7. Demande chimique en Oxygène (DCO)

Principe

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes.

Mode opératoire

Gamme : (0-150 ppm) pour l'eau brute et (0-1500 ppm) pour l'eau épurée.

Programme : l'eau brute : 365 ml et l'eau épurée : 432 ml

Prélever 2 ml d'eau à analyser (l'eau brute et épurée) à l'aide d'une pipette jaugée 2 ml et le rejouter au tube de réactifs à DCO 5 (Fig.16).

Placer le tube bouché dans le réacteur DCO (**Figure 12**) et chauffer 2 h à 15 C°.

Lire le DCO après refroidissement directement avec un spectrophotomètre (**Figure 13**).



Figure 13 : Tubes des tests du DCO



Figure 12 : Réacteur DCO

IV.3.8. Dosage de Nitrite (NO₂⁻)

Principe

L'acide sulfanilique, en milieu chlorhydrique en présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions NO₂⁻ un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite.

Mode opératoire

- **Etablissement de la courbe d'étalonnage** : Dans une série de tubes à essai (15ml) numérotés introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition :

Numéros des tubes	T	1	2	3	4
Solution fille Etalon	0	2	3	4	5
Eau distillée (ml)	10	8	7	6	5
Réactif de ZAMBALLI (ml)	2	2	2	2	2

Nous avons attendu 10 minutes, puis ajouter 2 ml d'ammoniaque pur.

- Nous avons effectué la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.

IV.3.9. Dosage de nitrate (NO_3^-)

Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde 415 nm.

Préparation des dosages

✓ **Solution stock de nitrates de potassium (50mg/l d'ions nitrates).**

Dissoudre 0.0815g de nitrate de potassium anhydre dans 990 ml d'eau distillée, ajouter 1ml de chloroforme (conservateur) et compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.

✓ **Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium.**

Dissoudre progressivement 40g de soude et 6g de tartrate double de sodium et de potassium dans 100 ml d'eau distillée.

NB : la dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau dégage beaucoup de chaleur (réaction exothermique) et la solution est extrêmement corrosive.

✓ **Solution de salicylate de sodium à 5% (à préparer extemporanément)**

Dissoudre 0.5g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

Mode opératoire

La série d'étalons : dans une série de flacons de 60 ml, introduire successivement (se conformer au tableau) :

Tableau : Protocole expérimental de la série « étalon »

Numéro de flacons	1	2	3	4	5
Solutions stock de nitrate de potassium à 50 mg/l	0	2	4	6	8
Eau distillée	10	8	6	4	2
Solution de salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1	1
Concentration ions nitrates en mg/l	0	10	20	30	40

- Nous avons évaporé chaque flacon à sec au bain-marie ou dans une étuve à 75-80°C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).
- Nous avons laissé refroidir.
- Nous avons repris le résidu par 2ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin d'humecter complètement. Laisser reposer 10 mn.
- Nous avons ajouté 15ml d'eau distillée puis 15ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de chaque échantillon au colorimètre (longueur d'onde = 415nm) et construire le graphique représentant l'absorbance en fonction de la concentration en nitrate.

Dosage des échantillons

- Nous avons introduit 10 ml d'eau à analyser dans un récipient de 60 ml (pour des teneurs en nitrate supérieures à 50mg/l, opérer une dilution).
- Nous avons alcalinisé faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium.
- Nous avons ajouté 1ml de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme pour la procédure d'étalonnage à partir du point 2.
- Nous avons effectué la lecture au colorimètre (longueur d'onde : 415nm).
- Nous avons déterminé graphiquement la concentration en nitrate dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage.

IV.3.10. Dosage de phosphore

Principe

C'est la mesure de quantité de phosphore total (PO_4^{3-}) présente dans l'eau brute et épurée

Mode opératoire

- Programme : 535 régler à 890nm.
- Blanc : 2ml d'eau désionisée dans le tube de phosphore total+ 2ml d'acide sulfurique (1N) + une pochette de réactif persulfate potassium et agiter.
- Echantillon : 2ml d'eau brute et épurée dans le tube de phosphore total +2ml d'acide sulfurique+2 pochettes de réactif persulfate potassium et agiter.

- Nous avons placé les 3 tubes dans l'étuve à 105°C pendant 30min.
- Après le réchauffement, nous avons laissés refroidir et ajouté 2ml d'hydroxyde de sodium, puis ajouté 3pochettes de réactif Phos Ver3. Appuyer sur Shift5 et les laissés 2min.
- Nous avons faire la lecture à l'aide de spectrophotomètre.

IV.4. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et dénombrement des germes existant dans l'eau brute et traitée à analyser.

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un flacon stérile, Selon un mode opératoire précis évitant toute contamination, correctement transporté au laboratoire et analysé au moins après 6 heures dans des conditions satisfaisantes.

En raison de la diversité des espèces bactériologiques, des tests vont être analysés et qui représenteront par la suite l'aspect microbiologique de ces eaux, se base sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- Coliformes totaux et fécaux.
- Clostridium sulfito-réducteurs.
- Flore mésophile aérobie totale (FMAT).

IV.4.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (en milieu solide) :

Mode opératoire

Nous avons porté aseptiquement 1 ml d'échantillon dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée. Cette opération doit être effectuée en double pour chaque dilution car :

- La première série de boîtes sera incubée à 37 °C pendant 24 à 48 h et sera réservée à la recherche des Coliformes totaux.
- La deuxième série de boîtes sera incubée à 44 °C pendant 24 à 48 h et sera réservée à la recherche des coliformes fécaux.

Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose VRBG (Figure), fondue puis refroidie à $45\text{ °C} \pm 1$. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de (8) pour bien mélanger La gélose à l'inoculum.



Figure 15 : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Lecture

Les colonies des coliformes totaux et fécaux apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge foncé et de 0,5 mm de diamètre.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.

IV.4.2. Dénombrement des Clostridium- sulfite réducteurs

Mode opératoire

Préparation du milieu

Au moment de l'emploi, faire fondre un flacon de gélose viande foie (VF), le refroidir dans un bain d'eau à 45 °C , puis ajouter une ampoule d'Alun de fer et une ampoule de sulfate de sodium. Mélanger soigneusement et aseptiquement. Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45 °C jusqu'au moment de l'utilisation.

Enrichissement

Les tubes contenant la solution mère et les dilutions 10⁻³ à 10⁻¹ seront soumis :

- D'abord à un chauffage à 80 °C pendant 8 à 10 min, puis à un refroidissement immédiat sous courant d'eau, dans le but d'éliminer les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées.
-

- A partir de ces conditions, nous avons porté aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stériles de 16 mm de diamètre, puis on ajoute environ

15 ml de gélose VF prêt à l'emploi. Nous avons laissé sur la paillasse pendant 30 min. les tubes sont incubés à 37°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48 h.

Lecture

Les colonies des Anaérobies Sulfito-Réducteurs apparaissent de couleur noire (Fig.20). La première lecture doit se faire impérativement à 16 h, car, d'une part ces colonies sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile, voire impossible et l'analyse est à refaire. D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussée en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm. Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique ré incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 h voire 48 h.

IV.3.3. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale

Mode opératoire

On porte aseptiquement 1mL de la solution mère et des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , est mis en culture en profondeur dans des boîtes de Pétri stériles et vides préparées à cet usage (Figure).

Ensemencement et incubation

- On dépose 1 ml de la solution mère et des dilutions décimales successives allant de 10^{-1} à 10^{-2} dans des boites de pétri stériles à l'aide d'une pipettes stériles.
- Nous avons coulés 15ml de milieu PCA (Figure) refroidit à 45°C, dans chaque boîte de Pétri. L'inoculum est soigneusement mélangé au milieu de culture par des mouvements circulaires et de « va-et-vient » ou en forme de « 8 » sur une surface fraîche et horizontale. Après solidification, les boites ainsi préparées sont incubées dans l'étuve :
 - 37 °C pour la première série (recherche des FMAT).
 - 22 °C pour la deuxième série (recherche des levures et champignons).

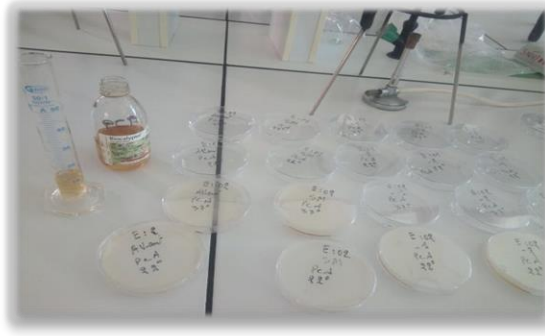


Figure 16 : Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale

Lecture

Les colonies se présentent sous forme lenticulaire en masse.

Expression des résultats

Comptage du nombre de colonies à l'aide d'un compteur de colonies pour les boîtes contenant entre 10 et 300 colonies expression du résultat selon la formule suivante :

$$N = \frac{\Sigma \text{ des colonies}}{V (n1 + 0,1 n2) \cdot d}$$

V : Volume de dilution utilisé (0,1ml sur la surface, 1ml dans la masse.).

n1 : Nombre de boîtes dans la 1ere dilution.

n2 : Nombre de boîtes dans la 2^{ème} dilution.

d : Dilutions à partir de laquelle les présences dénombrement sont obtenues.

CHAPITRE V

RESULTATS ET DISCUSSION

Dans cette partie du travail, nous avons analysé les paramètres bactériologiques, physico-chimiques des eaux usées brute et traitées de la STEP de Ain Taghrouit avant et après le traitement par *Pseudomonas aeruginosa*.

V.1. Analyses physico-chimiques des eaux usées

Le suivi de la qualité physico-chimique consiste à la détermination des paramètres de pollution. Il s'agit de la mesure de la température, du pH, de la conductivité, des matières en suspension (MES), turbidité, de la pollution organique carbonée (DCO, DBO₅), de nitrite (NO₂⁻), nitrate (NO₃⁻) et enfin de phosphore.

Le tableau résume les résultats relatifs au pH, température, Conductivité et turbidité des eaux usées brutes et épurées, avant et après l'ajout du *Pseudomonas aeruginosa*.

Tableau III : Variation du pH, température, conductivité électrique et de la turbidité des eaux usées durant notre expérimentation.

Paramètres	Normes	Avant l'ajout du <i>Pseudomonas aeruginosa</i>		Après l'ajout du <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
		EU. Brute	EU. Épurée	EU. Brute	EU. Épurée
Ph	6.5-8.5	6.9	7.6	6.5	6.6
T(C°)	<30	18.6	17.5	24	24
CE(μS/cm)	2000	290	43.3	19.20	12.69
Turbidité (NTU)	5	4.95	3.52	4.35	4.07

V.1.1. Le pH

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau.

Les résultats représentés dans le tableau (III) concernant les valeurs de pH avant et après l'ajout du *Pseudomonas aeruginosa*, montrent une diminution de ce paramètre pour l'eau brute de 6.9

à 6.5 et de 7.6 à 6.6 pour l'eau épurée donc acidification de l'eau après l'ajout du *Pseudomonas aeruginosa*.

Ces valeurs restent dans les normes algériennes (6,5-8,5) (J.O.R.A,2003). Quelques bactéries produisent des acides au cours de leur développement ce qui diminue le pH du milieu et selon des études sur la solubilisation des phosphates et activité microbienne en 1998 ont trouvés que différentes souches de *Pseudomonas* sont capables de produire des acides organiques lors de développement (Frack, 2002).

V.1.2. La température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température.

Les résultats représentés dans le tableau (III) concernant les valeurs de la température avant et après l'ajout du *Pseudomonas aeruginosa*, nous avons observé une augmentation de ce paramètre, soit pour l'eau brute de 18.6 à 24(C°), soit de 17.5 à 24(C°) pour l'eau épurée.

Ces valeurs restent dans les normes algériennes (<30 C°) (J.O.R.A,2003). Les micro-organismes, comme toutes les cellules, produisent de la chaleur en tant que sous-produit du catabolisme enzymatique des substrats et de la synthèse du matériel cellulaire. Lorsqu'il est exprimé par unité de poids, un micro-organisme produit plus de chaleur que tout autre organisme. La quantité de chaleur générée par les bactéries dépend du substrat de croissance, du taux de croissance et du stade de croissance. En générale, la production de chaleur est inversement proportionnelle au taux de croissance : plus la croissance est rapide, plus la croissance est rapide, plus le taux de production de chaleur par unité de poids est faible (Eugene, 2016).

V.1.3. La conductivité électrique :

La conductivité électrique est probablement l'une des plus simples et des plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux usées. Elle traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité.

Les variations de la conductivité électrique des eaux usées avant et après l'ajout du *Pseudomonas aeruginosa* représentés dans le tableau, nous avons observé une augmentation

de ce paramètre, soit pour l'eau brute de 290 à 37.8, soit de 43.3 à 34.2 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) pour l'eau épurée.

Ces valeurs restent dans les normes algériennes (2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (J.O.R.A,2003). Selon une étude sur les modifications de la conductivité électriques au cours de la croissance bactériennes, conclus que l'augmentation de la conductivité électrique du milieu doit être attribué à l'activité initiale des bactéries à travers leurs systèmes multienzymatiques en divisant la peptone dans le milieu en acides aminés, qui sont absorbés par les bactéries du milieu environnant et fournissent la matière nutritive pour leur croissance. L'estimation chimique des acides aminés formés dans le milieu a révélé un parallélisme étroit entre leur concentration et la conductivité électrique de la suspension à différents stades de croissance.

V.1.4. La turbidité :

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble.

Ces valeurs restent dans les normes algériennes (5 NTU) (J.O.R.A,2003).

Les variations de la turbidité des eaux usées avant et après l'ajout du pseudomonas aeruginosa représentés dans le tableau (III), montrent une augmentation de ce paramètre, dont pour l'eau brute de 4.95 à 5.31, et de 3.52 à 4.6 (NTU) pour l'eau épurée. Le degré de turbidité dans un bouillon de culture est directement lié au nombre de bactéries présentes (vivantes ou mortes). Ainsi, le taux de croissance bactérienne peut être déterminé. Par conséquent, une augmentation de la turbidité du milieu de bouillon indique une augmentation de la croissance bactérienne (Vogel, 1999).

Le tableau résume les résultats relatifs au DBO₅ et DCO des eaux usées brutes et épurée, avant et après l'ajout du pseudomonas aeruginosa.

Tableau IV : Variation des valeurs du DBO₅ et du DCO des eaux usées durant notre expérimentation.

Paramètres	Normes	Avant l'ajout du <i>Pseudomonas aeruginosa</i>		Après l'ajout du <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
		EU. Brute	EU. Épurée	EU. Brute	EU. Épurée
DBO ₅ (mg/l)	30	10	3	22	43
DCO (mg/l)	120	17	0	8	131

V.1.6. DBO₅

La DBO₅, ou demande biochimique en oxygène indique la quantité de matières organiques présentes dans les eaux usées.

Les résultats représentés dans le tableau (IV) concernant les valeurs de la DBO₅ avant et après l'ajout du *Pseudomonas aeruginosa*, montrent une augmentation de ce paramètre, dont pour l'eau brute de 10 à 22 mg, et de 3 à 43 mg pour l'eau épurée. La valeur de la DBO₅ de l'eau usée épurée après l'épuration est supérieure aux normes algériennes (30mg/l) (J.O.R.A,2003). Les bactéries et micro-organismes ont besoin d'oxygène pour dégrader (par oxydation) les matières organiques. En cas de forte pollution de ce type, la suractivité des micro-organismes provoque une baisse de la quantité d'oxygène dans l'eau. Par conséquent, plus la demande d'oxygène est élevée, plus cela permet de quantifier la pollution (Lepot, 2012).

V.1.7. DCO

Le DCO est une indication sur les quantités de substances organiques chimiquement oxydables, présentes dans l'eau.

Les résultats représentés dans le tableau (IV) concernant les valeurs de la DCO indique une diminution de ce paramètre concernant l'eau brute de 17 à 8 mg, et une augmentation de 0 à

131mg pour l'eau épurée. La valeur de la DCO de l'eau usée épurée après l'épuration est supérieure aux normes algériennes (120mg/l) (**J.O.R.A,2003**). Dégradation aérobie de la DCO par les bactéries hétérotrophes Un bilan d'oxydo-réduction est alors réalisable, puisque la consommation du substrat conduit à une variation de DCO égale à la quantité d'oxygène consommée ajoutée à la production de DCO sous forme de biomasse (**Aglae ,2013**).

Le tableau résume les résultats relatifs au MES des eaux usées brutes et épurée, avant et après l'épuration (par *pseudomonas aeruginosa*).

Tableau IV : Variation de MES des eaux usées durant notre expérimentation.

Paramètre	Norme	Avant l'ajout du <i>Pseudomonas aeruginosa</i>		Après l'ajout du <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
		EU. Brute	EU. Épurée	EU. Brute	EU. Épurée
MES (mg/l)	120 mg/l	72	60	21.04	15.2

V.1.8. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures.

Les variations de MES des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP sont représentés dans le tableau (**IV**). La teneur en MES montrent une diminution de ce paramètre, dont pour l'eau brute de 72 à 21.04 mg/l, et de 60 à 15.2 mg/l pour l'eau épurée, ceci est dû au métabolisme des matières en suspension par les bactéries et la formation des matières décantables (**Berthois, 1978**). Cette valeur reste largement inférieure à la norme de rejet 120 mg/l fixée par l'**OMS (2004)**, et donc une bonne élimination de MES.

Selon l'étude faite par Benzahi et Boudjema en 2016, les résultats obtenus sur la teneur en MES sont inférieurs à ceux que nous avons trouvés avec une moyenne de 12.54 mg/l.

V.1.9. Nitrite

La figure (17) représente les variations des valeurs du nitrite de l'eau brute et traitée avant et après l'épuration par *Pseudomonas aeruginosa*.

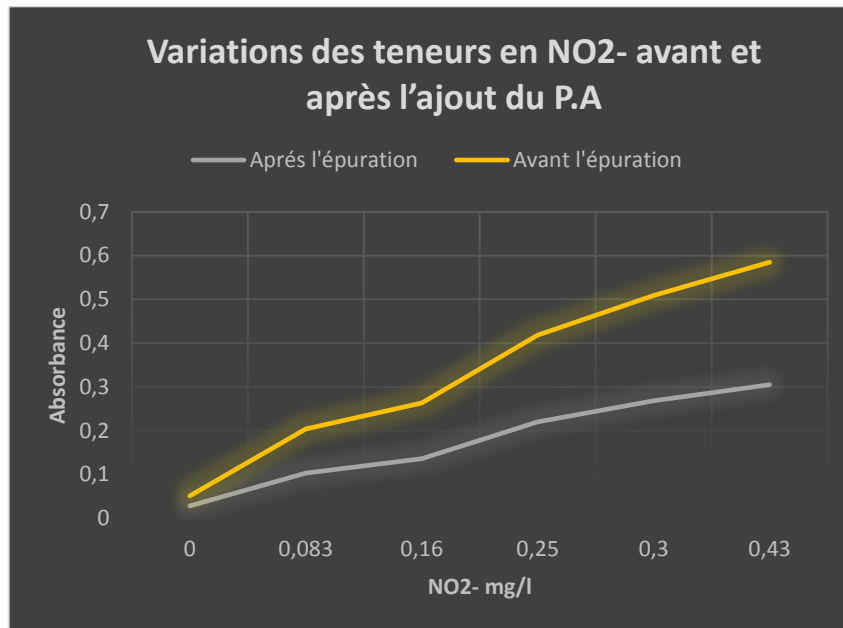


Figure (17) :

Les variations des valeurs du nitrite avant et après l'épuration par *Pseudomonas aeruginosa*

La représentation graphique, montre que les teneurs en nitrites sont inférieures à normes algériennes (1mg/l). (J.O.R.A,2011). Nous remarquons que le teneur en nitrite dans l'eau brute et épuré est diminuée après l'épuration par *pseudomonas aeruginosa*, dont la valeur maximale avant l'épuration allez jusqu'à 0.6 mg/l, tant qu'après l'épuration nous constatons un abattement allez jusqu'à 0.3 mg/l.

Les valeurs élevées du nitrite avant l'épuration par la bactérie expliqué par le phénomène de la nitrification : l'oxydation de l'azote ammoniacale (NH_4^+) en nitrite (NO_2^-), alors que la diminution de ces valeurs sera expliquée par leur consommation par la bactérie qui l'utilise comme un nutriment au cours de leur épuration des eaux usées (Bartholomew et al., 1984).

V.1.9. Nitrate

La figure (18) représente les variations des valeurs de la nitrate de l'eau brute et traitée avant et après l'épuration par *Pseudomonas aeruginosa*.

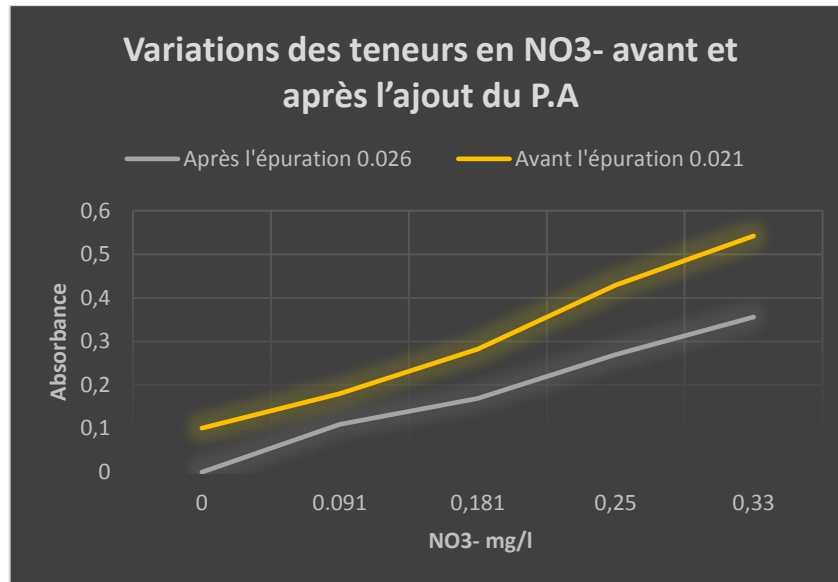


Figure (18) :

Les variations des valeurs du nitrate avant et après l'épuration par *Pseudomonas aeruginosa*

La représentation graphique, montre que les teneurs en nitrates sont inférieures à la norme algérienne (1mg/l). (J.O.R.A,2011). Nous remarquons que le teneur en nitrate dans l'eau brute et épuré est diminuée après l'épuration par *pseudomonas aeruginosa*, dont la valeur maximale avant l'épuration varie entre 0.5 et 0.6 mg/l, tant qu'après l'épuration nous constatons un abattement allez jusqu'à 0.3 mg/l.

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Curry, 1982).

V.1.9. Phosphore

La figure (19) représente les variations des valeurs du Phosphore de l'eau brute et traitée avant et après l'épuration par *Pseudomonas aeruginosa*.

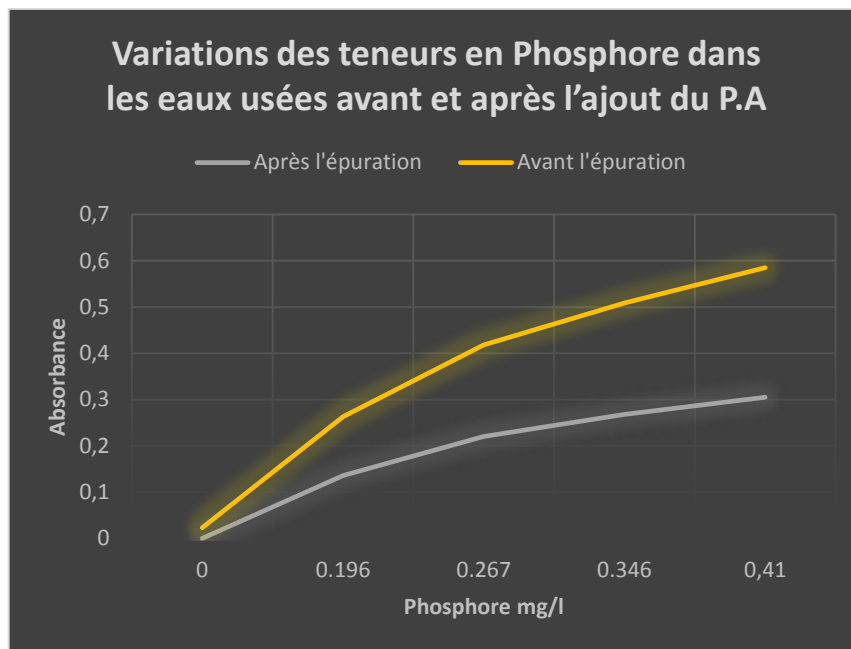


Figure (19) :

Les variations des valeurs du Phosphore avant et après l'épuration par *Pseudomonas aeruginosa*

La représentation graphique, montre que les teneurs en phosphore sont inférieures à normes algériennes (1mg/l). (J.O.R.A,2011).

Nous remarquons que le teneur en phosphore dans l'eau brute et épurée est diminué après l'épuration par *pseudomonas aeruginosa*, dont la valeur maximale avant l'épuration est 0.6 mg/l, tant qu'après l'épuration nous constatons un abattement allez jusqu'à 0.3 mg/l. La teneur élever des phosphores dans les eaux usées provient pour l'essentiel des rejets métaboliques. La réduction du phosphore des eaux résiduaires est réalisée en raison des problèmes d'eutrophisation des masses d'eau. La déphosphatation biologique consiste elle à accroître l'assimilation du phosphore par les cellules bactériennes. Certains microorganismes dits accumulateurs de phosphore sont capables d'assimiler une quantité plus importante de phosphore. On appelle ces bactéries les PAOs « phosphorus accumulating organisms ». La déphosphatation biologique

fournit aux ce bactérie les conditions optimales pour promouvoir leur croissance par rapport aux autres organismes et deviennent capables de stocker le phosphore sous forme de polyphosphates au sein de leurs cellules (Vollenweider, 1968). Ce qu'explique la diminution de teneur du phosphore après l'épuration par la bactérie pseudomonas aeruginosa.

V.2. Analyses Bactériologique des eaux usées :

V.2.1. Dénombrement des spores des clostridiums sulfito-réducteurs

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau V : Résultats du dénombrement des clostridiums sulfito- réducteurs

Clostridium sulfito-réducteurs	Avant l'ajout du Pseudomonas aeruginosa		Après l'ajout du Pseudomonas aeruginosa	
	Eau brute UFC/ml	Eau épurée UFC/ml	Eau brute UFC/ml	Eau épurée UFC/ml
	–	–	–	–

Les résultats illustrés dans le tableau (V) et la figure (20) indiquent que les spores de clostridiums perfringens ne peuvent être pas observées et après l'épuration par pseudomonas aeruginosa. Cela signifie que leur charge bactériologique est très faible au cours du traitement.

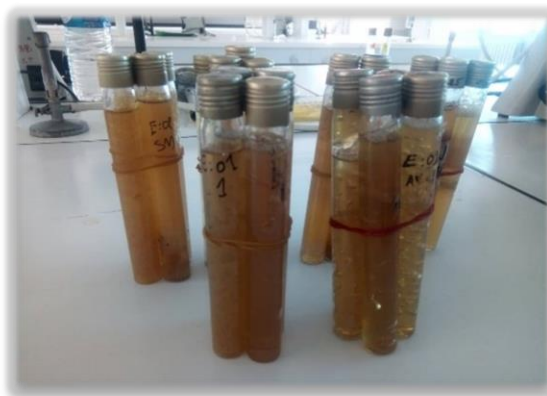


Figure (20) : Représentation des tubes correspondant à la recherche et dénombrement des spores sulfito-réducteurs

V.2.2. Dénombrement des coliformes fécaux et totaux

Le tableau illustre les résultats du dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Tableau VI : Résultats du dénombrement des coliformes fécaux et totaux

	Avant l'ajout du Pseudomonas aeruginosa		Après l'ajout du Pseudomonas aeruginosa	
	Eaux usée brute	Eaux usée traitée	Eaux usées brute	Eaux usées traitée
Coliformes fécaux	30000	30000	30000	29400
Coliformes totaux	30000	30000	30000	1300

Les résultats illustrés dans le tableau (VI) et la figure (21) indiquent que, les résultats obtenus pour les analyses des coliformes fécaux et totaux sont très élevés avant et après l'épuration et sont supérieurs à 30000 UFC/100ml. Pour l'eau traitée après l'épuration, la concentration est de l'ordre de 13000 UFC/100ml, ce qui signifie qu'il y a eu une légère réduction dans le nombre de ces germes. L'ensemble des résultats obtenus restent largement supérieurs à la norme de rejet recommandée par l'OMS (2001) qui est de 2000 UFC. En résumé, ils ne sont pas

Conformes à la norme du rejet. Ces analyses ne font que confirmer le phénomène de **Bulking** avec ces répercussions sur la décantation des boues dans le clarificateur secondaire.

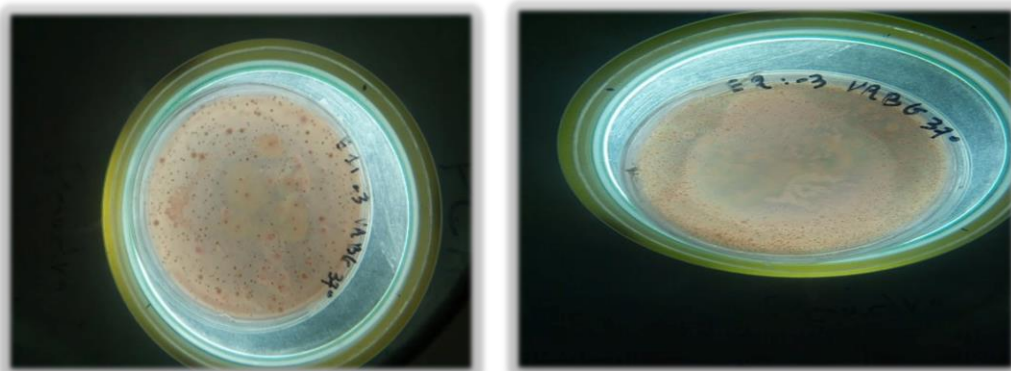


Figure (21) : Représentation des boîtes de pétri Correspondant à la recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux

V.2.3. Dénombrement des Flores mésophiles aérobies totales (FMAT) Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau VII : Résultats du dénombrement des Flores mésophiles aérobies totales

Les résultats illustrés dans le tableau (VII) et la figure (22) indiquent que, les résultats obtenus pour les analyses des Flores mésophile aérobie totale sont très élevés avant et après l'épuration.

Paramètre	Avant l'épuration		Après l'épuration	
	EU. Brute	EU. Épurée	EU. Brute	EU. Épurée
FMAT	>300	>300	>300	>300

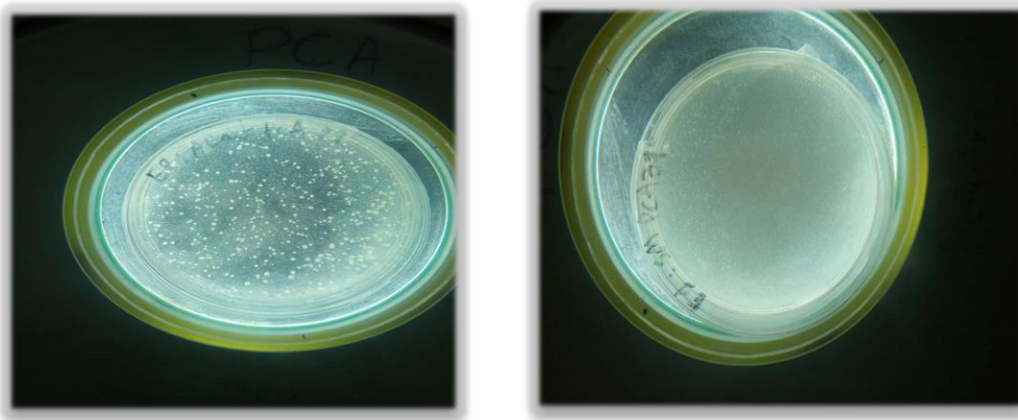


Figure (22) : Représentation des boîtes de pétri

Correspondant à la recherche et dénombrement des Flores mésophiles aérobies totales

CONCLUSION

Conclusion

Le traitement des eaux usées est devenu très important ces dernières années, en raison des exigences croissantes de la vie pour cet élément important dans divers domaines d'activités sociales, agricoles et industrielles.

Ainsi, il existe de nombreuses méthodes de traitement des eaux usées, dont la plus importante est la technique de traitement biologique,

Un système de traitement des eaux usées utilisant des bactéries peut être aisément implanté, il serait ainsi intéressant d'adapter la culture d'une bactérie dans un substrat pour filtrer la charge polluante d'une eau usée. L'objectif de ce travail a donc été d'évaluer le pouvoir de la bactérie « *Pseudomonas aeruginosa* » à décontaminer les eaux usées domestiques provenant de la région « d'Ain Taghrout », Bordj Bou Arreridj.

Le suivi des indicateurs physicochimiques et microbiologiques des eaux traitées par *pseudomonas*, nous a permis de conclure que ces bactéries ont la capacité de traiter les eaux usées, mais cela nécessite plus de recherche et de développement de technologies pour tirer le meilleur parti de sa capacité de purification et éviter les effets secondaires qu'elle peut provoquer.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

Aglae E, 2013. Comparaison des mesures de DCO par méthodes classiques et en tubes fermés ; 19pp.

Annie C et Françoise P, 2001. Le préparateur en pharmacie, dossier 4 : Microbiologie – Immunologie, Broché– décembre 2000.

Banzaoui N et Elbouz F., 2009. Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mem. Ing. Chimie. Univ. D'Annaba.

Bartholomew, B. et Hill, M. J. 1984. The pharmacology of dietary nitrate and the origin of urinary nitrate, Food Chem Toxicol, 22(10), 789-795.

Baumont S, Camard J P, Lefranc A, Franconi A, 2010. Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, pp 220.

Bechac J., Boutin P., Mercier B., 1983. Traitement des eaux usées. 2ème Edition. BEAUDRY J.P., 1984, Traitement des eaux. Edition le Griffon d'Aigle Inc., 231p.

Bekkouche M., Zidane F., 2004. Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville d'Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. D'Ouargla.67p.

Berthois L. (1978). Les transports sédimentaires dans l'estuaire de la Loire. Etudes ligériennes, n^o 11, Colloque sur le lit et les îles, nov. 71.

Chocat, (1997). Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Ed. Tec & Doc.

Cryz, S. et al, 1984, Role of lipopolysaccharide in virulence of *Pseudomonas aeruginosa*. Infect. Immun.

Cuq J.L., 2007. Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. pp: 20-25.

Curry, S ,1982. Methemoglobinemia, Ann Emerg Med, 11(4), 214-221.

Degrémont D, 2005. Mémento technique de l'eau. Tomel. 9 ème 6d.

Degrémont D, 2005 Mémento technique de l'eau : vol 2. 10ème édition.

Denis F ; Dabernat H. ; Monteil H, 2000. Bactériologie clinique.2ème édition Marketing, paris.

DJELLOULI H M. et TALEB S, 2005. Qualité Chimique et Bactériologique des Eaux de Consommation du Sud Algérien. Faculté des Sciences, Université LIABES de Sidi Bel Abbés, Algérie.

Dugniolle F, 1980. L'assainissement des eaux résiduaires domestiques, CSTC - revue n° 3-septembre, pp. 44-52. Ed Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.

Elsen S, 2014. A Type III Sécrétion Négative Clinical Strain of *Pseudomonas aeruginosa* Employs a Two-Partner Secreted Exolysin to Induce Hemorrhagic Pneumonia. Cell Host Microbe, vol 15(2), pp. 164-76.

- Eugene R ; Ilana Z, 2016.** Department de microbiologie moléculaire et de biotechnologie.
- Journal Officiel De République Algérienne J.O.R.A,2003.** Normes de rejet des effluents industrielles. Art. ° 18 (19 Juillet).
- Journal Officiel De République Algérienne J.O.R.A,2011.** Relatif aux services du contrôle financière. Art.n°11-381(21 Novembre).
- Hacene H, 2016.** Microbiologie fondamentale et Appliquée Tome1,477p.
- ISO, 1986.** Recherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs (clostridia).
- Jakob E., Winkler H., et Haldemann J., 2009.** Critères Microbiologiques Pour La Fabrication Du Fromage.
- LADJEL F,2006.** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre De formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes. 80p.
- Lepot M, 2012.**Mesurage en continu des flux polluants en MES et DCO en réseau d'assainissement ; thèse INSA Lyon ; N° d'ordre 2012ISAL0086
- Leyral G ; RONNEFOY C ; GUILLET F, 2002.** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, p : 245.
- Loumi et Yefsah, 2010.** Valorisation des eaux usées traitées en irrigation ; cas de la station d'épuration Est de T.O. Mémoire d'ingénieur UMMTO p 134.
- Mahdjar M, 2016.** Etude des performances de la station d'épuration de la ville d'Ouargla, Diplôme de master Académique Université KASDI MERBAH Ouargla, p 8-11.
- MAYET J, 1994.** La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation, 2ème Edition, Paris, pp 382.
- Metahri M S, 2012.** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou.
- Ogel, J. L et Beauchamp D, 1999.** Effects of Light, Prey Size, and Turbidity on Reaction Distances of Lake Trout (*Salvelinus namaycush*) to Salmonid Prey. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 56 :1293-1297.
- Organisation Mondiale de la Santé ,2004.** Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson.
- Rejesek F, 2002.** « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.
- RICHARDS S.M, 1982.** HUNT B.W. Clostridium sordellii in lambs. Vet. Rec., 1982, 22.
- Rodier j ; Bernard I ; Nicole M, 1996.** « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ». 8ème édition. DUNOD. PARIS.
- Rodier j, Bernard I ; Nicole M, 2005.** Mémento technique de l'eau : vol 2. 10ème édition.
- RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R. (2009).** L'analyse d'eau.9ème Ed, Dunod, Paris. ISBN 978-2-10-054179-9.

VAILLANT J R, 1974. Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles, Edition, Eyrolles, Paris.

Vollenweider R.A, 1968. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors of eutrophication. *O.C.D.E. Paris, Technical Report, DA 5/SCI/68.27, 250 p.*

Wu J ; Holman R ; Dorney J ; 1996. Systematic Evaluation of Pollutant.

Zeghoud E, 2014. L'étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire Master. Université d'El Oued.

Résumé

Ces dernières années, une attention particulière est portée à la recherche et à l'étude de nouvelles techniques d'épuration des eaux usées pour faire face aux problèmes de la pollution. Dans ce travail, nous tenons à essayer une technique biologique d'épuration à base des filtres microbiologique de « pseudomonas aeruginosa » pour traiter les eaux usées du barrage Ain zada à « Ain Taghrouit ». Ainsi, nous avons suivi les performances épuratrices de cette bactérie par la mesure de certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques avant et après épuration.

Nos résultats ont mis en évidence une diminution importante après l'ajout de la pseudomonas pour les MES (de 21 mg/l à 15.2 mg/l), une diminution pour les nitrites NO₂⁻, le nitrate NO₃⁻ aussi que pour le phosphore avec un maximum de 0.6 mg/l et un minimum de 0.3 mg/l.

Il convient de signaler une augmentation pour le DCO (de 8 à 131 mg/l) et du DBO5 (de 22 à 43 mg/l) après l'ajout de la bactérie. Concernant les paramètres microbiologiques, nous avons enregistré une diminution pour les coliformes totaux et le clostridium sulfito-réducteurs, avec une augmentation du flore mésophile aérobie totale.

L'ensemble des résultats obtenus après l'utilisation du « *Pseudomonas aeruginosa* » ne permettent pas l'utilisation directe de cette bactérie dans la station mais ils représentent un bon indice pour faire plus de recherche sur elle et développer les moyens qui permettront son utilisation.

Mots clés : Eaux usées, épuration, STEP, Pseudomonas aeruginosa, traitement biologique.

Abstract

In recent years, special attention has been paid to the research and study of new wastewater treatment techniques to cope with pollution problems. In this work, we want to try a biological purification technique based on microbiological filters of "pseudomonas aeruginosa" to treat domestic wastewater at the dam of Ain Zada à "Ain Taghrouit". Thus, we followed the purification performances of this bacterium by measuring some physicochemical and bacteriological parameters before and after treatment.

Our results showed a significant decrease after the addition of pseudomonas for TSS (from 21 mg/l to 15.2 mg/l), a decrease for nitrite NO₂⁻, nitrate NO₃⁻ as well as for phosphorus with a maximum of 0.6 mg/l and a minimum of 0.3 mg/l.

An increase in COD (from 8 to 131 mg/l) and BOD5 (from 22 to 43 mg/l) after the addition of the bacteria should be noted. With regard to the microbiological parameters, we recorded a decrease in total coliforms and sulphite-reducing clostridium, with an increase in total aerobic mesophilic flora. All the results obtained after the use of "Pseudomonas aeruginosa" do not allow the direct use of this bacterium in the plant, but they represent a good indication to do more research on it and to develop the means that will allow its use.

Key words : Wastewater, treatment, WWTP, Pseudomonas aeruginosa, biological treatment.

ملخص

في السنوات الأخيرة، تم إيلاء اهتمام خاص بالبحوث ودراسة تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي الجديدة للتعامل مع مشاكل التلوث. في هذا العمل، نريد تجربة تقنية تنقية بيولوجية تعتمد على المرشحات الميكروبيولوجية من "pseudomonas aeruginosa" لمعالجة مياه الصرف المنزلية في سد عين زادة في "عين تاغروت". وهكذا، فقد تابعنا أداء تنقية هذه البكتيريا من خلال قياس بعض المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية قبل وبعد العلاج.

أظهرت نتائجنا انخفاضاً معنوياً بعد إضافة الزانفة لـ MES (من 21 مجم / لتر إلى 15.2 مجم / لتر)، وانخفاض في النتريت NO₂- والنترات NO₃- وكذلك الفوسفور بحد أقصى 0.6 مجم / لتر وبحد أدنى 0.3 مجم / لتر.

يجب ملاحظة زيادة في DCO (من 8 إلى 131 مجم / لتر) و DBO5 (من 22 إلى 43 مجم / لتر) بعد إضافة البكتيريا. فيما يتعلق بالمعاملات الميكروبيولوجية،

سجلنا انخفاضاً في إجمالي Coliformes fécaux et totaux و Clostridium sulfito réducteurs مع ارتفاع في FMAT.

جميع النتائج التي تم الحصول عليها بعد استخدام "Pseudomonas aeruginosa" لا تسمح بالاستخدام المباشر لهذه البكتيريا في المحطة، لكنها تمثل مؤشراً جيداً لإجراء المزيد من الأبحاث حولها وتطوير الوسائل التي تسمح باستخدامها.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، المعالجة، معالجة مياه الصرف الصحي، Pseudomonas aeruginosa، المعالجة البيولوجية.