



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ahmed Draïa Adrar
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des sciences de la matière

MÉMOIRE

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité: Chimie de l'environnement

Intitulé:

Étude des performances épuratoires de la STEP d'Oued Zine

Présenté par :

HAMIMED Asma

IDDER Wahiba

Soutenu publiquement le 18 /06/2018

Devant le jury :

Président	SLIMANI Saïd	M.A.A	Univ.Adrar
Promoteur	KALLOUM Slimane	M.C.A	Univ . Adrar
Co-Encadreur	NASRI Bahous	Doctorant	Univ . Adrar
Examineur	FAUNDOUGOUMA Omar	M.A.A	Univ.Adrar

Année Universitaire : 2017/2018



Remerciement

En préambule à ce mémoire, nous remercions ALLAH, le tout puissant et miséricordieux, qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Ce mémoire n'aurait pas été possible à élaborer sans l'intervention, la consciente, d'un grand nombre des personnes.

Nous souhaitons ici de les adresser nos remerciements les plus sincères:

Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement et présenter tous nos respects et notre gratitude à **M. KALLOUM Slimane** et **M. NASRI Bahous** qui nous a permis de bénéficier de leur encadrement. Leurs précieux conseils qu'ils nous ont prodigué, la patience, la confiance qu'ils nous ont témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de recherche.

En second lieux, nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

On remercie également tous les responsables et les personnels de l'ANRH, de l'URER.MS, et de la STEP d'Oued Zine, qui nous avoir offert la possibilité d'exploiter leur laboratoires pour effectuer nos tests expérimentales, et qui par leur compréhension et leur aide surtout la mise à disposition de leurs documentations, on a pu faire accomplir notre travail de recherche.

Nos remerciements s'étendent aussi à tous nos enseignants qui ont collaboré à notre formation durant les années des études.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...
Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour,
Le respect, la reconnaissance...
Aussi, c'est tout simplement que:

Je dédie ce travail ...



A mes très chers parents : Fatna et Abd Elkader

Autant des phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour eux. Pour toute leur assistance et leur présence dans ma vie, pour leurs prières tout au long de mes études, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A ma sœur Zeyneb et mes frères: Souleyman, Omar, Abdelkrim et Mouhamed El amine,

A Mes tantes, oncles, cousins et cousines: pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

A Mon cher grand père maternel Ma chère grand-mère maternelle: Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières. Que Dieu vous préserve bonne santé et longue vie.

A tout ceux et celles qui mon encouragés, entourés de leur soutient durant les moments difficiles avec tant d'amour et de compréhension .

ASMA

Dédicace

Je remercie ALLAH le tout Puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

*Je dédie ce modeste travail à **ma très chère mère**, qui m'a accompagné durant les moments les plus pénibles de ce long parcours de mon éducation, celle qui a fait preuve de ces plus copieux desseins pour me permettre de goûter le fardeau de ce monde et de chercher la voie de ma vie avec ces précieux conseils, donc je devais incessamment être de grande compétence et motivation. Cependant. Je prie Dieu le Miséricordieux qu'il te portera récompense, car la mienne ne sera guère complète,*

Et te protège et te garde en bonne santé.

*A **mon père** qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie.*

*A mes braves frères : **chrif, abdelghani***

*A mes chères sœurs : **kja, nia.***

*Et tous mes collèves **Karima, Djamila. Fatima***

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

Idder Wahiba



Sommaire

Liste des abréviations	I
Liste des figures	II
Liste des photos	IV
Liste des tableaux	V
Introduction générale	2

Partie I ; synthèse bibliographique

Chapitre I: Généralité sur les eaux usées

Introduction:	6
I.1.Définition des eaux usées:	6
I.2. Origine des eaux usées:.....	6
I.2.1.Les eaux usées domestiques:	6
I.2.2.Les eaux usées industrielles:	7
I.2.3.Les eaux usées pluviales:	7
I.2.4.Les eaux usées agricoles:	7
I.3. Pollutions des eaux usées:.....	7
I.3.1.La pollution chimique :.....	8
I.3.2.La pollution physique:	8
I.3.3.La pollution microbiologique:	8
I.3.4.La pollution Azotée:	9
I.3.5.La pollution phosphorée:	9
I.4.Caractéristiques des eaux usées:	10
I.4.1.Paramètres physiques:.....	10
I.4.2.Paramètres organoleptiques:	11
I.4.3.Paramètres chimiques:	12
I.4.4.Les paramètres microbiologiques:	15
I.5.L'équivalent habitant:	16
I.6.La réglementation:	17

Conclusion:.....	17
------------------	----

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

Introduction :	19
II.1 Définition d'une station d'épuration (STEP):	19
II.2 Processus d'épurations des eaux usées:.....	19
II.2.1.Prétraitement:.....	19
a) Dégrillage:.....	20
b) Le Tamisage:.....	20
c) Le dessablage:	21
d) Le déshuilage- dégraissage:	22
II.2.2. Traitement conventionnels ou intensifs (Traitement primaire):.....	22
a) Décantation primaire:.....	20
b) Traitement physico-chimiques:.....	20
II.2.3 Traitements secondaires (Traitements biologiques):.....	23
a) Lits bactériens:.....	21
b) Boues activées:.....	21
c) Biofiltration:.....	22
d) Lagunage naturel:.....	22
e) Infiltration-percolation:.....	23
II.2.4 Traitement tertiaire	27
II.3. Traitement par bioréacteur à lit mobile (MBBR):.....	28
Conclusion :	30

Partie II Etude expérimentale

Chapitre III: Présentation et description de la STEP d'Oued zine

Introduction:	33
III.1 Description Générale du Touat Gaz:.....	33
III.2 Situation géographique de la station (STEP-Oued Zine):.....	33
III.3 Données de base :	34
III.4 Les installations de la STEP:.....	34

III.4.1 Bassin d'homogénéisation :	36
III.4.2 Tamisage :	36
III.4.3 Réacteur biologique aérobie MBBR:	37
III.4.4 La décantation lamellaire :	37
III.4.5 Epaississement des boues:.....	37
Conclusion :.....	39

Chapitre IV : Matériels et méthodes

Introduction:	41
IV.1 Période et lieu de stage:	41
IV.2 Prélèvement et échantillonnage:	42
IV.3 Conditionnement et transport des échantillons.....	42
IV.4 Les paramètres physico-chimiques:.....	43
IV.4. 1 La température (<i>T</i>):	43
IV.4.2.Le pH :.....	43
IV.4.3.La conductivité:.....	44
IV.4.4.L'oxygène dissous.....	45
IV.4.5 La matière en suspension (MES):	46
IV.4.6.La turbidité:	47
IV.4.7.Les nitrates:	48
IV.4.8. les nitrites	50
IV.4.9 L'ammonium:.....	52
IV.4.10.L'ortho-phosphate	53
IV.4.11.Matières organiques (MO) par oxydabilité au permanganate:	55
IV.4.12.Demande chimique en oxygène (DCO) :.....	57
IV.4.13. Demande biochimique en oxygène (<i>DBO</i>₅):	61
Conclusion:.....	62

Chapitre V: Performance de la STEP d'Oued Zine

Introduction :	64
V.1 Résultats et discussions :	64
V.1.1 Variation de la température :	64

V.1.2.Variations du potentiel Hydrogène (pH) :.....	66
V.1.3.Variations de la conductivité électrique :.....	67
V.1.4.La variation des matières en suspensions (MES):	68
V.1.5.La variation de la turbidité :	69
V.1.6.La variation de la couleur :.....	70
V.1.7.La variation de l'oxygène dissous :	70
V.1.8.La variation de la matière organique (MO) :	72
V.1.9.La variation de la demande chimique en oxygène (DCO):.....	73
V.1.10.La variation de la demande biologique en oxygène (DBO ₅) :	75
La ratio DCO/DBO5 (la biodégradabilité) :	76
V.1.11.La variation de l'ammonium :	77
V.1.12.La variation de nitrite:	78
V.1.13.La variation de nitrate:	79
V.1.14.La variation de l'orthophosphate :.....	80
Conclusion :.....	81
Conclusion générale	83
Références bibliographiques:	85
Annexe 1 :	ii
Annexe 2 :	iii
Annexe 4:	iv

Liste des abréviations

ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
CE	Conductivité Électrique.
COT	Carbone Organique Total.
DBO₅	Demande Biochimique en Oxygène (05 jours).
DCO	Demande Chimique en Oxygène.
EDTA	Éthylène Diamine Tétra-Acétique.
EU	Eau usée.
EH	Equivalent Habitant.
Max	Maximale.
MBBR	Moving Bed Biofilm Reactor.
MES	Matière En Suspension.
Min	Minimale.
MO	Matière Organique.
MO_x	Matière oxydable.
NTU	Nephelometric Turbidity Unit.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
ONA	Office National d'Assainissement
PE	Prise d'Essai.
ppm	partie par million.
Q.S.P	quantité suffisante pour.
STEP	Station du Traitement des Eaux Polluées.
T	Température.
URER.MS	Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien.
UV	Ultraviolet

Liste des figures

Figures	Titre	Pages
Chapitre I : Généralité sur les eaux usées		
Figure I.1 :	Les coliformes totaux	15
Figure I.2 :	Les coliformes fécaux.....	16
Figure I.3 :	Les streptocoques fécaux.....	16
Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées		
Figure II.1:	Dégrilleur courbe.....	20
Figure II.2:	Tamissage.....	21
Figure II.3 :	Déssableur rectangulaire à insufflation.....	21
Figure II.4 :	Déshuileur-dégaisseur	22
Figure II.5 :	Lagunage naturel.....	26
Figure II.6 :	Schéma du traitement biologique par les infiltration-percolation.....	27
Figure II.7 :	Les supports biologiques	28
Figure II.8 :	Grille de rétention des supports	29
Chapitre III : présentation et description de la STEP d'oued zine		
Figure III.1:	Découverte de projet de Touat Gaz.....	33
Figure III.2:	Situation géographique de la zone d'étude.....	34
Figure III.3:	Schéma des principaux installations de la STEP.....	35
Figure III.4:	Schéma de process de la STEP.....	35
Chapitre IV : Matériels et méthodes.		
Figure IV.1 :	Cellule conductimètre.....	44
Figure IV.2 :	Vérification du titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.....	59

Chapitre V : performances de la STEP d'Oued Zine

Figure V.1: La variation de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	66
Figure V.2: Evolution de la température ambiante d'Adrar	66
Figure V.3: La variation du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	67
Figure V.4: La variation de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la SETP....	68
Figure V.5: La variation de la matière en suspension à l'entrée et à la sortie de la SETP....	69
Figure V.6: La variation des valeurs de la turbidité avant et après le traitement.....	70
Figure V.7: La variation de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	72
Figure V.8: La variation des teneurs en MO avant et après le traitement.....	73
Figure V.9: La variation des valeurs de la DCO avant et après le traitement.....	74
Figure V.10: L'évolution des rendements d'élimination de la DCO.....	75
Figure V.11: Comparaison des concentrations en DCO et en MO.....	75
Figure V.12: La variation de la DBO_5 avant et après le traitement.....	76
Figure V.13: Evolution des rendements d'abattelements de la DBO_5	77
Figure V.14: La variation des teneurs en ammonium des eaux brutes et eaux traitées	79
Figure V.15: La variation des concentrations des nitrites avant et après le traitement.....	80
Figure V.16: La variation des teneurs en nitrate avant et après le traitement	81
Figure V.17: La variation des teneurs en ortho – phosphate avant et après le traitement.....	82

Liste des photos

Figures	Titre	Pages
Chapitre III : présentation et description de la STEP d'oued zine		
Photo III.1	Bassin d'homogénéisation de la STEP.....	36
Photo III.2	Tamisage de fines.....	36
Photo III.3	Les réacteurs biologiques de la STEP.....	37
Photo III.4	Les supports biologiques	37
Photo III.5	Epaississeur des boues.....	38
Photo III.6	Lit de séchage.....	38
Photo III.7	Bassin de sortie des eaux épurées.....	38
Chapitre IV : Matériels et méthodes.		
Photo IV.1	Les lieux de stage	41
Photo IV.2	Les prélèvements à l'entrée et à la sortie.....	42
Photo IV.3	Echantillonnage et conservation des flacons.....	43
Photo IV.4	La mesure du pH et de la Température.....	44
Photo IV.5	La mesure de la conductivité	45
Photo IV.6	La mesure de l'oxygène dissous	46
Photo IV.7	La centrifugation (a) et la séparation (b)	47
Photo IV.8	La mesure de la turbidité	48
Photo IV.9	Les solutions étalons des nitrates	49
Photo IV.10	Les solutions étalons des nitrites	51
Photo IV.11	Incubation des flacons à l'obscurité	53
Photo IV.12	Les solutions étalons de l'ortho-phosphate	54
Photo IV.13	UV-Visible pour mesurer la densité optique	55
Photo IV.14	Echauffement du mélange (réactif + mélange)	56
Photo IV.15	Echauffement du mélange (réactif + mélange)	60
Photo IV.16	Titration de l'excès de dichromate de potassium	60
Photo IV.17	Incubation des flacons	61
Chapitre V : performances de la STEP d'Oued Zine		
Photo V.1	La variation de la couleur à l'entrée et à la sortie de la STEP	71

Liste des tableaux

Figures	Titre	Pages
Chapitre III : présentation et description de la STEP d'oued zine		
Tableau III.1 :	Données de base de la STEP	34
Chapitre IV : Matériels et méthodes.		
Tableau IV.1 :	Les équations correspondantes pour l'oxydation en milieu acide	57
Tableau IV.2 :	Table de conversion	62
Chapitre V : performances de la STEP d'Oued Zine		
Tableau V.1:	La variation de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP	65
Tableau V.2:	La variation du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP	67
Tableau V.3:	La variation de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	62
Tableau V.4:	La variation de la matière en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	69
Tableau V.5:	La variation des valeurs de la turbidité avant et après le traitement	70
Tableau V.6:	La variation de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	71
Tableau V.7:	La variation de la teneur en MO avant et après le traitement.....	73
Tableau V.8:	La variation des valeurs de la DCO avant et après le traitement	74
Tableau V.9:	La variation de la DBO_5 avant et après le traitement	76
Tableau V.10:	La biodégradabilité de l'entrée de la STEP.....	78
Tableau V.11:	La variation des teneurs en ammonium des eaux brutes et eaux traitées.....	78
Tableau V.12:	La variation des concentrations des nitrites avant et après le traitement	79
Tableau V.13:	La variation des teneurs en nitrates avant et après le traitement	80
Tableau V.14:	La variation des teneurs en ortho-phosphate avant et après le traitement ...	81

Introduction générale

"L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel."

Directive Cadre européenne sur l'Eau, 2000



Introduction générale



Le développement industriel et l'accroissement de la pollution qu'elle engendre sont deux phénomènes parallèles et continus qui ont pour conséquences, d'une part, l'augmentation de la production et la recherche d'une qualité meilleure avec une grande concurrence, et d'autre part, l'accroissement de la consommation et le gaspillage. Les deux ayant pour conséquence l'augmentation du volume de déchets avec des graves incidences sur l'environnement .

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, puisqu'elles sont sans traitement ; peuvent engendrer des graves problèmes environnementaux et de santé publique. C'est pourquoi, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu (boues) , et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques.

En Algérie l'eau est une denrée de plus en plus rare et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée.

Face aux pénuries d'eau dans les dernières décennies et afin de préserver les ressources en eau encore saines, et la protection de l'environnement ainsi que la santé publique, l'Algérie a adopté un programme riche en termes de traitement des eaux usées par la mise en service depuis des années, de plus d'une centaine de stations d'épuration (**MRE, 2006**).

La ministère Algérienne a introduit une série des textes réglementaires fixant les normes de rejet spécifiques à la réutilisation des eaux usées en agriculture (Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 et décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) (**MRE, 1993, 2006**) ainsi que la présence de textes réglementaires fixant la modalité de réutilisation des eaux usées et la liste des cultures et les conditions de leur irrigation par les eaux usées épurées (Décret exécutif n° 07-149 du 20 mai 2007 et l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012) (**MRE, 2007**) constituent une promotion de projets de réutilisation des eaux usées épurées (**ONA, 2018**).

Les dirigeant, publics et privés, ont des décisions à prendre en matière d'épurer les eaux usées pour les réutiliser en agriculture et en industrie . Ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des quantités en augmentation, afin de répondre à des demandes toujours plus grandes.

Quel que soit le type de station d'épuration, le principe est simple. Les matières polluantes sont dégradées grâce à un phénomène biologique naturel par les micro-organismes contenus dans les eaux usées et maintenus en quantité suffisante sans les stations où ils transforment la pollution en boues que l'on sépare de l'eau par décantation ou par déshydratation (**Ourtelli, Benhamiche, 2013**).

La recherche d'une technologie possédant les avantages des procédés de boues activées et du biofilm a mené à la création d'un nouveau procédé plus compact, appelé bioréacteur à lit mobile ou Moving Bed Biofilm Reactor - MBBR (**Meziani, 2013**).

Le procédé MBBR est une nouvelle technologie proposée depuis quelques années par plusieurs constructeurs pour l'épuration des eaux polluées .

L'objectif de notre travail consiste à évaluer les performances épuratoires et les rendements de la station d'épuration d'Oued Zine qui fonction avec le procédé Bioréacteur à lit mobile (MBBR) en analysant des paramètres de pollution de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP. Les paramètres ciblés sont: DCO, DBO₅, MES, la turbidité, l'oxygène dissous, les matières azotées, l'orthophosphates, la conductivité électrique, le pH et la température de l'eau.

Pour arriver à cet objectif, nous avons structuré notre travail comme suit:

➤ Une partie bibliographique comportant deux grands chapitres:

- Le premier chapitre est consacré à la connaissance des eaux usées (origine, composition, types et paramètres de pollution, normes de rejet).

- Le deuxième chapitre s'intéresse aux différents procédés d'épuration des eaux usées que doivent subir avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

➤ La seconde partie de l'étude est axée sur l'expérimentation, elle est présentée en trois chapitres :

- Le troisième chapitre est consacré à la description et au fonctionnement de la STEP d'Oued Zine .

- Le quatrième chapitre présente les matériels et les méthodes analytiques utilisées dans cette étude .

- Le cinquième chapitre présente les résultats expérimentaux obtenus ainsi que leurs interprétations.

Et enfin, une conclusion générale synthétisant les principaux résultats obtenus dans ce travail.

Partie I:

Synthèse bibliographique

Chapitre I:

Généralités sur les eaux usées

Introduction:

Les eaux usées sont des eaux issues par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, agricole ou pluviale, Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel (**Boumedienne, 2013**).

Dans ce chapitre nous allons présenter un aperçu général sur les eaux usées et leurs origines, ainsi qu'une description du problème de la pollution de ces eaux, ainsi que les différents paramètres, et à la fin les réglementations relatives aux eaux usées.

I.1.Définition des eaux usées:

Les eaux résiduaires, ou les eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non solubles, provenant essentiellement de l'activité humaine (**Rejsek, 2002**). Elles représentent, une fraction du volume des ressources en eaux utilisables mais leur qualité très médiocre exige une épuration avant leur rejet dans le milieu naturel (**Thomas, 1995**).

Une eau est considérée comme « eau usée » lorsque son état et sa composition sont modifiés par les actions anthropiques dans une mesure, telle qu'elle se prête moins facilement à toutes ou certaines des utilisations auxquelles elle peut servir à l'état naturel. Aujourd'hui on parle de plus en plus des notions d'eaux claires (**Benelmouaz, 2015**).

I.2.Origine des eaux usées:

Selon l'origine des eaux usées, quatre grandes catégories sont distinguées :

- Les eaux usées domestiques ;
- Les eaux usées industrielles ;
- Les eaux usées pluviales ;
- Les eaux usées agricoles.

I.2.1.Les eaux usées domestiques:

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines tel que les eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques,... etc. et en eaux de vannes qui représentent les rejets des toilettes, chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (**Boumedienne, 2013**). En général, ces eaux présentent une bonne biodégradabilité (**Madjouri, & Amouria, 2007**).

I.2.2. Les eaux usées industrielles:

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures (**Boumedienne, 2013**).

I.2.3. Les eaux usées pluviales:

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles sont généralement issues des toitures, des terrasses, des parkings et des voies de la circulation. Elles peuvent être particulièrement polluées surtout au début de pluie par deux mécanismes, le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées.

- Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent ;
- Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent, ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts (**Rejsek, 2002**).

I.2.4. Les eaux usées agricoles:

Il s'agit de rejets liquides et agricoles issus du ruissellement d'eaux d'irrigation qui entraîne des engrais, des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dues à un élevage important. Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage de terres perméables.
- Apport des pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbants et d'insecticides ;
- En région viticole, apport de sulfates de cuivre, de composés arsenicaux destinés à la protection des vignes (**Richard, 1996**).

I.3. Pollutions des eaux usées:

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme étant sa dégradation, en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques et les déchets industriels. Selon leurs natures on distingue plusieurs types de pollution (**Tefki, 2006**).

I.3.1. La pollution chimique :

due à la présence de substances chimique dissoutes dans l'eau (**Bensabri, 2017**). Cette pollution est due essentiellement au déversement de polluants organiques et des sels de métaux lourd qui sont les plus menaçants rejetés souvent par les unités industrielles.

L'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture par diverses catégories d'engrais et de pesticides est également à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines (**Benchehem M. et all., 2014**).

I.3.2. La pollution physique:

Elle est le résultat de la présence dans l'eau des particules ou des 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) (**Vaillant, 1974**).

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau, qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourdes que l'eau), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) (**Bouziati, 2000**).

La pollution physique désigne l'autres types de pollution, telle que la pollution thermique due aux températures élevées qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz. (**Benchaheh M. et all.,2014**).

I.3.3. La pollution microbiologique:

Les eaux usées contiennent des 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 (**Benelmouaz, 2015**).

a) Les virus :

Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10³ et 10⁴ particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel (**Zeghoud, 2014**). Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, l'hépatite A.

b) Les bactéries :

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau, leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . Elles se multiplient dans les eaux usées et les boues résiduaires (Benmoussa & Gasmi, 2015).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁶ à 10⁷ bactéries par 100 ml. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve *les salmonella* responsables de *la typhoïde*, des *paratyphoïdes* et des troubles intestinaux (Benelmouaz, 2015)

c) Les Protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoeba histolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia* (Benelmouaz, 2015).

d) Les helminthes :

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréments des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs par litre. On peut citer, notamment, *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Tænia saginata*. (Benelmouaz, 2015).

I.3.4. La pollution Azotée:

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riche en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires. L'azote existe sous deux formes : la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4^+) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-) (Benelmouaz, 2015).

I.3.5. La pollution phosphorée:

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire. Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la

prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques (**Benelmouaz, 2015**)

I.4. Caractéristiques des eaux usées:

I.4.1. Paramètres physiques:

a) La température:

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, elle joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la température détermine le taux et la vitesse des réactions de dégradation biochimique. Plus la température est importante, plus les réactions sont rapides. La température des eaux usées influe beaucoup sur l'efficacité du procédé de traitement. Par exemple, la décantation est plus efficace à des températures élevées (**Abibsi, 2011**).

b) La matière en suspension (MES):

La matière en suspension est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à 10 μm , en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyennes d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décanales (diamètre supérieur à 100 μm) et les matières en suspension. On peut également prendre en compte une partie des matières colloïdales, de dimension inférieure, qui constituent la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et 10⁻² μm) (**Rejsek, 2002**).

c) Les matières volatiles en suspension (MVS):

Elles représentent la fraction organique de la matière en suspension. Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'un échantillon. Elles sont appelées les parties au feu.

d) Les matières décantables:

C'est la fraction des matières en suspension qui sédimente dans un temps bien déterminé, généralement égal à deux heures.

e) La conductivité électrique(CE):

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrode (Zeghoud, 2014). La mesure de celle-ci permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau, elle donne une idée sur la salinité de l'eau. Des variations de la conductivité peuvent influencer sur le traitement biologique et la décantation, elle s'exprime en ms/cm (EL Haouas, 2005).

f) Le débit:

Le principal intérêt de la mesure du débit; est le fait qu'il permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de << l'équivalent habitant >> qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour (Benchehem, et al., 2014).

I.4.2. Paramètres organoleptiques:**a) La Turbidité:**

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau (Metahri, 2012).

b) La couleur:

Une eau pure observée sous une lumière transmise, sur une profondeur de plusieurs mètres émet une couleur bleu clair car les longueurs d'ondes courtes sont peu absorbées alors que les grandes longueurs d'onde (rouge) sont absorbées très rapidement. (Rejsek, 2002). La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.

c) L'odeur:

Toutes les eaux usées ou les eaux résiduaires industrielles sont caractérisées par une odeur. Cette odeur est due à la décomposition de la matière organique (Abibsi, 2011).

I.4.3. Paramètres chimiques:

a) Le potentiel Hydrogène (pH):

Le pH joue un rôle capital dans le traitement biologique, il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue également un rôle primordial :

- Dans les propriétés physico-chimiques (entartrage, agressivité) ;
- Dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de pH très étroites se situant entre 6,5 et 8,5. (Benmoussa & Gasmi, 2015).

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[H^+]} \quad (1)$$

b) L'oxygène dissous:

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune aquatique et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. Il s'exprime en mg d'O₂/l (Rejsek, 2002).

c) La demande chimique en oxygène (DCO):

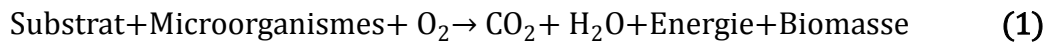
La demande chimique en oxygène (DCO) correspond à la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau; et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait; la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leurs origines organique ou minérale. La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes dans l'eau, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation (Rodier, et al., 2009).

La DCO est la concentration, exprimée en mg/l d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes, et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions bien définies (Rejsek, 2002).

d) La demande biochimique en oxygène (DBO):

La demande biochimique en oxygène après cinq jours (DBO_5) d'un échantillon; est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans un échantillon pour une oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques pendant cinq

jours. Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épuration et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration (**Rodier et al., 2009**).



La relation empirique de la matière oxydable (MO_x) en fonction de la DBO_5 et la DCO est donnée par l'équation suivante :

$$\text{MO}_x = \frac{(2\text{DBO}_5 + \text{DCO})}{3} \quad (2)$$

e) Carbone Organique Total (COT):

Représente les critères de pollution organique mesurant tous les composés organiques fixés ou volatils présents dans les eaux résiduaires : cellulose, huiles, sucres, suie, etc. Les éléments carbonés sont oxydés à 950°C en présence de catalyseurs. Le CO_2 qui se forme est dosé dans un analyseur infra rouge. Les résultats sont exprimés en milligramme de carbone par litre d'eau ou en équivalent oxygène obtenues en multipliant la concentration en carbone par 2,66 (**Benchehem, et al., 2014**).

f) Azote total NT:

Exprimé en mg/l, ce paramètre devient de plus en plus important. C'est la somme des formes d'azote (organiques et ammoniacal). Il est appelé azote de KJELDAHL et l'azote des formes oxydées (NO_2^- , NO_3^-). La présence de l'azote ammoniacal NH_4^+ dans l'eau usée est un signe de pollution organique. L'azote nitrique NO_3^- provient essentiellement des engrais chimiques et des rejets industriels (**Betaouaf, 2012**).

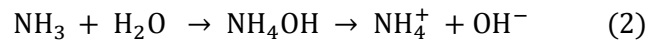
En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Donc, sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel (**Benelmouaz, 2015**).

L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés et de l'urée (**Rodier et al., 2009**).

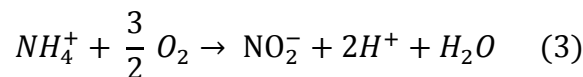
L'azote ammoniacal se présente sous deux formes en solution, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ , dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température. L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner

l'azote ammoniacal ; en milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates; ce qui induit une consommation d'oxygène (**Zeghoud, 2014**).

Les réactions avec l'eau sont en fonction également de la température et sont les suivantes :

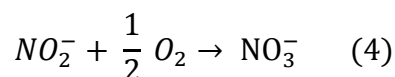


Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, nécessite une forte consommation d'oxygène, elle s'appelle la nitrification. (**Rodier et al., 2009**). La réaction de nitrification (oxydation de l'ammonium) est décrite par l'équation suivante :



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 (**Rodier et al., 2009**).

La réaction de nitrification (oxydation des nitrites) s'effectue par les bactéries (Nitrobacter), selon la réaction suivante :



g) Les composés phosphorés:

Le phosphore se trouve dans les eaux usées sous différentes formes phosphore insoluble (contenu dans les membranes cellulaires végétales ou animales), ortho phosphates organiques dissociés, phosphates inorganiques condensés et polyphosphates (détergents...).

La moitié du phosphore se trouve à l'état d'ortho phosphates et de phosphates organiques hydrosolubles (**Bouaoun & Aoun, 2004**).

Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO_4^{3-} ou de P_2O_5
 $1\text{mg/L } \text{PO}_4^{3-} = 0,747 \text{ mg/L } \text{P}_2\text{O}_5 = 0,326 \text{ mg/L P élémentaire}$ (**Rodier et al., 2009**).

I.4.4. Les paramètres microbiologiques:

Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes (champignons, helminthes, protozoaires, bactéries et virus) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif d'épurer pour préserver le milieu naturel (Bensabri, 2017) .

a) Les coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont des indicateurs d'une contamination fécale. Ils sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives Gram négatif, non sporulés ; ils sont capables de croître en présence de sels biliaires (figure I.1). Les coliformes totaux possèdent la β -galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35° C afin de produire des colonies rouge sur un milieu gélosé .

Les coliformes totaux croissent en aérobiose à 37°C en milieu liquide bilié lactosé au vert brillant en produisant d'acide et de gaz en 48h. (Balitere, 2015).

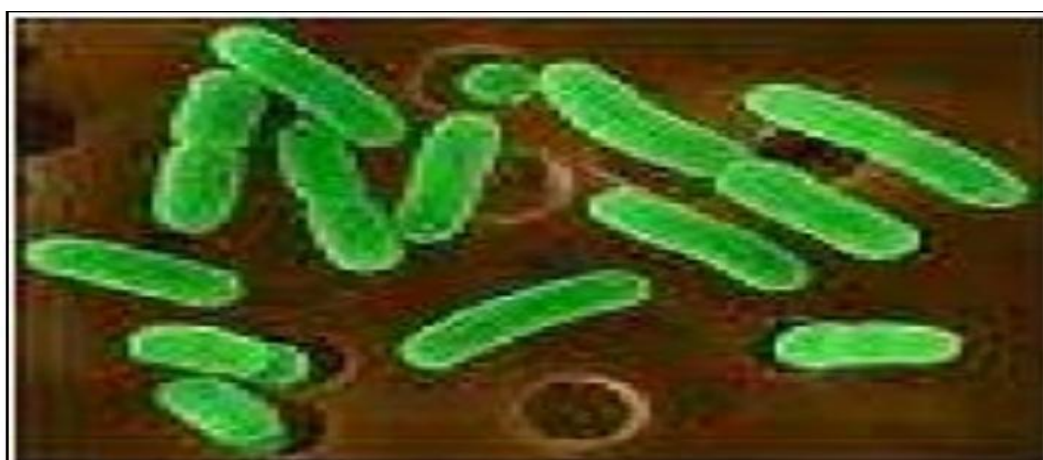


Figure I.1 : Les coliformes totaux (Balitere, 2015).

b) Les coliformes fécaux :

On parle aussi des Coliformes thermotolérants capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli*, principale bactérie de contamination fécale. Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique (Figure I.2) (Balitere, 2015).



Figure I.2 : Les coliformes fécaux (Balitere, 2015).

c) Les Streptocoques fécaux :

Ce sont des bactéries de forme sphérique au coccoïde, Gram+, disposées en pair ou en chaînette, dépourvues de catalase, capables de croître à 37 °C en 48h ; elles font partie de la flore intestinale normale humaine ou d'autres animaux à sang chaud (Figure I.3). Ces bactéries constituent un indice de contamination fécale ancienne, capables d'hydrolyser l'esculine en présence de bile (Balitere, 2015).



Figure I.3: les streptocoques fécaux (Balitere, 2015).

I.5.L'équivalent habitant:

Un équivalent habitant, correspond à la pollution quotidienne de l'eau que génère un individu. En fonction des dotations journalières en eau, chacun est sensé utiliser une quantité d'eau par jour. La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées

(MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml (**Metahri, 2012**).

I.5. La réglementation:

I.5.1. Les normes internationales (OMS):

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi (**Benelmouaz, 2015**).

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) pour les eaux usées sont représentées dans le tableau 1 (Annexe 01).

I.5.2. Les normes Algériennes:

Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides fixe les valeurs limites de ce rejet. Les valeurs guides sont consignées dans le tableau 2 (Annexe 02).

Conclusion:

La pollution des eaux usées a des conséquences multiples, que ce soit directement ou indirectement sur l'homme et l'environnement. L'assainissement des eaux usées, répond donc à ces préoccupations essentielles en vue de préserver les ressources en eaux et le cadre de vie. Une station d'épuration est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, à la sortie des eaux usées vers le milieu naturel. Elle comporte une succession des filières. Chaque filière est conçue à éliminer une partie des polluants contenus dans les eaux usées.

Chapitre II:

Les procédés d'épuration des eaux
usées

Introduction :

L'objectif d'épuration des eaux usées est d'obtenir d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictés par la législation, et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue risque pour la santé humaine et pour l'environnement (**Zeghoud, 2014**). Les procédés d'épuration des eaux usées sont nombreux et très différents l'un par rapport à l'autre.

Ce chapitre vise essentiellement à définir les divers procédés d'épuration des eaux usées, le principe de fonctionnement et les types de certain procédé sont également illustrés.

II.1.Définition d'une station d'épuration (STEP):

C'est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant le rejet dans le milieu naturel. Dont le but principal du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur.

Une station d'épuration est généralement installée à l'extrémité d'un réseau de collecte. Elle peut utiliser plusieurs principes, physiques, chimiques et biologiques. Le plus souvent, le processus est biologique car il fait intervenir des bactéries capables de dégrader les matières organiques. La taille et le type des dispositifs dépendent du degré de pollution des eaux à traiter.

Une station d'épuration est constituée d'une succession de dispositifs, conçus pour extraire en différentes étapes les différents polluants contenus dans les eaux usées. La pollution retenue dans la station d'épuration est transformée sous forme des boues. La succession des dispositifs est calculée en fonction de la nature des eaux usées recueillies sur le réseau et des types de pollutions à traiter.

II.2.Processus d'épurations des eaux usées:

Les eaux usées peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des processus physique, chimiques et biologiques. D'une façon générale, le processus d'épuration des eaux usées comprend trois grandes étapes; le prétraitement, les traitements primaires et secondaires parfois suivis par un quatrième niveau de traitement, appelé traitement tertiaire (**Tayeb, 2013**).

II.2.1.Prétraitement:

La phase de prétraitement est une phase d'épuration grossière au cours du quelle tous les éléments solides volumineux et grossiers (sables, corps gras) qui pourraient d'ailleurs

endommager les installations sont éliminés. Notons qu'on retire alors environ 35% des éléments polluants (Moulin, et al., 2013) .

a) Dégrillage:

Tout d'abord on réalise le dégrillage en faisant passer l'eau à travers des grilles plus ou moins grossières pour récupérer tous les éléments solides plus gros que les espacements des grilles. Le dégrillage est destiné à piéger les matières plus ou moins volumineuses et les déchets de toutes sortes contenus dans le chenal d'admission d'un ouvrage hydraulique ou au stade de prétraitement d'eaux usées domestiques, agricoles ou industrielles, pour permettre leur extraction puis stockage en benne et évacuation vers une voie de traitement (Gaid, 2008). (Figure II.1).



Figure II.1: Dégrilleur courbe (Mahdjar, 2016)

b) Le Tamisage:

Le tamisage est un dégrillage poussé utilisé dans les stations d'épuration industrielles. Il consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe le macro-tamisage (mailles > 0.3 mm) et le tamisage (mailles < 100 μ m) (Telli, 2014). (Figure II.2).



Figure II.2: Tamisage (Telli, 2014)

c)Le dessablage:

L'eau issue du premier traitement subit ensuite le dessablage. Les effluents bruts véhiculent souvent des matières minérales grossières en suspension tels que les sables et les graviers, dont la vitesse de chute est inférieure à 0,3 m/s, Le dessablage a pour but d'extraire les graviers, sables et autres particules minérales contenues dans les eaux usées, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, et à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion (Zeghoud, 2014). Selon l'objectif de traitement et le principe de fonctionnement, on distingue trois types de dessableurs :

- Dessableurs à couloirs.
- Dessableurs rectangulaire à insufflation d'air (Figure II.3).
- Dessableurs circulaire.



Figure II.3: Dessableur rectangulaire à insufflation (Mahdjar, 2016).

d) Le déshuilage- dégraissage:

Est une opération destinée à éliminer les huiles et les graisses par flottation. Le déshuilage est une extraction liquide-liquide tandis que le dégraissage est une extraction solide-liquide. Le déshuilage dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverses (huiles, hydrocarbures, graisses...). Elles peuvent former une émulsion stable entretenue par le brassage de l'eau (Mekhalif, 2009). (Figure II.4).

Cette étape permet d'éliminer 90% des particules et objets en suspension (Moulin, et all.,2013). Elle est commune à une très grande majorité des stations d'épuration.

Mais il reste alors dans l'eau tout ce qui y est dissous comme les composés azotés, phosphatés, actifs et des particules fines.

Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter :

- Dégraisseur-déshuileur aéré ;
- Déshuileur longitudinal.



Figure II. 4: Déshuileur –dégraisseur (Benelmouaz, 2015)

II.2.2.Traitement conventionnels ou intensifs (Traitement primaire):

Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques naturels, filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation- floculation.

Ces procédés permettent d'éliminer d'une part, les matières en suspension décantables dans l'eau et, d'autre part, de réduire les caractéristiques des ouvrages ou des appareillages avec des coûts d'exploitation biologiques en oxygène pendant cinq jours (DBO_5) des eaux résiduaires entrantes d'au moins 20% avant le rejet (**Metahri, 2012**).

a) Décantation primaire:

Elle est destinée à éliminer la fraction la plus grossière des matières décantables des eaux usées. 50 à 60% des matières en suspension sont éliminées et aussi de 25 à 40% des matières organiques. La décantation primaire peut éliminer également les Virus et les bactéries. Dans un bassin de décantation classique, ayant un temps de séjour de 2 à 3 heures, et une vitesse montante de 1,2 m/h, le rendement d'élimination global des œufs d'helminthes est de 50 à 90%. Les kystes de protozoaires les plus petits, de sédimentation trop faible sont moins éliminés (moins de 50%) (**Faby, 2003**). On peut citer dans cette phase trois types de décantation.

- Décantation statique .
- Décantation lamellaire .
- Décantation à floc lesté .

b) Traitement physico-chimiques:

Une étape de coagulation-floculation préalable à la décantation permet d'améliorer l'épuration. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif (sels de fer ou d'aluminium) provoque l'agglomération des particules en suspension, ainsi que leur chute au fond de l'ouvrage, 90% des matières en suspension peuvent alors être éliminées (**Tayeb, 2013**).

La charge polluante organique est réduite dans des proportions bien supérieures à ce qu'assure une simple décantation primaire. L'élimination des coliformes fécaux et des Verus est en fonction de la valeur du pH qui résulte de l'ajout de flocculant (**Faby, 2003**).

II.2.2 Traitements secondaires (Traitements biologiques):

Les étapes de traitement primaire permettent l'enlèvement des matières en suspension, l'eau n'est pour autant pas traitée complètement. Une certaine quantité de matière organique

dissoute est toujours contenue dans l'eau. Le traitement secondaire, qui fait suite au traitement primaire dans le déroulement séquentiel des procédés d'épuration des eaux usées, vise à épurer l'eau, en réutilisant les méthodes d'autoépuration existant naturellement. Les bactéries présentes dans l'eau vont, en effet, être mises à la contribution pour dégrader la matière organique. Il existe différents systèmes parachevant le traitement biologique.

a) Lits bactériens:

Les eaux usées prétraitées sont distribuées régulièrement par un dispositif d'arrosage sur un bassin circulaire rempli par des pierres brisées tels que les pouzzolanes, mâchefers, ou de garnitures plastiques. Pendant son ruissellement, elles sont oxydées par les bactéries hétérogènes du bio-film qui se développent à la surface des matériaux. Ce procédé permet, après décantation secondaire, d'obtenir des eaux épurées contenant de 30 mg/l de DCO, et de 30-40 mg/l de DBO_5 (Faby, 2003).

L'élimination des kystes de protozoaires, des œufs d'helminthes, des virus et des bactéries n'est pas plus efficace. Les valeurs de 83 à 99% et de 20 à 90% sont citées pour l'élimination, respectivement, d'*Entamoeba histolytica* et pour les œufs d'helminthes (Faby, 2003).

b) Boues activées:

L'oxygène nécessaire à l'oxydation des eaux usées est apporté au moyen d'aérateurs de surface ou de diffuseurs immergés, répartis sur le long du bassin. Les boues formées sont séparées dans un décanteur secondaire et une partie d'entre elles est recyclée vers le bassin d'aération. Les installations de boues activées sont conçues pour fournir des effluents contenant moins de 30 mg/l de matières en suspension, moins de 25 mg/l de DBO et moins de 100 mg/l de DCO (Betaouaf, 2012).

L'élimination des kystes de protozoaires et les œufs d'helminthes par ce procédé est plus efficace. Aussi, une partie des œufs est éliminés dans le décanteur secondaire. En conséquence, de 80 à 100% des œufs d'helminthes peuvent être éliminés par une station à boues activées.

Ce procédé a plus d'effet sur l'élimination des virus que les lits bactériens, puisque leurs taux d'élimination sont de 90%. Et aussi de 99% des bactéries peuvent disparaître (Betaouaf, 2012).

c) Biofiltration:

L'efficacité sur les différents éléments caractéristique est variable. Les procédés biologiques modernes à biomasse fixée (biofiltration ou filtres biologiques) conduisent à une excellente élimination de MES et des matières organiques. On ne dispose pas de données relatives à leurs performances vis à vis de l'élimination des microorganismes pathogènes. On peut, en première approximation, estimer qu'elles ne diffèrent pas sensiblement de celles des stations à boues activées. Mais l'évolution la plus importante s'est faite vers deux technologies nouvelles : les réacteurs biologiques à membrane et les filtres biologiques aérés (biofiltration) qui offrent tous deux un faible encombrement et une grande qualité de traitement. Ces systèmes sont bien adaptés au recyclage des eaux domestiques. Une étude anglaise a comparé les performances des deux systèmes sur trois paramètres et confirmé la meilleure efficacité des membranes, comme barrière aux microorganismes en particulier (Mara & Cairncross, 1991).

d) Lagunage naturel:

L'épuration par lagunage résulte de processus aérobies et anaérobies qui se développent dans plusieurs bassins peu profonds et disposés en série (Figure II.5). On distingue trois types de bassins ; selon le processus dominant :

- Les bassins facultatifs
- Les bassins aérobies
- Les bassins de maturation.

Les principaux processus sont :

- Décantation de MES, digestion anaérobie des matières décantées,
- Oxydation des matières organiques biodégradables par les bactéries hétérogènes.

Quand le lagunage est bien dimensionné, une large fraction de l'azote et une part importante de phosphore sont éliminées.

Les études ont démontré que les systèmes de bassins de lagunage peuvent produire des effluents conformes aux normes d'irrigation de l'OMS (moins de 1 000/100 ml coliforme fécaux, moins de 1/l œuf d'helminthes) pour un temps de séjour de 20 à 90 jours suivant les conditions climatiques.

Les protozoaires et les helminthes sont éliminés essentiellement par décantation. Il semble que 100% de ces éléments peuvent être éliminés par tous les lagunages bien conçus, comportant plusieurs bassins et avec un temps de rétention supérieur à 20 jours. la teneur en coliformes fécaux de l'effluent d'un lagunage qui comporte au moins trois bassins profonds de 0,7 à 1,2m, ayant un temps de séjour supérieur a 60 jours pour un lagunage tertiaire sous des températures de l'ordre de 20°C, n'excède pas $10^3/100$ m (**Faby, 2003**).



Figure II. 5: lagunage naturel (Mahdjar, 2016)

e)Infiltration-percolation:

L'infiltration-percolation consiste à infiltrer les eaux usées issues de traitements primaires ou secondaires dans des bassins de faible profondeur creusés dans le sol en place ou remplis de massifs sableux rapportés (Figure II.6). Les matières en suspension sont arrêtées à la surface du massif filtrant, leur accumulation entraînant un colmatage qui doit être géré en alternant phases d'infiltration et phases de séchage. L'épuration nécessite une infiltration en milieu poreux non saturé et le renouvellement de la phase gazeuse par l'air atmosphérique qui apporte l'oxygène indispensable à l'oxydation des matières organiques et de l'azote (**Faby, 2003**).

Les microorganismes contenus dans les eaux usées sont éliminés par filtration mécanique. En raison de leur taille, les protozoaires et les helminthes sont retenus par filtration mécanique dans les premiers centimètres du sol. L'élimination des virus et des bactéries est en fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur de massif filtrant traversée et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée. Pour l'azote nitrique, la teneur en sortie de traitement secondaire est d'environ 40 mg/l. Elle est réduite de 15 à 20 % par l'infiltration - percolation. Il faut toutefois vérifier le bilan en nitrates. En cas de problème, il est possible de mettre en place un étage de dénitrification en fin de traitement secondaire. L'investissement est un peu plus cher, mais plus économique en fonctionnement (**Benmoussa & Gasmî, 2015**).

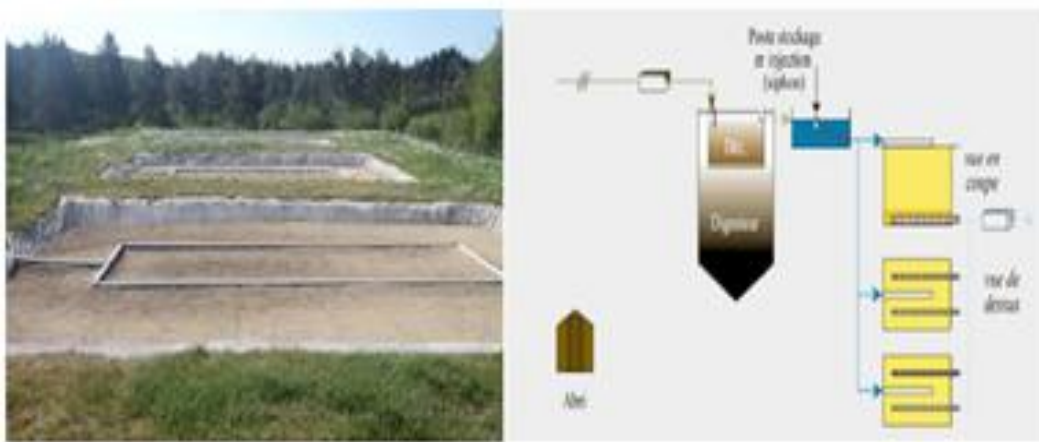


Figure II. 6: Schéma du traitement biologique par les lits d'infiltration-percolation sur sable (**Alexandre et al., 1998**)

II.2.3 Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire peut être à la fois biologique et physico-chimique. En effet, ce traitement est réalisé après le traitement primaire et secondaire et regroupe un ensemble de techniques destinées à réduire la concentration des éléments nutritifs résiduels (comme le phosphore et l'azote), polluants organiques résistants et des éléments traces métalliques (**Khaoulani, 2015**).

C'est pour cela que les traitements tertiaires sont classés comme des traitements complémentaires qui deviennent nécessaires, pour assurer une meilleure réduction de ces substances dans les milieux naturels. On distingue différents types de traitements (**Bliefert & Perraud, 2007**) :

- Filtration biologique par la technique d'affinage (pour l'élimination de MES ou la DBO_5) ;
- Déphosphatation chimique ;
- Élimination de la DCO ;
- Désinfection (traitement par UV ou ozone).

L'eau est passée par différents réservoirs avec des bactéries et dans des conditions différentes. Ensuite, les boues sont récupérées lors d'un nouveau passage dans un clarificateur. Le traitement en UV est utilisé pour dénaturiser les molécules non traitées qui sont sensibles à ces rayons (Khaoulani, 2015).

II.3.Traitement par bioréacteur à lit mobile (MBBR):

Le procédé MBBR est un traitement biologique de type culture fixée . La biomasse est fixée sur un support synthétique qui est maintenu en mouvement par fluidisation .La biomasse fixée est spécifique à chaque réacteur puisque le support, ou biomédias ne transite pas d'un réacteur à un autre.

Le procédé MBBR utilise un média mobile comme substrat pour favoriser la croissance de la biomasse. Le biofilm formé à la surface du média, regroupera les bactéries responsables de la décomposition de la charge polluante. (Canler,et al, 2012.).



Figure II.7: Les supports biologiques. (Arab, 2015)

Ces médias en polyéthylène d'une densité proche de celle de l'eau, sont maintenus en mouvement et mélangés avec l'affluent dans un réacteur muni d'un tamis situé au niveau de son orifice de sortie afin de retenir les supports. (Meziani, 2013). (figure II.7).

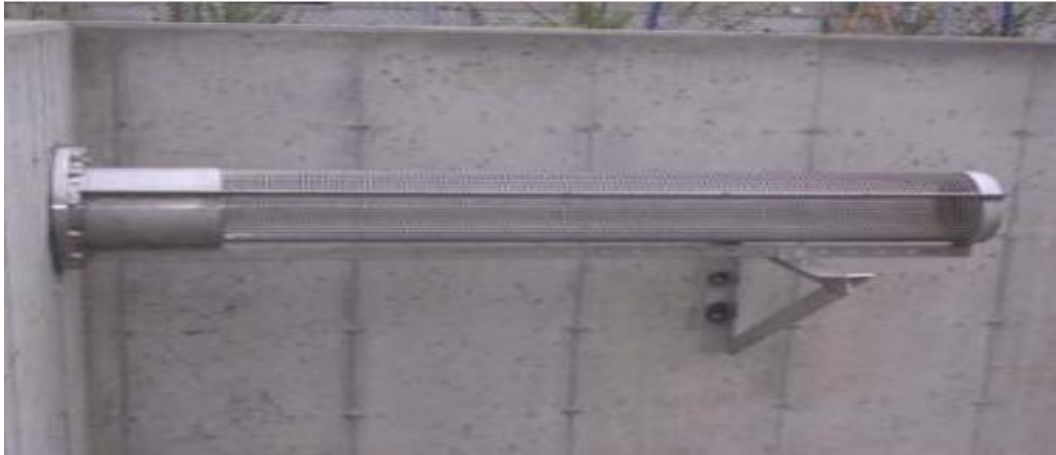


Figure II. 8: Grille de rétention des supports. (Meziani, 2013).

Une bonne fluidisation est nécessaire au traitement. Elle est en fonction de différents facteurs comme le type de biomédias retenus, le taux de remplissage de biomédias des bassins, la configuration des ouvrages, le débit d'air injecté .

Un système d'aération ou un dispositif mécanique assureront la circulation constante dépendamment des conditions aérobies ou anoxies recherchées.

Cette technologie permet de traiter la pollution carbonée et azotée: nitrification et/ou dénitrification en fonction des niveaux de rejets demandés. Le traitement de phosphore se fait par traitement chimique (ajout de sels métalliques).

l'intérêt de la culture fixée est de maintenir des âges de boue plus élevés que le temps séjour hydraulique de l'ouvrage compte tenu de l'absence de recirculation des boues en tête du réacteur. (Canler,et al, 2012.)

Conclusion :

On peut dire qu'à partir d'une eau usée et grâce aux procédés de traitements, il est possible d'obtenir toute une gamme d'eaux de qualités différentes. A chacune de ces qualités peut correspondre un usage particulier. Il est clair que les traitements qui existent peuvent réduire les concentrations des polluants sous toutes leurs formes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux .

Partie II:

Etude expérimentale

Chapitre III:

Présentation et description de la STEP
d'Oued Zine

Introduction:

Dans ce chapitre, on présentera la région d'étude. Il est essentiel de bien connaître la zone d'étude afin de déterminer sa situation géographique, ses conditions climatiques, ses ressources hydriques, la population ... etc, pour déterminer l'influence de ces conditions sur la qualité et la quantité des eaux usées dans cette région.

III.1 Description Générale du Touat Gaz:

Le périmètre gazier de Touat Gaz s'étend sur une surface d'environ 15 392 kilomètres carrés dans la Wilaya d'Adrar, sur les communes d'Adrar, Sbaa et Tamentit. Il contient des réserves totales estimées à 72 milliards de mètres cubes de gaz, réparties sur neuf champs de gaz (Figure III.1).

L'objectif du projet est d'extraire le gaz présent dans ce périmètre, le traiter puis l'expédier sur le réseau algérien, de transport et de commercialisation du gaz naturel. (Arab, 2015)

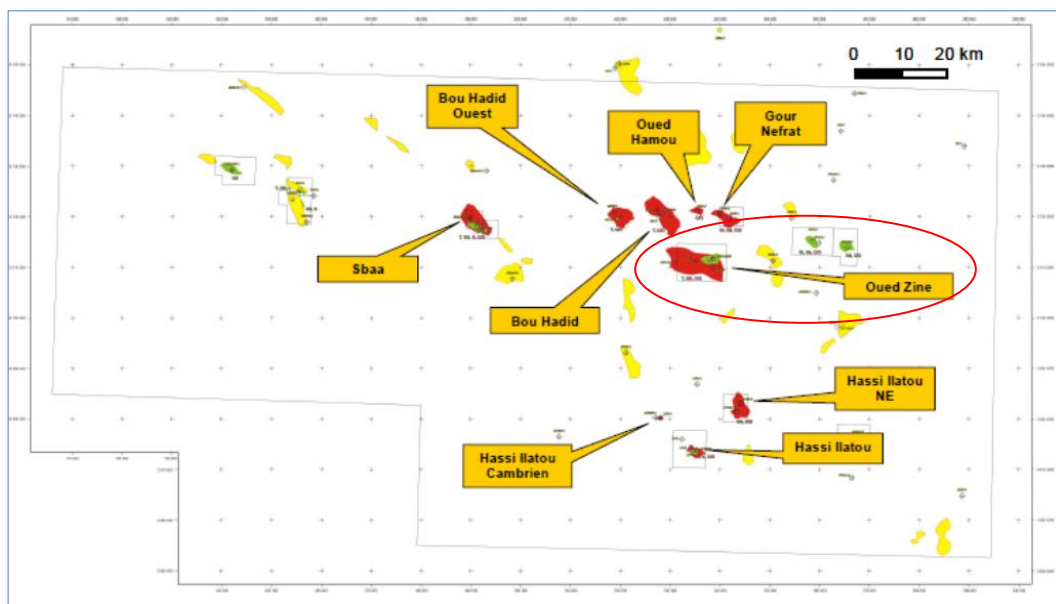


Figure III.1: Découvertes de projet de Touat Gaz(les champs de gaz). (Arab, 2015)

III.2 Situation géographique de la station (STEP-Oued Zine):

La station d'épuration d'Oued Zine se situe à 70 km au Nord-Ouest de la wilaya d'Adrar, a été réalisée par la société française (Gaz de France), mise en service depuis Juillet 2015, gérée et exploitée actuellement par TÉCNICAS REUNIDAS (TR). (Arab, 2015)



Figure III.2: Situation géographique de la zone d'étude

III.3 Données de base :

La station d'épuration d'Oued Zine a été dimensionnée en fonction des données suivantes (Tableau III.1):

Tableau III.1: Données de base de la STEP.

Paramètres	Unité	Valeurs
Type de réseau	-	principale
Nature des eaux brutes	-	eaux usées domestiques
Population	E.H	10000
Débit journalier	m ³ /h	5
type de traitement	-	traitement biologique (MBBR)
Taux de traitement	heur	8

III.4 Les installations de la STEP:

La station d'épuration est composée de trois éléments principaux, le bassin d'homogénéisation, l'unité de traitement et l'épaississeur des boues (Figure III.3), qui doivent être raccordés hydrauliquement entre eux et les équipements électromécaniques doivent être raccordés électriquement pour un bon fonctionnement.

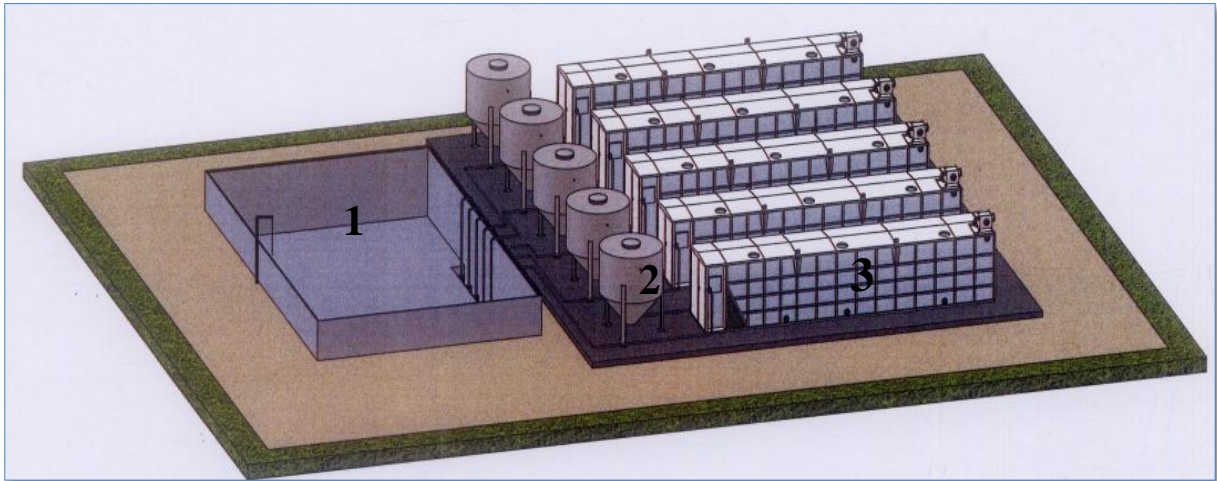


Figure III.3: Schéma des principales installations de la STEP. (Arab, 2015)

- 1-** Bassin d'homogénéisation.
- 2-** Epaisseur des boues.
- 3-** Unité de traitement (bioréacteurs).

La station fonctionne sur la base d'un procédé à culture fixée (MBBR modèle OXYCOMPACT WW MBBR40HCH), avec aération prolongée à l'aide d'aérateurs, de surface à vitesse lente.

L'eau brute qui arrive à la station passe par des différents procédés comme montre la figure III.4:

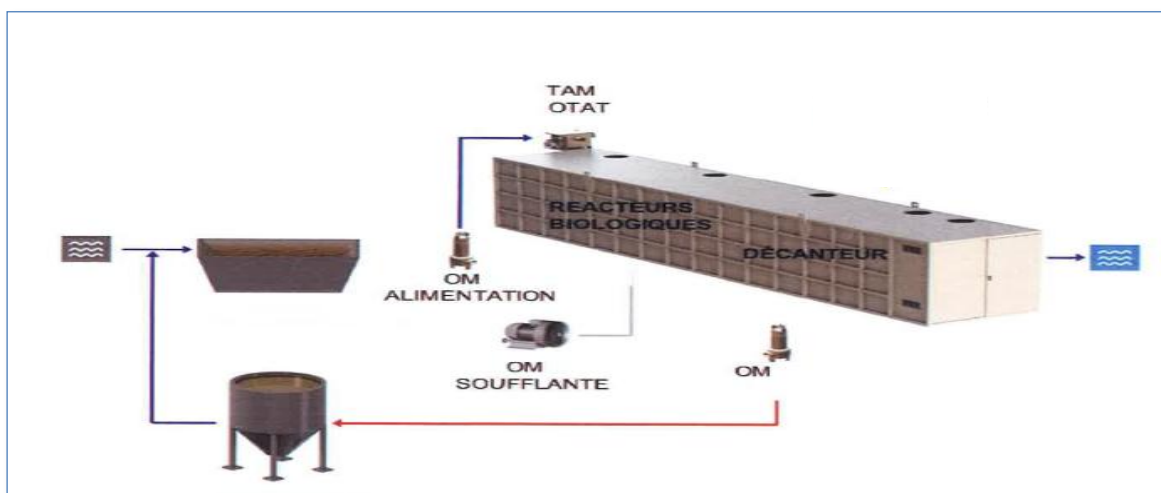


Figure III.4: Schéma de processus de la STEP. (Arab, 2015)

III.4.1 Bassin d'homogénéisation :

C'est un réservoir d'un volume adapté pour permettre un temps de rétention de l'eau usée suffisant pour homogénéiser la charge et réguler le débit . Une pompe immergée y est installée pour le refoulement des eaux et l'alimentation des réacteurs (Photo III.2).

Ce bassin a pour objectif de réguler et conditionner l'entrée d'eau au traitement biologique pour obtenir une charge adaptée et la plus homogène possible dans le réacteur.



Photo III.1: Bassin d'homogénéisation de la STEP.

III.4.2 Tamisage :

Tamis rotatif automatique capable de séparer les particules solides présentes dans l'eau d'alimentation de taille supérieure à 3 mm. A ce système couplée une vie sans fin avec compacteur qui permet d'égoutter, transporter et évacuer les déchets retenus par le tamis (Photo III.3).



Photo III.2: Tamisage de fines.

III.4.3 Réacteur biologique aérobie MBBR:

Après le tamisage, l'eau passe par le réacteur biologique qui représente deux réservoirs aérés depuis le fond par injection de bulles grossières à basse pression où a lieu le processus d'épuration (Photo III.4). Les réacteurs sont remplis de supports plastiques sur lesquels se développe la biomasse chargée d'assimiler la charge organique contenue dans l'eau usée pour son épuration biologique (Photo III.5).



Photo III.3: Les réacteurs biologiques de la STEP.



Photo III.4: Les supports biologiques.

III.4.4 La décantation lamellaire :

Après le passage par un chambre de tranquillisation, l'eau passe dans le décanteur lamellaire où les particules de densité plus importante que celle de l'eau entrent en contact avec les lamelles et glissent jusqu'à la partie inférieure du décanteur. Ces particules sont évacuées automatiquement grâce à une pompe immergées d'extraction des boues. L'eau clarifiée à travers un canal Thompson en surface du décanteur ou tuyauterie perforée.

La décantation lamellaire sert à éliminer les particules en suspension de densité supérieure à celle de l'eau.

III.4.5 Epaissement des boues:

La boue constitue le résidu principal de la station d'épuration, elle est tout d'abord dirigée vers l'épaississeur ce qui représente un réservoir dans lequel ils sont stockés les boues générées par le traitement biologique (Photo III.6).



Photo III.5: Epaisseur des boues.

Dans la partie supérieure un surnageant d'eau clarifiée est recirculée en l'entrée d'unité, dans la partie inférieure se déposent les boues concentrées « épaissies » qui sont extraites régulièrement pour évacuation.

La boue épaissie est prise par pompage et évacuée vers les lits de séchage. Le séchage de boues s'effectue à l'air libre dans des surfaces d'étendues de 7 m de longueur et 6 de largeur (Photo III.7).



Photo III.6: Lit de séchage .



Photo III.7: Bassin de sortie des eaux épurées.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de donner une description détaillée de la station d'épuration d'Oued Zine et les conditions de fonctionnement de cette dernière ainsi que des différents procédés de traitement des eaux usées.

Chapitre IV:

Matériels et méthodes

Introduction:

Afin de déterminer les différents paramètres permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement, une série des analyses a été faite au cours de ce travail. L'échantillonnage a été effectué à l'entrée (eaux brutes) et à la sortie (eaux épurées) de la STEP. Nous avons suivi les paramètres suivants : pH, T° , CE, MES, DBO_5 , DCO, O_2 dissous, Turbidité, MO, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{-3} .

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées dans le laboratoire de l'ANRH et le laboratoire de l'URER.MS (division conversion thermique et thermodynamique). Ces analyses sont divisées en deux grandes parties: selon la nature de l'analyse, et les substances à analyser.

IV.1 Période et lieu de stage:

Le stage a été réalisé pendant la période de 20/03/2018 à 3/5/2018 dans la STEP d'Oued Zine, l'Agence Nationale des Ressource Hydrauliques (ANRH) et l'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien (URER.MS).



Photo IV.1: Les lieux de stage.

IV.2 Conditionnement et transport des échantillons

Tous les flacons des échantillon doivent clairement étiqueté, identifiées et accompagnées par des informations (origine, la nature de l'eau et date de prélèvement.) .

La teneur initiale en microorganismes contenus dans l'eau peut être subir des modifications après le prélèvement, c'est pour quoi l'analyse des échantillons doivent être effectués le plus rapidement possibles.

Les échantillons sont conservés et transportés dans une enceinte réfrigérée (à 4°C) dans un délai de huit heures au laboratoire.

IV.3 Prélèvement et échantillonnage:

Les flacons utilisés dans l'échantillonnage ne doivent pas apportées de substances toxiques et assurent une protection totale contre toute contamination éventuelle.

Les prélèvements sont effectués dans des flacons stériles en polyéthylène ou en verre borosilicaté.

La fréquence d'échantillonnage est de l'ordre d'une fois par semaine.



Photo IV.2 : Les prélèvements à l'entrée et à la sortie.



Photo IV.3 : Echantillonnage et conservation des flacons.

Afin d'éviter tout modifications des caractéristiques physico-chimiques et biologiques de l'échantillon au cour de transport et conservation de l'échantillon, on a suivi les recommandations suivants:

- T° , CE , pH , O_2 *dissous* : analyse sur le site .
- DCO : H_2SO_4 Q.S.P Ph < 2 ou réfrigération à $4^\circ C$.
- DBO_5 : réfrigération à $4^\circ C$.
- NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , MES , *Turbidité et Couleur* : réfrigération à $4^\circ C$.

IV.4 Les paramètres physico-chimiques:

IV.4.1 La température (T):

La mesure de la température de l'eau a été effectuée directement sur site à l'aide d'un thermomètre.

❖ Mode opératoire :

Pour mesurer la température de l'eau : on a prélevé un échantillon d'eau dans une bouteille en verre ou en polyéthylène à large ouverture, puis on plonge un thermomètre dans l'échantillon. Nous lisons la valeur de la température après sa stabilisation.

IV.4.2 Le pH :

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode préalablement étalonnée avec des solutions tampon pH (4 et 7). La méthode consiste à

plonger l'électrode dans l'échantillon contenu dans un bêcher. Après la stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH-mètre, on lit la valeur du pH directement (**Rodier et al., 2009**).

❖ Mode opératoire:

Tout d'abord on rince le bêcher et l'électrode avec de l'eau distillée puis avec de l'eau à analyser, ensuite on remplit le bêcher avec l'échantillon et on immerge l'électrode et on agite. Nous lisons directement le pH lorsque sa valeur se stabilise (Photo IV.4) (**Rodier et al., 2009**).



Photo IV.4: La mesure du pH et de la température.

IV.4.3 La conductivité:

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de platine de 1 cm² de surface, séparé par une distance de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (ρ) (**Rodier et al., 2009**).

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \times \frac{L}{S} \quad (3)$$

Avec :

γ : conductivité (en $\Omega \cdot m^{-1}$ ou $S \cdot m^{-1}$)

ρ : résistivité (en $\Omega \cdot m$).

R : résistance (en Ω).

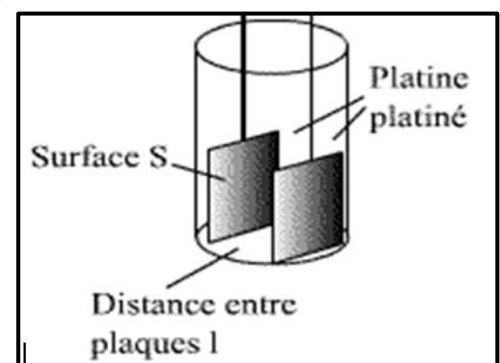


Figure IV.1: cellule conductimétre.

L : distance entre les deux électrodes (en m).

S : surface de chaque électrode (en m²).

❖ Mode opératoire

Premièrement on rince plusieurs fois la cellule de la conductivité avec de l'eau distillée, puis on plonge l'électrode complètement dans un récipient contenant l'eau à analyser. Par la suite on agite l'échantillon afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide, cette agitation permet d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes. Enfin on note la valeur finale affichée sur le conductimètre. Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Photo IV.5) (Rodier et al., 2009).



Photo IV.5 : La mesure de la conductivité.

IV.4.4 L'oxygène dissous

❖ Principe

La concentration réelle en oxygène dissous dépend en outre de la température, de la pression d'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologiques et de la décomposition ou une production d'oxygène, par exemple par les algues. Actuellement la mesure électrochimique est la méthode la plus utilisée pour déterminer la concentration en oxygène dissous des eaux à l'aide d'un oxymètre.

❖ Mode opératoire

De préférence on effectue l'étalonnage de l'appareil selon les consignes figurant sur la notice de l'appareillage. On fait la mesure directement en plongeant les électrodes dans l'eau à analyser avec une agitation douce et régulière pendant la mesure, pour éviter l'épuisement de l'oxygène au voisinage de la membrane qui conduirait à une mesure erronée. Le résultat est donné directement en partie par million (ppm) (Photo IV.6) (Rodier et al., 2009).



Photo IV.6 : la mesure de l'oxygène dissous.

IV.4.5 La matière en suspension (MES):

❖ Principe

L'eau est centrifugée à environ 3 000 g (soit 4000 trs/min pour un rayon de centrifugation de 10 cm) pendant 20 minutes. Le culot recueilli, séché à 105 °C et pesé. Il peut être ensuite calciné à 525 °C et pesé de nouveau (Rodier et al., 2009).

❖ Mode opératoire

Tout d'abord, on sèche les capsules à 105 °C, puis on pèse après refroidissement et on note sa masse à vide M_0 . Ensuite on centrifuge un volume d'une prise d'essai (10 ml) pendant 20 min à 4000 trs /min.

On sépare alors le liquide surnageant par siphonage sans perturbation du dépôt (Photo IV.7). On sèche à l'étuve pendant 2h à 105 C°. On pèse après refroidissement au dessiccateur et on note sa masse M_1 (Rodier et al., 2009).



Photo IV.7 : La centrifugation (a) et la séparation (b).

❖ Expression des résultats:

Le taux des matières en suspension (MES), exprimé en milligramme par litre (mg/L) est donné par l'expression :

$$C_{MES} = (M_0 - M_1) \times \frac{1000}{V} \quad (4)$$

C_{MES} : concentration de MES en mg/l .

M_0 : la masse de la capsule vide.

M_1 : la masse de la capsule pleine après dessiccation à 105 °C.

V : le volume d'eau traitée en ml.

IV.4.6 La turbidité:

❖ Principes:

La turbidité mesure la propriété optique de l'eau qui résulte de l'absorption de la lumière par les particules en suspension présentes dans l'eau (**Rodier et al., 2009**).

❖ Mode opératoire :

On met l'appareil sous tension et on rince 3 fois la cuvette par l'échantillon à mesurer. Après agitation de l'échantillon, on remplit la cuvette avec ce dernier. On place la prise d'essai et on appuie sur " READ " et le résultat s'affiche en NTU. (**Rodier et al., 2009**).



Photo IV.8 : La mesure de la turbidité.

IV.4.7 Les nitrates NO_3^- :

❖ Principe:

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur.

Les nitrites obtenus sont alors dosés par colorimétrie : diazotation avec l'acide sulfanilique et copulations avec l' α - Naphtylamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520 nm (Rodier et al., 2009).

❖ Réactifs:

➤ Solution mère de nitrates à 1000 mg/l:

Dissoudre 1,631g de nitrates de potassium préalablement séchés au dessiccateur et compléter à 1000 ml par de l'eau distillée.

➤ Solutions étalons :

Prendre successivement : 0,5, 1, 2, 4, 6, 8, 10 et 15 ml de la solution mère de nitrate et compléter chaque prélèvement à 100 ml par de l'eau distillée. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 et 150 mg/l de nitrates (Photo IV.9) (Rodier et al., 2009).



Photo IV.9: Les solutions étalons des nitrates .

- Solution de soude à 0,05 M.
- Mélange réducteur à préparer au moment de l'emploi :
 - 5 ml de la solution de Sulfate de Cuivre
 - 5 ml de la solution d'hydrazine
 - Eau distillée Q.S.P 200 ml
- Mélange colorant (conserver en flacon brun) :
 - 10 ml d'acétone.
 - 20 ml d'acide sulfanilique.
 - 20 ml d'E.D.T.A.
 - 20 ml d'acétate de sodium.
 - 20 ml d' α -Naphthylamine.
 - Eau distillée Q.S.P 1000 ml.

Ajouter l' α -Naphthylamine en dernier et après une dilution pour éviter la formation d'un précipité blanc laiteux. Eau distillée Q.S.P 1000 ml.

❖ Mode opératoire:

De préférence, on effectue le dosage dans des flacons bruns et on réalise le mélange suivant en introduisant dans le flacon : 1 ml prise d'essai , 5 ml de solution de soude à 0.05M , après l'agitation on ajoute , 5 ml de mélange réducteur , encore une fois on agite ce dernier mélange.

Après une heure, on ajoute 40 ml du mélange colorant, et on met à l'obscurité pendant 15 min, finalement on mesure la densité à 520 nm (**Rodier et al., 2009**).

❖ Expression des résultats:

La courbe donne directement les teneurs en azote nitriques des échantillons exprimés en mg/l.

IV.4.8 Les nitrites (NO_2^-):

❖ Principe:

Par diazotation des nitrites avec l'acide sulfanilique à pH 2,5 puis par copulation du composé formé avec l' α -Naphthylamine, on obtient un colorant azoïque rouge stable au moins 12 heures dont on mesure l'intensité à 520 nm (**Rodier et al., 2009**).

❖ Réactifs:

- Solution d'acide sulfanilique
- Solution d' α -naphthylamine
- Solution tampon d'acétate de sodium
- Solution d'E.D.T.A à 5 g/l
- Solution mère étalon des nitrites à 100 mg/l:
 - Eau distillée Q.S.P 1000ml
 - 150 mg de nitrite de sodium
 - On les conserve en y ajoutant 1ml/l de chloroforme

❖ Titrage de la solution mère étalon de nitrite :

Le nitrite est oxydé au moyen d'un excès de permanganate. L'excès d'oxydant est ensuite dosé par iodométrie (**Rodier et al., 2009**).



Tout d'abord on fait le mélange dans un bécher : 10 ml de permanganate de potassium à 0,01N, 2 ml d'acide sulfurique au $\frac{1}{2}$, 20 ml de solution de nitrite. Après l'agitation on ajoute 5 ml d'iodure de potassium à 10%.

La concentration de la solution mère étalon de nitrite exprimés en mg/l, est donnée par:

$$[\text{NO}_2^-] \text{ en mg/l} = \frac{(\text{T}_{\text{thiosulfate de sodium}} \times (V_0 - V) \times 23000)}{\text{PE}} \quad (5)$$

Avec :

V_0 : le volume trouvé pour un témoin effectué avec de l'eau distillé (ml)

V : le volume de thiosulfate de sodium nécessaire pour l'échantillon (ml)

T : titre de thiosulfate de sodium (mol/l)

PE : prise d'essai (ml)

A partir de cette solution de nitrites, on prépare une solution fille à 1mg/l de NO_2^-

➤ solutions étalons :

Prendre successivement : 1, 2, 4, 6, 8, 10 ml de la solution à 1mg/l de NO_2^- et compléter par l'eau distillée à 50 ml. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 0,02;0,04; 0,08; 0,12; 0,16 et 0,20 mg/l de NO_2^- (Photo IV.10).



Photo IV.10: Les solutions étalons des nitrites.

❖ Mode opératoire :

On réalise le mélange en introduisant 50ml de prise d'essai, 1ml de solution d'E.D.T.A, 1ml d'acide sulfanilique. on agite et on attend 10 minutes, puis on ajoute 1ml d' α -Naphtylamine, 1ml de la solution de tampon acétate. Encore une fois on agite et on attend 30 minutes, enfin on effectue la mesure colorimétrique à 520 nm (Rodier et al., 2009).

❖ Expression des résultats:

La courbe donne directement les teneurs en azote nitreux des échantillons exprimé en mg/l.

IV.4.9 L'ammonium:

❖Principe:

L'ammonium, en milieu alcalin et en présence d'hypochlorite de sodium donne avec le phénol une coloration bleue d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrométrie d'absorption moléculaire. On utilise du nitroprussiate de sodium comme catalyseur (**Rodier et al., 2009**).

❖Réactifs:

➤Solution mère d'ammonium 1g/l (NH_4^+):

Peser 2,972g de chlorure d'ammonium NH_4Cl préalablement séché et refroidi au dessiccateur. Dissoudre dans de l'eau distillée et compléter à 1000 ml.

➤Solution d'ammonium 10 mg/l (NH_4^+).

Prendre 2 ml de la solution mère à 1g/l et compléter à 200 ml par de l'eau distillée.

➤Solution d'hypochlorite de sodium à 2° chlorométrique

➤Solution étalon :

Prendre successivement : 0.25 ; 0.5 ; 1.25 ; 2.5 ; 5 ; 7 et 10 ml de la solution à 10 mg/l et compléter à 50 ml par de l'eau distillée. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 0,05 ; 0,1 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 1,5 et 2 mg/l de (NH_4^+) (Rodier et al., 2009).

➤Mélange des réactifs :

On mélange les 3 premiers réactifs dans les proportions suivantes :

- 200 ml de la solution tampon et compléxante ;
- 25 ml de la solution de phénate de sodium ;
- 10 ml de la solution de nitroprussiate de sodium ;

❖Mode opératoire:

La mesure colorimétrique s'effectue en opérant le mélange suivant : 20 ml PE , 2 ml du réactif mélangé , 0,5 ml d'hypochlorite à 2 °Cl .

La coloration bleue se développe à partir du moment où on les laisse les flacons à l'obscurité pendant une heure et demie. La coloration reste stable plusieurs heures.

On effectue la mesure colorimétrique à 625 nm (**Rodier et al., 2009**).



Photo IV.11 : Incubation des flacons à l'obscurité.

❖ Expression des résultats:

La courbe donne directement la teneur en azote ammoniacal des échantillons exprimés en mg/l .

IV.4.10 L'ortho-phosphate (PO_4^{3-}):

❖ Principe:

En milieu acide et en présence du molybdate d'ammonium $\text{MO}_7(\text{NH}_4)_4\text{H}_2\text{O}$, les ortho-phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui est réduit par l'acide ascorbique, et développe une coloration bleue pouvant être dosé colorimétriquement à une longueur d'onde de 710 ou 800 nm (Rodier et al., 2009).

❖ Réactifs:

- Solution d'acide ascorbique à 10 g/l .
- Solution de molybdate d'ammonium .
- Solution mère de l'ortho-phosphate (PO_4^{3-}) à 1g/l :

Dissoudre 143.2 mg de phosphate dihydrogénopotassique (KH_2PO_4) (desséché au préalable à l'étuve à 100°C) dans 1000 ml d'eau distillée.

- Solution de (PO_4^{3-}) à 10mg/l :

Placer dans une fiole jaugée de 200 ml, 2 ml de la solution mère et compléter ensuite par de l'eau distillée jusqu'à atteindre le trait de jauge.

➤ Solutions étalons :

Prendre successivement les volumes de : 2.5 ; 5 ; 7.5 ; 10 ; 15 et 20 ml de la solution à 10 mg/l, puis compléter à 50 ml avec de l'eau distillée . On obtient donc des solutions étalons contenant respectivement les concentrations suivantes : 0.5 ; 1 ; 1.5 ; 2 ; 3 et 4 mg/l (Photo IV.12).



Photo IV.12: Les solutions étalons de l'ortho-phosphate .

❖ Mode opératoire :

Dans des tubes à essai on introduit 20 ml prise d'essai, puis on ajoute 5 ml des réactifs mélangés (3 volumes de la solution molybdique, 1 volume de la solution de l'acide ascorbique).

On les mettant à l'étuve durant 20 minutes à 80 °C et on les laissent refroidir puis on mesure l'absorption à une longueur d'onde de 825 nm (**Rodier et al., 2009**).



Photo IV.13 : UV-Visible pour mesurer la densité optique .

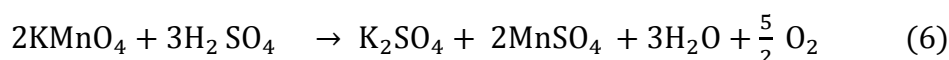
❖ Expression des résultats:

La courbe donne directement la teneur en ortho-phosphate des échantillons exprimée en mg/ l . (Annexe 3)

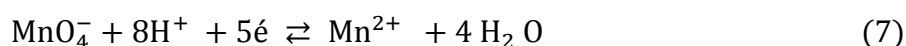
IV.4.11 Matières organiques (MO) par oxydabilité au permanganate:

❖ Principe (oxydation en milieu acide)

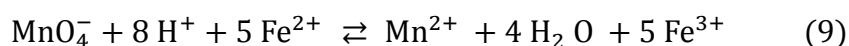
On oxyde l'échantillon par un excès de permanganate de potassium, en milieu acide et à chaud :



Le permanganate n'ayant pas réagi est réduit par un excès de sulfate ferreux ammoniacal :



Soit :



L'excès des ions de fer est dosé à nouveau par la solution de permanganate de potassium

❖ Réactifs:

- Solution d'acide sulfurique au 1/4 N
- Solution de permanganate de potassium N/20:
 - 1,58 g de permanganate de potassium(KMnO_4)
 - Eau distillée Q.S.P 1000ml

➤Solution de permanganate de potassium N/80:

Préparer à partir de la solution de permanganate de potassium N/20 que l'on diluée 4 fois.

➤Solution de sulfate ferreux ou sel de Mhor N/80:

- 4,9 g de sulfate ferreux $\text{FeSO}_4 (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
- 5 ml d'acide sulfurique concentré
- Eau distillée Q.S.P 1000 ml

❖Mode opératoire:

Dans un erlenmeyer de 250 ml on introduit : 100 ml d'eau à analyser , 10 ml d' H_2SO_4 au $\frac{1}{4}$ N. Dans un autre erlenmeyer on introduit : 100 ml d'eau distillée ; 10 ml d'acide sulfurique (c'est le témoin) .

On les porte à l'ébullition pendant 10 minutes et on ajoute dans les solutions bouillantes 10 ml de la solution de KMnO_4 précédemment diluée N/80 (**Rodier et al., 2009**).



Photo IV.14 : Echauffement du mélange (réactif + échantillon) .

Après refroidissement on ajoute alors 10 ml de la solution de sel de Mhor N/80 .

On fait le dosage des solutions par du permanganate N/80 et on note le volume de permanganate ajouté au témoin V_0 et le volume de permanganate ajouté à l'échantillon V . La couleur violette de la solution disparaît (**Rodier et al., 2009**).

❖Expression des résultats:

Tableau IV.1 : Les équations correspondantes pour l'oxydation en milieu acide.

	Oxydant	Réducteur	Equation correspondante
Dans l'échantillon	5 ml de (KMnO ₄) N/20 +V ml de (KMnO ₄) N/80.	100 ml d'échantillon de titre x en matières réductrices + 20 ml de sulfate ferreux N/80.	$(5 \times 1/20) + (V \times 1/80) =$ $(100 \times X) + (20 \times 1/80)$
Dans le témoin	5 ml de (KMnO ₄) N/20 + V ₀ ml de (KMnO ₄) N/80.	100 ml d'eau distillée + 20 ml de sulfate ferreux N/80.	$(5 \times 1/20) + (V_0 \times 1/80) =$ $20 \times 1/80$

Au point équivalent se trouve en équilibre :

$$\left(20 \times \frac{1}{80}\right) = \left(5 \times \frac{1}{20}\right) + \left(V \times \frac{1}{80}\right) - (100 \times X) = \left(5 \times \frac{1}{20}\right) + \left(V_0 \times \frac{1}{80}\right)$$

$$X = \frac{1}{8000} (V - V_0)$$

Comme un équivalent gramme d'oxygène = 8000 mg d'oxygène :

$$O_2 \text{ en mg/l} = (V - V_0) \quad (6)$$

Avec :

V : Le volume de KMnO₄ N/80 nécessaire au dosage de l'échantillon.

V₀ : Le volume de KMnO₄ N/80 nécessaire au dosage de témoin.

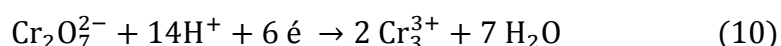
IV.4.12 Demande chimique en oxygène (DCO) :

❖ Principe

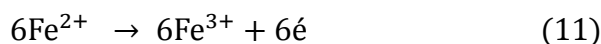
La DCO permet de déterminer la teneur totale en matières organiques oxydables des eaux, la détermination de la DCO s'effectue en deux étapes:

- Une oxydation de la matière organique réductrice contenue dans l'eau, par un excès de dichromate de potassium. (K₂Cr₂O₇). Cette oxydation se réalise en milieu acide (H₂SO₄), en présence de sulfate d'argent comme catalyseur (Ag₂SO₄) et de sulfate de mercure (HgSO₄) pour limiter l'interférence des chlorures, le mélange est porté à l'ébullition (150°C) à reflux pendant 2 h.

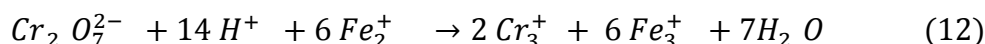
Le dichromate de potassium est réduit comme suite :



- L'excès dichromate de potassium est dosé par une solution titrée de sulfate de fer (II) et d'ammonium (donc de Fe_2^+), en présence de ferroïne comme indicateur (Rodier et al., 2009).



La réaction globale du dosage est la suivante :



❖ Réactifs:

- solution d'acide sulfurique à 4mol/l
- solution de sulfate d'argent à 10g/l
- Solution de sulfate de Fer et d'ammonium à 0.12 mol/l
- solution de Ferroïne
- solution étalon de dichromate de potassium à 0.04 mol/l, contenant du sulfate de mercure (II)

❖ Vérification du titre de la solution de sulfate de Fer et d'ammonium

Dans un erlenmeyer, on met 5ml de bichromate de potassium à 0.04 mol/l ; on ajoute environ 100 ml avec la solution d'acide sulfurique H_2SO_4 à 4 mol/l ; enfin, on ajoute quelque goutte d'indicateur ferroïne. On remplit la burette avec le sulfate de fer et d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_6\text{H}_2\text{O}$; (0.12 mol/l) . On titre jusqu'à la coloration devient rouge (Figure IV.2) (Rodier et al., 2009).

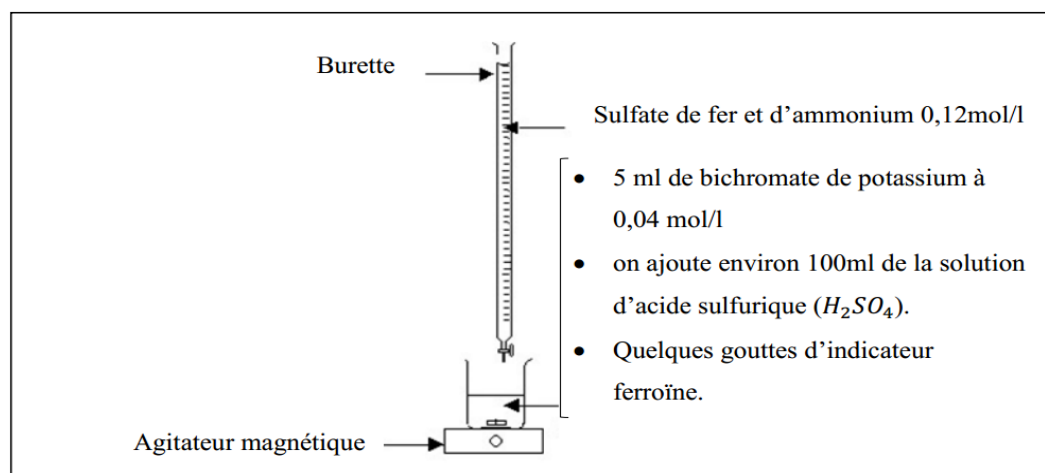


Figure IV.2 : Vérification du titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium

La concentration (en mol/l) de la solution sulfate de Fer et d'ammonium est donnée par la formule ci-dessous ou les volumes exprimés en ml :

$$C_{\text{mol/l}} = \frac{V_{\text{dichromate}} \times 0.04}{V_{\text{sulfate de fer}}} \times 6 = \frac{1.2}{V_{\text{sulfate de fer}}} \quad (7)$$

Avec :

C : La concentration du sulfate de fer et d'ammonium (mol/l)

$V_{\text{sulfate de fer}}$: Le volume de sulfate de fer nécessaire au dosage (ml)

$V_{\text{dichromate}}$: Volume de dichromate de potassium (ml)

❖ Mode opératoire:

Dans une série des tubes on introduit 10 ml (témoin , d'échantillon) , 5 ml dichromate $K_2 Cr_2 O_7$ (0,04 mol/l) et on ajoute quelques billes régulatrices d'ébullition, 15 ml d'acide sulfurique contenant le sulfate d'argent puis on agite soigneusement les tubes. On met une ou deux gouttes d'acide sulfurique sur le col rodé. Le mélange est porté à l'ébullition pendant deux heures (Rodier et al., 2009).



Photo IV.15: Echauffement du mélange(échantillon + réactif) .

On retire les tubes et on les laisse refroidir.

Après (2h) on transvase le tout dans un erlenmeyer de 250 ml et on rince avec environs 75 ml d'eau. On titre l'excès de bichromate de potassium avec la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium en présence d'une ou deux gouttes de ferroïne jusqu'à la coloration rouge brique (Photo IV.16) (Rodier et al., 2009).



Photo IV.16: Titrage de l'excès de dichromate de potassium .

❖ Expression des résultats:

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litre est égale à :

$$\text{DCO en mg/l } d'O_2 = \frac{8000(V_0 - V_1) \times T}{PE} = 800 (V_0 - V_1) \times T \quad (7)$$

Avec :

V_0 = Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire au dosage (ml).

V_1 = Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire à l'essai à blanc (ml).

T = Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

P.E = Volume de la prise d'essai (ml).

IV.4.13 Demande biochimique en oxygène (DBO_5):

❖ Principe :

Le principe de mesure de la demande biochimique en oxygène consiste à déterminer la quantité d'oxygène consommée au bout de cinq jours d'incubation, dans les conditions d'essai, à 20°C dans une solution diluée de l'échantillon (**Rodier et al., 2009**).

❖ Mode opératoire:

On remplit les flacons avec les échantillons d'eau (usée et épurée) et on met un barreau magnétique dans chacun des flacons pour l'homogénéisation. On rajoute les pastilles d'hydroxyde de sodium qu'ils seront réagir avec le CO_2 dégagé par l'oxydation de la matière organique.

Les échantillons sont placés dans une chambre thermostatée et sombre durant la mesure de DBO_5 . On règle l'appareil à ZERO et on met l'incubateur en marche pendant 5 jours à 20°C. Le résultat est obtenu directement sur l'afficheur (**Rodier et al., 2009**).



Photo IV.17: Incubation des flacons .

❖ Expression des résultats:

$$DBO_5 = 0,8 \times DCO \quad (8)$$

Tableau IV.2: Table de conversion

La charge	DBO_5 présumée (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
Très faible	0 - 40	432	1
Faible	0 - 80	365	2
Moyenne	0 - 200	250	5
Plus que la moyenne	0 - 400	164	10
Un peu chargée	0 - 800	97	20
Chargé	0 - 2000	43.5	50
Très chargé	0 - 4000	22.7	100

La valeur de la DBO_5 est calculée par l'expression suivante :

$$DBO_5 \text{ en mg/l } d'O_2 = \text{lecture} \times \text{facteur} \quad (8)$$

Conclusion:

Les analyses physico-chimiques effectuées au sein de la STEP d'Oued Zine sont indispensables pour pouvoir juger de la performance de le STEP et d'avoir une idée globale sur le rendement des différentes étapes d'épuration.

Chapitre V:

Performances de la STEP d'Oued Zine

Introduction :

Après avoir montré les outils méthodologiques nécessaires pour la réalisation de notre travail, dans ce chapitre nous procéderons à l'interprétation des résultats de notre étude à travers l'analyse de la qualité de l'eau brute et épurée par la STEP d'Oued zine. Ce chapitre nous permettra à déterminer les performances épuratoires de cette STEP en comparant nos résultats obtenus avec les normes des rejets.

V.1.Résultats et discussions :

V.1.1.Variation de la température :

Les résultats de la mesure des températures à l'entrée et à la sortie de la STEP sont données dans le tableau V. 1.

Tableau V.1: La variation de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP.

	La température (T) en °C	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	26	26,3
28/03/2018	22,8	22,1
04/04/2018	27	28,4
11/04/2018	25,9	26,2
18/04/2018	25,6	25,9
25/04/2018	30	29,6
valeur maximale	30	29,6
valeur minimale	22,8	22,1
valeur moyenne	26,21	26,41

On constate de ces résultats que les températures varient entre 30 °C et 22.8 °C, avec une valeur moyenne de 26,21 °C, pour les eaux brutes, et entre 29,6° C et 22,1 °C avec une moyenne de 26,41°C pour les eaux traitées (tableau V.1). les valeurs les plus faibles ont été enregistrées le jour du 28 Mars 2018, tandis que les valeurs maximales sont attribuées à la journée du 25 Avril 2018.

Les valeurs des températures obtenues pendant la période d'étude sont presque stables en comparant l'entrée et la sortie de la STEP. Ceci est bien illustré sur la représentation graphique des températures (figure V.1).

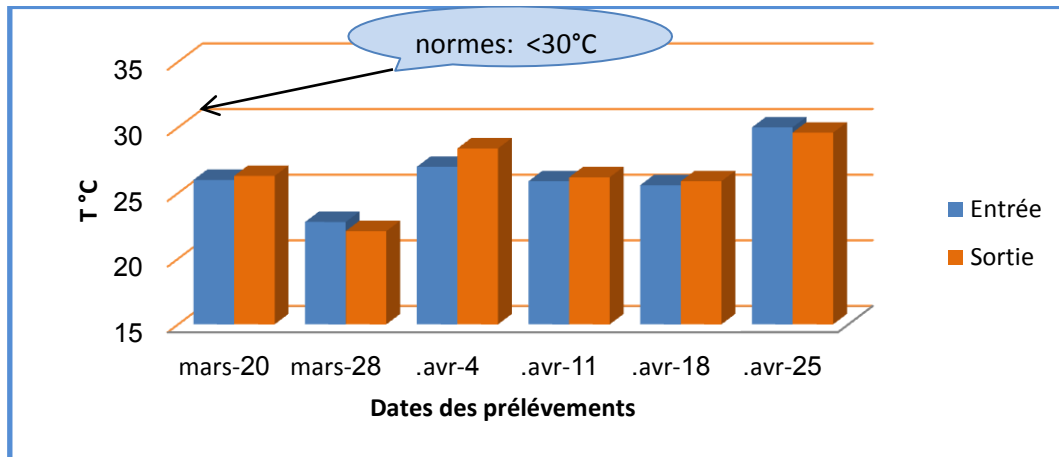


Figure V.1 : la variation de la température à l'entrée et à la sortie de la STEP.

D'après la figure V.1, on remarque une augmentation des températures des eaux brutes et traitées, cela est dû aux conditions climatiques de la zone d'étude, et aux changements de la température ambiante au cours des saisons, (figure V.2). On peut dire aussi que les résultats obtenus sont conformes avec les normes de rejet des eaux usées.

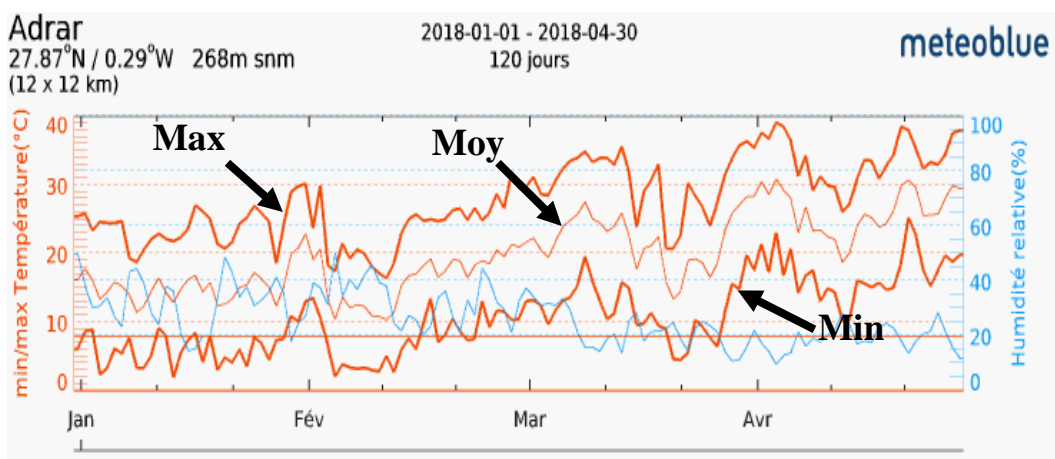


Figure V.2: Évolution de la température ambiante d'Adrar (Meteoblue, 2018).

V.1.2. Variations du potentiel Hydrogène (pH) :

Les valeurs de pH enregistrées dans l'eau brute et l'eau traitée de la station d'Oued Zine sont données dans le tableau V.2 .

Tableau V.2: La variation du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP

	pH	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	7,46	7,67
28/03/2018	7,51	7,68
04/04/2018	7,67	7,74
11/04/2018	7,67	7,88
18/04/2018	7,88	7,88
25/04/2018	7,53	7,62
valeur maximale	7,88	7,88
valeur minimale	7,46	7,62
valeur moyenne	7,62	7,74

D'après ce tableau, on remarque que les valeurs du pH mesurées durant la période d'essai varient entre 7,88 et 7,46 avec une valeur moyenne de 7,62 pour les eaux brutes, et pour des eaux épurées, compris entre 7,88 et 7,62 avec une moyenne de 7,74.

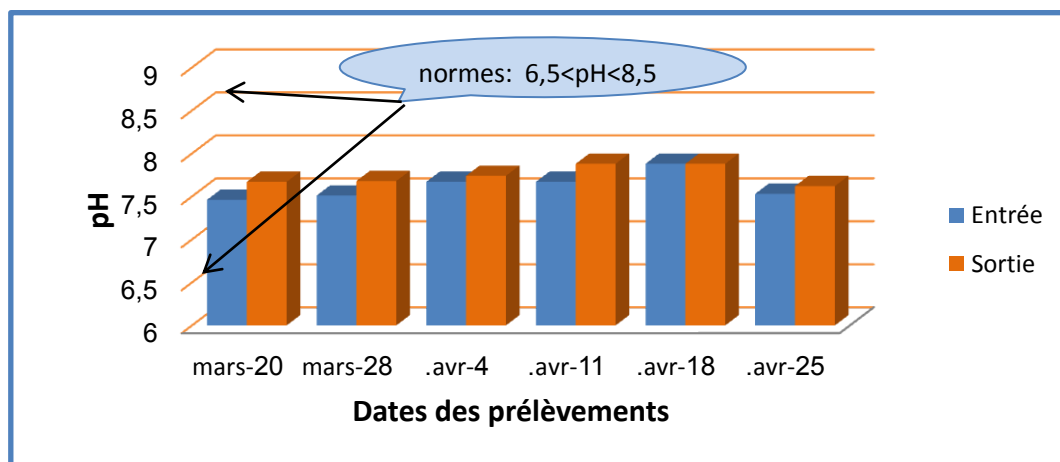


Figure V.3 : La variation du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.

La figure V.3 montre la variation du pH des effluents à l'entrée et à la sortie de la station. On déduit de ces valeurs que les effluents d'entrée et de sortie possèdent des pH au voisinage de la neutralité, avec un maximum de 7.88 observé à la sortie. Ces résultats montrent aussi que la totalité des valeurs sont conformes aux normes algériennes et internationales des rejets

V.1.3. Variations de la conductivité électrique :

Les conductivités électriques mesurées au cours des essais sont illustrées dans le tableau suivant:

Tableau V.3 : La variation de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la STEP

	La conductivité électrique (CE) en mS/cm	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	2,08	2,18
28/03/2018	2,25	2,16
04/04/2018	2,28	2,01
11/04/2018	34,89	24,4
18/04/2018	23,8	24
25/04/2018	25,8	22,1
valeur maximale	34,89	24,4
valeur minimale	2,08	2,01
valeur moyenne	15,18	12,8

Ces valeurs montrent que la conductivité électrique des eaux usées de la station oscille entre 34,89 et 2,08 ms/cm pour l'entrée, avec une moyenne de 15,18 ms/cm, tandis que les eaux traitées ont des valeurs de conductivité qui sont limitées entre 24,4 et 2,01 ms/cm avec une valeur moyenne de 12,8 ms/cm.

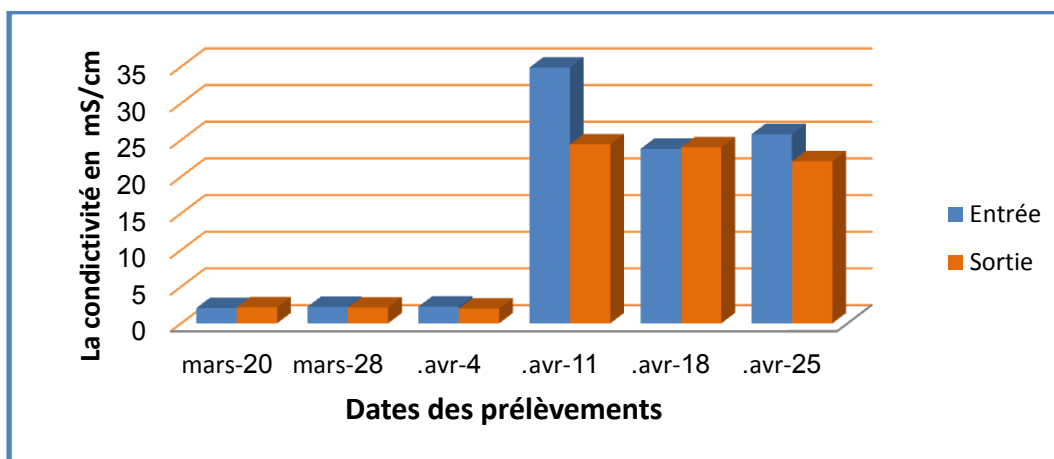


Figure V.4 : La variation de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la STEP.

La figure V.4 représente la variation de conductivité en fonction des journées d'essais. On observe d'après cette figure que les valeurs de la conductivité augmentent pendant les trois dernières semaines de la période d'essai, Cette variation est due à un apport d'eau salée ou d'un additif à la station, tel que les eaux de déminéralisation, les eaux de borbier et les eaux de lessive des procédés, selon la fiche technique de la STEP.

V.1.4. La variation des matières en suspensions (MES):

Les différents résultats des essais de la matière en suspension sont donnés dans le tableau suivant:

Tableau V.4 : La variation de la matière en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP.

	La matière en suspension (MES) en mg/l	
	Entrée	Sortie
28/03/2018	0,71	0,27
04/04/2018	1,44	0,76
11/04/2018	0,5	0,46
18/04/2018	0,52	0,37
25/04/2018	0,49	0,25
valeur maximale	1,44	0,76
valeur minimale	0,49	0,25
valeur moyenne	0,73	0,42

D'après les résultats enregistrés au cours de notre travail, on constate que la teneur en MES à l'entrée de la STEP varie entre 1,44 et 0,49 mg/l avec une moyenne de 0,73mg/l. Ainsi qu'à la sortie de la STEP la teneur en MES présente un maximum de 0,76 mg/l et un minimum de 0,25 mg/l avec une moyenne de 0,42 mg/l. L'évolution des concentrations de la matière en suspension est donnée par la figure suivante:

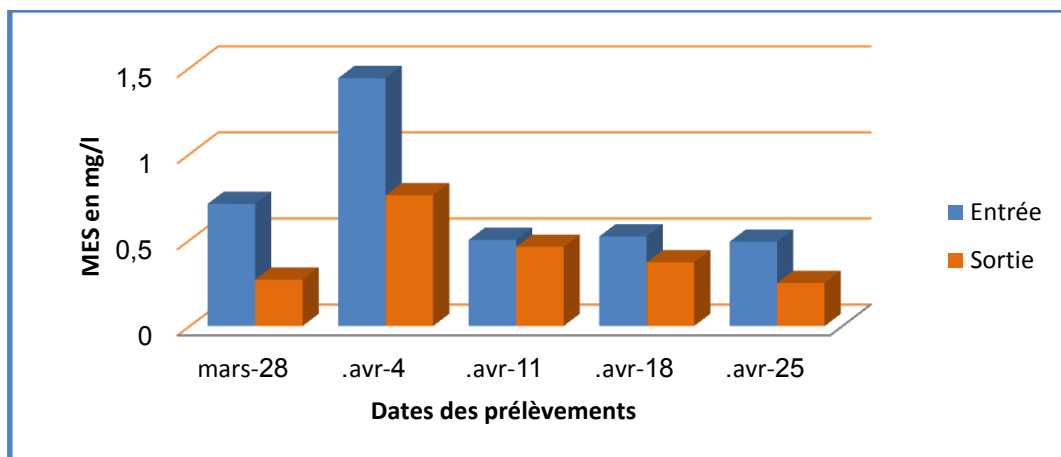


Figure V.5: La variation de la matière en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Les résultats enregistrés sur cette figure indiquent que l'effluent est faiblement chargé en matières solides en suspension, et donc on peut conclure que la matière présente dans ces eaux se trouve sous forme dissoute. Les valeurs obtenues sont nettement inférieures aux normes des rejets algériennes (35 mg/l), et aux normes internationales (<35 mg/l).

V.1.5. La variation de la turbidité :

Les différentes valeurs de la turbidité au cours des essais sont données dans le tableau suivant :

Tableau V.5 : La variation des valeurs de la turbidité avant et après le traitement

	La turbidité en NTU	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	465,53	12,26
28/03/2018	227,36	0,9
04/04/2018	137,27	9,6
11/04/2018	290,12	21,43
18/04/2018	270,18	33,84
25/04/2018	220,67	2,67
valeur maximale	465,53	33,84
valeur minimale	137,27	0,9
valeur moyenne	268,52	13,45

Selon les données du tableau, on voit que ces eaux ont une turbidité variée entre 137,27 et 465,53 NTU, avec une valeur moyenne de 268,52 NTU, à l'entrée de la station. Alors que les valeurs observées pour la sortie comprennent entre 0,9 et 33,84 NTU avec une moyenne de 13,45 NTU.

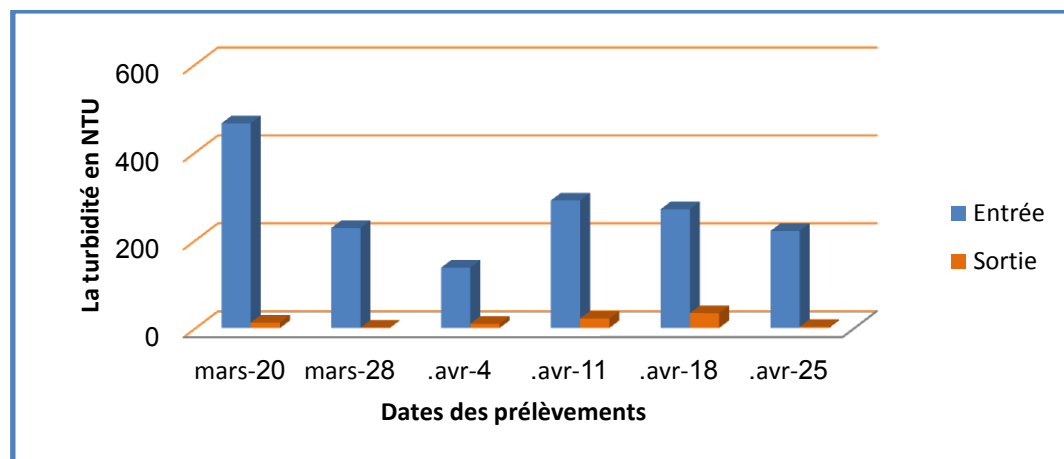


Figure V.6 : La variation des valeurs de la turbidité avant et après le traitement.

A travers cette figure, On constate que la turbidité est très élevée à l'entrée, cela est lié à la présence de couleur jaune qui est en relation avec la présence des matières dissoutes, ce qui justifie la faible tenue de MES. Cette turbidité diminuée à la sortie, cela est dû à la dégradation des matières organiques contenue dans l'eau brute.

V.1.6. La variation de la couleur :



Photo V.1 : la variation de la couleur à l'entrée et la sortie de la STEP.

A partir de la photo, il est clair qu'à partir d'une simple observation à l'œil nu, on remarque que l'eau de la sortie est limpide par rapport à l'entrée due à un abattement des matières organiques. Cela correspond aux normes des rejets (incolores).

V.1.7. La variation de l'oxygène dissous :

Les résultats obtenus pour les concentrations de l'oxygène dissous sont données dans le tableau suivant :

Tableau V.6 : variation de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP.

	L'oxygène dissous en ppm	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	0,05	0,05
28/03/2018	0,1	0,35
04/04/2018	0,05	0,11
11/04/2018	0,06	0,11
18/04/2018	0,04	0,08
25/04/2018	0,03	0,13
valeur maximale	0,1	0,35
valeur minimale	0,03	0,05
valeur moyenne	0,05	0,13

D'après les résultats du tableau V.6, les eaux usées brutes sont caractérisées par des valeurs très faibles en oxygène dissous, allant de 0.03 à 0.1 mg/L avec une valeur moyenne de 0.05 mg/l. Lors de son passage dans les bassins elle commence à s'enrichir avec l'oxygène de l'air et les concentrations deviennent entre 0.05 et 0.35 mg/l avec une moyenne de 0,13 mg/l.

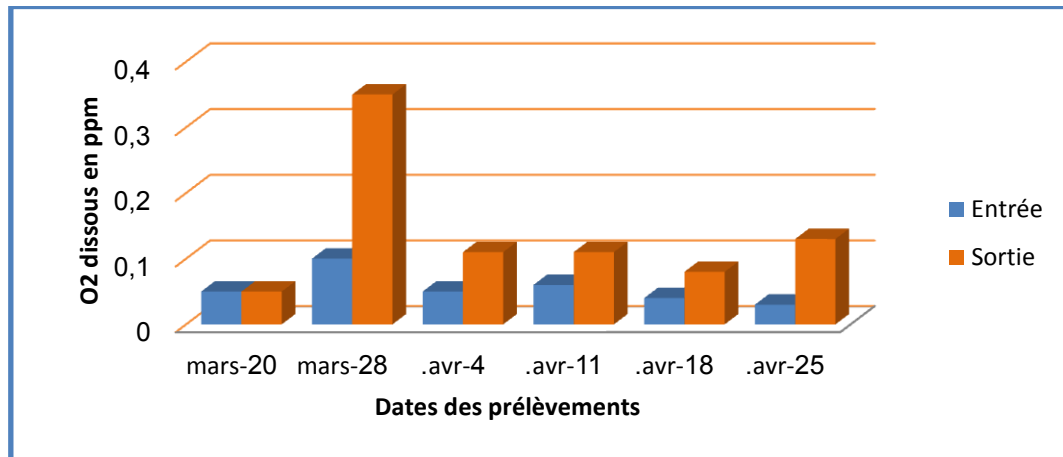


Figure V.7 : variation de l'oxygène dissous à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Selon les résultats représentés dans la figure V.7, on constate que la concentration de l'oxygène dissous est très basse, à cause de la forte charge polluante.

On sait que l'oxygène c'est un élément très important pour les traitements biologiques, il est mieux d'ajouter des aérateurs au bassin d'aération pour augmenter la concentration d'oxygène dissous, à fin d'assurer une bonne oxygénation et par conséquent un bon rendement de traitement.

V.1.8. La variation de la matière organique (MO) :

Les teneurs en matière organique des eaux brutes et épurées sont citées dans le tableau suivant :

Tableau V.7 : La variation de la teneur en MO avant et après traitement

	MO en mg/l d'O ₂	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	94	71
28/03/2018	73	33
04/04/2018	61	16
11/04/2018	137	100
18/04/2018	94,4	31,4
25/04/2018	156	46
valeur maximale	156	100
valeur minimale	61	31,4
valeur moyenne	102,9	49,56

D'après les données du tableau V.7, les concentrations de la matière organique oscillent pour les eaux brutes entre 156 et 61 mg/l d'O₂ avec une valeur moyenne de 102,9 mg/l d'O₂, et pour les eaux traitées entre 100 et 31,4 mg/l d'O₂ avec une valeur moyenne égale à 49,56 mg/l d'O₂.

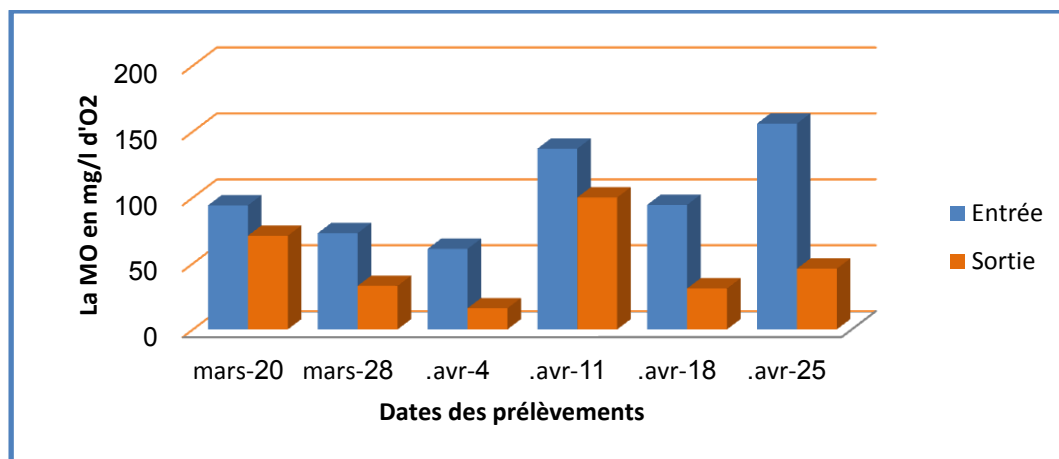


Figure V.8 : La variation des teneurs en MO avant et après traitement.

La figure V.8, donne l'évolution de la MO en fonction du temps, cette figure nous indique qu'il y a une légère diminution de la matière organique après le traitement, cet abaissement est causé par la décomposition de la matière organique en matière minérale sous l'effet des microorganismes.

Ces valeurs montrent également un rendement moyen d'abattement égal à 53%, et donc, on peut dire que la majorité de la matière organique contenu dans ces eaux usées n'est pas facilement biodégradable.

V.1.9. La variation de la demande chimique en oxygène (DCO):

Le tableau suivant illustre les teneurs obtenues en DCO :

Tableau V.8: La variation des valeurs de la DCO avant et après le traitement.

	La DCO en mg/l d'O ₂	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	593,92	102,08
28/03/2018	575,36	102,08
04/04/2018	408,32	64,96
11/04/2018	278,4	37,12
18/04/2018	723,84	111,36
25/04/2018	1036	96
valeur maximale	1036	111,36
valeur minimale	278,4	37,12
valeur moyenne	494,30	68,93

D'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de la concentration de la DCO à l'entrée de la STEP sont variables, elles oscillent entre 1036 et 278,4 mg/l d'O₂ avec une moyenne de 494,30 mg/l d'O₂.

Concernant l'effluent de la sortie de la STEP, les valeurs enregistrées sont largement inférieures à celles de l'entrée, elles varient entre 111,36 et 37,12 mg/l d'O₂ avec une moyenne de 68,93 mg/l d'O₂. Ces valeurs sont en bon accord avec les normes algériennes des rejets (<120 mg/l), par contre, la valeur dépasse les normes internationales (<90 mg/l).

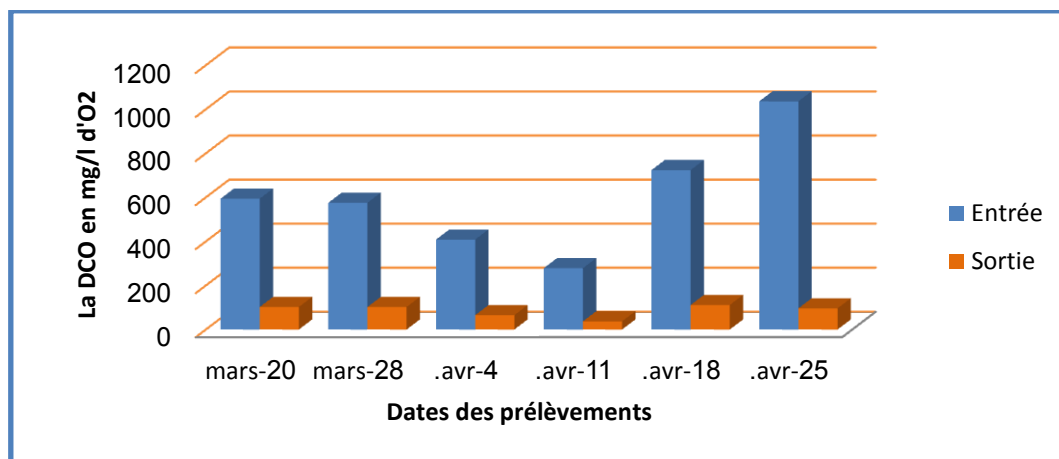


Figure V.9 : La variation des valeurs de la DCO avant et après le traitement.

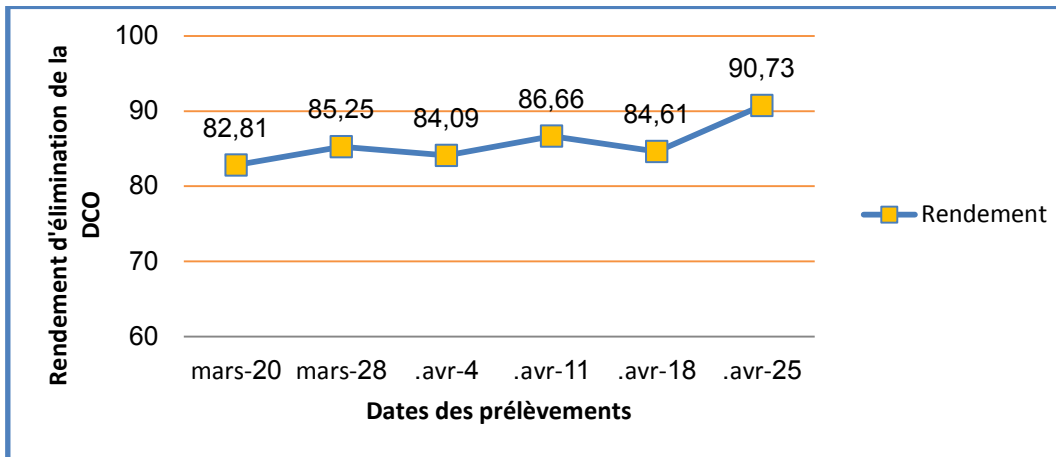


Figure V.10: L'évolution des rendements d'élimination de la DCO.

On aperçoit d'après cette figure, une diminution significative de la DCO de l'entrée vers la sortie. Le rendement est voisin de 85,19 %, avec un maximum de 90,73% et un minimum de 82,81%, donc une grande concentration a été éliminé par ce procédé (figure V.11).

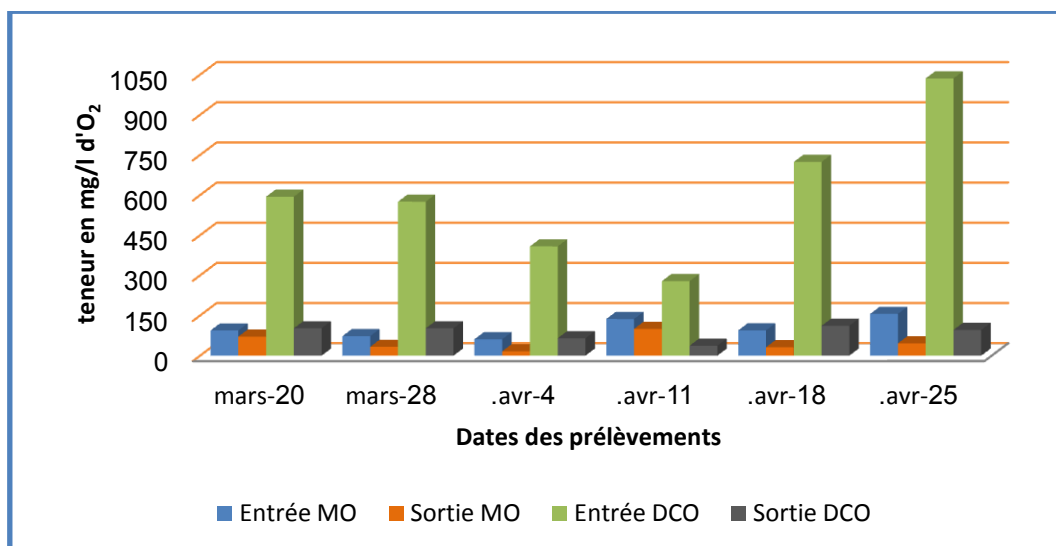


Figure V.11: Comparaison des concentrations en DCO et en MO

V.1.10. La variation de la demande biologique en oxygène (DBO_5) :

Les valeurs de la DBO_5 sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.9 : La variation de la DBO_5 avant et après traitement.

	La DBO_5 en mg/l d' O_2	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	160	95
28/03/2018	180	50
04/04/2018	170	34
11/04/2018	40	05
18/04/2018	200	80
25/04/2018	100	05
valeur maximale	200	80
valeur minimale	40	05
valeur moyenne	141,16	44,83

Le tableau V.9, montre que la valeur de la DBO_5 à l'entrée de l'ouvrage de traitement varie de 200 à 40 mg/l d' O_2 avec une moyenne de 141,6 mg/l d' O_2 , ces variations s'expliquent par la nature et la source des eaux résiduaires entrants à la STEP

En revanche, à la sortie de la STEP les teneurs en DBO_5 varie entre 80 et 5 mg/l d' O_2 avec une valeur moyenne de 44,83 mg/l d' O_2 .

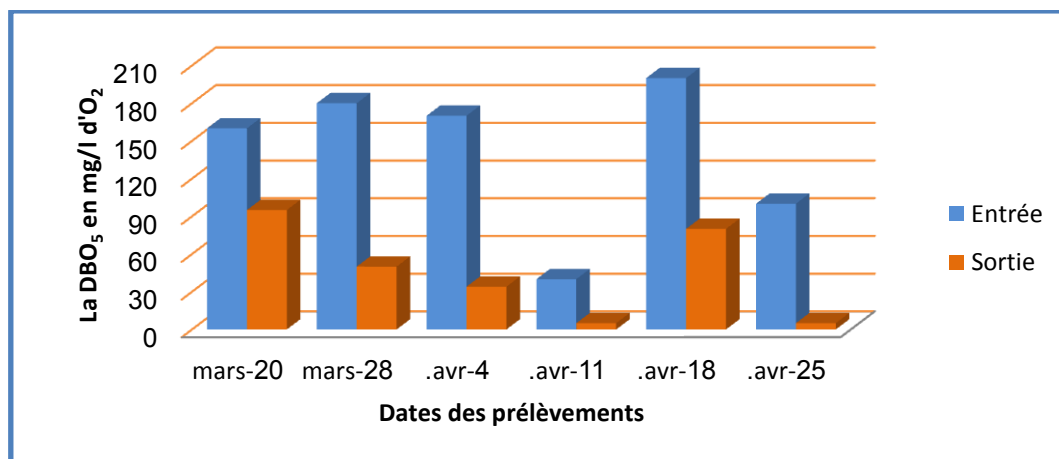


Figure V.12 : La variation de la DBO_5 avant et après traitement.

Il est à noter que les valeurs de la DBO_5 à la sortie de la STEP pendant les jours : 20/03/2018 ; 28/03/2018 et 18/04/2018, dépassent les normes, cette augmentation est due soit aux rejets sauvages (les huileries, certains produits,...), soit à une mauvaise aération. Les autres

valeurs sont généralement toutes dans les normes algériennes (35 mg/l d'O₂) et internationales (<30 mg/l d'O₂), (figure V.12).

Cette figure montre aussi qu'il y'a une élimination d'une quantité significative de la pollution organique biodégradable par la station, bien qu'il ait une fluctuation d'une semaine à l'autre.

Le rendement d'élimination varie entre 40,62 % et 95%, et donc un abattement d'environ 72,55% de la DBO₅, ce qu'il témoigne de l'efficacité de traitement. (Figure V.13).

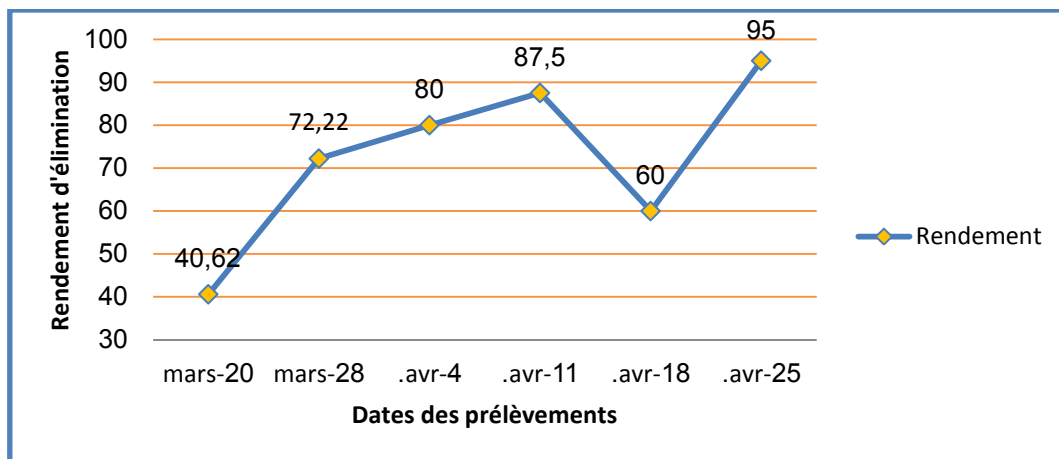


Figure V.13 : évolution des rendement d'abattement de la DBO₅ .

La ratio DCO/DBO5 (la biodégradabilité) :

La combinaison des deux paramètres globaux de pollution DCO et DBO5 permet une bonne approche de la biodégradabilité, en calculant le rapport DCO/DBO5.

Les règles suivantes étant généralement retenues :

- $DCO/DBO_5 < 3$ effluent facilement biodégradable ;
- $3 < DCO/DBO_5 < 5$ effluent moyennement biodégradable ;
- $DCO/DBO_5 > 5$ effluent difficilement biodégradable, voire non biodégradable.

Cet indice de biodégradabilité (DCO /DBO_5) s'avère également très utile pour le suivi de L'efficacité de traitements biologiques. Les différents rapports sont donnés dans le tableau suivant:

Tableau V.10: La biodégradabilité de l'entrée de la STEP.

Dates des prélèvements	DCO/DBO ₅
20/03/2018	3,71
28/03/2018	3,19
04/04/2018	2,40
11/04/2018	6,96
18/04/2018	3,61
25/04/2018	10,36

On constate d'ici, que le rapport (DCO/DBO_5) est supérieur à 5 dans certains cas, cela signifie que les eaux qui arrivent à la station ne sont pas seulement des eaux usées domestiques donc il peut exister un apport des eaux usées industrielles..

V.1.11. La variation de l'ammonium (NH_4^+) :

Le tableau suivant montre l'évolution des teneurs en ammonium des eaux brutes et épurées:

Tableau V.11 : la variation des teneurs en ammonium des eaux brutes et eaux traitées.

	NH_4^+ en mg/l	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	0,82	0,55
28/03/2018	2,32	0,02
04/04/2018	0,67	1,00
11/04/2018	0,44	00
18/04/2018	0,74	0,53
25/04/2018	1,15	3,51
valeur maximale	2,32	3,51
valeur minimale	0,44	00
valeur moyenne	1,02	0,93

Selon les résultats donnés dans le tableau V.11, on remarque que les concentrations de l'azote ammoniacal à l'entrée de la STEP sont instables, elles varient entre 2,32 et 0,44 mg/l avec une moyenne de 1,02 mg/l, alors qu'à la sortie ces valeurs oscillent entre 3,51 et 00 mg/l avec une moyenne de 0,93 mg/l.

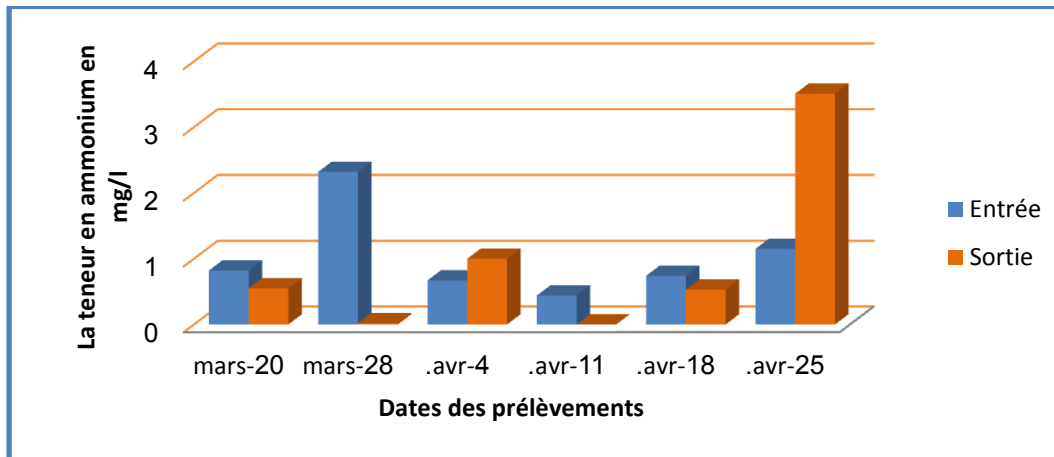


Figure V. 14 : la variation des teneurs en ammonium des eaux brutes et eaux traitées.

A travers la représentation graphique donnée par la figure V.14, on constate que les concentrations sont relativement faibles et ne dépassent pas 5 mg/l dans les eaux à l'entrée de la STEP. On remarque que les valeurs de l'azote diminuées à l'effluent de la sortie ce qui explique sa transformation en azote nitrique (NO_2^- , NO_3^-) sauf dans certains cas particuliers. Cela dépend probablement à l'origine de l'eau usée, la dégradation incomplète de la matière organique et le manque de l'oxygène qui assure cette transformation.

V.1.12.La variation de nitrite (NO_2^-) :

Le tableau V.12 montre les concentrations de nitrite obtenu avant et après le traitement:

Tableau V.12 : La variation des concentrations des nitrite avant et après traitement

	NO_2^- en mg/l	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	0,91	0,04
28/03/2018	0,93	3,56
04/04/2018	0,21	0,64
11/04/2018	0,69	3,69
18/04/2018	4,42	11,07
25/04/2018	0,59	0,67
valeur maximale	4,42	11,07
valeur minimale	0,21	0,04
valeur moyenne	1,29	3,27

D'après les résultats présentés dans le tableau au-dessus, on remarque que les teneurs en nitrites des différents échantillons à l'entrée de la STEP se situent dans un intervalle qui va d'un minimum de 0,21 mg/l à un maximum de 4,42 mg/l (une moyenne de 1,29), ces teneurs varient entre 0,04 et 11,07 mg/l avec une moyenne de 3,27 mg/l à la sortie.

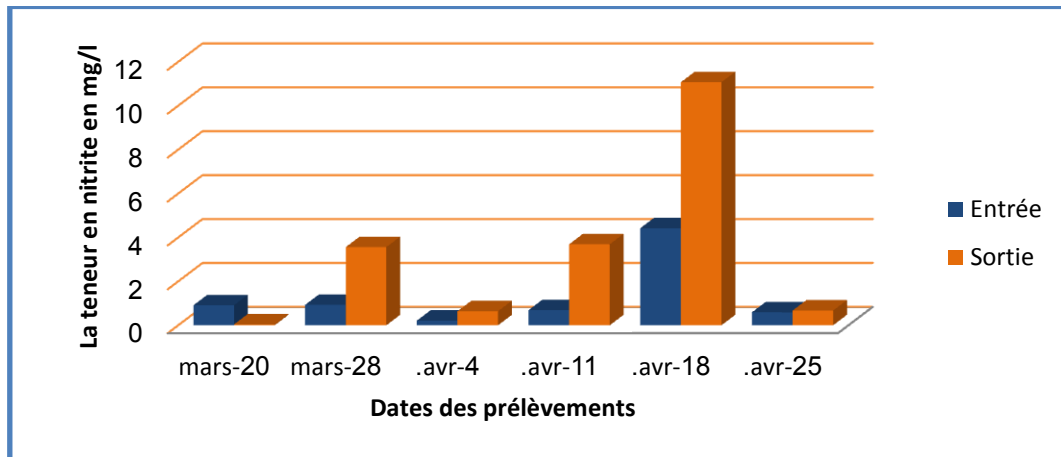


Figure V. 15 : La variation des concentrations des nitrite avant et après traitement

En se référant aux résultats présentés dans la figure V.15, une élévation de la concentration de nitrite a été observée au niveau de la sortie de la STEP qui peut occasionner selon Rodier; soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque ; la nitrification n'était pas son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

La concentration minimale des nitrites à la sortie au cours du suivi (11,07 mg/l) est supérieure aux normes internationales des rejets (1,00 mg/l) selon l'OMS.

V.1.13.La variation de nitrate (NO_3^-) :

Le tableau suivant présente les différents teneurs en nitrate de la station.

Tableau V.13 : La variation des teneurs en nitrate avant et après traitement.

	NO_2^- en mg/l	
	Entrée	Sortie
20/03/2018	0,78	5,29
28/03/2018	2,48	79,12
04/04/2018	2,48	36,45
11/04/2018	2,1	53,85
18/04/2018	2,62	34,44
25/04/2018	00	44,36
valeur maximale	2,62	79,12
valeur minimale	00	5,29
valeur moyenne	1,74	42,25

Nous observons d'après le tableau V.13 que les teneurs en nitrate mesurées durant notre période d'étude varient pour les eaux brutes entre 2,62 et 00 mg/l avec une valeur moyenne de 1,74 mg/l, alors que les eaux traitées ont des teneurs comprises entre 79,12 et 5,29 mg/l avec une valeur moyenne de 42,25 mg/l.

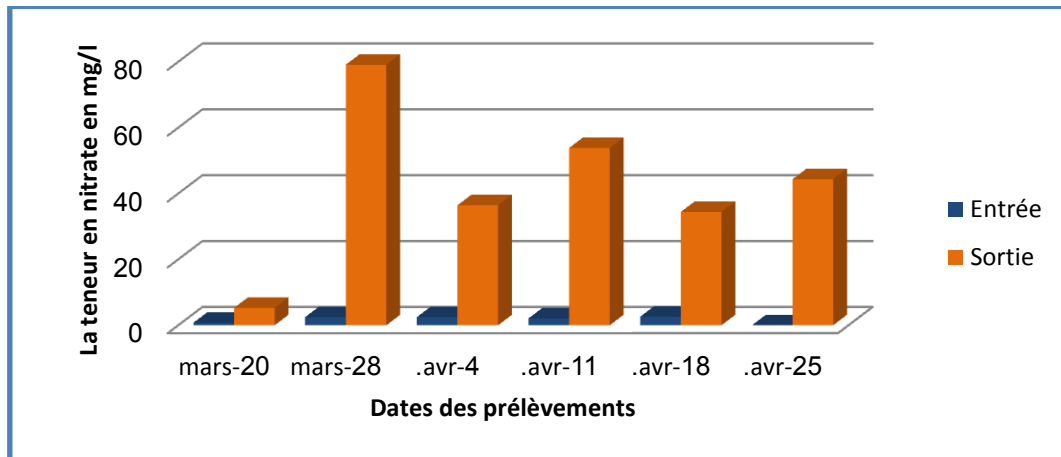


Figure V.16 : La variation des teneurs en nitrate avant et après traitement.

On constate que les nitrates augmentent considérablement au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes (figure V.16) à cause de la minéralisation de l'azote organique et le processus de la nitrification. Ainsi que les faibles teneurs en nitrates des eaux brutes sont probablement dues au fait que l'azote contenu dans les eaux usées domestiques a essentiellement une origine humaine.

Les nitrates ont une toxicité indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites qui sont toxiques, mais leurs élévations dans les eaux favorisent la phénomène d'eutrophisation.

La teneur en nitrate à la sortie atteint la valeur 79,12 mg/l, cela dépasse les normes internationale des rejets (<1 mg/l).

V.1.14. La variation de l'orthophosphate (PO_4^{3-}) :

Les résultats obtenus des concentrations d'orthophosphate pour les eaux brutes et épurées sont données dans le tableau suivant :

Tableau V.14 : La variation des teneurs en orthophosphate avant et après le traitement.

	PO_4^{3-} en mg/l	
	Entré	Sortie
20/03/2018	11,52	5,97
28/03/2018	21,74	10,27
04/04/2018	15,21	2,80
11/04/2018	30,97	18,64
18/04/2018	31,76	28,05
25/04/2018	22,18	11,13
valeur maximale	31,76	28,05
valeur minimale	11,52	2,8
valeur moyenne	22,23	12,81

Il découle de ce tableau que les concentrations des ortho-phosphates varient entre 31.76 et 11.52 mg/l avec une valeur moyenne de 22,23 mg/l à l'entrée de la station, et entre 28,05 et 2,8 mg/l, avec une moyenne de 12,81 mg/l à la sortie.

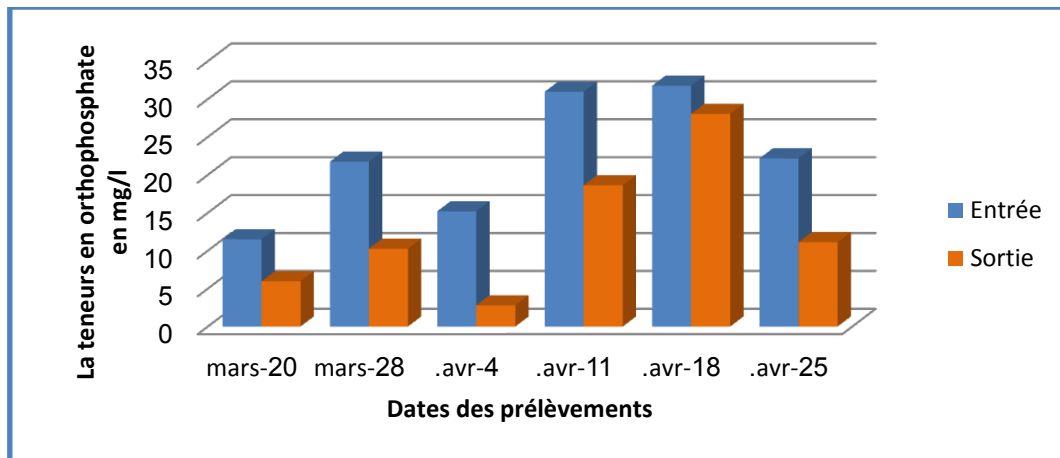


Figure V.17 : La variation des teneurs en orthophosphate avant et après le traitement.

Les orthophosphates subissent un abattement (Figure V.17), qui a pu atteindre un rendement moyen de 50 %, cela peut être expliqué par la minéralisation de la matière organique.

La teneur maximale en orthophosphate à la sortie était 12,81 mg/l et cela dépasse les normes Algériennes et internationales de rejet (< 2 mg/l).

Conclusion :

L'ensemble des valeurs obtenus sur les indicateurs de performances de la STEP d'Oued Zine confirme l'efficacité de cette station en matière d'épuration des eaux.

D'après les résultats obtenues on remarque que la STEP d'Oued Zine donne dans la plupart des cas des bons résultats qui sont conforme à les normes algériennes et celles d'OMS.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail s'inscrit dans un contexte de développement durable et traite un sujet à deux axes. Il apporte des solutions à la pénurie des eaux par la réutilisation des eaux non conventionnelle et la préservation et la protection de l'environnement des rejets urbain et industriel dans une zone d'activité pétrolière, à travers une étude détaillée sur les performances épuratoire et une caractérisation des effluents d'entrée et de sortie de la STEP d'Oued Zine.

Cette démarche expérimentale a mis en évidence un effluent d'entrée de la station caractérisé par des paramètres organoleptiques légèrement claire; un pH stable et neutre, une conductivité électrique variable dans le temps et peut atteindre des valeurs très élevées à cause des apports des eaux de la déminéralisation, une DCO et une DBO₅ significatifs et les composés azotés et phosphatés sont variables .

En revanche, l'effluent de la sortie se caractérise par des paramètres organoleptiques faibles qui demeurent inchangés, et répondent aux exigences de qualité, la DCO et la DBO₅, sont toujours faibles et conformes avec les normes de rejet (OMS et Algériennes), les dérivés azotés et sont augmentés, notamment les nitrates à cause de la minéralisation de l'azote organique par les bactéries, et également l'oxydation de l'azote ammoniacale.

Par ailleurs, un abattement considérable a été relevé pour la matière organique, la DCO, la DBO et les composés phosphates, et des faibles valeurs ont été remarquées pour les composés azotés.

En générale les résultats des rendements ont mis en évidence une efficacité épuratoire moyenne de la station de l'ordre de 64,61% , avec des lacunes pour les nitrates et les nitrites, ce qui exige des méthodes plus adéquates et plus poussées comme: réduction du débit , oxygénation artificielle plus poussée , extension de la station et une maintenance périodique des supports biologiques pour améliorer les rendements de la STEP.

En fin, nos résultats pourraient être d'un grand intérêt pour les scientifiques, les chercheurs et les stagiaires, ils constituent une plateforme pour les études ultérieures, sur l'utilisation des techniques plus poussées comme les traitements physico-chimique tel que la coagulation floculation, dénitrification ; en utilisant des plantes dénitrifiantes, et ainsi aboutir à l'amélioration de la qualité des eaux des effluents traités et par conséquent à sa réutilisation sans aucun danger.

Références bibliographiques

Références bibliographiques:

- Abibsi, N. (2011). Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantes (phytoepuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra (Thèse doctorat). Université de Biskra, Algérie.
- Alexandre, O., Boutin, C., Duchène, P., Lagrange, C., Lakel, A., Liénard, A., & Orditz, D. (1998). Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. Cemagref Ed.
- Arab, Y. (2015). EVALUATION DES RISQUE. Adrar: GROUPEMENT TOUAT GAZ.
- Balitere, K. (2015). Analyse bactériologique d'eau brute et d'eau traitée (Memoire de Licence Sciences & Techniques). Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fes.
- Benchehem, M., Bouazza, H., & Labbaz, L. (2014). Inventaire des études scientifiques relatives à la réutilisation des eaux usées dans le domaine piscicole (Mémoire de Licence). Université Kasdi Merbah de Ouargla, Algérie.
- Benelmouaz, A. (2015). Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia (Memoire de Master). Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie.
- Benmoussa, S., & Gasmi, I. (2015). Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara) (Memoire de Master). Université Echahid Hamma LakhdarEl Oued, Elouad.
- Bensabri, S. (2017). Performances épuratoire d'une station d'épuration fonctionnant par le procédé d'oxydation alternée: Etude expérimentale sur la station d'épuration des eaux usées de Ain Tolba-Wilaya de Ain Temouchent (Memoire de Master). Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie.
- Betaouaf, N. (2012). Réutilisation des eaux usées dans l'agriculture urbaine et périurbaine au Maghreb arabe. Avantages et inconvénients (Memoire de Master). Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie.

- Bliefert, C., & Perraud, R. (2007). Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets. De Boeck Supérieur.
- Bouaoun, D., & Aoun, J. (2004). Elimination du phosphore, de l'ammonium et des nitrates par alternance de phases dans des réacteurs biologiques. *Déchets sciences & techniques*, (35), 28–32.
- Boumedienne, M. E. A. (2013). Bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées : cas de la step ain el houtz. Tlemcen: université abou bekr belkaid (Memoire de Licence).
- Bouziani, M. (2000). L'eau de la pénurie aux maladies (Ibn-Khaldoun, Vol. 1). Tlemcen: Ed. Ibn-Khaldoun , Impr. 2000.
- Canler, J., Perret, J., & Choubert, J. (2012). Évaluation, optimisation et modélisation de filières de traitement : cas du procédé à cultures fixées fluidisées (MBBR) . *Sciences Eaux and Territoires*. IRSTEA , 16-23.
- EL Haouas, H. (2005). Étude de réhabilitation et d'extension de la station d'épuration de la ville de djelfa (Memoire d'Ingenieur). École nationale polytechnique, Algerie.
- Faby, J. . (2003). L'irrigation avec des eaux usées traitées, manuel d'utilisation. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Bureau Régional pour le Proche-Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord.
- Gaid, A. (2008). Traitement des eaux résiduaires. C 5 220v2.
- Khaoulani, S. (2015). Traitement d'eaux usées par adsorption sur des polymères de cyclodextrine et développement de capteurs chimiques à base de membranes de verres de chalcogénures destinées à la détection des ions Hg^{2+} (PhD Thesis). Dunkerque.
- Madjouri, H., & Amouria, H. (2007). Contribution au traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation en irrigation Étude site- S.T.E.P de Touggourt (Memoire de Licence). Université Kasdi Merbah Ouargla, Algerie.

- Mahdjar, M. (2016). Etude des performances de la station d'épuration de la ville d'Ouargla (Memoire de Master). Université Kasdi Merbah de Ouargla, Ouargla.
- Mara, D., & Cairncross, S. (1991). Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excreta en agriculture et aquaculture: mesures pour la protection de la santé publique. Organisation Mondiale de la Santé.
- Mekhalif, F. (2009). Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister, université de Skikda.
- Metahri, Mohammed Saïd. (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, Algerie.
- Meteoblue. (22 mai 2018). Archive météo Adrar. Récupéré sur meteoblue: https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/archive/adrar_alg%C3%A9rie_2508813?fcstlength=1y&year=2018&month=4.
- Meziani, K. (2013). Microtamisage de l'effluent d'un bioréacteur à lit mobile (MBBR) (Thèse doctorat). École Polytechnique de Montréal. France.
- Moulin, S., Rozan-Rechels, D., & Stankovic, M. (2013). Traitement des eaux usées (p. 13). 24 rue Lhomond 75005 Paris: ATELIER L'EAU Qualité vs Quantité.
- MRE, M. des R. en E. (1993). Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26, p. 5.
- MRE, M. des R. en E. (2006). 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, Algérie. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26, p. 4- 9.

- MRE, M. des R. en E. (2007). Décret exécutif n° 07-149 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent,. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35, p. 8- 16.
- ONA, Office National de l'Assainissement. (2018). La réutilisation des eaux usées épurées « REUE », Développement durable (Interne) (p. 25). Algérie.
- Ourtelli, S., Brahimi, S., & Benhamiche, N. E. (2013). Contribution à l'étude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de corps gras de Bejaia (CO. GB) Labelle après ensemencement. (Mémoire de Master). Université de Bejaia. Algérie.
- Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques (Edition CRDP Aquitaine décembre). Bordeaux: Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- Richard, C. (1996). Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Elsevier Masson.
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., & Brunet, R. (2009). L'analyse de l'eau-9e éd.: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer (9^e Edition). Paris: Dunod.
- Tayeb, B. (2013). Caractérisation physico-chimique et valorisation d'une boue de station d'épuration (Mémoire de master). Université Mohamed Boudiaf des sciences et de la technologie d'Oran.
- Tefki, K. (2006). Étude des performances épuratoires d'une station d'épuration des boues activées (Memoire de DEUA). Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Algérie.
- Telli, S. Mohamed. (2014). Etude sur la valorisation par séchage solaire Des boues d'épuration des Eaux urbaines—cas de la station d'Office Nationale d'Assainissement (ONA)-Tlemcen (Memoire de Master). Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.

- Thomas, O. (1995). *Météorologie des eaux résiduaires*. Edi. Cebedoc/Technique et Documentation. Paris. France, p250.
- Vaillant, J. R. (1974). *Perfectionnements et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires: eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles*, par JR Vaillant (Edition Eyrolles,). Paris: Editions Eyrolles.
- WHO. World Health Organization. (1989). *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture: report of a WHO scientific group [meeting held in Geneva from 18 to 23 November 1987]* (World Health Organization). Geneva: World Health Organization.
- Zeghoud, M. S. (2014). *Étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra* (Memoire de Master). Université d'Elouad, Algérie.

Annexes

Annexe

Annexe 1 : Les Normes de rejets internationales (OMS) .

Paramètres	unité	Normes utilisées
pH	-	6,5-8,5
DBO₅	mg / l	<30
DCO	mg / l	<90
MES	mg / l	<20
NH₄⁺	mg / l	<0,5
NO₂	mg / l	1
NO₃	mg / l	<1
P₂O₅	mg / l	<2
Température T	°C	<30
Couleur	-	Incolore
odeur	-	Incolore

Source (WHO, 1989).

Annexe

Annexe 2 : Les normes Algérienne de rejet des eaux usées.

Paramètres	Unité	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates PO_4^{-3}	mg/l	02
Couleur	-	Incolore
odeur	-	Incolore

Source :(Journal officiel de la république Algérienne, 2006).

Annexe

Annexe 4: Modèle des bulletins d'analyses des paramètres polluants des eaux à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Ouad Zine



**وزارة الموارد المائية
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU**

**الوكالة الوطنية للموارد المائية
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES**
Créé par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981 - Compté Trésorerie d'Alger N° 402.003.221

NOM DU DEMANDEUR	ETUDIENTE
ANALYSE DEMANDEE	A. POLLUTION
DATE DE RECEPTION	20-03-2018
DATE DE PRELEVEMENT	20-03-2018
N° DE LABORATOIRE	4863
DESIGNATION	SORTIE DE STATION DE TR

RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUE	RESULTATS	Minéralisation globales	Resultats
PH	7.67	Calcium mg/l	
Conductivité (ms/cm)	2.18	Magnesium mg/l	
Temperature Terrain °C	26.30	Sodium mg/l	
Turbidité eau brute Terrain (NTU)	-	Potassium mg/l	
Turbidité eau déc. (NTU)	12.26	Chlorure mg/l	-
Résidu sec à 110° (mg/l)	-	Sulfate mg/l	
MES (mg/l)		Bicarbonates mg/l	

PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS	Minéralisation globales	Resultats
Ammonium NH4+ (mg/l)	0.55	TH (° FR)	-
Nitrite NO2- (mg/l)	0.04	TAC (° FR)	-
Nitrate NO3- (mg/l)	5.29	Minéralisat. (mg/l)	-
O.Phosphates PO4 --- (mg/l)	5.97	Somme ions (mg/l)	-
Fluorure F-	-	O2 ppm	0.05
Matières Organiques(mg/l O2)	71.40		
DCO (mg/l O2)	102.08		
DBO5 (mg/l O2)	95.00		

CHEF DU LABORATOIRE

Résumé :

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur les paramètres suivant : le pH, la conductivité électrique, la température, la turbidité, les Matières En Suspension (MES), la Matière Organique (MO), la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande Biochimique en Oxygène à cinq jour (DBO_5), les ammoniums (NH_4^+), les nitrites (NO_2^-), les nitrates (NO_3^-), les ortho-phosphates (PO_4^{3-}).

Les résultats présentent des rendements épuratoires satisfaisants de 39 % des Matières En Suspension (MES). Les taux d'abattement de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et la Demande Biologique en Oxygène pendant cinq jours (DBO_5) sont respectivement 85.19 % et 72.55 %. On constate une nette progression pour l'ammonium, les nitrates, et les nitrites.

Notre étude montre que ce type de station permet une élimination satisfaisante des matières organiques mais elle pose certains problèmes pour d'autres liés à une mauvaise oxygénation ou à un débit excessif.

Mots clés: Eaux usées, MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor), Performance, STEP.

المخلص :

أجريت التحاليل الفيزيائية الكيميائية على المعايير التالية : الأس الهيدروجيني pH، الناقلية الكهربائية، درجة الحرارة، العكارة، المواد العالقة (MES)، المواد العضوية (MO)، الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO)، الطلب البيو-كيميائي للأكسجين (DBO_5)، الأمونيوم (NH_4^+)، النترات (NO_3^-)، النترت (NO_2^-)، أرتو فوسفات (PO_4^{3-}).

النتائج التي تم الحصول عليها في سياق هذه الدراسة تبين أن مردودية التنقية مرضية وهي بنسبة 39% بالنسبة للمواد العالقة أما فيما يخص معيار الطلب الكيميائي و البيولوجي للأكسجين في خمسة أيام فقد قدر مردودهما ب 85.19% و 72.55% على التوالي، بالمقابل أظهرت النتائج زيادة في تركيز الملوثات الأزوتية.

تبين دراستنا أن هذا النوع من المحطات يسمح بإزالة المادة العضوية بشكل مرض لكنه يطرح مشاكل معينة للأخرين المتعلقة بالأكسجين السيء أو التدفق المفرط

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، مفاعل بيولوجي، أداء، محطة معالجة المياه الملوثة.

Summary

The physicochemical analyzes were carried out on the following parameters : The pH, electrical conductivity, temperature, turbidity, Suspended Matter (SM), Organic Matter (OM), Chemical Oxygen Demand (COD), five days Biochemical Oxygen Demand(BOD), ammoniums (NH_4^+), nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), ortho-phosphates (PO_4^{3-})

The results obtained in the course of this study show that the purification yields are satisfactory and are of the order of 39% for Suspended Matter(SM).The reduction rate of the Chemical Oxygen Demand (COD) and the Biological Oxygen Demand for 5 days are respectively 85.19 % and 72.55 %. There is a clear progression for ammoniums, nitrates, nitrites.

Our study shows that this type of station allows a satisfactory elimination of the organic matter but it poses some problems for others related to a bad oxygenation or an excessive .

Key words: wastewater, MBBR(Moving Bed Biofilm Reactor), Performance, polluted water treatment station.