

Mémoire de Master

Présenté par :

HAMMA Nasria
MOUSSOUNI Sonia

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Thème :

Analyse des eaux usées épurées de la Station d'épuration de Souk el Tenine
en vue d'une Valorisation agricole

Soutenu le : 09 07 2019

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
SAOU Abdelhamid	Hydraulique	Président
HENACHE Zahir	Chimie	Examineur
BOUKERROUI Abdelhamid	Chimie	Encadreur
FERADJ Abla	Ingénieur de laboratoire ONA (STEP SET)	Invitée

Remerciement

Avant tout nous remercions Allah de nous avoir donné le courage et la sagesse pour pouvoir mener à terme ce modeste travail.

*Nous adressons notre vif remerciement à notre encadreur **Mr. Boukeroui A** pour ses compréhensions ses orientations efficaces, ses conseils et ses aides. Nous tenons également à remercier **Mr. Saou A** d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.*

*Nous remercions **Mr. Henache Z** qui a bien voulu examiner notre travail. Leur présence va valoriser, de manière certaine, le travail que nous avons effectué.*

*Nos vifs remerciements à **M^{me} Faradj Abla** pour sa bonne orientation. Toute notre gratitude pour vos efforts, votre gentillesse et vos précieux conseils. Et à tous les employés de la station de traitement des eaux usées de Souk El Tenine.*

Nous adressons également notre profonde gratitude à tous les enseignants du département CHIMIE.

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

Dédicace

Je remercie tout d'abord le bon ALLAH tout- puissant qui ma donné la force et le courage pour terminer ce travail.

Je dédie ce modeste aux deux personnes que j'aime le plus dans la vie, ma raison de vivre qui méritent tout le respect du monde.

Mon père, Hamma Layachi l'homme le plus parfait dans le monde, mon grand exemple et le secret de ma réussite ;

A ma mère, Taouse source de compassion et de tendresse, l'exemple de patience et de sacrifice, la raison de mon existence et le support de ma vie ;

Que ALLAH les protège et leur réserve une longue vie pleine de bonheur et de santé. A mes frères : Mounir, yanis

A mes sœur : souhila, nadjat

A tout la famille Hamma.

A ma chère amie Bariza, et ma binômee sonia.

Et une spéciale dédicace à mon petit neveu akrame et ma petite nièce nilya.

A tous mes enseignants et mes connaissances.

Nasria



Sweet
Selfie

Dédicace

Au nom du tout puissant

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers et précieux parents qui m'ont toujours soutenu. Et à l'intérêt qui ils ont toujours porté pour mes études. Je ne les remercierai jamais assez. .pour tout ce qu'ils font

A mes chers frères et sœur Qui m'ont soutenu. Et encouragé durant tout mon cursus

A mes neveux et nièce

A mes voisins

A toutes mes copines

A tous mes amis

A ma binôme et amie Nasria que dire après tant d'années et après tout ce qu'on a partagé. merci d'avoir rendu les moments difficiles beaucoup plus faciles :

A toute ma famille et mes proches qui m'ont toujours soutenue et encouragé et toutes les personnes qui compte pour moi :

Je tiens a remercier tous les étudiant de la promotion 2018 |2019 CHIMIE ANALYTIQUE

Enfin à toute personne qui m'est chers cœur

Que Dieu nous rassemble tous au paradis

Sonia

Liste des symboles et abréviations

Liste des symboles et abréviations

°C : Degré Celsius

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène pendant 5jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

MES: Matière En Suspension

OMS : Organisation Mondiale de Santé

ONA : Office National d'Assainissement

REUT : Réutilisation des Eaux Usées Traitées

STEP : Station d'Épuration

V₃₀ : Volume occupé après 30min de décantation

µs/cm : Micro siemens par centimètre

CE : Conductivité Electrique

MO : Matière Organique

pH : Potentiel Hydrique

Eq /hab : Equivalent habitant

UFT/100ml : Unité formant trouble

H₂O : Oxyde de dihydrogène (eau)

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne

NH₄⁺ : Ammonium

NO₂⁻ : Nitrite

NT: Azote Total

PT: Phosphore Total

Liste des symboles et abréviations

SET: Souk El Tenine

VF : Viande Foie

BCPL : Bouillon Lactose au Pourpre de bromocrécoly

ERU : Eaux Résiduaires Urbaines (ERU)

E/F : Eau de forage

E/B: Eau brute

E/E: Eau épure

N.Fe.E.F : nombre de feuilles irriguées par les eaux de forage

N.Fe.E.E : nombre de feuilles irriguées par les eaux épurées

N.Fe.E.B : nombre de feuilles irriguées par les eaux brutes

N.Fr.E.F : nombre de fruits irrigués par les eaux de forage

N.Fr.E.E : nombre de fruits irrigués par les eaux épurées

N.Fr.E.B : nombre de fruits irrigués par les eaux brutes

Partie théorique

Chapitre I : Partie 2

Figure I.1 : Maquette de la STEP de Souk-El-Tenine.....12

Figure I.2 : Vue de la station d'épuration de Souk-El-Tenine (google earth, 08 /06/2019)...13

Figure I.3 : Schéma de fonctionnement de la STEP de Souk-El-Tenine.....15

Figure I.4 : Grille automatique.....16

Figure I.5: Grille manuelle.....16

Figure I.6 : Benne.....16

Figure I.7 : Pont déshuilage-dessablage.....17

Figure II.8: Classificateur.....17

Figure I.9 : Bassin d'aération.....18

Figure I.10 : Oxymètre.....18

Figure I.11: Décanteur18

Figure I.12 : La goutte d'évacuation de l'eau épurée.....18

Figure I.13: Bassin de recirculation des boues.....19

Figure I.14: Epaisseur.....19

Figure I.15 : Bloc de déshydratation des boues.....20

Figure I.16: Boues déshydratées.....20

Partie pratique

Chapitre I

Figure I.1 : Echantillonneur.....22

Figure I.2 : Equipements de paillasse de mesure de paramètres physiques.23

Figure I.3 : Conne pour la mesure du V30.....24

Liste des figures

Figure I.4 : Equipement de filtration sous vide.....	24
Figure I.5 : Dessiccateur.....	24
Figure I.6 : Etuve.....	25
Figure I.7 : Balance de précision.....	25
Figure I.8 : Réacteur DCO.....	26
Figure I.9 : Photomètre de type NANOCOLOR®.....	26
Figure I.10 : Dispositif de mesure de la DBO5.....	28
Figure I.11 : Bouteilles en verre stérilisées.....	29
Figure I.12 : Milieu lactoses(BCPL).....	31
Figure I.13 Etuve bactériologique.....	31
Figure I.14 : Milieu Rothe.....	32
Figure I.15 : Gélose viande foie (VF).....	33
Figure I.16 : Agilent Technologies CARY 630 FTIR.....	34
F Figure I.17 : Les tiges de la courgette.....	34
Figure I.18 : Les tiges de la salade.	34
Figure I.19 : Plantes de courgette	35
Figure I.20 : Plantes de la salade	35
Figure I.21 : La hotte a flux laminaire	36
Chapitre II	
Figure II.1 : Spectres infrarouge des eaux : épurées, brute et de forage.....	42
Figure II.2 : Evolution du nombre de feuilles de la courgette	43
Figure II.3 : plants de courgette après formation de fruits.....	44

Liste des figures

Figure II.4 : Le suivi de nombre de feuilles de la salade.....	44
Figure II.5 : les plants de la salade.....	45
Figure II.6: spectres infrarouge de fruites irriguées par les eaux de forage, épurées et brute.	47
Figure II.7: spectre infrarouge des feuilles irriguées par les eaux de forage, épurées, et brutes	48
Figure II.8: Comparaison entre les spectres obtenus des eaux épurées, le fruit de courgette, et feuilles de la salade irrigue par les eaux épurées.....	49

Liste des tableaux

Partie théorique

Chapitre I :

Tableau I.1 : Norme de rejets en Algérie.....08

Tableau I.2 : Norme des eaux épurée destinées pour l'irrigation.....11

Tableau I.3 : Norme de rejet de la STEP de souk el tenine.....14

Partie pratique

Chapitre I :

Tableau I.1 : Intervalles de mesure de la DBO₅.....27

Chapitre II :

Tableau II.1: Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux brutes.....37

Tableau II.2 : Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux épurées.....37

Tableau II.3 : Résultats des paramètres de pollution des eaux brutes.....39

Tableau II.4: Résultats des paramètres de pollution des eaux épurées.....39

Tableau II.5 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux.....41

Tableau II.6 : Effet des eaux d'irrigation sur la courgette.....45

Tableau II.7 : Effet des eaux d'irrigation sur la salade.....46

Tableau II.8 : Résultats des analyses bactériologiques sur les cultures testent cas 'irrigation par les eaux brute et épurées.....47

Liste des abréviations et symboles	
Liste des figures et graphes	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1

Partie théorique

Chapitre I - partie 1 : traitement des eaux usées

I.1.Introduction.....	3
I.2.Généralités sur les eaux usées	
I.2.1. Définition des eaux usées.....	3
I.2.2. Nature et origine des eaux usées.....	3
• eaux usées domestiques.....	3
• eaux usées industrielles.....	3
• eaux de ruissellement.....	4
• eaux usées agricoles.....	4
I.2.3. Composition et constitution des eaux usées.....	4
I.2.4. Les différents types de pollution des eaux	4
I.2.4.1. La pollution chimique	4
I.2.4.2. La pollution Physique.....	4
I.2.4.3. La pollution organique	5
I.2.4.4. La pollution radioactive.....	5
I.2.4.5. La pollution thermique.....	5
I.2.4.6. La pollution microbiologique.....	5
I.2.4.7. La pollution agricole.....	5
I.2.4.8. La pollution par hydrocarbures (HC).....	6
I.2.5. Paramètres de mesure de la pollution	6
I.2.5.1. les paramètres physiques	6
• la température T.....	6

Sommaire

• le potentiel hydrogène (pH).....	6
• Les matières en suspension MES.....	6
• La turbidité.....	6
I.2.5.2. Les paramètres chimiques	6
• L'oxygène dissous	6
• La demande chimique en oxygène DCO.....	7
• La demande biochimique en oxygène DBO.....	7
I.2.5.3. Les paramètres organoleptiques	7
• La couleur	7
• Les odeurs	7
I.2.6. Normes de rejets.....	7
I.6.1. Normes de rejets Algérienne	
I.3. Procédés de traitement des eaux usées.....	8
I.3.1. Définition de l'épuration.....	8
I.3.2. Différents Procédés d'épuration des eaux usées.....	8
I.3.2.1. Procédé à boues activées.....	8
I.3.2.2. Le lagunage.....	9
I.3.2.3. Le procédé des lits bactériens.....	9
I.3.2.4. Filtration par le sol.....	9
I.3.3. But de traitement des eaux usées	9
I.4. La réutilisation des eaux usées épurées.....	10
I.4.1. Définition	10
I.4.2. Différentes utilisations des eaux usées traitées.....	10
I.5. Conclusion	11

Chapitre I - Partie 2 : présentation de la STEP

I.1. introduction	12
-------------------------	----

Sommaire

I.2. Historique de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Souk-El-Tenine	12
I.3. Les caractéristiques de la STEP de Souk El Tenine	13
I.3.1 Organisation et potentiel humain.....	13
I.3.2. Les données de base.....	14
I.3.3. Les caractéristique des eaux usées épurées de la STEP.....	14
I.4. Fonctionnement de la STEP.....	15
I.5. Mécanisme de traitement de la station	16
I.5.1. Le prétraitement	16
I.5.1.1. Dégrillage.....	16
I.5.1.2. Dessablage et déshuilage	16
I.5.2. Bassin d'aération (bassin biologique).....	17
I.5.3. Décanteur secondaire (clarificateur).....	18
I.5.4. Recirculation de boues	19
I.5.5. Epaisseur	19
I.5.6. Déshydratation mécanique des boues	20
I.6. Le laboratoire d'analyse de la STEP de SET.....	20
I.6.1. Les analyses effectuées au laboratoire de la STEP.....	20
I.6.1.1. Paramètres physico-chimiques	20
I.6.1.2. Paramètres de pollution.....	20
I.7. Conclusion.....	21

Partie pratique

Chapitre I : Matériel et méthode

I.1. Introduction.....	22
I.2. Analyses effectuées sur les eaux	22
I.2.1. Prélèvements des échantillons d'eau.....	22
I.2.2. Les paramètres physico-chimiques.....	22
I.2.3. Les paramètres de pollution	23
I.2.3.1. Le volume de boue après 30 minute de décantation appelé aussi V 30 (en ml/l).....	23
I.2.3.2. Les matières en suspension (MES).....	24
I.2.3.3. Demande chimique en oxygène (DCO).....	25
I.2.3.4. Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	26
I.2.3.5. Azote ammoniacal N-NH ₄	27
I.2.3.6. Azote nitreux (nitrites) N-NO ₂ ⁻	28
I.2.3.7. Phosphate totale PT (en mg /l).....	28
I.2.4. Analyse bactériologique.....	29
I.2.4.1 Prélèvements des échantillons d'eau.....	29
I.2.4.2. Recherche des coliformes	29
I.2.4.3. Recherche des streptocoques fécaux	30
I.2.4.4. Recherche des spores Anaérobies sulfite – réducteur.....	31
I.2.4.5. Recherche des salmonelles.....	32
I.2.5. Analyse par infrarouge.....	33
I.3. Essai de valorisation des eaux usées épurées en domaine d'irrigation.....	33
I.3.1. Préparation des échantillons de courgettes et de la salade.....	33

Sommaire

I.3.2. Analyse effectuées sur les feuilles et les fruits de courgette et salade	34
I.3.2.1. analyse par infrarouge	34
• Feuilles de la salade	34
• Fruits de courgette	35
I.3.2.2. analyse bactériologique sur la courgette et la salade	35
1.4. Conclusion.....	36

Chapitre II- Résultats et Discussions.

II.1.Introduction	37
II.2.1. Résultats et discussion des analyses effectuées sur les eaux.....	37
II .2.1. Les paramètres physico-chimiques.....	38
II.2.1.1. Le pH	38
II.2.1.2. La température.....	38
II.2.1.3. La conductivité	38
II.2.1.4. L'oxygène dissous.....	39
II.2.2. Les paramètres de pollution.....	39
II.2.2.1. Les matières en suspension (MES)	40
II.2.2.2. La demande biologique en oxygène (DBO ₅)	40
II.2.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO).....	41
II.2.2.4. Ammonium N-NH ₄	41
II.2.2.5. Nitrite N-NO ₂	41
II.2.2.6. Phosphate PO ₄ ⁻³	41
II.2.2.7. Phosphate totale PT(en mg /l).....	41

Sommaire

II.2.3. Les analyses bactériologiques.....	42
II.2.2. Analyse par infrarouge.....	43
II.3. Suivi des plants de courgette et de salade.....	44
• Culture courgette	44
• Culture salade.....	45
II.4. Effet de l'irrigation sur le rendement des cultures testées	46
• Culture courgette.....	46
• Culture de la salade	47
II.5. Résultats des analyses sur les cultures testées.....	48
II.5.1. Résultats et discussion des analyses bactériologiques.....	48
II.5.2. Spectroscopie Infrarouge	49
• Etude par IR du fruit de courgette.....	49
• Etude IR de feuilles de salade.....	50
• Comparaison entre les spectres	51
II.5.2. Conclusion.....	51

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé et son alimentation. Elle l'est également pour ses activités agricoles, industrielles et touristiques. Cependant, elle subit l'ensemble des pollutions de l'atmosphère et des pollutions déversées dans les cours d'eau [1].

Le déversement, dans un milieu récepteur (rivière, lac, cours d'eau, etc.) d'eaux usées provoque diverses réactions susceptibles de transformer l'équilibre écologique du milieu (pollution). Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de la vie.

Cette ressource qui s'accroît avec l'utilisation plus intense des ressources naturelles, constituera demain une richesse réelle si on apprend à l'utiliser et à mettre en œuvre à temps les mesures de sauvegarde qui s'impose [2].

A cet effet, l'épuration se fait, afin d'éliminer les plus gros débris organiques, minérales, et aussi à éliminer les pollutions résiduelles qui pourraient être gênantes en aval (germes pathogènes, azote, phosphore, etc.) [3].

Dans cette esprit (épuration) se présente une étude des eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales qui se veut simple et reste une introduction à un ensemble complexe de techniques diverses ; collecte et traitement qui se font dans des stations d'épurations spécialisées.

L'Algérie s'est engagée à améliorer les conditions d'évacuation, d'assainissement et de traitement des eaux usées urbaines. De ce fait le pays compte augmenter les capacités de traitement des stations d'épuration des eaux usées, dont l'office nationale d'assainissement (ONA) a mis en œuvre 153 STEP, à travers tout le pays. Son but est de collecter les eaux usées et de les traiter avant de les rejeter dans le milieu naturel [5].

En vue d'étudier les performances de la station d'épuration des eaux usées (STEP), et le pouvoir de réutilisation de ces eaux en agriculture, nous avons choisi d'élaborer notre thème de fin de cycle master, au sein de la station d'épuration de Souk El Tenine wilaya de Bejaïa.

L'approfondissement accordé au sujet traité nous a permis de répartir ceux-ci (mémoire fin d'étude) en deux parties:

- Une synthèse bibliographique qui porte sur des généralités sur les eaux usées, les procédés d'épuration et le but de traitement ;
- La deuxième partie du travail englobe dans le premier chapitre l'identification de la zone d'étude et la description de la station de traitement choisie. Le matériel et les méthodes d'analyses adoptées ainsi que la mise en place du protocole expérimental,

Introduction générale

sont résumés dans le deuxième chapitre. Cependant, le dernier est réservé à la présentation des résultats, leurs interprétations et une discussion.

Enfin et afin de parachever le succès de notre thématique, il y a eu lieu de finir avec une conclusion générale et de penser à de fiable et économique recommandations.

Partie théorique

I.1. Introduction

Les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, émanant essentiellement de l'activité humaine ayant divers origines. Leurs rejet peut avoir des conséquences néfastes pour l'environnement et le milieu récepteur et en fin pour l'homme (maladies hydrique; péril fécal ; et des maladies parasitaires) [6].

I.2. Généralités sur les eaux usées

I.2.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux qui parvenant dans les canalisations d'eaux usées dont les propriétés naturelles ont été transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe, aussi, les eaux de pluies qui s'écoulent dans ces canalisations [7].

I.2.2. Nature et origine des eaux usées

Suivant les divers substances polluantes que contiennent les eaux ; on distingue quatre (04) catégories d'eaux usées :

- **Eaux usées domestiques** : Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Ce sont essentiellement, les eaux de cuisine contenant des éléments minérales, des débris végétaux et animaux, des graisses et des détergents ; les eaux de salle de bain de buanderie riches en savons et des détergents en quantité substantielle et enfin les eaux de vannes composées en matières hydrocarbonées, Azote, phosphore et qui sont également la source de microorganismes [8].
- **Eaux usées industrielles** : ce sont toutes les eaux usées provenant de locaux utilisés à des fins commerciales ou industrielles [7].
Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leur composition est liée au type d'industrie implantée, dont la pollution est parfois très importante. Elle peut être organique, minérale ou toxique selon l'activité de l'industrie [6].
- **Eaux de ruissellement** : les eaux de ruissellement comprennent les eaux de pluie, les eaux de lavage et les eaux de drainage .Ces eaux sont polluées par les matières

qu'elles entraînent, en provenance des trottoirs et chaussées (mazout, bitume, etc.). Elles contiennent également les métaux lourds ; Zinc, Plomb et le Cuivre [4].

- **Eaux usées agricoles** : sont des eaux polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Elles sont très riches en matières azotées ou phosphatées qui proviennent de l'utilisation d'engrais organiques ou minéraux pour la fertilisation des terres [9].

I.2.3. Composition et constitution des eaux usées

Selon leurs origines, les eaux usées se caractérisent par une grande variabilité de débits, mais aussi de composition. Elles peuvent contenir en concentration variables :

- ✓ des matières en suspension plus au moins facilement décantables ou coagulables,
- ✓ des matières colloïdales ou émulsionnées: argiles, microorganismes, macromolécules hydrophobes (organique huiles, graisses hydrocarbures, etc.)
- ✓ des matières en solution de nature organique ou minérale, ou sous forme de gaz dissous,
- ✓ des microorganismes végétaux (algues, plancton,...) ou animaux (protozoaires, bactéries ...) [10].

I.2.4. Les différents types de pollution des eaux

I.2.4.1. La pollution chimique

La pollution est un phénomène néfaste pour la flore, la faune et l'homme. Elle est due essentiellement aux déversements de polluants de nature organiques, minérale ou métallique ; soit des nitrates, phosphates, détergents, produits phytosanitaires (dont les pesticides), solvants chlorés, les métaux (plomb, mercure, Zinc, etc.), les colorants (pigments), les produits minéraux et les agents bactériologiques [11].

I.2.4.2. La pollution physique

Elle s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variées dans l'eau qui lui confère 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) [12].

I.2.4.3. La pollution organique

La pollution organique constitue souvent la fraction la plus importante d'autant plus que dans son acceptation la plus large, cette forme de pollution peut être considérée comme résultats de diverses activités (urbaine, industrielles, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organique banales (protides, lipides, glucides), les détergents, les huiles et goudrons [13].

I.2.4.4. La pollution radioactive

La pollution radioactive libérées dans l'eau provenant de tirs d'armes nucléaires, de rejets autorisés et d'accidents liés aux utilisations civiles de la radioactivité dans les domaine de l'énergie, des transports, de la métrologie et de la santé [11].

I.2.4.5. La pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries...) ont une température de l'ordre de (70 à 80) °C et diminue jusqu'à (40 à 45 °C) lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène [14].

I.2.4.6. La pollution microbiologique

Parmi les polluants des eaux, on distingue les polluants biologiques représentés par les micro-organismes. Ces derniers comprennent par ordre croissant: les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. Ils proviennent dans leurs immenses majorités des matières fécales ; on distingue alors les flores entériques normales et pathogènes [15].

I.2.4.7. La pollution agricole

La pollution agricole est due à l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et des pesticides. Ces composés peuvent être lessivés lors de précipitation entraînés vers le milieu aquatique [7].

I.2.4.8. La pollution par les hydrocarbures (HC)

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, et en surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère [16].

I.2.5. Paramètres de mesure de la pollution

Les paramètres les plus importants pour qualifier une eau, sont: les paramètres physiques, les paramètres organoleptiques et les paramètres chimiques.

I.2.5.1. Les paramètres physiques

- **La température T:** La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. [17]
- **Le potentiel hydrogène (pH)** Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité ; à pH 7 une eau est dite neutre, à un pH inférieure à 7, une eau est dite acide et à un pH supérieure à 7, elle est dite basique Le pH joue un rôle important dans les traitements des eaux [18].

Le pH est en relation avec la concentration en ions hydrogène H^+ présents dans une eau. Sa mesure peut être réalisée par différentes méthodes [6].

- **Les matières en suspension MES** ce sont les matières qui ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles comportent les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau usée. Toutes les matières en suspension ne sont pas décantables, en particulier les colloïdes retenus par la filtration [19].
- **Turbidité** la turbidité caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle traduit la présence des matières en suspension (MES) [20].

I.2.5.2. Les paramètres chimiques

- **L'oxygène dissout**

L'oxygène dissout est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobose. La

solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique et la force du milieu [6].

- **La demande chimique en oxygène DCO** Il s'agit là de la quantité d'oxygène (en mg/l, g/l au autre) qui est nécessaire pour oxyder principalement les composés organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique présents dans l'eau [7].
- **La demande biochimique en oxygène DBO₅** la demande biochimique en oxygène d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes aérobies présents ou introduits dans un échantillon pour réaliser la dégradation des composés biodégradables présentes. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable. Elle est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation [8].

I.2.5.3. Les paramètres organoleptiques

- **La couleur** : la couleur des effluents peut être forte. Cette coloration due à la présence des matières organiques dissoutes ou des colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés [21].
- **Les odeurs** : les odeurs proviennent généralement des substances volatiles. Un changement anormal ou une apparition d'une odeur sont la caractéristique d'une dégradation de la qualité qui est souvent le précurseur d'une pollution [22].

I.2.6. Norme de rejet

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 [23].

I.2.6.1. Normes Algérienne de rejets :

Selon les normes Algériennes, les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau I.1.

Tableau .I.1. Normes de rejets en Algérie [23].

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5-8,5
MES	mg/l	35
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Température	°C	<30
Couleur	-	incolore
Odeur	-	inodore

I.3. Procédées de traitement des eaux usées**I.3.1. Définition de l'épuration**

L'épuration des eaux usées constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées, la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur. Il s'agit donc d'éviter une pollution de l'environnement et non de produire de l'eau potable. L'épuration fait circuler celles-ci à travers divers ouvrages dans lesquels elles subissent des pertes de charge [25].

I.3.2. Différents Procédés d'épuration des eaux usées :**I.3.2.1. Procédé à boues activées**

Le procédé à boues activées consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte); l'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène par (le brassage, l'injection d'air comprimé, voire même d'oxygène pur), a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies. Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues [17].

I.3.2.2. Le lagunage

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur. Le principe général consiste à créer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène [26].

I.3.2.3. le procédé des lits bactériens

Les lits bactériens contrairement aux stations de boues activées, conviennent également pour de très faibles volumes d'eaux résiduaires. Dans le lit bactérien, l'eau résiduaire ruisselle sur une masse filtrante formée de fragment, et perméable à l'air. Après une période de 2 à 4 semaines environ, il se forme une pellicule gélatineuse, le film biologique constituée essentiellement par des bactéries, champignons et de protozoaires. Les substances organique dissoutes et colloïdales de l'eau résiduaire sont adsorbées et dégradées par les organismes essentiellement par voie aérobie [27].

I.3.2.4. Filtration par le sol

Dans la filtration par le sol, les eaux résiduaires sont répandues sur la surface du terrain naturellement existant, et subissent une épuration biologique dans la couche supérieure du sol [27].

I.3.3. but de traitement des eaux usées

Le but de traitement des eaux usée est d'obtenir une eau non polluée (dite eau épurée) qui répond aux normes de rejets fixées par la législation et pouvant par suite être évacuées sans danger dans le milieu naturel [11].

Ces traitements vont diminuer suffisamment la quantité de substances polluantes contenues dans les eaux usées. Le "nettoyage" des eaux usées obéit donc à une logique de préservation des ressources en eau et de protection de l'environnement [28].

I.4. La réutilisation des eaux usée épurées

I. 4.1. Définition

On appelle réutilisation des eaux usée, l'usage immédiat des eaux de deuxième main rejetées par des usages précédents grâce à des actions volontaires accélérant ou raccourcissant le cycle naturel de l'eau. Les eaux épurées réutilisables sont donc essentiellement des eaux urbaines avec une proportion plus au moins grande de rejets industriels [2].

I.4.2. Différentes utilisations des eaux usées traitées

La récupération et la réutilisation de l'eau usée traitée, s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit et les besoins croissants en eau dans les pays hydro sensibles. Les principales utilisations des eaux usées traitées sont :

- Utilisations urbaines : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, fontaines, auxquelles on peut ajouter une utilisation périurbaine qui se développe (arrosage des golfs) ;
- Utilisation pour la lutte contre les incendies ;
- Utilisations industrielles : elles concernent les eaux de refroidissement ;
- Recharge des nappes, protection contre l'intrusion de biseau salé en bord de mer par recharge de nappes [17].
- Utilisation des eaux usées en agriculture : l'eau recyclée fournit la plus grande partie de l'eau d'irrigation. A l'heure actuelle, l'intérêt principal de la réutilisation des eaux usées en agriculture est de pallier aux déficits hydriques et d'augmenter les rendements de la production agricole par un apport adéquat d'eau d'irrigation.

Les conditions de REUT doivent être encadrées réglementairement afin de prévenir les risques sanitaires liés à cette pratique [29].

Donc pour une meilleure réutilisation en agriculture, l'eau traitée doit satisfaire certaines normes de réutilisation; qui sont données dans le tableau (I.3) par rapport aux respects des normes d'utilisation des eaux épurées.

Tableau .I.2 : Normes des eaux épurées destinées pour l'irrigation [30], [31].

Paramètre	Unité	Norme OMS	Norme JORA
Température	/	6,5 à 8,4	6,5 à 8,4
CE	us/ cm	<700 aucune restriction > 3000 forte restriction	3000
Oxygène dissous	mgO ₂ /l	>5	/
MES	mg/l	<30	30
DBO ₅	mg/l	<10	30
DCO	mgO ₂ /l	<40	90
N-NO ₃	mg/l	50	30
N-NO ₂	mg/l	<1	/
NH ⁺ ₄	mg/l	<2	/
PO ⁻³ ₄	mg/l	<0 ,94	/
Azote total	mg/l	<50	/
Phosphore	mg/l	< 02	/
Chlorure	mg/l		10
Coliformes fécaux	nombre de CFU/100mL	<100 CF/100ml	<250CF/100ml

I.5.Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de ce traitement, une étude critique des origines et caractéristiques des eaux usées s'impose pour enfin adopter une meilleure épuration et une réutilisation saine.

I.1 introduction

Une station d'épuration rassemble une succession de dispositifs, emprunté tour à tour par les eaux usées, chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux. Dans ce chapitre nous allons présenter la localisation ainsi que les données de base des stations de traitement des eaux usées de Souk El Tenine conçue pour traiter les eaux usées domestique de la daïra de souk el Tenine englobant les deux communes Souk El Tenine et Melbou

I.2. Historique de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Souk-El-Tenine

La STEP de la commune de Souk-El-Tenine située à 35 Km à l'Est de Béjaïa, est implantée dans une zone plus basse de la ville et à un niveau zéro d'altitude par rapport à la mer. L'acheminement des eaux usées vers la station et leur évacuation une fois traitées vers l'Oued Agrioun dans l'axe Kherrata Souk El Tenine et enfin vers la mer se fait en gravitaire. Sa réalisation et sa mise en service est assurées entre 2006 et 2013 par l'entreprise VATEC WABAG. Le suivi des travaux est assuré par la direction de l'hydraulique et son exploitation par l'ONA depuis Janvier 2014 à ce jour.



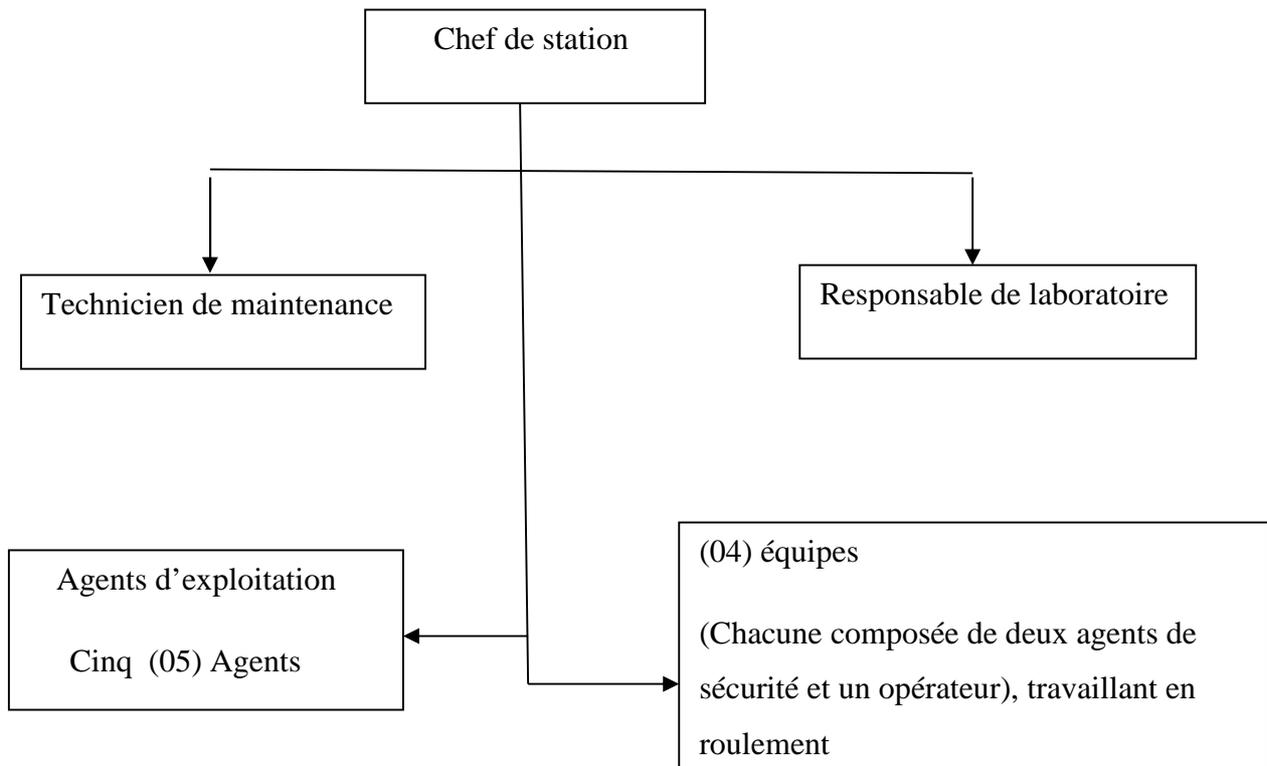
Figure I.1: Maquette de la STEP de Souk-El-Tenines.



Figure I.2 : Vue de la station d’épuration de Souk-El-Tenine (Google earth, 08/06/2019)

I.3. Les caractéristiques de la STEP de Souk El Tenine :

I.3.1. Organisme et potentiel humain



I.3.2. Les données de base

- Nature des eaux brutes : Domestiques, urbaines.
- Debit nominal journalier : 5 710 m³/jrs jusqu’à 2020.

- Equivalent habitant : 47 580 Eq /H (Equivalent habitant (EH) : Un équivalent habitant, correspond à la pollution quotidienne de l'eau que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 108 à 300 litres d'eaux par jour (définition voir annexe).

I.3.3. Caractéristiques des eaux usées épurées de la STEP

Tableau I.3 : Normes de rejets de la station de Souk El Tenine.

Paramètre	Données (sortie STEP)
MES	30 mg/l
DBO₅	20 mg/l
DCO	120 mg/l
Azote ammonium (NH₄-N)	3 - 5 mg/l
Azote nitrates (NO₃-N)	8 - 10 mg/l
Huiles et graisses végétales	20 mg/l
Coliformes totaux	< 20 000 par 100 ml
Coliformes fécaux	< 12 000 par 100 ml
Streptocoques fécaux	< 2 000 par 100 ml

I.4. Fonctionnement de la STEP

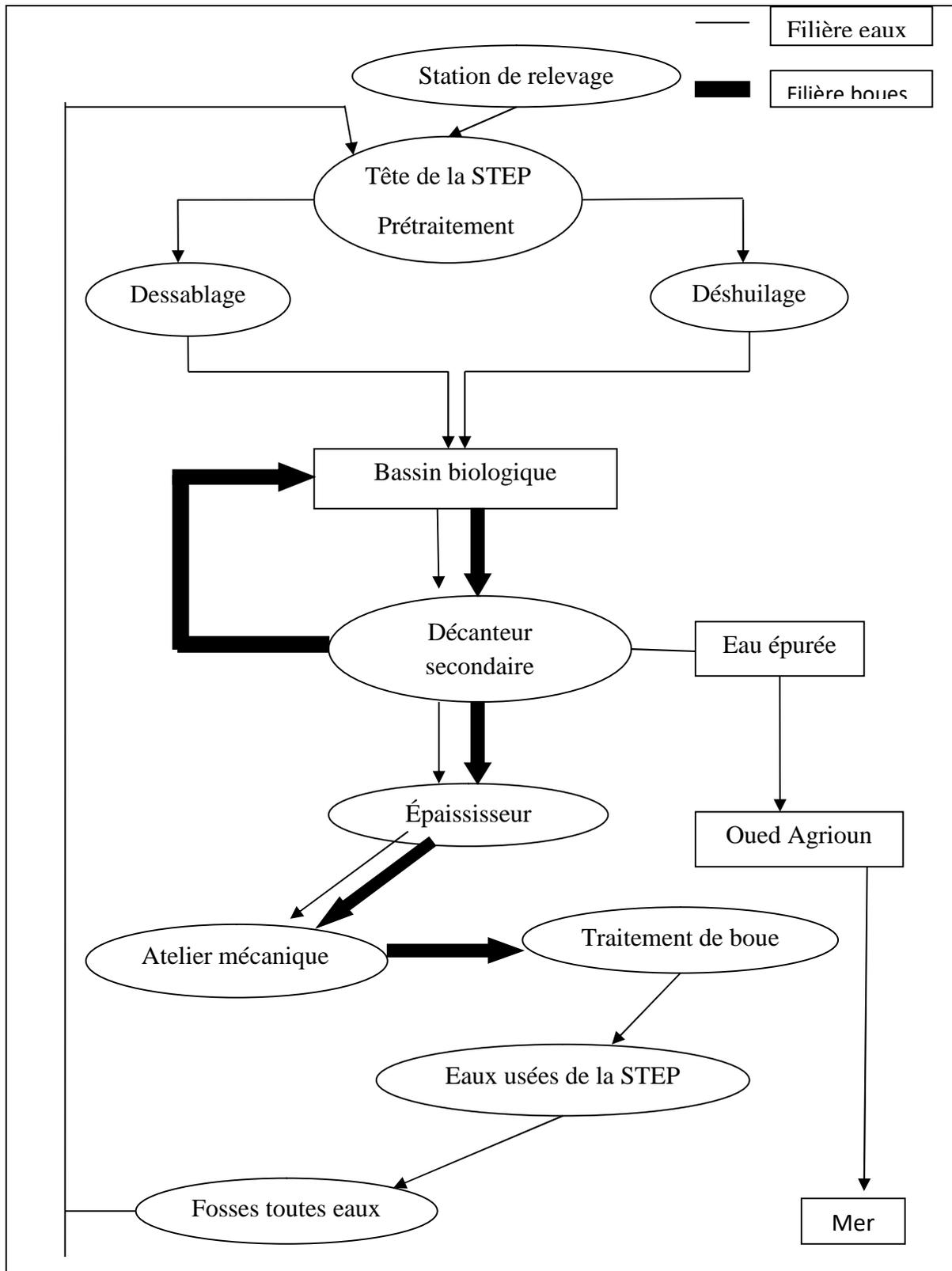


Figure I.3 : Schéma de fonctionnement de la STEP de Souk-El-Tenine.

I.5. Mécanisme de traitement de la station

La station d'épuration de Souk El Tenine est organisée selon les opérations suivantes :

I.5.1. Le prétraitement

Le prétraitement est une série d'opération qui a pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules entraînées et de retirer de l'effluent des matières susceptibles de gêner les traitements ultérieurs. Il est constitué des opérations suivantes :

I.5.1.1. Dégrillage :

Il s'agit de séparer des eaux brutes, les matières les plus volumineuses, à l'aide de deux grilles ; La grille automatique ramasse les déchets grossiers à l'aide d'une chaîne mécanique réglée depuis un automate de contrôle ; la grille manuelle est contrôlée par les agents d'exploitations qui ont pour mission de racler les déchets retenus par cette dernière à l'aide d'un râteau



Figure I.4 : Grille automatique. **Figure I.5:** Grille manuelle. **Figure I.6 :** Benne

I.5.1.2. Dessablage et déshuilage

Cette opération comprend deux (02) ponts mécaniques, conçus pour séparer les reçues de dérailleur de sable et des huiles, à l'aide de deux conduites d'aspiration, la première conduite est située presque à la surface afin d'aspirer les huiles, tandis que la deuxième placée au fond pour aspirer le sable. Les huiles et le sable recueillis, seront évacués vers un séparateur pour enfin, séparer le sable de l'eau vers un classificateur, évacué dans une benne agricole.



Figure I.7 : Pont déshuilage-dessablage.



Figure I.8: Classificateur

I.5.2. Bassin d'aération (bassin biologique)

Le bassin d'aération constitue le cœur de la station d'épuration biologique. Les eaux usées sont mises en contact avec la boue activée afin d'abattre la pollution carbonée et azotée ainsi qu'une partie de la pollution phosphorée. Les micro-organismes qui se trouvent dans le bassin vont dégrader la pollution organique biodégradable en priorité, en consommant une partie de la pollution azotée pour leur métabolisme. L'excès de pollution azotée est principalement transformé dans une première étape en azote ammoniacal (NH_4^+), appelée ammonification, et en nitrite, puis en nitrate dans une deuxième étape (nitrification).

Les bactéries nitrifiantes sont classées en deux catégories :

Les nitrosomonas qui oxydent l'ammoniac en nitrites



Les nitrobacters qui oxydent les nitrites en nitrates



Les principales étapes demandent un apport en oxygène optimisé. Suivant le besoin, une dernière étape dite de dénitrification permet de transformer les nitrates de l'étape précédente en azote gazeux. Cette étape se déroule en absence d'oxygène.



Le bassin biologique est commandé depuis la salle de contrôle qui travaille en deux modes différents :

- Mode automatique: les aérateurs sont allumés automatiquement une fois le taux d'oxygène indiqué est inférieur à la norme qui représente le nutriment de la bactérie, pour assurer une meilleur dégradation de la matière organique.

Eau + pollution organique + micro-organismes + oxygène \longrightarrow **micro-organismes en excès + CO₂ + H₂O**

- Mode manuel: il est utilisé en cas de dysfonctionnement de l'un des déferents appareillages (oxymètre, armoire de commande, agitateur, ...etc).



Figure I.9 : Bassin d'aération.



Figure I.10 : Oxymètre

I.5.3. Décanteur secondaire (clarificateur)

La STEP de Souk EL Tenine comporte deux (02) décanteurs secondaires (clarificateur) qui permettent la séparation du floc biologique et de l'eau épurée. L'eau épurée est évacuée par goulotte vers la sortie alors que les boues sont récupérées au fond de l'ouvrage vers le puis de boues dont une partie recyclées dans le bassin d'aération et une partie (boues en excès) envoyées au traitement des boues.



Figure I.11 : Le Décanteur.

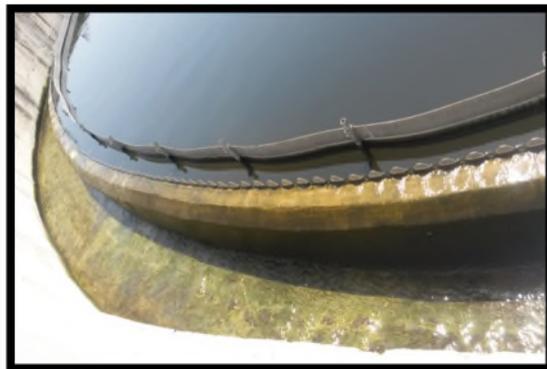


Figure I.12 : Goulotte d'évacuation de l'eau épurée.

I.5.4. Recirculation de boues

Le dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération de la boue biologique est récupéré dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) de micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration recherché, un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.



Figure I.13: Bassin de recirculation des boues

I.5.5. Epaisseur

Les boues en excès sont introduites par pompage et par l'intermédiaire d'une tuyauterie au centre de l'épaississeur. Les boues s'épaississent par l'action de la pesanteur et du mécanisme racleur. Les boues épaissies sont raclées vers l'installation de déshydratation mécanique en vue de leur déshydratation.



Figure I.14: Epaisseur

I.5.6. Déshydratation mécanique des boues

Le but de cette étape est de porter la siccité des boues à une valeur telle que leur transport soit facilité par réduction du volume. Le produit fini pourra ainsi être aisément utilisable en agriculture comme excellent amendement des sols, ou être versé en décharge publique. Les boues épaissies sont pompées vers un filtre à bande au moyen d'une pompe à rotor hélicoïdal.



Figure I.15 : Bloc de déshydratation des boues **Figure I.16** : Boues déshydratées

I.6. Le laboratoire d'analyse de la STEP de Souk El Tenine

Le laboratoire est le lieu le plus indispensable dans la station d'épuration de Souk El Tenine. Son rôle consiste à contrôler et à surveiller en permanence les eaux brutes et épurées, tout en se référant aux résultats quotidiens des analyses effectués, en vue de vérifier la fiabilité du traitement des eaux avant leur évacuation dans l'environnement.

I.6.1. Les analyses effectuées au laboratoire de la STEP

La station de traitement des eaux usées (STEP) de Souk El Tenine effectue des analyses journalières et d'autres hebdomadaires, et qui sont énumérées comme ci-dessous.

I.6.1.1. Paramètres physicochimiques : (suivi journalier)

- La Température T (en C°)
- Le potentiel hydrogène (pH)
- La conductivité en ($\mu\text{s}/\text{cm}$).
- L'oxygène dissous (mg/l)

I.6.1. Paramètres de pollution : (suivi hebdomadaire)

- V 30 (en mg/l)
- La demande biochimique en oxygène durant 05 jours DBO_5

- La demande chimique en oxygène DCO (en mg/l)
- Les matières en suspension) MES (en mg/l)
- Azote ammoniacal N-NH₄⁺(en mg/l)
- Azote nitrique (nitrite) N-NO₂⁻(en mg/l)
- Phosphate PO₄⁻³(en mg/l)
- Phosphate totale (en mg/l)

I.7.Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mettre en pratique l'aspect théorique; soit, de donner une description détaillée sur la station d'épuration de Souk El Tenine, les conditions de fonctionnement et les différents procédés de traitement des eaux usées de cette dernière , ainsi que l'ensemble des analyses effectuées au laboratoire de la STEP, afin de contrôler la qualité des eaux avant et après traitement .

Partie pratique

I.1. Introduction

Nous réservons ce chapitre à la présentation des équipements du laboratoire, des analyses effectuées, et des protocoles suivis au sein de la STEP de Souk El Tenine, pour effectuer une étude analytique des paramètres physico-chimiques de pollution des eaux usées brutes et épurées afin d'élaborer l'efficacité du traitement et déterminer son rendement.

I.2. Analyse effectuées sur les eaux

L'analyse des eaux usée consiste à la détermination des paramètres physico-chimiques tels que la température, le pH, la conductivité et l'oxygène dissout et les paramètres de pollution tels que la DCO, la DBO5, les MES, l'azote $N-NO_2^-$, le phosphore total (PT), le phosphore combiné (PO_3^-) et l'azote ammoniacal ($N-NH_4^+$).

I.2.1. Prélèvements des échantillons

Dans la STEP de Souk El Tenine, l'échantillonnage des effluents liquides s'effectuent automatiquement et en continu à l'aide d'un dispositif automatique de prélèvement de 24h. Les échantillons sont prélevés au niveau de deux (2) points l'entrée et sortie de la STEP.



Figure I.1: Echantillonneur de la STEP de Souk el Tenine.

I.2.2. Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physiques mesurés au niveau de la STEP sont :

- pH potentiel hydrique : le pH est la mesure de la concentration en ion hydrogène H^+ .
- Conductivité : est une mesure de la capacité à conduire le courant électrique (définition voir annexe).

- Température T (en °C)
- Oxygène dissout

Afin de mesurer ces paramètres nous avons employés des mesures directes, et moyennement des instruments appropriés.

Remarque :

La mesure de la température est intégrée dans les trois instruments.



Figure I.2 : Equipements de paillasse de mesure de paramètres physiques.

Mode opératoire

- rincer l'électrode de l'instrument avec de l'eau distillée ;
- plonger l'électrode dans l'eau à analyser ;
- effectuer la lecture après stabilisation

I.2.3. Les paramètres de pollution**I.2.3.1. Le volume de boue après 30 minute de décantation appelé aussi V 30(en ml/l).**

Le V30 représente une mesure de la qualité de sédimentation ou décantation de la boue biologique.

- Prélever 1000 ml de boues liquide du bassin biologique dans un flacon ;
- Mélanger bien l'échantillon puis remplir le Conne Imhof de 1000 ml ;
- laisser décanter pendant 30 min ;
- enregistrer le volume de boue décantée dans la Conne Imhof (ml/l).

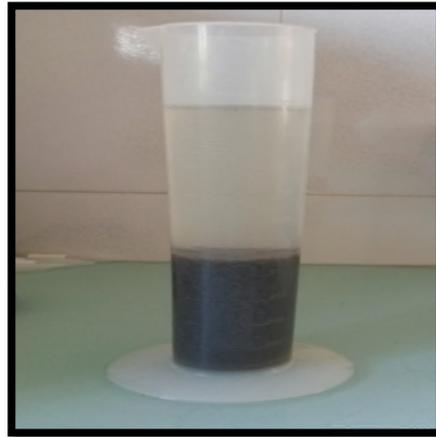


Figure I.3: Conne pour la mesure du V30.

I.2.3.2. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) exprimées en mg par litre. Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à $1\mu\text{m}$ contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques et décantent spontanément.

La détermination de la matière en suspension effectuée par la méthode de filtration



Figure I.4: Equipement de filtration
sous vide

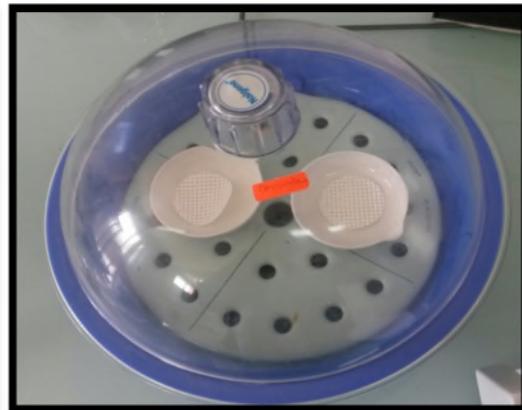


Figure I.5: Dessiccateur.

Mode opératoire

- Sécher les papiers filtres, puis les mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement et l'élimination de l'humidité ;
- Peser les filtres sur la balance jusqu'à l'obtention d'un poids stable ;
- Placer le filtre dans l'appareil de filtration ;
- Mettre en marche la pompe à vide ;

- Agiter l'échantillon, puis verser progressivement sur les filtres un volume de 100 ml pour les eaux épurées et 20 ml pour les eaux brutes ;
- Laisser les échantillons se filtrer pour enfin retenir la matière en suspension ;
- recommencer les opérations de séchage, de refroidissement et de pesée, pour obtenir la différence entre deux pesées (avant et après filtration)

Le calcul des MES se fait par la formule suivante :

$$MES = \frac{(P_1 - P_0)}{V} \times 10^6$$

MES = Concentration en matières en suspension (en mg/l) ;

P₀ = Masse du papier filtre avant l'utilisation (en mg) ;

P₁ = Masse du papier filtre après l'utilisation (en mg)

V = Volume d'eau utilisée (en ml)



Figure I.6: Etuve.



Figure I.7: Balance de précision.

I.2.3.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'oxygène par litre représente la demande chimique en oxygène que les microorganismes ont besoin pour pouvoir dégrader la matière organique biodégradable ou non biodégradable.

Mode opératoire

- Mélanger les eaux prélevées pour avoir une solution homogène ;
- Ouvrir une cuve ronde de réactif DCO contenant l'acide sulfurique (80% à 98%), la tenir inclinée ;
- Prélever avec une pipette de 2 ml l'échantillon et avec précaution, puis rajouter le réactif DCO ;
- Fermer la cuve, et nettoyer l'extérieur de celle-ci ;
- Placer la cuve dans le réacteur DCO (bloc chauffant) pendant 2h à 148 °C;
- sortir la cuve et laisser refroidir à température ambiante
- nettoyer l'extérieur et mesurer l'absorbance avec un photomètre (type NANOCOLORE D 500).

**Figure I.8:**Réacteur DCO.**Figure I.9:** Photomètre de type
NANOCOLOR®.**I.2.3.4. Demande biochimique en oxygène(DBO5)**

La demande biochimique en oxygène durant 5 jours ou DBO_5 c'est la demande en oxygène pour pouvoir dégrader la matière organique biodégradable, exprimée en mg d'oxygène par litre. Elle est mesurée par la consommation d'oxygène à 20 °C, à l'obscurité et pendant cinq jours d'incubation, d'un échantillon préalablementensemencé. La détermination de la demande en oxygène DBO_5 se fait par une méthode instrumentale à savoir OxiTopIS12.

Mode opératoire

- Rincer le flacon porte échantillon avec l'eau distillée ;
- Verser une quantité d'eau épurée dans une fiole jaugée de 432 ml, et une quantité de d'eau brute dans une fiole jaugée de 164 ml ;
- Mettre un barreau magnétique dans chaque flacon ;
- déposer deux pastilles d'hydroxyde de sodium NaOH dans le godet en caoutchouc ;
- Visser l'OxiTop® directement sur le flacon, pour démarrer la mesure,
- Appuyer sur les boutons (S) et (M) simultanément pendant 2 secondes jusqu'à l'apparition de (00) pour indiquer que toutes les valeurs enregistrées auparavant ont été effacées ;
- Mettre le flacon dans l'incubateur réglé à une température de 20 °C pendant 5 jours.
- La lecture de la valeur en cours se fait en appuyant sur le bouton (S). La valeur de la DBO₅ en (mg/l) est la valeur lue directement sur l'écran digital de l'OxiTop® multipliée par le facteur donné dans le tableau ci-dessus, selon la relation :

$$\text{Valeur lue} * \text{Facteur} = \text{DBO}_5(\text{en mg /l})$$

Tableau I.3: Intervalles de mesure de la DBO₅.

Volume de la prise d'essai en (ml)	Intervalle de mesure (mg/l)	Facteur DBO₅
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	08-00	20
43,7	0-2000	50
22,5	0-4000	100



Figure I.10: Dispositif de mesure de la DBO₅.

I.2.3.5. Analyse de l'azote ammoniacal N-NH₄

Mode opératoire

- Ouvrir une cuve ronde du réactif (hypochlorite+ salicylate) ;
- Ajouter 0,2 ml de l'échantillon à analyser ;
- Ajoute 1 NANOFIX ammoniumR2;
- Agiter et laisser reposer pendant 15 min ;
- Mesurer à l'aide d'un spectrophotomètre NANOCOLOR®.

I.2.3.6. Azote nitreux (nitrites) N-NO₂⁻

Le dosage des nitrites se fait par la détermination photométrique à l'aide de l'acide sulfanilamide et de la N-(1-naphtyl)-éthylène-diamine.

Mode opératoire

- Ouvrir une cuve ronde ;
- Ajouter 4 ml de l'échantillon à analyser et 0,2 ml de R2;
- Mélanger et laisser reposer 10 min ;
- Nettoyer bien la cuve à l'extérieur et mesurer à l'aide du spectrophotomètre NANOCOLOR®.

I.2.3.7. Phosphate totale PT (en mg /l).

Détermination photométrique en tant que bleu de molybdène après hydrolyse acide et oxydation à 100-120°C.

- Ouvrir une cuve ronde ;
- Ajouter 0,5 ml de l'échantillon à analyse et 1 NANOFIX phosphate R2;
- Fermer la cuve à fond et mélanger ;
- Placer la cuve dans le bloc chauffant à une température $T^{\circ}=120^{\circ}\text{C}$ pendant 30 min ;
- Sortir la cuve du bloc chauffant et laisser refroidir à une température ambiante ;
- Ajouter 1NANOFIX phosphate R3 et 0,2 ml de phosphate R4;
- Mélanger et nettoyer la cuve à l'extérieur et laisser reposer 10 min ;
- Mesurer par le spectrophotomètre NANOCOLOR®;

I.2.4. Analyse bactériologique

L'analyse bactériologique consiste en la recherche des germes suivant : coliformes, streptocoque fécaux, anaérobie sulfito-réducteurs et salmonelles.

I.2.4.1 Prélèvements des échantillons d'eau

Les échantillons d'eaux sont prélevés dans des bouteilles en verre préalablement stérilisées à l'autoclave, placés dans la glacière ensuite acheminés vers le laboratoire au niveau de la direction de la santé et de la population de Bejaia pour subir les analyses bactériologiques.



Figure I.11: Bouteilles en verre stérilisées.

I.2.4.2. Recherche des coliformes**a) Principe**

Utiliser deux milieux sélectifs pour cette recherche

- Un milieu de présomption : le bouillon lactose au pourpre de bromocrécol (BCPL). les tubes sont munis des cloches de durham pour déceler le dégagement de gaz.
- Milieu de confirmation : le milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham

b) Technique

- **Test présomptif**
- 03 tubes de BCPL à double concentration munis d'une cloche de durham sont ensemencés avec 10 ml d'eau à analyser
- 03 BCPL à simple concentration munis d'une cloche de durham sont ensemencés avec 1 ml d'eau à analyser
- 03 BCPL à simple concentration munis d'une cloche de durham sont ensemencés avec 0,1 ml d'eau à analyser.
 - ✓ Tous les tubes seront incubés à 37 °C pendant 48 h

c) Lecture

La récolte du gaz dans les cloches avec le virage de l'indicateur violet au jaune du à l'acidification de milieu et cela traduit la présence des coliformes totaux.

- **Test confirmatif**

A partir des tubes positifs, on prélève quelque goutte pour ensemencher sur le milieu Schubert muni d'une cloche de durham, et on incube à 44°C pendant 24h.

La lecture

La récolte de gaz et l'apparition d'un anneau rouge après addition de 02 à 03 gouttes du réactif de Kovacs traduit la présence des coliformes fécaux.



Figure I.12 : Milieu lactoses(BCPL)

Figure I.13 : Etuve bactériologique

I.2.4.3. Recherche des streptocoques fécaux

a) Principe

La recherche des streptocoques fécaux repose sur l'utilisation de deux milieux :

- Un milieu présomptif : le milieu Rothe qui contient d'azothydrate de sodium.
- Milieu confirmatif : le milieu EVA litsky qui contient d'azothydrate de sodium et d'éthyle violet.

b) Technique :

- **Test présomptif**
 - 03 tubes de Rothe (D/C) ensemencés avec 10 ml d'eau à analyser.
 - 03 tubes de Rothe (S/C) ensemencés avec 1 ml d'eau à analyser
 - 03 tubes de Rothe (S/C) ensemencés avec 0,1 ml d'eau à analyser
- On incube 37°C à pendant 48 heures.

c) Lecture

Le tube présentant un trouble avec dépôt est considérés positif.

- **Test confirmatif**

A partir de chaque tube positif, on prélève 1 ml et on repique sur le milieu EVA litsky, puis on incube à 37 °C pendant 24 h.



Figure I.14 : Milieu Rothe

I.2.4.4. Recherche des spores Anaérobies sulfito – réducteur

a) Principe

La recherche des spores anaérobies sulfite réducteur se fait sur le milieu viande-foie additionnés de deux additifs (sulfite de sodium et l'alun de fer).

b) Technique

On prend 10 ml d'eau à analyser dans un tube à essai et on exerce un chauffage à 80 °C pendant 10 min dans un bain marie, puis refroidissement rapide du tube (choc thermique), on verse 15 ml de gélose viande foie (VF) additionnée de sulfite de sodium et de l'alun de fer. Il faut veiller à ne pas emprisonner des bulles d'air pendant la multiplication et la lecture se fait après 48 h à 37 °C d'incubation.

c) Lecture

Le développement des colonies noires traduit la présence des spores anaérobies sulfite-réducteur.



Figure I.15 Gélose viande foie(VF)

I.2.4.5. Recherche des salmonelles

a) Principe

On procède comme suit :

- Enrichissement sur un milieu inhibiteur de croissance aux entérobactéries.
- Isolement après ensemencement sur un milieu sélectif solide.
- Identification éventuelle à l'aide des tests biochimiques et /ou sérologique.

b) Technique

- Enrichissement sur un milieu SFB: on ensemence 50 ml de bouillon SFB (D/C) avec 50 ml d'eau, puis on incube à 37°C pendant 24h.
- Isolement sur milieu Hektoen: on prélève une goutte de bouillon SFB de la partie inférieure de tube et on pratique un isolement par strie sur la gélose Hektoen, et on incube la boîte à 37 °C pendant 24h.

c) Lecture

L'apparition de colonies vertes avec un centre noir traduit la présence des salmonelles (suivie de test biochimique et confirmation sérologique)

I.2.5. Analyse par infrarouge

La spectroscopie infrarouge est un moyen de diagnostic permettant de déterminer la nature des liaisons chimiques présentes dans une molécule.

Mode opératoire

- Prélever l'eau à analyser à l'aide de l'échantillonneur ;
- Analyser par l'appareil infrarouge Agilent Technologies CARY 630 FTIR ;



Figure I.16: Agilent Technologies CARY 630 FTIR.

I. 3. Essai de valorisation des eaux usées épurées en domaine d'irrigation

Pour la valorisation des eaux usées dans le domaine de l'agriculture, on a effectué des essais qui consistent à déterminer l'effet de l'eau usée épurée sur la germination des graines des légumineuses soient courgette ou salade.

En effet le choix de ces deux types de graine est basé sur la rapidité de leur germination.

I.3.1. Préparation des échantillons de courgettes et de salade

- Semer les graines de courgettes et de la salade dans des boîtes contenant de la terre ;
- Irriguée avec les eaux de forage jusqu'à leurs germination ;



Figure I.17: Les tiges de courgette.



Figure I.18: Les tiges de la salade.

- Après dix (10) jours de germination déplacer les plants (tiges de courgette et de la salade) sur une parcelle déjà préparée. Diviser nos plants en 3 catégories (plantes irriguées par les eaux épurées, plantes irriguées par les eaux brutes et plantes irriguées par les eaux de forage).

Les 3 catégories espacées les unes des autres par une distance pour éviter tout échange d'eau.



Figure I.19: Plantes de courgette



Figure I.20 : Plantes de salade

I.3.2. Analyse effectuées sur les feuilles et les fruits de courgette et de salade

I.3.2.1. Analyse par infrarouge

- **Feuilles de la salade**

Mode opératoire

- Prendre respectivement trois feuilles de chaque échantillons (plante irriguée par les eaux épurées, plante irriguée par les eaux brutes et plante irriguée par les eaux de forage) ;
- Couper les feuilles de chaque échantillon en petit morceaux et les mettre dans des creusets ;
- Sécher à l'étuve pendant 24h à une température de 105° ;
- Broyer finement les échantillons ;
- Passer les échantillons préparés à l'appareil infrarouge Agilent Technologies CARY – 630 FTIR.

- **Fruits de courgette**

Mode opératoire

- Prendre le fruit de courgette de chaque échantillon séparer la pelure et le fruit ;
- Sécher les échantillons (fruit) à 105°C pendant 24h ;

- Broyer jusqu'à l'obtention d'une poudre fine ;
- Passer les échantillons préparés sur l'appareil infrarouge Agilent Technologies CARY –630 FTIR et lire les résultats à l'aide du logiciel ((PANORAMA).

I.3.2.2. Analyse bactériologique sur la courgette et la salade

Préparation des échantillons

- Stériliser tous le matériel avant l'analyse pour éviter toutes contaminations accidentelles
- Pèsent 10 g du pois frais de l'échantillon (courgette et salade) dans un bécher ;
- Ajouter 90 ml d'eau physiologique ;
- Broyer bien l'échantillon afin de libérer le maximum de microorganisme ;
- Mettre l'échantillon obtenu dans un flacon boucher bien le flacon.
- Commencer le même mode opératoire utilisé pour les eaux pour chaque recherche (I.2.4. Analyse bactériologique).

La manipulation se fait sous la hotte à flux laminaire horizontale avant la manipulation il faut nettoyer la hotte à l'alcool et aussi nettoyer les mains.



Figure I.21 : hotte à flux laminaire

I.4. Conclusion

Ce chapitre nous a permis d'effectuer les différents protocoles d'analyses ; des eaux épurées brute ainsi que le fruit obtenu ; pour mettre la théorie en pratique et surtout réaliser à quel point, il est important de faire un échantillonnage précis, pour une meilleure quantification des différents micropolluants et polluants; présents dans les effluents des stations de traitements des eaux usées urbaines, afin de pouvoir les réutiliser en agriculture.

II.1. Introduction

La composition physique et chimique d'une eau usée est un aspect très important dans la détermination des possibilités de son utilisation pour l'irrigation et d'autres usages. Dans ce dernier chapitre, nous présenterons les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques, et biologiques des eaux usées utilisées pour l'irrigation des plants de courgette et de la salade, que nous avons effectuées pendant notre période de stage d'une durée de trois (03) mois, ainsi que des analyses obtenues des fruits de courgette et feuilles de la salade suivi d'une interprétation.

II .2. Résultats et discussion des analyses effectuées sur les eaux

II.2.1. Les paramètres physico-chimiques

Nous représentons dans les tableaux ci-dessous les résultats des paramètres physico chimiques de pH, de la température, de conductivité et d'oxygène dissout des eaux brutes et épurées.

Tableau II.1 : Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux brutes

Paramètre	Unité	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne de résultats
pH	/	7,21	7,29	7 ,28
T	°C	10,2	20,6	15,20
Conductivité	µs/cm	1072	1702	1467
O₂	Mg /L	0,01	0,04	0,03

Tableau II.2 : Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux épurées

Paramètre	Unité	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne des résultats	Normes de rejet	Normes réutilisation
pH	/	7,29	7,63	7,37	6 ,5-8,5	6 ,5-8,5
T	°C	10,6	21,5	15,83	<30	<30
Conductivité	µs/cm	927	1526	1319	/	<3000
O₂	Mg /L	0,07	0,18	0,11	/	>5

II.2.1.1. Le pH

Les valeurs de pH des eaux usées de la STEP de Souk El Tenine avant traitement sont comprises entre 7,21 et 7,29 avec une moyenne de 7,28 pour les eaux traitées, ces valeurs (pH) sont légèrement inférieure à celles des eaux brutes qui sont compris entre 7,29 et 7,63 et une moyenne de 7,37. Nous constatons que les valeurs du pH sont plutôt alcalines et conformes aux normes de rejets et de réutilisations en agriculture; soit un pH d'un intervalle de 6,5 à 8,5. Ces valeurs favorisent la prolifération des micro-organismes, car l'optimum de développement de ces dernières se situe entre 5,5 et 7,5.

II.2.1.2. La température

D'après les résultats obtenus, les valeurs de la température se situent dans un intervalle qui va de 10,2 à 20,6 °C à l'entrée avec une moyenne de 15,20 °C, et entre 10,6 à 21,5 °C d'une moyenne 15,83 °C pour les eaux épurées, les températures de l'eau traitée sont toujours légèrement supérieures à celle de l'eau brutes et répondent aux normes de rejet et de réutilisation. Ce facteur (température) régit la majorité des réactions physico- chimique, biologique et intensifie les odeurs et les saveurs.

II.2.1.3. La conductivité

La conductivité est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. Elle permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution. [18]. Les valeurs de la conductivité électrique de la STEP de SET, se situent dans un intervalle allant de 1072 à 1702 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à l'entre avec une moyenne 1467 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et de 927 à 1526 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à la sortie d'une moyenne 1913 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Ces valeurs sont conformes aux normes de réutilisation des eaux usées épurées. Donc nous pouvons dire que les eaux épurées de la STEP ont une bonne conductivité électrique

II.2.1.4. L'oxygène dissout

Pour l'oxygène dissout, les valeurs obtenues montrent une fluctuation allant de 0,01 à 0,04 mg/l avec une moyenne de 0,03 mg/l pour les eaux brutes et de 0,07 à 0,18 mg/l d'une moyenne 0,11 mg/l pour les eaux traitées. Nous constatons une augmentation remarquable d'oxygène dans les eaux épurées due à l'enrichissement de l'eau par l'oxygène dans le bassin d'aération pour favoriser la dégradation de la matière organique par les microorganismes aérobie.

II.2.2. Les paramètres de pollution

Tableau II.3 : Résultats des paramètres de pollution des eaux brutes

Paramètre	unité	Valeur minimal	Valeur maximal	Moyenne des résultats
MES	mg/l	80	260	352,25
DBO ₅	mg/l	100	200	146,67
DCO	mg/l	139	340	210,88
N-NH ₄	mg/l	22	40	29,6
N-NO ₂	mg/l	0,076	0,12	0,095
PO ₄ ⁻³	mg/l	7,2	11,5	9,57
PT	mg/l	2,10	4,3	3,17

Tableau II.4 : Résultats des paramètres de pollution des eaux épurées

Paramètre	unité	Valeur minimal	Valeur maximal	Moyenne des résultats	Norma de rejet	Norme de réutilisation
MES	mg/l	04	10	6,88	<30	<30
DBO ₅	mg/l	7	9	8,33	<20	<30
DCO	mg/l	09	28	18,34	<120	<90
N-NH ₄	mg/l	0	1	0,2	3-5	/
N-NO ₂	mg/l	0,019	0,155	0,05	<1	/
PO ₄ ⁻³	mg/l	1,57	14,5	7,03	/	<2
PT	mg/l	1,57	5,2	2,87	/	<50

Remarque : la moyenne des résultats et calcule pour tout les essais effectués pendant la période de stage.

II.2.2.1. Les matières en suspension (MES)

Concernant les matières en suspension elles varient selon les saisons et affecte les transparences des eaux usées. Elles donnent à l'eau un mauvais goût et une mauvaise odeur. [15]. A partir de nos résultats Nous avons noté des valeurs de 80 mg/l et 260 mg/l pour les eaux brutes. Ces valeurs sont en fonction de la nature du rejet. En ce qui concerne les eaux épurées, la valeur des MES varie ente 4 et 10 mg/l, ces faibles valeurs sont dues à une bonne décantation des matières en suspension. Cette valeur reste inférieure à la norme du rejet et à la norme de réutilisation (30mg/l). Cela nous permet de dire que les MES n'affecte pas les eaux d'irrigation.

II.2.2.2. La demande biologique en oxygène (DBO₅)

Les valeurs de la DBO₅ des eaux usées varient entre 100 et 200 mg/l pour l'effluent brut. Par contre pour les eaux épurées, les valeurs enregistrées de la DBO₅ sont largement inférieures à celle de l'eau brute. Elles varient entre 7 à 9 mg/l. En comparant entre les valeurs de DBO₅ des eaux brutes et celles traitées nous remarquons une bonne élimination de cette pollution organique.

II.2.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

D'après les résultats obtenus, les valeurs de la DCO des eaux usées varient entre 139 et 340 mg/l pour l'effluent brut. Par contre pour les eaux épurées, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inferieure à celle de l'eau brute, elles varient entre 09 à 28 mg/l. Par ailleurs, les valeurs de DCO obtenues à la sortie de la STEP, obéit aux normes de rejet (120 mg/l). Ceci montre l'efficacité de traitement secondaire de la station dans l'élimination de cette pollution chimique.

II.2.2.4. Ammonium N-NH₄

D'après les résultats obtenus la concentration de l'azote ammoniacal, varie entre 22 à 40 mg/l à l'entrée, et entre 0 à 1 mg/l à la sortie de la STEP. Malgré l'absence de la norme de N-NH₄, on remarque que les eaux d'entrées ont des concentrations appréciable en N-NH₄ par

contre les teneurs en azote ammoniacal à la sortie sont très faibles et sont inférieures aux normes de rejets.

II.2.2.5. Nitrite N-NO₂

La différence des valeurs de nitrite N-NO₂ entre les eaux brutes et les eaux épurées nous renseignent sur une légère variation, dont les valeurs se situent entre 0,067 et 0,12 mg/l à l'entrée de la STEP. Ceci est en fonction de la qualité d'eau usée. Les résultats des eaux traitées obtenues en nitrites sont très faibles et les valeurs oscillent entre 0,019 et 0,155 mg/l. Ce qui signifie l'efficacité de traitement biologique dans les bassins.

II.2.2.6. Phosphate PO₄³⁻

Selon nos résultats, la teneur en phosphate se situe entre 7,2 à 11,5 mg/l pour les eaux brutes et entre 1,57 à 14,5mg/l pour les eaux épurée. Les valeurs des PO₄³⁻ dépassent le seuil des eaux destinées a la l'irrigation qui est de 2 mg/l

II.2.2.7. Phosphate totale PT(en mg /l)

Les teneures en phosphate total varient de 2,10 à 4,3 mg/l au niveau des eaux brutes et 1,57 à 5,2 mg/l pour les eaux épurées. Les résultats montrent une petite différence, ce qui signifie que l'élimination des ortho phosphate n'était pas satisfaisant. Les résultats des eaux traitées montrent que les valeurs de ce paramètre sont respectables à la norme de réutilisation.

II.2.3.Les analyses bactériologiques

Tableau II.5 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux

Bactéries Echantillon	Coliformes	Streptocoque fécaux	Salmonelles	Anaérobies solfito- réducteur	Observation
Eau de forage	+	-	-	-	Bonne qualité bactériologique
Eau épurée	+	+	-	+	Mauvaise qualité bactériologique

Eau brute	+	+	-	+	Mauvaise qualité bactériologique
-----------	---	---	---	---	----------------------------------

(+) = présence des bactéries

(-) = absence de bactéries

Les résultats obtenus de l'évolution de la pollution bactériologique montrent une pollution importante traduite par la présence des coliformes des streptocoques fécaux et des anaérobies solfite-réducteur et les salmonelles n'ont pas été décelés dans les eaux épurées et brute. Ces résultats sont expliqués par la présence d'une contamination provenant principalement des déchets fécaux domestique et les effluents d'élevage. Les résultats aussi montre que la charge bactérienne des eaux usées reçues et émises pas la station de Souk el Tenine est sensiblement la même pour les eaux brutes et épurées.

II.2.2. Analyse par infrarouge

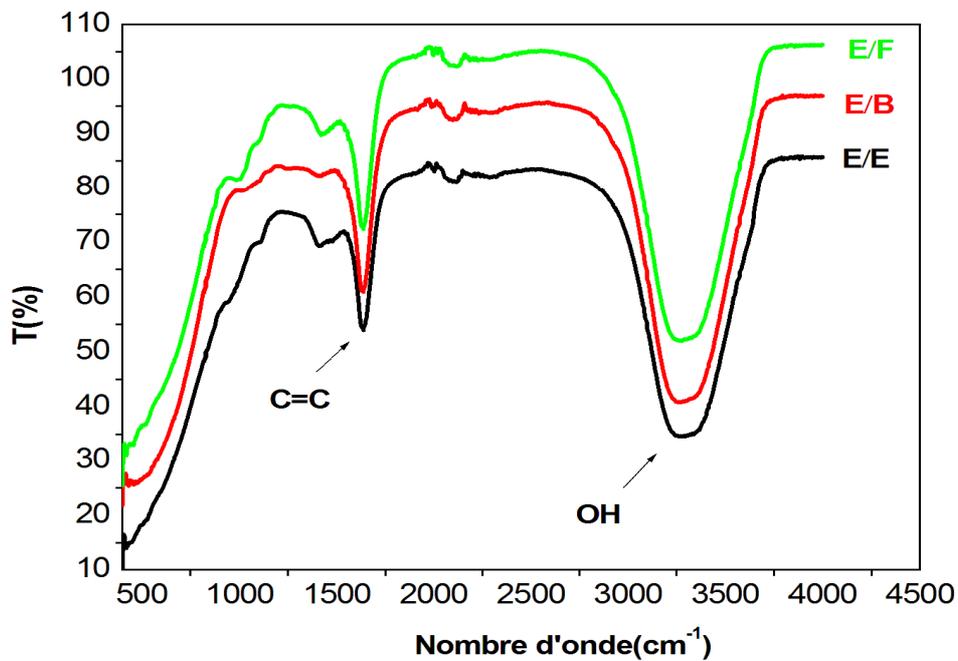


Figure II.1 : Spectres infrarouge des eaux : épurées, brutes et de forages

La figure II.1 présente les spectres des échantillons analysés concernant les eaux de forage, brutes et épurées :

Les trois (03) spectres (des eaux de forage, eaux brutes et eaux épurées) présentent les mêmes bandes avec une légère différence d'intensité celui des eaux épurées est plus intense que celui des eaux brutes, et celui des eaux de forage a une intensité inférieure aux autres spectres. Les bandes représentées dans ces spectres sont : un pic fine au voisinage de 1600 cm^{-1} attribuable à la présence d'une liaison C=C et une bande large entre 300 et 3500 cm^{-1} attribuable à la présence d'une fonction alcool ou phénol.

II.3. Suivi des plants de courgette et de salade

- Culture courgette

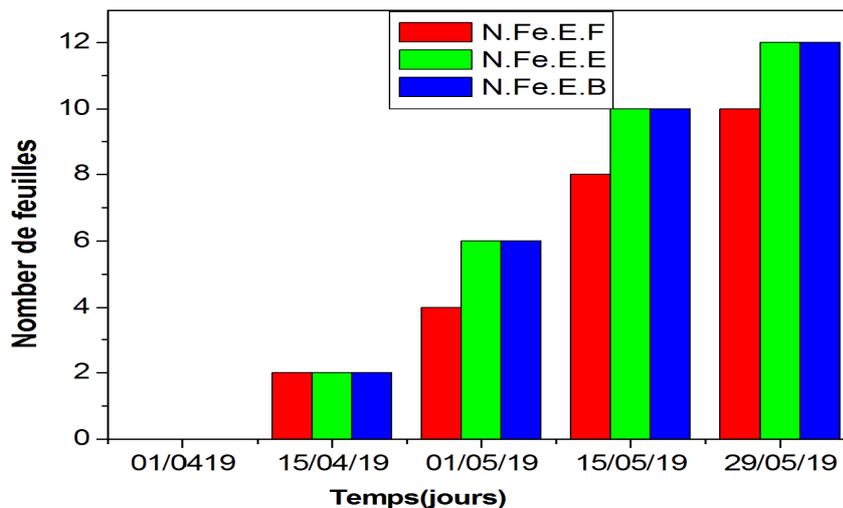


Figure II.2 : Evolution du nombre de feuilles de la courgette

D'après les observations illustrées dans la figure II.2 nous remarquons que ; en ce qui concerne la première et la deuxième semaine après la plantation des plantes le nombre de feuilles des plantes irrigués par les trois (03) types d'eaux est le même, mais à partir de la troisième semaine jusqu'à la formation du premier fruit après deux (02) mois le nombre de feuilles des plants irrigués par les eaux épurées et brute est supérieur à celle irrigués par les eaux de robinet, due à la richesse de ces eaux (brutes et épurée) en éléments nutritive comme

le phosphore et l'azote, Mais aussi elle peut poser des problèmes de développement végétatif excessif, en retardant la maturité ou en réduisant la qualité des cultures irriguées. La couleur des feuilles et la qualité du fruit est de mauvaise qualité dans le cas des plants irrigués par les eaux brutes toutefois le rendement est appréciable par rapport à ceux irrigués par les eaux épurées et de forage. Ces observations peuvent être visualisées dans la figure II 3 ci-dessous. En outre on remarque que:

- la première ligne des plants correspond à la courgette irriguée par les eaux de forage.
- la deuxième ligne des plants correspond à la courgette irriguée par les eaux épurées.
- la troisième ligne des plants correspond à la courgette irriguée par les eaux de forage



Figure II.3 : plants de courgette après formation de fruits

- **culture salade**

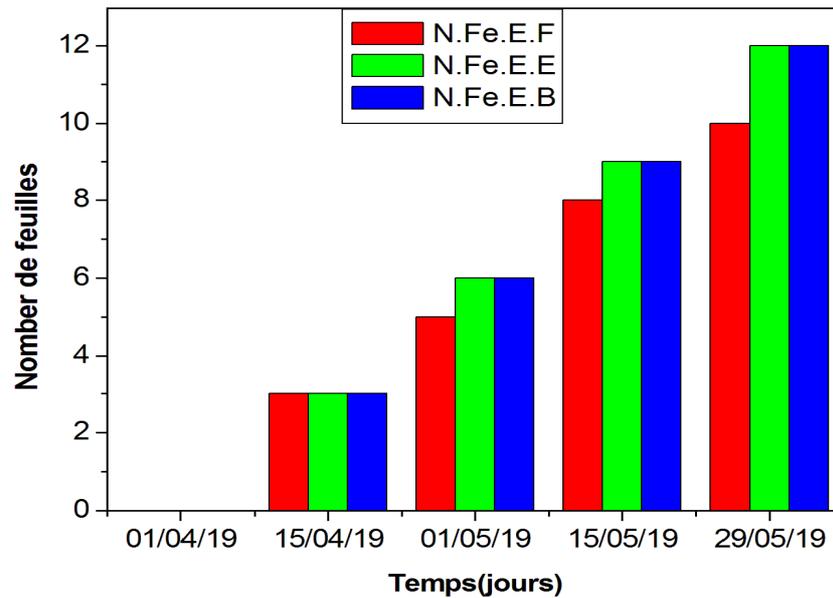


Figure II.4 : Le suivi de nombre de feuilles de la salade.

D'après les observations illustrées dans la figure II.4 nous remarquons que ; En ce qui concerne la première et la deuxième semaine après la plantation des plants (à partir de 15/04/19) le nombre de feuilles des plants irrigués par les trois (03) types d'eaux est le même, mais à partir de la troisième semaine jusqu'à la récolte, durant deux (02) mois, le nombre de feuilles des plans irrigués par les eaux épurées et brute et supérieur à celle irrigués par les eaux de robinet. Donc nous pouvons dire que le phosphore et l'azote qui se trouve dans les eaux usées ne posent pas de problèmes dans le cas d'irrigation de salade par ces eaux et la grande quantité de ces substances dans les eaux brutes n'a pas posé de problème sur le développement végétatif.



Figure II.5 : les plantes de la salade

II.4. Effet de l'irrigation sur le rendement des cultures testées

- Culture courgette

Tableau II.6 : Effet des eaux d'irrigation sur la courgette.

Type d'eau	Eau brute	Eau épurée	Eau de forage
Rendement (nombre de fruit/plant)	14	14	11
Masse (g)	69,65	150,33	136,07
Longueur (cm)	12,5	15	14
Diamètre maximal (cm)	3,3	4,5	4,2

La méthode par laquelle, nous avons calculé les diamètres est citée en annexe.

Les résultats de variation des caractéristiques de la courgette en fonction du type d'eau sont présentés dans le Tableau III.6. Nous remarquons que l'irrigation avec les eaux épurée et brute conduit à une amélioration du rendement (nombre de fruit/plant) cette amélioration est attribué à la valeur nutritive de ces eaux. Concernant le poids, la longueur, le diamètre maximal de courgette irriguée par les eaux épurée et plus que celle irriguée par les eaux brutes, et pour l'irrigation par les eaux de forage son rendement est inférieur à celui de la courgette irrigués par les eaux épurées et brutes. Cet accroissement peut être dû aux éléments nutritifs présents dans les eaux usées.

- Culture de la salade

Tableau II.7 : Effet des eaux d'irrigation sur la salade

Types d'eau	Eau brute	Eau épurée	Eau de forage
Rendement (nombre de feuille/plant)	11	11	9
Masse (g)	3,9	2,7	1,75
Longueur (cm)	15	13	11,5
Diamètre maximal	12	10	8,4

L'effet d'irrigation sur la culture de la salade par les 3 types des eaux a été étudié en examinant les différents paramètres de croissance. D'après le tableau le poids et la longueur sont nettement améliorés dans le cas d'une irrigation avec les eaux brute par rapporte à celle irriguée par les eaux épurée, contrairement aux plants irrigués par les eaux de forage. Donc nous pouvons dire que la grande quantité de substances nutritives qui ce trouve dans les eaux usée a un effet sur le rendement et la qualité des cultures irriguée.

II.5. Résultats des analyses sur les cultures testées

II.5.1. Résultats et discussion des analyses bactériologiques

Dans le car de l'agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les micro-organismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes. Les micro-organismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et les plantes créent un environnement frais, humide et à l'abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes

Tableau II.8 : Résultats des analyses bactériologiques sur les cultures testent cas irrigation par les eaux brute et épurées

Bactéries Echantillon	Coliformes s totaux	Streptocoque fécaux	Anaérobies solfito- réducteur	Observation
Fruit de courgette	+	-	-	Consommation déconseillée
Feuille de la salade	+	+	-	Consommation déconseillée

Le tableau II.8 montre qu'au niveau du végétal, le degré de contamination est le même chez les cultures irriguées par les eaux brutes et celle irriguées par les eaux épurées. Mais la contamination est différent selon le type de culture. Nous constatons aussi à partir des résultats obtenus que la salade, qui est un légume feuillu consommé à l'état cru, présente le risque de contamination le plus élevé. Par contre la courgette qui est une légume consommés à l'état cuit.

II.5.2. Spectroscopie Infrarouge

- Etude par IR du fruit de courgette

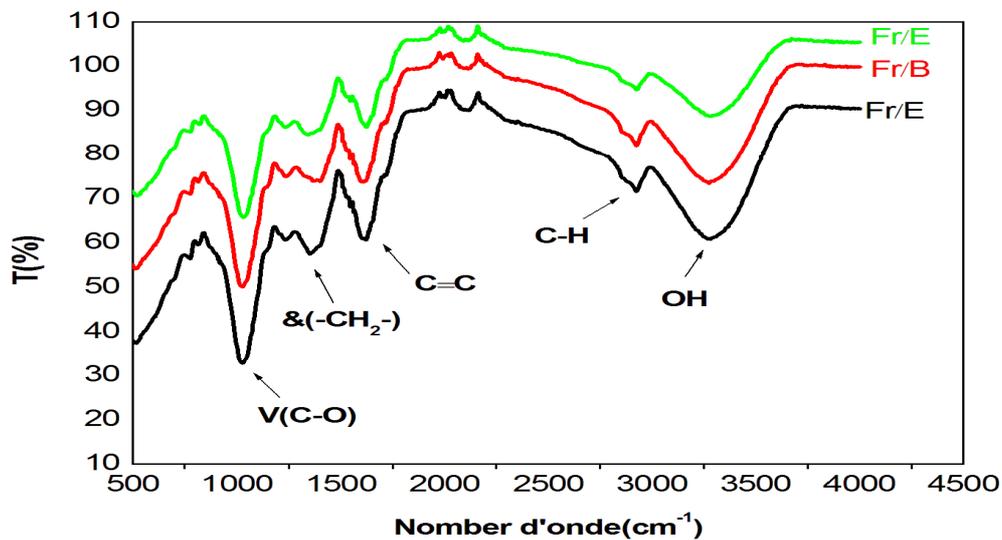


Figure II.6 : spectres infrarouge de fruits irrigués par les eaux de forage, épurés et brutes

- Etude IR de feuilles de salade

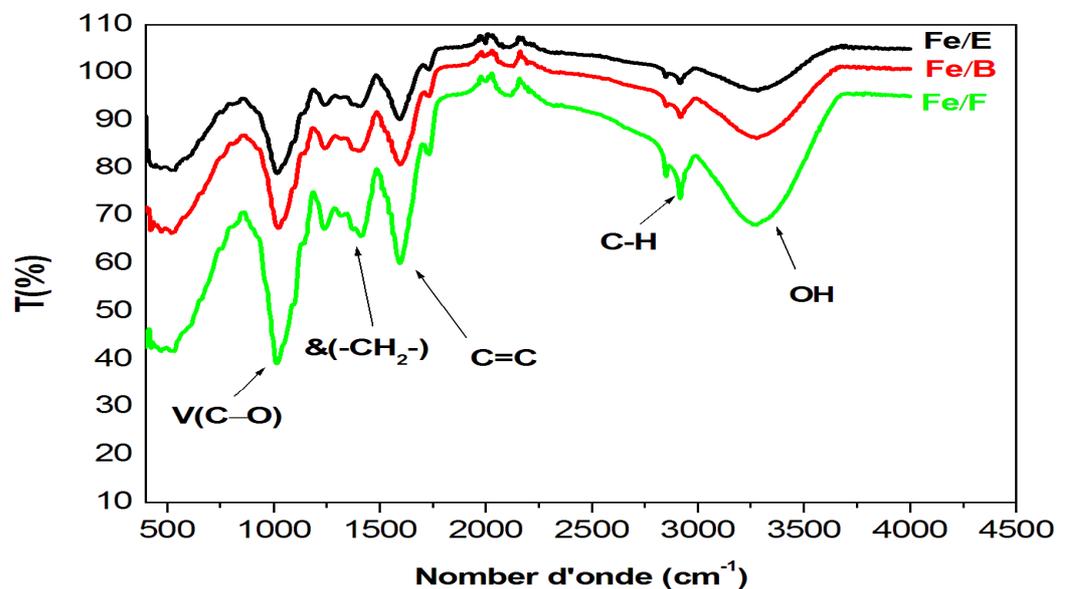


Figure II.7: spectre infrarouge des feuilles de salades irriguées par les eaux de forage, épurées, et brutes

Tous les spectres obtenus dans les deux (02) figures précédentes ont les mêmes caractéristiques. Elles présentent une série de pics. Nous remarquons la présence d'une bande

entre 2500 et 3000 cm^{-1} qui correspond à une liaison C-H (alcane) et plusieurs bandes au voisinage de 1400 cm^{-1} caractérisant une vibration de déformation CH_2 ainsi qu'une bande fine d'un C-O pouvant être une liaison d'un composé phénolique. Les bandes obtenues dans le spectre des eaux, cela sont peut-être dû à la présence des huiles.

- Comparaison entre les spectres

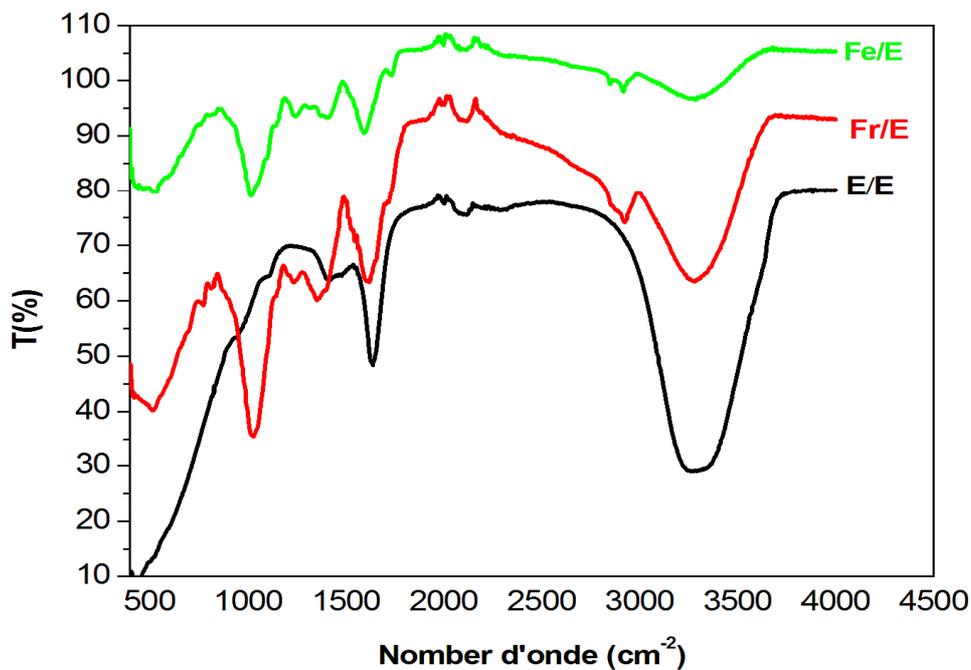


Figure II.8: Comparaison entre les spectres obtenus des eaux épurées, le fruit de courgette, et feuilles de la salade irriguée par les eaux épurées

En comparant les quatre spectres, nous remarquons que les pics obtenus dans le spectre d'eau sont aussi identifiés dans les trois autres spectres. Cela veut dire que le composé présent dans l'eau s'est transmis aux fruits (courgette) et aux feuilles (salade).

II.5.2. Conclusion

D'après les analyses réalisées sur les eaux brutes et épurées de la STEP de Souk el Tenine, nous constatons que le traitement des eaux usées à boues activées est une méthode plus efficace, mais elle nécessite un traitement chimique pour compléter cette épuration. Les analyses effectuées nous ont permis d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de ces eaux et leur effet sur les plantes. Enfin nous avons entrepris des discussions justifiant les résultats obtenus.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif visé par cette étude est d'éclairer l'importance de l'opération d'épuration des eaux usées. Il s'agit d'une pratique qui a des influences sur l'environnement, l'économie du pays et la santé humaine. Dans ce cas, nous avons pris comme lieu d'étude la S.T.E.P de Souk el Tenine. Cette ville qui connaît une croissance démographique importante est accompagnée par une augmentation des quantités d'eaux rejetées dans la nature, ayant pour conséquence une augmentation de la pollution du milieu environnemental.

Le but primordial de cette étude est de déterminer la qualité physico-chimique de cette eau traitée pour envisager sa réutilisation en agriculture.

Pour cela, on a essayé d'évaluer les principaux paramètres de pollution des effluents de la ville de Souk el Tenine comme première études à l'entrée et à la sortie de la STEP, en prenant en considération des normes de qualité de l'eau destinée à l'irrigation

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence une faible charge organique au niveau de la STEP de Souk El Tenine en témoignage des valeurs des principaux paramètres: DBO₅, DCO, Ammonium, Ortho phosphates et phosphores total. Par conséquent, nous remarquons une grande différence entre les valeurs des paramètres cités précédemment pour les eaux traitées et celles des eaux brutes. Cela reflète le degré d'efficacité du traitement biologique des eaux résiduaires de la ville de Souk el Tenine

La comparaison de la qualité physicochimique et organique de ces eaux avec les normes de l'OMS et le JORA a montré l'aptitude de ces eaux à l'irrigation, sans impacts négatifs majeurs sur l'environnement à condition que les cultures pratiquées ne soient pas destinées à être consommées crues.

Les résultats de la deuxième étude qui a été fait sur deux cultures de courgette et salade prouvent que la grande quantité des substances nutritives qui se trouvent dans les eaux brutes a une influence négative sur la qualité de fruit, dans le cas de la culture de courgette et positivement dans le cas de la culture de salade. Toutefois, la faible concentration de ces substances dans les eaux épurées n'a pas d'effet négatif sur les deux cultures. La réutilisation des eaux usées sans aucun traitement préalable n'est pas conseillée. Par contre l'utilisation des eaux traitées, donne de bons résultats concernant le rendement ou la qualité chez les deux cultures testées.

Au terme de notre étude, et selon les résultats obtenus, le suivi de l'évolution de la contamination microbiologique des eaux usées dans la station de prélèvement d'eaux usées a

Conclusion générale

montré la présence des microorganismes (bactéries) dans les eaux épurées et brutes. Ainsi et pour la deuxième étude, l'étude bactériologique a montré que le transfert des polluants a généralement pour site de localisation les feuilles; dans le cas de la culture de salade, mais dans le cas de fruit de la courgette, il ya pas de transfert.

A partir de ces résultats nous pouvons dire que la réutilisation des eaux usées sans aucun traitement préalable, entraîne des risques sanitaires potentiels vu qu'elles sont riches en micro-organismes pathogènes (bactéries). Par conséquent, la condition d'utilisation de ces eaux nécessite un traitement tertiaire soit par l'ozonation ou le traitement aux ultraviolets.

En plus des bactéries, les eaux usées sont chargées d'autre micro-organismes pathogènes (virus, parasites...) et des matières chimiques toxiques telles que les métaux lourds. Donc il faut une autre étude parasitologique, virologique, pour enfin réutiliser ces eaux dans le domaine agricole.

Comme si le secteur agricole est le plus grand consommateur d'eau. De ce fait, l'utilisation des eaux usées en agriculture est une bonne alternative qui contribuera à préserver les ressources en eau. De plus, vu la richesse des ces eaux en éléments nutritive, cette solution permettra le recyclage de ces éléments et la diminution de l'usage abusif des engrais

Actuellement en Algérie, les rejets des stations d'épuration des eaux usées ne sont pas mis en valeur. Les eaux épurées sont déversées dans la nature au lieu de les exploiter dans l'irrigation et les boues sont jetées dans les décharges au lieu de faire profiter nos terres agricoles ainsi que d'autres secteurs. Pour en finir avec cette situation, il est souhaitable d'attirer l'attention des acteurs concernés par la gestion de ces rejets à savoir les responsables du secteur en ressources en eau ainsi que les agriculteurs.

Références bibliographiques

- [1] **Marc Satin et Bécher Selim. 1999.** Guide technique de l'assainissement 2^e édition Paris
- [2] **F.Valiron.1983.**la réutilisation des aux usées. Edition du BRGM, paris.
- [3] **Abdelkader GAID. 1984.** Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I, édition OPU, Alger.
- [4] **HENRI Guerree et Cyril gomella.1982.** Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales 1.- la collecte.
- [5] **ONA-dz.org/l-ona-** en-chiffres (consulté le 17/05/2019).
- [6] **Franck Rejsek.2002.** Analyse des eaux Ussé Aspects réglementaire et techniques centre régionale de documentation pédagogique d'aquitaine, Bordeaux.
- [7] **(BLIEFERT & PERRAUD .2009 .**Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets». 2^e édition française. Edition de Boeck, Bruxelles.
- [8] **(Marcel Doré. Paris.1989.** chimie des oxydants et traitement des eaux.
- [9] **GOMELLA ET GUERRE. 1978.** Le traitement des eaux publiques industrielle et privée. Edition Eyrolles Paris.
- [10] **Jean Rodier. Paris. 2009.** l'analyse de L'eau ».9^e édition.
- [11] **Grégorio crini et Pierre-Marie Badote .2007.** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées presses universitaires de Franche-Comté.
- [12] **BOUZIANI, M.2000.**L'eau de la pénurie aux maladies, Edition IBN-Khaldoun, Oran.
- [13] **(Abdelkader GAID. 1984.** Épuration biologique des eaux usées urbaines tome II, édition OPU, Alger.
- [14] **A, MIZI. 2006.** Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles, Thèse de doctorat, Université de Badji Mokhtar Annaba
- [15] **Baumont J. 2003.** Réutilisation des eaux usées : Risque sanitaire et faisabilité en Ile-de-France observation régional de santé de l'Ile-de-France , institut d'aménagement et d'urbanisme de la région l'Ile-de-France.
- [16] **Encyclopedia. 1995.** Industrial chemistry, Water in Ull man's, Wiley-VCH Verlags, vol. 8.épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2.

Références bibliographiques

- [17]. (MEHATRI Mohammed Saïd. 01/07/2012 thèse de doctorat, élimination 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 »université mouloud Mammeri de tizi -ouzou
- [18] **Rodier J. 1996** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème Edition DUNOD technique, Paris.
- [19] **J.P.Bechac et al. 1984.** Traitement des eaux usées, paris
- [20] **vilaginés, R. 2005.**Eau, environnement et santé publique, 2ème édition, édition TEC & DOC, paris
- [21] **Thomas, O.1995.** Métrologie des eaux résiduaires, édition cebedoc,
- [22] **Bordet, J.2007.** L'eau dans son environnement rural, édition Lavoisier, édition TEC & DOC,
- [24] **Rahou K. 2014.**Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'ELkerma ORAN, mémoire de master, faculté de chimie, Université d'Oran.
- [25] **Jacques BONNIN.1977.** HYDRAULIQUE URBAINE appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance paris
- [26] **Hatem Dhaouadi. 2008.** Traitement des eaux usées urbaines, les procédés biologiques d'épuration, Université Virtuelle de Tunis.
- [27] **F.Meinck. H.Stooff. H.Kohlschutter.1977.** Les eaux résiduaires industrielles ,2^e édition, Paris.
- [28] **ONA** officie nationale de assainissement internet Explorer
- [29] **ANONYME. Mars 2012.** Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries. Avis de l'Anses .Rapport d'expertise collective. Édition scientifique.
- [30] **JORA. 2012.** Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). N° 41, 15 juillet 2012.
- [31] **OMS. (1989).** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé. Série de rapports techniques n° 778.OMS. Genève.

Références bibliographiques

Annexes

Annexe I

I.1. Matériels utilisés au laboratoire

 <p>Flacon en verre</p>	 <p>OxiTop®</p>	 <p>Barreaux maghétiques</p>
 <p>Godets en caoutchouc</p>	 <p>Papier filtre</p>	 <p>Creusé</p>
 <p>Balance analytique</p>	 <p>Appareil de filtration</p>	 <p>Pompe à vide</p>
 <p>Etuve</p>	 <p>Eprouvette graduée</p>	 <p>DBO mètre</p>

Annexes

		
Fioles jaugées	Béchers	Flacons en verre
		
Erlenmeyer	Entonnnoirs	Flacons en plastique
		
Pince	Chronomètre	Bouteilles en gouttelettes
		
Plaque chauffante	Pipettes	Pompes de pipette
		
Dessiccateur	Réacteur DCO	spatules

Annexes

Annexe II

Les résultats des paramètres physico-chimiques

Tableau 1 : résultats des paramètres physico chimiques des eaux à l'entrée de la STEP

Mois \ Paramètre	Mars	Avril	Mai
PH	7,41	7,30	7,12
T (°C)	11,5	15,4	19,9
Conductivité (µs/cm)	1514	1428	1461
O₂ (mg/l)	0,02	0,03	0,04

Tableau 2 : résultats des paramètres physico chimiques des eaux à la sortie de la STEP

Mois \ Paramètres	Mars	Avril	Mai
pH	7,50	7,34	7,20
T (°C)	11,77	15,9	19,76
Conductivité (µs/cm)	1334	1394	1231
O₂ (mg/l)	0,07	0,10	0,13

Annexes

Les résultats des paramètres de pollution

Tableau 3: Résultats des paramètres de pollution des eaux d'entrée de la STEP

Mois Paramètres	Mars	Avril	Mai
MES	208,5	157,5	130
DBO₅	100	140	200
DCO	254,75	178,5	155,5
N-NH₄	40	30,5	23,5
N-NO₂	0,079	0,095	0,11
P-PO₄	10	10,9	4,93
PT	22,9	3,47	4,93

Tableau 4: Résultats des paramètres de pollution des eaux de sortie de la STEP

Mois Paramètres	Mars	Avril	Mai
MES	8,25	7	4
DBO₅	07	09	09
DCO	18,5	17,5	19
N-NH₄	1	0	0
N-NO₂	0,032	0,11	0,023
P-PO₄	13,05	2,84	3,025
PT	5,03	1,57	2,015

Annexe III

Méthode de calcul de diamètres maximal de la courgette

Nous avons coupé notre courgette et mesuré le diamètre maximal de la courgette



Figure 1: fruites de courgettes après la récolte



Figure 2: plante de salade après la récolte

Annexe IV

L'équivalent habitant(EH)

Un équivalent habitant, correspond à la pollution quotidienne de l'eau que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 108 à 300 l d'eaux 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 [17].

La conductivité en ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. la mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution. [18]

Résumé

La présente étude consiste à évaluer la qualité physico-chimique et organique des eaux usées brutes et traitées de la ville de Souk El Tenine, ainsi que leur impacte sur l'agriculture. Pour atteindre cet objectif, nous avons suivi l'évolution des polluants avant et après le traitement biologique à boues activés des eaux usées de la station d'épuration de la ville de Souk El Tnine à travers les résultats de la station en trois mois. Et pour voir la possibilité de réutilisation des eaux usées épurées de la zone d'étude en agriculture, on a comparé les résultats obtenus avec les directives de divers organisation de réutilisation des eaux usées.

Mots clés : Epuration, eau usée, qualité physico-chimique.

Abstract

The objective of present study is to assess the physicochemical and organic quality of raw and treated wastewater from the town of Sou El Tenine and their impact on agriculture. To achieve this objective, we followed the evolution of pollutants before and after the waste water purification process of the treatment plant of the city of Sou El Tenine through the results of the resort in three month. And to see the possibility of reuse of wastewater treated in the study area in agriculture, we have compared the results obtained with the guidelines of various wastewater reuse organizations.

Key words: Treatment, wastewater, physicochemical quality.