

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université A. MIRA – Bejaïa

Faculté des Sciences Exactes

Département de Chimie



## Mémoire de Master

Présenté par :

-M<sup>elle</sup> GOUCHENE Nassima

-M<sup>elle</sup> MOHAMMEDI Sabine

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

*Spécialité : Chimie Analytique*

**Thème :**

**Evaluation des eaux usées épurées de la STEP de Souk-El-Tenine en vue de leur réutilisation en agriculture**

**Soutenu le : 03/07/2018**

**Devant le jury composé de :**

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
ZIDANE Youcef	Chimie	Président
BENKHODJA GRABA Zahra	Chimie	Examinatrice
BOUKEROUI Abdelhamid	Chimie	Encadreur
FERRADJ Abla	/	Invité

**2017-2018**

## Remerciements

En premier lieu, nous remercions le bon Dieu miséricordieux qui nous a guidé et éclairé notre chemin pour la réalisation de notre mémoire de fin de cycle.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Mr **BOUKEROUJA.** pour l'honneur qu'il nous a fait en nous encadrant, pour sa gentillesse, son aide et le temps qu'il nous a consacré.

Nos remerciements les plus sincères et les plus profonds sont adressés à Mr **ZIDANE. Y.** qui a fait l'honneur de présider le jury.

Nos remerciements également à M<sup>me</sup> **BENKHODJA GRABA Z.** pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements vont également :

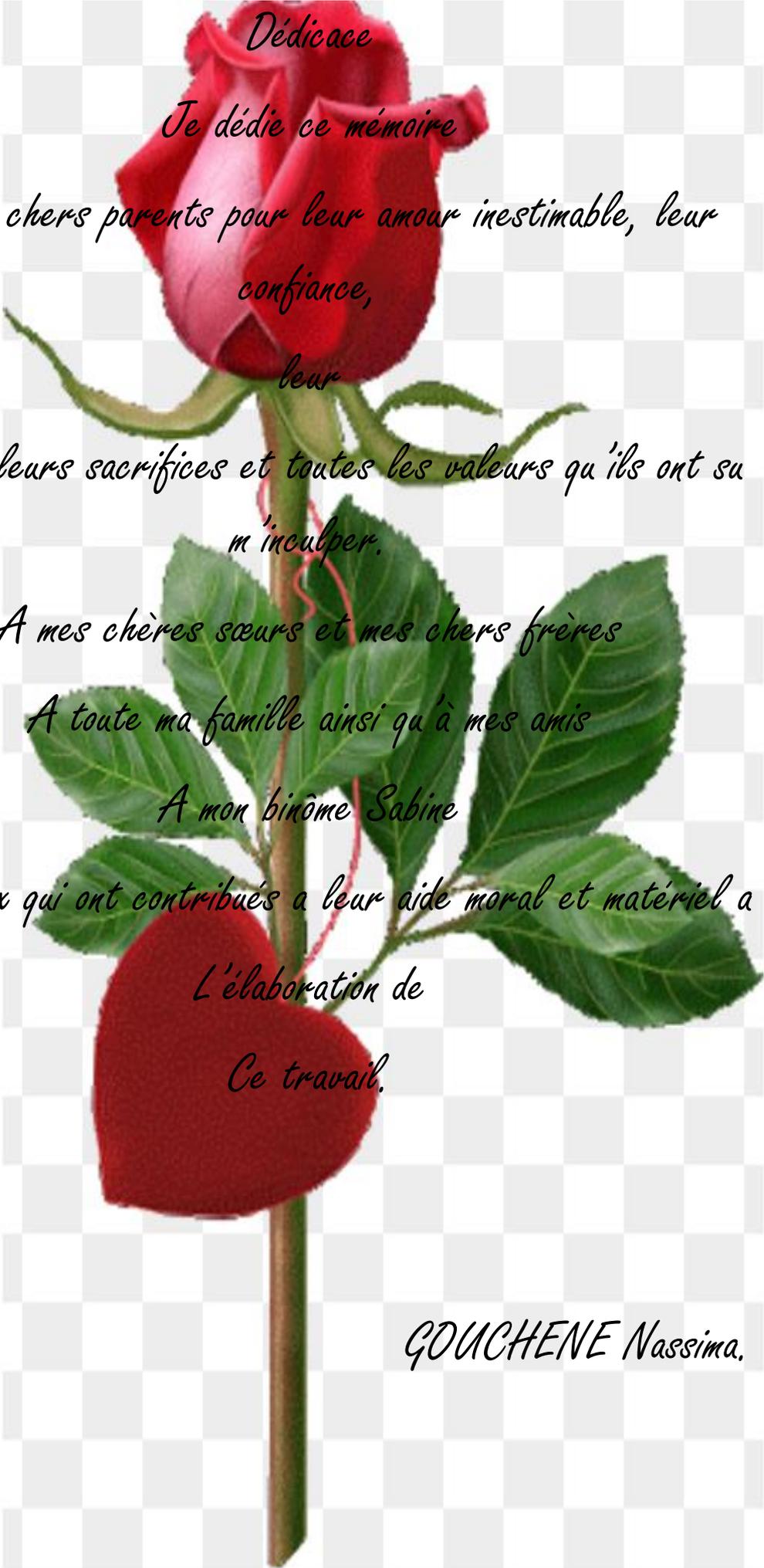
A M<sup>lle</sup> **FERRADJ.A.** laborantine au sein de la STEP de Souk-El-Tenine pour sa gentillesse, sa disponibilité et sa bonne orientation.

A toute l'équipe de l'ONA de Béjaïa, en particulier le personnel de la STEP de Souk-El-Tenine.

A toute les techniciennes du laboratoire Chimie et Agroalimentaire, qui ont fourni une aide matérielle et technique, ou tout simplement humaine.

Nous tenons à remercier également M<sup>lle</sup> **TOUAT** pour son implication et son orientation, qui nous a permis de mieux nous organiser dans notre travail.

Nassima & Sabine



*Dédicace*

*Je dédie ce mémoire*

*A mes chers parents pour leur amour inestimable, leur  
confiance,*

*leur*

*soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su  
m'inculper.*

*A mes chères sœurs et mes chers frères*

*A toute ma famille ainsi qu'à mes amis*

*A mon binôme Sabine*

*Tous ceux qui ont contribué à leur aide moral et matériel à*

*L'élaboration de*

*Ce travail.*

*GOUCHENE Nassima.*

# Dédicace

*Au premier homme de ma vie, celui qui n'a jamais ménagé ses efforts pour moi, celui qui n'a cessé de me propulser, celui qui voit en moi ce que je n'ose pas voir.*

*A mon père.*

*A la femme de ma vie, la plus belle et la plus attentionnée, celle qui a toujours cru en moi même lorsque je doutais, celle qui m'a épaulé et celle qui a toujours été de mon côté.*

*A ma mère.*

*A mon adorable frère Sami :*

*A ma chère sœur Wissam et son mari Tarik :*

*A mon neveu Aksil :*

*A mon chère amour Djamel :*

*A tout le corps arbitral de la ligue de wilaya de volley-ball :*

*A toutes les adhérentes de la salle de sport « Ania » :*

*A mon binôme et amie Nassima 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 encouragée et toutes les personnes qui comptent pour moi :*

*A toute personne qui m'aime, que j'aime !*

*Sabine*

## Liste des abréviations

°C : Degré Celsius

°F : Degré Français

**AgNO<sub>3</sub>** : Nitrate d'argent

**BEA** : Bile Esculine Azide

**CFU/100ml** : Colonie Formant Unité par 100 millilitre

**C.O.V** : Composés Organiques Volatils

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone

**DBO<sub>5</sub>** : Demande Biologique en Oxygène pendant 5jours

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**EDTA** : Ethyle Diamine Tétra Acétique.

**EUA** : Eaux Usées Epurées.

**H.A.P** : Hydrocarbure Aromatique Poly cyclique.

**H<sub>2</sub>O** : Oxyde de dihydrogène (eau)

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : Acide sulfurique

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne

**K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**: Bichromate de potassium

**MES**: Matière En Suspension

**MVS** : Matière Volatils en Suspension

**MVS** : Matières Volatils Sèche

**NaCl** : Chlorure de sodium

**NaOH** : Hydroxyde de sodium

**NET** : Noir Eriochrome T

**N.F.E.E** : Nombre de Feuilles des plans irrigués par les Eaux Epurées;

## Liste des abréviations

**N.F.E.F** : Nombre de Feuilles des plans irrigués par les Eaux de Forage

**N.Fr.E.E** : Nombre de Fruits des plans irrigués par les Eaux Epurées

**N.Fr.E.E** : Nombre de fruits des irrigués par les Eaux de Forage

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Ammonium

**NO<sub>2</sub>**: Nitrite

**NO<sub>3</sub>**: Nitrate

**NT** : Azote Total

**OMS** : Organisation Mondiale de Santé

**ONA** : Office National d'Assainissement

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** : Pentoxyde de phosphore

**pH** : Potentiel d'Hydrogène

**PT** : Phosphore Total

**REUT** : Réutilisation des Eaux Usées Traitées

**SET** : Souk El Tenine

**STEP** : Station d'Epuration

**(T%)** : Transmittance

**TA** : Titre Alcalimétrique

**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet

**TH** : Titre Hydrotimétrique Complet

**UFC** : Unité Formant Coliformes

**VF** : Viande Foie

**VRBL** : Violet Red Bile Lactose Agar

## Liste des figures

### *Synthèse bibliographique*

#### *Chapitre I.*

<b>Figure I.1</b> : Schéma des différentes étapes d'épuration des eaux résiduaires .....	7
--	---

### **Partie pratique**

#### *Chapitre I*

<b>Figure I.1:</b> Maquette de la STEP de Souk-El-Tenine .....	12
<b>Figure I.2</b> : Vue de la station d'épuration de Souk-El-Tenine .....	13
<b>Figure I.3</b> : Schéma de fonctionnement de la STEP de Souk-El-Tenine.....	14
<b>Figure I.4</b> : Grille automatique.....	15
<b>Figure I.5:</b> Grille manuelle.....	15
<b>Figure I.6</b> : Benne .....	15
<b>Figure I.7</b> : Pont déshuilage-dessablage.....	16
<b>Figure I.8:</b> Classificateur.....	16
<b>Figure I.9</b> : Bassin d'aération.....	16
<b>Figure I.10:</b> Décanteur secondaire .....	17
<b>Figures I.11:</b> Bassin de recirculation des boues.....	17
<b>Figure I.12:</b> Epaisseur .....	18
<b>Figure I.13</b> : Bloc de déshydratation des boues .....	18
<b>Figure I.14</b> : Boues déshydratées .....	18

#### *Chapitre II*

<b>Figure II.1</b> : Début de la germination des grains de courgette.....	23
<b>Figure II.2:</b> Plans de courgettes avant et après plantation .....	23
<b>Figure II.4</b> : Equipements portatifs de mesure de paramètres physico-chimiques .....	24

#### *Chapitre III*

<b>Figure III.1</b> : Le suivi des plans de courgette .....	37
<b>Figure III.2:</b> Les teneurs en eau et les matières sèches des courgettes obtenues.....	39
<b>Figure III.3:</b> Spectres infrarouge des eaux ; épurées et de forage .....	39

## Liste des figures

<b>Figure III.4:</b> Spectres infrarouge des feuilles des plans irrigués par les eaux épurées et les eaux de forage .....	40
<b>Figure III.5 :</b> Spectres infrarouge des pelures de courgettes irriguées par ; les eaux épurées et les eaux de forage .....	41
<b>Figure III.6 :</b> Spectres infrarouge des fruits irriguées par ; les eaux de forage et les eaux épurées .....	41
<b>Figure III.7:</b> Comparaison entre l'abondance les spectres obtenues des eaux épurées, les feuilles, les fruits et les pelures obtenues .....	42

## Liste des tableaux

### *Synthèse bibliographique*

#### *Chapitre I*

<b>Tableau I .1:</b> Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées .....	6
<b>Tableau I.2 :</b> Normes de rejets en Algérie .....	6
<b>Tableau I.3 :</b> Normes des eaux épurées destinées pour l'irrigation .....	10

### *Partie empirique*

#### *Chapitre I :*

<b>Tableau I.1:</b> Normes de rejets de la STEP .....	20
---	----

#### *Chapitre II :*

<b>Tableau II.1 :</b> Conditions de dénombrement des microorganismes contenus dans l'eau.....	31
---	----

#### *Chapitre III :*

<b>Tableau III.1 :</b> Résultats des paramètres physico-chimiques obtenus .....	34
<b>Tableau III.2 :</b> Résultats des paramètres de pollution effectués au laboratoire de la STEP de SET .....	35
<b>Tableau III.3.</b> Résultats des paramètres de pollution non effectués au laboratoire.....	36
<b>Tableau III.4 :</b> Les différentes classes de la dureté .....	37
<b>Tableau III.5.</b> Effet des eaux d'irrigation sur la courgette .....	38
<b>Tableau III.6:</b> résultat des analyses bactériologiques .....	42

## Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	1
<b>Synthèse bibliographique</b>	
<b><i>Chapitre I-Généralités sur les eaux résiduaires</i></b>	
I.1.Introduction .....	3
I.2.Définition d'une eau usée.....	3
I.3.Nature et origine des eaux usées.....	3
I.3.1.Les eaux usées domestiques.....	3
I.3.2.Les eaux usées industrielles .....	3
I.3.3.Les eaux agricoles.....	4
I.3.4.Les eaux pluviales... ..	4
I.4.Les différents types de pollutions des eaux.....	4
I.4.1.La pollution chimique.....	4
I.4.2.La pollution organique.....	4
I.4.3.La pollution radioactive.....	4
I.4.4.La pollution thermique.....	4
I.4.5.La pollution microbienne.....	5
I.4.6.La pollution agricole.....	5
I.4.7.La pollution par les hydrocarbures.....	5
I.5.Normes de rejet.....	5
I.5.1.Normes internationales.....	6
I.5.2.Norme de rejet en Algérie.....	6
I.7.Les procédés d'épuration des eaux usées urbaines.....	7
I.7.1. Station de relevage.....	7

## Table des matières

I.7.2.Station d'épuration.....	7
I.7.3.Le prétraitement.....	8
I.7.4.Le traitement primaire.....	8
I.7.5.Traitement secondaire .....	8
I.7.6.Traitement tertiaire.....	8
I.8.But de traitement des eaux usées.....	8
I.9.Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture.....	9
I.10.Evaluation de la qualité de l'eau usée traitée pour l'irrigation.....	9
I.11.Conclusion.....	11

### *Partie pratique*

#### *Chapitre I-Présentation de la STEP*

I.1. Introduction.....	12
I.2. Historique de la STEP de Souk-El-Tenine.....	12
I.3.Situation géographique de la STEP de Souk-El-Tenine.....	13
I.4.Le fonctionnement de la STEP de Souk -El -Tenine.....	14
I.5.Description de la station d'épuration de Souk-El-Tenine.....	15
I.5.1. Les prétraitements.....	15
I.5.2.Bassin d'aération .....	16
I.5.3.Décanteur secondaire .....	17
I.5.4.Recirculation des boues.....	17
I.5.5.Epaississeur.....	18
I.5.6.Déshydratation mécanique des boues.....	18
I.6.Principe de l'épuration biologique.....	19
I.7.Caractéristiques des eaux usées épurées de la STEP.....	20
I.8. Le laboratoire d'analyses de la STEP de Souk-El-Tenine.....	20
I.9.Conclusion.....	22

## Table des matières

### **Chapitre II-Matériel et méthodes**

III.1. Introduction.....	23
II.2. Etude expérimentale.....	23
II.2.1. Préparation des échantillons de courgettes.....	23
II.2.2. Prélèvement des échantillons d'eau.....	24
II.2.3. Analyses effectuées des eaux.....	24
II.2.4. Analyse effectuées des feuilles et fruits.....	32
II.3. Conclusion.....	33

### **Chapitre III-Résultats et discussion**

III.1. Introduction.....	34
III.2. Résultats des analyses obtenues sur les eaux épurées.....	34
III.2.1. Les paramètres physico-chimique.....	34
III.2.2. Les paramètres de pollution effectués au laboratoire de la STEP de SET.....	35
III.2.3. Les paramètres de pollution non-effectués au laboratoire de la STEP de SET..	36
III.3. Le suivi des plans de courgettes.....	37
III.4. Effet d'irrigation par les eaux usées épurées sur le rendement et la croissance de la courgette.....	38
III.5. Résultats des analyses des ; eaux, feuilles et fruits.....	39
III.5.1. Infrarouge.....	39
III.5.2. Analyses bactériologiques.....	42
III.6. Conclusion.....	44
Conclusion générale .....	45
Références bibliographiques	
Annexes	

***Introduction***

***Générale***

## Introduction générale

L'apparition de la vie sur terre est liée à la présence de la molécule d'eau, qui est la substance la plus répandue à la surface du globe (IHADDADEN.S, HAMZA.M 2016). L'eau, appelée l'or bleu, est une ressource naturelle essentielle à la vie. Elle est aussi appelée molécule de la vie tant que son rôle est essentiel au niveau biologique (Site internet 1).

L'eau est un composé chimique simple, liquide dans la température ambiante à pression ambiante, l'eau est gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C. Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O (RIAH et al., 2011).

Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans le milieu récepteur sans aucun traitement préalable est un motif de préoccupation croissante compte tenu des effets indésirable qu'elles peuvent engendrer sur l'environnement et sur la santé (SALGHI, 2006). De cela, un intérêt primordial appuyé par une législation sévère, porté à la protection des eaux naturelles, et conduit à la recherche d'une gestion optimale des eaux par un réseau d'assainissement (Eckenfelder traduit de l'américain par Vandevenne, 1982).

En Algérie, les systèmes d'assainissement hérités de la période coloniale étaient basés sur des égouts qui débouchaient dans des oueds pour finir en mer engendrant ainsi la pollution des eaux et du littoral. C'est pourquoi, l'une des priorités du secteur des ressources en eau est de consacrer un programme d'investissement important en matière d'élimination des rejets directement en mer ainsi que la réalisation de stations d'épuration de haute technologie et voir même le pouvoir de réutiliser ces eaux polluées et épurées (BOUZEROURA, 2018). La réutilisation des eaux usées devient donc une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantité complémentaire en eau pour différents usages, à savoir le domaine d'agriculture, pisciculture,...etc. Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique (HANNACHI et al., 2014).

En effet, les avantages environnementaux et socio-économiques de cette réutilisation ne peuvent se concrétiser que si ces eaux traversent une station d'épuration qui assurera l'élimination de tous les éléments susceptibles de porter atteinte à l'environnement et à la santé publique (DADI, 2010).

Notre étude est une contribution à l'évaluation de l'impact d'irrigation par les eaux usées épurées de la STEP de Souk El Tenine. L'objectif de ce travail est d'analyser les eaux épurées et leur impact sur la nature du fruit obtenu.

## *Introduction générale*

Afin de réaliser notre travail, nous avons scindé notre mémoire 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 méthodes d'analyses adoptées et la mise en place du protocole expérimental, sont résumés dans le deuxième chapitre, le dernier est réservé à la présentation des résultats, leurs interprétations et discussion.

Une conclusion générale est donnée à la fin de notre mémoire et fait ressortir l'essentiel des aboutissements de cette étude suivie de quelques recommandations.

*Synthèse*  
*bibliographique*

# *Chapitre I*

## *Généralité sur*

## *les eaux usées*

## **I.1.INTRODUCTION**

L'eau consommée ou utilisée par l'homme à l'échelle domestique ou industrielle génère inévitablement des déchets. Ces eaux usées sont recueillies par les égouts et dirigées vers les stations d'épuration afin d'être purifiées avant leur réintroduction dans le milieu naturel. Leur traitement dans les stations permet de séparer une eau épurée d'un résidu secondaire appelé boue (JARDE, 2002).

## **I.2.Définition d'une eau usée**

Une eau usée, appelée aussi eau résiduaire ou effluent, est une eau qui a subi une détérioration après usage chargée en substances toxiques et dont les caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques sont dégradées suite à son utilisation dans différents domaines. Pour cette raison, ces eaux usées devront être traitées avant d'être restituées au milieu naturel et éviter ainsi d'autres pollutions (ANONYME 1,2004) .Ces eaux usées regroupent les eaux usées urbaines ou domestiques et les eaux usées industrielles (BAUMONT et al., 2004).

## **I.3.Nature et origine des eaux usées**

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées.

### **I.3.1.Les eaux usées domestiques**

Les eaux usées domestiques sont porteuses de pollutions organiques. Elles se répartissent en deux catégories : les eaux ménagères des salles de bain et des cuisines qui sont généralement chargées de substances biodégradables (détergents, produits nettoyants).Ainsi que les eaux vannes ; comprenant les rejets de toilettes qui sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (PONS et al., 2008).

### **I.3.2.Les eaux usées industrielles**

Les eaux industrielles peuvent provenir des rejets ; des usines, des activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc. Ces eaux sont chargées de matières organiques, azotées ou phosphatées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures (BAUMONT et al, 2005).

### **I.3.3. Les eaux agricoles**

Les eaux agricoles sont des eaux polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole (**GROSCLAUDE et al., 1999**). Ces eaux sont chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous forme ionique (**MEHATRI, 2012**).

### **I.3.4. Les eaux pluviales**

Les eaux pluviales ou les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulés les polluants atmosphériques (poussières, débris, combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules) déversées dans les canalisations d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration (**MEHATRI, 2012**). Elles constituent aussi la cause de pollution importante des cours d'eau. Ces eaux se chargent d'impuretés au contact de l'air (**BOUANANI et KETTAB, 2012**).

## **I.4. Les différents types de pollutions des eaux**

Il existe plusieurs manières de classer la pollution selon le type de polluant.

### **I.4.1. La pollution chimique**

Elle est due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certaines sont non dégradables (**RAHOU KADA, 2014**).

### **I.4.2. La pollution organique**

La pollution organique est un type de pollution chimique provoquée par les polluants carbonés, comme la matière organique, les organochlorés ou encore les polychlorobiphényles (**Site internet 2**).

### **I.4.3. La pollution radioactive**

Les radioactivités libérées dans l'eau peuvent provenir d'une radioactivité naturelle, d'une contamination liée à des retombées atmosphériques, des champs de rayonnements d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires (**LADJEL et BOUCHEFER, 2012**).

### **I.4.4. La pollution thermique**

Elle correspond à l'augmentation ou la diminution de la température de l'eau par rapport à la température normale causée par les rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement des centrales thermiques ou nucléaires et qui affectera le milieu aquatique. Elle provoque la réduction de la teneur en oxygène dissous dans l'eau et peut avoir des actions néfastes sur la faune (**KERAMBRUN, 1983**).

#### **I.4.5.La pollution microbienne**

C'est une pollution d'origine humaine et animale ; elle est engendrée par les rejets urbains contenant des micro-organismes pathogènes qui peuvent être à l'origine des maladies infectieuses (**LADJEL et BOUCHEFER, 2012**).

Les bactéries présentent les microorganismes les plus rencontrés dans les eaux usées (**TOZE, 1999**). Les eaux usées urbaines contiennent environ 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> bactéries/100 ml, 10<sup>3</sup> à 10<sup>4</sup> streptocoques et 10<sup>2</sup> à 10<sup>3</sup> clostridium. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10<sup>4</sup> germes/l. Les coliformes fécaux sont des germes témoins de contamination fécale utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (**BELAID, 2010**).

#### **I.4.6.La pollution agricole**

La pollution agricole est due à l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et de produits de traitement des végétaux (**RAISSI, 2014**).

#### **I.4.7.La pollution par les hydrocarbures**

Les hydrocarbures sont divisés en deux groupes de substances ; les composés organiques volatiles (C.O.V) et les hydrocarbures aromatiques polycyclique (H.A.P), ces derniers (les hydrocarbures) sont responsables de la pollution des eaux et peuvent provenir ; des effluents éliminés par l'industrie pétrolière, la pétrochimie, les ateliers de sidérurgie, les usines à gaz, les citernes, les réservoirs et les navires pétroliers (**LADJEL et BOUCHEFER, 2012**).

### **I.5.Normes de rejet**

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret-loi (**ANONYME 2, 2000-2015**).

## I.5.1. Normes internationales

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

**Tableau I.1** : Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées. (RAHOU KADA, 2014).

## I.5.2. Norme de rejet en Algérie

Caractéristiques	Normes utilisées
pH	6.5-8.5
DBO <sub>5</sub>	<35mg/l
DCO	<120mg/l
MES	<35mg/l
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<2mg/l
Température	<30 °C
Couleur	incolore
Odeur	inodore

**Tableau I.2** : normes de rejets en Algérie. (RAHOU KADA, 2014).

## I.7. Les procédés d'épuration des eaux usées urbaines

### I.7.1. Station de relevage

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité. Sous l'effet de leurs poids. Une station de relevage permet d'acheminer des eaux dans la station d'épuration lorsque ces dernières arrivent d'un niveau plus bas que les installations de dépollution. Cette opération de relèvement des eaux s'effectue grâce à des pompes submersibles ou à vis d'Archimède (**LADJEL et BOUCHEFER, 2012**).



**Figure I.1** : Schéma des différentes étapes d'épuration des eaux résiduaires. (**Site internet 3**)

### I.7.2. Station d'épuration

La station de traitement des eaux usées est une installation assurant le traitement des eaux usées par des procédés divers : biologiques, physico-chimiques, etc. Localisée sur un espace géographique continu et homogène. Elle est de nature urbaine, industrielle, privée ou mixte. Elle se compose des ouvrages de traitement des eaux usées et des boues ainsi que du déversoir en tête de station (**MORIN E et al., 2013**).

### **I.7.3.Le prétraitement**

Le prétraitement constitue une série d'opérations susceptibles d'alléger les eaux brutes des matières les plus grossières ou celles pouvant gêner le processus du traitement ultérieur (CAID, 1984).

### **I.7.4.Le traitement primaire**

Le traitement primaire est une simple décantation, habituellement sans coagulation chimique préalable. Il a pour objet d'éliminer les particules polluantes dissoutes et les matières en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ce traitement correspond à une étape gravitaire qui permet d'isoler par décantation les particules décantables (JARDE, 2002).

### **I.7.5.Traitement secondaire (biologique)**

Le traitement biologique est le traitement des eaux usées chargées en matière organiques biodégradables. On peut classer les micro-organismes en germes aérobies et anaérobies, dont les micro-organismes aérobies exigent de l'oxygène pour assurer leurs métabolismes, par contre les micro-organismes anaérobies tirent leurs besoins énergétiques de la matière organique en l'absence d'oxygène (ECKENFELDER traduit de l'américain par Vandevenne, 1982).

### **I.7.6.Traitement tertiaire**

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphate ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires (FRANCK, 2002). Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires (OUALI, 2001).

## **I.8.But de traitement des eaux usées**

Le but du traitement des eaux usées est de réduire significativement la quantité d'eau polluée rejetée dans la nature et limiter leur impact sur l'environnement et la santé publique (ABBOU, 01/2012). Leur épuration s'est imposée pour préserver la qualité des milieux naturels et notamment les eaux de surfaces et souterraines (AMY et al., 1996).

Le traitement permet également de préserver les ressources naturelles puisque ces effluents liquides sont purifiés et réutilisés dans ; l'agriculture (irrigation des cultures), l'industrie (fonctionnement de chaudières, les systèmes de refroidissement et nettoyage des

équipements) ainsi que dans le milieu urbain (irrigation des espaces verts, l'alimentation des fontaines en eaux, le nettoyage des rues et dans l'extinction des incendies) (ABBOU, 01/2012).

### **I.9. Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture**

Les eaux usées traitées représentent une solution intéressante pour combler le déficit en eau des exploitations (SELM I et al., 2007). La réutilisation de ces eaux présente de nombreux avantages, leurs matières organiques contribuent à l'enrichissement de la couche fertilisante du sol (OUNAIES et al., 1989).

### **I.10. Evaluation de la qualité de l'eau usée traitée pour l'irrigation**

La réutilisation des eaux usées traitées (REUT) pour l'irrigation de cultures, l'arrosage des espaces verts, présente un intérêt vis-à-vis de la préservation de la ressource en eau, notamment en cas de conditions climatiques défavorables ou dans des zones de faibles sources en eau. Les conditions de REUT doivent être encadrées réglementairement afin de prévenir les risques sanitaires liés à cette pratique. En effet, les eaux résiduaires urbaines, même traitées par une station d'épuration (STEP), contiennent divers micro-organismes pathogènes et des éléments organiques et minéraux potentiellement toxiques (ANONYME 3, Mars 2012). 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 et aux risques de contamination par ces eaux épurées.

Paramètre	Unité	Norme OMS	Norme JORA
<b>Température</b>	°C	<30	/
<b>pH</b>	/	6,5 à 8,4	6,5-8,5
<b>CE</b>	us/cm	<700 Aucune restriction 700 – 3000 restriction légère à modérée > 3000 Forte restriction	3000
<b>Oxygène dissous (O<sub>2</sub>)</b>	mg O <sub>2</sub> /l	>5	/
<b>MES</b>	mg/l	<30	30
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	<10	30
<b>DCO</b>	mg O <sub>2</sub> /l	<40	90
<b>N-NO<sub>3</sub></b>	mg/l	50	30
<b>N-NO<sub>2</sub></b>	mg/l	<1	/
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	mg/l	<2	/
<b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	mg/l	<0,94	/
<b>Azote total</b>	mg/l	<50	/
<b>Phosphore</b>	mg/l	<02	/
<b>Chlorure</b>	meq/l		10
<b>Huile et graisse</b>	mg/l	<20	/
<b>Coliformes fécaux</b>	nombre de CFU/100mL	<1000 CF/100ml	<250CF/100ml)

**Tableau I.3** : Normes des eaux épurées destinées pour l'irrigation (OMS, 1989) ; JORA, 2012).

## **I.11. Conclusion**

L'épuration des eaux usées est une étape très importante pour la santé de l'homme et la protection de l'environnement, pour cela les eaux usées doivent être traitées préalablement avant leur rejet définitif ou leur utilisation dans différents domaines tels que l'agriculture et la production énergétique.

*Partie*

*pratique*

*Chapitre I*

*Présentation*

*de la STEP*

## **I.1. Introduction**

Une station d'épuration est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, sur l'émissaire principal, juste en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel. Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées, dont chacun 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 de la station de traitement des eaux usées de Souk El Tenine wilaya de Bejaia.

## **I.2. Historique de la STEP de Souk-El-Tenine**

La STEP de Souk-El-Tenine a été réalisée dans le cadre de la modernisation et de la protection de l'environnement. La mise en service de la station était en 2012- 2013 par l'entreprise VATEC WABAG, le suivi des travaux assuré par la direction de l'hydraulique et enfin le suivi et la gestion par l'office national d'assainissement (ONA) Béjaia de Janvier 2014 à ce jour.

La Station d'épuration est prévue pour traiter les eaux usées de la daïra de Souk-El-Tenine englobant les deux communes Souk El Tenine et Melbou. Cette station traite la pollution résultante d'une population équivalente à 47 580 en première phase 2020 et 62 500 en 2030.



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

### **I.3.Situation géographique de la STEP de Souk-El-Tenine**

La station d'épuration des eaux usées urbaines de la commune de Souk-El-Tenine est située à 35Km coté Est de Béjaia, implantée dans une zone plus basse de la ville et à un niveau zéro d'altitude par rapport à la mer, à fin de faciliter l'acheminement des eaux usées gravitaires vers la station et leur évacuation une fois traitées vers la mer.



**Figure I.2 : Vue de la station d'épuration de Souk-El-Tenine (google earth, 28/05/2018)**

I.4. Le fonctionnement de la STEP de Souk -El -Tenine

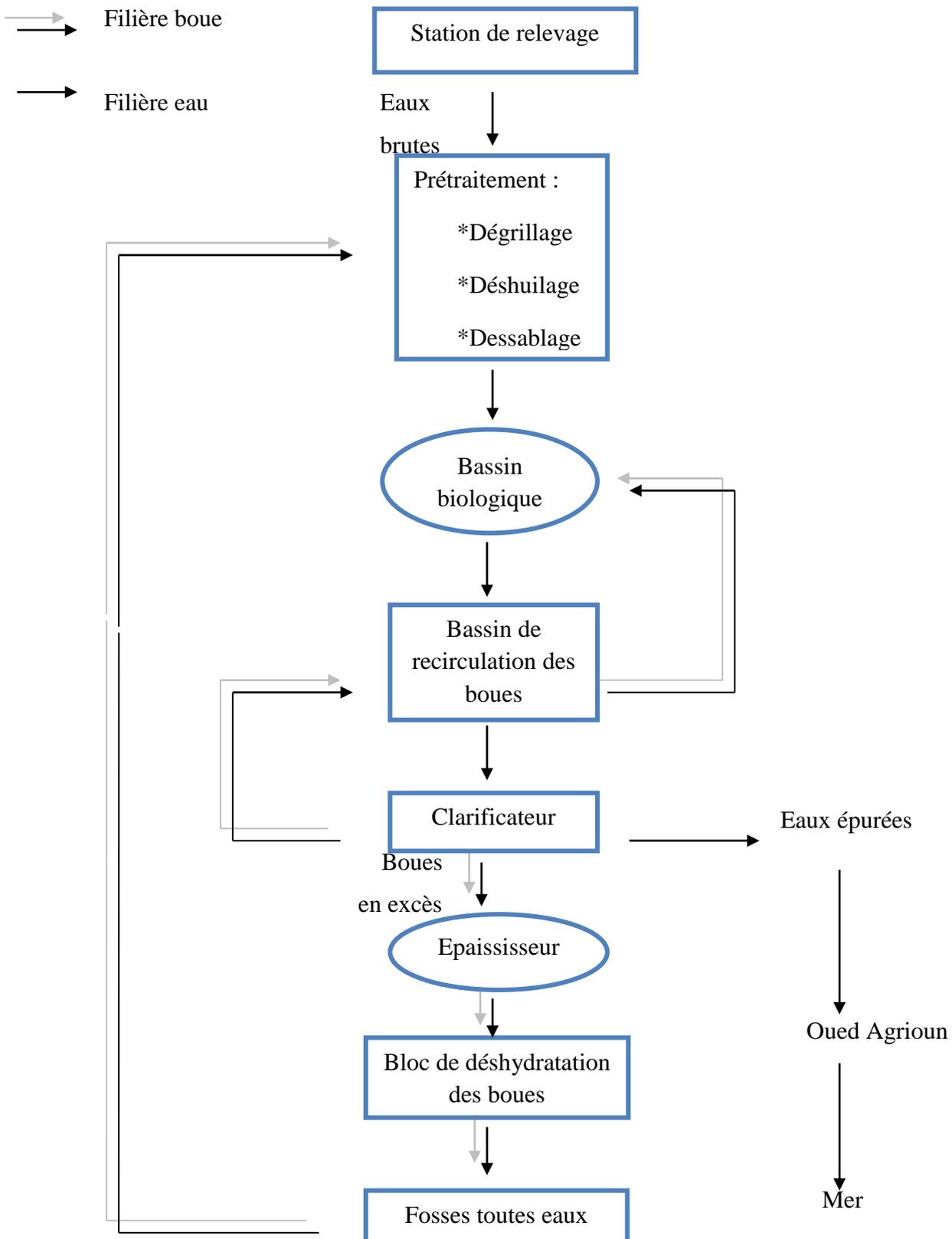


Figure I.3 : Schéma de fonctionnement de la STEP de Souk-El-Tenine.

## **I.5. Description de la station d'épuration de Souk-El-Tenine**

Le système de traitement retenu pour l'épuration des eaux usées de Souk El Tenine est celui de boue activée réalisé en raison de l'aération prolongée, dimensionnée pour une faible charge et permettant d'assurer une boue vive et vivante suivant les différentes étapes.

### **I.5.1. Les prétraitements**

Afin de ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par des matières lourdes, volumineuses ou difficilement biodégradables, les traitements biologiques sont précédés de prétraitements adéquats :

#### **I.5.1.1. Dégrillage**

- **Une grille mécanique :** Les refus de grilles (déchets solides) tombent sur une bande transporteuse, installé perpendiculairement à la grille, et enfin évacués vers une benne d'évacuation.

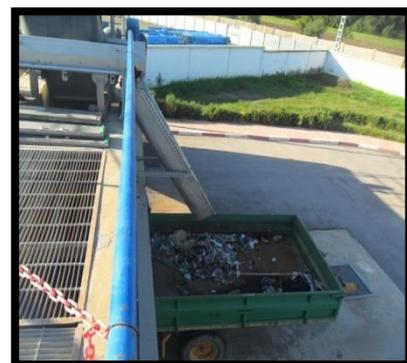


**Figure I.4 :** Grille automatique

- **Une grille manuelle :** contrôlée par les agents d'exploitation, afin de racler les déchets retenus par cette dernière à l'aide d'un râteau, évacuée vers la benne d'évacuation.



**Figure I.5 :** Grille manuelle.



**Figure I.6 :** Benne

### I.5.1.2. Déshuilage et dessablage

Le déshuilage et le dessablage font suite au dégrillage, leurs fonction est de séparer les huiles et les graisses des eaux usées brutes.



Figure I.7 : Pont déshuilage-dessablage.

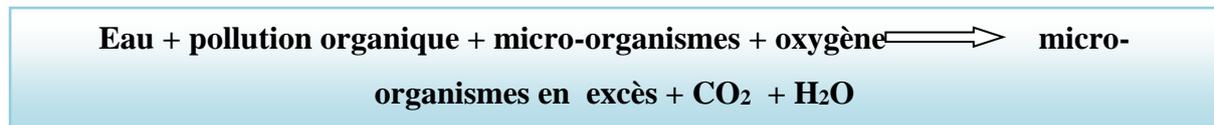


Figure I.8: Classificateur

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

C'est le cœur de la station et même du procédé à boues activées, où s'effectue le métabolisme bactérien à l'origine du phénomène aboutissant à l'épuration. Il est commandé depuis la salle de contrôle qui fonctionne selon deux modes:

- **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.



- **Mode manuel** : utilisé en cas de dysfonctionnement de l'un des appareillages, tels que : Oxygène, armoire de commande, agitateur, ...etc.



Figure I.9 : Bassin d'aération.

Pour optimiser la dénitrification, Le bassin d'aération est équipé d'agitateurs submersibles, opérationnels et fonctionnent en alternance avec les aérateurs.

### **I.5.3. Décanteur secondaire (clarificateur)**

La clarification des effluents est une étape essentielle dans le procédé biologique d'épuration. L'efficacité de la séparation de la liqueur mixte, en boues concentrées et en eau traitée, a une influence directe sur les conditions de fonctionnement du système et sur le rendement d'épuration. Le rôle de la décantation secondaire est donc d'assurer une meilleure séparation de la biomasse de l'eau traitée et de permettre par ailleurs un premier épaissement des boues biologiques décantées.



**Figure I.10:** Décanteur secondaire.

### **I.5.4. Recirculation des boues**

Les boues décantées sont acheminées vers une fosse de pompage des boues de recirculation. Elles sont retournées par une conduite, au puits de répartition à l'entrée des bassins d'aération. Un volume de boues envoyé à l'épaissement est mesuré avec un débitmètre électromagnétique sur les conduites de refoulement des boues en excès.



**Figures I.11:** Bassin de recirculation des boues.

### **I.5.5.Épaississeur**

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.12:** Epaississeur.

### **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.13 :** Bloc de déshydratation des boues



**Figure I.14 :** Boues déshydratées

## **I.6.Principe de l'épuration biologique**

Ce procédé à boues activées consiste en un réacteur biologique aérobie où l'on provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés bio floccs. Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange eau usée - bio floccs est appelé liqueur mixte. Cette dernière (liqueur mixte) est maintenue à l'aide d'un système d'aération (turbine). De l'oxygène dissous est ainsi introduit dans la masse de la liqueur mixte, nécessaire pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobies. Après un temps de contact suffisamment long, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur mécanisé (décanteur secondaire) où s'effectue, une séparation solide/liquide par gravité, améliorée en cela par un mécanisme de raclage.

Afin de maintenir une quantité suffisante de micro-organismes aérobies (matière active), la plus grande partie des boues décantées est recyclée à l'entrée du réacteur biologique. Le maintien d'une concentration adéquate dans le bassin d'aération permet d'optimiser l'apport d'oxygène car il est la matière active qui va provoquer la diminution et l'élimination de la pollution. Une partie des boues qui se dépose sur le radier du décanteur secondaire, appelée boues en excès, sera dirigée vers le traitement des boues, épaissement puis déshydratation sur filtres à bande.

## I.7. Caractéristiques des eaux usées épurées de la STEP

Les caractéristiques des effluents en sortie telles que définies dans le cahier de charge, sont représentées dans le tableau suivant :

Lieux Paramètres	Souk El Tenine
MES	30 mg/l
DBO <sub>5</sub>	20 mg/l
DCO	120 mg/l
Azote ammonium (NH <sub>4</sub> -N)	3 - 5 mg/l
Azote nitrates (NO <sub>3</sub> -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

Tableau I.1: Normes de rejets de la STEP

## I.8. Le laboratoire d'analyses de la STEP de Souk-El-Tenine

Le laboratoire est le lieu le plus indispensable dans la station d'épuration. 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.8.1. Les analyses effectuées au laboratoire de la STEP de Souk-El-Tenine.

La station de traitement des eaux usées de Souk El Tenine effectue quotidiennement ou chaque semaine des analyses de plusieurs paramètres, qui sont les suivants :

#### I.8.1.1. Les paramètres physico-chimiques

- **La température T (en °C)** est une grandeur physique qui joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et la détermination du pH. Elle permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au bon fonctionnement du processus biologique (GOMELLA et GUERRE, 1978).

- **Le potentiel hydrogène (pH)** : est la mesure du caractère acide ( $1 < \text{pH} < 7$ ) ou basique ( $7 < \text{pH} < 14$ ) des eaux usées sa mesure est très importante pour juger du bon fonctionnement d'une étape de traitement (**GOMELLA et GUERRE, 1978**) .
- **La conductivité en ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )** : la conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. Elle donne une indication précise sur la concentration totale en sels dissous et d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**BLAIS et SASSEVILLE, 1996**).
- **L'oxygène dissous ( $\text{mg}/\text{l}$ )** : L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau qui permet la vie de la faune et 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 (**REJSEK, 2002**).

#### **I.8.1.2. Les paramètres de pollution**

- **La demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub> (en  $\text{mg}/\text{l}$ )** : La demande biologique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. 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 (**ECKENFELDER traduit de l'américain par VANDEVENNE, 1982**).
- **La demande chimique en oxygène DCO (en  $\text{mg}/\text{l}$ )** : DCO est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques y compris les matières biodégradables et non biodégradables par voie chimique (**GOMELLA et GUERRE, 1978**) .
- **Les matières en suspension MES (en  $\text{mg}/\text{l}$ )** : C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau (**GOMELLA et GUERRE, 1978**) .
- **Les matières volatiles en suspension MVS (en  $\text{g}/\text{l}$ )** : Elles représentent la fraction organique des MES et sont obtenues par calcination de ces MES à  $525^\circ\text{C}$  pendant 2 heures. la différence de poids entre les MES à  $105^\circ\text{C}$  et les MES à  $525^\circ\text{C}$  donne la « perte au feu » et correspond à la teneur en MVS en ( $\text{mg}/\text{l}$ ) d'une eau (**DUGUET, 2006**).
- Azote ammoniacal  $\text{N-NH}_4^+$  (en  $\text{mg}/\text{l}$ ) ;
- Azote total NT (en  $\text{mg}/\text{l}$ ) ;
- Azote nitrique (nitrates)  $\text{N-NO}_3^-$  (en  $\text{mg}/\text{l}$ ) ;
- Azote nitreux (nitrites)  $\text{N-NO}_2^-$  (en  $\text{mg}/\text{l}$ ) ;
- Phosphate Totale PT (en  $\text{mg}/\text{l}$ ).

## **I.9. Conclusion**

En conclusion, on peut dire que la station d'épuration des eaux usées de Souk-El-Tenine dispose et utilise les dernières et nouvelles de la technologie en matière d'innovation pour le traitement des eaux usées urbaines.

*Chapitre II*

*Matériel et*

*méthodes*

## II.1. Introduction

L'étude analytique des paramètres physico-chimiques ou de pollution des eaux usées brutes ou épurées sont indispensables dans une station d'épuration afin de déterminer le rendement, l'efficacité du traitement et cela nécessite un ensemble de matériels et méthodes précises, c'est pourquoi nous réservant ce chapitre à la présentation de tout équipement du laboratoire, analyses effectuées et protocoles suivi au sein de la STEP de Souk-El-Tenine.

## II.2. Etude expérimentale

### II.2.1. Préparation des échantillons de courgettes

- Semer les grains de courgettes et laisser en zone humide pour qu'ils puissent germer ;



**Figure II.1 :** Début de germination des grains de courgette

- Après une parfaite germination, planter les plants de courgettes sur une parcelle de terrain et suivre son évaluation jusqu'à la production du fruit ;



**Figure II-2 :** Plants de courgette avant et après plantation

- Nous avons divisé nos plans en deux catégories ; (voir annexe)

- Plans irrigués par les eaux épurées
- Plans irrigués par les eaux de forage

### **II.2.2. Prélèvement des échantillons d'eau**

Dans la STEP de Souk-El-Tenine, l'échantillonnage des effluents liquides s'effectue automatiquement et en continu à l'aide d'un dispositif automatique de prélèvement de vingt-quatre heures.

### **II.2.3. Analyses effectuées des eaux**

#### ***II.2.3.1. Les paramètres physico-chimiques***

Pour mesurer les paramètres physico-chimiques (pH, T°, conductivité, O<sub>2</sub> dissous), nous employons des mesures directes et moyennement des instruments appropriés.



**Figure II.3 :** Equipements portatifs de mesure de paramètres physico-chimiques.

#### **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 ;

#### ***II.2.3.2. Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)***

La demande biochimique en oxygène après 5 jours d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques biodégradables.

La valeur de la  $DBO_5$  est approximativement estimée à 80% de la DCO mesurée, on choisit le volume de la prise d'essai selon les intervalles de mesure de la  $DBO_5$  à la fin nous multiplions le résultat obtenu par le facteur correspondant (Voir annexe) ;

### **Mode opératoire**

- Rincer le flacon porte échantillon avec l'eau distillée ;
- Verser une quantité d'eau épurée dans une fiole jaugée de 432ml ;
- Mettre un barreau magnétique 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  $T^\circ$  de  $20^\circ C$  pendant 5 jours ;
- La lecture de la valeur en cours se fait en appuyant sur le bouton (S). La valeur de la  $DBO_5$ (en mg/l) est la valeur lue directement sur l'écran digital de l'OxiTop®. multipliée par le facteur donné dans le tableau (en annexe), selon la relation ;

$$\text{Valeur lue} * \text{Facteur} = DBO_5 \text{ (mg/l)}$$

### **II.2.3.3. Demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes existants dans l'eau et afin de pouvoir dégrader la matière organique biodégradable et non biodégradable dans des conditions opératoires définies.

### **Mode opératoire**

- Mélanger le contenu pour avoir une solution homogène ;
- Ouvrir une cuve ronde du réactif DCO contenant l'acide sulfurique (80 à 98%) et le sulfate de mercure (0,74 à 1,50%), la tenir inclinée ;
- Prélever avec une pipette de 2ml d'échantillon avec précaution, puis le rajouter au réactif DCO ;
- Fermer la cuve, puis nettoyer l'extérieur de celle-ci ;
- La placer ensuite dans le réacteur DCO pendant 2h à  $148^\circ C$  ou à  $160^\circ C$  pendant 30 min ;
- Laisser la cuve refroidir à  $T$  ambiante, puis la nettoyer à l'extérieur et mesurer l'absorbance avec un photomètre de type NANOCOLOR D500 ;

#### **II.2.3.4. Matières en suspension (MES)**

La pollution particulière 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 0,5m/s.

##### **Mode opératoire**

- Peser le papier filtre sur la balance jusqu'à l'obtention d'un poids stable, noter P<sub>0</sub> ;
- Placer le filtre dans l'appareil de filtration ;
- Mettre en marche la pompe à vide ;
- Agiter l'échantillon, puis verser progressivement sur le filtre un volume de 100ml des eaux épurées ;
- Laisser les échantillons se filtrer pour enfin retenir la matière en suspension ;
- Sécher pendant environ 3h ;

Les résultats sont exprimer par l'expression suivante ;

$$\text{MES} = \frac{m_1 - m_0}{V} \times 10^6$$

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

**m<sub>0</sub>**=Masse du papier filtre avant l'utilisation (en mg) ;

**m<sub>1</sub>**=Masse du papier filtre après l'utilisation (en mg) ;

**V**= Volume d'eau utilisée (en ml) ;

#### **II.2.3.5. L'ammonium N-NH<sub>4</sub>**

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel.

### **Mode opératoire**

- Ouvrir une cuve ronde du réactif (hypochlorite+ salicylate) ;
- Ajouter 0.2ml de l'échantillon à analyser ;
- Agiter et laisser reposer pendant 15min ;
- Mesurer à l'aide d'un spectrophotomètre NANOCOLOR® ;

### **II.2.3.6.L'Azote**

Le dosage de l'azote total se fait par minéralisation oxydative dans un bloc chauffant suivie d'une « compensation » des interférences et détermination photométrique à l'aide du 2,6 diméthyl phénol dans un mélange d'acide sulfurique et d'acide phosphorique.

### **Mode opératoire**

- ***Etape de minéralisation (boite A)***
  - Introduire 5ml d'échantillon dans une cuve vide ;
  - Ajouter une cuillère d'orange de Naranja ;
  - Agiter et introduire la cuve dans le réacteur DCO à 120°C pendant 30min ;
  - Laisser refroidir à une température ambiante (20°C à 25°C) ;
  - Ajouter une cuillère d'hydroxyde alcalin ;
  - Bien agiter ;
- ***Analyse (boite B)***
  - Ajouter 0.5ml de la solution de la boite A à une cuve d'azote total ;
  - Ajouter 0.5ml du réactif 2 (nitrate N-NO<sub>2</sub>) ;
  - Brandir 3fois la cuve ;
  - Bien nettoyer et laisser reposer 10 min ;
  - Mesurer à l'aide du spectrophotomètre NANOCOLOR®;

### **II.2.3.7.Phosphate total**

La mesure du phosphate total se fait par la détermination spectrophotométrique en présence de bleu de molybdène après hydrolyse acide et oxydation à 100-120°C.

**Mode opératoire**

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

**II.2.3.8. Nitrate  $N\text{-NO}_3$**

La mesure des nitrates se fait par la détermination photométrique à l'aide du 2,6diméthylphénol dans un mélange d'acide sulfurique et d'acide phosphorique.

**Mode opératoire**

- Ouvrir une cuve ronde ;
- Ajouter 0,2 ml de l'échantillon à analyser et 0,5 ml de R2 ;
- Fermer et secouer légèrement ;
- Nettoyer la cuve à l'extérieur et laisser reposer 10min ;
- Mesurer à l'aide d'un spectrophotomètre NANOCOLOR® ;

**II.2.3.9. Nitrites  $N\text{-NO}_2$**

Le dosage des nitrites se fait par la détermination photométrique à l'aide de la sulfanilamide et de la N-(naphtyle-1)-éthylénediamine.

**Mode opératoire**

- Ouvrir une cuve ronde ;
- Ajouter 4ml de l'échantillon à analyser et 0,2 ml de R2 ;
- Agiter et laisser reposer 10min ;
- Bien nettoyer et mesurer à l'aide du spectrophotomètre NANOCOLOR® ;

**II.2.3.10. Le titre alcalimétrique**

Le titre alcalimétrique permet de connaître les teneurs complètes des hydrates alcalins et la moitié des carbonates. Si le pH de l'échantillon est entre 6,5 et 8,3, on constate que  $TA=0$ , sinon on passe au dosage ;

**Mode opératoire**

- Préparer une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,1N) et remplir la burette;
- Prendre 100ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250ml ;
- Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine ;
- Titrer successivement par la solution d'acide sulfurique jusqu'à l'obtention d'une solution d'une couleur faiblement rosée ;

**II.2.3.11. Le titre alcalimétrique complet**

Le titre alcalimétrique complet correspond à la teneur complète d'eau en carbonates, bicarbonates et des hydrates alcalins. Les résultats sont exprimés selon l'expression suivante ;

$$\text{TAC} = V(\text{H}_2\text{SO}_4) * [\text{H}_2\text{SO}_4] / V_{(\text{ech})} * 10^3$$

**Mode opératoire**

- Prendre 100ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250ml ;
- Ajouter quelques gouttes du méthyle orange ;
- Titrer par la solution d'acide sulfurique jusqu'à l'obtention d'une couleur jaune orangé ;

**II.2.3.12. Le dosage des chlorures**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence des chromates de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'une couleur rouge caractéristique du chromate d'argent. Les résultats sont exprimés selon la relation suivante ;

$$[\text{Cl}^-] = [\text{AgNO}_3] * V(\text{AgNO}_3) * M_{(\text{Cl})} / V_{(\text{ech})} * 10^3$$

**Mode opératoire**

- Introduire 25ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250ml;
- Ajouter 1ml d'indicateur K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ;
- Titrer par addition successive de nitrate d'argent jusqu'à l'obtention d'une couleur rouille ;

**II.2.3.13. Le titre hydrotimétrique total**

Le titre hydrotimétrique total est la concentration totale en ions calcium et magnésium. Elle est déterminée par un dosage complexométrique en présence de l'EDTA à pH=10, en utilisant le NET comme indicateur coloré. Les résultats sont données par l'expression suivante;

$$\text{TH} = V_{(\text{EDTA})} * [\text{EDTA}] / V_{(\text{ech})} * 10^3 \text{ mmol}$$

$$\text{TH}_{(\text{totale})} = \text{TH} * 10^\circ \text{F}$$

**Mode opératoire**

- Verser 40ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250ml;
- Ajouter 10ml de solution tampon à pH=10 ;
- Ajouter 30mg du mélange (NET+NaCl) ;
- Agiter la solution jusqu'à dissolution totale ;
- Titrer avec la solution d'EDTA, jusqu'à l'obtention d'une coloration bleu ;

**II.2.3.14. Détermination de la teneur en calcium et en magnésium**

Afin de déterminer la concentration en ion calcium et en ion magnésium dans une eau, on effectue une réaction de complexation avec l'ion EDTA dans un milieu tamponné à pH=10 en présence de l'indicateur coloré noir d'ériochrome NET. Les résultats sont donnés par l'expression suivante ;

$$[\text{Ca}^{+2}] = [\text{EDTA}] * V_{(\text{EDTA})} * M_{(\text{Ca})} / V_{(\text{ech})} * 10^3 \text{ mg/l}$$

**Mode opératoire**

- Introduire 50ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250ml;
- Ajouter 50ml de NaOH (2N) et quelques grains de murexide et agiter bien ;
- Si la couleur violette apparaît  $[\text{Ca}^{+2}] = 0$  ;
- Si la couleur est rose, titrer avec l'EDTA (0,02N) jusqu'à l'apparition de la couleur violette. Les résultats obtenus sont donnés par l'expression précédente;

➤ **Pour les ions  $\text{Mg}^{+2}$** 

Nous avons  $\text{TH} = [\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}] \Rightarrow [\text{Mg}^{+2}] = \text{TH} - [\text{Ca}^{+2}]$

- Si  $\text{TH} = 0$  alors  $[\text{Mg}^{+2}] = 0$
- Si  $\text{TH} \neq 0$  on titre avec EDTA (0,02N) et calculer comme suit;

$$V_{(\text{EDTA}/\text{Mg}^{+2})} = V_{(\text{EDTA}/\text{TH})} - V_{(\text{EDTA}/\text{Ca}^{+2})} \text{ ml}$$

$$[\text{Mg}^{+2}] = [\text{EDTA}] * V_{(\text{EDTA}/\text{Mg}^{+2})} * M_{(\text{Mg}^{+2})} / V_{(\text{ech})} * 10^3 \text{ mg/l}$$

**II.2.3.15. Analyse par infrarouge**

La spectroscopie infrarouge est un moyen de diagnostic permettant de déterminer la nature des liaisons chimiques présente 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 ;

### II.2.3.16. Analyse bactériologique

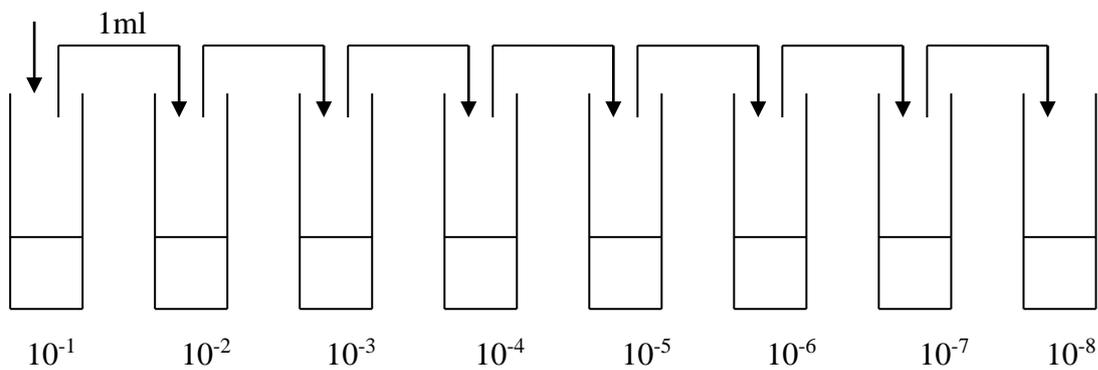
L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Elle représente également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement et pour identifier le taux de contamination ainsi que la toxicité de notre échantillon ;

- **Dénombrement des coliformes, des streptocoques fécaux et de la flore totale**

#### Préparation des dilutions

- Introduire 9ml d'eau distillé (bouillie et refroidie) dans chaque tube stérile (8tubes) ;
- Prélever 1ml d'eau à analyser (eau épurée) à l'aide d'une pipette stérilisée et l'introduire dans le premier tube ;
- Fermer et agiter soigneusement le tube ;
- Prélever 1ml de ce tube et l'introduire dans le 2eme tube et ainsi de suite jusqu'au huitième tube ; (voir le schéma ci-dessous)

1ml d'eau à analyser



Afin de dénombrer les microorganismes contenus dans l'eau, on suit le tableau suivant ;

Micro-organismes	Milieux	Dilutions	Incubation
<b>Coliformes</b>	VRBL	1 ml (-5 à -7)	48h/37°C
<b>Flore totale</b>	Gélose Nutritive	1 ml (-5 à -7)	48h/37°C
<b>Streptocoques fécaux</b>	BEA	1 ml (-5 à -7)	48h/37°C

**Tableau II.1** : Conditions de dénombrement des microorganismes contenus dans l'eau.

- **Dénombrement des clostridiums sulfito-réducteurs**

**Mode opératoire**

- Introduire 2ml de l'échantillon (solution mère) dans un tube à essai ;
- Chauffer au bain marie à 80°C pendant 10min ;
- Refroidir à 45°C ;
- Remplir le tube par ; la gélose VF (Viande foie) à laquelle on rajoute le sulfite de sodium et l'alun de fer ;
- Laisser geler puis ajouter environ 1ml de l'huile d'olive (pour favoriser l'anaérobiose) ;
- Incuber à 44°C pendant 48h
- Les clostridium sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium ;

**II.2.4. Analyse effectuées des feuilles et fruits**

*II.2.4.1. Analyse par infrarouge*

- **Feuilles**

**Mode opératoire**

- Prendre respectivement trois feuilles de chaque échantillons (plante irriguée par les eaux épurées et celle irriguée par les eaux de forage) ;
- Couper les feuilles de chaque échantillons en petit morceaux et les mettre dans des creusets ;
- Sécher à l'étuve pendant 24h à une température de 105°C ;
- Broyer finement les échantillons ;
- Analyser par l'appareil infra-rouge Agilent Technologies CARY 630 FTIR ;

- **Fruits**

**Mode opératoire**

- Sécher les échantillons (pelures et fruits) à 105°C pendant 24h ;
- Les broyer jusqu'à l'obtention d'une poudre fine ;
- Passer les échantillons préparé à l'appareil infrarouge Agilent Technologies CARY 630 FTIR et lire les résultats à l'aide du logiciel (PANORAMA 3.1) ;

#### ***II.2.4.2. Analyse bactériologique***

##### **Préparation des échantillons**

Broyer les échantillons (feuilles, fruits et pelures) jusqu'à l'obtention d'un jus ;

##### **Mode opératoire**

Afin de faire une analyse bactériologique nous avons utilisé le mode opératoire précédant (II.2.3.16) ;

### **II.3. Conclusion**

Ce chapitre nous a permis d'effectuer les différents protocoles d'analyses ; des eaux épurées ainsi que le fruit obtenu ; pour mettre la théorie en pratique et de réaliser à quel point est-il 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.

*Chapitre III*

*Résultats*

*Et*

*Discussion*

### III.1. Introduction

Ce dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats des analyses des eaux épurées utilisées pour l'irrigation des plants de courgette ainsi que ceux des analyses obtenues des fruits de courgette, suivi d'une interprétation.

### III.2. Résultats des analyses obtenues sur les eaux épurées

#### III.2.1. Les paramètres physico-chimiques

Paramètres	Unité	Valeur minimal	Valeur maximal	Moyenne des résultats obtenus	Normes de rejet	Normes de réutilisation
pH	/	7,10	7,53	7,36	6,5-8,5	6,5-8,5
T	°C	12,8	20,8	17,85	<30	<30
Conductivité	µs/cm	1023	1657	1409	/	<3000
O <sub>2</sub>	mg/l	0,23	0,34	0,27	/	>5

**Tableau III.1** : Résultats des paramètres physico-chimiques obtenus

D'après le tableau (III.1), les valeurs de la température et du pH varient successivement entre 12,8°C (minimale) et 20,8°C (maximale) avec une moyenne de 17,85°C, et un pH compris entre 7,10 et 7,53 avec une moyenne de 7,36. Ces valeurs (température et pH) s'avèrent conforme aux normes de rejet et de réutilisation en agriculture, soit ; la température < 30 et le pH d'un intervalle de 6,5 et 8,5.

Sachant que la température favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle intensifie les odeurs et les saveurs (CARO, 1990) et que le pH influence la forme et la disponibilité des éléments nutritifs dans l'eau d'irrigation (LEFEVRE, 1991) ; nous pouvons dire que notre eau peut favoriser les micro-organismes et peut contenir des éléments nutritifs.

La conductivité électrique détermine la quantité du sel dissout et la capacité de conduire le courant électrique.

Les valeurs trouvées sont comprises entre 1023 et 1657 µs/cm avec une moyenne de 1409µs/cm qui est inférieure à la norme de réutilisation. Donc nous pouvons dire que les eaux épurées de la STEP de SET ont une bonne conductivité électrique.

L'oxygène est un facteur clé et un excellent indicateur de la qualité de l'eau. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau (RODIER, 1984).

Nous remarquons du tableau (III.1) que les valeurs de O<sub>2</sub> se situent dans un intervalle qui va du minimum de 0,23 au maximum de 0,34 avec une moyenne de 0,27. Cette dernière est inférieure à la norme de réutilisation. Donc, nous pouvons dire que notre eau est de moyenne qualité.

### III.2.2. Les paramètres de pollution effectués au laboratoire de la STEP de SET

Paramètres	Unité	Valeur minimal	Valeur maximal	Moyenne des résultats obtenus	Normes de rejet	Normes de réutilisation
MES	mg/l	5	12,5	8,66	<30	<30
DBO <sub>5</sub>	/	4	5	4,66	<20	<30
DCO	/	12	18	15,33	<120	<90
N-NH <sub>4</sub>	/	1,50	1,56	1,53	3-5	/
N-NO <sub>2</sub>	/	0,005	0,009	0,007	<1	/
N-NO <sub>3</sub>	/	1	2	1,67	8-10	<30
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	/	1,36	1,39	1,38	/	<2
NT	/	52,2	52,4	52,27	/	<50

**Tableau III.2** : Résultats des paramètres de pollution effectués au laboratoire de la STEP de SET.

Les MES donnent à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur (BAUMONT et al.) .

Vu que la valeur des MES est strictement inférieure à la norme de rejet et à la norme de réutilisation comme le montre le tableau (III.2), cela nous permet de dire que les MES n'affecte pas les eaux d'irrigation.

Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> et la DCO s'avèrent conforme aux normes de rejets et de réutilisation (4,66 pour la DBO<sub>5</sub> et 15,33 pour la DCO). Donc nous pouvons dire que la charge polluante est faible.

Azote totale est un élément essentiel à la croissance des plantes et des feuilles, une quantité suffisante d'azote doit être disponible aux cultures pour obtenir une bonne récolte (**Site internet 3**). Vu que la partie la plus importante de l'azote absorbée par la plante est sous forme de nitrate, Les ions ammonium  $\text{NH}_4^+$  doivent être transformés en ions nitrate par des bactéries afin de devenir absorbables (**Site internet 4**). D'après le résultat obtenu (tableau III.2) la valeur de l'azote total est légèrement supérieure à la norme de réutilisation, cela veut dire que l'azote peut favoriser les problèmes de verse, les retards de la maturité ou la dégradation de la qualité des récoltes, par contre la valeur des nitrates s'avère conforme aux normes de réutilisation (<30)

Le phosphate total est un régulateur de croissance des plantes au niveau des racines, les cellules, tiges, et des fleurs (**Site internet 4**). D'après le tableau III.2, la valeur de phosphate total est de 1,38, cette valeur s'avère conforme aux normes de réutilisation (<2).

### III.2.3. Les paramètres de pollution non-effectués au laboratoire de la STEP de SET

paramètres	unités	Résultats obtenus	Normes de rejets	Normes de réutilisation
TA	mg/l	0	/	/
TAC	/	1,3	/	/
TH	/	875	/	/
Mg	/	38,4	/	/
Ca	/	216	/	/
Cl	/	113,6	/	377

**Tableau III.3.** Résultats des paramètres de pollution effectués au laboratoire.

Les chlorures participent à la conductibilité électrique de l'eau (**Rodier, 2009**). Une concentration élevée de chlorures affecte le goût de l'eau et accélère la corrosion des métaux dans le réseau en fonction de l'alcalinité de l'eau (**DEGREMONT, 2005**).

Dans le tableau III.3, nous avons une valeur de 113,6mg/l des chlorures qui est inférieur à la norme de réutilisation des eaux (377 mg/l), ce qui veut dire que notre eau est bonne du côté des chlorures.

La dureté de l'eau est due aux ions métalliques polyvalents dissous, elle fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. L'alcalinité, quant à elle, est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides, c'est un peu comme le pouvoir tampon de

l'eau (COUTURE, 2006). Le pouvoir neutralisant de l'eau est attribué principalement à la présence de bicarbonates de calcium et de magnésium dissous dans l'eau (COUTURE, 2003).

D'après le tableau (III.3) ; la valeur du titre alcalimétrique (TA) est égale à 0mg/l, cela est dû à la valeur du pH de l'échantillon située entre 6,5 et 8,3 ; la valeur du titre alcalimétrique complet (TAC) est de 1,3 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

La valeur de la dureté est de 875 mg/l, donc d'après le tableau (III.4), nous pouvons dire que notre eau est dure, ce qui veut dire qu'elle est riche en ions calcium (>120mg/l) et magnésium (ANONYME 4, 2013).

Classe des eaux	Dureté en °F	Dureté en mg/l
Très douce	0-6	0-60
Douce	6-15	60-150
Moyennement dure	15-30	150-300
Très dure	30 à plus	300 à plus

Tableau III.4 : Les différentes classes de la dureté (BERNE et CORDONNIER, 1991)

### III.3. Le suivi des plans de courgettes

Au cours de notre étude nous avons suivi le développement de nos plans de courgette, les résultats sont donnés dans la figure suivante ;

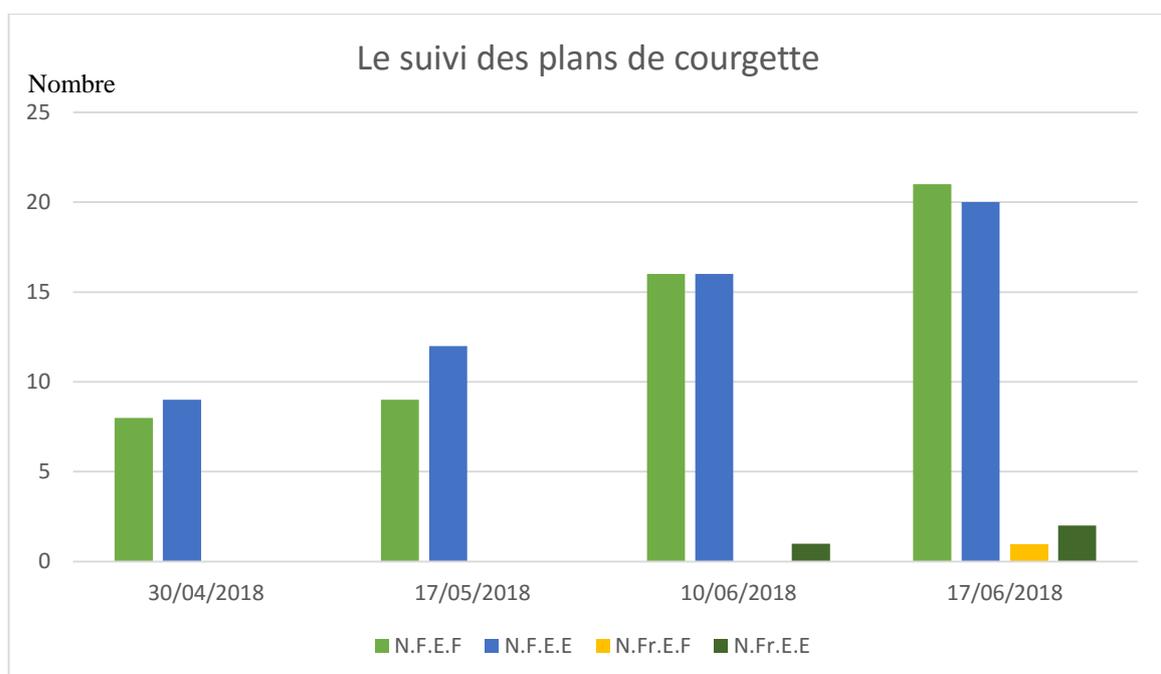


Figure III.1 : Le suivi des plans de courgette

D'après les observations illustrées dans la figure III.1, nous remarquons que ;

- Avant la période de fructification, le nombre de feuilles des plans irrigués par les eaux épurées est supérieur à ceux irrigués par les eaux de robinet.
- Après la formation du premier fruit des plans irrigués par les eaux épurées, le nombre de feuilles de ces derniers est égal à ceux irrigués par les eaux de robinet.
- Le rendement des plans irrigués par les eaux épurées est supérieur à ceux irrigués par les eaux de robinet par contre le nombre de feuilles est inversement proportionnels.

D'après ces résultats, la valeur de l'azote total n'a pas influencé sur le rendement de la courgette.

### III.4.Effet d'irrigation par les eaux usées épurées sur le rendement et la croissance de la courgette

Les résultats de variation des caractéristiques de la courgette en fonction du type d'eau sont présentés dans le tableau (III.5) Il en ressort que l'irrigation par les eaux épurée permet d'améliorer le rendement (de 1 à 2 fruits/plant), le poids (de 143,49 à 237,85 g/plant), la longueur (de 12 à 13cm), le diamètre maximal (de 5,1 à 5,7 cm) et le diamètre minimal (de 3,7 à 4,8 cm). Cet accroissement peut être dû aux éléments nutritifs des eaux. (Voir photos en Annexe)

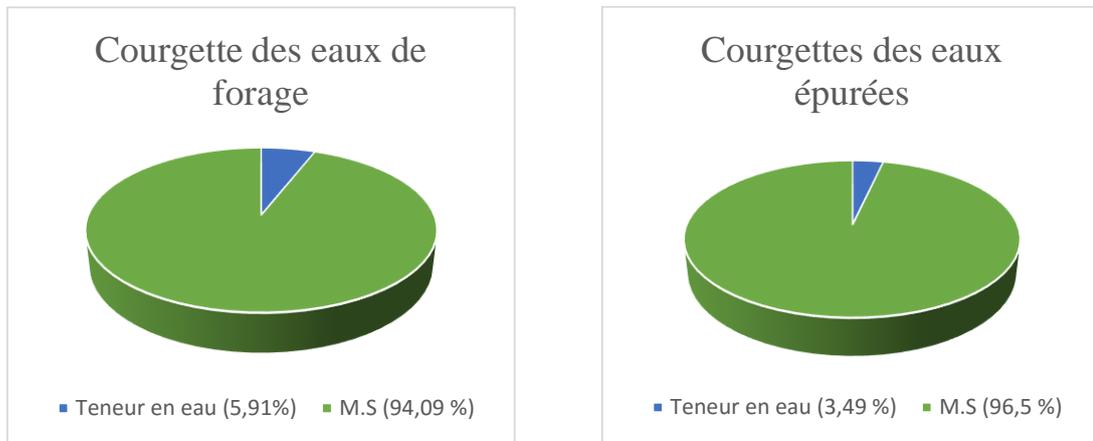
	EE	EF
<b>Rendement (nombre de fruit/plant)</b>	2	1
<b>Masse (g/plant)</b>	237,85	143,49
<b>Longueur (cm)</b>	13	12
<b>Diamètre maximal (cm)</b>	5,7	5,10
<b>Diamètre minimal (cm)</b>	4,8	3,7

**Tableau III.5.** Effet des eaux d'irrigation sur la courgette.

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

➤ **La teneur en eau**

Nous avons mesuré la teneur en eau par la méthode citée (en Annexe) ;



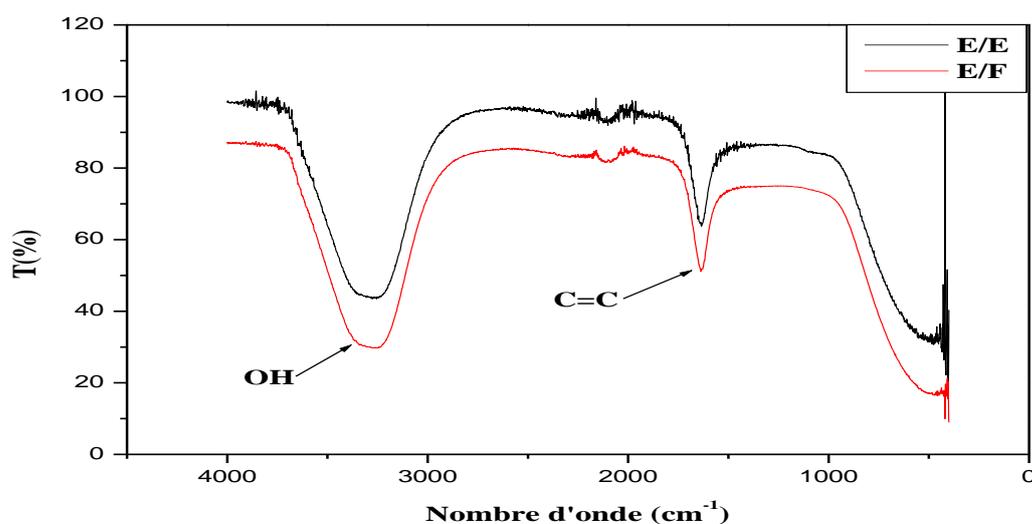
**Figure III.2:** Les teneurs en eau et les matières sèches des courgettes obtenues

D'après la figure, la teneur en eau de la courgette irriguée par les eaux de forage est supérieure à celle irriguée par les eaux épurées.

### III.5. Résultats des analyses des ; eaux, feuilles et fruits

#### III.5.1. Infrarouge

- Eau

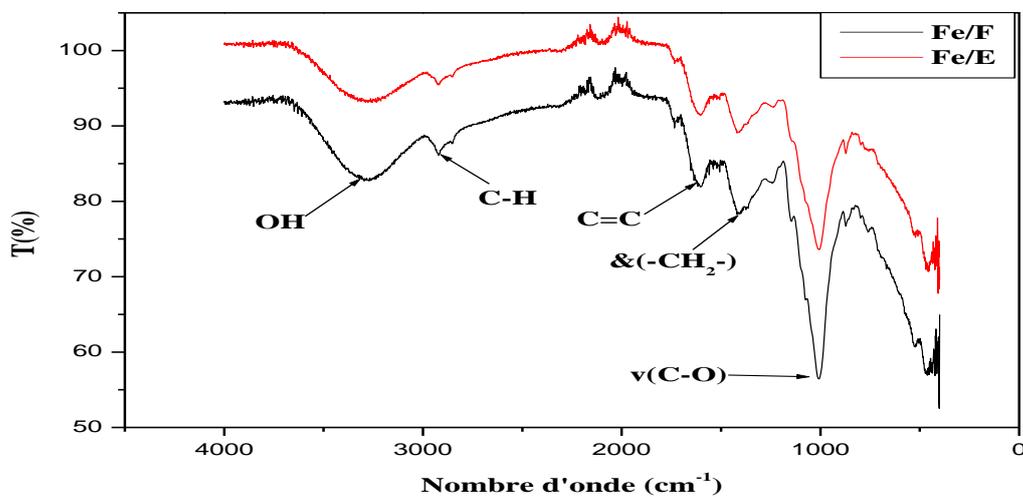


**Figure III.3:** Spectres infrarouge des eaux ; épurées et de forage

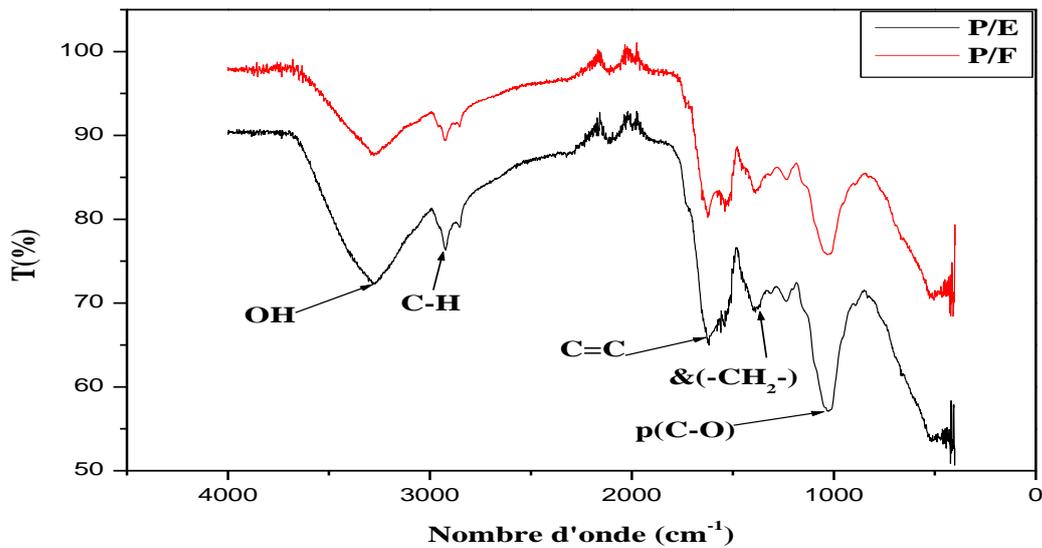
D'après la figure (III.3), les deux spectres (des eaux de forage et des eaux épurées) présentent les mêmes bandes avec une légère différence d'intensité (celui des eaux de forage est plus intense que celui des eaux épurées).

Les bandes représentées dans ces spectres sont : une bande large entre 3000 et 3500  $\text{cm}^{-1}$  qui représente la fonction alcool ou phénol et une bande fine au voisinage de 1600  $\text{cm}^{-1}$  représentant une liaison C=C d'un composé aromatique.

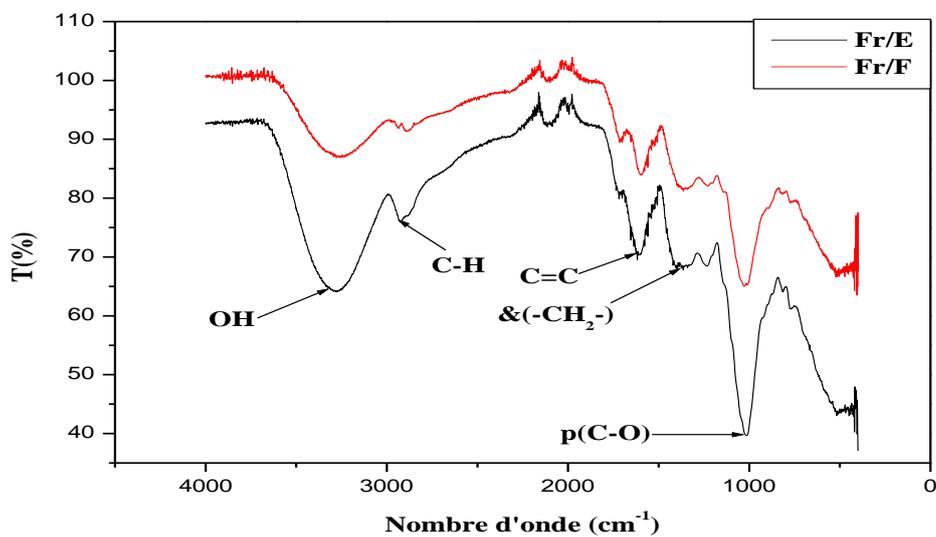
- Feuilles, fruits et pelures



**Figure III.4:** Spectres infrarouge des feuilles des plans irrigués par les eaux épurées et les eaux de forage



**Figure III.5 :** Spectres infrarouge des pelures de courgettes irriguées par ; les eaux épurées et les eaux de forage

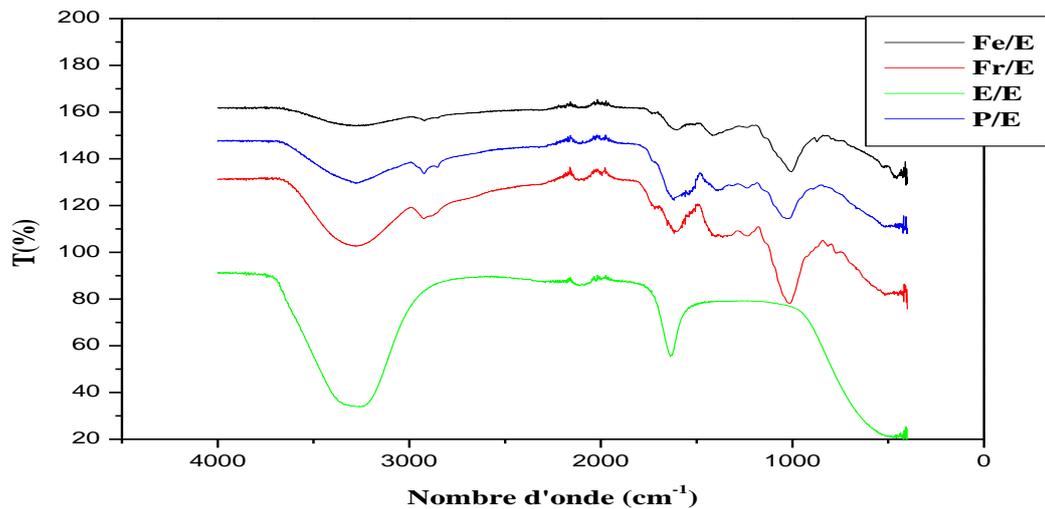


**Figure III.6 :** spectres infrarouge des fruits irriguées par ; les eaux de forage et les eaux épurées

Nous remarquons que Les trois spectres précédant (feuille, fruit et pelure) présentent une bande entre 2500 et 3000  $\text{cm}^{-1}$  C-H d'un alcane et plusieurs bandes au voisinage de 1400  $\text{cm}^{-1}$

caractérisant une vibration de déformation  $\text{CH}_2$  ainsi qu'une bande fine d'un C-O pouvant être d'un composé phénolique, plus les bandes obtenues dans le spectre des eaux, cela est peut-être dû à la présence des huiles.

- **Comparaison entre les spectres**



**Figure III.7:** comparaison entre l'abondance les spectres obtenues des eaux épurées, les feuilles, les fruits et les pelures obtenues

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, pelures et aux feuilles.

### III.5.2. Analyses bactériologiques

Les résultats des analyses des analyses bactériologiques sont données dans le tableau III.6 ;

Bactéries Echantillon	Streptocoque fécaux	Coliformes	Flore totale	Clostridium sulfito- réducteurs
Eaux épurée	2<30	/	50*10 <sup>6</sup>	+
Feuille	10<30	/	98*10 <sup>6</sup>	+
Pelure	17<30	39*10 <sup>6</sup>	76*10 <sup>6</sup>	-
Fruit	/	/	134*10 <sup>6</sup>	-

Tableau III.6: résultat des analyses bactériologiques

- **30<C<300 => dénombrable**
- **Les résultats obtenus sont pour des dilutions de 10<sup>-6</sup>.**

Les coliformes sont des micro-organismes que nous retrouvons partout dans notre environnement, dans notre corps, de même que dans celui de tous les êtres vivants. (ANONYME 5, 2005). La présence des coliformes n'est pas obligatoirement une indication directe de la contamination fécale. Leur recherche est utile pour déterminer la qualité d'une eau après traitement. (LARPENT, 1990)

La flore totale présente des microorganismes aérobies et aéro-anaérobies facultatifs se développant dans un milieu nutritif gélosé défini non sélectif incubé à 37°C pendant 24 heures. Ils apparaissent sous forme de colonies de tailles et de formes différentes.

Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (ARMAND, 1996).

Les streptocoques fécaux sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus*. (SEGHIR.K, 2008). Leur présence dans les eaux serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne. (MAIGA, 2005).

D'après le tableau (III.6), nous remarquons ;

- L'absence des coliformes dans les eaux épurées ce qui répond aux normes de réutilisation selon JORA (<250 CFU/100ml) et leur présence dans la pelure ce qui est peut être due à la présence des coliformes dans le sol ;
- L'absence totale des Streptocoques fécaux dans chaque échantillon peut nous renseigner que notre eau n'a pas une contamination fécale ;

- La présence de la flore totale dans chaque échantillon, ce qui nous informe que les eaux épurées contiennent plusieurs bactéries (la flore totale est l'ensemble de plusieurs bactéries) qui sont transférées vers la pelure, le fruit et les feuilles.

Vu que généralement les légumes et fruits rejettent leur pollution vers la pelure, nous pouvons dire que la quantité de la flore totale présente dans le fruit est peut-être dû à une contamination par nos soins au laboratoire.

- La présence des clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux ainsi que dans les feuilles et leur absence dans le fruit et la pelure donc les bactéries n'ont pas été transmises aux fruits.

La présence des clostridium sulfito-réducteurs dans les feuilles peut être due soit à la pollution du sol, soit à une contamination directe par les eaux d'irrigation (dépôt des eaux sur les feuilles) ;

- D'après tous ces résultats, nous constatons que les eaux épurées de la STEP de SET contiennent des bactéries qui peuvent nuire à la santé humaine, mais cette contamination se localise au niveau des feuilles et de la pelure.

### **III.6. Conclusion**

Durant l'expérimentation réalisée au cours de notre étude nous avons pu caractériser notre sujet qui est l'évaluation des eaux usées épurées de la STEP de SET en vue de leur réutilisation en agriculture.

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 ainsi que leurs analyses logiques avec une comparaison quantitative et qualitative entre les différents échantillons.

Les aboutissements introduits dans ce chapitre nous permettent d'évaluer la qualité de ces eaux par rapport à l'irrigation.

*Conclusion*

*Générale*

## Conclusion générale

L'installation des systèmes d'épuration constitue une solution non-négligeable pour récupérer un volume d'eaux usées avec une capacité polluante remarquable afin de répondre à la demande des agriculteurs.

La première étude menée au cours de ce modeste travail nous a permis d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau traitée de la STEP de SET.

Il en ressort de cette étude que :

- Les eaux traitées de cette station sont des eaux ; de bonne qualité (par rapport à l'oxygène et les chlorures), de bonne conductivité électrique et de faible charge polluante.
- Ces eaux sont des eaux alcalines et dures (875 mg/l).
- La valeur de l'azote total de ces eaux épurées est légèrement supérieure à la norme de réutilisation mais qui ne présente aucune influence sur la croissance et le rendement de notre culture.
- Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus montrent la présence de la flore totale dans tous les échantillons, et les clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux et les feuilles.

L'examen de la deuxième étude, sur la culture de la courgette irriguée par ces eaux, conduit à une amélioration du rendement. En comparant les résultats à ceux obtenus sur la courgette irriguée par les eaux de forage, on observe l'effet des éléments fertilisants présents dans les eaux épurées telle que la matière organique.

En termes de qualité hygiénique des récoltes, l'étude bactériologique a montré que le transfert des polluants a généralement pour site de localisation les feuilles et la pelure.

A partir de ces résultats, nous pouvons dire que la réutilisation des EUE de la STEP de SET présente des risques toxiques pour la santé humaine. Pour cela il est recommandé de procéder à un traitement tertiaire afin d'éliminer toutes les substances bactériologiques susceptibles de contamination.

Cependant, par souci économique, 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.

## Conclusion générale

La revalorisation, doit commencer par l'élaboration d'une étude s'étalant sur ; une plus longue période et différentes culture ; afin d'avoir des résultats minutieux et par conséquent prendre des décisions fermes et claires qui permettrons de tirer profit de ces sous-produits, aussi bien dans les domaines de l'agriculture, de l'énergétique ainsi qu'environnemental et économique.

*Références*  
*bibliographiques*

## Références bibliographiques



**ABBOU S. (01/2012).** Réutilisation des eaux usées épurées. Office National d'Assainissement.

**AMY G, DEBROUX J.F, ARNOLD R et WILSON L.G. (1996).** Preozonation for enhancing the biodegradability of wastewater effluent in a potable-recovery soil aquifer treatment (SAT) system. Rev. Sci. Eau, 9. P 365-380

**ANONYME 1. (2004).** Dictionnaire Larousse

**ANONYME 2. (2000-2015).** Mémoire online ; réflexion sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejetées dans la grande Sebkhah d'Oran ; 2000-2015

**ANONYME 3. (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.

**ANONYME 4. (2013).** IRBMS ; Teneurs en calcium et magnésium et sel de différentes eaux de commerce.

**ANONYME 5. (2005).** Projet J'Adopte un cours d'eau. CVRB.

**ARMAND L. (1996).** Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. P : 37.



**BAUMONT S, CAMARD J, LEFRANC A. (2005).** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France. P.26, 220.

**BELAID N. (2010).** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques; thèse présentée en vue de l'obtention du DOCTORAT De l'Université de Sfax.

**BERNE F. et CORDONNIERJ. (1991).** Traitement des eaux. Edition : Tec. P : 6-14.

**BLAIS J. F., SASSEVILLE.J.L. (1996).** Les mesures d'efficacité énergétique électrique dans le secteur de l'eau, Etat de l'art du traitement et de la disposition ou valorisation des boues d'usines d'épuration municipales. Édition: Jean-François Blais et Jean-Louis Sasseville.

## Références bibliographiques

**BOUANANI.H, KETTAB.A. (2012).** Performance et rentabilité agricole de la STEP de Sidi Ali Lebher- Bejaia ; école nationale polytechnique d'Alger.

**BOUZEROURA.E, (Mai 2018).** L'assainissement en Algérie, passé, présent et future. Journal El-Djazair.



**CAID.A. (1984).** Epuration biologique des eaux usées urbaines ; TOME I ; Office des publications universitaires.

**CARO.L. (1990).** Les propriétés physique et chimique de l'eau. Le grand livre de l'eau. Edition. Le villette. P 83-194.

**COUTURE.I. (2003-2004).** Analyse d'eau pour fin d'irrigation. MAPAQ Montérégie-Est. AGRIVISION.

**COUTURE.I. (2006).** Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation. COLLOQUE SUR L'IRRIGATION ;L'EAU, SOURCE DE QUALITÉ ET DE RENDEMENT



**DADLE. (2010).** L'évaluation de la possibilité de réutiliser en agriculture l'effluent traité de la commune de DRARGA. Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M.Env.)

**DEGREMONT. (2005).** Mémento technique de l'eau Tome 1 - Tome 2.

**DUGUET J.P. (2006).** Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine, première édition ; ASTEE.



**ECKENFELDER.W.W traduit de l'américain par L.Vandevenne, (1982).**Gestion des eaux usées urbaines et industrielles 1982- Caractérisation- technique d'épuration, Aspects économiques .Technique et documentation Lavoisier.

## Références bibliographiques

*F*

**FRANCK R. (2002).** « Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques », Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP), Bordeaux. P. 358.]

*G*

**GOMELLA ET GUERRE. (1978).** Le traitement des eaux publiques industrielle et privée. Edition Eyrolles Paris.

**GOOGLE EARTH. (28/05/2018)**

**GROSCLAUDE, GERARD, DIR. (1999).** L'eau, tome 1 : Milieu naturel et maîtrise et tome 2 : Usages et polluants. Versailles, Institut National de la recherche Agronomique.

*H*

**HANNACHI A, GHARZOULI A, DJELLOULI Tabet Y. (2014).** Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, pp.51-62.

*I*

**IHADDADEN S e HAMZA M. (2016).** Analyses physico-chimiques des eaux de process et des boissons de SARL IFRI ; En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie.

*J*

**JARDE E. (2002).** Composition organique de boues résiduelles de stations d'épuration lorraines: Caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation ; Thèse présentée pour l'obtention du titre de Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy I en Sciences de l'Univers.

**JORA. 2012.** Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). N° 41, 15 juillet 2012.

## Références bibliographiques

*K*

**KEMMER F.N. (1984).** Manuel de l'eau. Technique et Documentation Lavoisier, Paris, France, 930 p.

**KERAMBRUN P. (1983).** Conséquences de la pollution thermique sur les organismes marins. Océans 9(8).

*L*

**LADJEL F et BOUCHEFER S.A. (2012).** exploitation d'une station d'épuration à boues activées et d'une lagune, niveau 2

**LARPENT J.P. (1997).** Microbiologie alimentaire, technique de laboratoire.p464.

**LEFEVRE S. (1991).** Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.

*M*

**MAIGA A. (2005).** Thèse diplôme d'état (Docteur en Pharmacie) Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Bamako (Mali). p: 77.

**MEHATRI M. (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**MORIN E et autres. (2013).** Guide de définitions à l'attention des services en charge de la police de l'eau pour le renseignement de la base de données ROSEAU, Direction de l'eau et de la biodiversité Grande Arche, p.14

*O*

**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

**OUALI M.S. (2001).** Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Office des publications universitaires Alger.

**OUNAIES F. KOUNIDI A. OUESLATI A.M. (1989).** Réutilisation des eaux usées épurées dans le secteur agricole en Tunisie : Situation actuelle et perspectives. MEDIT N° 1/92.



**PILET C. (1983).** Bactériologie médicale et vétérinaire, systématique bactérienne. 2eme éd. Edition Doin.

**PONS M, BELHANI M, BOURGEOIS J, DUPUIT E. (2008).** Analyse du cycle de vie- Epuraton des eaux usées urbaines.



**RAHOU KADA B. (2014)** .Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d’El Kerma Oran.

**RAISSI O. (2014).** Protection de la ressource en eau en Algérie ; Office national de l’assainissement.

**RIAH A, HAMADI H, BOUMAZOUD A. (2011).** Traitement des eaux usées domestiques.

**RODIER J et autres. (1984).** L’analyse de l’eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer ; chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie ; 7e éd. Edition Dunod, Paris.

**RODIER J. LEGUBE B. MERLET N et coll. (2009).** L’Analyse de l’eau, neuvième édition ; Edition Dunod, Paris.



**SALGHI R. (2006).** Différentes filières de traitement des eaux, cours préparés, Ecole Nationale des Sciences Appliquées d’Agadir. Université IBEN ZOHIR., ROAUME du MAROC.P.22.

## Références bibliographiques

**SEGHIR K, (2008).** Protection des ressources en eaux et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa . Thèse de Doctorat En Géologie Appliquée Vulnérabilité à la pollution. Hammamet (Est Algérien), Faculté des Sciences de la Terre de Badji Mokhtar, Annaba (Algérie), p: 158.

**SELMI S. ELLOUM M. HAMMAMI M. (2007).** La réutilisation des eaux usées traitées en agriculture dans la délégation de Mornèg ; Tunisie.



**TOZE S. (1999).** PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. Water Res 33. P 3545–3556

### *Site internet*

**Site internet 1 :** [www.ekopedia.fr/wiki/Eau](http://www.ekopedia.fr/wiki/Eau) : Consulté le 23/06/2018 à 19 :35

**Site internet 2 :** [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com) ; 24/05/2018 ; 00 :02

**Site internet 3 :** [www.sdea.fr](http://www.sdea.fr) ; Tous les schéma animés du sdea (syndicat des eaux et de l'assainissement Alsace-Moselle) ; 2017 . Consulté le 04/06/2018 à 16h32

**Site internet 3 :** <https://www.bio-enligne.com/fertilisation/200-azote.html>.; Consulté le 04/06/2018 à 12h33.

**Site internet 4:** <http://planete-verte.e-monsite.com/pages/les-modalites-de-l-absorption.html>.; consulté le 04/06/2018 à 15h08.

# *Annexes*

## Annexes

- *Matériels utilisés aux laboratoires*



*Flacon en verre*



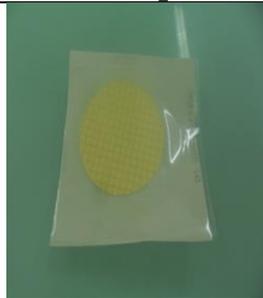
*OxiTop®*



*Barreaux maghétiques*



*Godets en caoutchouc*



*Papier filtre*



*Creuset*



*Balance analytique*



*Appareil de filtration*



*Pompe à vide*



*Etuve*



*Eprouvette graduée*



*DBO mètre*

*Annexes*



*Fioles jaugées*



*Béchers*



*Flacons en verre*



*Erlenmeyer*



*Entonnoirs*



*Flacons en plastique*



*Pince*



*Pipettes*



*Bouteilles en gouttelettes*



*Plaque chauffante*



*Spectrophotomètre de  
type  
NANOCOLOR® et PF-  
10. FTIR*



*Pompes de pipette*

## Annexes



Appareil infrarouge Agilent  
Technologies CARY 630

### • *Préparation des solutions*

#### **Solution d'EDTA N/50 ( $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ ) : (0.02N ou 0.01M):**

- 3.75 g EDTA après déshydratation à 80 °C pendant 02 heures ;
- 1000 ml d'eau distillée.

#### **Solution d'hydroxyde de sodium (NAOH) 2N**

- 80,8 g de NAOH ;
- 1000 ml d'eau distillée ;

#### **Le NET**

- 1g de NET ;
- 100g de chlorure de sodium NaCl ;

#### **Solution d'hydroxyde d'ammonium ( $NH_4OH$ ) pH=10**

- 67.5 g Chlorure d'ammonium ;
- 570 ml de  $NH_4OH$  ;
- HCl concentré pH=10;
- 1000 ml d'eau distillée.

#### **$K_2Cr_2O_7$ :**

- 10 g de  $K_2Cr_2O_7$  ;
- 100 ml d'eau distillée ;

## Annexes

- *Les propriétés des réactifs utilisés*

REACTIS	FORMULE CHIMIQUE	MASSE MOLAIRE g/mol
Acide sulfurique	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98.079
Sulfate de mercure	HgSO <sub>4</sub>	206.65
Orange de Naranja	S <sub>3</sub> NaO <sub>3</sub> N <sub>14</sub> H <sub>14</sub> C	327.33
Nitrate	N-NO <sub>3</sub>	76
Acide phosphorique	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	97.9952
Nitrite	N-NO <sub>2</sub>	60
Sulfite de sodium	Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	126.043
Alun de Fer	NH <sub>4</sub> Fe(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	482,25
Hydroxyde de sodium	NaOH	39.9971
Bichromate de potassium	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	294.1846
2,6 dimethyl phénol	CH <sub>8</sub> O <sub>10</sub>	30
N-(Naphtyl- 1)Ethylenediamine	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub>	186.26
Hypochlorite	ClO <sup>-</sup>	51,4521
Salicylate	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	138,121
Carbonates	CaCO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	60,01
bicarbonates	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	61,01

## Annexes

- Préparation des échantillons de courgettes



**Figure.** Plans irrigués par les eaux épurées



**Figure.** Plans irrigués par les eaux de forage

- *Tableau des facteurs de la DBO*

Volume de la prise d'essai	Intervalle de mesure (mg/l)	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50
22,7	0-4000	100

**Tableau.** Intervalles de mesure de la DBO<sub>5</sub>

## Annexes

- **Les résultats des paramètres physico-chimiques ;**  
a) *Le mois de mars*

Jour Paramètre	01/03/18	10/03/18	20/03/18	30/03/18
T (°C)	16,4	17,1	17,6	17,6
pH	7,53	7,38	7,27	7,32
Conductivité (µs/cm)	1561	1405	1426	1444
O <sub>2</sub> (mg/l)	0,25	0,30	0,26	0,29

### *b) Le mois d'avril*

Jour Paramètre	01/04/18	10/04/18	20/04/18	30/04/18
T (°C)	12,8	15,1	19,4	20,8
pH	7,50	7,45	7,38	7,33
Conductivité ( µs/cm)	1657	1420	1423	1440
O <sub>2</sub> (mg/l)	0,23	0,26	0,28	0,26

### *c) Le mois de mai*

Jour Paramètre	01/05/18	10/05/18	20/05/18	30/05/18
T (°C)	18,0	20,8	19,4	20,3
pH	7,33	7,35	7,1	7,35
Conductivité ( µs/cm)	1331	1431	1023	1344
O <sub>2</sub> (mg/l)	0,24	0,23	0,34	0,26

- **Les résultats des paramètres de pollution**

Mois Paramètres	Mars	Avril	Mai
MES	8,5	12,5	5
DBO <sub>5</sub>	5	4	5
DCO	12	16	18
N-NH <sub>4</sub>	1,50	1,56	1,54
N-NO <sub>2</sub>	0,005	0,009	0,008
N-NO <sub>3</sub>	2	1	1
P-PO <sub>4</sub>	1,36	1,39	1,38
NT	52,2	52,4	52,2

## Annexes

- **Méthode de calcul des diamètres maximaux et minimaux de la courgette**

Nous avons coupé notre courgette et mesuré les diamètres maximal et minimal à l'aide d'une règle;

- **Méthode de détermination de la teneur en eau de la courgette**

➤ **Mode opératoire:**

- Rincer d'abord un creuset vide avec de l'eau distillée ;
  - Sécher le creuset, puis le peser ;
  - Prendre une quantité de courgette coupée et la mettre dans le creuset vide séché;
  - Peser le creuset et la courgette ;
  - Mettre le creuset à l'étuve à 105°C pendant 24heures ;
  - Une fois refroidit dans le dessiccateur peser notre courgette séchée ;
- Résultat des teneurs en eau ;

Composition	Courgette	Courgette des eaux épurées	Courgette des eaux de forage
Teneur en eau (%)		3,49	5,91
M.S (%)		96,50	94,09



**Figure :** courgette irriguée par les eaux de forage



**Figure :** courgette irriguée par les eaux épurées

## **Résumé :**

L'objectif de notre travail est de mettre en évidence, d'une part l'effet de l'irrigation avec les eaux usées épurées sur les paramètres de croissance et rendement de la culture de courgette et d'autre part de déterminer le degré de contamination fécale par ces eaux ayant subies les opérations d'épurations. Les irrigations avec les eaux usées épurées conduisent à une amélioration du rendement de la culture par rapport à l'eau de forage.

Par ailleurs, pour déterminer la qualité des eaux usées épurées vis-à-vis des normes réglementaires régissant les rejets et leur réutilisation, nous avons suivis les paramètres physico-chimiques, indicateurs de pollution (DCO, DBO5, O<sub>2</sub>dissous, ...) et confirmé la présence des polluants par analyse infra rouge. De plus, le suivi de la qualité bactériologique des eaux usées épurées atteste la présence d'indicateurs de contamination.

Les eaux usées épurées exercent un effet positif sur la croissance et le développement de la courgette, mais de point de vue qualité bactériologique les résultats obtenus montrent que l'irrigation avec ces eaux peuvent avoir des effets néfastes vis-à-vis de la culture, qui pourraient nuire à la santé des êtres vivants ; plus particulièrement des consommateurs.

**Mot-clé :** Analyses, courgette, Eaux usées épurées, Irrigation, Réutilisation, Station d'épuration.

## **Abstract:**

The objective of this work is to highlight a share, the effect of irrigation on the parameters of growth and output of courgette culture, and another share to determine their degree of fecal contamination. Leads to of improvement of output of culture compared to drilling water.

To determine the quality of the treated water with reference to the standards of rejection and reuse, we carried out analyzes on the physico-chemical parameters of the pollution parameter (DCO, DBO<sub>5</sub>, dissolved O<sub>2</sub>) and infrared analysis the monitoring of the bacteriological quality of the treated wastewater attests the presence of contamination indicators.

Purified sewage has a positive on the growth and development of the courgette, but from a bacteriological quality point of the view shows these waters can damage our cultures and put the health of living beings in danger.

## **Keyword:**

Analyses, cultures, Irrigation, Treated waste water, Irrigation, Reuse, Eparation station...