

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
**Université A. MIRA – Bejaia**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de Sciences Biologiques de l'Environnement**  
**Option : Toxicologie Industrielle et Environnementale**

**Mémoire De Fin De Cycle**  
**En Vue De L'obtention Du Diplôme De**  
**MASTER**

*Contribution à l'étude comparative de deux  
coagulants dans le traitement des eaux usées de la  
STEP de Souk El Tenine, Bejaia, Algérie.*

Soutenu le : 01/07/2019

Présenté et soutenu par :

- ✓ AKKAL Lemya
- ✓ MERTOUSSE Yamina

Devant le jury composé de :

<b>M<sup>r</sup> BEN HAMICHE Nadir</b>	<b>MCA</b>	<b>Promoteur</b>
<b>Mr SIDI Hachemi</b>	<b>MCA</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>r</sup> AHMIM Mourad</b>	<b>MCA</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> FARRADJ Abla</b>	<b>Ingénieur de laboratoire</b>	<b>Invité</b>

2018/2019

# Remerciement

*Nous tenons à remercier avant tous « Dieu » le tout puissant de nous avoir guidé durant toutes ces années en nous donnant la force, la patience et la volonté pour réaliser ce mémoire comme il se doit.*

*Nous remercions tout particulièrement Mr BEN HAMICHE NADIR d'avoir accepté de diriger notre travail, pour sa patience, sa disponibilité, ses conseils ainsi que pour sa judicieuse orientation qui nous a été d'un grand secours.*

*Nos vifs remerciements vont à Mr SIDI HACHEMI qui nous a honorés en acceptant de présider ce jury.*

*Nous tenons également à remercier Mr AHMED MOURAD d'avoir bien voulu examiner notre travail.*

*Nous sommes particulièrement reconnaissantes à Mr ATMAICHOU directeur de L'ONA de nous avoir permis d'effectuer notre stage au sein de son entreprise, Mr LOUNES chef de service et Melle FERRADI laborantine de la STEP de Souk-El-Tenine qui nous ont accueillis chaleureusement, pour leur aide, gentillesse et leurs précieux conseils.*

*Nous remercions également Mr RANDANI Nacer pédologue de notre université ainsi que tous les responsables et techniciens des laboratoires de l'université pour leur aide et disponibilité, Mr HAMDY Messaoud pour son soutien.*

*Et enfin, toutes nos reconnaissances à tous nos enseignants qui nous ont soutenus durant notre parcours universitaire, et toute personne qui a participé de prêt ou de loin de mener à bien ce travail.*

# Dédicaces

*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 ma chère sœur Nadira qui ne m'a jamais lâchée la main et son fillancé Fares qui m'ont toujours soutenu.*

*A mes adorables frères Mouloud et A.Kader qui me refusent jamais rien.*

*A mimi Hassina qui m'a toujours encouragée et jamais oubliée et soutenue avec ses DONNA.*

*A toutes mes tantes et oncles mes cousins et cousines, mes petits chouchous Imène, Melissa, Yacine, Sarah, Adam, Rabah que j'aime énormément.*

*A mes chers amies et sœurs qui m'ont toujours soutenues et encouragé Lamia amie d'enfance et Alima, celles qui m'ont rendues les moments les plus difficiles beaucoup plus faciles.*

*Ma binôme et amie Lemya qui m'a accompagnée durant mon parcours universitaire et pour préparer ce modeste travail, sans oublier Sabiha.*

*A toute ma famille et mes proches qui m'ont toujours encouragés et soutenus, et toute personne qui compte pour moi.*

*A tous mes ami(e)s de la promo 7.7.E 2018|2019, et tous les autres qui m'ont aidé de loin ou de près.*

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

*Yamina.*

# Dédicaces

*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 mes chères sœurs Soraya, Fahima et leurs époux et yasmine qui m'ont trop soutenues,*

*A mes adorables frères Mourad et Zahir qui me refusent jamais rien,*

*A mes grand parents Zouina et laid qui m'ont toujours encouragées et jamais oubliées et soutenus avec leurs DOUAA,*

*A toutes mes tantes, oncles en particulier Sttana et Arab mes cousins et cousines, mes petits chouchous neveu et nièce Hillal et Hiba que j'aime énormément,*

*A mon bien aimé Abdslam, mes chers amies Biba et son fillancé Youcef, copines Nedjma, chahinez, Samia, leila mes amis Amin, Fahem, Thamina et thasadith,*

*Ma binôme et amie Yamina qui ma accompagnée durant mon parcours universitaire et pour préparer ce modeste travail,*

*A toute ma famille et mes proches qui m'ont toujours encouragés et soutenus, et toute personne qui compte pour moi,*

*A tous mes ami(e)s de la promo 7.7.E 2018|2019, tous les autres qui m'ont aidé de loin ou de près,*

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

*Lemya.*

## Liste des abréviations

<b>%</b>	: Pourcentage
<b>°C</b>	: Degré Celsius
<b>µS/cm</b>	: Micro Siemens par Centimètre
<b>AgCl</b>	: Chlorures d'Argent
<b>CE</b>	: Conductivité Électrique
<b>COV</b>	: Matière Organique Volatile
<b>DBO<sub>5</sub></b>	: Demande Biochimique en Oxygène
<b>DCO</b>	: Demande Chimique en Oxygène
<b>EH</b>	: Equivalent-Habitant
<b>g/l</b>	: Gramme par litre
<b>GmbH</b>	: Gesellschaft mit beschrnkter
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	: Acide Sulfurique
<b>JORADP</b>	: Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique Populaire
<b>K</b>	: Biodégradabilité
<b>K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	: Bichromate de Potassium
<b>KCl</b>	: Chlorures de Potassium
<b>MES</b>	: Matière En Suspension
<b>mg/l</b>	: milli Gramme par litre
<b>Min</b>	: Minute
<b>M-O</b>	: Matière organique
<b>MO</b>	: <i>Moringa Oléifera</i>
<b>NaOH</b>	: Hydroxyde de Sodium
<b>N-NH<sub>4</sub></b>	: Ammonium
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	: Nitrite
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	: Nitrate
<b>NT</b>	: Azote Total
<b>NTK</b>	: Azote kjeldahl
<b>OD</b>	: Oxygène dissous
<b>OMS</b>	: Organisation Mondiale de santé
<b>ONA</b>	: Office Nationale d'Assainissement

<b>PH</b>	: Potentiel hydrogène
<b>PT</b>	: Phosphore Total
<b>SET</b>	: Souk- El- Tenine
<b>STEP</b>	: Station d'Épuration
<b>T°</b>	: Température
<b>V<sub>30</sub></b>	: Volume de boue décanté pendant 30mn

## Liste des figures

<b>Figures</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure 1 :</b> Mécanisme de Flottation	9
<b>Figure 2 :</b> Schéma de principe d'un disque biologique	11
<b>Figure 3 :</b> Epuration biologique par boue activée	12
<b>Figure 4 :</b> Carte de la wilaya montrant la délimitation de la commune de SET.	13
<b>Figure 5:</b> Maquette de la STEP	14
<b>Figure 6:</b> Organigramme de la hiérarchie du personnel de la STEP de Souk-El-Tenine	16
<b>Figure 7:</b> Schéma de fonctionnement de la STEP de Souk-El-Tenine.	17
<b>Figure 8:</b> (a) Grille manuel ; (b) Grille mécanique ; (c) benne d'évacuation	18
<b>Figure 9:</b> (a) Pont déshuilage-dessablage ; (b) classificateur	19
<b>Figure 10:</b> (a) oxymètre, (b) Bassin d'aération	19
<b>Figure 11:</b> Décanteur secondaire	20
<b>Figure12:</b> Bassin de recirculation des boues	20
<b>Figure 13:</b> Epaisseur	21
<b>Figure 14:</b> (a) Bloc de déshydratation, (b) Boue déshydratée	21
<b>Figure 15:</b> Préleveur automatique	23
<b>Figure 16:</b> les différents appareillages des paramètres physiques	25
<b>Figure 17:</b> (a) Pompe à vide, (b) Etuve	26
<b>Figure 18:</b> a. Réacteur DCO, b. Photomètre	28
<b>Figure 19:</b> (a) : point (A), (b) : point (B), (c) : technique de prélèvement	29
<b>Figure 20:</b> (a) : graines matures, (b) : graines décortiquées, (c) : broyage des graines, d : tamisage des graines.	30
<b>Figure 21:</b> les étapes d'obtention de la solution mère de <i>Moringa</i>	30
<b>Figure 22:</b> (a) : injection du coagulant ; (b) : agitation ; (c) : décantation	31
<b>Figure 23:</b> (a) pH mètre mener d'un thermomètre (b) conductivimètre de paillasse	32
<b>Figure 24:</b> Spectrophotomètre de paillasse	32
<b>Figure 25:</b> (a) Minéralisateur de l'azote Kjeldahl, (b) Burette automatique	34

## Liste des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I</b> : Normes de rejets internationales	6
<b>Tableau II</b> : Normes de rejets Algériens	6
<b>Tableau III</b> : caractéristiques des effluents en sortie selon le cahier de charges de la STEP	16
<b>Tableau IV</b> : Résultats d'analyses physico-chimiques au niveau de la STEP	44
<b>Tableau V</b> : Résultats d'analyses physico-chimiques des effluents sortie STEP traités par le <i>Moringa oleifera</i> .	45
<b>Tableau VI</b> : Résultats d'analyses physico-chimiques des effluents entré STEP traités par le <i>Moringa oleifera</i>	46



## Sommaire

Liste des figures	I
Liste des tableaux	ii
Liste des abréviations	iii
Introduction générale	1
<b>Chapitre I: Synthèse Bibliographique</b>	
<b>A. Généralités sur les eaux usées</b>	3
A-1. Introduction	3
A-2. Définition des eaux usées	3
A-3. Historique sur l'origine des pollutions des eaux	3
A-4. La pollution de l'eau	3
A-4-1. selon la répartition géographique	3
- La pollution diffuse	4
- La pollution ponctuelle	4
A-4-2. En fonction de l'origine de la pollution	4
- Pollution domestique	4
- Pollution industrielle	4
- Pollution agricole	4
- Les eaux pluviales	5
- La pollution par hydrocarbures	5
A-4-3. Selon la nature des polluants	5
- Pollution physique	5
- Pollution chimique	5
- Pollution organique	5
- Pollution radioactive	5
- Pollution microbiens	5
- Pollution agricole	6
A-5. L'équivalent habitant	6
A-6- Normes de rejet des eaux usées	6
A-6-1. Normes Internationales	6
A-6-2. Normes Algériennes	7
A-7. Conséquences de pollution des eaux	7
A-8. Conclusion	7
<b>B. Procédés d'épuration des eaux usées</b>	8
B-1. Introduction	8
B-2. Les procédés d'épuration des eaux usées	8

B-2-1. Les traitements différenciés	8
- Procédés physiques	8
- Procédés physico-chimiques	9
- Procédés chimiques	10
- Procédés radiatifs	10
- Procédés biologiques	10
B-2-2. La filière d'épuration	10
B-2-3. Les traitements biologiques	11
- Les disques biologiques	11
- Les lits bactériens	11
- Le lagunage	12
- Les boues activées	12
B-3. Conclusion	12
<b>Chapitre II : Matériels et Méthodes</b>	
II.A Présentation de la région d'étude	13
A-1. Introduction	13
A-2. Présentation de la zone d'étude	13
A-3. Description de la STEP de SET	13
A-3-1. Présentation de la STEP	13
A-3-2. Situation géographique de la STEP de Souk-El-Tenine	14
A-3-3. Historique de la STEP de Soul-El-Tenine	14
A-3-4. Caractéristiques de la STEP	15
1- Données générales (fiche technique)	15
a- Entrée station	15
b- Sortie station	15
c- Rendement de la station	15
A-3-5. Organigramme de la hiérarchie du personnel	16
A-3-6. Caractéristiques des eaux usées et épurées de la STEP	16
A-3-7. Fonctionnement de la STEP	16
A-3-7-1. Le prétraitement	18
a. Le dégrillage	18
- La grille manuelle	18
- La grille mécanique	18
b. Le déshuilage-dessablage	18
A-3-7-2. Bassin biologique	19
A-3-7-3. Décanteur secondaire (clarificateur)	20

A-3-7-4. Recirculation des boues	20
A-3-7-5. Epaisseur	21
A-3-7-6. Déshydratation mécanique des boues	21
A-4. Principe du traitement biologique	22
A-5. Présentation du laboratoire de la STEP de SET	22
A-5-1. Les analyses effectuées au niveau du laboratoire de la STEP	22
a. Paramètres Physico-chimiques	22
b. Paramètres de pollution	23
A-5-2. Echantillonnage	23
A-5-3. Prélèvement de l'eau à analyser	23
A-5-4. Analyses effectuées	24
A-5-4-1. Les paramètres physico-chimiques	24
- Paramètres physiques	24
a. Température	24
b. Ph	24
c. La conductivité électrique	24
d. L'oxygène dissous	25
e. Matières en suspension	26
- Paramètres chimiques	27
a. Demande chimique en oxygène	27
b. Phosphate total	27
c. Ammonium	27
d. Nitrites	28
e. Nitrates	28
f. Azote total	28
B. Généralités sur Moringa	29
B-1. Présentation taxonomique du matériel végétal	29
B-2. Purification des eaux usées de la STEP avec le Moringa	29
B-2-1. L'échantillonnage	29
B-2-2. Obtention de la poudre de <i>Moringa Oléifera</i>	29
B-2-3. Préparation de la solution mère (bio-coagulant)	30
B-2-4. Traitement des échantillons	30
B-2-5. Les paramètres physico-chimiques analysés	31
B-2-5-1. Les paramètres physiques	31
- Mesure du Ph	31
- Mesure de la température	31

- Mesure de la conductivité	31
B-2-5-2. Les paramètres chimiques	32
- Dosage des phosphates	32
- Turbidité	33
- Détermination des matières en suspension MES	33
- Détermination des nitrates	33
- Dosage de l'Azote Kjeldahl	33
B-2-6. Conclusion	34
<b>Chapitre III : Résultats et discussions</b>	
III-1. Introduction	35
III-2. les résultats	35
III-3. la discussion des résultats obtenus au niveau de la STEP	35
III-3-1. La température	35
III-3-2. Le Ph	36
III-3-3. La conductivité électrique	36
III-3-4. L'oxygène dissout	36
III-3-5. Matières en suspension MES	37
III-3-6. Demande chimique en oxygène DCO	37
III-3-7. Phosphate total Pt	37
III-3-8. Ammonium $\text{NH}_4^+$	37
III-3-9. Nitrites $\text{NO}_2$	38
III-3-10. Ions Phosphates $\text{PO}_4^{3-}$	38
III-4. Les résultats obtenus après le traitement par le <i>Moringa Oléifera</i>	39
III-4-1. La température	39
III-4-2. Le pH	39
III-4-3. La conductivité électrique	39
III-4-4. Oxygène dissout	39
III-4-5. Matières en suspension MES	40
III-4-6. La turbidité	40
III-4-7. La demande biochimique en oxygène dans 5jours $\text{DBO}_5$	40
III-4-8. La demande chimique en oxygène DCO	41
III-4-9. La biodégradabilité	41
III-4-10. Salinité	41
III-4-11. Ions Phosphates	42
III-4-12. Nitrates	42
III-4-13. Azote Kjeldahl	42

III-4-14. Matières Organiques	42
III-5. Conclusion	43
<b>Conclusion générale</b>	47
<b>Références bibliographiques</b>	

# **Introduction générale**

## Introduction générale

---

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit. Elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégé, défendue et traitée comme tel. C'est une ressource vital pour l'Homme, sa survie, sa santé, son alimentation. Elle est également indispensable pour ses activités agricoles, économiques (Devaux, 1999).

Vu que l'eau est très inégalement répartie sur la planète, tous les pays auront à court ou à long terme, à faire face au problème de sa raréfaction (Ecosse, 2001). L'Algérie se situe dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques, avec moins de 600 m<sup>3</sup> par habitant et par an, au regard au seuil de rareté fixé par la banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an (Contrat de management d'Alger, 2011). En effet, avec l'expansion des villes, l'industrialisation et l'évolution des modes de consommation, en sus, d'un climat de plus en plus aride que connait le pays, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées chaque année.

Dans le passée, la gestion des eaux usées se limitait essentiellement à l'approvisionnement des populations en eau de consommation. Devant l'ampleur de l'incidence des eaux polluées souvent rejetées dans le milieu récepteur (mer, rivières, sols) sans traitement préalable, elles génèrent de nombreuses maladies hydriques et une propagation des épidémies (Azouzzi et Ait Younes, 2012).

A cet effet le traitement des eaux usées repose, en premier lieu, à une élimination systématique de certains paramètres (couleur, turbidité et odeur), dont plusieurs procédés sont utilisés pour clarifier ces eaux, entre autre, la filtration, l'oxydation chimique comme la chloration ou l'ozonation. Ainsi, la coagulation-floculation est l'étape la plus importante de la clarification de l'eau car elle permet l'élimination des particules colloïdales ou en suspension. Celle-ci peut être réalisée aux moyens de sels, de fer et d'aluminium sous forme des chlorures ou des sulfates. Ces produit chimiques coûtent chers pour les stations de traitement d'eau en Afrique (OMS, 2005). En outre, sur le plan éco-toxicologique, l'utilisation de produit chimiques épurateurs pourrait générer inévitablement une accumulation des résidus métalliques et leur utilisation excessive exposerait les consommateurs au risque élevé de divers maladies (Aminata *et al*, 2013).

De ce fait, l'intégration de procédés biologiques et naturels dans le traitement des eaux pourrait être une alternative durable dans l'amélioration de la qualité de l'eau rejetée, du fait de sa disponibilité et du non toxicité (Kabor, 2011).

## Introduction générale

---

Dans le but de préserver cette ressource naturel en voie d'épuisement, quelles seront les procédés de traitement à suivre afin de la purifiée avant sa réintroduction dans l'environnement ?

Notre étude a un triple objectifs : (i) nous avons analysé les eaux usées de la STEP de Souk El Tenine en vu de connaitre sa performance dans l'épuration. (ii) d'analyser l'activité flocculant de l'extrait des poudres des graines de *Moringa oléifera* dans la clarification des eaux usées de la station d'épuration de Souk El tenine. (iii) de comparer les deux traitements précédemment cités en vu d'évaluer leur efficacité. L'évaluation a été faite par la comparaison des résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques.

Ce mémoire est organisé autour de quatre chapitres. La synthèse bibliographique est scindée en deux chapitres présentant l'état de l'art sur la question des eaux usées (chapitre 1) et les procédés d'épuration des eaux usées (chapitre 2).

Le troisième chapitre du travail appelé matériel et méthodes est divisé en 2 parties : la première partie comporte une présentation de la station d'épuration de Souk-El-Tenine et la deuxième partie une présentation du procédé de traitement naturel par la plante *Moringa Oléifera*.

Le quatrième chapitre présente les résultats obtenus et leurs discussions.

Une conclusion générale est donnée à la fin de ce manuscrit, et fait ressortir l'essentiel des aboutissements de ce travail.



# **Synthèse bibliographique**

## **A. Généralités sur les eaux usées**

### **A-1. Introduction**

« L'eau est source de vie » (Papa, 2002 ; Silman, 2003). Son utilisation ou consommation à l'échelle domestique ou industrielle génère inévitablement des déchets. Ces eaux sont recueillies par le réseau d'assainissement (égouts) et dirigés vers les stations d'épuration afin d'être purifiées avant leur réintroduction dans l'environnement (Jarde, 2002).

### **A-2. Définition des eaux usées**

Appelées également effluents ou eaux résiduaires (Dugniolle, 1980), elles regroupent des eaux d'origines divers tels que les eaux urbaines constituées d'eaux ménagères (lavage corporel et du linge, eaux de cuisines,...etc.), eaux de vanes chargées d'excréments et urines collectées dans un réseau d'égout, et des eaux du service public. Cette eau apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique (Rodier, 1996).

### **A-3. Historique sur l'origine de pollution des eaux**

Avant le XX<sup>ème</sup> siècle, la pollution était principalement constituée de matières fécales et organiques, avant que n'apparaissent les premiers impacts de la pollution métallique qui augmente avec le développement industriel. Dans les dix dernières années en particulier, le développement de la chimie et de ses applications dans la vie quotidienne conduit à l'apparition de nouveaux polluants, qui atteignent notamment l'environnement (Blin, 2012).

### **A-4. La pollution de l'eau**

La pollution réfère à la dégradation ou la modification de l'équilibre d'un milieu aquatique par l'introduction d'une substance provenant de l'activité humaine (Bordet, 2007).

Nous distinguons différentes pollutions des eaux usées :

#### **A-4-1. Selon la répartition géographique**

- ❖ **La pollution diffuse** La pollution diffuse (indirecte) est la pollution la plus répandue de nos jours, et la plus néfaste. Elle est difficile à contrôler, car elle est liée à une multitude de sources réparties sur l'ensemble du territoire (Chabni, 2005).

### ❖ La pollution ponctuelle

La pollution ponctuelle (directe) est la pollution qui provient d'un point unique et identifiable, par exemple l'effluent d'une usine. Ce type de pollution est la plus connue et souvent la plus polluante à court terme. Les émissions de ce type de pollution sont généralement beaucoup plus polluantes que celles produites par la pollution diffuse (Chabni, 2005).

#### A-4-2. En fonction de l'origine de la pollution

Les eaux usées sont classées d'après leur origine comme suit :

##### ❖ Eaux usées domestiques

Issue de la cellule d'habitations familiales, comprenant les eaux ménagères et les eaux vannes. Elle provient essentiellement des eaux de cuisines et buanderies contenant des matières minérales en suspension, provenant du lavage des légumes et substances alimentaires à base de matières organiques et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle qui ont pour effet la solubilisation des graisses ; Des salles de bain chargées de produits utilisés pour l'hygiène corporelle, et des sanitaires très chargés en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganismes (Rejsek, 2002).

##### ❖ Eaux usées industrielles

Les rejets des usines, mais aussi les rejets des d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoires d'analyses médicales...etc. (Baumont et *al*, 2005).

##### ❖ Eaux usées agricoles

Les effluents agricoles renferment diverses substances d'origines agricoles ou animales. Il s'agit de solutions d'engrais lessivées par les sols fortement fertilisés, des produits phytosanitaires (pesticides) et des déjections animales (purins et lisiers de bétail) (Ladjel et Bouchefer, 2006).

##### ❖ Eaux pluviale

Les eaux pluviales peuvent elles aussi constituer une source de pollution importante des cours d'eaux, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles) puis en ruisselant, elles entraînent des résidus déposés sur les toits et les chaussés des villes (huiles de vidanges, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) (Boutoux, 1993).

### ❖ **Eaux usées provenant des hydrocarbures**

Les hydrocarbures sont divisés en deux groupes de substances : les composés organiques volatiles (C.O.V), et les hydrocarbures aromatiques (H.A.P). Ces derniers sont responsables de la pollution des eaux et peuvent provenir des effluents émises 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).

#### **A-4-3. Selon la nature des polluants**

La pollution des eaux peut être classée qualitativement en plusieurs catégories en fonction de sa nature, sa nocivité et ses effets, On distingue :

### ❖ **Polluants physiques**

Elle est causée par des agents physiques, elle regroupe la pollution mécanique (effluent physiques), pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines), la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) (Gomella et Guerre, 1978).

### ❖ **Polluants chimiques**

On trouve dans les eaux usées domestiques différentes substances chimiques provenant des différents produits que nous utilisons au quotidien pour le nettoyage (Gomella et Guerre, 1978).

### ❖ **Polluants organiques**

Nous pouvons trouver des matières organiques (protides, lipides, glucides), les détergents, les huiles et goudrons...etc., qui entraînent des modifications des caractères organoleptiques de l'eau, ainsi que l'apparition des phénomènes toxiques (Gomella et Guerre, 1978).

### ❖ **Polluants radioactifs**

Elle peut avoir une origine naturelle d'une contamination liée à des retombés atmosphériques, des champs de rayonnement d'origine industriel, ou des contaminations accidentelles de l'eau à partir des installations des centrales nucléaires (Ladjel et Bouchefer, 2012).

### ❖ **Polluants microbiens**

Parmi les microorganismes les plus rencontrés dans les eaux usées on trouve les Bactéries (Toze, 1999) et les coliformes fécaux qui sont les germes témoins de contamination fécale utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (Belaid, 2010).

### ❖ Polluants agricoles

Elle est due à l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et de produits de traitement des végétaux (Raissi, 2014).

### A-5. L'équivalent habitant

C'est une unité conventionnelle de mesure de la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour. Chaque individu est sensé utiliser 180 à 300 L d'eau par jour, et la quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables, 90 g de matières en suspension, 15 g de matières Azotées et 4 g de matières phosphorés. Finalement, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml (Metahri, 2012).

### A-6. Normes de rejet des eaux usées

#### A-6-1. Normes Internationales

**Tableau I :** normes de rejets internationales (selon l'Office Mondial de la Santé)

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

#### A-6-2. Normes Algériennes

**Tableau II :** normes de rejet Algériennes (JORA, 2006).

Caractéristiques	Unité	Normes utilisés
pH	mg/l	6,5-8,5
DBO <sub>5</sub>	mg/l	<35
DCO	mg/l	<120
MES	mg/l	<35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/l	<2
Température	°C	<30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Incolore

**A-7. Conséquences de pollution des eaux**

Les excès de polluants entraînent des conséquences néfastes sur l'environnement, par exemple, les effluents contenant de quantité importante en nitrate et phosphate peuvent provoquer un phénomène d'eutrophisation dans le milieu aquatique. Par lequel les algues aquatiques forment une fleur d'eau qui empêche la pénétration de la lumière et de l'oxygène dans l'eau. Alors, les animaux et végétaux chlorophylliens aquatiques ne peuvent plus faire de photosynthèse et meurent par asphyxie ; Il y a donc un dérangement de la chaîne alimentaire.

Les eaux usées non traitées s'infiltrent dans la nappe phréatique et contaminent les eaux de boisson. Les polluants bactériologiques sont responsables de différentes maladies épidémiques, le choléra, la fièvre typhoïdes, maladies diarrhéiques ...etc. Pour ces différentes causes, les pays dans le monde établissent des normes sur la qualité des eaux résiduaires émis en surface (OMS, 2012).

**A-8. Conclusion**

D'après la documentation fournit au paravent, nous nous permettons de dire que les eaux usées, sont aussi différents en leurs composition et diverses en leur origine, constituent un réel danger pour la nature ; pour cela les eaux usées doivent être traitées préalablement avant leur rejet définitif, ou leur utilisation dans différents domaines tel que la production énergétique et l'agriculture.

## **B. Procédés d'épuration des eaux usées**

### **B-1 Introduction**

Les ressources en eau existantes sont menacées par une pollution causée par les rejets d'eaux urbaines et industrielles dans les milieux récepteurs. Ces rejets peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solides ou dissoutes, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes menaçant la qualité de l'environnement dans son ensemble (Degremont, 2005 ; Von sperling, 2007). Le traitement de ces rejets s'avère indispensable afin de lutter contre leurs effets nocifs. Différentes techniques de traitement sont utilisées telles que ; biologiques, physicochimiques ou chimiques (Edeline, 1997 ; Degremont, 2005).

### **B-2. Les procédés d'épuration des eaux usées**

Le traitement des eaux usées a pour fonction de les transformer en eau réutilisable. Alors que l'assainissement des eaux usées a pour objectif de collecter puis d'épurer les eaux polluées avant leur rejet. D'autre part, épurer signifie « rendre pur » tandis que la définition de purifier est de « débarrasser des impuretés ». Quand on parle d'épuration des eaux résiduaires, il n'est pourtant pas question de les rendre pure, mais plutôt d'en retirer le plus de déchets possible avant de les évacuer (Hedji-Sadok, 1999). dans ce qui suit nous allons développer quelques différents procédés d'épuration des eaux usées.

#### **B-1. Les traitements différenciés**

Les caractéristiques des eaux brutes sont extrêmement variées (Boari *et al*, 1997). Il existe un certain nombre de procédés élémentaires destinés à les traiter. Les professionnels de l'eau peuvent combiner de différentes manières ces procédés, en fonction des cas spécifiques. En outre, chaque procédé pourra changer de rôle en fonction de la place qu'il occupe dans la filière du traitement et de la façon dont il est mis en œuvre (Roumieu *et al*, 2003).

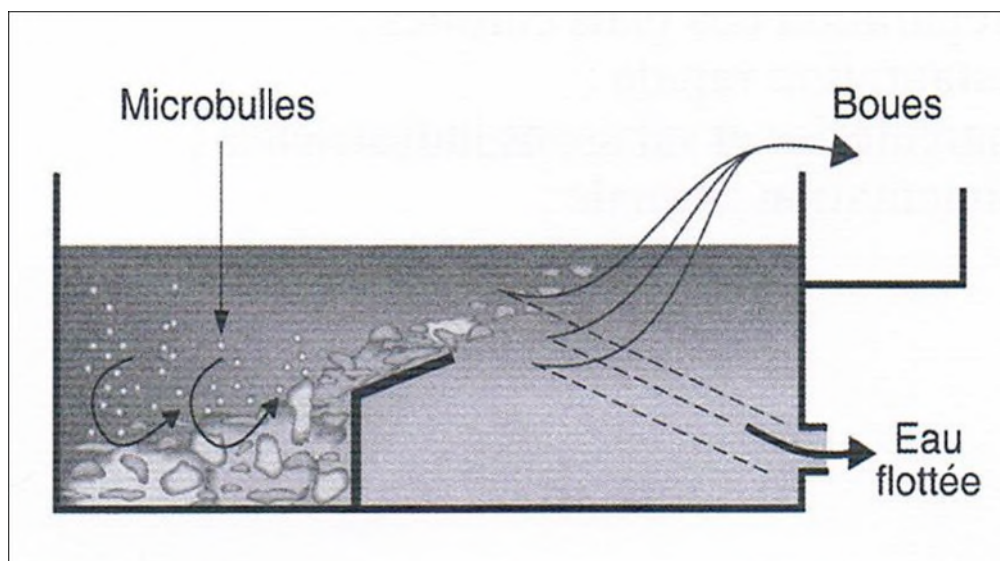
La classification générale des procédés de base :

#### **➤ Procédés physiques**

Ce sont des opérations de séparation de phase non-miscibles dont l'une au moins est liquide (Hedji-Sadok., 1999). Parmi ces procédés, les plus courantes sont :

- Le dégrillage : permet d'éliminer les corps flottants et les gros déchets par l'intermédiaire de grilles placées en travers du canal d'amenée afin de protéger les installations contre les obstructions (Alexandre, 1998).

- La filtration : passage d'un mélange liquide–solide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les solides et laisse les liquides (filtrat) (Iwema *et al*, 2005).
- La décantation : utilise les forces de gravité pour les particules de densité supérieure à celle du liquide en provoquant leur dépôt (Bürger et Wendland, 2001).
- La centrifugation : opération de séparation par action de la force centrifuge, du mélange entraîné dans un mouvement de rotation (Hedji-Sadok, 1999).
- La flottation : vise à séparer les phases solides des phases liquides par la poussée d'Archimède. En flottation naturelle, les floccs de faible densité remontent librement à la surface, la flottation assistée s'obtient par l'injection d'air (Norström, 2005). La figure (1) ci-dessous représente le phénomène de flottation (Bourier *et al*, 2010).



**Figure 1** : mécanisme de flottation (Bourier *et al*, 2010)

#### ➤ Procédés physico-chimiques

Utilisés en général comme moyens de traitement complémentaires, ces procédés combinent les principes de la chimie et de la physique (Hedji-Sadok, 1999). Certaines substances comme les colloïdes sont particulièrement stables en suspension et leur durée de décantation peut être trop longue. Afin de favoriser leur décantation, le décanteur est probablement conditionné avec les réactifs chimiques qui facilitent l'agglomération des particules (Berland *et al*, 2001). Deux techniques sont utilisées (Hedji-Sadok, 1999) :

- *La coagulation* : annule les charges électriques des particules en suspension par l'ajout de réactifs minéraux.
- *La floculation* : provoque l'agglomération des particules déchargées par les coagulants. La fraction des floccs peut être améliorée par addition de flocculant.



### ➤ Procédés chimiques

Ils sont très utilisés dans le traitement final des effluents. On peut citer les procédés suivants :

- *L'oxydation* : par des agents tels que le chlore et l'ozone, qui agissent sur les métaux, les matières organiques et détruisent ou inactivent totalement ou partiellement les germes vivants, les virus et les bactéries (Hedji-Sadok, 1999).
- *Les échanges d'ions* : sont des procédés de substitution d'ions sur des résines spécifiques (Hedji-Sadok, 1999).
- *La neutralisation ou l'acidification* : agissent sur le pH de l'eau (Berland et al, 2001).

### ➤ procédés radiatifs

Ces techniques peuvent être utilisées dans les opérations de décontamination de l'eau :

- *les ultra-violets* : irradient les cellules vivantes indésirables. Suivant la qualité d'énergie UV reçue, elles sont soit stérilisées (effet bactériostatique) soit détruites (effet bactéricide) (Hedji-Sadok, 1999).
- *Le bombardement électronique* : est un dispositif basé sur l'exposition brève des eaux polluées à un fort flux d'électrons. La structure des éléments complexes est décomposée sous l'action des ions qui cassent leurs liaisons chimiques. La décontamination bactériologique est réalisée par destruction des bactéries et des virus (Hedji-Sadok, 1999).

### ➤ Procédés biologiques

Le traitement biologique reproduit dans des réacteurs spécifiques le phénomène d'autoépuration qui se déroule naturellement dans les cours d'eau. Le principe consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne. Celles-ci se nourrissent des polluants et les dégradent (Martin, 2009).

#### **B-2-2. La filière d'épuration**

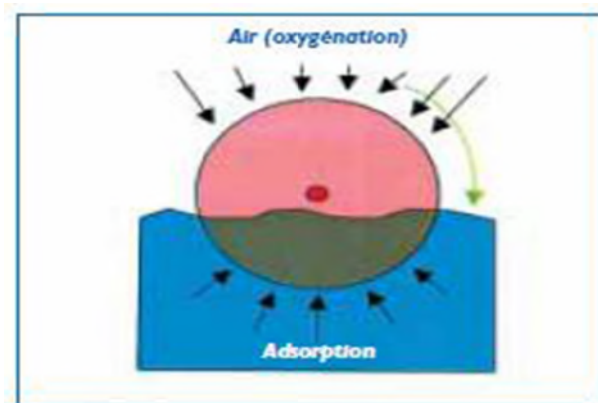
L'épuration d'un affluent résiduaire comporte plusieurs étapes, chacune est spécifique aux caractéristiques particulières des éléments à traiter. A partir de la classification des procédés de base qui viennent d'être définis et en tenant compte du fait que ces procédés sont extrêmement imbriqués au cours du traitement peuvent jouer des rôles différents en fonction du moment de leur mise en œuvre (Menoret, 2001).

### B-2-3. Les traitements biologiques

Certains micro-organismes ont de grandes facultés de transformation métabolique et de décomposition des matières biodégradables (Moneret, 2001). Ils constituent par leur multiplication rapide et leur action biochimique, des agents épurateurs extrêmement efficaces. Le traitement biologique est largement utilisé dans la dépollution de l'eau donc la reconstitution d'un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à une micro-faune de bactéries et de protozoaires. De ce fait, l'épuration biologique consiste à favoriser la prolifération de ces micro-organismes pour utiliser leurs propriétés remarquables dans les conditions les mieux adaptées aux résultats désirés (Bolmestedt, 2000).

#### ▪ Les disques biologiques

Dans ce procédé, les micro-organismes sont fixés sur des disques à demi immergés et tournant (quelques tours par minute) autour d'un axe horizontal. La biomasse est ainsi alternativement mouillée par les eaux résiduaires et aérée par l'air ambiant (fig. 2).



**Figure 2 :** Schéma de principe d'un disque biologique (Berland et *al*, 2001).

#### ▪ Les lits bactériens

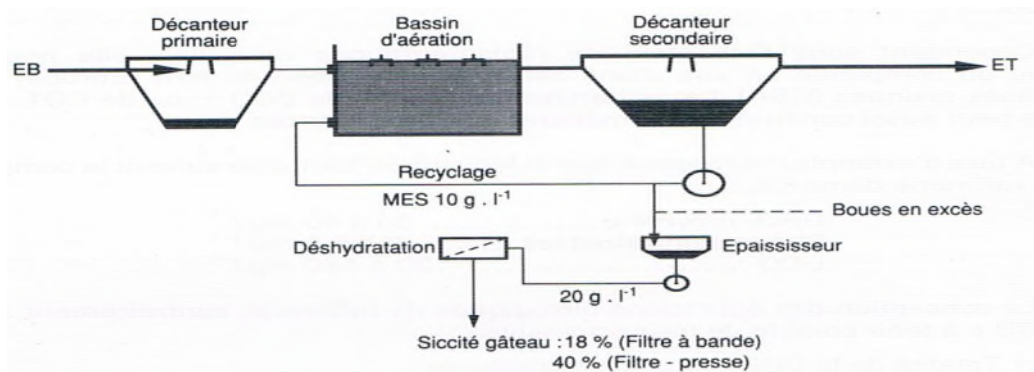
Ce procédé aérobie à cultures fixées consiste à faire supporter les micro-organismes par des matériaux poreux. L'effluent est distribué par aspersion en surface et l'oxygénation est apportée par ventilation naturelle de bas en haut. L'affluent arrive par la partie supérieure alors que l'effluent est évacué par le fond afin de ne pas perturber la fonction aérobie. De ce fait, ce système présente un inconvénient majeur, à savoir qu'il nécessite un dispositif de relevage. La biomasse se développe à la surface du support et lorsqu'elle devient trop importante, la pellicule bactérienne se détache naturellement ; elle doit alors être séparée de l'effluent par décantation (Pronost et *al*, 2002).

### ▪ Le lagunage

C'est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur. Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène. On distingue le lagunage aéré et naturel. ([www.Fpf-mh.uvt.rnu.tn](http://www.Fpf-mh.uvt.rnu.tn)).

### ▪ Les boues activées

Ce système fonctionnant en continu dans lequel, des micro-organismes sont mis en contact avec les eaux usées contenant des matières organiques. De l'oxygène est injecté dans le mélange, permettant de fournir aux bactéries cet élément vital à leurs besoins respiratoires. En fait, on peut considérer que le système à boues activées est une extension artificielle des phénomènes d'épuration naturels. Dans un cours d'eau ou une rivière, les phénomènes entrant en jeu sont identiques à ceux présents dans les systèmes à boues activées, seule varie la concentration en micro-organismes dans le milieu et à fortiori, la vitesse de la réaction de dégradation (fig. 3) (Caid, 1984).



**Figure 3 :** Epuration biologique par boue activée (Berné et Cordonnier, 1996).

## B.3 Conclusion

On peut constater qu'à partir d'une eau usée chargée de différents effluents de nature domestique ou industrielle, peut être réutilisée, ou rejetée dans l'environnement après une succession de procédés de traitements quelque soient chimiques ; biologiques, physiques ou physicochimiques sans avoir un effet néfaste sur la santé humaine ou pour l'environnement.

# **Matériels et méthodes**

## II.A Présentation de la région d'étude

### A-1. Introduction

Ce chapitre est structuré en deux parties (A–B) comprenant à deux méthodes de traitement des eaux usées. La première partie est un système de traitement biologique à une aération prolongée au niveau de la STEP de Souk-El-Tenine qui est destinée à l'épuration des eaux usées d'origine domestique à faible charge suivant le processus d'épuration à boue activée. La deuxième partie est consacrée à la description d'un autre mode de traitement de ces eaux usées par phytoépuration en utilisant le pouvoir épurateur de la plante de *Moringa Oléifera*.

### A-2. Présentation de la zone d'étude

La daïra de Souk-El-Tenine est une circonscription administrative algérienne située dans la wilaya de Bejaia. Elle regroupe les communes de Souk-El-Tenine, Melbou et Tamridjet. Elle compte 14 045 habitants répartis sur une superficie de 26.28 Km<sup>2</sup> et une densité de 534.4 habitants/Km<sup>2</sup>. La figure 1 illustre la localisation de la daïra de Souk-El-Tenine.



**Figure 4** : Carte de la wilaya montrant la délimitation de la commune SET (CENEAP 2006).

### A-3. Description de la STEP de SET

#### A-3-1. Présentation de la STEP

La station d'épuration de souk-El-Tenine est dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origine domestique provenant du chef-lieu de souk-El-Tenine et de quelques villages

limitrophes ainsi que la commune de Melbou. Elles sont issues d'un réseau d'assainissement de type unitaire et d'une capacité maximale hydraulique basée sur le débit de pointe du temps sec. Cette STEP devrait traiter une pollution résultante d'une population équivalente de 47 580 EqH en 2020, d'une capacité de 5710 m<sup>3</sup>/j et une estimation de 62 500 Eqh en 2030 (fig.5).



**Figure 5 :** Maquette de la STEP (cliché Akkal & Mertousse).

### **A-3-2. Situation géographique de la STEP de Souk-El-Tenine**

La STEP de la commune de Souk-El-Tenine est située à 35 Km coté Est de la ville de Bejaia Elle est implantée dans une zone plus basse que la ville et à un niveau zéro d'altitude par rapport à la mer afin de faciliter l'acheminement des eaux usées gravitaire vers la station et leur évacuation une fois traités vers l'oued Agrioun dans l'axe Kherrata Souk-El-Tenine et enfin vers la mer.

### **A-3-3. Historique de la STEP de SET**

La STEP de Souk-El-Tenine est le fruit d'un partenariat entre deux entreprises étrangères à savoir : Bona Tunisie et Vatec Wabag Gmbh qui traitent successivement les parties génie civil et équipement dans le cadre de la modernisation et de la protection de l'environnement. Sa réalisation et sa mise en service leur a nécessité six ans (2006-2012). Le suivi des travaux a été assuré par la direction de l'hydraulique et enfin transférée à l'office nationale d'assainissement (ONA) en Janvier 2014. La station d'épuration de souk el Tenine est prévue pour traiter les eaux usées de la daïra de Souk-El-Tenine englobant les deux communes Souk-El-Tenine et Melbou.

### A-3-4. Caractéristique de la STEP

#### 1. Données générales (fiche technique)

- La superficie de la STEP : 02 hectares
- Nature des eaux brutes : domestiques et urbaines
- Capacité équivalent habitant : 47 580 EqH

L'activité de la STEP des eaux usées de Souk-El-Tenine se caractérise par l'enregistrement et l'obtention des résultats suivant :

#### a. Entrée station (Effluent d'entrée)

- Débit moyen de 2025 m<sup>3</sup>/j à l'entrée. Ce qui représente environ 36 % du débit contractuel qui est de 5710 m<sup>3</sup>/j
- Une DBO<sub>5</sub> moyenne de 170 mg/l, soit une charge massique 349 Kg/j
- Une DCO moyenne 463 mg/l, soit une charge massique de 950 Kg/j
- Une MES moyenne de 288 mg/l, soit une charge massique de 591 Kg/j

#### b. sortie station (Eau épurée)

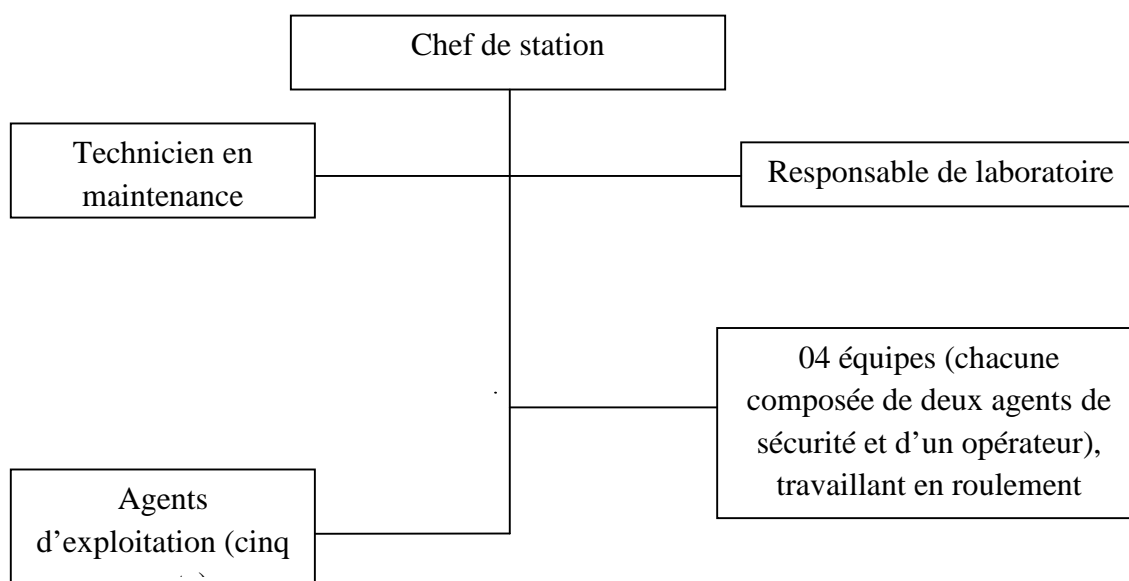
- Une DBO<sub>5</sub> moyenne de 3 mg/l, soit une charge massique 6 Kg/j
- Une DCO moyenne de 26 mg/l, soit une charge massique de 51 Kg/j
- Une MES moyenne de 6 mg/l, soit une charge massique de 12 Kg/j
- Une concentration moyenne de 1,37 mg/l en boue activée
- Une concentration moyenne en azote total de 11,8 mg/l.

#### c. Rendement de la station

En termes de performances, les rendements suivants sont généralement atteints :

- 98% en DBO<sub>5</sub>
- 97% en MES
- 96% en DCO

### A-3-5. Organigramme de la hiérarchie du personnel



**Figure 6:** Organigramme de la hiérarchie du personnel de la STEP de Souk-El-Tenine.

### A-3-6. Caractéristiques des eaux usées et épurées de la STEP

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

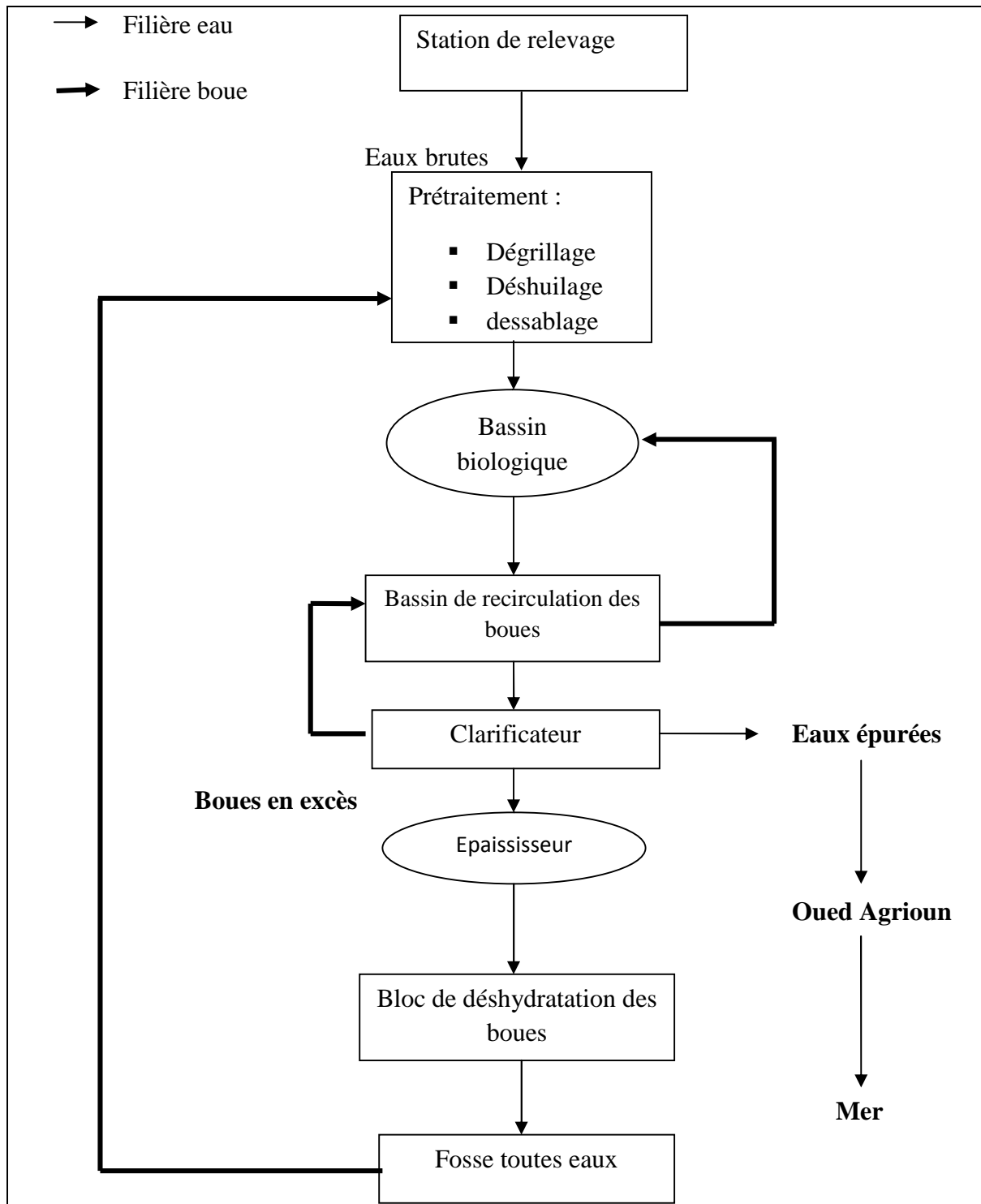
**Tableau III :** caractéristiques des effluents en sortie selon le cahier de charges de la STEP

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

### A-3-7. Fonctionnement de la STE

Le schéma de fonctionnement de la STEP de Souk-El-Tenine est illustré sur la (fig. 7).



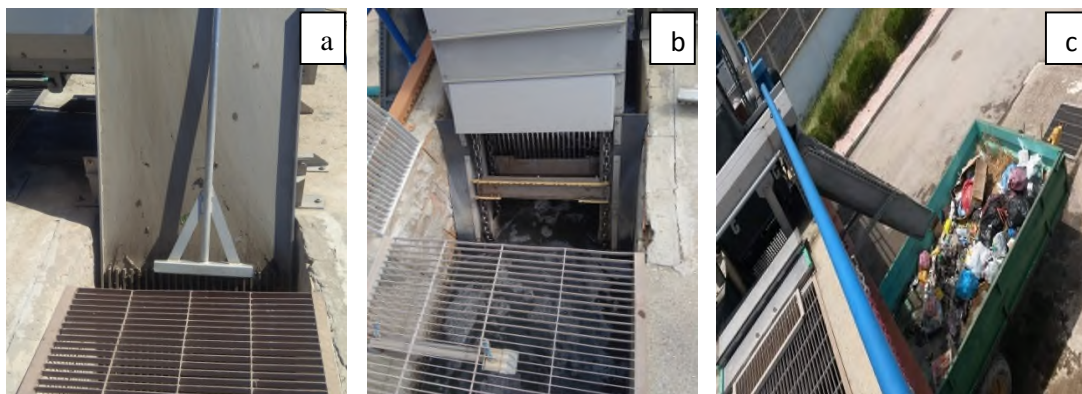


**Figure 7:** Schéma de fonctionnement de la STEP de Souk-El-Tenine.

### A-3-7-1 Le prétraitement

Il consiste à une série d'opération uniquement physique ou mécanique qui permettent de séparer les matières grossières et autres éléments susceptibles de perturber son bon fonctionnement suivant les opérations :

- a. **Le dégrillage** : Constitué de deux grilles fines en inox 304 L chargées de retirer les matières les plus volumineuses :
    - **La grille manuelle** : composée de barreaux d'un espacement de 20 mm. Le nettoyage quotidien est effectué manuellement à l'aide d'un râteau contrôlé par des agents d'exploitation qui ont pour mission de racler les déchets retenus ;
    - **La grille mécanique** : elle ramasse les déchets grossiers à l'aide d'une chaîne mécanique réglée depuis un automate de contrôle (fig. 8).
- ❖ **Remarque** : Ce système de dégrillage est complété par une grille « by pass » qui intervient en cas d'une activité importante d'eau, comme les périodes de fortes pluies



**Figure 8** : (a) Grille manuel ; (b) Grille mécanique ; (c) benne d'évacuation  
(cliché Akkal et Mertousse, 2019).

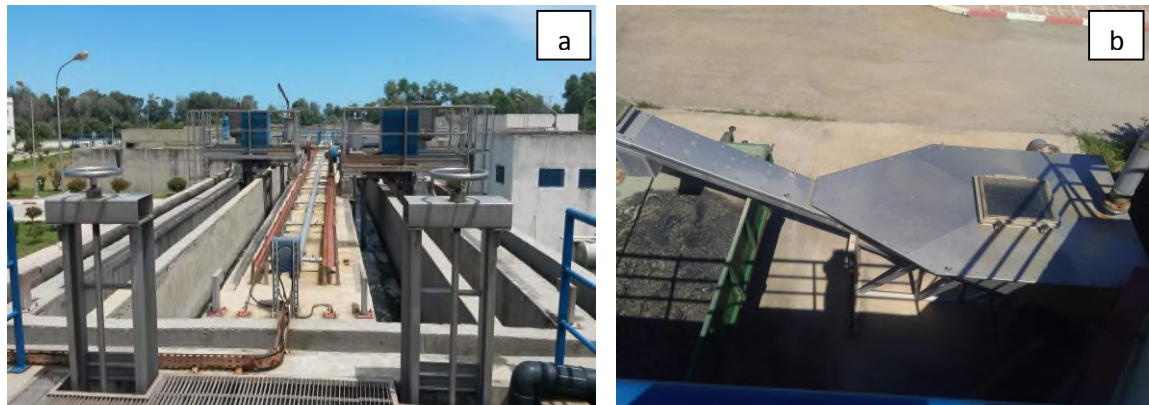
#### b. le déshuilage-dessablage :

Le déshuilage et le dessablage (fig. 9) font suite au dégrillage,

**Déshuilage** : sépare les huiles et les graisses des eaux usées brutes. Les matières grasses flottantes arrivent à la surface de l'eau par l'injection de l'air. Ces matières seront par la suite pompées dans le collecteur des huiles.

**Dessablage** : Le sable est relevé par une vis du classificateur, ensuite évacué dans une benne.

Les eaux troubles sont retournées en tête de la station vers l'ouvrage de prétraitement et les eaux dessablées et déshuilées seront acheminées vers le bassin d'aération.



**Figure 9:** (a) Pont déshuilage-dessablage ; (b) classificateur (cliché Akkal et Mertousse, 2019).

### A-3-7-2. Bassin biologique

Appelé aussi bassin d'aération «cœur de la station» : c'est le réacteur biologique dans lequel s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies qui constituent un élément fondamental de la filière définie sous le terme de boues activées. Une bonne gestion de l'aération permet également d'assurer les réactions de nitrification et de dénitrification et pour optimiser ce dernier, le bassin est équipé d'agitateurs submersibles, opérationnels et fonctionnent en alternance avec les aérateurs (fig. 10). Il est commandé depuis la salle de contrôle ou manuellement.



**Figure 10:** (a) oxymètre, (b) Bassin d'aération (cliché Akkal et Mertousse, 2019).

### A-3-7-3. Décanteur secondaire (clarificateur)

La STEP de Souk El Tenine est équipée de deux (02) décanteurs secondaires fonctionnels (fig. 11) qui sont fondamentaux, assurant la séparation gravitaire de la boue et de l'eau épurée rejetée dans le milieu récepteur. Le bon fonctionnement de cet ouvrage implique le respect des règles de conception. Une gestion rationnelle de la production de boue ainsi que la maîtrise de sa décantabilité.

Un volume de boues envoyées à l'épaississement est mesuré avec un débitmètre électronique sur les conduites de refoulement des boues en excès.



**Figure 11** : Décanteur secondaire (cliché Akkal et Mertousse, 2019).

### A-3-7-4. Recirculation des boues

Les boues décantées sont acheminées vers une fosse de pompage des boues de recirculation. Elles sont retournées par une conduite aux puits de répartition à l'entrée des bassins d'aération (fig. 12).



**Figure 12** : Bassin de recirculation des boues (cliché Akkal et Mertousse, 2019).

### A-3-7-5. Epaisseur

Par l'intermédiaire d'une tuyauterie et par pompage, les boues en excès sont introduites au centre de l'épaississeur (fig. 13). Ce phénomène de l'épaississement vise à augmenter la siccité des boues (teneur en matière sèche) sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue ; Les boues épaissies sont raclées vers l'installation de déshydratation mécanique en vue de leur déshydratation.



**Figure 13 :** Epaisseur (cliché Akkal et Mertousse, 2019).

### A-3-7-6. Déshydratation mécanique des boues

La déshydratation correspond à une augmentation forte de siccité. Elle modifie l'état physique des boues, passant de l'état liquide à l'état pâteux (fig. 14), dans le but de porter la siccité des boues à une valeur telle que leur transport soit facilité par réduction du volume, est rejeter dans une décharge publique.



**Figure 14 :** (a) Bloc de déshydratation, (b) Boue déshydratée (cliché Akkal et Mertousse, 2019).

#### **A-4. Principe du traitement biologique**

Il vise à éliminer la matière organique biodégradable des eaux usées, en provoquant le développement d'une culture bactérienne aérobie dispersée sous forme de flocons appelés bio-flocs. Le mélange résultant (eau usées-bio-flocs) est appelé liqueur mixte. Celle-ci sera maintenue à l'aide d'un système d'aération (turbines) qui a pour rôle d'introduire de l'oxygène nécessaire pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobies dans la masse de la liqueur qui sera envoyée au clarificateur mécanisé (décanteur secondaire) après un temps de contact suffisamment long, où va s'effectuer une séparation liquide/solide par gravité améliorée par un mécanisme de raclage.

Une plus grande partie de boues sera décantées et recyclées à l'entrée du réacteur biologique afin de maintenir une quantité suffisante de micro-organismes aérobies (matière active). Une autre partie se dépose sur le radier du décanteur secondaire (boue en excès) sera dirigée vers le traitement des boues : épaissement puis déshydratation sur filtre à bande. Il résulte de ce fait une eau épurée qui est rejetée dans le milieu naturel.

#### **A-5. Présentation du laboratoire d'analyses de la STEP de SET**

Le laboratoire est le lieu le plus indispensable dans la STEP. 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.

##### **A-5-1. Les analyses effectuées au niveau du laboratoire de la STEP**

Des analyses de plusieurs paramètres sont effectuées au niveau de la STEP quotidiennement et hebdomadairement qui sont :

###### **a. paramètres physicochimiques**

- |                    |   |                  |
|--------------------|---|------------------|
| 1. Température     | } | suivi journalier |
| 2. pH              |   |                  |
| 3. Oxygène dissout |   |                  |
| 4. Conductivité    |   |                  |

**b. Paramètres de pollution**

1.  $V_{30}$
  2.  $DBO_5$
  3. MES
  4. Azote ammoniacale
  5. Azote totale
  6. Azote nitrique
  7. Azote nitreux
  8. Phosphate totale
- } suivi hebdomadaire

**A-5-2. Echantillonnage**

Dans chaque station d'épuration, il est nécessaire d'effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques pour les eaux brutes à l'entrée de la station et des eaux épurée à la sortie de cette dernière afin d'évaluer le taux de pollution dans chaque phase et le rendement d'élimination des pollutions pour s'assurer du bon fonctionnement des équipements épurateurs de la STEP.

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivant :

- La sélection convenable du point d'échantillonnage.
- Le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- La conservation adéquate de l'échantillon.

**A-5-3. Prélèvement de l'eau à analyser**

Au niveau de la station d'épuration de souk-el-Tenine, notre échantillonnage a été effectué dans deux endroits précis hebdomadairement (entrée et sortie de la station) et en continu à l'aide d'un dispositif automatique d'extraction (fig. 15).



**Figure 15** : Préleveur automatique

#### **A-5-4. Analyses effectuées**

##### **A-5-4-1. Les paramètres physico-chimiques**

Nous avons réalisé des analyses pour déterminer la qualité physico-chimique de l'eau de la STEP et les paramètres à étudier sont :

#### **- Paramètres physiques**

##### **a. La température**

###### **Principe**

La température influence sur de nombreux processus chimiques et physiques, tels la solubilité des gaz dans l'eau (oxygène dissous, gaz carbonique, etc...), le pH, la conductivité électrique, les vitesses de réactions chimiques et biochimiques et la vitesse de sédimentation. Il est donc nécessaire de mentionner la température de l'échantillon (**Annexe 1**).

###### **Appareillage**

La mesure de la température est intégrée dans les trois instruments conductimètre ; oxymètre ; pH-mètre.

##### **b. Le potentiel Hydrogène**

###### **Principe**

Le pH ou potentiel d'hydrogène est en relation avec la concentration des ions hydrogène  $[H^+]$  présents dans l'eau ou dans les solutions. La différence de potentiel existe entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci (**Annexe 2**).

**Appareillage** : pH-mètre (fig. 16).

##### **c. la conductivité électrique CE**

###### **Principe**

C'est la mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant électrique (en  $\mu S/cm$ ). Elle donne une indication précise sur la concentration totale en sels dissous et d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. La conductivité électrique d'une eau traduit l'aptitude que possèdent celles-ci à laisser le courant électrique. Le transport des charges se faisant par l'intermédiaire des ions contenus dans l'eau. Il est logique d'admettre que la conductivité d'une eau sera d'autant plus importante que sa minéralisation sera élevée. Il existe donc



une relation entre la conductivité d'une eau et sa minéralisation, d'où l'intérêt que présente la mesure de la conductivité, mesure quasi instantanée, pour connaître la minéralisation d'une eau (Blais et Sasseville, 1996) (**Annexe 3**).

**Appareillage** : conductimètre (fig. 16).

#### **d. L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>)**

C'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 (en *mg/l*). (Rejsek, 2002) (**Annexe 4**).

#### **Principe**

Le système de mesure courant pour l'oxygène dissous consiste en un instrument de mesure et d'une sonde polarographique. La sonde constitue la pièce la plus importante et délicate du système. Cette sonde comprend une anode d'argent (Ag) enveloppée d'un fil de platine (Pt) qui agit comme cathode. Ceux-ci sont insérés dans une cartouche remplie d'une solution électrolytique de chlorure de potassium (KCl). L'extrémité de la cartouche comporte une membrane en téflon, matériau perméable au gaz, qui permet uniquement le passage de l'oxygène présent dans la solution. Par l'application de potentiel de 790 mV, l'oxygène présent dans la cellule est réduit en ion d'hydroxyde (OH) dans la cathode et le chlorure d'argent (AgCl) est déposé sur l'anode. Cette réaction provoque un flux de concentration correspondant à l'oxygène dissous.

**Appareillage** : Oxymètre (fig. 16).



**Figure 16** : les différents appareillages des paramètres physiques (cliché Akkal et Mertousse, 2019)

**e. les matières en suspension (MES)**

C'est la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau et ce qui provoque sa turbidité (Gomella et Guerree, 1978).

Nous avons utilisé la gravimétrie pour déterminer la concentration des solides en suspension présents dans les différents échantillons d'eau et de liqueurs mélangées obtenus dans la station de dépuración. Le résultat sera exprimé en mg/l de solide (**Annexe 5**).

**Principe**

Séparation des matières en suspension par filtration sur disque filtrant de 0,45 µm. Le filtre est séché à 105 °c puis pesé après refroidissement. Le taux des MES exprimé en (mg/l) est donné par l'expression :

$$\text{MES} = (M_1 - M_0) 1000/V$$

Où

V : le volume d'échantillon utilisé (en ml).

M<sub>0</sub> : la masse du disque filtrant avant utilisation (en mg)

M<sub>2</sub> : la masse du disque filtrant après utilisation (en mg).

**Appareillage** : Pompe à vide et dessiccateur (fig. 17).



**Figure 17:** (a) Pompe à vide, (b) Etuve (cliché par Akkal et Mertousse, 2019).

## - Paramètres chimiques

### a. 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 (**Annexe 6**).

#### Principe

C'est une méthode qui consiste à mesurer la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement et totalement les matières de l'effluent. La demande chimique en oxygène DCO exprimée en mg/l qui représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de consommer de l'oxygène (par oxydation au bichromate de potassium en milieu sulfurique) en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques. La matière organique sera transformée en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et en eau (H<sub>2</sub>O).

Appareillage : Réacteur DCO et photomètre de type Nanocolor ® (fig.18).

### b. Phosphate total

#### Principe

La mesure du phosphate total 5 et phosphate total 15 se fait par la détermination photométrique en tant que bleu de molybdène après hydrolyse acide et oxydation à 100-120 °C. Par contre, les phosphates 50 c'est par détermination photométrique du complexe jaune d'acide phosphorique-molybdate-vanadate après hydrolyse acide et oxydation à 100-120 °C.

Appareillage : Photomètre (fig 18).

### c. Ammonium N-NH<sub>4</sub>

#### Principe

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. Le dosage de l'ammonium 50 et 200 se fait par détermination photométrique en tant qu'indophénol : l'ammonium réagit à un pH d'environ 12,6 avec de l'hypochlorite et du salicylate, en présence de sodium nitroprussiate comme catalyseur, pour former du bleu d'indophénol.

Appareillage : Photomètre (fig.18).

### d. Nitrites

#### Principe

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

Appareillage : Photomètre (fig.18).

### e. Nitrates N-NO<sub>2</sub>

#### Principe

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

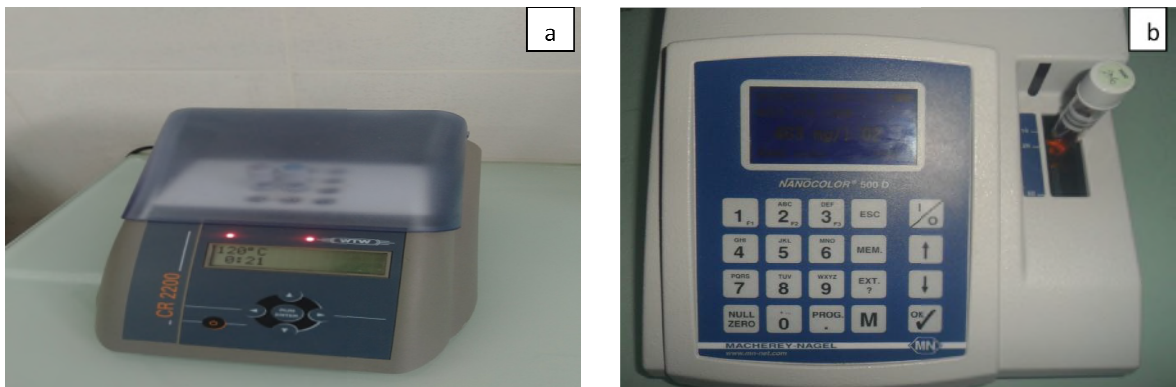
Appareillage : Photomètre (fig 18).

### f. Azote total

#### Principe

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

Appareillage : Photomètre (fig 18).



**Figure 18:** a. Réacteur DCO, b. Photomètre (cliché par Akkal et Mertousse, 2019).

## B- Généralités sur Moringa

Le Moringa est un arbre originaire d'Inde (Rajangam *et al*, 2001). Il se trouve dans des zones très arides comme le Sahara (Olson, 2001) ; Il se présente généralement par un arbre pérenne qui peut atteindre 7 à 12 m de hauteur (Makkar *et Becker*, 1997). Parmi les utilisations de Moringa la purification de l'eau grâce à sa graine qui contient 30 à 40 %

d'une protéine soluble dans l'eau. Il s'agit d'un poly électrolyte naturel non toxique (Kabor, 2011), utilisés comme polypeptides naturels non toxiques qui neutralisent les matières colloïdales et provoquent la sédimentation des particules minérales et organiques (Foidl *et al*, 2001) (Annexe 7).

### **B-1 Présentation taxonomique du matériel végétal**

Famille : *Moringaceae* ;

Genre : *Moringa* ;

Espèce : *Oléifera* ;

Origine : Inde ;

Nom Vernaculaire : *Anamambo, Morongo, Tsialamiondrika.*

### **B-2 Purification des eaux usées de la STEP avec le *Moringa***

#### **B-2-1 L'échantillonnage**

Dans notre étude, nous avons effectué deux nouveaux prélèvements au niveau de la STEP de SET le 28/05/2019 à 10h, dont le premiers (Pt : A) après le prétraitement (après phase de déshuilage-dessablage), et le deuxième (Pt : B) à la sortie de la STEP (canal des eaux épurées) ; à l'aide d'un dispositif manuel (seau accroché à une perche de prélèvement) (Fig.19). Les échantillons ont été conservés dans des bouteilles en plastique préalablement rincées avec de l'eau à analyser et transportées dans une glacière de la STEP vers le laboratoire de l'université, puis conservés dans le réfrigérateur à 4°C.

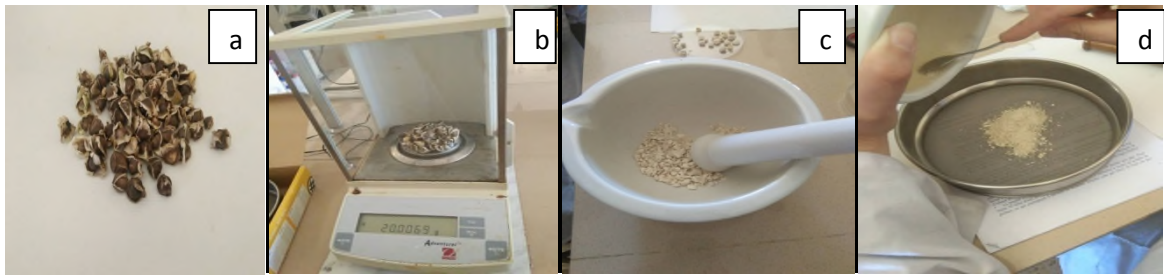


**Figure 19:** (a) : point (A), (b) : point (B), (c) : technique de prélèvement (Cliché par Akkal & Mertousse, 2019).

#### **B-2-2 Obtention de la poudre de *Moringa Oléifera***

A partir de gousses matures de couleur brune séchées naturellement sur l'arbre, puis récoltées et décortiquées ; les amandes (graines de couleur jaunâtre ou blanchâtre) récupérées en prend 20 g (pesées à l'aide d'une balance) des ces dernières et nous les

broyons à l'aide d'un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre fine, puis tamisées à l'aide d'un tamis (0,5 mm de Ø) ; les étapes suivantes sont illustrées dans la figure 20.



**Figure 20 :** (a) : graines matures, (b) : graines décortiquées, (c) : broyage des graines, d : tamisage des graines. (Cliché par Akkal & Mertousse, 2019).

### B-2-3. Préparation de la solution mère (bio-coagulant)

La poudre fine récoltée est mélangée avec de l'eau propre pour former une pâte. Ensuite, nous diluons la pâte dans une tasse d'eau minérale, puis en la verse dans une bouteille et nous continuons la dilution par de l'eau minérale jusqu'à 1 L. Après une agitation de 5 min, nous filtrons la solution obtenue dans un filtre à taille très fine ; le liquide filtré d'apparence laiteuse est la solution mère (ces étapes sont illustrées dans la figure 21).



**Figure 21 :** les étapes d'obtention de la solution mère de Moringa (Cliché par Akkal & Mertousse, 2019).

La solution mère doit être conservée dans un réfrigérateur et secoué avant chaque utilisation.

### B-2-4 Traitement des échantillons

Nous ajoutons différentes concentrations du coagulant de 60-70-80-90-100 ml et 40-50-60-70-80 ml, respectivement, dans les eaux d'entrée et de sortie de la station dans 800 ml d'eau à analyser. Nous avons prévu un échantillon témoin d'eaux d'entrée sortie et de station. Nous agitons à l'aide de Jar test en utilisant deux vitesses : rapide à 120 tours/mn

pendant 5mn, lente à 30 tours/mn pendant 30mn. Après 2 heures de décantation (figure 22), les surnageant claire obtenue ont été pipetés par une pipette et conservés dans des flacons en verre et le culot est rejeté ; des prélèvements ont étaient effectués puis analysés. Plusieurs essaies ont été effectués à différentes concentrations du coagulant afin de déterminer la dose optimale du coagulant qui donnerait un meilleur abattement des paramètres physico-chimiques



**Figure 22 :** (a) : injection du coagulant ; (b) : agitation ; (c) : décantation (Cliché par Akkal & Mertousse, 2019).

## B-2-5 Les paramètres physico-chimiques analysés

### B-2-5-1 Les paramètres physiques

#### ➤ Mesure du pH

##### ❖ Principe

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. Le pH-mètre est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure (fig. 23 a).

#### ➤ Mesure de la température

La température d'eau est un facteur important dans le milieu aquatique, à une influence sur les réactions physico-chimiques et biologiques (chapman et kimstach, 1996). C'est un facteur clé dans l'activité biologique avec des répercussions écologique (Leynaud, 1968) (fig. 23 a).

#### ➤ Mesure de la conductivité

La mesure de la conductivité se ramène à celle de la résistance d'une colonne d'eau. A cet effet on utilise une conductivimètre de pailasse (fig. 23 b).



**Figure 23 :** (a) pH mètre mener d'un thermomètre (b) conductivimètre de paillasse (CLICH2 Akkal et Mertousse, 2019).

### B-2-5-2 Les paramètres chimiques

#### ➤ Dosage des phosphates

#### ❖ Principe

Les ions ortho-phosphates peuvent être dosés avec précision par colorimétrie, ils réagissent avec le Molybdate d'ammonium pour donner de l'acide molybdophosphorique, cet acide donne lieu à diverses réactions colorées, la réaction bleu susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de  $\lambda = 690\text{nm}$  (Annexe 8)

.Appareillage : Spectrophotomètre de Paillasse (fig. 24).



**Figure 24 :** Spectrophotomètre de paillasse



➤ **Turbidité**

La turbidité est une notion d'optique qui dépend de la diffusion de la lumière dans un milieu liquide le plus souvent l'eau. Elle est en relation avec la mesure des matières en suspension. Elle donne une première indication sur la teneur en matières colloïdales, d'origine minérale ou organique, qui trouble l'eau (c'est donc une notion opposée à celle de la limpidité). Elle s'exprime en NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (**Annexe 9**).

➤ **Détermination des matières en suspension (MES)**

❖ **Principe**

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé après séchage à 105° par pesés différentielles jusqu'à masse constant.

➤ **Détermination des nitrates**

❖ **Principe**

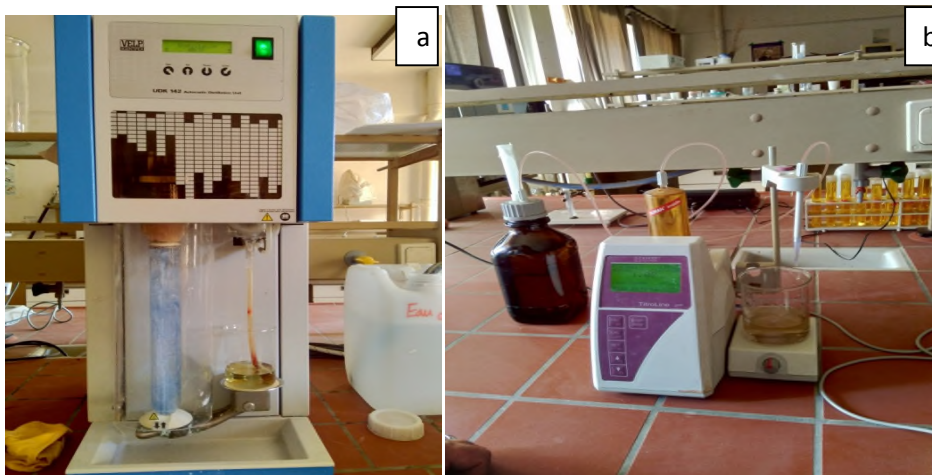
En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique à 415 nm (**Annexe 10**).

➤ **Dosage de l'azote kjeldahl**

❖ **Principe**

L'azote organique est minéralisé sous forme de sulfate d'ammonium par l'action conjuguée de l'acide sulfurique et de catalyseurs de minéralisation (**Annexe 11**).

Appareillage : Minéralisateur, Burette automatique (Fig. 25).



**Figure 25:** (a) Minéralisateur de l'azote Kjeldahl, (b) Burette automatique

### **B-2-6 Conclusion**

Le traitement des eaux usées est un processus très important pour la vie quotidienne des habitants et des villes du monde rural. En conclusion, on peut dire que la STEP de SET dispose et utilise les dernières nouvelles technologies en matière d'innovation pour le traitement des eaux usées urbaines par le procédé biologique à boues activées, dans cette étude en vise à mieux connaître le procédé phytoépuration pour le rendre plus efficace dans le but de protéger l'environnement ce qui favorise le développement durable.

## **Résultats et discussion**

### III. Interprétations des résultats biologique et naturel

#### III-1 Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous allons présenter les résultats d'analyses physico-chimiques réalisées au niveau du laboratoire de la STEP des échantillons prélevés à l'entrée et la sortie de la station ainsi que les résultats des mêmes échantillons obtenus avec le traitement par le *Moringa* au niveau de laboratoire à l'université Bejaia. Ces résultats sont suivis d'interprétations permettant de cibler l'efficacité de *Moringa* dans l'épuration des eaux usées.

#### III-2 Les résultats

Les résultats des analyses effectués au niveau de la STEP sont résumés dans le tableau IV.1 et ceux effectués après le traitement par le *Moringa Oléifera* dans le tableau IV.2 et IV.3.

#### III-3 La discussion des résultats obtenus au niveau de la STEP

##### III-3-1 La température

Les variations des températures des effluents liquides à l'entrée et à la sortie de la STEP sont celles correspondant à la période de stage. Les résultats obtenus indiquent que les valeurs de la température des différents échantillons de la STEP sont très proches. Elles se situent dans un intervalle allant de 10.6 °C à 11.9 °C avec une moyenne de 11.17 °C à l'entrée de la STEP et entre 10.9 °c et 21.1 °c avec une moyenne de 13.95 °c à la sortie de la STEP. La comparaison des valeurs par rapport à la moyenne donne un écart type de 0.54 à l'entrée de la STEP et 4.79 à la sortie de la STEP, et de 0.04 et 0.3 respectivement pour le coefficient de variation ; ce qui explique que les valeurs ne sont pas loin de la moyenne, et que la dispersion des valeurs autour de la moyenne est très faible.

Les températures de l'effluent traité sont légèrement supérieures à celles enregistrés au niveau des eaux brutes, car le système renferme des canalisations où le développement des organismes aérobies est favorable. C'est leur activité fermentescible qui est à l'origine du dégagement d'énergie.

Les températures varient selon le climat et l'heure de prélèvement est n'ont jamais dépassé la norme de l'OMS (< 30) (JORADP, 2006). Ce qui prouve que les échantillons sont conformes aux normes de rejet.

### III-3-2 Le pH

Les valeurs du pH des eaux usées de la STEP à l'entrée est compris entre 7.32 et 7.52 avec une moyenne de 7.43, un écart type de 0.08 et un coefficient de variation de 0.01. Les valeurs du pH des eaux de sortie sont toujours supérieures à celles enregistrées à l'entrée. Elles varient entre 7.32 et 7.63 avec une moyenne de 7.48, un écart type de 0.12 et un coefficient de variation de 0.01. Nous constatons que les valeurs du pH sont plutôt alcalines et elles sont conformes aux normes de rejet de l'OMS qui sont comprises entre 6.5 - 8.5. Ces valeurs favorisent la prolifération des micro-organismes car l'optimum de développement de ces derniers se situe entre 5.5 et 7.5 (Gyebtri *et al*, 2015).

### III-3-3 La conductivité électrique

La conductivité d'une eau fournit une indication précise sur sa teneur en sels dissous. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (Desjardins, 1997). Les valeurs de la conductivité électrique de la STEP se situent dans un intervalle allant de 1072  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 1536  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à l'entrée, avec une moyenne et de 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un écart type de 220.35 et un coefficient de variation de 0.15, et entre 1002  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 1423  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne 1283  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un écart type de 193.46 et un coefficient de variation de 0.15 enregistrées à la sortie. Ces valeurs indiquent une minéralisation excessive des eaux brutes et traitée (conductivité >1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  veut dire minéralisation excessive) (Ladjel et Bouchefer, 2006).

### III-3-4 Oxygène dissout

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).

Les valeurs obtenues au niveau de la STEP montrent une légère fluctuation allant de 0.02 mg/l à 0.04 mg/l avec une moyenne de 0.03 mg/l, un écart type de 0.009 et un coefficient de variation de 0.29 pour les eaux brutes. Et des valeurs allant de 0.09 mg/l et 0.10 mg/l pour les eaux traitées avec une moyenne de 0.09 mg/l, un écart type de 0.005 et un coefficient de variation de 0.06. D'après ces résultats, nous remarquons que le taux d' $\text{O}_2$  dissout des eaux traitées est supérieur à celui des eaux brutes. Ce qui est dû à une bonne aération des eaux au niveau du bassin biologique nécessaire pour le développement des micro-organismes aérobies qui assurent l'oxydation des matières organiques. Ce qui conduit aussi à une bonne aération biologique des eaux usées ; la faible valeur d' $\text{O}_2$  dissout au niveau de l'entrée de la STEP est préalablement liée à l'arrivée d'une eau riche en matière organique et inorganique dissoutes.

### III-3-5 Matières en suspension MES

Les majeures parties sont de nature biodégradable. A partir de nos résultats nous avons noté des valeurs de 134 mg/l et 620 mg/l pour les eaux brutes avec une moyenne de 298.5 mg/l, un écart type de 218.74 et un coefficient de variation de 0.73 ; ces valeurs sont en fonction de la nature du rejet. En ce qui concerne les eaux épurées, la valeur des MES varie entre 7 mg/l et 10 mg/l avec une moyenne de 8.25 mg/l, un écart type de 1.5 et un coefficient de variation de 0.18. Ces faibles valeurs sont dues à une bonne décantation des matières en suspension. Cette valeur reste inférieure à la norme de rejet (< 30 mg/l). Ce qui explique le bon fonctionnement du bassin biologique.

### III-3-6 Demande chimique en Oxygène DCO

D'après les résultats obtenus, les valeurs de la DCO des eaux usées varient entre 139 mg O<sub>2</sub>/l et 340 mg O<sub>2</sub>/l avec une moyenne de 254.75 mg O<sub>2</sub>/l, un écart type de 93.32 et un coefficient de variation de 0.36 pour l'effluent brut. Par contre pour les eaux épurées, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celle de l'eau brute. Elles varient entre 15 à 25 mg O<sub>2</sub>/l avec une moyenne de 20.07 mg O<sub>2</sub>/l, un écart type de 4.44 et un coefficient de variation de 0.22. Par ailleurs, les DCO obtenues à la sortie de la STEP, obéissent aux normes de rejet (< 120 mg O<sub>2</sub>/l) (Ladjel et Bouchefer, 2006). Ceci dénote l'efficacité du traitement secondaire de la station dans l'élimination de cette pollution chimique.

### III-3-7 Phosphate total Pt

Les teneurs en phosphate sont de 2.99 et 4.3 mg/l au niveau des eaux brutes avec une moyenne de 3.64 mg/l, un écart type de 0.92 et un coefficient de variation de 0.25. Et entre 4.86 à 5.2 mg/l avec une moyenne de 5.03, un écart type de 0.24 et un coefficient de variation de 0.04 mg/l pour les eaux épurées. Nous remarquons que le phosphate des eaux épurées a toujours une valeur minimale par rapport aux eaux brutes. Cet abattement est associé aux micro-organismes qui assurent la dégradation du carbone et de l'azote et intègrent le phosphore à leur milieu cellulaire (structure membranaire, ATP, ARN). C'est simplement par cette voie qu'il y a eu l'élimination de phosphore.

### III-3-8 Ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Les teneurs en ammonium représentent ainsi un indice de pollution récente (**Dussart, 1992**).

Les résultats obtenus de la concentration de l'azote ammoniacale varient entre 30 mg/l et 40 mg/l avec une moyenne de 35 mg/l, un écart type de 7.07 et un coefficient de variation de 0.20 à

l'entrée. Et entre 0 mg/l et 1mg/l avec une moyenne de 0.5, un écart type de 0.70 et un coefficient de variation de 1.41 à la sortie. La baisse des teneurs en azote ammoniacale au niveau de la STEP de l'entrée vers la sortie est due grâce au processus d'épuration biologique par boues activées qui permet de diminuer la charge polluante en  $\text{NH}_4^+$ .

### III-3-9 Nitrites $\text{NO}_2^-$

D'après les résultats obtenus, nous constatons que la différence de ces valeurs entre l'entrée et la sortie nous renseigne sur une légère variation, dont les valeurs se situent entre 0.07 et 0.08 mg/l à l'entrée avec une moyenne de 0.079mg/l, un écart type de 0.004 et un coefficient de variation de 0.05. Et une valeur de 0.032 à la sortie de la STEP. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac ou de la nitrification qui n'était pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrites sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau refermant des nitrites est considérée comme suspecte car ces substances subissent une détérioration de la qualité microbiologique. Cependant la moyenne de la concentration des nitrites restent inférieurs aux normes de l'OMS (< 1mg/l) (CSHPF, 1995).

### III-3-10 Ions phosphates $\text{PO}_4^{3-}$

Selon nos résultats, la teneur en phosphate se situe entre 9.7 à 10.3 mg/l avec une moyenne de 10 mg/l, un écart type de 0.42 et un coefficient de variation de 0.042 pour les eaux brutes. Et entre 11.6 à 14.5 mg/l avec une moyenne de 13.05 mg/l, écart type de 2.05 et un coefficient de variation de 0.15 pour les eaux épurées. Nous remarquons que la teneur des ions phosphates est plus élevée à la sortie qu'à l'entrée de la STEP. Le phosphore contenu dans les eaux résiduaires à dominante urbaines provient pour l'essentiel des rejets métaboliques (urines, fèces). Les autres apports de phosphore proviennent des détergents pour lave-vaisselle, des eaux de vaisselle, des détergents lessives ménagers et le cas échéant des produits de lavage dits «industriels» utilisés dans les laveries, restaurants, commerces, industries agro-alimentaires, .... L'ensemble des données bibliographiques synthétisées par (Gillot *et al*, 2010 ; Stricker *et al*, 2010) indiquent que les rejets journaliers domestiques de phosphore par individu se situent dans une gamme comprise entre 1.2 et 2.1 g P/j, l'essentiel provenant de l'urine.

### **III-4 Les résultats obtenus après le traitement par le *Moringa Oléifera***

#### **III-4-1 La température**

Les variations des températures des effluents liquides à l'entrée et à la sortie de la STEP traités par le *Moringa* à différentes concentrations sont très proches. Elles se situent dans un intervalle allant de 21.6 °C à 21.1 °C avec une moyenne de 21.76 °C, un écart type de 0.15 et un coefficient de variation de 0.006 à l'entrée de la STEP, et entre 19.3 °C et 21.2 °C avec une moyenne de 19.9 °C, un écart type de 0.52 et un coefficient de variation de 0.02 à la sortie de la STEP. Elles sont néanmoins plus élevées que celles mesurées au niveau de la STEP vu les conditions de conservation des échantillons au niveau du laboratoire de l'université de Bejaia. En effet, les échantillons ont séjourné au-delà d'une semaine avant d'être analysés. Durant cette période, plusieurs coupures de courant ont été enregistrées.

#### **III-4-2 Le pH**

Les valeurs du pH des échantillons d'eaux usées de la STEP à l'entrée sont comprises entre 7.77 et 7.95 avec une moyenne de 7.85, un écart type de 0.068 et un coefficient de variation de 0.008. Les eaux de sortie sont toujours supérieures à celle enregistrée à l'entrée. Elles varient entre 7.54 et 7.64 avec une moyenne de 7.6, un écart type de 0.032 et un coefficient de variation de 0.004. Nous constatons que les valeurs du pH sont proches par rapport à celles des échantillons prélevés au niveau de la STEP. Ce qui confirme que l'extrait de la plante MO n'a aucune influence sur le pH.

#### **III-4-3 La conductivité électrique**

Les valeurs de la conductivité électrique des échantillons d'eaux de la STEP traitées par le *Moringa* se situent dans un intervalle allant de 916 à 925  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à l'entrée avec une moyenne de 921.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , et un écart type 3.44 et un coefficient de variation de 0.003. Et un intervalle allant de 1147  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 1221  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une moyenne 1192  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , un écart type de 22.4 et un coefficient de variation de 0.018 enregistrées à la sortie. Ces valeurs indiquent la formation d'ions dus au séjour long des eaux avant l'analyse. La conductivité est aussi proportionnelle à la concentration en minéraux dissous ionisés.

#### **III-4-4 oxygène dissout**

Les valeurs de l'oxygène dissout des échantillons d'eau de la STEP traitées par le *Moringa* se situent dans un intervalle allant de 3.64 mg/l à 20.5 mg/l à l'entrée avec une moyenne de 9.66 mg/l, un écart type de 5.14 et un coefficient de variation de 0.53. Et un intervalle entre 0.01 mg/l



et 0.03 mg/l pour les eaux traitées avec une moyenne de 0.02 mg/l, un écart type 0.004, et un coefficient de variation de 0.2. D'après ces résultats nous remarquons que la teneur en O<sub>2</sub> des eaux d'entrée est supérieure à celles de sortie. Ce qui est dû aux conditions de travail au laboratoire qui ont provoquées la prolifération de microorganismes aérobies consommateurs d'oxygène.

#### **III-4-5 Matières en suspension MES**

A partir de nos résultats nous avons noté des valeurs de 1162.5 mg/l et 11750 mg/l avec une moyenne de 5682.5 mg/l, un écart type 3481 et un coefficient de variation de 0.61 pour les eaux brutes. En ce qui concerne les eaux épurées, la valeur des MES varie entre 162.5 mg/l et 6875 mg/l avec une moyenne de 2357.5 mg/l, un écart type 2064 et un coefficient de variation de 0.87. L'écart entre les valeurs par rapport à la moyenne est trop élevé. Ceci s'explique par une forte turbidité de l'eau. Ces valeurs sont dû à la mauvaise qualité du papier filtre qui se dissous dans l'eau pendant la filtration des échantillons.

#### **III-4-6 Turbidité**

D'après les résultats, nous avons notés une variation de turbidité entre 0.39 NTU et 1.5 NTU, avec une moyenne de 0.96 NTU, un écart type 0.26 et un coefficient de variation de 3.69 à l'entrée de la STEP. Et entre 0.35 NTU et 1.25 NTU, avec une moyenne de 0.82 NTU, un écart type de 0.34 et un coefficient de variation de 0.41 à la sortie de la STEP. Nous remarquons que la turbidité baisse pour des faibles concentrations mais plus nous augmentons la concentration la turbidité augmente avec ; cela signifie que lors de la filtration des faibles concentrations les particules contenues dans l'eau passent lentement et ont le temps de s'adsorber ou s'arrêter sur la couche filtrante, tandis que pour les grandes concentrations ces particules précédemment arrêtées se détachent de la couche filtrante, et s'entraînent avec l'eau vers la sortie du filtre et qui seront l'origine de la turbidité.

#### **III-4-7 La demande biochimique en oxygène dans 5 jours DBO<sub>5</sub>**

Selon REJSEK (2005), la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO<sub>5</sub>) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les micro-organismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganique.

Nous avons notés que les valeurs de la DBO<sub>5</sub> varient entre 240 mg/l et 390 mg/l à l'entrée de la STEP, et entre 180 mg/l et 290 mg/l à la sortie, avec des moyennes de 306 mg/l et 220 mg/l

respectivement, et un écart type de 48.8 avec un coefficient de variation de 0.15 à l'entrée de la STEP, et un écart type de 30, avec un coefficient de variation de 0.13 à la sortie de la STEP.

Nous constatons que les valeurs augmentent successivement au niveau des deux sites avec l'augmentation de la concentration du coagulant et vu le séjour long des eaux, et les conditions de conservation au niveau du laboratoire de l'université. Selon Fatombi, (2009) la plante de MO favorise le développement des micro-organismes dans l'eau.

#### **III-4-8 La demande chimique en oxygène DCO**

D'après les résultats, nous avons notés une variation de 550 mg O<sub>2</sub>/l et 928.75 mg O<sub>2</sub>/l avec une moyenne de 742.9 mg O<sub>2</sub>/l, un écart type de 102.68 et un coefficient de variation de 0.13 à l'entrée de la STEP ; et entre 472.5 mg O<sub>2</sub>/l et 843.75 mg O<sub>2</sub>/l avec une moyennes de 669 mg O<sub>2</sub>/l, un écart type de 107.2 et un coefficient de variation de 0.16 à la sortie de la STEP. Nous remarquons une diminution de la teneur de la DCO à la sortie par apport à l'entrée. Ces résultats montrent que malgré le traitement avec le MO sa valeur reste loin de la norme. Cette augmentation est due à l'importance de la charge polluante.

#### **III-4-9 La biodégradabilité**

Elle traduit l'aptitude d'un échantillon à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux. Elle est exprimée par un coefficient de biodégradabilité K, avec  $K = DCO/DBO5$  (Metahri, 2012).

Ce rapport varie entre 2.29 et 2.38 à l'entrée avec une moyenne de 2.42 ; cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables ( $1.5 < K < 2.5$ ) (Metahri, 2012). Et entre 2.62 et 2.90 à la sortie de la STEP avec une moyenne de 3.04, cela signifie que les matières oxydables sont non biodégradables ( $K > 3$ ). Cela signifie la présence d'élément inhibiteur de la croissance bactérienne dans l'eau (Metahri, 2012),

#### **III-4-10 Salinité**

Représente la teneur en sels dissouts dans l'eau. Nous remarquons que les valeurs de la salinité à l'entrée de la STEP sont stables à une valeur de 0.2 g/l, et légèrement variée entre 0.2 g/l et 0.3 g/l avec une moyenne de 0.28 g/l à la sortie de la STEP. Ce qui représente un taux bas de sels dissouts dans cette eau.

### III-4-11 Ions Phosphates

Nous observons que les valeurs d'ions phosphates sont légèrement variables et augmentent progressivement entre 2.52 mg/l et 3.67 mg/l à l'entrée de la STEP avec une moyenne de 2.99 un écart type de 0.46 et un coefficient de variation de 0.15. Et des variations entre 3.18 mg/l et 15.66 mg/l avec une moyenne de 6.19 mg/l à la sortie de la STEP, avec un écart type de 3.78 et un coefficient de variation de 0.61. Nous observons une augmentation du taux des ions phosphates allant de l'entrée vers la sortie dans les échantillons traités, mais sa diminution considérable par rapport à l'échantillon brute.

### III-4-12 Nitrates

Les valeurs obtenues oscillent entre 84.61 mg/l et 281.73 mg/l avec une moyenne de 132.30 un écart type de 59.67 et un coefficient de variation de 0.45 à l'entrée de la STEP. Avec une variation entre 71.15 mg/l et 171.15 mg/l une moyenne de 108.07, un écart type de 32 et un coefficient de variation de 0.29 à la sortie de la STEP. Nous constatons que la valeur du nitrate diminue de l'entrée vers la sortie, et par rapport à l'échantillon brute dû à sa consommation par les bactéries présentes dans l'échantillon.

### III-4-13 Azote Kjeldahl

Il représente la somme de l'azote ammoniacal et l'azote organique. C'est l'Azote qui se forme sous la forme oxydée ; il varie entre 17.36 mg/l et 45.92 mg/l avec une moyenne de 31.58 mg/l et un écart type de 10.57 à l'entrée de la STEP, et de 7.84 mg/l à 35.84 mg/l avec une moyenne de 24.86 mg/l et un écart type de 6.89 à la sortie de la STEP. Le coefficient de variation varie entre 0.33 et 0.27 respectivement à l'entrée et la sortie de la STEP. Nous remarquons que les valeurs de l'azote diminuent en allant de l'entrée vers la sortie de la STEP. Ce qui explique que ce coagulant a un effet éliminateur de l'Azote à basses concentrations, mais légèrement plus élevé par rapport à l'échantillon brute à de fortes concentrations du coagulant.

### III-4-14 Matières Organiques

Sa valeurs varie dans un intervalle entre 343.33 mg/l et 569.58mg/l avec une moyenne de 461.63 mg/l, un écart type de 66.76 et un coefficient de variation de 0.14 à l'entée de la STEP. Et entre 277.5 mg/l et 474.58 mg/l avec une moyenne de 369.66 mg/l, écart type de 55.73 et un coefficient de variation de 0.15 à la sortie de la STEP. Nous avons noté une diminution de la quantité de matière organique dû aux différentes concentrations de MO à l'entrée et la sortie de la STEP mais son augmentation par rapport à l'échantillon brute (132.08 à l'entrée, 61.66 à la

sortie) est dû au long séjour des échantillons au niveau du laboratoire de l'université, les conditions de conservation de la plante qui favoriserait la prolifération de la matière organique par eutrophisation et la présence d'une fraction d'huile de la graine utilisée sans séparation de l'huile du reste de la graine.

### III-5 Conclusion

Par comparaison avec le traitement biologique de la station d'épuration des eaux usées, nous avons remarqué que le pH de l'eau décantée avec ce principe actif reste inchangé. C'est un avantage important puisque son traitement ne nécessite plus de correcteur d'acidité. Les grands changements des paramètres physico-chimiques de l'eau traitée nous permettent de conclure que le principe actif que nous avons extrait est un bon coagulant naturel. En effet, il présente de nombreux avantages sur les plans économique, social et environnemental par rapport au traitement biologique. De plus, cette plante remplit complètement les conditions de coagulant utilisé pour le traitement de l'eau vis-à-vis de sa propriété. En effet, le coagulant ne doit pas présenter de toxicité, être facile à produire, et facile à doser. Les graines de Moringa répondent très bien à ces critères.

Le principe actif à l'état liquide nécessite une basse température donc il est conseillé que la conservation soit dans un équipement frigorifique. Aussi, nous proposons sa transformation en poudre. Etant donné que les protéines qui jouent un grand rôle à la floculation. Cette mesure est bénéfique car elle facilitera sa conservation et sa distribution auprès de la population la plus nécessiteuse. Notre étude expérimentale ne prétend pas épuiser toutes les mesures de traitement de l'eau ; elle se limite seulement au processus de floculation et à l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau. Une étude sur le plan bactériologique pourra faire l'objet de recherche future pour compléter la présente. Il est souhaitable aussi de mener une étude comparative du coût de traitement des eaux avec les deux coagulants cités précédemment.

**Tableau IV : Résultats d'analyses physico-chimiques au niveau de la STEP**

P	Paramètres Physico-chimique																			
	T		Ph		OD		CE		MES		DCO		Phosphore total (Pt)		Ammonium (NNH4)		ion phosphate (PO4 <sup>3-</sup> )		Nitrite (N-NO <sub>2</sub> )	
	(°C)		-		(mg/l)		(µS/cm)		(mg/l)		(mg /l)		(mg/l)		(mg/l)		(mg/l)		(mg/l)	
NI	<30		6.5-8.5		-				<20		<90		-		-		-		-	
NS	-		-		-				30		120									
Lieu	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
04.03.2019	10,6	10,9	7,52	7,63	0,03	0,1	1536	1423	240	7	340	22,3								
11.03.2019	11	12	7,41	7,5	0,04	0,09	1520	1310	134	7	220	15	4,3	5,2	40	1	10,3	11,6	0,082	0,032
18.03.2019	11,9	21,1	7,48	7,48	0,02	0,1	1472	1397	620	9	320	25								
24.03.2019	11,2	11,8	7,32	7,32	0,04	0,09	1072	1002	200	10	139	18	2,99	4,86	30	0	9,7	14,5	0,076	0,032
Max	11,9	21,1	7,52	7,63	0,04	0,1	1536	1423	620	10	340	25	4,3	5,2	40	1	10,3	14,5	0,082	0,032
Min	10,6	10,9	7,32	7,32	0,02	0,09	1072	1002	134	7	139	15	2,99	4,86	30	0	9,7	11,6	0,076	0,032
Moyenne	11,175	13,95	7,4325	7,4825	0,0325	0,095	1400	1283	298,5	8,25	254,75	20,075	3,645	5,03	35	0,5	10	13,05	0,079	0,032
Ecartype	0,5439056	4,7906158	0,0877021	0,1271154	0,0095743	0,0057735	220,35123	193,4649	218,74414	1,5	93,32872	4,4447535	0,9263099	0,2404163	7,0710678	0,7071068	0,4242641	2,0506097	0,0042426	0
CV(Ecart/moy)	0,0486716	0,3434133	0,0117998	0,0169884	0,294593	0,0607737	0,1573937	0,150791	0,7328112	0,1818182	0,3663542	0,2214074	0,2541317	0,0477965	0,2020305	1,4142136	0,0424264	0,1571348	0,0537043	0

**Tableau V** : Résultats d'analyses physico-chimiques des effluents sortie STEP traités par le *Moringa oleifera*.

Eau de sortie											
Paramètres	E.B	C1=0,17	C2=0,21	C3=0,25	C4=0,29	C5=0,33	Moy	Ecart-Type	cv=ecartyp/moy	Min	Max
ph	7,44	7,63	7,64	7,54	7,58	7,61	7,6	0,032	0,00	7,54	7,64
T (°C)	21,10	21,20	19,50	19,70	19,80	19,30	19,90	0,52	0,03	19,30	21,20
CE (µs/cm)	1312	1221	1213	1198	1181	1147	1192	22,4	0,02	1147	1221
Salinité	0,20	0,30	0,30	0,30	0,20	0,30	0,28	0,032	0,11	0,20	0,30
O2 (mg/l)	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,004	0,2	0,01	0,03
Turbidité (NTU)	1,25	0,35	0,7375	1,25	1,25	0,5375	0,825	0,34	0,41	0,35	1,25
PO43-(mg/l)	18,13	15,66	5,04	3,44	3,19	3,63	6,19	3,79	0,61	3,19	15,66
NTK (mg/l)	4,48	35,84	24,64	7,84	26,32	29,68	24,86	6,90	0,28	7,84	35,84
N-NO3 (mg/l)	199,04	125	171,15	96,15	71,15	76,92	108,08	32	0,30	71,15	171,15
DBO5 (mg/l)	25	180	195	210	225	290	220	30	0,14	180	290
DCO (mg/l)	135	472,50	597,5	696,25	735	843,75	669	107,20	0,16	472,50	843,75
MES (mg/l)	3375	6875	3000	625	1125	162,5	2357,5	2064	0,88	162,50	6875
K	5,40	2,625	3,06	3,32	3,27	2,91	3,04	3,57	1,18	2,625	2,91

**Tableau VI** : Résultats d'analyses physico-chimiques des effluents entré STEP traités par le *Moringa oleifera*

Eau d'entrée											
Paramètres	E.B	C1=0,25	C2=0,29	C3=0,33	C4=0,38	C5=0,42	Moy	Ecart	CV=Ecartype/moy	Min	Max
ph	7,81	7,95	7,92	7,77	7,77	7,87	7,856	0,0688	0,0088	7,77	7,95
T (°C)	21,9	21,8	22,1	21,6	21,7	21,6	21,76	0,152	0,0070	21,6	22,1
CE (µs/cm)	943	925	925	919	924	916	921,8	3,44	0,0037	916	925
Salinité	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0	0	0,20	0,20
O2 (mg/l)	30,51	20,5	7,64	4,87	11,69	3,64	9,668	5,1416	0,53182	3,64	20,5
Turbidité (NTU)	1,51	0,39	0,88	0,97	1,09	1,5	0,966	0,2648	0,27412	0,39	1,5
PO43-(mg/l)	2,7	2,525	2,6	3,475	2,675	3,675	2,99	0,468	0,15652	2,525	3,675
NTK (mg/l)	30,24	21,84	17,36	43,68	45,92	29,12	31,584	10,5728	0,33475	17,36	45,92
N-NO3 (mg/l)	524,04	281,73	112,5	89,42	93,27	84,62	132,31	59,77	0,45	84,62	281,73
DBO5 (mg/l)	100	240	250	310	340	390	306	48,8	0,159477	240	390
DCO (mg/l)	196,25	723,25	550	698,75	813,75	928,75	742,9	102,68	0,138215	550	928,75
MES (mg/l)	9000	6875	11750	7125	1500	1162,5	5682,5	3481	0,612582	1162,5	11750
k	1,9625	3,014	2,2	2,25	2,39	2,38	2,43	2,10	0,87	2,29	2,38

# **Conclusion générale**



### Conclusion générale

Vu la croissance importante des populations et des agglomérations non contrôlés, qui a engendré une augmentation remarquable de rejets domestiques et en particulier des eaux usées, surtout devant le non respect d'installation des réseaux d'assainissement et d'évacuation. Pour régler ce problème de rejets non contrôlés et excessive, des stations d'épurations ont été installées dans le but de minimiser l'effet des ces rejets sur l'environnement et la santé humaine.

Dans le cadre de la réalisation de notre mémoire de fin de cycle nous avons été chargé de mener de faire une contribution en vu de vérifier le bon fonctionnement de la STEP de SET qui adopte un traitement biologique dans le traitement des eaux usées (floculation). Ce premier procédé de traitement est comparé à une autre méthode de traitement basée sur l'utilisation de l'effet épurateur d'une plante (coagulation) sur les eaux de cette dernière.

Lors de divers expériences réalisées au niveau de la STEP durant notre période de stage, nous avons amélioré nos connaissances sur les analyses des effluents liquides au niveau d'une station d'épuration.

Au terme de ce travail, nous avons obtenus les résultats suivants :

- Concernant les analyses physicochimiques menées au niveau de la station (pH, CE, T°, O<sub>2</sub>, MES, DCO, Pt, NNH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>2</sub>), la majorité des résultats ont connus un abattement notable (au-delà de 150%) ;
- Concernant les analyses utilisant le coagulant naturel (*Moringa*) réalisées au niveau des laboratoires de l'université de Bejaia, le pH (7.6 et 7.85), la turbidité (0.82 et 0.96 NTU), conductivité électrique (921.8 et 1192µS/cm). L'utilisation du matériel végétal a donné des résultats moyens au vu du traitement biologique. L'eau utilisée est très chargée en polluants et a longuement séjournée au niveau du laboratoire avant son traitement. Pour ce, les résultats de l'épuration naturel ont été efficace au vu des concentrations de la solution utilisée. Nous avons constaté des rendements épuratoires satisfaisant, en accord avec les normes de rejet des effluents des eaux à l'entrée et à la sortie de la STEP après traitement par la plante épuratrice, remarquable en premier lieux par la clarté des eaux après injection du coagulant et l'étape d'agitation par le jar-test et sédimentation, et des rendement remarquables après analyses physico-chimiques.

### **Quelques recommandations**

- La transformation de la plante en poudre après extraction des huiles, étant donnée que c'est les protéines qui jouent un rôle dans la floculation, cette mesure est bénéfique car elle facilite :
  - La conservation de flocculant,
  - Sa distribution auprès de la population la plus nécessiteuse.
- Une étude sur le plan bactériologique pourra faire l'objet de recherche future pour compléter la présente.
- Il est souhaitable aussi de mener une étude comparative du coût de traitement des eaux avec les deux coagulants cités précédemment.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques :

**Alhakmani F, Kumar S, Alam Khan K. (2013).** Estimation of total phenolic content in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa Oléifera*. Asian pacific journal of tropical biomedicine. 3(8): 623-627.

**Alexandre O, Boutin C, Duchène Ph, Lagrange C, Lakel A, Liénard A, Orditz D. (1998).** Filière d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. Techniques de documentation Lavoisier (FNDAE N22), Paris, France.

**Aminata K, Boubakar S, Francis R, Alfred S S, Dayéri D. (2013).** Optimisation de l'efficacité des grains de *Moringa Oléifera* dans le traitement des eaux de consommation en Afrique Sub-Saharienne: cas des eaux de Burkina Faso. Revue des sciences de l'eau, Vol.26, no.3, pp 209-220.

**Azzouzi M, Ait Younes O.(2012).** Valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marakech pp 14, 17, 28.

**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.

**Berland JM, Boutin C, Cooper P. (2001).** Procédés extensifs d'épuration des eaux usées. Office des publications de communauté européenne, Luxembourg.

**Berné F, Cordonnier J. (1996).** Traitement des eaux. Edition Technique, Paris.

**Baumont S, Camaraj P, Lefranc A, Franconi A. (2005).** Réutilisation des eaux épurées : risque sanitaire et faisabilité en Ile de France institut d'aménagement et d'urbanisation de la région Ile de France.

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

- Blin E. (2012).** « De la chimie des écosystèmes et des cocktails », revue : la chimie et la nature (p : 185).
- Boari G, Mancini, I M and Trulli E. (1997).** Technologies for water and wastewater treatment. -Séminaires Méditerranéens, Sér. A /n037, Università degli Studi della Basilicata Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell 'Ambiente Potenza, Italy.
- Bolmestedt J. (2000).** Dynamique modelling of an activated sludge process at a pulp and paper mill. Thèse: Departement of industrial Electrical Engineering and Automation (IEA, Lund Technologie (LTH), Lund University, Sweden.
- Bordet J. (2007).** L'eau dans son environnement rural ; édition Johanet.
- Bouchaala L, Charchar N, Gherib A. (2017).** Ressources hydriques : Traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie journal of arid environment, p12, vol.7, n°1, 84-95 ISSN 2170-1318.
- Bourier R, Satin M, Selmi B. (2010).** Guide technique de l'assainissement, 4<sup>ème</sup> édition, Paris.
- Boutoux. (1993).** Introduction à l'étude des eaux douces (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson). Edition technique et documentation Lavoisier.
- Broin M. (2005).** Composition nutritionnelle des feuilles de Moringa oleifera. In): Moringanews.
- Bürger R, Wendland W. (2001).** Sedimentation and suspension flows: Historical perspective and some recent developments. Journal of Engineering Mathematics Vol41, PP 101-116.
- Caid A. (1984).** Epuration biologique des eaux usées urbaines.
- Chabni L. (2005).** mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique. Option : conception des systèmes d'alimentation en eau souterraine. Ecole nationale supérieure de L'Hydraulique ENSH-BLIDA.
- Chapman D, Kimstach V. (1996).** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in

environnement monitoring, Chapman edition, 2<sup>nd</sup> ed. E & FN Spon, London, pp59-126  
universitaires 1, place centrale de Ben Aknoun. Alger. P87.

**Degremont. (2005).** Mémento technique de l'eau, 10<sup>ème</sup> édition, Ed, Lavoisier, Paris.

**Desjardins. (1997).** Traitement des eaux, Deuxième édition, Montréal.

**Devaux I. (1999).** Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse : sciences de la vie et de la santé, université. Joseph Fourier, Grenoble, p257.

**Dugniolle H. (1980) :** L'assainissement des eaux résiduaires domestiques, CSTC-revue n°03-septembre.

**Dupon D. (2008).** L'assainissement écologique des eaux usées domestiques vers un mode de gestion durable. ENSAL.

**Dussart B. (1992).** Limnologie, l'étude des eaux continentales. Paris, Boubée, p 681.

**Ecosse D. (2001).** Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Qualité et gestion de l'eau. Fac. Sciences, Amiens, p62.

**Edeline F. (1997).** L'épuration biologique des eaux : théorie et technologie des réacteurs, Ed, Cebedoc, Liège, Belgique.

**Fahey JW. (2005).** *Moringa oleifera*: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees for Life J.* 1: 5.

**Foidl N, Makkar, H P S, Becker K. (2001).** The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. *The Miracle Tree: The Multiple Attributes of Moringa*, 45-76.

**Gomella, Guerree H. (1978)** .Le traitement des eaux publiques industriels et privée. Edition Eyrolles Paris.

**Hedj-Sadok, Z M. (1999).** Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau. Thèse : Faculté des sciences de l'ingénieur, Université de Nice – Sophia Antipolis, France.

**Iwema A, Raby D, Lesavre J, Boutin C. (2005).** Epuration des eaux usées domestiques par filières plantes de macrophytes : recommandations techniques pour le concepte

et la réalisation. Groupe macrophytes et traitement des eaux, Agence de l'eau, France.

**Jarde E. (2002).** Composition organique de boues résiduelles de station d'épuration Lorraines : caractérisation moléculaires 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.

**Kabor A. (2011).** Etude du pouvoir flocculant et des qualités épuratoires des graines de Moringa Oléifera dans le traitement des eaux brutes de consommation en Afrique sub-Saharienne : cas des eaux du Burkina Faso. Mémoire de DEA, université de Ouagadougou, Ouagadougou Burkina Faso.

**Khemis. (2011).** Etude théorique et expérimental du procédé d'électrocoagulation : application au traitement des effluents liquides hautement chargés en impuretés organiques et minérales. Thèse de doctorat INPL, Nancy.

**Ladjel f, Bouchefer S-A. (2006).** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02, Centre de formation au métier de l'assainissement, CFMA-Boumerdes, p80.

**Ladjel F, Bouchefer S-A. (2012).** Exploitation d'une station d'épuration à boues activées et d'une lagune, niveau 2.

**Lakhdari B. (2005).** Effet de la coagulation flocculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz. Mémoire de magister en chimie Inorganique et Environnement ; Département de chimie ; Faculté des sciences, Université AboubakrBelkaid , Tlemcen, Décembre 2011.

**Laleye O A F, Ahissou H , Olounlade Ap, Azando E V B and Laleye A. (2015).** Etude bibliographique de trois plantes antidiabétique de la flore béninoise : Khaya sengalensis (Desr) A. Juss (Meliaceae), Momordica charantia Linn (cucurbitaceae) et Moringa Oléifera Lam (Moringaceae). Int. J. Biol. Chem. Sci., 9 (5): 2682-2700.

**Leynaud G. (1968).** Les pollutions thermiques, influence de la temperature sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture pp224-881.

**Lindberg C F. (1997).** Control and estimation strategies to the activated sludge process.

- Makkar H, Becker K. (1997).** Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *J Agric. Food Chem.*, 3152–3157.
- Martin L. (2009).** Probiotiques, prébiotiques, symbiotiques et <<métabiotiques>> : ce qu'il faut savoir. Institut national de la santé et de la recherche médicale (Insem). Toulouse, France.
- Meinof F, Stooff H, Kohmschutter H. (1997).** Les eaux résiduaires industrielles. Edition MASSON, Paris, 2<sup>ème</sup> édition.
- Menoret C. (2001).** Traitement d'effluent concentré par cultures fixées sur gravier ou pouzzolan. Thèse Académie des sciences et techniques du languedoc, Université montpellier II, France.
- Metahri M S. (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes, cas de la STEP Est de la ville de Tizi Ouzou.
- Norström A. (2005).** Treatment of domestic wastewater using microbiological processes and hydroponics in Sweden. Departement of Biotechnologie, division of applied Environmental Microbiology, Royal Institute of Technology, AlbaNova University Center, Stockholm, Sweden, Printed at Intellecta DocuSys AB, Nacka, Sweden.
- Nweze N O, Nwafor, F. (2014).** Phytochemical, proximate and mineral composition of leaf extracts of *Moringa oleifera* Lam. from Nsukka, South-Eastern Nigeria. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 9(1), 99-103.
- Olson M E. (2001).** Wood and bark anatomy in *Moringa* (Moringaceae). *Haseltonia*. 8: 85-121.
- Pronost J, Pronost R, Deplat L, Malrieu J, Berland. (2002).** Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. Ministère de l'agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des affaires rurales (FNDAE n°22 bis), document technique, France.



- Raissi O. (2014).** Protection de la ressource en eau en Algérie : office nationale de l'assainissement.
- Ramaroson Rakotosamimanana V. (2014).** Etude des pratiques et croyances alimentaires pour comprendre la malnutrition à Madagascar: intérêt de l'introduction de feuilles de *Moringa oléifera*, Dijon.
- Rajangam J, Azahakia M R S, Thangaraj T, Vijayakumar A, Muthukrishan N. (2001).** Production et utilisation du *Moringa* en Inde: la situation actuelle, 9p.
- Rejsek F. (2002).** « Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques », centre régional de documentation pédagogique D'Aquitaine (CRDP), Bordeaux.
- Rodier J, et autres. (1984).** L'analyse de l'eau : Eau naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers ; chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie, 7<sup>ème</sup> éd. Ed DUNOD, Paris.
- Rodier J. (1996).** L'analyse de l'eau (les eaux naturelles, les eaux résiduaires, les eaux de mers) 8<sup>ème</sup> édition, DUNOD. pp557-770, 968-1079.
- Rodier J. (2005).** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mers. 8<sup>ème</sup> édition DUNOD technique. Paris. P 1008- 1043).
- Roloff A, Weisgerber H., Lang U, Stimm B. (2009).** *Moringa oleifera Lam.*, 1785. Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch and Atlas der Dendrologie. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Enzyklopädie der Holzgewächse- 40. Erg.Lfg. 6/05. 8p.
- Roumieu P, Mazet, E, Ghilhem, P. (2003).** La modélisation physique d'ouvrages d'assainissement source intéressante de gains technico-Economiques : -Colloque SHF « quels modèles physiques pour le XXIème siècle ? » Lyon, France.
- Saint Sauveur A, Broin M. (2006).** L'utilisation des feuilles de *Moringa Oléifera* contre les carences alimentaires : un potentiel encore peu valorisé. Atelier international « *Moringa* et autres végétaux à fort potentiel nutritionnel : stratégies, normes et marchés pour un meilleur impact sur la nutrition en Afrique». Accra, Ghana.
- Silman S. (2002). Papa SidyT. (2003).** Etude de réhabilitation de la station d'épuration de Saly Portugal, Sénégal. Université de Dakar.

**Stricker A E, Héduit A, Takács I, Comeau Y. (2010).** Quantifying nutrient assimilation in activated sludge, Proceedings of WEFTEC, 83th Annual Conference and Exposition of the Water Environment Federation, New Orleans, LA, 7135-7164.

**Toze S. (1999).** PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewater. Water Res 33; PP 3545-3556.

**VANDEVENNE L. (1982).** Gestion des eaux usées urbaines et industrielles 1982- caractérisation- technique d'épuration, aspects économiques. Technique et documentation Lavoisiers.

**Von Sperling M. (2007).** Wastewater characteristics, treatment and disposal, IWA, Ed, London.

**CSHPF. (1995).** Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines. Conseil supérieur d'hygiène public de France section des eaux, p22.

**Centre national d'études et d'analyses pour la population et le développement CENEAP.2006.**

**Le contrat de management d'Alger, Octobre 2011,** un ambitieux programme sur l'eau, un partenariat public-privé réussi.

**Journal officiel de la république Algérienne. (2006).**

**Organisation Mondiale de la Santé.** Les effets de l'environnement sur la santé de la mère et de l'enfant. OMS février 2005, aide mémoire no.284 suisse 2005.

**Service de l'environnement SEN** route de la fonderie Franbourg, notice d'information (2.2.024) définition et calcul des équivalents-habitants.

[http://www.sante.gouv.fr/dossier/cshpf/re\\_1095\\_desinfection.htm](http://www.sante.gouv.fr/dossier/cshpf/re_1095_desinfection.htm) (Consulté le 06-02-2015).

<http://www.Fleurs-fruits-feuilles-dc.com>

<http://www.moringa.org>.

[Fpf-mh.uvt.rnu.tn/295/1/traitement-des-eaux-usées-urbaines.pdf](http://Fpf-mh.uvt.rnu.tn/295/1/traitement-des-eaux-usées-urbaines.pdf). « lesprocédésbiologiques d'épuration 2008 » Université Virtuelle de Tunis.

# **Annexes**

## **Annexe 1**

### **La température**

- **Mode opératoire :**

- plonger le thermomètre dans l'eau jusqu'au niveau de lecture et laisser la température se stabiliser.
- effectuer la lecture et la reporter sur protocole d'analyse.

## **Annexe 2**

### **PH**

- **Réactifs**

Solution tampon PH = 9.0

Solution tampon PH = 7.0

Solution tampon PH = 4.0

- **Mode Opératoire**

- Etalonnage de l'appareil
- Allumer le PH-mètre
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée et essuyer avec de papier absorbant
- Prendre dans petit bécher, la solution tampon PH =7
- Régler l'agitation à faible vitesse
- Tremper l'électrode de PH dans la solution tampon PH = 7.0
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2
- Enlever l'électrode et le rincer abondamment avec de l'eau distillée
- Réétalonner de la même manière avec les solutions tampon PH = 4.0 et PH = 9.0

## **Annexe 3**

### **La conductivité électrique**

#### **Mode opératoire**

D'une façon générale, opérer avec la verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage, avec de l'eau distillée.

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner.

Faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

- **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en indiquant la température de l'eau en  $^{\circ}\text{C}$ .

## **Annexe 4**

### **L'oxygène dissous**

- **Etalonnage de l'oxymètre**

Etalonnage de l'appareil à une valeur proche de la saturation :

Faire barboter de l'air dans de l'eau à température constant pour amener sa teneur en oxygène si non à saturation du moins au voisinage de celle-ci. Laisser environ 15 min à cette température et déterminer la concentration de l'oxygène dissous.

Plonger la sonde dans un flacon complètement rempli d'un échantillon préparé

Comme décrit pour la solution d'étalonnage. Laisser la sonde pendant 10 min dans la solution agitée pour permettre la stabilisation de la lecture et ajuster au besoin, l'indication de l'appareil sur la concentration connue de l'échantillon.

- **Mode opératoire**

Effectuer le dosage sur l'eau à analyser en se conformant aux instructions de fabrication de l'appareil.

Après avoir plongé la sonde dans l'échantillon. Lui laisser le temps nécessaire pour atteindre la température de l'eau et fournir une réponse stable suivant la nature de l'appareil utilisée et du résultat recherché. Contrôler au besoin la température de l'eau ou de pression atmosphérique.

- **Expression des résultats :**

Exprimer la concentration de l'oxygène dissous en milligrammes d'oxygène par litre.

## **Annexe 5**

### **La matière en suspension (MES)**

#### **❖ Matériels**

- Papier filtre
- Dessiccateur
- Fiole de 100
- Etuve
- Balance de précision

#### **❖ Mode opératoire**

- Laver un disque filtrant, placé sur l'équipement de filtration, à l'aide d'eau distillée. Le sécher à (150°) jusqu'à masse constante, laisser refroidir en dessiccateur et peser à 0.1 mg près.

- Placer le filtre dans l'équipement de filtration et mettre en marche le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser progressivement l'échantillon sur le filtre jusqu'à ce que le récipient soit vide, le volume filtré doit :

- être d'au moins 100 ml.

- permet d'obtenir une masse de matières retenue sur le filtre au moins égale à 1 mg par centimètre carré de surface filtrante. Toutefois, dans le cas d'eaux contenant peu de matières en suspension, cette deuxième condition peut ne pas être satisfaite, à condition que le volume filtré soit alors d'au moins de 500 ml.

- Rincer le récipient ayant contenu l'échantillon avec 10 ml environ d'eau distillée et faire passer les eaux de lavage sur le filtre.
- Laisser essorer et sécher le filtre à 105°C, laisser refroidir en dessiccateur et peser à 0.1mg près si le résidu est inférieur à 20 mg, ou à 0.5 mg près si le résidu est supérieur à 20 mg . Recommencer l'opération de séchage, de refroidissement et de pesée jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas 0.1 ou 0.5 mg.

## **Annexe 6**

### **Demande chimique en oxygène**

#### **Appareillage et réactifs**

- Réacteur DCO
- Portoir pour tubes DCO
- Spectrophotomètre
- Pipette jaugée 2.0 ml
- Poire à pipeter
- Tubes DCO gamme 0-1500 mg/l
- Tubes DCO gamme 0-150 mg/l

#### **Mode opératoire :**

- Bien mélanger un volume d'échantillon à l'aide d'un agitateur magnétique.
- prélever à l'aide d'une pipette un volume de 2 ml de l'échantillon à analyser.
- introduire le volume d'échantillon dans les tubes DCO prêts à emploi selon leurs gammes.
- pour l'eau brute on prend la gamme de 0 à 150 mg/l.
- agiter fortement les tubes pendant 1minute.
- mettre les tubes dans réacteur DCO pendant 2heures à une température de 150°C
- faire sortir les échantillons et laisser refroidir pendant 30 min.
- placer les tubes dans le spectrophotomètre et lisez directement le résultat.

## Annexe 7

### Généralités sur Moringa

#### Historiques et distribution du *Moringa oleifera*

Le *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam), est un arbre originaire de l'Inde. Au sud de la chaîne de montagnes de l'Himalaya (Fig. 01) (Rajangam et al, 2001). Est aujourd'hui très largement répandu à travers le monde, (Olson, 2001 ; Sain Saver et broin, 2005). Et par ailleurs, cultivé dans toutes les régions tropicales notamment en Afrique de l'Est. Et ce la au début de 20<sup>ème</sup> siècle par le biais du commerce et des échanges maritimes durant cette période (Foidl et al, 2001).

*Moringa* peut se trouver dans des zones très arides comme le Sahara, mais il préfère les climats semi-tropicaux humides (Olson, 2001). Il connaît aujourd'hui un intérêt grandissant au niveau mondial, en raison de ses vertus exceptionnelles environnementales, médicinales, industrielles, nutritionnelles et pour la purification de l'eau (Fahey, 2005).



**Figure 01 :** Distribution de *Moringa oleifera* dans le monde (Roloff et al, 2009).

#### Généralités sur la plante :

1. Classification botanique et dénomination internationale



*Moringa Oleifera* (Lamarck, 1785) appelé aussi (arbre de vie) (Alhakmani et al, 2013), c'est un genre d'arbres tropicaux de la famille des *Moringaceae* (Olson, 2001), présenté généralement par un arbre pérenne (Makkar et Becker, 1997), qui peut atteindre 7 à 12 m de hauteur



**Figure 02 :** Arbre mature de Moringa (Roloff *et al*, 2009).

- ✓ **Fruit :** Se représentent sous forme de gousses à trois lobes de 20 à 60 cm de long et 4 cm de diamètre à sections circulaires légèrement triangulaires de couleur brun kaki à maturité contenant de nombreuses graines environ 12 à 35 de couleur Blanchâtre, plus ou moins ovoïde 2 et 2.5 de long ; 1.8 et 2 cm de large, sachant qu'un arbre peut produire 15000 à 25000 graines par an (Alhakmani et al, 2013).



**Figure 06 :** fruit : gousses sèches de *Moringa* (www. Fleurs-fruits-feuilles-dc.com)

- ✓ **Graines :** sont arrondies couvertes d'une coque semi-perméable brunâtre, (Makkar et Becker, 1997). S'étendent de cette coque trois ailes du sommet jusqu'à la base de 120° d'intervalle (Foidl *et al*, 2001). Son poids moyen est de 0.3 g, dont 25% représenté par sa coque (Makkar et Becker, 1997).



**Figure 07 :** graines sèches de *Moringa* (Foidl *et al*, 2001).

### **Domaine d'utilisation de *Moringa oleifera* :**

*Moringa oleifera* « arbre miracle » est l'espèce la plus importante par ses multiples utilisations :

#### **1) Alimentation**

##### **✓ humaine et la lutte contre la malnutrition :**

*Moringa oleifera* est un complément alimentaire idéal, ses feuilles sont un légume de bonne qualité nutritionnelle (Ramaroson, 2014). Elles peuvent être consommées fraîches comme salade ou en poudre et même associées aux épices comme le piment (Broin, 2005), ou cuites comme des épinards et préparées en soupe (Nweze et Nwafor, 2014). Elles sont riches en protéines, dont la carence est responsable de la maladie du 'gros ventre' des enfants souffrant de malnutrition, mais aussi en vitamines, notamment A et C et en sels minéraux ou oligo-éléments, notamment calcium et fer. Elles sont particulièrement indiquées pour compléter le régime alimentaire des nourrissons (Olson, 2001) et ses feuilles peuvent contribuer grandement à préserver la santé de la mère et à donner de la force au fœtus et au bébé (Martin L, 2009).



**Figure 09 :** Enfant dénutri mangeant du *Moringa*, (Olson, 2001).

Les jeunes gousses vertes peuvent être consommées en bouillies comme des haricots (Foidl et al., 2001). On comparant ses éléments nutritifs avec d'autres aliments présentés ci-dessous



**Figure 10** : valeurs nutritionnelles de Moringa (ww.moringa.org).

#### ✓ animale :

La productivité des animaux de fermes dans la plupart des pays tropicaux est généralement basse ce qui a conduit à la valorisation de nombreuses ressources végétales locales en alimentation animale tels que l'enrichissement de la ration par des feuilles de *Moringa oleifera* grâce à ses qualités nutritives excellentes, ce qui forment une source de fourrage de très bonne qualité afin d'améliorer la marge bénéficiaire (Foidl et al., 2001, Hedji, 1999).

#### 2) Utilisation médicinale :

L'homme est habitué à consommer et à digérer différentes espèces de plantes, qui sont bien souvent appréciées pour leurs qualités aussi bien médicinales que nutritives, et dans l'ethnomédecine ; des feuilles de *Moringa oléifera* ont été employées par les guérisseurs traditionnels dans le traitement de divers maux tels que le malaise, les ulcères d'estomac, la diarrhée, l'infection gastriques et celles de la peau aussi, peuvent être employées pour amplifier le sang pendant l'anémie hémolytique elles possèdent aussi des propriétés anti-inflammatoire et antalgique. L'extrait des feuilles de *Moringa oléifera* possède une activité

antioxydant due à la présence des différentes variétés d'antioxydants comme l'AC, Ascorbique, les flavonoïdes, les composées phénoliques et caroténoïdes. Les fleurs peuvent être utilisées en infusion consommé pour combattre le rhume (Martin, 2009, Nweze et Nwafor, 2014).

### **3) Utilisation industrielle :**

Les graines contiennent 40 % d'huile, celles-ci sont utilisées comme lubrifiant dans la machinerie fine et dans l'industrie des parfums, comme elles ont un potentiel pour être utilisées en tant que biocarburant dans la fabrication de colorants à partir du bois et de la pâte à papier (Olson, 2001).

#### **Autres utilisation :**

L'huile des graines peut s'employer en cuisine, en coiffure, comme lubrifiant, pour fabriquer de savon et en parfumerie comme base pour les composées volatiles des parfums (Olson, 2001), le tourteau de graines *Moringa* résultante de l'extraction d'huile peut être utilisé comme engrais qui peut enrichir considérablement les sols agricoles. En outre, ses graines sont utilisées pour purifier le lait et le miel, en raison de sa teneur en composés phytohormones de type cytokinines (Martin, 2009)

### **4) Purification de l'eau :**

Les graines de l'arbre *Moringa oléifera* sont utilisées dans les procédés traditionnels de purification de l'eau .ces graines contiennent en effet 30à 40 % d'une protéine de réserve chargée positivement et soluble dans l'eau : il s'agit d'un poly électrolyte naturel non toxique. Cette protéine est libérée lorsque la poudre issue du broyage des graines, est solubilisée dans l'eau trouble. Elle est responsable d'un phénomène de réticulation et forme une sorte de maillage où sont piégés les bactéries, virus et matière organique .Les matières en suspension dans l'eau s'agglomèrent alors et tombent au fond du récipient par gravité. L'eau surnageant est claire mais pas totalement stérile. *Moringa oléifera* agit comme un coagulant primaire elle peut substituer de façon viable les coagulants chimique (Kabor, 2011).

## **Annexe 8**

### **Phosphate**

#### **❖ Réactifs**

- Solution Phosphate

- Solution fille de Phosphate
- Solution Molybdate
- Solution de chlorures Stanneux

Réactifs solution phosphate :

➤ **Solution mère de phosphate**

Dissoudre 0,0716 g d'hydrogénophosphate de potassium ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) dans 10 ml d'eau distillée dans un bécher, transférer la solution dans une fiole jaugée de 100 ml + 1 ml de HCl

➤ **Solution fille de phosphate :**

Solution mère de phosphate.....1ml.

Eau distillée .....100ml.

➤ **Solution Molybdate :**

Acide sulfurique concentré .....25ml.

Eau distillée.....40ml.

Ajouter l'acide sulfurique à l'eau distillée, mélanger la solution et laisser refroidir.

➤ Molybdate d'ammonium ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ).....2,5g

➤ Eau distillée.....7,5ml.

Dissoudre le molybdate d'ammonium dans l'eau distillée, mélanger les solutions (1) et (2), laisser refroidir et diluer à 100 ml.

➤ **Solution de chlorure stanneux :**

Chlorure stanneux ( $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).....0,25g

Glycérol.....10ml.

Chauffer le mélange dans un bain-marie jusqu'à dissolution complète du chlorure stanneux

**Mode opératoire :**

Introduire 40 ml de l'eau à analyser dans une série de fioles jaugées de 50 ml, ajouter 4 ml de solution d'acide molybdate et 10 gouttes de la solution de chlorures stanneux, ajuster jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée et bien mélanger, laisser reposer 5mn puis effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 690 nm.

### **Expression des résultats**

Tenir compte de la valeur lue pour le témoin et tracer la courbe d'étalonnage, les concentrations des échantillons en phosphates sont obtenues à partir de cette courbe d'étalonnage.

$$[\text{PO}_4^{-3}](\text{mg/l}) = c/\text{VEch} \times 50$$

Avec:

**C**: concentration obtenue à partir de la courbe d'étalonnage

**VEch** : volume d'échantillon.

### **Annexe 9**

#### **❖ Turbidité**

##### **➤ Matériels**

- Becher
- Turbidimètre
- Cuvette de mesure en verre

##### **➤ Mode opératoires :**

- Remplir la cuvette avec l'échantillon jusqu'au trait (environ 25 ml);
- Allumer l'appareil en appuyant sur « entrer », et attendre que l'affichage soit stable ;
- Placer la cuvette préparée dans son emplacement et fermer le couvercle ;
- Noter la valeur maximale affichée.

### **Annexe 10**

#### **Nitrates**

##### **Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium à 10g/l à renouveler toutes les 24h.
  - Acide sulfurique concentré (d=1 .84)
  - Solution d'hydroxyde de sodium :
- Hydroxyde de sodium 20g
  - Sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 5g
  - Eau dé-ionisée q.S.P 100ml

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 80ml d'eau distillé ; ajouter le sel sodique EDTA .après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans en fiole jaugée de 100CC, ajuster le volume à 100 ml avec l'eau distillée.

Conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

- Solution d'azoture de sodium :
  - azoture de sodium 25 mg
  - eau distillée q.S .p 250 ml

Dissoudre 72.2 mg de nitrate de potassium dans une fiole de 100, puis compléter au trait de jauge avec l'eau distillée.

A renouveler tout les deux mois.

- Solution fille étalon d'azote nitrique à 10mg /L Prélever avec une pipette de 10cc, un volume précis de 10mL de la précédente solution mère dans une fiole jaugée de 100cc, puis compléter avec l'eau distillée.

Préparation de la solution étalon et dosage des nitrates

Mode opératoire

Dans une capsule en porcelaine de 60mL, introduire successivement :

- 10ml d'une Solution étalon d'azote nitrique 10mg/l
- Ajouter 0,5ml d'une Solution d'azoture de sodium
- Ensuite ajouter 0,2 ml d'Acide acétique pur à 100%
- Agiter en tournant légèrement la capsule avec la main, afin d'homogénéiser le mélange .attendre 5min puis évaporer modérément à sec au bain-marie ou sur une plaque chauffante réglée à 80°C(ne pas surchauffer ni chauffer trop longtemps).
- Ajouter 1mL de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer a sec sans calcination ' à sels humides) sur la plaque chauffante. Laisser refroidir.

- Reprendre le résidu par 1mL d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement.
- Attendre 10 minutes, puis ajouter 15mL d'eau distillée et 10mL de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune. agiter la solution à la main avant d'effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm, par rapport au blanc (l'eau distillée). On mesure ainsi l'absorbance de la solution étalon Ae.

### **Mode opératoire**

- Introduire 10mL d'eau naturelle dans une capsule de 60 mL (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 10mg/L , opérer une dilution).
- Alcaliniser faiblement avec 1ml de la solution d'hydroxyde de sodium .Poursuivre de dosage comme pour la courbe d'étalonnage , en suivant les mêmes étapes que précédemment :
  - Ajouter 0.5 ml d'une solution d'azoture de sodium
  - Ensuite ajouter 0.2ml d'Acide acétique pur à 100%
    - Agiter en tournant légèrement la capsule avec la main, afin d'homogénéiser le mélange. attendre 5minutes puis évaporer modérément à sec au bain-marie ou sur une plaque
    - Ajouter 1mL de solution de salicylate de sodium ,mélanger puis évaporer à sec sans calcination (à sels humides ) sur la plaque chauffante .laisser refroidir
    - Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement.
    - Attendre 10 minutes, puis ajouter 15ml d'eau distillée et 10ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune .Agiter la solution à la main avant d'effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm , par rapport au blanc (l'eau distillée) . On mesure ainsi l'absorbance de l'échantillon inconnue d'eau naturelle Ai.

### **Expression des résultats**



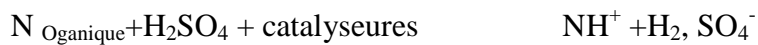
appliquant la loi de Beer-Lambert  $A = l \cdot \epsilon \cdot C$ , on peut par comparaison de l'absorbance de l'échantillon d'eau naturelle avec celle de l'étalon de nitrates, on obtient la relation exprimant la concentration en nitrates dans l'eau naturelle,

$$[\text{NO}_3^-](\text{mg/L}) = A_i/A_e \times 10 \text{ mg/l}$$

## Annexe 11 :

### L'azote Kjeldahl :

Le schéma de la réaction



Les ions  $\text{NH}_4^+$  qui résultent de cette minéralisation, ainsi que ceux qui préexistaient dans l'eau, sont transformés ensuite en ammoniac par une lessive de soude.



L'ammoniac est alors entraîné par un courant de vapeur vers une solution de piégeage où il pourra être dosé par simple acidimétrie.





## Résumé

Parmi les problèmes environnementaux dont le monde souffre est la pollution des eaux, alors que sa dépollution est devenue une obligation primordiale.

Dans le cadre de la réalisation de notre mémoire de fin de cycle nous avons été chargé de mener de faire une contribution en vu de vérifier le bon fonctionnement de la STEP de Souk El Tenine qui adopte un **traitement biologique** dans le traitement des eaux usées (**floculation**). Ce premier procédé de traitement est comparé à une autre méthode de traitement basée sur l'utilisation de l'effet épurateur d'une plante « **Moringa Oléifera** » (**coagulation**) sur les eaux de cette dernière.

Concernant les analyses physicochimiques menées au niveau de la station (pH, CE, T°, O<sub>2</sub>, MES, DCO, Pt, NNH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>2</sub>), la majorité des résultats ont connus un abattement notable (au-delà de 150%) ; et Nous avons constaté des rendements épuratoires satisfaisant après traitement par le **Moringa**, en premier lieux par la clarté des eaux après injection du coagulant et l'étape d'agitation par le jar-test et sédimentation, et de s rendement satisfaisant après analyses physico-chimiques des eaux épurées.

**Mots clés :** Pollution de l'eau, coagulant, purification, floculation, **Moringa Oléifera**, STEP, eau usée domestique, indicateurs de pollution.

## Abstract

Among the environmental problems that the world suffers is the pollution of water, while its depollution has become a primary obligation.

As part of the realization of our end-of-cycle report, we were asked to make a contribution to verify the proper functioning of the Souk El Tenine WWTP, which adopts a biological treatment in wastewater treatment (flocculation). ). This first treatment method is compared to another treatment method based on the use of the scrubbing effect of a plant "Moringa Oléifera" (coagulation) on the waters of the latter.

Regarding the physicochemical analyzes conducted at the station (pH, EC, T °, O<sub>2</sub>, MES, COD, Pt, NNH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>2</sub>), the majority of the results experienced a significant reduction (beyond 150% ); and We have found satisfactory treatment results after treatment with Moringa, firstly by the clarity of the water after injection of the coagulant and the stirring step by the test-jar and sedimentation, and satisfactory yield after physicochemical analyzes. chemical purified water.

**Key words:** Water pollution, coagulant, purification, flocculation, Moringa Oléifera, WWTP, domestic wastewater, pollution indicators.