

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERRI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



## *Mémoire De Fin De Cycle*

En vue de l'obtention du diplôme de master

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Eau et Environnement

### *Thème*

**Evaluation de la qualité physico-chimique et  
biologique des effluents secondaires de la STEP  
de Drâa El Mizan pour des fins de valorisation  
agricole**

Présenté par :

M<sup>elle</sup> HAMRANI Dihia

&

M<sup>me</sup> SOUDED Roza

Soutenu publiquement, devant le jury d'examen composé de :

Président :	M <sup>r</sup> BERRADJ O.	MCB	U.M.M.T.O
Promoteur :	D <sup>r</sup> METAHRI M.S.	MCA	U.M.M.T.O
Co-promotrice :	M <sup>elle</sup> BELMIHOUB N.	Doctorante	U.M.M.T.O
Examineur :	M <sup>r</sup> SMAIL A.	MCB	U.M.M.T.O

Promotion : 2018/2019

## *Remerciements*

*Nos premiers remerciements s'adressent à M<sup>r</sup> METAHRI, notre promoteur pour ce choix de thème très intéressant, le savoir acquis, ses conseils, ses encouragements, pour nous permettre de mener à bien ce travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent aussi à M<sup>me</sup> BELMIHOUB notre Co-promotrice pour sa gentillesse, sa disponibilité, c'est elle la conductrice de notre travail.*

*Nos vifs remerciements à M<sup>r</sup> BERRADJ qui nous fait l'honneur de bien vouloir présider le jury de soutenance de notre modeste projet de fin de cycle.*

*Nous tenons aussi à remercier Mr SMAIL, pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail en acceptant de l'examiner et de le juger.*

*Un grand merci à l'ensemble du personnel de l'ONA, celui de la STEP Draa El Mizan, M<sup>me</sup> MENAS chef de STEP, M<sup>me</sup> KHAROUBI et M<sup>r</sup> BOUKHALFA analystes labo, pour leur accueil chaleureux durant toute la période des prélèvements.*

*Nos remerciements à tout le personnel de laboratoire de traitement des eaux département d'agronomie de l'université Mouloud MAMMERRI.*

*Un grand merci à l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation.*

*Enfin, nous remercions toute personne qui a contribué de près ou de loin pour réaliser ce travail.*

# *Dédicaces*

*A*

*Mon Père*

*Ma Mère,*

*Mon frère,*

*Tant aimés,*

*A toutes les personnes que je porte dans le cœur  
et qui se reconnaîtront car elles en font autant.*

*Je vous dédie ce modeste travail en guise  
de reconnaissance car vous m'êtes si  
chers que je ne peux que vous offrir ce  
que j'ai appris de mieux dans ma vie.*

*Dihia.*

# Dédicaces

A

Mon mari pour sa patience

Mes adorables filles, Emily et Sarah

Toute ma famille, en particulier mon frère Merzouk sans lui je n'arriverais jamais à ce niveau

Toute ma belle famille: ma belle mère et mes belles sœurs

Toutes mes amies, en particulier Hassiba qui m'a encouragé à reprendre les études après une longue rupture

Mes collègues de travail, en particulier Dyhia.B qui m'a soutenu durant toute ma formation

la mémoire de mes parents, mon beau père, mon beau frère, mon très cher frère Boudjma: vous resterez toujours vivants

dans mon cœur

Roza

## Liste des abréviations

---

AEP : Approvisionnement en eaux potables

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

CE : Conductivité électrique

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliformes totaux

DBO : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en Oxygène

DEM : Drâa El Mizan

EH: Equivalent habitant

ETM : Eléments traces métalliques

FAO : Food and agriculture organisation

GPRH : Gestion prévisionnelle des ressources humaines

JORA : Journal officiel e la république algérienne

K : Coefficient de biodégradabilité

MES : Matières en suspension

OIE : Office international des eaux

OMS : Organisation mondiale de la santé

ONA : Office national d'assainissement

pH : Potentiel hydrogène

REUE : Réutilisation des eaux usées épurées

SF : Streptocoques fécaux

STEP : Station d'épuration des eaux usées

T : Température

UFC : Unité formant colonie

## Liste des abréviations

---

## Liste des figures

---

<b>Figure 01</b> : Situation géographique de la zone d'étude.....	13
<b>Figure 02</b> : Vue aérienne de la STEP de Drââ El Mizan (Inter entreprise 2013).....	14
<b>Figure 03</b> : Poste de relevage.....	16
<b>Figure 04</b> : Dégrilleur grossier.....	17
<b>Figure 05</b> : Dégrilleur automatique .....	17
<b>Figure 06</b> : Déssableur-déshuileur.....	18
<b>Figure 07</b> : Décanteur primaire.....	19
<b>Figure 08</b> : Bassin d' aération avec aérateur de surface .....	20
<b>Figure 09</b> : Décanteur secondaire.....	21
<b>Figure 10</b> : stabilisateur avec aérateur de surface .....	22
<b>Figure 11</b> : Epaisseur .....	23
<b>Figure 12</b> : Déshydratation mécanique des boues .....	24
<b>Figure 13</b> : lits de séchage des boues .....	25
<b>Figure 14</b> : évacuation des boues .....	25
<b>Figure 15</b> : Dispositif de filtration.....	28
<b>Figure 16</b> : Etuve.....	28
<b>Figure 17</b> : tubes stériles .....	28
<b>Figure 18</b> : filtre stérile 0.45µm .....	28
<b>Figure 19</b> : Recherche des œufs d'helminthe.....	28
<b>Figure 20</b> : Variation de la température des eaux épurées .....	29
<b>Figure 21</b> : Variation de potentiel Hydrogène.....	30
<b>Figure 22</b> : Variation de L'azote ammoniacal des eaux épurée .....	30
<b>Figure 23</b> : Variation de L'azote nitreux des eaux épurées.....	31
<b>Figure 24</b> : Variation de l'azote nitrique des eaux épurées.....	32

## Liste des figures

---

<b>Figure 25 :</b> Variation des $\text{PO}_4^{3-}$ des eaux épurées .....	33
<b>Figure 26:</b> Variation des matières en suspensions des eaux épurées .....	34
<b>Figure 27 :</b> <i>Trichuris trichuria</i> ( Gx40) .....	39
<b>Figure 28 :</b> <i>Trichuris trichuria</i> (Guillaume, 2007) .....	39

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01:</b> Fiche technique de la STEP Drâa El Mizan.....	15
<b>Tableau 02 :</b> Résultats des éléments traces métalliques dans les boues .....	35
<b>Tableau 02 :</b> Résultats de dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	36
<b>Tableau 03 :</b> Résultats de recherche des bactéries .....	37
<b>Tableau 04 :</b> Résultats de recherche des œufs d’helminthes.....	38

# Sommaire

---

Introduction .....	2
--------------------	---

## Partie bibliographique

### Chapitre I : généralités sur les eaux usées

1. Définition d'une eau usée .....	5
2. Origines des eaux usées .....	5
2.1. Eaux usées domestiques .....	5
2.2. Eaux usées agricoles.....	5
2.3. Eaux usées industrielles .....	6
2.4. Eaux usées pluviales.....	6
3. Caractéristiques des eaux usées.....	6
3.1. Caractéristiques physico-chimiques.....	6
3.1.1. Température.....	6
3.1.2. Potentiel hydrogène.....	6
3.1.3. Conductivité électrique (CE) .....	7
3.1.4. Turbidité.....	7
3.1.5. Matières en suspension (MES).....	7
3.1.6. Demande chimique en oxygène (DCO).....	7
3.1.7. Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	8
3.1.8. Rapport DCO/DBO <sub>5</sub> .....	8
3.1.9. Substances nutritives .....	8
3.1.10. Eléments toxiques .....	9
4. Paramètres biologiques .....	9
4.1. Bactéries .....	10
4.2. Protozoaires .....	10
4.3. Virus .....	10
4.4. Helminthes.....	11
5. Assainissement en Algérie .....	11

### Chapitre II : La réutilisation des eaux usées épurées

1. Différents usages possibles des eaux usées épurées.....	13
------------------------------------------------------------	----

## Sommaire

---

a. Utilisations agricoles .....	13
b. Utilisations Municipales (urbain) .....	13
c. Utilisations industrielles .....	13
d. Amélioration des ressources.....	13
2. Avantages de la REUE.....	13
3. Risques liés à la réutilisation des eaux usées .....	14
4. Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie.....	15

### Partie expérimentale

#### Chapitre I : Matériels et Méthodes

1. Présentation de la commune de Drâa El Mizan .....	18
1.1.Situation géographique.....	18
1.2. Situation administrative.....	18
1.3. Aspect climatique.....	18
1.4. Présentation de la STEP de Drâa El Mizan.....	19
1.4.1. Caractéristiques générales de la STEP de Drâa El Mizan.....	20
1.4.2. Fonctionnement de la STEP de Drâa El Mizan.....	21
A. Arrivée des eaux à la STEP .....	21
B. Prétraitement.....	21
B.1. Dégrillage .....	21
B.2. Dessaleur/Déshuileur.....	23
C. Traitement primaire .....	23
D. Traitement secondaire .....	24
D.1 .Réacteur biologique.....	24
D.2.Clarification des eaux .....	26
D.3.Traitement des boues.....	27
a. Stabilisation des boues .....	27
b. Epaissement des boues.....	28
c. Déshydratation des boues .....	28
d. Evacuation des boues .....	30

## Sommaire

---

2. Prélèvement et suivi des paramètres .....	31
2.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques .....	31
2.2. Méthodes d'analyses biologiques.....	32

### Chapitre II : Résultats et discussions

1. Paramètres physico-chimiques .....	35
1.1. Température.....	35
1.2. Potentiel Hydrogène pH .....	35
1.3. Azote ammoniacal N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> .....	36
1.4 Azote nitreux N-NO <sub>2</sub> . .....	37
1.5. Azote nitrique N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .....	38
1.6. Ortho-PhosphatePO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> .....	39
1.7. Matières en suspension MES .....	39
1.8. Eléments traces métalliques ETM <sup>-</sup> .....	40
2. Paramètres biologiques .....	42
2.1. Analyses microbiologiques .....	42
2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) .....	42
2.1.2. Autres paramètres Microbiologiques .....	43
2.2. Analyse parasitologique .....	44
2.2.1. Recherches des œufs d'helminthes (Nématodes) .....	44
Conclusion et recommandations.....	46

Références bibliographie

Annexes

L'eau, appelée or bleu, est une ressource naturelle essentielle à la vie. Elle doit être classée comme patrimoine universel, donc protégée, défendue et traitée comme tel (Devaux, 1999).

La disponibilité et l'approvisionnement en eau sont des enjeux majeurs pour les prochaines décennies. Il est même à craindre que, ponctuellement ou de façon plus chronique, aucun pays ne soit épargné par ce problème. Cependant, si les ressources deviennent rares ce n'est pas à cause d'une pénurie car la quantité d'eau ne diminue pas, mais bien parce que les usages augmentent. Les raisons sont variées : l'augmentation de la population et sa concentration importante dans des grands centres urbains, le changement climatique et le développement de pays émergents (Office international de l'eau, septembre 2011).

L'Algérie est l'un des pays de la méditerranée touché par le stress hydrique. Elle est classée dans la catégorie des pays hydrossensibles. Le pays couvre actuellement environ 350 m<sup>3</sup>/hab/an, très loin du niveau de pénurie fixé à 1700 m<sup>3</sup>/hab/an (Metahri, 2015).

Parmi les solutions préconisées, la désalinisation est souvent évoquée mais beaucoup moins la réutilisation des eaux usées traitées qui est également une ressource alternative. De plus, elle est la seule ressource qui augmente en même temps que la consommation, ce qui est en fait, une ressource toujours fiable (OIE, 2011).

Les eaux usées ont été longtemps considérées comme un fardeau en matière d'assainissement, lorsqu'elles ne sont pas tout simplement ignorées. Avec la raréfaction de l'eau dans plusieurs régions, Cette situation connaît une évolution. On reconnaît de plus en plus l'importance de la collecte, du traitement et de la réutilisation des eaux usées épurées (Bokova,2017).

Afin de mener à bien cette thématique, les données de recherche disponibles et le savoir-faire accumulés pendant ces dernières années ont été consultés pour la préparation de ce travail. L'objectif de notre étude est donc d'évaluer des principaux paramètres physiques chimiques et biologiques des eaux usées épurées de la STEP de la ville de Drâa El Mizan, pour des fins de traitements tertiaires par valorisation agricole.

En parlant d'eau usée il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses caractéristiques physico-chimiques et biologiques.

## **1. Définition des eaux usées**

La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines » (Merlet, 2004).

L'origine, la composition et la quantité des déchets sont en fonction des modes de vie. Le produit obtenu lorsque les déchets pénètrent dans l'eau est appelé eau d'égout ou eaux usées (WordPress, 2009).

## **2. Origine des eaux usées**

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre sources principales d'eaux usées :

### **2.1. Eaux usées domestiques**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollutions organiques. Elles se répartissent en eau ménagère qui a pour origine les cuisines, salles de bain et les toilettes Elles sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques et de germes fécaux (Gomella, Guerree, 1978).

### **2.2. Eaux usées agricoles**

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole, dont certains présentent des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation).
  - Des produits phytosanitaires (pesticides, herbicides, fongicides, insecticides).
- (GROSCLAUDE, 1999).

### 2.3. Eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles contiennent également des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures (Baumont, 2002).

### 2.4. Eaux usées pluviales

Les eaux pluviales peuvent constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles). En ruisselant, les résidus (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds) sont déposés sur les toits et les chaussées des villes (Libes, 2010).

## 3. Caractéristiques des eaux usées

Les normes de rejet des eaux usées, fixent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique.

### 3.1. Caractéristiques physico-chimiques

#### 3.1.1. Température

Il est primordial de connaître la température d'une eau. En effet, elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et la détermination du pH. Cette grandeur physique permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au bon fonctionnement du processus biologique (Rodier, 2005).

#### 3.1.2. Potentiel hydrogène

Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement Bactérien (Rodier, 2005).

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments Comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leurs mobilités en solution Bio-disponible et donc leurs toxicités (Metahri, 2012).

### 3.1.3. Conductivité électrique (CE)

Elle fournit une indication précise sur la salinité de l'eau (teneur en sels dissous). Au-delà de la valeur limite de la salinité de 2500  $\mu\text{Sm/cm}$ , la prolifération des micro-organismes peut être réduite, d'où la baisse du rendement épuratoire (Desjardins, 1997).

### 3.1.4. Turbidité

Une eau turbide est une eau d'une transparence réduite. Elle donne une première indication sur la teneur en matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées (Dali et Bentaleb, 2005).

### 3.1.5. Matières en suspension (MES)

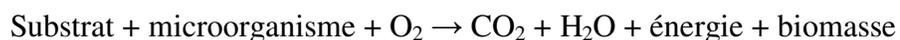
Elles représentent la fraction constituée par l'ensemble des particules organiques ou minérales non dissoutes de la pollution. Elles sont biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (Faby, 1997).

### 3.1.6. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique et dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau. Elle représente donc la teneur totale de l'eau en matières oxydables à l'aide d'un oxydant fort (Bichromate de potassium) à 150°C pendant deux heures. Elle est exprimée en milligrammes d'oxygène consommés par litre ( $\text{mg d'O}_2/\text{l}$ ) (Grosclaude, 1999).

### 3.1.7. Demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ )

Elle représente la pollution organique carbonée biodégradable. Pour la mesurer, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée par les bactéries au bout de 5 jours d'incubation à 20°C et à l'obscurité, c'est la  $\text{DBO}_5$  (Suschka J, Ferreira E, 1986). Elle se résume à la réaction chimique suivante :



### 3.1.8. Rapport DCO/DBO<sub>5</sub>

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent 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 K avec :

$$K = \text{DCO/DBO}_5$$

$K < 1,5$  : les matières oxydables sont fortement biodégradables.

$1,5 < k < 2,5$  : les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

$2,5 < k < 3$  : les matières oxydables sont peu biodégradables.

$K > 3$  : les matières oxydables sont non biodégradables (Rodier, 2009).

### 3.1.9. Substances nutritives

Leur présence dans les eaux usées peut avoir un impact négatif sur la santé humaine et la qualité des eaux superficielles et dans une moindre mesure un impact bénéfique sur les cultures dans le cas d'une réutilisation agricole.

- a. **Potassium** : présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/l. Il peut donc couvrir une partie des besoins des plantes.
- b. **Phosphates** : présents dans les effluents secondaires à hauteur de 6 à 15 mg/l. Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement, et en cas d'excès, les phosphates se fixent dans le sol. Ils peuvent alors être entraînés par l'érosion et participer au phénomène d'eutrophisation.
- c. **Nitrates** : permettent de fournir de l'azote à la plante et sont les plus problématiques. En effet, apportés en excès, ils peuvent avoir plusieurs impacts négatifs :
  - **sur les cultures** : ils entraînent des retards de maturation, une altération de la qualité.
  - **sur le milieu naturel** : les nitrates sont les principaux responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques.
  - **sur la santé humaine** : les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques : la méthémoglobinémie et un risque de cancer. Les nitrites sont de puissants oxydants qui ont la capacité de transformer l'hémoglobine en méthémoglobine, rendant le sang incapable de transporter l'oxygène jusqu'aux tissus. Les nourrissons de moins de 6 mois représentent une population à risque (Faby, 1997).

### 3.1.10. Eléments toxiques

Appelés aussi éléments de traces ou encore les métaux lourds. Ils sont très nocifs dans les eaux résiduaires et constituent un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux en cas de réutilisation dans l'irrigation, ils peuvent également affecter, à long terme, les cultures irriguées par suite d'accumulation dans le sol (FAO, 2003; Nader, 2013).

## 4. Paramètres biologiques

Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes excrétés avec la matière fécale. Ces micro-organismes peuvent altérer la qualité des milieux récepteurs en les rendant inaptes à certaines activités par exemple : baignade et irrigation (Angerville,2009). L'irrigation directe à partir de ces eaux usées affecte la santé humaine, le cas échéant des maladies digestives (diarrhées aiguës, choléras).

Le principal indicateur biologique pour suivre la pollution par excréments est constitué par l'ensemble des microorganismes pathogène (Meghzili, 2002).

### 4.1. Bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries/100 ml dont la plupart sont des Proteus et des entérobactéries,  $10^3$  à  $10^4$  des streptocoques et de  $10^2$  à  $10^3$  des clostridium. La concentration en bactéries pathogènes est très variable et peut atteindre  $10^4$  germes par litre. Parmi les germes pathogènes les plus détectés, les salmonelles, qui sont responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux, les vibrio responsables du choléra, les coliformes thermotolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (Toze, 1999).

### 4.2. Protozoaires

Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires. Ces parasites sont très persistants. Ainsi, selon les conditions du milieu, ils peuvent survivre plusieurs semaines, voire même plusieurs années (campos,2008).

Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées (Gennaccaro, 2003). Parmi les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne (Toze, 2006). Il est considéré que seulement 10 à 30 kystes forment une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires (Campos, 2008).

### 4.3. Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires qui ne peuvent se multiplier que dans leur cellule hôte. Leur concentration estimée dans les eaux usées urbaines est comprise entre  $10^3$  à  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux il faut citer les entérovirus, les rotavirus...Etc. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries, du fait qu'au cours de processus de traitement des eaux usées les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologiques des eaux usées (Toze, 2006).

### 4.5 Helminthes

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréta des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée (Lamghari et Assobhei, 2005). En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permettent leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel. Les helminthes pathogènes rencontrés le plus fréquemment dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricades*, *trichuris trichuria*, *taenia*, *saginata* (Compos 2008).

**5. Etat d'assainissement en Algérie**

Dans un souci de protection de l'environnement et de la santé publique, notre pays ne cesse d'accroître ses efforts dans le domaine de l'assainissement et du traitement des eaux usées à travers la création et l'amélioration des stations d'épuration, indépendamment de la réutilisation. Ceci nécessite dans un premier temps d'identifier et de quantifier les volumes d'eaux usées Rejetés par les agglomérations à travers le pays. Le volume d'eaux usées épurées rejetées annuellement par 152 STEP en exploitation pour une capacité installée en million d'équivalent habitant est de 100,54 est de 256 million de m<sup>3</sup>/an (ONA 2018).

Un vaste programme consiste à réutiliser les eaux usées épurées en aménageant des Périmètres à l'aval de chaque station d'épuration et lagune.

La réutilisation des eaux usées est une action volontaire et planifiée, qui consiste à récupérer les eaux usées après plusieurs traitements destinés à en éliminer les impuretés, afin de stocker et d'employer cette eau à nouveau pour différents usages (ECOSSE D,2001).

### 1. Différents usages possibles des eaux usées épurées

Les eaux épurées issues des stations d'épuration ont diverses utilisations :

- a) **Utilisations agricoles** : irrigation la plus répandue, permettant d'exploiter, la matière fertilisante contenue dans ces eaux réalisant ainsi une économie d'engrais.
- b) **Utilisations Municipales (urbain)** : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, lutte contre les incendies, l'arrosage des terrains de golf, des chantiers de travaux publics, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes.
- c) **Utilisations industrielles** : refroidissement ; nettoyage des ouvrages.
- d) **Amélioration des ressources** : recharge des nappes pour la lutte contre les rabattements des nappes, et la protection contre l'intrusion des biseaux salés en bord de mer. Le stockage des eaux pour une utilisation différée (ONA, 2014).

### 2. Avantages de la REUE

La réutilisation des eaux usées épurées permet de fournir des quantités d'eau supplémentaires et d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et une protection de l'environnement (ECOSSE D,2001).

- Aspect législatif, sanitaire et économique dont l'amélioration de la gestion de la ressource en eau.
- Favorise les développements industriels, urbains, touristiques et agricoles. Le contenu de ces eaux en fertilisants, notamment l'azote, le potassium et le

phosphore incite les agriculteurs à les utiliser afin d'obtenir des rendements meilleurs avec moins d'apports en engrais chimiques.

- L'utilisation des eaux usées traitées peut également prévenir l'eutrophisation et éviter la croissance des algues dans les étendues d'eau fermées, telles que lacs et étangs (Yazid, 2014).
- Diminuer la surexploitation des eaux conventionnelles.
- La REUE est moins onéreuse que les autres techniques de se procurer de l'eau douce telle que le dessalement (Veolia, 2006).

### 3. Risques liés à la réutilisation des eaux usées traitées

Les eaux usées sont soumises à diverses sources de contaminants, limitant ainsi leur potentiel de réutilisation (BRGM, 2010). Elles peuvent contenir un grand éventail de constituants biologiques, organiques et inorganiques, dont certains peuvent être nocifs pour la santé et la sécurité des êtres humains en fonction de leur concentration et de la durée d'exposition. Cependant, le niveau de préoccupation va surtout varier en fonction de l'usage qui est fait des eaux usées traitées, et donc des risques de contact entre ceux-ci et la population (US NRC, 2012).

- **Risque microbiologique**

Le risque majeur pour la santé publique est la contamination par des microorganismes pathogènes, notamment des virus, des bactéries, des helminthes et des protozoaires.

Un risque de transmission d'infections existe lorsque les conditions suivantes sont remplies:

- La population, les ouvriers agricoles ou les animaux sont exposés à des agents pathogènes par contact direct ou indirect dans les zones irriguées ou en consommant des cultures contaminées;
- Le nombre d'agents pathogènes ingéré est plus élevée que la dose infectieuse;
- L'infection résulte dans un déclenchement de maladie et / ou d'une transmission de pathogènes à d'autres personnes ou des animaux (Mémento dégermant).

- **Risque chimique**

Il est lié aux éléments traces. La seule voie de contamination préoccupante pour les Éléments traces est la consommation des plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent (métaux lourds et micropolluants organiques (ex : PBDE) (Baumont et al., 2004).

- **Risque environnemental**

En règle générale, les risques environnementaux sont surtout des risques chimiques agronomiques liés à la présence potentielle dans l'eau recyclée des éléments traces, de métaux lourds et des micropolluants organiques. Les mesures préventives pour la protection des risques sanitaires sont plus que suffisantes pour protéger les sols, les eaux de surface et les eaux souterraines (Mémento dégermant).

#### **4. Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie**

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale (MRE, 2012).

Pour cela l'Algérie se penche vers cette technique de réutilisation en agriculture pour l'irrigation concerne en priorité les zones déficitaires en eau naturelle qui devient de plus en plus rare. Ceci nécessite dans un premier temps d'identifier et de quantifier les volumes d'eaux usées rejetés par les agglomérations à travers le pays.

Sur les 152 stations d'épuration exploitées par l'ONA à travers les 44 wilayas, 17 sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.

Le volume d'eaux usées épurées réutilisé annuellement est de 16,37 million de m<sup>3</sup>/an et une capacité installée en million d'équivalent habitant de 1,44 pour une superficie d'irrigation qui est égale à 11 062Ha (ONA, 2018).

Parmi les STEP inscrites pour le projet de la réutilisation nous avons la station de Drâa El Mizan.

## 1. Présentation de la commune de Drâa El Mizan

### 1.1. Situation géographique

Drâa El Mizan est une commune de la wilaya de Tizi Ouzou, située à 42km au sud-ouest de Tizi Ouzou et 110km au sud-est d'Alger, dans la région de la grande Kabylie.

Elle présente une superficie de 80,84 km<sup>2</sup>. Les coordonnées géographiques de la commune sont : 36° 32'08'' nord et 03° 50'03'' est.



**Figure 01** : Situation géographique de la zone d'étude

### 1.2. Situation administrative

La commune de Drâa El Mizan comporte 38 886 habitants pour une densité de 481 habitant /km<sup>2</sup> (RGPH, 2008).

### 1.3. Aspect climatique

Le climat de Drâa El Mizan est chaud et tempéré, L'hiver se caractérise par des précipitations bien plus importantes qu'en été avec une moyenne annuelle de 776mm. Drâa El Mizan affiche une température annuelle moyenne de 17°C.

#### 1.4. Présentation de la STEP de Drâa El Mizan :

La station d'épuration de Drâa El Mizan traite toutes les eaux résiduaires de la ville. Elle est conçue pour pouvoir épurer un débit de :

- 3 000 m<sup>3</sup>/j qui correspondent à 20 000 équivalents habitants en situation nominale.
- 3 900 m<sup>3</sup>/j qui correspondent à 26 000 équivalents habitants en situation saisonnière.

La station d'épuration est du type biologique à boues activées à faible charge. Elle est entièrement automatisée de façon à fonctionner 24 heures/24 et 7 jours/7.



**Figure 02 :** Vue aérienne de la STEP de Drâa El Mizan (Inter entreprise 2013)

### 1.4.1. Caractéristiques générales de la STEP de Drâa El Mizan

**Tableau 01:** Fiche technique de la STEP Drâa El Mizan

Désignation	Valeurs
Mise en service	2013
Type de réseau	Unitaire
Nature des eaux brutes	Domestiques et urbaines
Type de traitement	Boue activée à faible charge
Milieu récepteur	Oued KSARI
Population raccordée	20 000 Eq hab
<b>Charge hydraulique</b>	
Capacité	
Débit moyen journalier	3000 m <sup>3</sup> /j
Débit moyen horaire	125 m <sup>3</sup> /h
Débit de pointe	271,5 m <sup>3</sup> /h
<b>Charges polluantes</b>	
DBO5 journalière	1000 kg/j
DCO journalière	2000 kg/j
MES journalières	1400 kg/j
<b>Charges complémentaires</b>	
Azote	200 kg/j
Phosphore	50 kg/j

## 1.4.2. Fonctionnement de la STEP de Drâa El Mizan

### A-Arrivée des eaux à la STEP

Les effluents arrivent actuellement au niveau du poste de relevage existant d'où ils sont repris par 02 pompes submersibles de débit unitaire 300 m<sup>3</sup>/h. Ce dernier pourra satisfaire le débit de pointe d'où le fonctionnement d'une seule pompe et la deuxième de secours.



**Figure 03:** Poste de relevage.

### B. Prétraitement

Les eaux brutes doivent subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité d'éléments dont la nature ou les dimensions constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

#### B.1. Dégrillage

Dès sa prise, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les éléments grossiers (corps flottants et gros déchets tel que des branchages et des cailloux).



**Figure 04** :Dégrilleur grossier

Les effluents arrivent alors dans un canal équipé d'un dégrilleur mécanique courbe de caractéristiques suivantes :

- Largeur : 0,8 m
- Rayon : 110 m
- Espacement entre barreaux : 20,0 mm



**Figure 05** : Dégrilleur automatique

- Les déchets seront évacués vers la benne à déchet par une vis de compactage.
- Une grille grossière en acier inox permet un by-pass de sécurité de cet ouvrage.

## B.2. Dessableur/Déshuileur

Le but de ce dispositif est de :

- Piéger les huiles et les graisses.
- Piéger les particules solides charriées par les eaux et les matières en suspension de granulométrie comprise entre 200 et 500  $\mu\text{m}$  : sables, graviers, etc.



**Figure 06 :** Dessableur-déshuileur.

Les eaux débarrassées des résidus grossiers sont déshuilées et dessablées dans un ouvrage cylindro-conique de caractéristiques suivantes :

- Diamètre : 4,0 m
- Hauteur d'eau : 1,5 m
- Surface : 12,57  $\text{m}^2$
- Volume : 27,23  $\text{m}^3$

Les graisses sont flottées par de fines bulles d'air créées par une turbine immergée de puissance 2,2 kW.

## C. Traitement primaire

Lorsqu'il s'agit des eaux résiduaires domestiques, la décantation primaire élimine les particules (20 à 200  $\mu\text{m}$ ) grenues (limon) et les particules de taille croissante (agrégation par floculation de la matière organique). Elle se fait en un écoulement lent, avec un temps de séjour hydraulique de pratiquement 1 heure.



**Figure 07 :** Décanteur primaire.

D'une façon générale, le dimensionnement consistera à déterminer deux paramètres principaux :

- La surface du décanteur qui sera d'autant plus grande que les vitesses de décantation sont faibles.
- La profondeur du bassin qui déterminera le temps de séjour de la suspension dans le bassin. Ce temps devra être suffisant pour permettre la formation d'une boue au fond de l'appareil.

## **D. Traitement secondaire**

### **D.1. Réacteur biologique**

Il s'agit essentiellement de l'élimination de composés organiques biodégradables et de l'azote ammoniacal. Certains procédés permettent l'élimination de l'azote nitrique et même du phosphore.



**Figure 08:** Bassin d'aération avec aérateur de surface.

**Principe :**

Le traitement s'effectue dans un réacteur où l'on met en contact des microorganismes épurateurs et l'eau à épurer.

Les microorganismes épurateurs sont en suspension dans un bassin aéré, on parle alors de procédé à boues activées. Le réacteur est alimenté en continu (eau usée) et la biomasse transforme les polluants :

- ✓ Par adsorption ou absorption des matières polluantes sur le floc bactérien.
- ✓ Par conversion de la  $DBO_5$  en matière cellulaire : croissance de la culture bactérienne et des microorganismes associés.
- ✓ Par oxydation en  $CO_2$  et  $H_2O$  qui produit l'énergie nécessaire au fonctionnement et la production de nouveau matériau cellulaire : transformation de la pollution dissoute en gaz.

Dimensions de l'ouvrage :

L'aération est assurée dans deux ouvrages identiques et parallèles de caractéristiques unitaires :

- Longueur : 28 m
- Largeur : 14 m
- Hauteur d'effluent : 3,8 m
- Volume unitaire :  $1490 \text{ m}^3$
- Volume total :  $2980 \text{ m}^3$

## D.2. Clarification des eaux

A l'issue du traitement biologique, l'effluent est renvoyé dans un clarificateur, appelé aussi décanteur secondaire où l'eau est séparée des boues par décantation. L'eau peut alors être rejetée dans le milieu naturel. Une partie des boues retenues dans cet ouvrage de décantation secondaire est renvoyée vers le bassin d'aération afin d'y maintenir une masse suffisante de micro-organismes. L'autre partie (boue en excès) est séchée puis évacuée en décharge, incinérée ou valorisée en agriculture.



**Figure 09:** Décanteur secondaire

### Dimensions de l'ouvrage :

- Diamètre 18,00m
- Hauteur d'eau 2,50 m
- Surface utile 225 ,3 m<sup>2</sup>
- Volume 770 ,8 m<sup>3</sup>
- Fonctionnement moyen
- Vitesse ascensionnelle : 0,22 m/h
- Temps de passage : 13,61 h
- Fonctionnement en horaire de pointe
- Vitesse ascensionnelle : 0,60 m/h
- Temps de passage : 6,96 h

### D.3.Traitement des boues

Les boues de la décantation primaire et secondaire sont relativement concentrées, contiennent le plus souvent 95 à 98 % d'eau et chargées de micro-organismes divers. Donc, il est impératif de les traiter avant de les rejeter. Le volume et les caractéristiques de ces boues varient en fonction de la nature des épurations et leur efficacité. Les divers modes de traitement des boues peuvent se résumer comme suit

- La digestion des boues,
- L'épaississement des boues,
- La déshydratation des boues.

#### a. Stabilisation des boues

Elle consiste en une aération prolongée provoquant le développement des micro-organismes aérobies, qui se nourrissent des matières dégradables de la boue, jusqu'à ce qu'ils dépassent la phase de synthèse cellulaire et réalisent leur propre auto-oxydation où le taux de mortalité est supérieur au taux de croissance.



**Figure 10 :** Stabilisateur avec aérateur de surface

## b. Epaissement des boues

C'est la deuxième étape de traitement des boues qui permet de réduire le volume des boues fraîches. Il est en quelque sorte un décanteur poussé dans lequel les boues sont soumises à une lente agitation favorisant l'agglomération et le dépôt des matières en suspension. Ainsi, la teneur en eau est réduite à 90 %.



**Figure 11 :** Epaisseur.

## c. Déshydratation des boues

Elle représente la dernière étape dans la chaîne de traitement des boues. Elle peut être réalisée de deux manières :

- Une déshydratation naturelle ou appelée encore lit de séchage : qui consiste à épandre les boues dans des bassins, dits lits de séchage, à l'air libre. Elle a l'inconvénient de nécessiter une grande surface de terrain.
- Une déshydratation mécanique : cette technique permet de réduire la teneur en eau des boues à un taux compris entre 45 et 85 %. Les moyens de déshydratation mécanique les plus utilisés sont :
  - La filtration sous pression : comporte un filtre-presse muni d'un tissu filtrant synthétique bien approprié.
  - La filtration sous vide : comporte généralement une toile de filtration fixée sur un tambour rotatif.
  - La centrifugation.

## ❖ Dans le cas de la STEP Drâa El Mizan



**Figure 12** : Déshydratation mécanique des boues

Les boues sont déshydratées sur filtre à bandes de caractéristiques suivantes :

Largeur de la bande : 1,0 m

Charge linéaire : 120 kg MS/m

Capacité réelle : 120 kg MS/m

Poids hebdomadaire de boues à traiter : 6958 kg/semaine

Volume correspondant : 278 m<sup>3</sup>/j

Taux de siccité prévu : 20 % à 30 %.

Volume de boues à évacuer : 38,7 m<sup>3</sup>/semaine

➤ **Secours presse à bandes**

En secours de la presse à bandes, présence de deux lits de séchage de surface unitaire de 140m<sup>2</sup>.



**Figure 13** : Lits de séchage des boues

**d. Evacuation des boues**

Les boues déshydratées seront évacuées vers une benne de stockage par une pompe gaveuse de débit 0,3 à 1,5 m<sup>3</sup> /h, puis seront transportées vers l'aire de stockage et après vers les terres agricoles.



**Figure 14 :** Evacuation des boues

## 2. Prélèvement et suivi des paramètres

Dans le but de déterminer la qualité physique chimique et bactériologiques des eaux usées épures de la ville de Drâa El Mizan, deux étapes principales se succèdent : l'étape de l'échantillonnage et l'étape d'analyse, le tout formant une chaîne de mesure

### 2.1 Méthodes d'analyses physico-chimiques

#### 2.1.1. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, car il conditionne les résultats analytiques et leurs interprétations, qui en seront données. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico chimiques de l'eau (Rodier et al., 2009).

Il est également nécessaire de déterminer le point et la date de prélèvement qui sont comme suit :

- Les eaux épurées prélevées au niveau du canal de sortie.
- les prélèvements sont effectués chaque début de mois entre le mois de février et le mois de juin, au total 5 prélèvements.

En absence d'un préleveur automatique qui assure un échantillonnage sur les 24h, L'échantillonnage se fait manuellement par les analystes du laboratoire. 4 à 5 prélèvements d'au moins 200 ml chacun sont effectués dans la journée, ces derniers seront mélangés pour former un échantillon composite homogène et conservés au réfrigérateur à 4°C afin de préserver les caractéristiques initiales durant les 24h le temps d'effectuer l'analyse.

#### 2.1.2. Mesure des paramètres physico-chimiques

Les modes opératoires de la mesure de la température, du pH, MES,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NO}_2^-$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  sont décrits en annexe 01.

## 2.2. Méthodes d'analyses biologiques

### 2.2.1. Echantillonnage

Dans notre cas, L'échantillonnage s'est fait au sein de la STEP Draa El Mizan pendant la période (09/05/2019 au 24/06/2019), au total 4 prélèvements ont été effectués à la sortie (eau épurée) de la manière suivante :

- porter des gants jetables. -utiliser des flacons en verre stérilisés à 120°C, pendant une heure.
- Étiqueter les flacons et identifier (date et heure de prélèvement, motif de la demande d'analyse, point de prélèvement d'eau).
- transporter l'échantillon dans une enceinte réfrigérée (aux environ de 4°C) avec un délai maximum de 8 heures avant l'analyse.

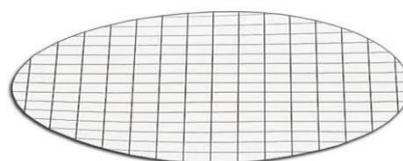
### 2.2.2. Mesure des paramètres biologiques

#### A. Analyse bactériologique

Les analyses sont réalisées au niveau du laboratoire de traitement des eaux d'agronomie de l'université de traitement des eaux Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, où on a recherché les germes indicateurs de pollution des eaux qui sont :

- Les germes totaux ;
- Les coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) ;
- Les anaérobies (Clostridium) sulfite-réducteurs (ASR) ;
- Les Streptocoques fécaux (SF) ;
- Salmonelles ;
- Vibrio.

La raison de ce choix réside dans le fait que la numération de ces bactéries est beaucoup plus simple et rapide (entre 24 et 48h).

❖ **Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques.****Figure 16 :** Dispositif de filtration**Figure 17:** Etuve**Figure 18 :** Tubes stériles**Figure 19 :** Filtre stérile 0.45µm**B. Analyse parasitologique (œufs d'helminthe)**

La recherche des œufs d'helminthe a été effectuée au laboratoire de traitement des eaux d'agronomie de l'université Mouloud Mammeri selon la technique de concentration par Filtration.

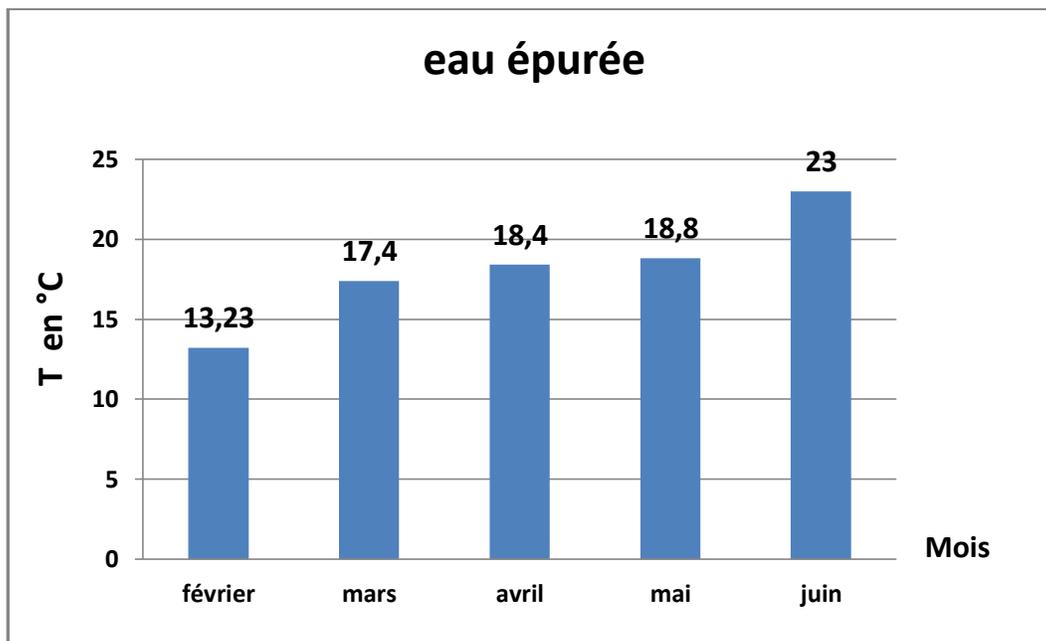
**Figure 20 :** Recherche des œufs d'helminthe

Les modes opératoires d'analyses biologiques sont décrits en annexe 02.

## 1. Paramètres physico-chimiques

### 1.1. Température

La figure 20 montre que les températures T de l'eau épurée à la sortie se situent entre 13,23 et 23°C, elles sont inférieures à la norme (30°C) fixée par l'OMS en 2006. Nous observons une légère augmentation relative aux températures saisonnières.

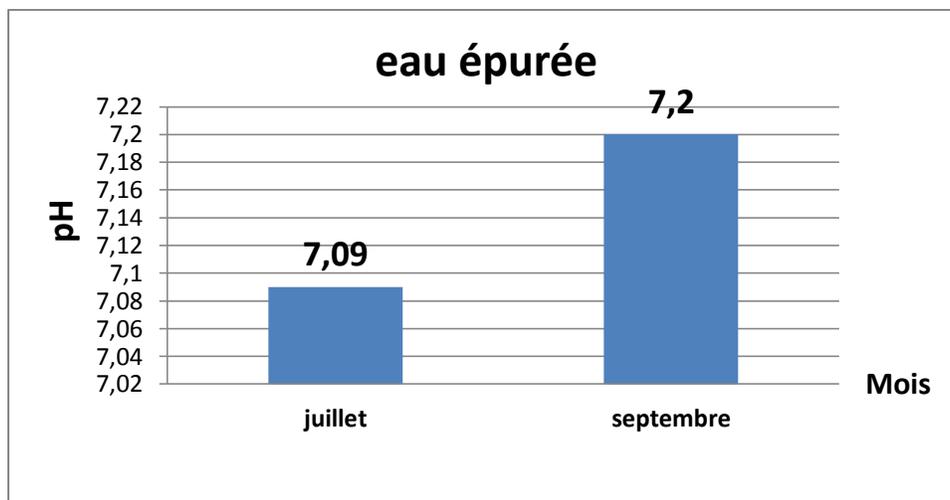


**Figure20:** Variation de la température (°C) des eaux épurées

Les valeurs moyennes de la température des eaux épurées mesurées durant notre étude sont inférieures à la valeur limite des rejets directs dans le milieu récepteur (JORA, 2006), considérée comme valeur limite indicative pour les eaux destinées à l'irrigation des cultures.

### 1.2. Potentiel hydrogène pH

La figure 21 montre les résultats de pH de l'eau épurée de la STEP DEM



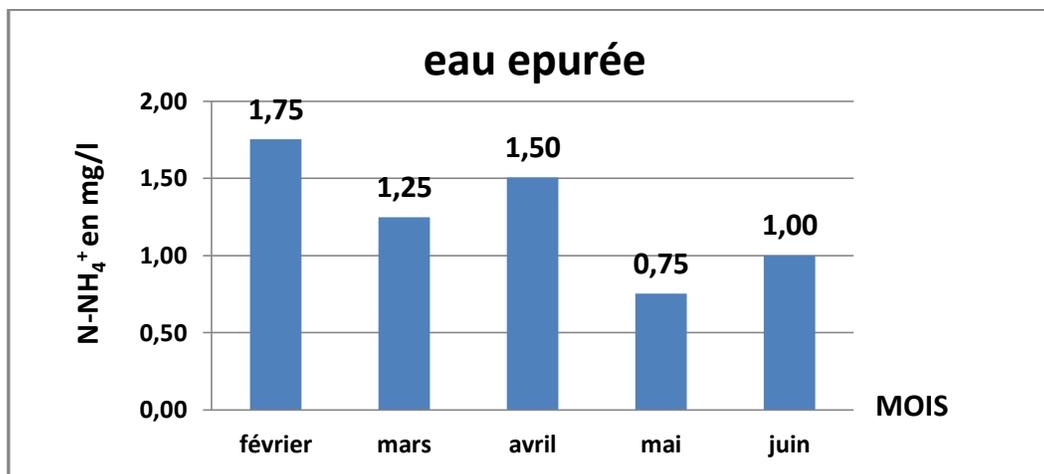
**Figure 21 :** Variation de potentiel hydrogène

Les valeurs moyennes de pH des eaux épurées mesurées au mois de juillet et septembre sont dans les normes de rejet exigées par OMS.

L'eau épurée de la STEP de Drâa El Mizan répond aux exigences, en comparaison avec la valeur limite fixée par JORAD(2012) pour les eaux destinées à l'irrigation (annexe 05).

### 1.3. Azote ammoniacal $N-NH_4^+$

La figure ci-dessous montre que Les résultats obtenus pour l'azote ammoniacal dans les eaux usées traitées, varient entre 0,75 et 1,75 mg/l.



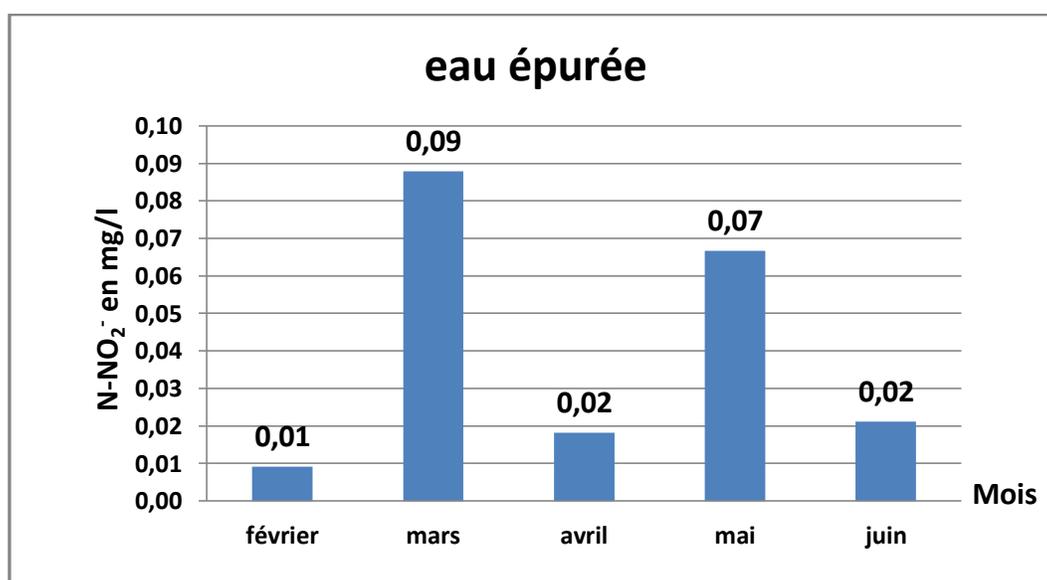
**Figure22:** Variation de L'azote ammoniacal des eaux épurées

Ces valeurs sont faibles, ce qui prouve une bonne assimilation de l'azote ammoniacal par les micro-organismes afin de produire de la biomasse et une nitrification efficace (.....) ; d'où ces valeurs sont intéressantes pour des fins de valorisation.

L'évaluation de la qualité d'une eau est en rapport avec l'évaluation quantitative de sa charge en matières azotées, étant que l'azote, joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes (Skiredje, 2005).

#### 1.4. Azote nitreux $N-NO_2^-$

D'après les résultats obtenus sur la figure 23 on remarque que la valeur moyenne des teneurs en azote nitreux pour la station d'épuration Drâa El Mizan est de 0,04 mg/l à la sortie.

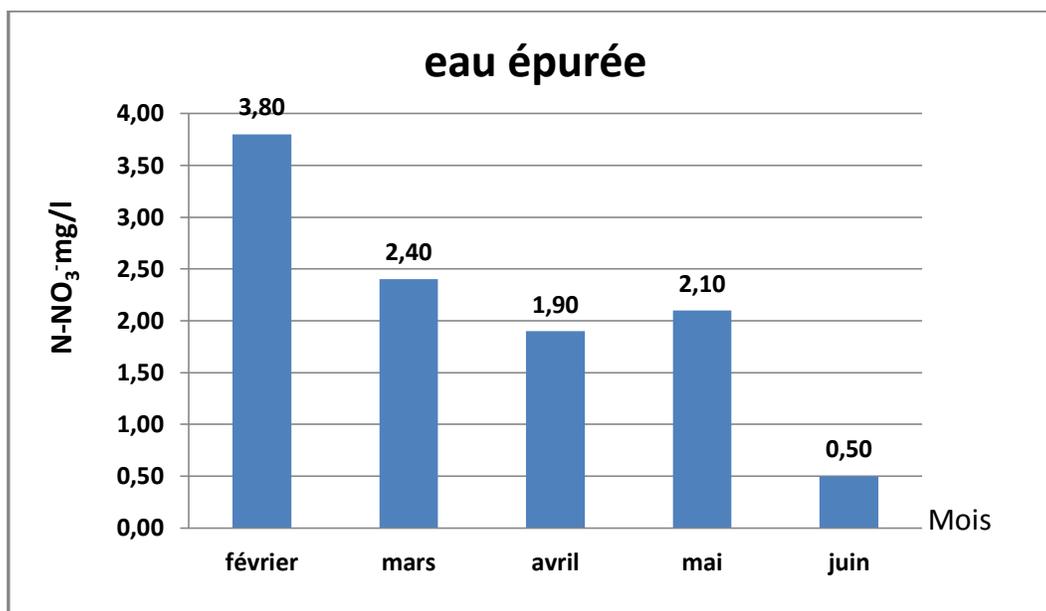


**Figure 23:** Variation de L'azote nitreux des eaux épurées

Ces valeurs faibles en azote nitreux rencontrées au niveau des eaux usées traitées, pourraient être expliquées par le fait que l'ion nitrite ( $NO_2^-$ ) est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium.

### 1.5. Azote nitrique $\text{N-NO}_3^-$

La figure 24 nous montre que les valeurs de l'azote nitrique des eaux épurées sont considérablement élevées pour atteindre une valeur max de 3,80 mg/l).



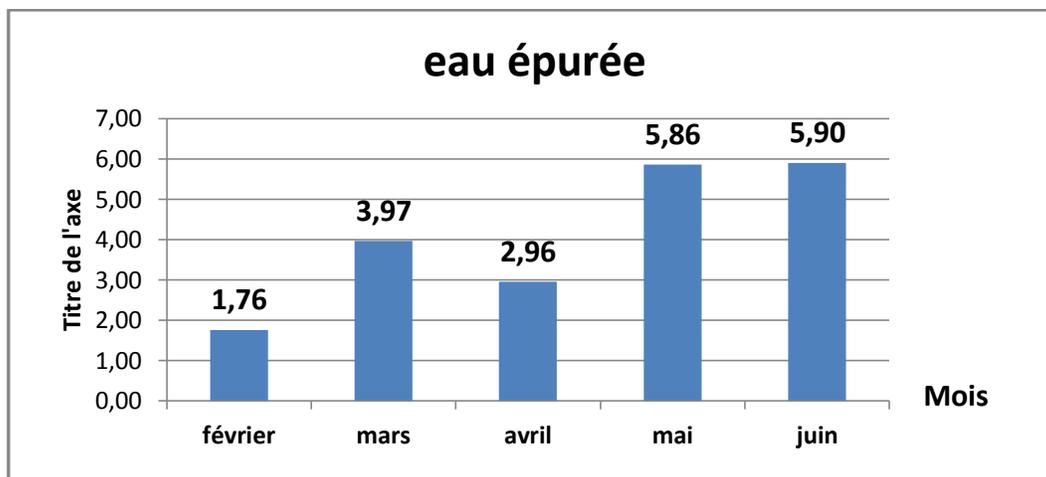
**Figure24:** Variation de l'azote nitrique des eaux épurées

Les nitrates constituent la forme oxydée finale de l'azote. Leur présence dans l'eau atteste d'une bonne récupération en cas de pollution organique (Tabet.M, 2015).

L'eau épurée de la STEP de Drâa El Mizan répond aux exigences, en comparaison avec la valeur limite fixée (30 mg/l) par JORAD(2012) pour les eaux destinées à l'irrigation (annexe 05).

### 1.6. Ortho-Phosphate $\text{PO}_4^{3-}$

On remarque sur la figure ci-dessous que L'évolution des concentrations en phosphate dans les effluents secondaires de la STEP de Drâa El Mizan a montré que les valeurs les plus élevées sont celles des deux mois (Mai et Juin).

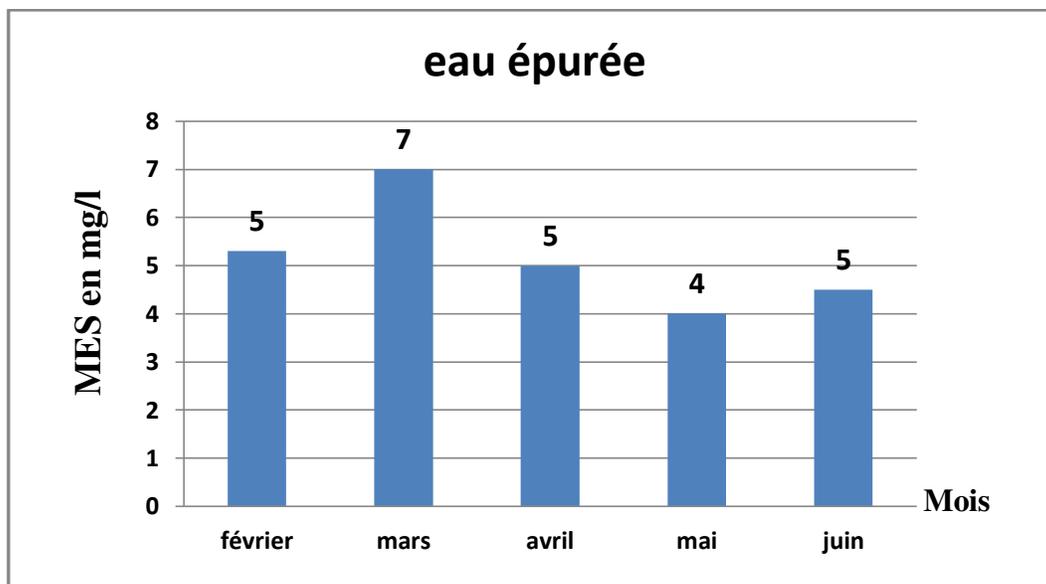


**Figure 25:** Variation des  $\text{PO}_4^{3-}$  des eaux épurées

La comparaison des concentrations des eaux épurées en phosphate-ortho enregistrées à la sortie de la STEP avec la norme de rejets montre que, ces concentrations sont légèrement supérieures aux normes OMS (2,0 mg/l) cela est dû que le phosphore échappe en grande partie au traitement secondaire des stations d'épuration biologique. Mais restent acceptables pour une valorisation en agriculture.

### 1.7. Matières en suspensions MES

La figure 26 nous montre que l'analyse des eaux épurées de la STEP de Drâa El Mizan a révélé une moyenne en MES qui est de 5,2 mg/l.



**Figure 26 :** Variation des matières en suspensions des eaux épurées

Les matières en suspension (MES) sont, en majeure partie, de nature biodégradable (FAO, 2003).

Sachant que la valeur limite de MES pour le rejet dans le milieu récepteur et pour l'irrigation est de 30 mg/l (voir annexe 05), on peut dire que ces eaux peuvent être destinées pour une réutilisation agricole.

### 1.8. Éléments traces métalliques ETM

La recherche des éléments traces métalliques effectuée pour les boues au niveau du laboratoire central de l'ONA ont abouti aux résultats mentionnés dans le tableau 01 ci-dessous. La teneur en éléments traces métalliques chrome, plomb, Nickel, cadmium, cuivre et zinc obtenues sont nettement inférieures à celles des valeurs limites exigées par la norme Algérienne (NA 17671,2010) pour les boues destinées à une valorisation agricole (annexe04).

Sachant que les ETM se concentrent beaucoup dans les boues de ce fait, nous signalons que les effluents secondaires de la STEP Drâa El Mizan ne présentent aucun risque pour un usage agricole.

**Tableau 02:** Résultats des éléments traces métalliques dans les boues (ONA 2018)

<b>Paramètre</b>	<b>Résultant</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs de références</b>
Chrome	27	mg / kg	1000
Plomb	75	mg / kg	800
Nickel	28	mg / kg	200
Cadmium	1	mg / kg	20
Cuivre	72	mg / kg	1000
Zinc	415	mg / kg	3000

## 2. Les paramètres biologiques

### 2.1 Analyses microbiologiques

L'analyse microbiologique a été effectuée sur trois (03) échantillons d'eau épurée étudiés entre le mois de mai et juin au niveau du laboratoire traitement des eaux du département agronomie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

#### 2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)

**Tableau 03** : résultats de dénombrement des coliformes (CT) et (CF).

Date de l'échantillonnage	Fin mai (période 1)	Début juin (Période 2)	Fin juin (période 3)	Normes (100UFC/100ml)
Nombre de coliformes fécaux (UFC/100ml) (44°C)	110	60	95	100
Nombre de coliformes totaux (UFC/100ml) (37°C)	120	88	85	100

La recherche des coliformes fécaux et totaux a révélé des concentrations globalement suffisantes pour une réutilisation agricole sans risque. En effet, l'ensemble des essais ont montré des concentrations inférieures à 100 germes/100ml dans les périodes (2) et (3) et légèrement supérieur à 100 UFC/100ml durant la période (1). Les résultats de cette dernière, pourront être dus à une mauvaise clarification d'où, une désinfection aux UV est préconisée.

Vu les teneurs chargées en coliformes fécaux et totaux dont la moyenne  $\leq 100$  colonies/100ml durant les périodes (2) et (3), ces eaux peuvent être utilisées en Irrigation non restrictive, culture de produits pouvant être consommés crus, légumes qui ne sont consommés que cuits, légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire, pour une irrigation restrictive pour les cultures d'arbres fruitiers, cultures et arbustes fourragers, cultures céréalière, cultures industrielles, arbres forestiers, plantes florales et ornementales à condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées (JORA, 2012).

### 2.1.2. Autres paramètres microbiologiques

**Tableau 04** : résultats d'analyse des paramètres microbiologiques de l'eau épurée de la station étudiée.

paramètres		Résultats d'analyse			Unité
		Mai	Début juin	Fin juin	
Flores revivifiables	22°C	+	+	+	germes
	37°C	+	+	+	
Vibrio		+	+	+	
Salmonelles		+	+	+	
Clostridiiums (ASR)		-	-	-	
Streptocoques		-	-	-	

Les résultats (vibrio et salmonelles) obtenus dans le tableau ci-dessus peuvent s'expliquer d'une part par le fait que le traitement utilisé dans la STEP favorise la croissance bactérienne pour dégrader la pollution carbonée ou azotée et d'autres parts l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogènes. De plus l'eau usée est considérée comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne.

La présence de bactéries non pathogènes (germes aérobies revivifiables) est nécessaire afin d'enrichir le sol par un apport de microorganismes, Qui dégradent la matière organique pour la transformer en matières minérales plus simple a absorbé par la plante.

On a également constaté une absence des streptocoques et clostridiiums ASR durant les trois (03) périodes étudiées.

Ces études montrent l'importance de la qualité de l'eau employée pour irriguer notamment les végétaux consommés crus. Mais comme le souligne (Toze, 2006), la majorité des bactéries entériques pathogènes exigent généralement une dose élevée pour provoquer une infection.

## 2.2. Analyse parasitologique

L'analyse parasitologique a été effectuée sur quatre (04) échantillons d'eau épurée étudiés entre le mois de mai et juin au niveau du laboratoire traitement des eaux du département agronomie de l'UMMTO.

### 2.2.1. Recherches des œufs d'helminthes (Nématodes)

Tableau 05 : Résultats parasitologiques.

Date de l'échantillonnage	Mai	Début juin	Mi-juin	Fin juin
Recherche des œufs d'helminthe dans un litre	Absence (-)	Absence (-)	Absence (-)	Présence (+)

La recherche des œufs d'helminthes (Nématodes) dans les eaux épurées de la STEP de Draa El Mizan était négative sur trois échantillons à différentes périodes ce qui est avantageux pour une éventuelle réutilisation en agriculture, mais positive sur le quatrième.

Les œufs retrouvés dans le quatrième échantillon ont été identifiés comme étant *trichuris trichuria*, à l'aide d'un microscope optique avec une caméra standard. (Figure 22)



Figure 22 : GX40 *trichuris trichuria*.  
(Vue microscopique)



Figure 23 : *trichuris trichuria*.  
(Guillaume, 2007)

L'OMS qualifie la présence d'helminthes, en particulier, les nématodes intestinaux comme principale contrainte ou limite de leur réutilisation en agriculture, à cause de leur dose infectante faible et leur longue survie dans l'environnement (Kefalla et al 2012).

Durant cette étude, nous avons évalué la qualité physico-chimique et biologique des eaux usées épurées de la station de Drâa El Mizan, afin d'examiner la possibilité d'une réutilisation pour des fins agricoles.

Concernant les résultats des paramètres physico-chimiques étudiés, l'effluent secondaire de ladite STEP ne présente aucune limite quant à une réutilisation en irrigation agricole. Les résultats obtenus répondent également aux normes requises pour leur rejet direct dans le milieu naturel récepteur sans préjudice sanitaire et donc sans aucune nuisance pour l'environnement.

Quant aux analyses bactériologiques, l'ensemble des essais ont montrés des concentrations inférieures à 100 germes/100ml durant les deux analyses de mois juin. Une légère augmentation a été observée durant la première période de mai dont la concentration est supérieure à la norme qui est de 100 UFC/100ml pour les coliformes thermo tolérants.

Par ailleurs, pour les analyses parasitologiques, nous avons constaté une absence totale d'œufs d'helminthes (nématodes intestinaux) dans trois tests sur quatre ; pour le quatrième essai de la dernière période de mois de juin une présence de nématodes (*trichuris trichuria*) a été décelé. Cet état de fait, limiterait l'utilisation de cet effluent en irrigation agricole.

Le procédé de traitement mis en place au niveau de la STEP de Drâa El Mizan concernant les paramètres physico-chimiques et bactériologiques est globalement satisfaisant, par ailleurs une investigation sur le plan parasitologique est nécessaire.

La réutilisation des eaux usées traitées répondant aux normes prescrites, permet non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'engrais organiques à minéralisation progressive, mais également de protéger les eaux conventionnelles (superficielles et souterraines) pour les vocations les plus nobles à savoir l'AEP et limiter ainsi l'usage excessif d'engrais minéraux.

Pour assurer une meilleure utilisation des eaux épurées sans risques majeurs, il est souhaitable de prendre acte des recommandations suivantes :

- Une désinfection à l'UV est préconisée.
- Un suivi régulier de la qualité des eaux épurées en faisant des analyses physico-chimiques et biologiques particulièrement en période de basses eaux.

## **Conclusion et recommandations**

---

- Effectuer une analyse des sols à irriguer afin de respecter les besoins en éléments nutritifs de la plante et effectuer une dilution dans le cas de l'excès en nutriments.
- Effectuer une analyse des cultures après la récolte.
- Sensibilisation des agriculteurs sur les intérêts de la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation, et aussi les bonnes pratiques de la réutilisation.
- Application du cadre réglementaire (code de réutilisation des eaux usées épurées), des cultures à pratiquer et les systèmes d'irrigation préconisés.
- En fin, une irrigation localisée est recommandée pour une meilleure efficacité et une meilleure protection des ouvriers agricoles.

## Références bibliographiques

---

- ✚ Angela L.G., Molly R.M., Walter Q., Debra E.H., Joan B.R., 2003. Infectious *Cryptosporidium parvum* Oocysts in Final Reclaimed Effluent. N°69(8), pp.483–484.
- ✚ Angerville R.,2009. *Evaluation des risques écotoxicologiques liés au déversement de rejets urbains par temps de pluie (RUTP) dans les cours d'eau : Application à une ville française et à une ville haïtienne*. Thèse doctorat, Ecole doctorale : Chimie de Lyon., 451p.
- ✚ Bokova I., 2017. Les eaux usées une ressource inexploitée. Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau), l'UNESCO, 9p.
- ✚ BRGM, 2010. La réutilisation des eaux usées, un enjeu majeur de développement durable.*les enjeux des géosciences*, N°24, 3 p.
- ✚ Campos C., 2008. New perspectives on microbiological water control for wastewaterreuse, *Désalination*, 218, pp.34-42.
- ✚ Dali Z., Bentaleb F., 2005.*Impact humaine sur l'environnement ; cas de l'ensablement de la région de Boussaâda*. Mémoire d'ingénieur, université de M'sila, 71p.
- ✚ Desjardins R.,1997. « Traitement des eaux », deuxième édition, Montréal, N°10, 304p.
- ✚ Devaux I., 1999. *Intérêt et limite 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 scientifique, Université Joseph Fourier, Grenoble.257p
- ✚ Ecosse D., 2001. Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém, D.E.S.S. *Qualité et Gestion de l'Eau*. Fac. Sciences, Amiens, 62 p.
- ✚ Faby J.A., et Brisssaud F., 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. 283p.
- ✚ FAO, 2003. Irrigation avec des eaux usées traitées, Manuel d'utilisation.
- ✚ Gomella C., Guerree H., 1978. Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées, Ed. Eyrolles. Paris, p262.
- ✚ Grosclaude G., 1999. *L'eau, Usage et polluant, Tome II* .4ème Edition. INRA, Paris.P208.
- ✚ Guillaume V., 2007. Parasitologie, fiches pratiques-Auto-évaluation/Manipulations. Ouvrage, 1er édition, N° : 2804150380, P183.
- ✚ <https://www.suezwaterhanbook.fr/eau.../réutilisation-des-eaux-usées>. Consulté130 juin 2019.
- ✚ <https://maribia.wordpress.com/2009/03/08/origine-et-composition-des-eaux-usées>.

- ✚ JORAD, 2006. Journal Officiel de la république Algérienne N°26, Valeurs limites des paramètres de rejets diffluents liquides industriels.
- ✚ JORAD, 2012. Journal officiel de la république Algérienne N°41, spécification des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.
- ✚ Keffala C., HARERIMANA C., VASEL J.L., 2012. Œufs d'helminthes dans les eaux usées et les boues de station d'épuration : enjeux sanitaires et intérêt du traitement par lagunage. *Environ Risque santé*. N°6, Volume 11, 511-20p.
- ✚ Laboratoire contrôle fluides et matériaux (LCFM)., 1993. Analyse de la présence de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices dans l'eau froide, lors de la réalisation d'analyse de potabilité, suivant la norme en vigueur : NF EN 26461-2 de juillet, à Noisy-le-sec, France.1p.
- ✚ LamghariKh., et Assobhei., O. 2005.Impact of urban effluents on intestinal helminth infections in the wastewater discharge zone of the city of El Jadida, Morocco.
  
- ✚ Libes Y., 2010. Les eaux usées et leur épuration. 190p
- ✚ Merlet P., 2004. Dictionnaire la rousse.
- ✚ Metahri M.S., 2012.Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphorée des eaux usées traitées, par les procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi Ouzou. Thèse doctorat. UMMTO, Tizi-Ouzou, 137p.
- ✚ Metahri M.S., 2015. Ecology & Safety, *Evaluation of cultivated land required for tertiary treatment of secondary effluent from the East WWTP of Tizi-Ouzou (Algeria)* volume 9.
- ✚ Office international de L'eau (OIE), 2011 .valorisation des eaux usées épurées pour l'irrigation, p8.
  
- ✚ Office international de l'Eau (OIE), 2011.valorisation des eaux usées épurées pour l'irrigation, 38p.
  
- ✚ OMS (Organisation mondiale de la santé), 2012 . L'utilisation sans risque des Eaux usées, des excréta et des eaux ménagères, p254.
- ✚ ONA, 2014. Investir dans le développement durable : la réutilisation des eaux usées épurées. [www.ONA.org/](http://www.ONA.org/)
- ✚ Papadakis J., 1982.errores en la ciencia.205p
- ✚ Reuse-Degremont,1989. Memento technique de l'eau, Réutilisation des eaux

- usées. Tome I, paris.
- + Rodier J., 2005. *L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*, 8ème Edition, Dunod, paris.
  - + Rodier J., 2009. *L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*, 9ème Edition, Dunod, paris.
  - + Servais P, 2002. Journal of microbiological methods 49, Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches.49,31-54.
  - + SKIREDJE A., 2005. Besoins des plantes en eau et en éléments nutritifs. Département d'Horticulture, Maroc, p10.
  - + Smolders R., Bervoets, L., Wepener, V. et Blust, R., 2003. *A conceptual framework for using mussels as biomonitors in whole effluent toxicity. Human and ecologic al risk assessment* 9, p741-760. in Metahri M., 2012.
  - + Suschka J., Ferreira E., 1986. Activated sludge respirometric measurements, Waterresearch. pp.137-144.
  - + Tabet M., 2015. *Etude physico-chimique et microbiologique des eaux usées et évaluation du traitement d'épuration*. Thèse de doctorat, université 8 mai 1945, Guelma. 103p.
  - + Toze S., 1999. *PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewater*. Water Resources. 33: 3545--3556.
  - + Toze S., 2006. *Reuse of effluent water: Benefits and risks. Agricultural Water Management*, 80, 146-159p.
  - + US NRC., 2012. *Water Reuse. Potential for Expanding the Nation's Water Supply Trough Reuse of Municipal Wastewater*, Washington, National Academies Press, 262p.
  - + Veolia A., 2006. *Le recyclage de l'eau, une solution locale quand l'eau se fait rare*. 8p
  - + Wordpress., 2009. Origine et composition des eaux usées.
  - + Yazid B., 2014. *Evaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon*. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar. 158p.

## Résumé

Notre étude porte sur l'évaluation d'une part de la qualité physico-chimique et la qualité biologique des effluents secondaires de la station d'épuration Drâa El Mizan, pour des fins de valorisation agricole. Les analyses ont été effectuées entre le mois de Mai et Juin 2019. Les résultats moyens physico-chimiques obtenus révèlent une efficacité de dégradation de la matière organique avec une température  $T^{\circ}$  de  $18,2^{\circ}\text{C}$ , pH de 7,15, MES de 5,2 mg/l, N-  $\text{NO}_2^-$  de 0,04 mg/l, N- $\text{NO}_3^-$  de 2,14 mg/l, N- $\text{NH}_4^+$  de 1,25 mg/l et  $\text{PO}_4^{3-}$  de 4,1 mg/l conformes aux normes Algériennes de réutilisation. Les résultats biologiques montrent l'absence des anaérobies sulfito-réducteurs et streptocoques, une présence de germes totaux, vibrio, salmonelles. Pour les coliformes fécaux et totaux, l'ensemble des essais ont montrés des concentrations inférieures à 100 germes/100ml pour deux essais durant le mois de juin et légèrement supérieur à 100 UFC/100ml pour le premier essai à la fin Mai, ainsi que l'absence des œufs d'helminthes pour 03 essais de mai au juin, et la présence à la fin de mois juin. De plus, on a noté de faibles quantités de métaux lourds dans les boues. A cet effet, cette eau épurée est conforme en terme physico-chimique et bactériologique mais reste non conforme en terme parasitologique, donc une désinfection à l'UV est préconisée pour qu'elle sera apte à la valorisation agricole.

**Mots clés :** Effluent secondaire, qualité, valorisation agricole, STEP, Drâa El Mizan.

## Abstract

Our study deals with the assessment of the physicochemical quality and the biological quality of the secondary effluents of the Drâa El Mizan wastewater treatment plant for agricultural recovery purposes. The analyzes were carried out between the month of May and June 2019. The average physicochemical results obtained reveal a degradation efficiency of the organic matter with a temperature  $T^{\circ}$  of  $18.2^{\circ}\text{C}$ , pH 7.15, MES of 5.2 mg / l, N-  $\text{NO}_2^-$  of 0.04 mg / l, N- $\text{NO}_3^-$  of 2.14 mg / l, N- $\text{NH}_4^+$  of 1.25 mg / l and  $\text{PO}_4^{3-}$  of 4.1 mg / l in accordance with Algerian standards for reuse. The biological results show the absence of anaerobic sulphito-reducers and streptococci, a presence of total germs, vibrio, salmonella. For all faecal and total coliforms, all tests showed concentrations of less than 100 germs / 100ml for two trials during the month of June and slightly more than 100 CFU / 100ml for the first trial at the end of May, as well as absence of helminth eggs for 03 trials from May to June, and presence at the end of June. In addition, small amounts of heavy metals were noted in the sludge. For this purpose, this purified water is in physico-chemical and bacteriological terms but remains non-compliant in parasitological terms, so a UV disinfection is recommended for which it will be suitable for agricultural valorization.

**Key words:** Secondary effluent, quality, agricultural valorization, STEP, Drâa El Mizan.

## Annexe 01

### Mesure des paramètres physico-chimiques

#### Matériel utilisé

- Spectrophotomètre DR2800
- cuvette de 10ml
- dispositif de filtration+filtre de 0,45µm
- fiole jaugée de 50ml,100ml.
- pipettes de 02ml, 05ml, 10ml
- Becher de 100ml

#### Réactifs

- **Kits** : Salicylate ammoniacal, Cyanurate ammoniacal, Nitra Ver05, Nitra Ver06, Nitri Ver03, Phos Ver 03.

#### 1. La température

Vu l'instabilité et la variation de ce paramètre, la mesure se fait sur chaque prélèvement instantané. Puis une moyenneest calculée sur l'échantillon composite.

##### ➤ Mode opératoire :

Dans un bécher on verse l'eau à analyser et on plonge la sonde du thermomètre, on attend la stabilité de l'affichage et onnote la valeur qui s'affiche en °C.

#### 2. Le potentiel hydrogène PH

Dans un bécher on verse l'eau à analyser et on plonge la sonde du pH mètre, on met en marche l'appareil. Après stabilisation de l'affichage sur le cadran du pH mètre, on va noter la valeur du pH.

La mesure de ce paramètre est instantanée et dans un délai maximal de 6h après le prélèvement.

### Mode opératoire de la mesure de l'azote et du phosphore

#### 1. L'azote ammoniacal gamme basse (0 à 2,5 N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :

Préparer les dilutions des échantillons si c'est nécessaire.

- Entrer le numéro de programme mémorisé pour le l'ammonium gamme basse en azote (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Presser **PRGM**

L'affichage indique : **PRGM**

- Presser : **385 ENTER**, L'affichage indique **mg/l, N- NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** et le symbole **ZERO**.
  - Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.
  - Ajouter le contenu d'une gélule de Salicylate ammoniacal à la cuvette (l'échantillon préparé). Boucher. Agiter pour dissoudre la poudre.
  - Presser : **TIMER ENTER** Une période de réaction de 03 minutes commence.
  - Lorsque le minuteur sonne, ajouter le contenu d'une gélule de Cyanurate ammoniacal à la cuvette (l'échantillon préparé). Boucher. Agiter pour dissoudre la poudre.
- remplir une autre cuvette avec 10 ml d'échantillon (le blanc). Essuyer l'extérieur des cuvettes avec un tissu propre.
- Presser : **TIMER ENTER** Une période de réaction de 15 minutes commence.
  - Placer le blanc dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.
  - Presser : **ZERO** l'affichage indique : **0.00 mg/l N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**
  - Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure.
- Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.
- Presser : **READ** Le curseur se déplace vers la droite puis la concentration de ammonium en mg/l d'azote.

### 3. NITRATE, gamme haute (0 à 30,0 mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

#### ➤ Mode opératoire :

- Entrer le numéro de programme mémorisé pour le nitrate gamme haute (N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Presser **PRGM** L'affichage indique : **PRGM**
  - Presser : **355 ENTER** L'affichage indique **mg/l, NO<sub>3</sub>-N** et le symbole **ZERO**.
  - Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.
  - Ajouter le contenu d'un sachet de réactif NitraVer 5 à la cuvette (l'échantillon préparé). Boucher la cuvette.
  - Presser : **TIMER ENTER** Une période de réaction d'une minute commence.
- Agiter la cuvette vigoureusement jusqu'à ce que le minuteur sonne.

- Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : **5:00Timer 2**, Presser : **ENTER**. Une période de réaction de 5 minutes commence.

La présence des nitrates se traduit par une coloration ombrée

- Remplir une autre cuvette avec 10 ml d'échantillon (le blanc). Essuyer tout liquide ou traces de doigts.
- Placer le blanc dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.
- Lorsque le minuteur sonne, presser : **ZERO**

L'affichage indique : **0.0 mg/l NO<sub>3</sub>-N**

- Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.
- Presser : **READ**. Le résultat en mg/l d'azote (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) s'affiche.

#### 4. Les nitrites, gamme basse (0 à 0,350 mg/l N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

##### ➤ Mode opératoire :

Préparer les dilutions des échantillons si c'est nécessaire.

- Entrer le numéro de programme mémorisé pour le nitrite gamme basse en azote (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Presser **PRGM**

L'affichage indique : **PRGM**

- Presser : **371 ENTER**, L'affichage indique **mg/l, N- NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** et le symbole **ZERO**.
  - Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.
  - Ajouter le contenu d'une gélule de NitriVer 3 à la cuvette (l'échantillon préparé). Boucher. Agiter pour dissoudre la poudre.
  - Presser : **TIMER ENTER** Une période de réaction de 15 minutes commence.
  - Lorsque le minuteur sonne, remplir une autre cuvette avec 10 ml d'échantillon (le blanc). Essuyer l'extérieur des cuvettes avec un tissu propre.
  - Placer le blanc dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.
  - Presser : **ZERO** l'affichage indique : **0.000 mg/l N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>**
  - Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure.
- Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.

- Presser : **READ** Le curseur se déplace vers la droite puis la concentration de nitrite en mg/l d'azote

## 5. Les phosphates, ORTHO (0 à 2,50 mg/l $\text{PO}_4^{3-}$ )

### ➤ Mode opératoire

- Entrer le numéro de programme mémorisé pour l'ortho phosphate, méthode acide ascorbique. Presser **PRGM**, L'affichage indique : **PRGM?**
- Presser : **490 ENTER** L'affichage indique **mg/l,  $\text{PO}_4^{3-}$**  et le symbole **ZERO**
- Remplir une cuvette avec 10 ml d'échantillon.
- Ajouter le contenu d'une gélule de PhosVer 3 à la cuvette (l'échantillon préparé). Boucher. Agiter pour dissoudre la poudre.
- Presser : **TIMER ENTER** Une période de réaction de 02 minutes commence.
- Lorsque le minuteur sonne, remplir une autre cuvette avec 10 ml d'échantillon (le blanc). Essuyer l'extérieur des cuvettes avec un tissu propre.
- Placer le blanc dans le puits de mesure. Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.
- Presser : **ZERO** l'affichage indique : **0.00 mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$**
- Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure.  
Ajuster le capot de l'appareil pour couvrir la cuvette.
- Presser : **READ** Le curseur se déplace vers la droite puis le résultat en mg/l de  **$\text{PO}_4^{3-}$**  s'affiche.

## Annexe 02

### Les modes opératoires des analyses bactériologiques

#### 1. Recherche et dénombrement des germes reviviables

➤ **Principe :**

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophiles soit à 22°C, et ceux mésophiles soit 37°C.

➤ **Matériel :**

-5 tubes contenant 9 ml de diluant (eau physiologique), et 5 pipettes stériles en plastique de 1mL.

➤ **Mode opératoire :**

- Homogénéiser la suspension microbienne à prélever (agitation du flacon d'échantillon).
- Ouvrir et flamber l'ouverture du flacon.
- Prélever 1mL de suspension à l'aide de la pipette plastique stérile.
- Flamber et refermer le flacon d'échantillon.
- Ouvrir le tube de 9 ml de diluant, flamber l'ouverture y introduire le volume prélevé (1ml).
- Flamber et refermer le tube.
- Jeter la pipette souillée dans le bac à eau de javel.
- Placer un volume de prise d'essai de 1ml de ses dilutions, de manière stérile, dans le fond d'une boîte pétri.
- Ajouter 15 à 20 ml de gélose fondue TGEA et mélanger avec précaution par rotation de la boîte de pétri.
- Laisser le milieu solidifier sur une surface plane, et fraîche.
- Retourner les boîtes et l'incubation d'une série à 37°C et d'une autre à 22°C pendant 24h

➤ **La lecture :**

-Les germes totaux se présentent sous formes de colonies lenticulaires poussant en masse.

➤ **Le dénombrement :**

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte des remarques suivantes :

-Ne dénombrer que les boites contenant entre 15 et 300 colonies ;

-Le résultat sera exprimé par millilitre d'eau à analyser à 20°C et à 37°C.

## **2. Recherche et dénombrement des coliformes *totaux et fécaux***

La colimétrie par filtration est une méthode rapide, simple, normalisée et nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration.

-Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen.

-Le refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile.

-Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.

-Fixer ce dernier avec la pince correspondante.

➤ ***Recherche de coliformes totaux***

-Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.

-Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.

-Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose TTC.

-Cette membrane sera incubée à 37°C, pendant 24 heures et servira à la recherche des coliformes totaux.

➤ ***Recherche de coliformes fécaux***

-Remplir par la suite l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser.

-Actionner de la même façon la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.

-Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boîte de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose TTC.

-Cette deuxième membrane sera incubée à 44°C, pendant 24 heures et servira à la recherche des coliformes fécaux.

➤ **Lecture et interprétation :**

-Après 24 heures d'incubation, les coliformes totaux et fécaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangées, lisses, légèrement bombées.

-Etant donné le caractère sélectif de la gélose TTC ; ne pousseront théoriquement que les coliformes.

-Ne dénombrer que les boîtes refermant entre 15 et 300 colonies.

-Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.

### **3. Recherche et dénombrement des streptocoques**

Leur recherche et leur dénombrement s'est fait de la même manière que pour les coliformes par filtration, sauf qu'ici la membrane est déposée sur milieu de culture stanetz et barthey, Incubation à 37°C pendant 24h a 48h.

➤ **Lecture et interprétation :**

-Après 24 heures d'incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marrons ou roses.

### **4. Recherche et dénombrement du vibrion cholérique**

-Cette technique consiste à rechercher de vibrio cholera dans les eaux usées, par filtration sur membrane.

➤ **Jour 1. Premier enrichissement :**

-Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser. Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

➤ **Jour 2. Deuxième enrichissement :**

-Après incubation, transférer 1ml du bouillon d'enrichissement dans 10ml d'eau peptonée alcaline, incubation à 37°C pendant 24 h.

-Après incubation, on ensemence une plaque de gélose GNAB à partir du bouillon d'enrichissement, incubé à 37°C pendant 24h.

➤ **Lecture :**

-Apparition de colonies plates et transparentes.

**5. Recherche et dénombrement des salmonelles**

-Cette technique consiste à rechercher les salmonelles présentes dans les eaux usées, par filtration sur membrane.

➤ **Mode opératoire :**

-Filtration de 250ml d'eau sur une membrane de 0,45 µm.

-Placer le filtre dans 50ml d'eau peptonée tamponnée afin d'effectuer le pré-enrichissement et incubé à 37°C pendant 24h.

-Après incubation, transférer 1ml du bouillon d'enrichissement dans 10ml du milieu rappaportvassiliadis préalablement chauffé à 42°C, et incubé à 37°C pendant 18 à 24h.

-Repiquage à l'aide d'une anse dans le milieu hektoen afin d'effectuer un isolement, incubé à 37°C pendant 24h.

➤ **Lecture :**

-Colonies ayant un contour régulier.

-Colonies ayant la couleur du milieu, parfois avec ou sans centre noir sur la gélose hektoen.

**6. Recherche et dénombrement de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (clostridium sulfito-reducteurs)**

➤ **Méthode :**

-Par filtration sur membrane.

➤ **Mode opératoire :**

-Chauffage de l'eau à analyser au bain marie à 75°C pendant 15 minutes à partir de laquelle cette température a été atteinte. Ensuite on réalise un choc thermique sous l'eau du robinet.

-Filtrer 100 ml de cette eau sur une membrane de 0,45 µm.

-Après filtration, placer la membrane, face supérieure tournée vers le bas, dans le fond d'une boîte de pétri, stérile et vide.

-Verser ensuite 18 ml de milieu de culture (gélose viande de foie) sans bulles d'air. - Après solidification de la gélose, incubé en atmosphère anaérobie dans une jarre à anaérobiose à 37°C pendant 24 à 48h.

➤ **Lecture :**

-Compter toutes les colonies noires après incubation.

### **Annexe 03**

#### **Mode opératoire de recherche des œufs d'helminthes**

-Filtrer 500ml de l'eau a analysée sur membrane de 0,22 µm.

-Après filtration, Retirer la membrane à l'aide d'une pince

-On récupère le culot a l'aide d'une anse et on le reparti sur des lames, on rajoute deux gouttes du colorant lugol et on laisse secher.

-On recouvre avec des lamelles pour une observation à l'état frais avec un microscope Photonique (OPTIKA) à l'objectif x10 puis au x40.

### **Annexe 04**

Teneurs en éléments traces métalliques dans les boues sèches pour respecter les prescriptions d'utilisation selon la norme Algérienne NA 17671,2010

<b>Paramètre</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeurs de références</b>
Chrome	mg / kg	1000
Plomb	mg / kg	800
Nickel	mg / kg	200
Cadmium	mg / kg	20
Cuivre	mg / kg	1000
Zinc	mg / kg	3000
Sélénium	mg / kg	100
Mercure	mg / kg	10
Chrome+ Zinc+Cuivre+ Nickel	mg / kg	4000

## Annexe 05

Tableau 05 : Les normes algériennes de réutilisation des eaux usées traitées (JORA ; 2012)

paramètres Unité		Unité	maximale admissibles Concentration
Physico-chimiques	pH		6.5 ≤pH≤ 8.5
	MES	mg / l	30
	DBO5	mg / l	30
	DCO	mg / l	90
	AZOTE (N-NO3)	mg / l	30
Eléments toxiques	Aluminium	mg / l	20.0
	Arsenic	mg / l	2.0
	Béryllium	mg / l	0.5
	Bore	mg / l	2.0
	Cadmium	mg / l	0.05
	Chrome	mg / l	1.0
	Cobalt	mg / l	5.0
	Cuivre	mg / l	5.0
	Cyanures	mg / l	0.5
	Fluor	mg / l	15.0
	Fer	mg / l	20.0
	Phénols	mg / l	0.002
	Plomb	mg / l	10.0
	Lithium	mg / l	2.5
	Manganèse	mg / l	10.0
	Mercure	mg / l	0.01
	Molybdène	mg / l	0.05
	Nickel	mg / l	2.0
	Sélénium	mg / l	0.02
	Vanadium	mg / l	1.0
Zinc	mg / l	10.0	

## Annexe 06

Tableau 07 : paramètres microbiologiques (JORA, 2012)

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (Œufs/1) (Moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.

L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

## Annexe 07

**Tableau 08** : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (JORA, 2012)

<b>Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées</b>	<b>Liste des cultures</b>
<b>Arbres fruitiers (1)</b>	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix.
<b>Agrumes</b>	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
<b>Cultures fourragères (2)</b>	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne
<b>Cultures industrielles</b>	Tomate industrielle, haricot à rames, petits pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
<b>Cultures céréalières</b>	Blé, orge, triticales et avoine.
<b>Cultures de production de semences</b>	Pomme de terre, haricots et petits pois.
<b>Arbustes fourragers</b>	Acacia et a triplex.
<b>Plantes florales à sécher ou à usage industriel</b>	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.

**Annexe 08**  
**NORMES DE REJET OMS (2006)**

<b>PARAMETRES</b>	<b>NORMES</b>	<b>UNITES</b>
<b>T°</b>	30	°C
<b>PH</b>	6,5-8,5	-
<b>DBO<sub>5</sub></b>	30	mg d'O <sub>2</sub> /l
<b>DCO</b>	90	mg d'O <sub>2</sub> /l
<b>MES</b>	30	mg/l
<b>Phosphates</b>	2	mg/l
<b>Azote total</b>	50	mg/l
<b>Hydrocarbures</b>	10	mg/l
<b>Huiles et graisses</b>	20	mg/l
<b>Détergent</b>	1	mg/l