

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

– جامعة محمد السادس بن يحي – جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de l'environnement

et des Sciences Agronomiques

كلية العلوم الطبيعية والحياة

قسم علوم المحيط والعلوم الفلاحية



### Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme : **Master Académique en Biologie**

Filière : **Hydrobiologie marine et continentale**

Option : **Ecosystèmes aquatiques**

### *Thème*

**Réutilisation des eaux usées urbaines épurées en agriculture : Cas de la STEP de KOLEA (wilaya de Tipaza)**

**Jury de soutenance :**

**Présidente : M<sup>me</sup> Mekircha Fatiha**

**Examineur : M<sup>r</sup> Boudjelal Ferhat**

**Encadreur : M<sup>r</sup> Roula Salah Eddine**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> Fermas Mouna**

**M<sup>elle</sup> Lamhachheche Khouloud**

**Numéro d'ordre :**

**1<sup>ère</sup> Session 2020**

**Date de soutenance : 05/10/2020**

## *Remerciements*

*Avant tous nous remercions ALLAH, le tout puissant de nous avoir donné la volonté et la patience et surtout la bonne santé pour pouvoir réaliser ce travail.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadreur Mr. ROULA SALAH EDDINE, pour avoir accepté de nous encadrer, pour sa disponibilité, pour l'aide qu'il a apportée et les connaissances qu'il a su nous transmettre, et surtout ses conseils judicieux, qui ont contribué à alimenter ce mémoire.*

*Nous tenons également à remercier les jurys :*

*Enseignante MEKIRCHA FATIHA et Monsieur BOUDJELAL FERHAT pour avoir fait l'honneur d'accepter de juger et d'examiner ce travail. Leur présence va valoriser, de manière certaine, le travail que nous avons effectué.*

*A toute la promotion Ecosystèmes Aquatiques ; 2019-2020.*

*Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*« A MES CHERS PARENTS », Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*A ma petite sœur chérie ASMA ta présence à mes côtés m'a toujours donné le bonheur la joie et le sourire. Je t'aime mon petit ange*

*A ma sœur et son marie*

*SOUMIA et HAMMAD*

*A mes chers frères*

*AMINE et AYMEN*

*À mon meilleure amie ALAA FADJR ELDIN*

*A toute ma Famille et mes Amies*

*Mille mercis d'être toujours là pour moi.*

*« MOUNA »*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir.....à toi MON PERE.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur.....MAMAN que j'adore.*

*A mes chers frères : FOUAD et AHMED.*

*A ma adorable sœur : KHADIDJA.*

*A mon meilleur ami : NOUR ADDINE.*

*A mon oncle : HOCINE.*

*A tous ceux qui m'aiment.*

*A tous ceux que j'aime.*

*« KHOULOU »*

## Sommaire

Liste des figures.....	I
Liste des photos .....	II
Liste des tableaux .....	III
Liste des abréviations .....	IV
Introduction générale.....	1

### Partie I : Synthèse bibliographique

#### Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

1. Définition des eaux usées.....	3
2. Nature et origine des eaux usées.....	3
3. Composition et constitution des eaux usées.....	4
3.1. Microorganismes.....	5
3.2. Matières en suspension et matière organique.....	6
3.3. Éléments Traces.....	6
3.4. Substances nutritives.....	7
4. Paramètres de mesure de la pollution.....	7
4.1. Paramètres organoleptiques.....	7
4.1.1. Couleur.....	7
4.1.2. Odeur.....	8
4.1.3. Turbidité.....	8
4.2. Paramètres physico-chimiques.....	8
4.2.1. Température.....	8
4.2.2. Matières en suspension.....	8
4.2.3. Conductivité.....	8
4.2.4. Débit.....	9
4.2.5. Potentiel d'hydrogène.....	9
4.2.6. Demande biochimique en oxygène.....	9
4.2.7. Demande chimique en oxygène.....	9
4.2.8. Oxygène dissous.....	10

4.2.9. Métaux lourds.....	10
4.2.10. Nutriments.....	10
4.2.10.1. Azote.....	10
4.2.10.2. Phosphore.....	12
4.3. Paramètres Bactériologiques.....	12
4.3.4. Bactéries pathogènes.....	13
5. Effets des eaux usées.....	14
6. Nécessité de l'épuration.....	15
7. Normes de rejet des eaux usées.....	15

## **Chapitre II : Traitement des eaux usées et leur réutilisation en agriculture**

<b>1. Traitement des eaux usées.....</b>	<b>17</b>
1.1. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées.....	17
1.2. Objectif de traitement des eaux usées.....	17
1.3. Procédés de traitement des eaux usées dans une station d'épuration.....	17
1.3.1. Prétraitement.....	18
1.3.2. Traitement primaire.....	20
1.3.3. Traitements biologiques : traitements secondaires.....	21
1.3.4. Traitement Tertiaire.....	22
<b>2. Réutilisation des eaux usées épurées.....</b>	<b>23</b>
3. Domaines de réutilisation des eaux épurées.....	24
3.1. Réutilisation des eaux usées dans l'industrie.....	24
3.2. Réutilisation municipales.....	25
3.3. Aquaculture.....	26
3.4. Réutilisation des eaux usées en Agriculture.....	26
4. Irrigation agricole par les eaux usées épurées.....	26
4.1. Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation.....	27
5. Enjeux de la réutilisation des eaux usées en agriculture.....	29
6. Principales réglementations liées à la réutilisation des eaux traitées en agriculture dans le monde.....	31

## **Partie II : Evaluation des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées de la STEP de KOLEA**

1. Présentation de la STEP de KOLEA.....	35
1.1. Etapes de traitement des eaux usées de la STEP KOLEA.....	35
2. Analyse des Résultats des paramètres physico-chimiques et microbiologiques.....	36
2.1. Température.....	36
2.2. pH.....	37
2.3 Conductivité électrique.....	38
2.4. Matière en suspension.....	39
2.5. Paramètres de pollution organique.....	40
2.5.1. Demande biochimique en oxygène.....	40
2.5.2. Demande Chimique en Oxygène.....	41
2.5.3. Biodégradabilité.....	42
2.6. Azote total.....	43
2.7. Ammonium.....	44
2.8. Nitrites.....	45
2.9. Nitrates.....	46
2.10. Phosphate total.....	47
2.11. Ortho-phosphates.....	48
3. Paramètres microbiologiques.....	48
3.1. Coliformes totaux.....	49
3.2. Coliformes fécaux.....	50
3.3. Streptocoques fécaux.....	51
3.4. Germes pathogènes.....	52
3.4.1. Salmonelles et vibrions cholériques.....	52
4. Evaluation des résultats de la STEP de KOLEA.....	52
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>55</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>57</b>

### **Annexe**

## Listes des figures

<b>Figure 1 :</b> Etapes de traitement des eaux usées de la STEP de KOLEA.....	35
<b>Figure 2 :</b> Variation de la température avant et après l'épuration.....	36
<b>Figure 3 :</b> Variation de PH avant et après l'épuration.....	37
<b>Figure 4 :</b> Variation de la conductivité électrique avant et après l'épuration.....	38
<b>Figure 5 :</b> variation de la matière en suspension avant et après l'épuration.....	39
<b>Figure 6 :</b> Variation des valeurs de DBO <sub>5</sub> avant et après l'épuration.....	40
<b>Figure 7 :</b> Variation des valeurs DCO avant et après l'épuration.....	41
<b>Figure 8 :</b> Variation des valeurs DCO/DBO <sub>5</sub> avant l'épuration.....	42
<b>Figure 9 :</b> Variation des valeurs de l'azote total avant et après l'épuration.....	43
<b>Figure 10 :</b> Variation des valeurs de l'ammonium avant et après l'épuration.....	44
<b>Figure 11 :</b> Variation des valeurs des nitrites avant et après l'épuration.....	45
<b>Figure 12 :</b> Variation des valeurs des nitrates avant et après l'épuration.....	46
<b>Figure 13 :</b> Variation des valeurs des phosphates totale avant et après l'épuration.....	47
<b>Figure 14 :</b> Variation de l'ortho-phosphate avant et après l'épuration.....	48
<b>Figure 15 :</b> Nombre des coliformes totaux avant et après épuration.....	49
<b>Figure 16 :</b> Nombre des coliformes fécaux avant et après épuration.....	50
<b>Figure 17 :</b> Nombre Streptocoques fécaux (SF) avant et après épuration.....	51



## Liste des Photos

<b>Photo 01</b> : Les deux grilles grossières (STEP de la ville de Jijel).....	18
<b>Photo 02</b> : les déchets des dégrillage (STEP de la ville de Jijel).....	18
<b>Photo 03</b> : Dessablage (STEP de la ville de Jijel).....	19
<b>Photo 04</b> : Les déchets des dessablages (STEP de la ville de Jijel).....	19
<b>Photo 05</b> : Dégraissage (STEP de la ville de Jijel).....	20

## Liste des tableaux

**Tableau 01** : Grille de classification des eaux épurées de la STEP KOLEA (Les chiffres entre parenthèses désignent la moyenne des mesures dans cette étude).....53

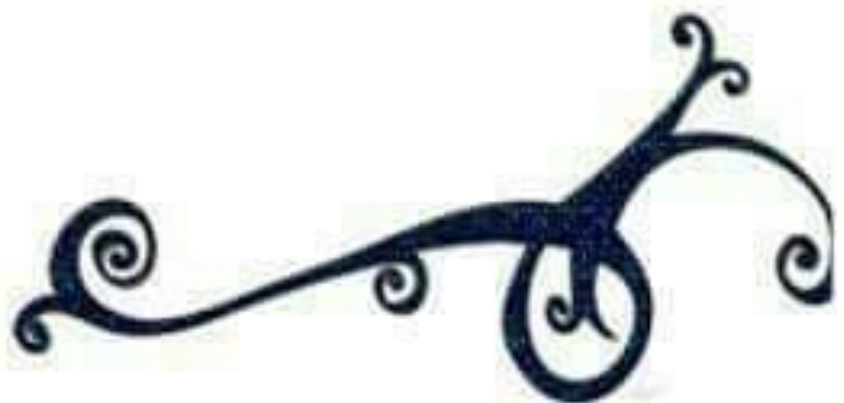
## Liste des abréviations

<b>°C</b>	Degré Celsius
<b>A</b>	Avril
<b>ANRH</b>	Agence Nationale des Ressources Hydriques
<b>ASR</b>	Anaérobies sulfito-réducteurs
<b>CF</b>	Coliformes fécaux
<b>CF/100ml</b>	Coliformes fécaux par 100 millilitres
<b>CT</b>	Coliformes totaux
<b>DAS</b>	Adsorption du sodium
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours
<b>DCO</b>	La demande chimique en oxygène
<b>E. coli</b>	<i>Escherichia coli</i>
<b>EB</b>	Eaux brute
<b>EE</b>	Eaux épurée
<b>Eq.Hab</b>	Equivalents d'habitants
<b>ERU</b>	Eaux résiduaires urbaines
<b>Etc</b>	Etcétera
<b>ÉTM</b>	Eléments traces métalliques
<b>F</b>	Février
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organisation
<b>g/cm<sup>3</sup></b>	Gramme par mètre cube
<b>g/l</b>	Gramme par litre
<b>germes/L</b>	Germes par litre
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	Acide sulfurique
<b>hm<sup>3</sup>/an</b>	Hectomètres cubes par année
<b>JORA</b>	Journal Officiel de la République Algérienne
<b>M</b>	Mai
<b>M</b>	Mars

<b>m<sup>3</sup>/j</b>	Mètre cube par jour
<b>m<sup>3</sup>/mois</b>	Mètres cubes par mois
<b>MDT</b>	Matières dissoutes totales
<b>meq/L</b>	Milliéquivalent par litre
<b>MES</b>	Matières en suspension
<b>MFE</b>	Ministry for the Environment
<b>mg d'O<sub>2</sub>/l</b>	Milligramme d'oxygène par litre
<b>mg/L</b>	Milligramme par litre
<b>mg/l/an</b>	Milligramme par litre par année
<b>ms/cm</b>	Millisiemens par centimètre
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Nitrite
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrate
<b>NTU</b>	Nanyang Technological University
<b>OMS</b>	L'Organisation Mondiale de la Santé
<b>ONA</b>	L'Office National de l'Assainissement
<b>ONID</b>	L'Office National pour l'Irrigation et le Drainage
<b>PH</b>	Potentielle hydrogène
<b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	Ortho-phosphates
<b>PT</b>	Phosphore total
<b>REU</b>	Réutilisation des eaux usées
<b>REUE</b>	Réutilisation des eaux usées épurées
<b>SAR</b>	Sodium Adsorption Ratio
<b>SF</b>	Streptocoques fécaux
<b>STEP</b>	Station d'Épuration des Eaux Usées
<b>USAID</b>	United States Agency of International Développement
<b>USEPA</b>	United States Environmental Protection Agency
<b>µg/l</b>	Microgramme par litre
<b>µs/cm</b>	Microsemece par centimètre



***Introduction générale***



L'eau est l'une des denrées les plus importantes que l'homme a exploitée, plus que toute autre ressource pour la subsistance de sa vie. La majeure partie de l'eau de cette planète est stockée dans les océans, et les calottes glaciaires, ce qui est difficile à récupérer pour nos divers besoins (Goel, 2006).

Puisque notre demande en eau concerne principalement l'eau douce, nous devons dépendre principalement de la petite fraction de l'eau totale présente sur cette planète (Agarwal, 2005). Mais l'urbanisation, et l'industrialisation rapide, ont entraîné une compression des approvisionnements en eau douce à des fins agricoles, ce qui nous oblige à rechercher des sources d'approvisionnement alternatives fiables. Par conséquent, la crise de l'eau a engendré de nouvelles orientations pour la gouvernance et le développement de l'eau, et l'utilisation des eaux usées urbaines comme source alternative d'approvisionnement (Keremane, 2017).

L'Algérie rejette chaque année 600 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées, qui sont non seulement perdues mais qui accentuent la dégradation de l'environnement déjà bien fragile. En revanche, à l'instar d'un grand nombre de pays du bassin méditerranéen, elle accuse un déficit hydrique très inquiétant, et se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, qui sont en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an (Ouanouki et al., 2009). Face à cette situation, les expériences de réutilisation des eaux usées urbaines à travers le monde ont démontré la faisabilité de la réutilisation de l'eau à grande échelle, et son rôle dans la gestion durable de l'eau dans le monde. Parmi les différentes applications des eaux usées, on pense que l'irrigation agricole est la meilleure utilisation des eaux usées après traitement, et la présence d'éléments nutritifs des cultures dans les eaux usées profite à la production agricole (Brenner et al., 2000).

Les agriculteurs adoptent l'irrigation agricole par les eaux usées de manière anarchique, sans tenir compte des risques que peut entraîner l'utilisation de ces eaux pour la santé de l'homme (causé des maladies mortelles comme le choléra), ainsi que pour la qualité de la plante et du sol. De ce fait, chaque projet de réutilisation doit faire l'objet d'une étude et doit tenir compte de la qualité de l'eau utilisée et du contexte de sa réutilisation (Abouelouafa et al., 2002).

La réutilisation de l'eau est devenue un enjeu politique important, et elle a également contribué au développement durable comme d'autres secteurs. Elle est définie comme

«développement durable», ou qui «Assure durablement une prospérité maximale à partir des ressources disponibles» (Guesnier, 2010).

Dans la wilaya de Tipaza, les eaux usées sont principalement d'origine domestique, collectées et acheminées vers la station d'épuration de KOLEA pour être traitées, dans le but de réduire les charges polluantes. Une fois traitées, ces eaux sont acheminées vers le sud de la région de Blida, qui est une zone semi-aride et qui souffre d'un manque d'eau pour l'irrigation des périmètres agricoles. Parfois les eaux usées sont rejetées, sans traitement préalable, dans les oueds qui traversent la ville. Ils sont ensuite utilisés pour l'irrigation des terres situées en aval des lieux de déversement.

L'objectif de notre étude est d'évaluer les résultats des analyses physico- chimique et bactériologique des eaux usées épurées de la STEP de la ville de KOLEA avant et après traitement qui ont été effectuées par (Zahra et al., 2019) pour voir la possibilité de la réutilisation de ces eaux dans l'irrigation des terrains agricoles.

Notre recherche est structurée de la manière suivante :

Introduction générale.

Partie I : Synthèse bibliographique.

Chapitre I : Aperçu bibliographique des caractéristiques générales des eaux usées.

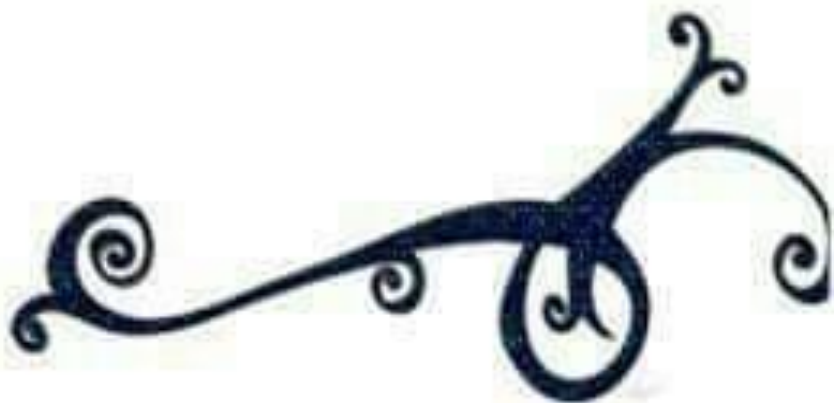
Chapitre II : Méthodes adoptées pour l'épuration, récapitule de la valorisation et de la réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture, dans le monde et en Algérie, ainsi que leurs avantages et les inconvénients dans le domaine agricole.

Partie II : Présente une description sommaire de la station d'épuration des eaux usées de la ville de KOLEA, et une évaluation des résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de ces eaux qui ont été déjà réalisée au niveau de la station d'épuration.

Enfin, une conclusion sur la qualité des eaux usées traitées, complétée par des recommandations, afin de voir la possibilité de réutiliser les effluents traités en agriculture en toute sécurité.



***Partie I :***  
***Synthèse bibliographique***







## *Chapitre I :*

### *Généralités sur les eaux usées*



**1. Définition des eaux usées**

Les eaux résiduaires urbaines (ERU), sont des eaux chargées des polluants, solubles ou non. D'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des déverses polluants (**Rejsek, 2002 ; Grosclaude, 1999**). Les eaux usées sont générées quotidiennement par les institutions, les ménages, les commerces et les industries. Toutefois, leurs caractéristiques changent en fonction du type d'utilisation (**El Mahdi, 2010**).

Les eaux usées doivent être correctement traitées avant d'être rejetées dans l'environnement. C'est pourquoi les eaux usées doivent être dirigées vers une station d'épuration pour concentrer leurs contaminants sous forme des résidus, et refuser de purifier l'eau, grâce à des processus biologiques et physico-chimiques (**Bliefert et Perraud, 2001**).

**2. Nature et origine des eaux usées**

Les eaux usées proviennent de quatre sources essentielles :

**2.1. Eaux usées d'origine domestiques**

Sont des eaux proviennent essentiellement de l'utilisation de l'eau potable, dans la majorité des cas par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers (**Sibanda, 2017**). Elles se caractérisent par la présence des composés azotés, des micro-organismes, des produits pharmaceutiques, des graisses et de détergents (**El Mahdi, 2010**).

Les eaux usées domestiques provenir de :

- Les eaux des vannes, qui proviennent des sanitaires, sont des eaux très chargées en matières organiques, en composés azotés, phosphatés et en microorganisme (**Sibanda, 2017**) ;
- Les eaux grises, provenant soit de la cuisine (utilisée pour laver les légumes, les substances alimentaires, les détergents utilisés pour laver la vaisselle), soit de l'eau de salle de bain, les baignoires, les douches, les éviers, les machines à laver, ces eaux sont chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des graisses d'hydrocarbures (**Chocat, 1997 ; Rejsek, 2002**).

**2.2. Eaux usées d'origine industrielles**

Les eaux usées industrielles sont un mélange hétérogène constitué des minéraux ou des matières organiques, sous forme des composés insolubles, ou dissous dans l'eau dans une certaine proportion des composés (**Boeglin, 2002**).

Elles sont caractérisées par la présence d'une grande diversité des polluants selon l'utilisation de l'eau telle que :

- Les hydrocarbures (raffinerie) ;
- Les métaux (traitement de la surface) ;
- Les acides, les produits chimiques divers (industries chimiques) ;
- L'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Les matières radioactives (centre nucléaires, traitement des déchets radioactifs) **(Calvet et al., 2005)**.

### **2.3. Eaux usées d'origine agricoles**

Ce sont des eaux polluées par des substances agricoles. Dans le contexte d'une agriculture efficace et intensive, les agriculteurs doivent utiliser différents produits pour améliorer la production agricole. Cependant, certains de ces produits existent ou peuvent présenter des risques pour l'environnement, en particulier la qualité de l'eau. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux, commerciaux, ou excréments d'animaux produits ou non sur l'exploitation.) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...etc.) **(Grosclaude, 1999)**.

### **2.4. Eaux usées d'origine pluviales**

Ce sont les eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, elles peuvent être particulièrement polluées, par deux mécanismes :

- Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées.
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs.

Elles ont les mêmes propriétés que les eaux usées domestiques, avec des métaux lourds et des toxiques (Plomb, Zinc, Hydrocarbures) provenant essentiellement de la circulation automobile **(Rejsek, 2002)**.

## **3. Composition et constitution des eaux usées**

La composition des eaux usées varie fortement selon leur origine (industrielle, domestique, ...etc.). Ils peuvent contenir des nombreuses substances sous forme solide ou dissoute, ainsi que des nombreux micro-organismes. Ces substances peuvent être divisées en quatre catégories **(Baumont et al., 2005)**.

### 3.1. Microorganismes

Les microorganismes sont des minuscules organismes vivants invisibles à l'œil nu et peuvent être trouvés presque partout sur terre. Ils jouent un rôle essentiel dans la nature mais sont la cause de nombreux problèmes dans l'industrie alimentaire (**Guiraud et Pierre, 2012**). Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes excrétés avec les matières fécales et les microorganismes pathogènes. Ces micro-organismes peuvent être classés en quatre groupes principaux : les bactéries ; les virus ; les protozoaires ; les helminthes (**Faby, 2003**).

#### 3.1.1. Bactéries

Les bactéries sont des microorganismes procaryotes unicellulaires d'une taille comprise entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ . Elles ont été classées parmi les premières formes de vie à apparaître sur terre, et sont présentes dans le sol, l'eau, les milieux chauds et acides... (**Fredrickson et al., 2004**). Les bactéries vivent également en symbiose ou en parasitisme avec les plantes et les animaux (**Dudek et al., 2017**).

Les bactéries les plus répandues dans les eaux usées sont, les salmonelles dont celles responsables de la typhoïde et les troubles intestinaux, et les coliformes thermo-tolérants qui sont des germes témoins de contamination fécale, sont couramment utilisés pour contrôler la qualité relative de l'eau (**Toze, 1999 ; Faby et Brissaud, 1997**).

#### 3.1.2. Virus

Le virus est un agent infectieux sub-microscopique qui se reproduit seulement à l'intérieur des cellules vivantes d'un organisme, qui peut infecter tous les types et les formes de vie, les animaux les plantes, y compris les bactéries et les archées (**Lawrence et al., 2009 ; Edwards et Rohwer, 2005**). On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit probablement à une sous-estimation de leur nombre réel (**Asano, 1998**).

#### 3.1.3. Helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires plats (plathelminthes) ou ronds (némathelminthes). Comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites (**Vandermeersch, 2006**). Les helminthes sont fréquemment rencontrés dans les eaux usées urbaines, le nombre des œufs des helminthes peut être évalué entre 10 à  $10^3$  germes/L (**Faby, 2003**). Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricoides*, *Oxyurisvermicularis*, *Trichuristrichuria*, *Taeniasaginata* (**OMS, 1989**).

### 3.1.4. Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires eucaryotes, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites et se développent aux dépens de leur hôte. On les trouve généralement dans les eaux où ils se nourrissent de matière organique ou des bactéries. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste (en particulier, oocyste pour *Cryptosporidium* et kyste pour *Giardia*), cette forme peut résister généralement aux procédés des traitements des eaux usées (Vandermeersch, 2005 ; Baumont et al., 2004).

## 3.2. Matières en suspension et matière organique

### 3.2.1. Matières en suspension

Dans la plupart des cas, les matières en suspension sont de nature biodégradable, ils donnent à l'eau un aspect trouble, un mauvais goût et une odeur désagréable. Elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (Baumont et al., 2005).

### 3.2.2. Matière organique

La matière organique dans l'eau est généralement constituée d'un mélange des composés organiques, qui sont décomposés à partir de substances d'origine végétale, animale et microbienne dans l'eau. Les principaux éléments de la matière organique sont le carbone, l'oxygène, l'azote, le soufre et l'hydrogène. La teneur en matière organique est également affectée par certains changements saisonniers et les activités agricoles (Anjou, 2008 ; Bernier, 2015).

## 3.3. Éléments Traces

Les éléments traces métalliques (ÉTM) ou (oligo-éléments) comprennent les 80 éléments chimiques qui composent la croûte terrestre, et la concentration de chaque élément est inférieure à 0,1% (Larrose, 2011). Certains de ces éléments sont des métaux toxiques en concentrations élevées (Baize, 2000). La teneur des éléments traces ou les micropolluants présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. Dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, certains micropolluants (tels que les métaux lourds ou les pesticides) peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes (Baumont et al., 2005).

### 3.3.1. Métaux Lourds

Les métaux lourds sont des polluants particulièrement toxiques pour la santé humaine. Caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 g/cm<sup>3</sup>. Ils existent dans

l'environnement sous différentes formes chimiques (**Miquel, 2001 ; Duquesne, 1994**). Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont très nombreux, parmi lesquels on a le fer, le zinc, le cuivre et le plomb, les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, etc.) sont présents à l'état de trace (**Cauchi et al., 1996**).

### **3.3.2. Micropolluants d'origine organique**

Sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion (**Baumont et al., 2005**).

Les micropolluants d'origine organique sont également diversifiés, ce qui rend difficile l'évaluation de leurs dangers. Ils proviennent de l'utilisation domestique, des rejets industriels et du ruissellement des terres agricoles...etc. Parmi ces composés toxiques, on peut citer les hydrocarbures polycycliques aromatiques, les alkylphénols, chlorophénols, phtalates, les pesticides et les résidus pharmaceutiques actifs. Certains composés ont la capacité de perturber le système endocrinien tel que les hydrocarbures polycycliques aromatiques et les alkylphénols (**Belgiorno et al., 2007**).

### **3.4. Substances nutritives**

Les nutriments se retrouvent en grande quantité dans l'eau usée et constituent donc un paramètre de qualité important pour l'évaluation de cette eau dans l'agriculture et la gestion des paysages (**Hamoda, 2004**). L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligoéléments (principalement le zinc, le bore et le soufre) sont essentiels à la vie des végétaux, leur teneur est considérable, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non (**Faby et Brissaud, 1998**). La présence de potassium, phosphate et nitrates dans les eaux dans une moindre mesure peut avoir un impact bénéfique sur les cultures dans le cas d'une réutilisation agricole (**Baumont et al., 2005**).

## **4. Paramètres de mesure de la pollution**

### **4.1. Paramètres organoleptiques**

#### **4.1.1. Couleur**

La couleur des eaux usées est généralement grise, indiquant la présence de matière organique, de MES, et de fer ferreux précipité sous forme d'hydroxyde colloïdale, de fer ferreux combinés à des complexes organiques et divers colloïdes (**Mizi, 2006 ; Alain, 2001**).

**4.1.2. Odeur**

L'odeur est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (**Rodier, 2007**). Un changement anormal ou une apparition d'une odeur sont la caractéristique d'une dégradation de la qualité qui est souvent le précurseur d'une pollution (**Bordet, 2007**).

**4.1.3. Turbidité**

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau. 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**).

**4.2. Paramètres physico-chimiques**

Les principaux paramètres physicochimiques analysés dans les eaux usées sont :

**4.2.1. Température**

La température est un facteur écologique important du milieu. Son élévation endommagera fortement la vie aquatique (pollution thermique) (**Gaujous, 1995**). Elle contrôle la qualité de l'oxygène dissous dans l'eau, affecte la décomposition de la matière organique, le développement des parasites responsables des nombreuses maladies, et la reproduction des cyanobactéries qui libèrent des substances toxiques (**Slimani, 2003**).

La valeur limitant de la température des eaux usées rejet direct dans le milieu récepteur est inférieure à 30°C. De même, elle est considérée comme valeur limitant indicative pour les eaux destinées à l'irrigation (**Belghyti et al., 2007**).

**4.2.2. Matières en suspension**

Il s'agit des matières non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales (**Gaid, 1984**). Elles sont en majeure partie de nature biodégradable, la plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES, 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. Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution (**Hebert et Legare, 2000**).

**4.2.3. Conductivité**

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**Rejsek, 2002**). Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de

l'eau). La conductivité s'exprime en ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) micro siemens par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (**Metahri, 2012**). Elle est l'une des plus simples et des plus importantes analyse, pour le contrôle de la qualité des eaux usées (**Thomas, 1955**).

#### 4.2.4. Débit

Le principal intérêt de la mesure du débit est le fait qu'il permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de l'équivalent habitant qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour (**Ladjel, 2006**).

#### 4.2.5. Potentiel d'hydrogène

Le pH mesure la concentration en ions  $\text{H}^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend des facteurs multiples, dont l'origine de l'eau (**Guermoudi et Kaddour, 2010**). Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un PH-mètre ou par colorimétrie (**Rodier, 1996**).

#### 4.2.6. Demande biochimique en oxygène

La demande biochimique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ) c'est une méthode d'analyse de la pollution par la mesure de la quantité d'oxygène consommée pour la destruction des matières organiques biodégradables présentes dans l'eau, pendant 5 jours d'incubation à  $20^\circ\text{C}$ , à l'aide de leur système enzymatique (**Grosclaude, 1999 ; Bliefert et Perraud, 2001**).

Selon **Faby et Brissaud(1997)** la  $\text{DBO}_5$  dépend de :

- L'activité humaine et la nature des effluents éventuellement rejetés dans le réseau urbain.
- La composition des eaux d'alimentation en eau potable.
- La nature des matériaux des canalisations d'eau.

Ce paramètre est utilisé pour établir un classement qualitatif des eaux et déterminer indirectement la quantité des matières biodégradables, essentiellement organiques contenues dans l'eau (**Grosclaude, 1999**).

#### 4.2.7. Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène ( $\text{DCO}$ ), c'est une méthode de dosage basée essentiellement sur la quantité d'oxygène consommée par l'ensemble des matières oxydables chimiquement contenues dans l'effluent, qu'elles soient biodégradables ou non (**Rodier, 2009**). L'avantage de mesure la  $\text{DCO}$  est qu'elle peut être obtenues rapidement (en 2 heures), mais ils ont l'inconvénient de ne pas donner d'informations sur la proportion des eaux usées



qui peuvent être oxydées par des bactéries, ni la vitesse à laquelle la bio-oxydation se produit (Duncan, 2003).

#### 4.2.8. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques (Abibsi, 2011). Sa solubilité est fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne dépasse rarement 10 mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l (Ladjel, 2006). La concentration en oxygène dissous est un paramètre important pour le maintien de la vie microbienne, et pour la dégradation de la matière organique et la photosynthèse (Dekhil et Zaibet, 2013).

#### 4.2.9. Métaux lourds

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux (de l'ordre de quelques µg/l). Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple : ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels » (Cauchi et al., 1996). Les éléments cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) (Vilagines, 2003).

#### 4.2.10. Nutriments

Parmi les éléments présents dans l'eau, deux sont très importants car ils sont essentiels à la synthèse des microorganismes et des plantes dans le milieu aquatique. Il s'agit de l'azote N et du phosphore P.

##### 4.2.10.1. Azote

L'azote c'est un élément qui se trouve sous forme ammoniacale inorganique ou organique. C'est l'un des éléments qui favorisent la prolifération d'algues, par conséquent la réduction de la teneur en azote avant le rejet des eaux est plus que nécessaire (Bechak et al., 1983).

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes :

- L'azote organique se transforme en azote ammoniacal ;

- L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des bactéries nitrifiantes ;
- L'azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates ;
- L'azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation.

Dans les eaux usées, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale. Les concentrations des formes oxydées de l'azote sont faibles (**Salghi, 2004**).

### 1. Nitrate

Le nitrate se trouve naturellement dans l'eau, ce qui est principalement dû à l'effet de l'écoulement de l'eau sur le sol qui constitue le bassin versant. Leur concentration naturelle ne dépasse pas 3 mg/l dans les eaux de surface et quelques mg/l dans les eaux souterraines. Par conséquent, la nature du bassin versant joue un rôle vital dans leur existence et les activités humaines accélèrent le processus d'enrichissement en nitrates de l'eau (**Rejsek, 2002**).

La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0,5 à 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions. Cette augmentation due à plusieurs origines :

- Agricole : agriculture utilisant beaucoup d'engrais azotés et rejet d'effluents d'élevage. Cette source représente 2/3 de l'apport de nitrates dans le milieu naturel.
- Urbaine : rejet des eaux épurées des stations d'épuration où l'élimination de l'azote n'est pas total et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel ;
- Industrielle : rejet des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés (**Rejsek, 2002**).

### 2. Nitrites

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont des composés intermédiaires du processus de nitrification. Ils proviennent de l'oxydation incomplète de l'azote organique sous l'action des bactéries nitrifiantes. Les nitrites sont toxiques pour l'organisme humain, sa présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau, ils sont dosés suivant la méthode colorimétrique (**Derradji, 2014**).

#### 4.2.10.2. Phosphore

Dans les rejets d'eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme :

- D'orthophosphate soluble  $\text{PO}_4^{3-}$  ;
- De polyphosphate qui a tendance à s'hydrolyser en orthophosphate ;
- De phosphore non dissous.

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrométrie (Mizi, 2006).

#### 4.3. Paramètres Bactériologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature car il s'agit probablement des premiers êtres vivants apparus sur la terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives ou même utiles, étant commensales et faisant partie des flores cutanées, digestive, buccale, génitale ; certaines sont pathogènes, opportunistes ; une minorité est régulièrement pathogène (Rodier, 2005).

##### 4.3.1. Coliformes totaux

Les coliformes correspondent à des micro-organismes en bâtonnets, non sporogènes, à coloration gram négative, oxydase négative, aérobies anaérobies facultatifs (Hade, 2003). Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37°C (Rodier et al., 1996). Ils regroupent les germes *Echrichia*, *Citrbacter*, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxella* (Rodier et al., 1996 ; Joly et Reynaud, 2003).

##### 4.3.2. Coliformes fécaux

Le groupe des coliformes fécaux (ou plus exactement coliformes thermotolérants) est constitué de bactéries ayant les mêmes caractéristiques et propriétés fermentatives que les coliformes totaux, mais à une température d'incubation de 44-44.5°C. Dans ce groupe, l'espèce *Escherichia coli* (E. coli) est de loin la plus fréquente, mais le groupe comprend également des espèces des genres *Citrobacter*, *Yersinia*, *Klebsiella* et Entérobactérie (Haslay et Leclerc, 1993). La présence de coliformes fécaux dans un milieu aquatique, et plus particulièrement celle d'E. coli, est considérée comme un bon indicateur d'une contamination récente du milieu par le matériel fécal humain ou d'animaux à sang chaud (Helmer et al., 1991 ; Baudisova, 1997).

##### 4.3.3. Streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille de stréptococcaceae au genre streptococcus et au groupe sérologique D de Lance Field (Sharpe, 1979).

Ils sont définis comme des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent à 37°C et ils possèdent le caractère homoférmementaire avec production de l'acide lactique sans gaz (**Bergey, 1984**).

#### 4.3.4. Bactéries pathogènes

Ces germes proviennent le plus souvent des côtes polluées par les égouts, les effluents et d'autres sources de pollution. Ils peuvent également être natifs du milieu marin (**Asano, 1998**).

Les germes recherchés dans les échantillons des eaux analysées sont :

##### 1) Staphylocoques

Les Staphylocoques sont des bactéries cocci sphériques appartenant à la famille Micrococcus, avec un diamètre de 0,5 à 1 µm, à Gram positif, aéro-anaérobies facultatifs en général immobiles, se présentent sous forme de cellule isolées. La température optimale de croissance est de 37°C à un pH qui varie de 7,2 à 7,4. Parmi ces espèces *Staphylococcus aureus* possédant l'enzyme, catalase et coagulase, capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif, c'est l'espèce la plus pathogène (**Hart et Shears, 1997 ; Camille, 2014**).

##### 2) Anaérobies sulfite-réducteurs

Ce sont des bacilles à gram positif, catalase négatif, immobiles, anaérobies stricts, capsulés ou sporulés, fermentant le glucose et le lactose et capable de réduire le sulfite de sodium en sulfure (**Block, 1982 ; Haslay et Leclercq, 1993**). Dans l'eau, les formes sporulées, plus résistantes que les formes végétatives permettent de déceler une contamination fécale ancienne. Elles sont mises en évidence par culture à 37°C en 48 heures (**Leyral et al., 2002**). Donnant des colonies entourées d'un précipité noir (**Block, 1982**). Les spores de *Clostridium perfringens* possèdent une résistance qui se rapproche de celle des micro-organismes fécaux les plus résistants (**Hanon et Rouelle, 2011**).

##### 3) Entérocoques intestinaux

Les entérocoques sont des bactéries à gram positif, qui se présentent sous forme de diplocoques ou des coques en chaînettes. Ils sont anaérobies facultatifs, immobiles et dépourvus de capsule (**Murray, 1990**). Ces germes sont peu exigeants et peuvent survivre longtemps sur toutes sortes de surfaces dans des conditions hostiles (**Juan-Torres et Harbarth, 2007**). La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs, notamment à cause de leur résistance

notoire aux agents désinfectants (**Clausen et al., 1977 ; Haslay et Leclerc, 1993**), ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (**OMS, 2000**).

#### 4) Salmonelles

Les Salmonelles appartiennent à la famille Entérobactéries. Ce sont des bacilles à gram négatif, mobiles, anaérobies, non sporulés, facultatifs qui vivent dans les intestins des animaux à sang chaud et froid tels que les oiseaux, les volailles, les rongeurs, les bovins, les chiens ....(**Agence De La Sante Publique Du Canada, 2011**).

### 5. Effets des eaux usées

En l'absence de traitement des eaux usées ou même d'un traitement inadéquat, les eaux usées seront directement rejetées dans le milieu récepteur, ce qui non seulement nuira au milieu récepteur, mais aura également un impact négatif sur la santé humaine. Parmi les effets négatifs des eaux usées on peut citer :

#### 5.1. Effets des eaux usées sur l'environnement

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans l'environnement peut :

- Perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert (**Chelle et al., 2005**) ;
- L'eutrophisation des lacs et des réservoirs par l'enrichissement des plans d'eau par l'apport artificiel et indésirable des substances nutritives, qui favorise la prolifération des algues et diminue la quantité d'oxygène contenue dans l'eau et peut provoquer la mort des poissons et des autres organismes aquatiques (**Semaoune, 2008 ; Sahnoun, 2015**) ;
- L'effet des micropolluants (les métaux lourds) qui sont toxiques même à des concentrations beaucoup plus faibles. Comme le mercure, le chrome et l'arsenic qui peuvent s'accumuler le long de la chaîne trophique et avoir un impact sur l'homme et les espèces aquatiques les plus fragiles (**Henaut, 2011 ; Sahnoun, 2015**) ;
- La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être dégradée par les eaux usées, si l'étanchéité de la station d'épuration ou de la lagune est défectueuse ou lorsque le système d'assainissement non collectif présente des dysfonctionnements (**Sahnoun, 2015**) ;
- L'épandage des boues résiduaires, ou l'irrigation par les eaux usées provoque une augmentation de la concentration des sols en éléments minéraux nutritifs (l'azote, le phosphore et le potassium) (**Cherak, 1999**) ;

- La contamination des sols par une grande quantité d'éléments en traces et des métaux lourds peuvent ; réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres, et l'augmentation de la salinisation et l'alcalinité, et la réduction de la perméabilité du sol, l'accumulation d'éléments potentiellement toxiques (**Ghali, 2008 ; FAO, 2003**).

Il faut retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible (**Chelle et al., 2005**).

## **5.2. Effets sur la santé humaine**

Les eaux usées remplies par des pesticides, des microorganismes pathogènes (virus, bactéries, parasites) et d'éléments toxiques, sont aussi un attractif pour les insectes nuisibles les animaux (comme les rats, les cafards) tous ces organismes peuvent causer des maladies mortelle (**OMS, 2005**). Ces maladies sont véhiculées soit directement par la consommation des eaux contaminées, soit indirectement par la consommation des poissons originaires d'un milieu récepteur d'eaux usées (**Dahou, 2011**). Les maladies causées par le transport des eaux usées, telles que la fièvre typhoïde, le choléra. On a aussi si ils y avis un contact prolongé avec les eaux usées, lors de baignades peut entraîner des infections au niveau de la peau, de la gorge, du nez et des oreilles (**Asano, 1998**).

## **6. Nécessité de l'épuration**

Les caractéristiques de la station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que les eaux usées ne modifient pas l'état du milieu récepteur dans le cadre du non-respect des exigences en matière d'assainissement et de sécurité publique. De manière générale, en fonction des exigences des divers usages ou activités (approvisionnement en eau pour l'homme et l'animal, usages agricoles ou industriels, production des poissons ou des crustacés, *navigation*, baignade et autres activités sportives) (**Hamsa, 2006**).

## **7. Normes de rejet des eaux usées**

Les eaux usées collectées dans les réseaux urbaines ou directement fournies par l'industrie, ne peuvent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marine, ou terrain de d'épandage) que lorsqu'elle répond aux normes fixées par la réglementation (**Hammadi, 2017**).

### **7.1. Normes de l'OMS**

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute institution dans le domaine de la santé et donne des recommandations à l'échelle mondiale. Elle propose des normes sanitaires depuis des décennies et les révisé pour les rendre plus

strictes et réduire les risques sanitaires. Ces normes sont destinées à un usage international et sont applicables aux pays en développement (**Rotbardt, 2011**). Le tableau suivant présente les normes internationales de l'Organisation Mondiale de la Santé pour les eaux usées (Voir annexe i, ii, iii, v).

### **7.2. Normes Algériennes**

La réglementation Algérienne est assez succincte concernant des eaux usées épurées. Les caractéristiques techniques des systèmes de traitement des eaux usées sont fixées par les lois et les règlements, compte tenu notamment des normes liées à l'agglomération, à la possibilité d'utiliser des eaux traitées et aux risques de pollution et de pollution. Le maintien de ce facteur nécessite une surveillance continue pour comparer avec les normes nationales. Selon les normes algériennes, les limites maximales de rejet d'eaux usées sont énumérées dans le tableau ci-dessous (**Journal Officiel de la République Algérienne, 2012**).



*Chapitre II : Traitement des eaux usées et  
leur réutilisation en agriculture*





## 1. Traitement des eaux usées

Avant toute évaluation ou réutilisation, les eaux usées doivent être traitées pour protéger l'environnement et la santé publique de tout danger. L'épuration des eaux usées réside dans l'élimination des diverses pollutions grâce à différentes technologies. Ainsi, à la sortie de la station, une partie de celle-ci rejette de l'eau épurée qui est rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il existe des sous-produits appelés boues résiduelles (**Amir, 2005 ; Werther et Ogada, 1999**).

### 1.1. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Les exigences du milieu récepteur ;
- Les caractéristiques des eaux usées, (DCO, DBO<sub>5</sub>, MES...etc.) ;
- les conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.) ;
- La disponibilité du site ;
- Les conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation) ;
- Les facilités d'exploitations de gestion et d'entretien (**Bekkouche et Zidane, 2004**).

### 1.2. Objectif de traitement des eaux usées

L'objectif principal du traitement des eaux usées est de produire des effluents traités à un niveau approprié et acceptable, qui ne engendre aucun risque ni pour la santé humaine ni pour l'environnement. Les stations d'épuration des eaux résiduaires, indépendamment du type de traitement, réduisent la charge organique et les solides en suspension et éliminer les constituants chimiques des eaux usées qui peuvent être toxiques pour les cultures et la santé publique (**FAO, 2003**).

### 1.3. Procédés de traitement des eaux usées dans une station d'épuration

Les eaux usées peuvent être traitées par divers procédés qui reposent sur des processus physiques, chimiques et biologiques. Généralement, une station d'épuration des eaux usées comprend quatre étapes essentielles sont :

- Prétraitements ;
- Traitements primaire ;
- Traitements secondaire ;
- Traitements tertiaires.

### 1.3.1. Prétraitement

Le prétraitement c'est l'ensemble des traitements mécaniques qui permettent la collecte de tous les effluents bruts et les déchets volumineux comme (sables, graisses et les matières en suspension et des éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement), il comprend trois types principaux qui peuvent être distingué (**Bassompierre, 2007**).

#### 1.3.1.1. Dégrillage

Le dégrillage est la première étape du prétraitement des eaux brute, consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille composée des barreaux placés verticalement, assurent la séparation, ou l'élimination des macro-déchets (papiers, bois, plastiques, chiffons, etc.), après ils sont tamisées tous les matières volumineuses susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Cela permet de protéger les ouvrages avals contre l'arrivée des gros objets capable de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Il rend également plus efficace les traitements suivants (**Hyaric, 2009 ; Tahinarisata, 2017**).



**Photo 01 : Les deux grilles grossières  
(STEP de la ville de Jijel)**



**Photo 02 : Les déchets de dégrillage  
(STEP de la ville de Jijel)**

#### 1.3.1.2. Dessablage

C'est un procédé consiste à l'élimination des graviers, des sables et tous les particules minérales plus ou moins fines de façon à éviter les dépôts dans les canaux et les conduites, ainsi pour protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger

les autres étapes de traitements en particulier les réacteurs biologiques. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés par aspiration sont ensuite essorés puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage. Cette opération concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à 100  $\mu\text{m}$  (Mehaiguene et al., 2010).



**Photo 03 : Dessablage (STEP de la ville de Jijel)**



**Photo 04 : Les déchets de dessablage (STEP de la ville de Jijel)**

### 1.3.1.3. Dégraissage - déshuilage

C'est une opération destinée à éliminer tous les produits insolubles de faible densité (huiles, graisses hydrocarbures), présentes dans les eaux résiduaires réalise généralement par flottation, il permet l'élimination des huiles et des graisses qui remontent à la surface du bassin lorsque l'eau est soufflée et aérée (utilisation des bulles d'air). Pour un dégraissage sommaire, l'air est insufflé par des diffuseurs à bulles moyennes, provoquant une turbulence qui sépare les particules lourdes agglomérées des graisses. Les huiles et les graisses sont ensuite récupérées par pompage en surface puis soit traitées spécifiquement, soit en incinération (Tahinarisata, 2017).



**Photo 05 : Dégrossage (STEP de la ville de Jijel)**

### 1.3.2. Traitement primaire

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique, son objectif est d'éliminer ou d'extraire le maximum des matières en suspension et des matières organiques (**Boukroune, 2008**), dont la densité est supérieure à celle de l'eau par graviter. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules (**Karaali et al., 2008**).

On a trois voies de traitement sont possibles :

#### 1.3.2.1. Décantation

La décantation est une opération qui consiste à réaliser une séparation solide-liquide qui permettra d'obtenir l'eau clarifiée d'un côté et les boues de l'autre. Nous utilisons en général, l'action de pesanteur sur les particules en suspensions. Nous recueillons ensuite l'eau claire à la partie supérieure de l'appareil, alors que nous soutirons les boues sédimentées dans la partie inférieure (**Mouchet, 2000**). L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation (**Dolaz, 2007**).

#### 1.3.2.2. Coagulant- Flocculant

La coagulation-floculation est une méthode qui favorise la sédimentation des particules flottantes dans les eaux usées grâce à l'action des réactifs chimiques ajoutés artificiellement (les coagulants ou les flocculants). Les critères de choix d'un coagulant sont nombreux. Son efficacité à réduire la couleur, la turbidité et la matière organique d'une eau est essentielle (**Désiré et al., 2008**).

### 1.3.2.3. Flottation

La flottation est un procédé de séparation des matières en suspension. Elle consiste à former un ensemble des particules et des bulles d'air plus léger que l'eau (Edelin, 1996). Ce traitement permet de éliminer 50 à 55% des matières en suspensions et réduit environ 30% de la DBO5 et de la DCO (Vilaginee, 2000).

### 1.3.3. Traitements biologiques : traitements secondaires

Plusieurs méthodes biologiques et physico-chimiques ont été développées au fil des ans. Les traitements biologiques sont des alternatives économiques, simples et respectueuses de l'environnement, car de nombreux travaux démontrent la capacité des différents micro-organismes à dégrader les polluants dissous mais ils nécessitent souvent une acclimatation préalable ou des besoins nutritionnels particuliers (Ceretta et al., 2020).

On en distingue différents types de traitements biologiques :

#### 1.3.3.1. Lagunage naturel

C'est une forme naturelle et souple du traitement biologique des eaux usées (Balis, 2006). Les eaux usées sont stockées dans des plans d'eau peu profonds. L'activité microbienne se fait naturellement : échange avec l'atmosphère, photosynthèse. Des aérateurs peuvent être utilisés pour brasser l'air et optimiser l'activité des bactéries (ADEME, 2010).

#### 1.3.3.2. Boues activées

Ce type de traitement implique l'aération du bassin des eaux usées afin d'assurer les conditions adéquates ( $O_2$ ) pour le développement des micro-organismes qui s'agglomèrent et forment le floc bactérien. Les matières organiques polluantes vont être captées par ces floes et former des boues activées qui sont brassées et assurent l'épuration des eaux usées dans le bassin. A l'aval de ce traitement, un clarificateur (ou décanteur secondaire) permet l'isolation des boues. Pour conserver un stock constant et suffisant des bactéries dans le bassin des boues activées, une partie des boues extraites du clarificateur est renvoyée en tête de bassin, l'autre partie est évacuée du circuit et dirigée vers les unités de traitement des boues (Jarde, 2002).

#### 1.3.3.3. Bio filtres et filtres bactériens

On peut également faire percoler l'eau à travers un matériau où se développent des bactéries. Cela peut être des galets ou des supports (lits bactériens) ou des argiles cuites, des schistes, des sables . . . (bio filtres). Ces traitements sont utilisés en plus des processus des boues activées, permettant d'éliminer une plus grande diversité des polluants (ADEME, 2010).

### 1.3.4. Traitement tertiaire

Les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurée (REUE), les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration (classique) (mis à part le lagunage) par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable (Edline, 1996). Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau (Metahri, 2012).

Les traitements tertiaires les plus courants sont :

#### 1.3.4.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV

Le traitement aux ultraviolets utilise une lampe au mercure parallèle ou perpendiculaire à l'écoulement de l'eau, et son rayonnement attaque directement les micro-organismes. Ce traitement est très facile à réaliser car il n'y a ni stockage ni traitement des produits chimiques, et les propriétés chimiques de l'effluent n'ont pas changé, le temps d'exposition requis est très court (20 à 30 s) (Dekhil et Zaibet, 2013).

#### 1.3.4.2. Traitement par voie physico-chimique

Le traitement tertiaire comprend un ou plusieurs des processus suivants :

- Désinfection avec du chlore ou l'ozone (pour éliminer les germes pathogènes) ;
- Neutralisation des métaux dans l'eau : en faisant varier le PH de l'eau dans certaines plages, on obtient une décantation de ces polluants (Dekhil et Zaibet, 2013).

#### 1.3.4.3. Traitement des odeurs

Les premières phases du traitement, le dégrillage, le dessablage/déshuilage et la phase anaérobie du traitement biologique sont généralement confinées dans des bâtiments plus ou moins étanches afin que les mauvaises odeurs ne se répandent pas dans l'environnement de la station. Ce qui provoquera des nuisances olfactives inacceptables par les riverains. Cet air nauséabond est collecté et traité, il passe par trois tours de lavage : une d'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), une de javel, et une de soude (Allouche et al., 1999).

## 2. Réutilisation des eaux usées épurées

Aujourd'hui, la réutilisation des eaux usées (REU) est un enjeu politique et socio-économique. Elle représente une ressource en eau alternative qui peut limiter les pénuries d'eau et mieux protéger les ressources naturelles en limitant les prélèvements d'eau dans les milieux fragilisés (**Beaupoil et al., 2010**). Il existe des nombreuses applications pour la réutilisation des eaux usées traitées, que ce soit pour l'irrigation agricole, l'utilisation urbaine (nettoyage, espaces verts), industrielle (réfrigération, protection incendie), l'utilisation récréative, l'entretien des habitats naturels et des zones humides, ou de recharge de nappe (**Ringot, 2010**).

La réutilisation des eaux usées n'est possible que si elle garantit la sécurité sanitaire et environnementale et ne présente pas de risque pour l'écosystème actuel (c'est-à-dire sans endommager l'écosystème, le sol et les cultures existants). Éliminez tout risque pour la santé des résidents locaux. Ce fait nécessite un strict respect des lois et règlements. Les eaux usées à réutiliser doivent suivre une certaine séquence des procédures de traitement pour réduire la concentration des polluants (**Galkina et Vasyutina, 2018**).

### 2.1. Dans le monde

La réutilisation des eaux usées n'est pas une nouvelle technologie ou un nouveau concept des connaissances sur le traitement et la réutilisation des eaux usées, ont été accumulées avec l'histoire de l'humanité (**Rose et Angelakis, 2014**). La réutilisation des eaux usées non traitées est pratiquée depuis des siècles dans le but de transférer les déchets humains hors des zones urbaines. De même, l'épandage des eaux usées domestiques sur les terres est une pratique ancienne et courante, qui a traversé différents stades de développement. Cela a conduit à une meilleure compréhension des technologies de traitement et au développement éventuel des normes de qualité de l'eau (**Paranychianakis et al., 2015**).

La REU a connu un développement rapide ces dix dernières années avec une croissance des volumes de l'ordre de 10 à 29% par an en Europe, aux Etats Unis et en Chine, et jusqu'à 41% en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées est de 1,5-1,7 millions de m<sup>3</sup> dans plusieurs pays comme la Californie, la Floride, le Mexique et la Chine. Certains pays européens méditerranéens ont aussi des objectifs ambitieux : réutiliser 100 % des eaux usées à Chypre et à Madrid satisfaire 10% de la demande en eau par la réutilisation (**Beaupoil et al., 2010**). La Tunisie est le premier pays de l'Ouest Méditerranéen à avoir adopté des réglementations en 1989 pour la réutilisation de l'eau puis différents pays ont suivis cette politique tels que le Maroc, la Jordanie, l'Egypte et l'Algérie (**Bahri, 1987**).

## 2.2. En Algérie

L'Algérie est un pays au climat principalement aride à semi-aride où les précipitations sont faibles et irrégulières et les ressources en eau sont très limitées (**Djemil et al., 2018**). Face au manque de ressource en eau conventionnelle, l'Algérie ne peut plus se permettre de tourner le dos à la possibilité réutiliser l'énorme quantité d'eau usée qu'elle rejette dans la nature ou à la mer (**Hannachi et al., 2014**). L'épuration des eaux usées est devenue l'une des solutions les plus utilisés pour répondre à ces besoins, pour la recharge de nappe et pour sa réutilisation urbaine non alimentaire et industrielle. Les eaux traitées doivent répondre aux normes hygiéniques établies dans le journal officiel Algérien (**Saifi et al., 2018**). Le volume d'eaux usées rejetées annuellement par les agglomérations dépassant 20.000 habitants est estimé à 58 300 m<sup>3</sup> par an. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation concerne en priorité les zones déficitaires en eau naturelle qui devient de plus en plus rare (**Yazid, 2014**).

L'intérêt de l'épuration des eaux usées en Algérie n'est pas seulement de lutter contre la pollution, mais aussi d'assurer une nouvelle ressource en eau, surtout dans le domaine de l'irrigation agricole. Le nombre de station d'épuration en exploitation est de 102 (52 STEP et 50 lagunes) pour une capacité installée actuelle de 570 hm<sup>3</sup> /an, donc le lagunage couvre presque la moitié des systèmes d'épuration utilisée en Algérie (**Chachoua et Seddini, 2013**).

## 3. Domaines de réutilisation des eaux épurées

Aujourd'hui, la planification de projets de traitement des eaux usées et de réutilisation des effluents est en forte augmentation dans plusieurs pays. Les principales réutilisations des eaux usées traitées sont :

### 3.1. Réutilisation des eaux usées dans l'industrie

La récupération de l'eau pour les industries est principalement due à la faible disponibilité de l'eau locale, soit en raison des sources d'eau limitées, soit d'une concurrence intense pour l'approvisionnement (**Jiménez-Cisneros, 2014**). Dans ce contexte de raréfaction des eaux, des nombreuses entreprises cherchent donc d'autres ressources d'eau.

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle (**Lazarova et al., 1998**). Beaucoup des industries réutilisent déjà leurs propres eaux usées à l'aide d'un système en boucle fermée afin d'économiser les ressources et diminuer leurs rejets. Les principaux usagers sont les centrales



électriques, les raffineries de pétrole et les manufactures. Les usages quant à eux sont très variables : fabrication de béton, lavage des équipements, utilisation dans les tours de refroidissement, alimentation des bouilloires et utilisation comme eau de procédé (à l'exclusion de l'industrie agroalimentaire) (Asano et al., 2007; Exall, 2004). En Algérie, le seul exemple à citer est celui de la STEP de Jijel, qui cède un volume de 15000 m<sup>3</sup> /mois d'eau usée au profit de la tannerie de Jijel (Bouchaala et al., 2017).

### 3.2. Réutilisation municipales

La réutilisation des eaux usées municipales peut être divisée en trois catégories :

#### 1) Réutilisation directe de l'eau potable

Les eaux usées sont traitées à un niveau acceptable pour la consommation humaine. Sont destinées à une utilisation directe potable passent généralement par deux procédés de traitement ultérieur, conventionnel et avancé. Malgré la viabilité de la technologie de traitement pour produire une eau potable de qualité acceptable à partir des eaux usées, il est peu probable qu'elle soit largement adaptée en raison du coût élevé et de la faible acceptation du public (Hummer et Eden, 2016).

#### 2) Réutilisation potable indirecte

Il est très courant et appliqué par l'élimination des eaux usées traitées dans les eaux de surface ou souterraine, qui sont utilisées en aval comme source d'approvisionnement en eau potable. Bon nombre des grandes villes situées le long des principaux fleuves et lacs dépendent de l'eau de ces plans d'eau pour leur approvisionnement en eau domestique, qui reçoivent en même temps les eaux usées traitées et brutes des villes et des industries en amont (Al-Hamdi, 2000 ; Bahri, 1998).

#### 3) Réutilisation non potable

Cela comprend la réutilisation des eaux usées récupérées pour l'irrigation des parcs publics paysagers et des terrains de sport, des terrains de golf, en plus de la lutte contre les incendies et du rinçage des toilettes (Asano et al., 1996).

En Algérie, les eaux usées épurées sont réutilisées principalement par la protection civile qui récupère un volume de 18763 m<sup>3</sup> /mois d'eau usée épurée de la STEP de Tipaza par exemple pour lutter contre les incendies. et les collectivités locales qui récupèrent 12 m<sup>3</sup> /mois des eaux épurées pour le nettoyage de la ville à partir de la STEP de Boumerdès (Bouchaala et al., 2017).

### 3.3. L'aquaculture

Cette valorisation est encore relativement embryonnaire à travers le monde mais elle est déjà pratiquée en Inde ainsi que des pays asiatiques à la fois comme procédé d'épuration et pour l'économie piscicole qui en résulte (AFD, 2011).

### 3.4. Réutilisation des eaux usées en agriculture

La croissance démographique et économique du développement agricole et la fréquence des périodes de sécheresse ont entraîné une augmentation des besoins en eau et une demande accrue des ressources en eau conventionnelle (Djemil et al., 2018). L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques, malgré le potentiel des barrages largement exploité, l'offre n'a toujours pas atteint un taux de satisfaction (Legros, 2017). La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture s'avère comme étant l'une des solutions non conventionnelles susceptibles de résoudre ne serait-ce que partiellement le problème de manque d'eau d'irrigation (Mehaiguen et al., 2018). Est une tendance réussie qui offre les deux avantages : de développer une nouvelle ressource en eau non conventionnelle, et d'utiliser un engrais naturel à faible coût (Abu-Zeid, 1998).

L'Algérie durant l'année 2019, un volume de 12.325.269 m<sup>3</sup> d'eaux épurées a servi à l'irrigation de 11.045 hectares des terres agricoles, soit un taux de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture (REUE) de 31 % du volume épuré, a-t-on appris auprès de l'office national de l'assainissement (ONA). Le potentiel de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles évoluera d'une manière significative, durant l'année 2020, Sur les 154 stations d'épuration exploitées par l'ONA (STEP) à travers les 44 wilayas, 16 stations sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture, a expliqué l'ONA. Aussi, le nombre des stations concernées par la réutilisation sera porté à 20 stations" (<http://www.aps.dz>, 2020).

En a par exemple la station d'épuration à boues activées de Boumerdes elle a une capacité 75000 Eq/H, type de culture pépinière d'olivier, oranger et vignes on a aussi la station de lagunage aéré de Ouargla elle a une capacité 260102 Eq/H, type de culture 4000 palmiers dattiers et 100 oliviers, la station d'épuration à boues activées de Guelma elle a une capacité 200000 Eq/H, type de culture les cultures maraîchères et les vergers (Amine, 2008).

## 4. L'irrigation agricole par les eaux usées épurées

Le terme «irrigation» a été défini comme «l'application d'eau complémentaire à celle fournie directement par les précipitations naturelles pour la production agricole» (Phocaidès,

2008). Les eaux usées sont utilisées pour irriguer les terres en raison de la forte demande en eau, de la disponibilité des eaux usées, de l'augmentation de la productivité que les nutriments ajoutés et de la matière organique apportée et de la possibilité de semer toute l'année. Les eaux usées sont utilisées pour irriguer sous des nombreuses formes. Il peut être utilisé comme traité (eau récupérée) ou non traité (eaux usées brutes) (Jimenez et Garduño, 2001).

Les eaux usées traitées peuvent être appliquées directement sur les cultures ou indirectement comme se suit :

- **En réutilisation directe :** Les effluents traités sont acheminés des stations d'épuration (STEP) vers le site d'irrigation.
- **En réutilisation indirecte :** L'effluent traité est rejeté dans les eaux de surface ou les nappes phréatiques. Les effluents sont donc délibérément mélangés à de l'eau douce disponible dans les oueds, les barrages, les rivières et les aquifères et utilisés, volontairement ou non, par les agriculteurs en aval.

Dans la plupart des cas, il est utilisé pour l'irrigation sans restriction ; les eaux usées récupérées peuvent être utilisées pour toutes les cultures, même celles consommées crues ou non cuites (Jimenez, 2006).

#### 4.1. Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation :

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure (stabilité des agrégats) et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation (Keltoum et Abdelkader, 2013).

##### 4.1.1. Salinité

La salinité d'une eau correspond à sa concentration en sels dissous dans leur ensemble. Les principaux sels responsables de la salinité sont les sels de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ), de potassium ( $\text{K}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

La salinité peut se mesurer de deux façons, soit par les matières dissoutes totales (MDT) exprimées en mg/L ou, par la conductivité électrique, exprimée en (ms/cm) (Couture, 2006).

#### 4.1.2. Salinisation

La salinisation est le processus qui accroît la quantité de sels dans les sols. Cette quantité est appréciée au laboratoire par la quantité des électrolytes ou des solutés libérée par le sol au contact de l'eau dans un rapport de volume sol/eau qui peut être celui de la saturation en eau (**Girard et al., 2011**).

#### 4.1.3. Alcalinité

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation (**Metahri, 2012**). L'augmentation de l'alcalinité du sol peut se produire en présence de l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na et réduit la perméabilité du sol particulièrement en surface même après un lessivage. Ce phénomène est lié à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR : Sodium Adsorption Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité. Par conséquent, le SAR et ECW (salinité) devraient être employés ensemble pour déterminer les problèmes potentiels éventuels (**Rhoades, 1977**).

#### 4.1.4. Sodisation

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Cet élément origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation (**Bouaroudj, 2012**). La teneur en sodium est un facteur important dans l'évaluation de la qualité de l'eau d'irrigation et une quantité excessive de sodium conduit au développement d'un sol alcalin qui peut causer des problèmes physiques au sol et réduire la perméabilité du sol (**Azzam, 1980**). La concentration de la limite de sodium admissible des eaux usées traitées pour l'irrigation est d'environ 10,87 meq / L (250 mg / L) (**Shakir et al., 2017**). Les concentrations de sodium dans les échantillons variaient de 215 à 285 mg / L (valeur moyenne = 261,75 mg / L), indiquant une restriction légère à modérée à élever de l'utilisation de ces eaux usées dans l'irrigation (**Ayers et Westcot, 1985**). La limite admissible du taux d'adsorption du sodium (DAS) des eaux usées traitées pour l'irrigation est d'environ 6 à 7 mg / L (**Shakir et al., 2017**).

## 5. Enjeux de la réutilisation des eaux usées en agriculture

### a. Enjeux environnementaux

La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture implique l'utilisation supplémentaire d'eaux usées «traitées» pour l'irrigation des cultures. Ce type de réutilisation est considéré comme un outil efficace de gestion des ressources en eau (**Brega et al., 2003 ; Manga et al., 2001**). L'un des avantages environnementaux les plus reconnus de l'utilisation des eaux usées en agriculture est :

- ✓ Les eaux usées sont une source d'eau toujours disponible. En effet, les eaux usées traitées peuvent assurer l'équilibre du cycle naturel d'eau et préserver les ressources en eau en réduisant les rejets néfastes dans le milieu naturel (**Bouchet, 2008**).
- ✓ La diminution associée de la pression sur les sources d'eau douce. Ainsi, les eaux usées servent de source alternative d'irrigation (**Winpenny et al., 2013**).
- ✓ La réutilisation des eaux usées augmente la production agricole dans les régions confrontées à des pénuries d'eau, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire (**Corcoran et al., 2010**).
- ✓ La réutilisation des eaux usées améliore le rendement des cultures. Grâce aux nutriments naturels présents dans les eaux usées permettent de réaliser une réduction de l'utilisation d'engrais dans l'agriculture.
- ✓ Les conditions d'eutrophisation dans les plans d'eau seraient réduites, tout comme les dépenses pour les produits agrochimiques utilisés par les agriculteurs (**Candela et al., 2007 ; Jaramillo, 2014**).
- ✓ La prévention de la pollution de l'eau serait un autre avantage associé à la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture. Une diminution des rejets d'eaux usées contribue à améliorer la qualité de la source des plans d'eau récepteurs (**Toze, 2006 ; Bixio, 2006**).
- ✓ Les réservoirs d'eau souterraine sont préservés, car la réutilisation des eaux usées agricoles recharge ces sources avec une eau de meilleure qualité (**Moscoso, 2002**).

### b. Enjeux économiques

Les eaux usées épurées pourraient avoir un impact économique positif sur les agriculteurs. L'un des avantages économiques implicites de la réutilisation des eaux usées agricoles est :

- ✓ L'évaluation de l'eau traitée rejetée pour la consommation humaine, car cette utilisation est considérée comme étant de la plus haute priorité. Dans certains pays, la

réutilisation des eaux usées contribue à réduire le coût municipal de recherche des sources d'eau par des moyens plus coûteux (**Winpenny, 2013**) ;

- ✓ Les eaux traitées pourraient diminuer toutes ces dépenses et rendraient l'irrigation moins coûteuse, ce qui leur permettrait de s'orienter vers une agriculture à grande valeur ajoutée et plus durable. Cela augmenterait aussi la superficie des terrains irrigués, en assurant des bénéfices économiques importants aux agriculteurs (**El Mehdi, 2010**) ;
- ✓ L'irrigation par les eaux usées traitées peut avoir une incidence sur l'économie des agriculteurs pauvres (**FAO, 2003**), par évité de l'extraction des ressources en eaux souterraines. À cet égard, il convient de noter que l'énergie nécessaire pour pomper les eaux souterraines peut représenter jusqu'à 65% des coûts des activités d'irrigation (**Cruz, 2009**) ;
- ✓ L'utilisation des eaux usées dans l'agriculture permet de libérer des ressources en capital grâce au paiement d'instruments économiques par les acteurs des différents pays (**Jaramillo, 2014**) ;
- ✓ En outre, une utilisation accrue des eaux usées pourrait contribuer à l'installation et à l'optimisation des installations de traitement afin de produire des effluents d'une qualité souhaitée à des fins d'irrigation, ce qui représenterait un avantage économique pour les projets d'assainissement (**Zambrano, 2012**) ;
- ✓ l'agriculture est un secteur connu aussi par sa forte consommation des engrais essentiellement pour augmenter la récolte. Actuellement, le marché des engrais connaît une hausse des prix avec l'augmentation de la demande des engrais (**Triferto, 2008**). Cette augmentation des prix des engrais pourrait ainsi avoir un impact sur la rentabilité des agriculteurs, s'ajoutant aux coûts de l'utilisation d'eau propre. Pour cette raison, le remplacement des engrais par une source de nutriments moins coûteuse, comme les eaux usées traitées. Cette source, riche en phosphore, en azote, en potassium et en macronutriments essentiels à la croissance des plantes, pourrait jouer le même rôle que l'engrais, selon la concentration de ces éléments dans les eaux usées, le type de culture et le niveau de fertilité des sols. En conséquence, la réutilisation des eaux usées traitées pourrait limiter et peut aussi éliminer l'utilisation des engrais chimiques dans l'irrigation en réduisant les dépenses de ces engrais (**Janssen et al., 2005**).

### c. Enjeux sociaux

La réutilisation des eaux usées traitées a montré plusieurs avantages sociaux. En fait :

- ✓ L'irrigation par ces eaux a permis d'augmenter la récolte des légumes, ce qui induirait une diminution de leurs coûts et une consommation à moindre coût pour les personnes pauvres n'ayant pas les moyens d'acheter du poisson et de la viande. En conséquence, cette augmentation de la consommation des produits agricole engendrerait un impact positif sur le revenu des agriculteurs (**Agunwamba, 2001**).
- ✓ La réutilisation des eaux usées pousserait les responsables à améliorer la réglementation environnementale et à adopter des nouvelles politiques de gestion de l'eau afin de protéger l'environnement et la santé publique (**El Mehdi, 2010**).
- ✓ Sur la base des aspects réglementaires, la réutilisation des eaux usées agricoles peut contribuer à justifier des politiques d'investissement et des mécanismes des financements appropriés pour le contrôle et la prévention de la pollution (**Hernandez, 2010**).

## 6. Principales réglementations liées à la réutilisation des eaux traitées en agriculture dans le monde

### 6.1. Recommandations de l'OMS

- Définir un taux maximal tolérable des maladies supplémentaires ;
- En déduire les risques acceptables des maladies et d'infections ;
- Déterminer comment les réductions des pathogènes requises peuvent être obtenues ;
- Mettre en place un système de suivi des contrôles ;
- Mesures de protection de la santé, qui relèvent ;
- Traitement le long de la filière de réutilisation agricole des eaux usées ;
- Des campagnes de sensibilisation sur le risque invisible des agents pathogènes doivent accompagner la promotion de ces pratiques ;
- Les mesures de sécurité qui nécessitent une infrastructure sur l'exploitation peuvent toutefois exiger une sécurisation foncière dont nombre des agriculteurs urbains ne disposent pas ;
- La recommandation de protection de la santé la plus efficace est de veiller à ce que les cultures produites ne soient pas consommées crues.

Lorsque c'est possible, les mesures suivantes contribuent à atténuer les risques de contamination :

- Ne pas irriguer des cultures des produits consommés crus ;
- Installer des systèmes de stockage et de traitement à la ferme ;
- Convertir à l'irrigation localisée ;
- Porter des vêtements de protection et des gants (agriculteurs) ;
- Laver, stoker et la cuire les produits avant de les consommer (**Cgiar, 2012**).

### 6.2. Recommandations de l'USEPA

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency) a publié en 1992, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Développement), ses propres recommandations sur la REUE, intitulées "Guidelines for Water Reuse".

- Sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées ;
- Les normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes ;
- Les normes de l'USEPA concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées (usage urbain, agricole, industriel, recharge de nappe, etc.) ce qui en fait un outil puissant ;
- Chaque état américain peut lui-même fixer ses propres recommandations, en s'inspirant plus ou moins de celles de l'USEPA.

Plusieurs paramètres sont pris en compte :

- Le PH, la demande biologique en oxygène, la turbidité ou les solides en suspension et les coliformes fécaux ;
- Le PH est toujours fixé entre 6 et 9 ;
- La turbidité ne doit pas dépasser en général 2 NTU ;
- La DBO maximale est fixée soit à 10 mg/l, soit à 30 mg/l ;
- Les coliformes fécaux doivent être soit en concentration inférieure à 200 CF/100 ml (pour l'irrigation) (**Baumont, 2005**).

### 6.3. Recommandations de la FAO

- La FAO publié en 1992, le traitement des eaux résiduaires et leur emploi en l'agriculture. Ces directives ont aidé beaucoup de pays en voie de développement dans



la mise en application ou l'amélioration de systèmes de réutilisation d'eau usée sains et sûrs, adaptés à leurs propres conditions techniques, socio-économiques et culturelles ;

- Également produit, en 1995, une publication sur la gestion de l'eau usée et la protection de l'environnement dans la région du Proche Orient ;
- De 1991 à 1993 sept bulletins techniques ayant pour objet un meilleur usage de l'eau usée en agriculture (**Bazza et Xanthoulis, 2003**).

Les recommandations générales suivantes ont été approuvées :

- Des directives pour la réutilisation des effluents dans l'irrigation devraient être établies aux niveaux nationaux et des projets, en tenant compte des directives internationales ;
- Les politiques nationales devraient être renforcées sur la base de concepts reconnus pour l'utilisation polyvalente des effluents ;
- Une attention particulière devrait être accordée à l'adaptation ou au développement des technologies peu coûteuses pour le traitement et la réutilisation des effluents ;
- Des programmes de recherche et de surveillance devraient être établis en lien avec les programmes de réutilisation des effluents ;
- La FAO devrait prendre les mesures appropriées pour diffuser des informations sur ce sujet (**Pescod et Arar, 2013**).

#### 6.4. Office National de l'Assainissement

L'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national, à caractère industriel et commercial.



L'ONA assure la réalisation des ouvrages des projets d'infrastructures d'assainissement et d'épuration des eaux usées ainsi que l'exploitation de ces ouvrages. et surtout, les réseaux de collecte des eaux usées, les stations de relevage, les stations d'épuration, dans les périmètres urbains et communaux.

Il assure aussi :

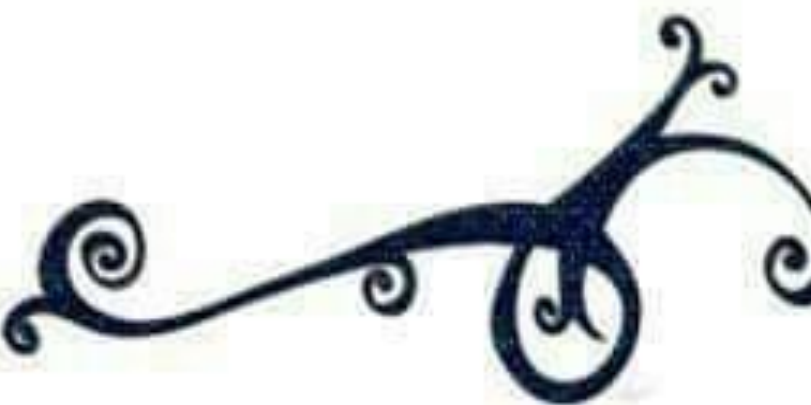

- La protection de l'environnement hydrique et la sauvegarde des ressources en eau ;
- La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique ;
- La préservation de la santé publique ;
- L'élaboration et de la réalisation des projets en relation avec le traitement des eaux usées (**[www.onid.com](http://www.onid.com), 2012**).

**6.5. Office National d'Irrigation et de Drainage**

L'Office National pour l'Irrigation et le Drainage (ONID), c'est une structure chargée de l'ensemble de l'activité hydraulique agricole dans les grands périmètres d'irrigations en tant qu'outil privilégié du secteur pour la relance du programme de développement de l'hydraulique agricole et l'utilisation rationnelle du facteur d'eau comme un élément de base pour l'accroissement de la production agricole. Il consiste en la réutilisation des eaux usées épurées, produites par les stations d'épuration de l'ONA pour irriguer des périmètres à l'aval de chaque station d'épuration et lagune ([www.onid.com](http://www.onid.com), 2012).



***Partie II : Evaluation des  
caractéristiques physico-  
chimiques et microbiologiques  
des eaux usées de la STEP de  
KOLEA***



## 1. Présentation de la STEP de KOLEA

La station d'épuration des eaux usées de la ville de KOLEA s'étend sur un terrain d'une surface de 27000 m<sup>2</sup> (2.7 hectares). Avec une capacité épuratoire de 75.000 Eq.Hab. Pour un débit moyen théorique de 11.000 m<sup>3</sup>/j (Medjbari, 2013).

### 1.1. Etapes de traitement des eaux usées de la STEP KOLEA

La station d'épuration reçoit les eaux usées provenant de la ville de KOLEA pour être traités afin d'être rejetés dans le milieu récepteur (Figure 1).

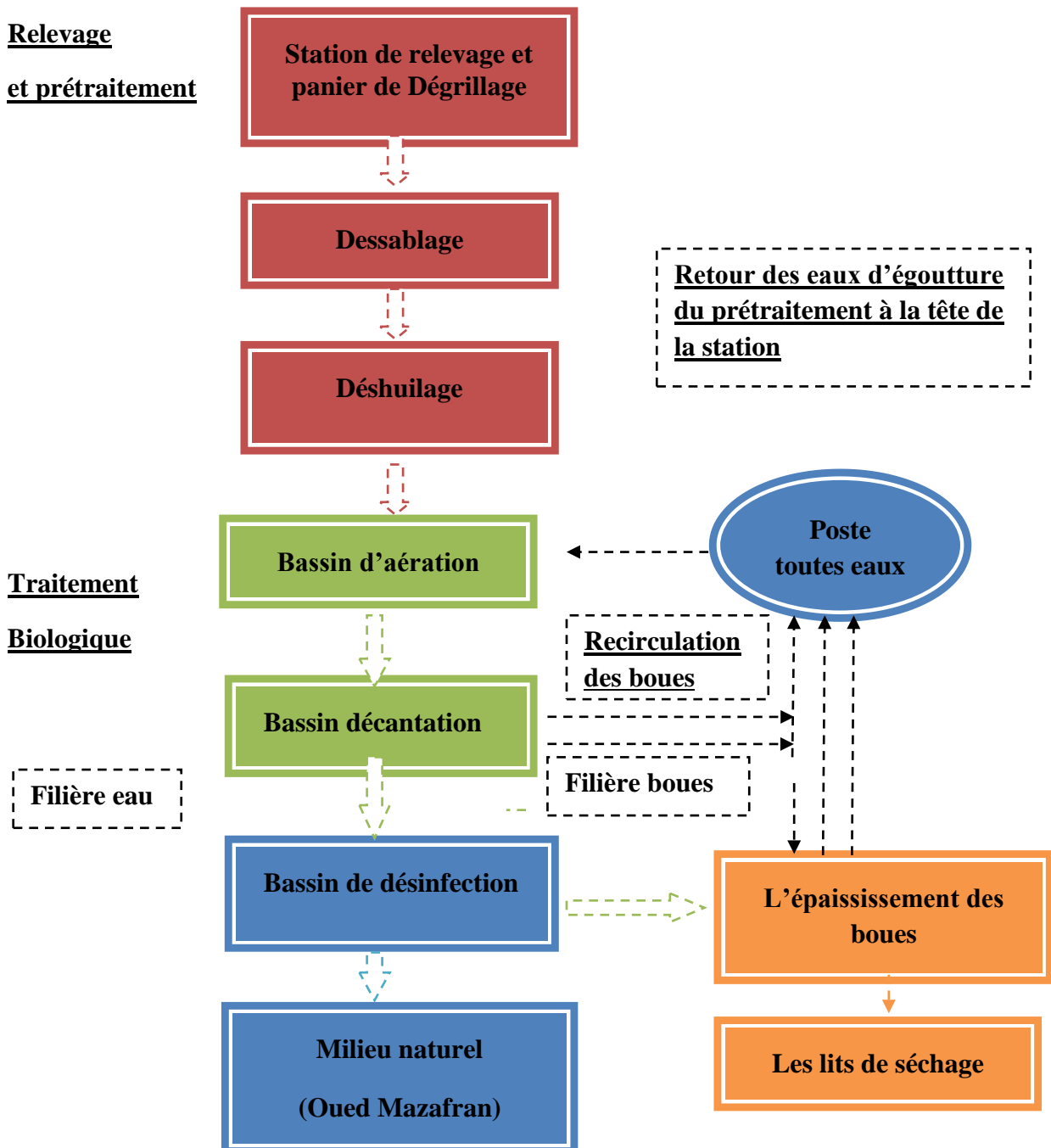


Figure 1 : Etapes de traitement des eaux usées de la STEP de KOLEA

## 2. Analyse des Résultats des paramètres physico-chimiques et microbiologiques

Dans cette étude, nous allons évaluer les résultats des analyses des eaux usées de la STEP de KOLEA réalisées par (Zahra et al., 2019) sur une période d'environ 4 mois allant du (3/février/2019 jusqu'à au 21/mai/2019).

Les résultats des paramètres physico-chimiques des différents échantillons sont exposés dans ce chapitre sous formes des diagrammes, qui on va les comparer avec les normes de rejet des eaux usées recommandées par l'OMS (2006) et JORA (2006, 2012,2013), et aux normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation (OMS, 1989 ; JORA, 2012) (Annexe i, ii, iii, v). Les résultats expérimentaux trouvés par les auteurs sont présentés ci-après :

### 2.1. Température

La température des échantillons prélevés sont regroupées dans la (Figure 2) :

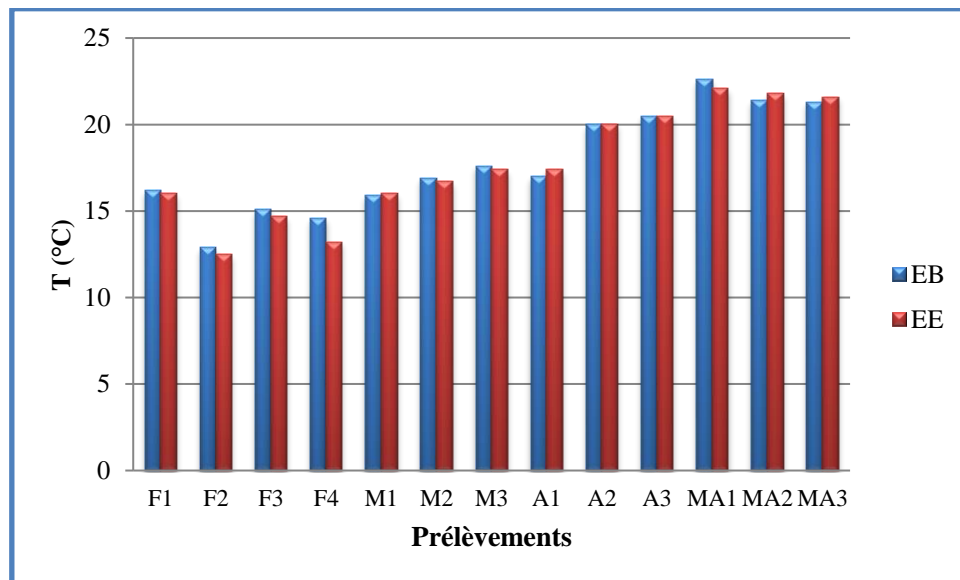


Figure 2 : Variation des valeurs de la température avant et après l'épuration.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la température des 13 prélèvements sont très proches. A l'entrée, la température des eaux brutes oscillent entre un minimum de 12.9°C et un maximum de 22,6°C, avec 17,84°C comme valeur moyenne. Tandis qu'à la sortie, les valeurs des eaux traitées sont comprises entre un minimum de 12,5°C et un maximum de 22,1°C, avec 17,68°C comme valeur moyenne. Ces différentes valeurs enregistrées sont peut être liés aux conditions climatiques et à la température de la saison. Et aussi puisque l'eau contenue dans les bassins au niveau des différentes étapes de traitement est exposé à l'air, fourni par des moyens mécanique (les aérateurs de surface), par la nature il

s'établit donc un équilibre naturel entre la température de l'eau entrante et la température extérieure.

Ces valeurs restent acceptables car elles ne dépassent pas 30°C, qui est considérée comme valeur limite pour les rejets directs dans le milieu récepteur OMS (2006) JORA (2006, 2012,2013) et pour les eaux usées destinées à l'irrigation des cultures 30°C OMS (1989) JORA (2012).

## 2.2. pH

Les valeurs du pH des différents échantillons prélevés sont regroupées dans le graphe de la (Figure 3) :

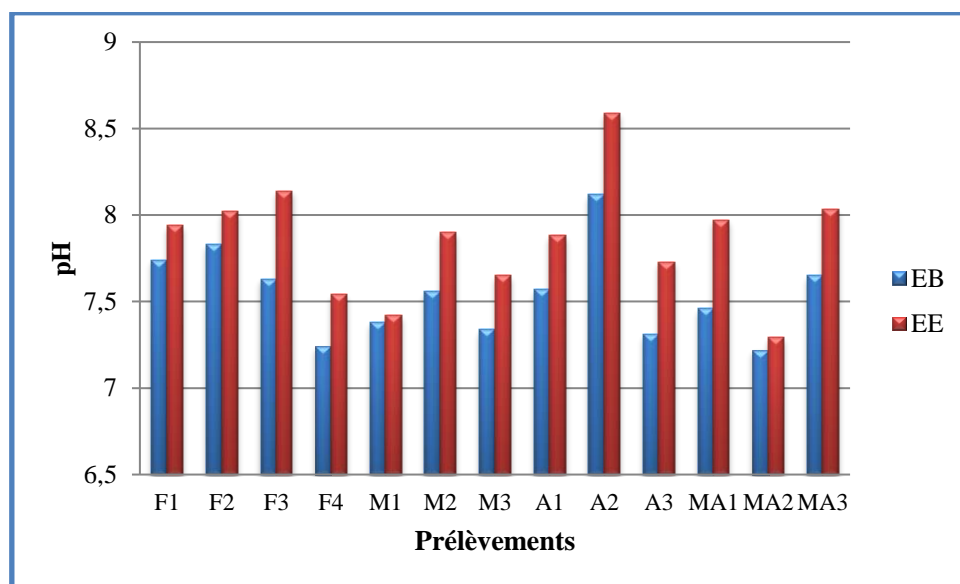


Figure 3 : Variation des valeurs de pH avant et après l'épuration.

Les valeurs de pH de l'eau brute à l'entrée, sont comprises entre un minimum de 7.22 et un maximum de 8,12 avec une valeur moyenne de 7.5. Les valeurs enregistrées à la sortie de la station sont comprises entre un minimum de 7.29 et un maximum de 8.59 avec une valeur moyenne de 7.85. Il y a une légère augmentation dans les eaux sortantes nous pouvons expliquer cela par la réaction de dénitrification qui absorbe des ions  $H^+$ .

Ces valeurs sont conformes aux normes des rejets algérienne JORA et l'OMS ( $6.5 < PH < 8.5$ ). Ils ne représentent aucun danger ni pour le sol ni pour les cultures, car les valeurs du pH recommandées pour l'eau d'irrigation sont situées dans la gamme : 6,5 à 8,5 d'après OMS (1989) et JORA (2012).

### 2.3 Conductivité électrique

La (Figure 4) représente l'évolution de la conductivité électrique des eaux brute à l'entrée et des eaux traitées à la sortie de la station d'épuration :

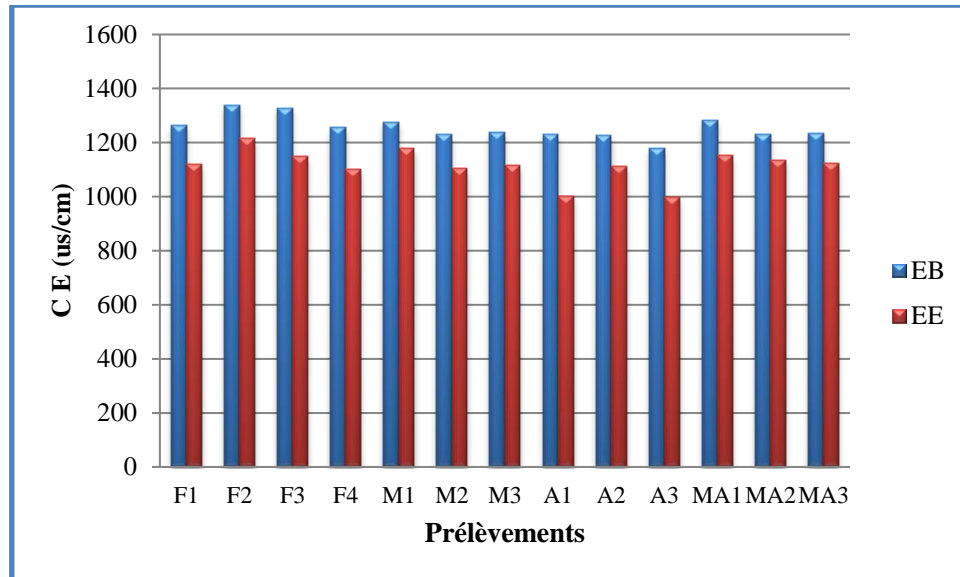


Figure 4 : Variation des valeurs de la conductivité électrique avant et après l'épuration.

La conductivité est considérée comme l'une des critères de choix pour juger l'aptitude d'une eau à un usage agricole.

Les valeurs de la conductivité électrique de l'eau brute possède une gamme de conductivité qui varie entre 1178  $\mu\text{s/cm}$  à 1340  $\mu\text{s/cm}$  avec une valeur moyenne de 1254,9  $\mu\text{s/cm}$ . Ces valeurs sont en fonction de la minéralisation naturelle de l'eau et celle à usage domestique, utilisées au niveau la ville de KOLEA, par contre, pour l'eau usée traitée, cette conductivité varie entre 998  $\mu\text{s/cm}$  et 1215  $\mu\text{s/cm}$  avec une valeur moyenne de 1115,84  $\mu\text{s/cm}$ .

Les valeurs moyennes de conductivité des eaux usées brutes et traitées dépassent 1000  $\mu\text{s/cm}$ , ce qui implique selon (Samake, 2002) que ces eaux présentent une minéralisation élevée, ceci est probablement dû à un apport massif des détergents apportés par les eaux usées domestiques.

Ces valeurs sont conformes aux normes de rejet dans le milieu naturelle (<1250  $\mu\text{s/cm}$ ) et aux normes des eaux destinées à l'irrigation (<3000  $\mu\text{s/cm}$ ) de l'OMS (1989) et JORA (2012).

## 2.4. Matière en suspension

Les résultats de la matière en suspension de l'eau brute et l'eau traitée sont représentés dans la (Figure 5) :

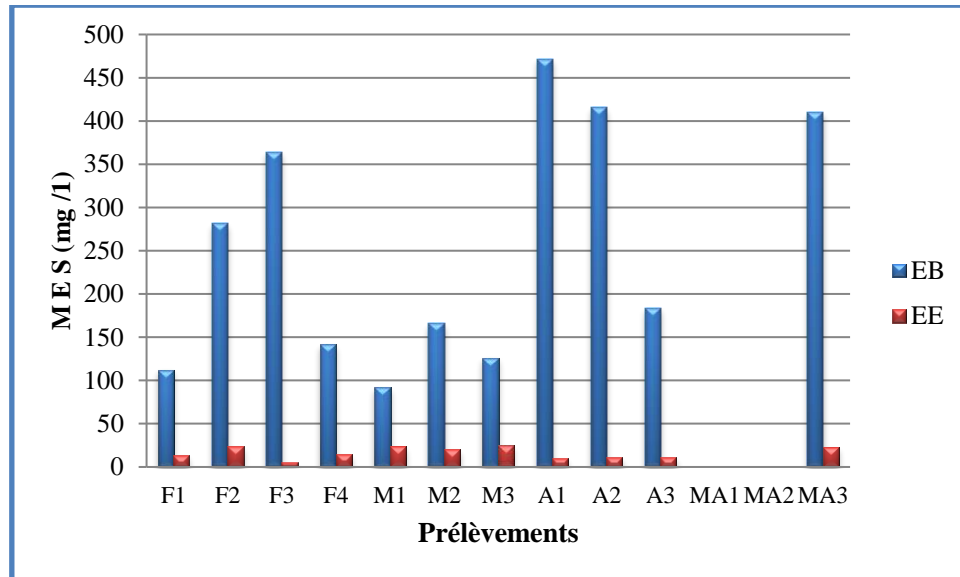


Figure 5 : Variation des valeurs de la matière en suspension avant et après l'épuration.

A l'entrée, les valeurs sont comprises entre un minimum de 92 mg/l et un maximum de 472 mg/l avec une moyenne de 251,45 mg/l.

Les résultats obtenus à l'entrée de la station d'épuration sont évidemment élevés car il s'agit d'eau usée urbaine, ces valeurs sont en fonction de la nature du rejet, le maintien d'une concentration importante en matière en suspension dans les eaux usées gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes (FAO, 2003).

A la sortie, le taux de MES varie entre 5 mg/l et 25 mg/l avec une moyenne de 16,40 mg/l. Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction importante de MES entre les eaux brutes et traitées.

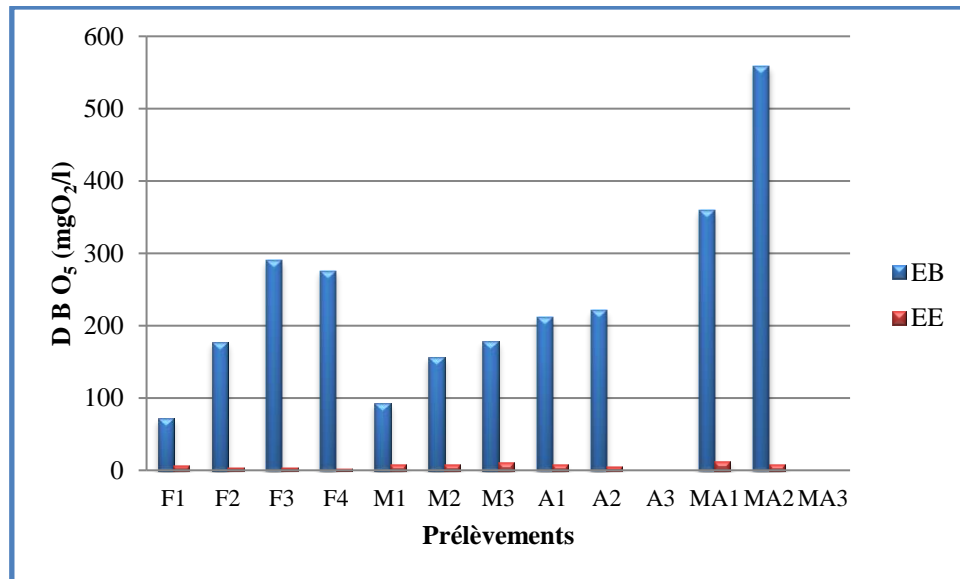
Ces valeurs sont conformes aux normes de rejet de l'OMS et JORA (<30 mg/l), et à la norme d'irrigation de l'OMS (<70 mg/l) et de JORA (<30 mg/l). Cela nous permet de dire que les MES n'affectent pas les eaux d'irrigation, de telles concentrations n'engendrent pas de difficultés pour le transport ou la distribution de l'eau épurée.



## 2.5. Paramètres de pollution organique

### 2.5.1. Demande biochimique en oxygène

Les variations de la teneur en  $DBO_5$  au cours de cette étude sont représentées dans la (Figure 6) :



**Figure 6 : Variation des valeurs de  $DBO_5$  avant et après l'épuration.**

Selon la (Figure 6). A l'entrée, les concentrations enregistrées dans cette étude varient entre un minimum de 72 mg d' $O_2$ /l et un maximum de 558 mg d' $O_2$ /l avec une valeur moyenne de 235.636mg d' $O_2$ /l. Les variations des concentrations en  $DBO_5$  de l'eau brute s'expliquent par la nature des eaux résiduaires.

Par contre pour les eaux épurées, les valeurs enregistrées de la  $DBO_5$  sont largement inférieures à celle de l'eau brute, à la sortie, la valeur minimum est de 4 mg d' $O_2$ /l et la valeur maximum est de 12 mg d' $O_2$ /l avec une valeur moyenne de 7.51 mg d' $O_2$ /l.

Nous remarquons une bonne élimination de cette pollution organique, La valeur minimum enregistrée au niveau de la sortie de la station d'épuration, indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est très acceptable, et les valeurs après le traitement sont largement inférieure à la norme du rejet de (l'OMS 2006 et de JORA 2006, 2012,2013) ( $\leq 30$  mg d' $O_2$ /l) et aux normes des eaux épurées destinées pour l'irrigation( $\leq 30$  mg d' $O_2$ /l) (OMS, 1989 ; JORA, 2012).

### 2.5.2. Demande chimique en oxygène

La figure ci-joint représente les résultats de la demande chimique en oxygène pour les différents échantillons analysés :

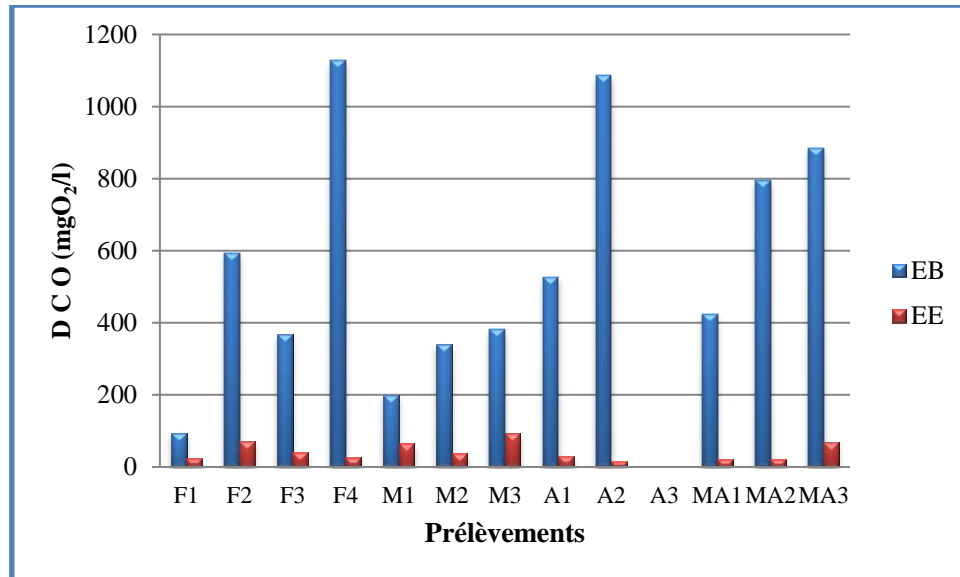


Figure 7 : Variation des valeurs de la DCO avant et après l'épuration.

On remarque que les valeurs de la DCO de l'eau brute varient entre un minimum de 94,4 mg O<sub>2</sub>/l et un maximum de 1129 mg d'O<sub>2</sub>/l avec une moyenne de 568,53 mg d'O<sub>2</sub>/l.

A la sortie, la valeur minimum est de 17,3 mg O<sub>2</sub>/l et maximum de 93,2 mg d'O<sub>2</sub>/l avec une valeur moyenne de 43,15 mg d'O<sub>2</sub>/l concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celles de l'eau brute.

Les valeurs sont conformes aux normes des eaux destinées à l'irrigation de JORA (<90 mg d'O<sub>2</sub>/l) mais sont légèrement supérieures à celles de (OMS, 1989) (<40 mg d'O<sub>2</sub>/l). D'après **Audic (1990)** les valeurs élevées de la DCO sont expliquées d'une part à la présence d'une fraction des matières organiques non biodégradables et d'autre part le ralentissement de l'activité biologique suite à la présence des composés toxiques.

### 2.5.3. Biodégradabilité K

Le choix d'un procédé d'épuration est basé sur la biodégradabilité de l'effluent à traiter c'est-à-dire son aptitude à être décomposé par les microorganismes. Elle est exprimée par le coefficient K qui est défini par le rapport DCO/DBO ce rapport représente la fraction de la DCO qui est biodégradable (Cardot, 1999). Le graphe ci-joint représente les résultats de la DCO/DBO<sub>5</sub> pour les différents échantillons analysés :

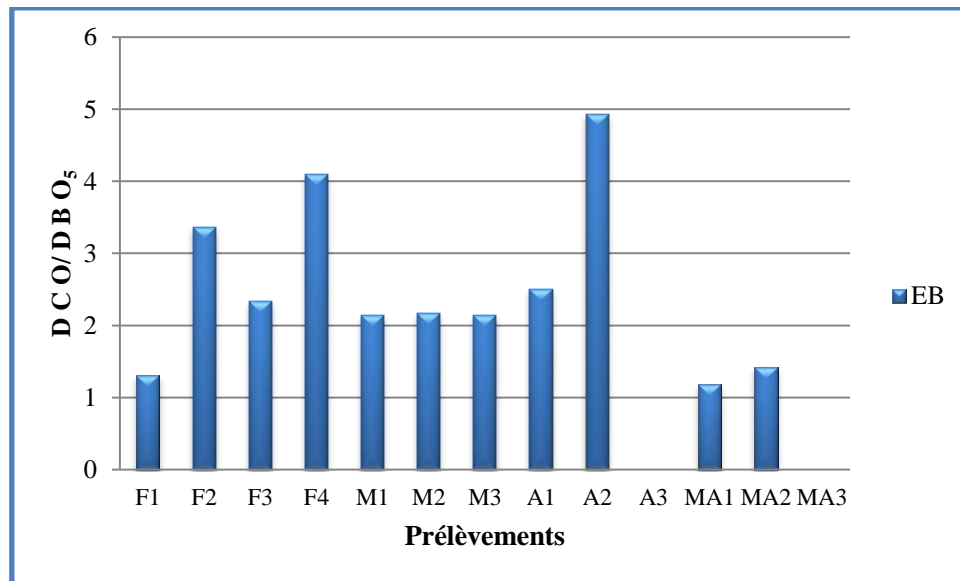


Figure 8 : Variation des valeurs DCO/DBO<sub>5</sub> avant l'épuration.

Les résultats obtenus dans (Figure 8) indiquent que les valeurs sont comprises entre un minimum de 1,18 et un maximum de 4,91 avec une valeur moyenne de 2,40.

Selon (Rodier et al., 2009) :

- DCO/DBO<sub>5</sub> < 2 effluent facilement biodégradable.
- 2 < DCO/DBO<sub>5</sub> < 5 effluent moyennement biodégradable.
- DCO/DBO<sub>5</sub> > 5 effluent difficilement biodégradable, voir non biodégradable.

Globalement, les valeurs enregistrées dans cette étude sont inférieures à 5 ce qui confirme que les eaux usées reçues au niveau de la STEP KOLEA « sont des effluents moyennement biodégradables ».

## 2.6. Azote total

L'azote se trouve dans l'eau usée domestique soit à l'état soluble soit sous les deux formes suivantes : l'azote organique, qui provient surtout des déjections animales et humaines et l'azote ammoniacal qui peut provenir des rejets industriels ou de la transformation de l'azote organique par ammonification (Aubry, 2003).

La figure ci-dessous représente la variation de l'azote total de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

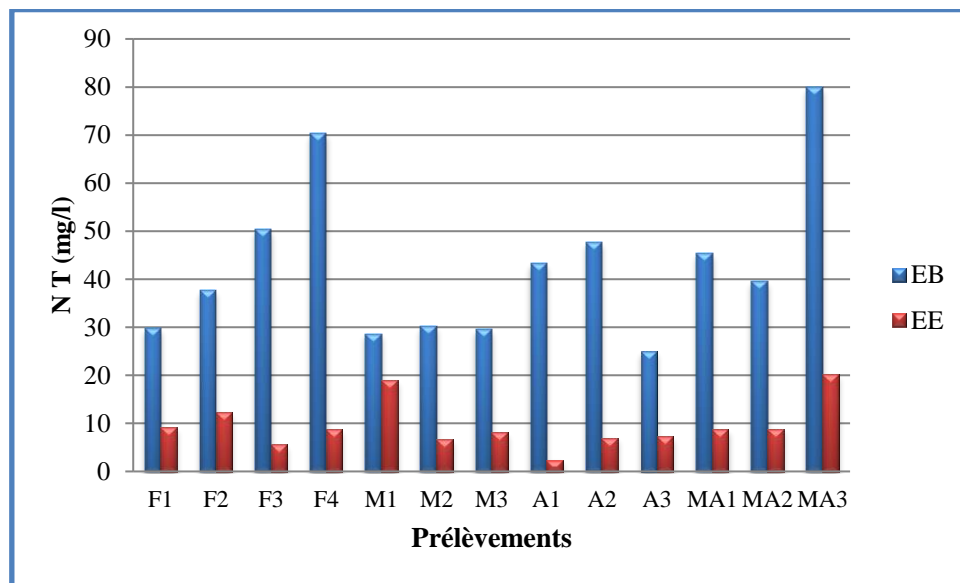
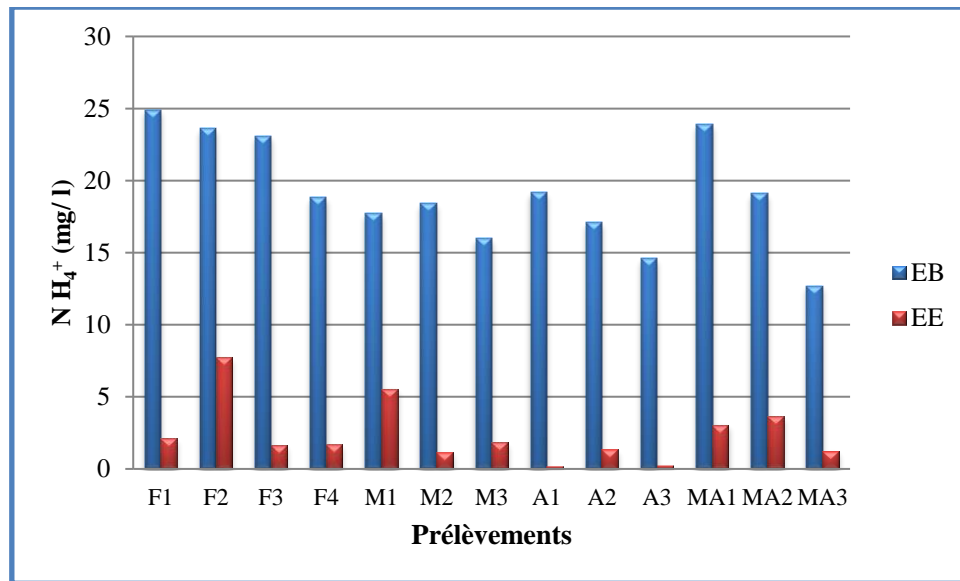


Figure 9 : Variation des valeurs de l'azote total avant et après l'épuration.

D'après les résultats obtenus à la (Figure 9), les valeurs de l'azote total obtenues après analyses varient entre un minimum de 24,9 mg/l et un maximum de 79,9 mg/l avec une valeur moyenne de 42,82 mg/l pour les eaux brutes. Et une valeur minimum de 2,36 mg/l et une valeur maximum de 20,1 mg/l avec une valeur moyenne de 9,52 mg/l pour les eaux traitées.

Nous avons remarqués que les concentrations de l'azote total ont diminués considérablement au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes. Cette diminution est liée à l'élimination biologique de l'azote selon deux phases successives que sont la nitrification et la dénitrification, ceux valeur reste inférieure à la norme des eaux épurées destinées pour l'irrigation de (l'OMS, 1989) (<50mg/l).

## 2.7. Ammonium



**Figure 10 : Variation des valeurs de l'ammonium avant et après l'épuration.**

D'après les résultats obtenus à la (Figure 10), au niveau des eaux usées brutes, les valeurs de l'azote ammoniacal varient à l'entrée entre un minimum de 12,7 mg/l et un maximum de 24,9 mg/l avec une valeur moyenne de 19,2 mg/l.

A la sortie, les valeurs des eaux traitées sont comprises entre un minimum de 0,224mg/l et un maximum de 7,74 mg/l avec une valeur moyenne de 2,41 mg/l.

On constate que les taux de l'ammonium ont diminué considérablement au niveau des eaux usées traitées par rapport aux eaux brutes. Selon (Tallec et al., 2006), cette réduction est liée à la présence des bactéries nitrifiantes et dénitrifiantes qui sont cultivées en culture libre (boues activées) et permettant l'oxydation de l'ammonium en nitrate (la nitrification) et la réduction de nitrate en diazote gazeux (N<sub>2</sub>) émis dans l'atmosphère (la dénitrification).

D'après les résultats obtenus la valeur moyenne de l'ammonium dans les eaux usées traitées est supérieure à la norme de rejets de l'OMS (<1mg/l) et aux normes des eaux d'irrigation recommandées par (l'OMS, 1989) qui exige des teneurs <2 mg/l.

## 2.8. Nitrites

La figure ci-dessous représente la variation de ( $\text{NO}_2^-$ ) de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

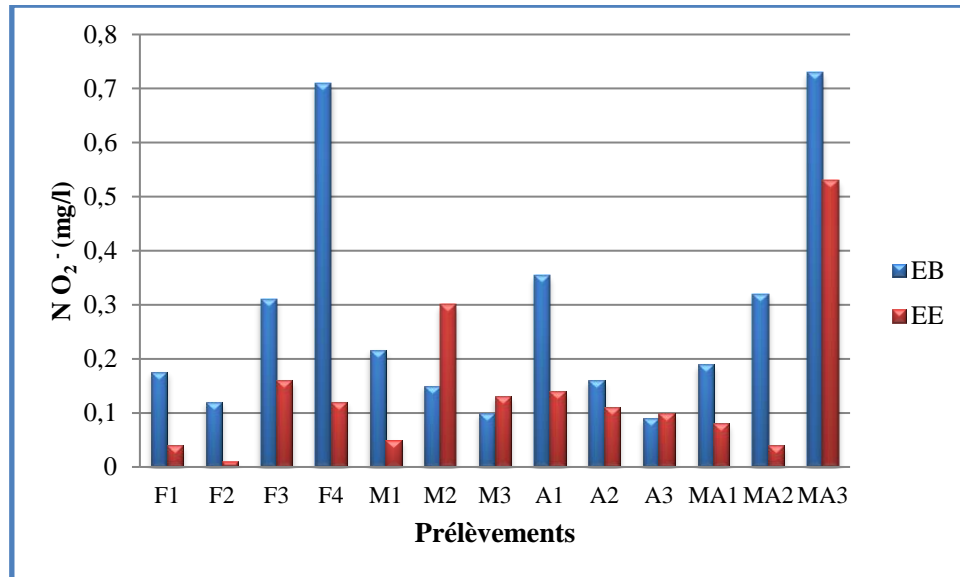


Figure 11 : Variation des valeurs des nitrites avant et après l'épuration.

A l'entrée, les valeurs des nitrites sont très faibles. Les concentrations sont comprises entre un minimum de 0,09 mg/l et un maximum de 0,73 mg/l au niveau des eaux brutes et avec une valeur moyenne de 0,278 mg/l, ceci est fonction de la qualité d'eau usée.

A la sortie, les concentrations sont signalées comprises entre 0,01 mg/l et 0,53 mg/l avec une valeur moyenne de 0,14 mg/l. Les concentrations obtenues sont très faibles de ce fait on peut déduire que le processus de nitrification est satisfaisant.

On remarque que les résultats des eaux traitées sont inférieures aux normes des eaux destinées à l'irrigation de (OMS, 1989) (<1 mg/l). Nous pouvons déduire que les EUT de la STEP de KOLEA ne représentent pas un risque de pollution par les nitrites.

## 2.9. Nitrates

La figure ci-dessous représente la variation des nitrates de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

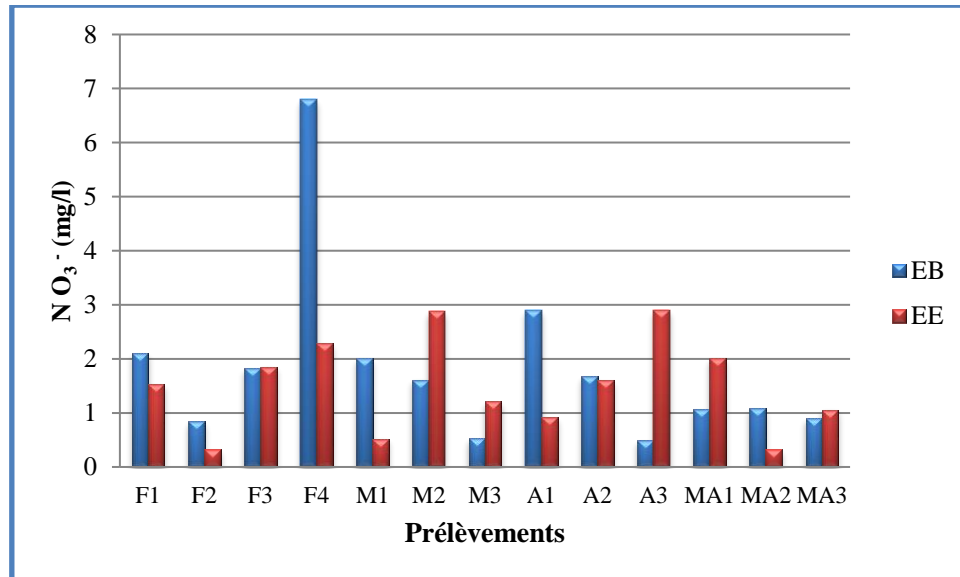


Figure 12 : Variation des valeurs des nitrates avant et après l'épuration.

D'après les résultats obtenus, les valeurs des nitrates obtenues après analyses, varient entre un minimum de 0,49 mg/l et un maximum de 6,80 mg/l, et avec une valeur moyenne de 1,8 mg/l des eaux brute. Les faibles teneurs en nitrates au niveau des eaux brutes sont probablement dues au fait que l'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques a essentiellement une origine humaine. On estime environ 13g/jour d'azote rejeté par un être humain adulte, sous forme essentiellement organique, présent dans l'urine (Chocat, 1997).

Est entre un minimum de 0,32 mg/l et un maximum de 2,89 mg/l des eaux traitées, avec une valeur moyenne de 1,49 mg/l.

On constate que les taux des nitrates ont augmenté considérablement au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes, L'augmentation de taux des nitrates au niveau des eaux usées traitées est lie à la présence des microorganismes autotrophes vis-à-vis de l'azote, telles que Nitrosomonas et Nitrobacter, transforment l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) puis des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) (Chachuatet al., 2007).

La moyen des eaux traité et inférieures aux normes des eaux épurées destinées pour l'irrigation de (l'OMS <50 mg/l) et de (JORA<30).

### 2.10. Phosphate total

Le phosphore des eaux usées, particulaire ou soluble, il est essentiellement constitué de phosphore inorganique (poly-phosphates) et des ortho-phosphates (Deronzier et Choubert, 2004).

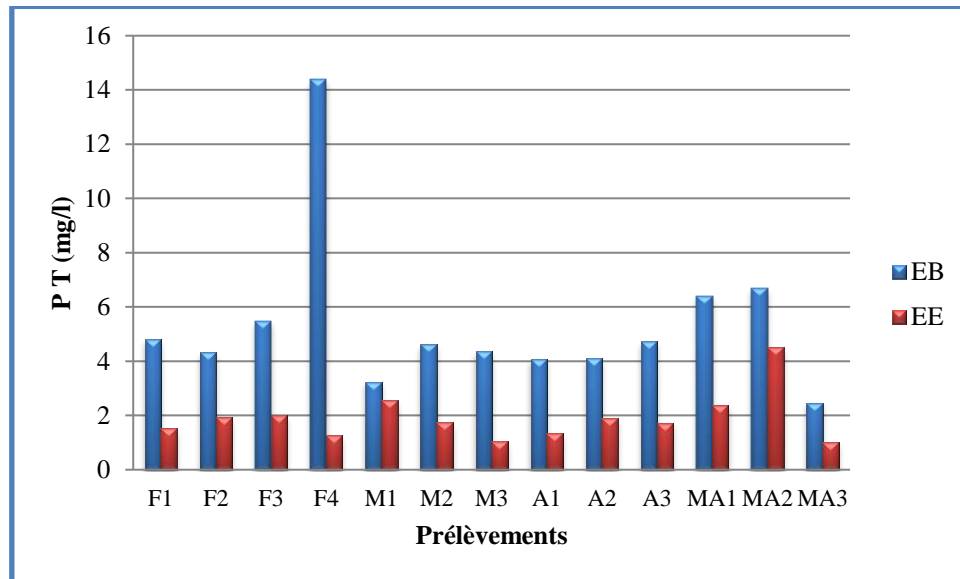


Figure 13 : Variation des valeurs des phosphates totale avant et après l'épuration.

La concentration en phosphate totale à l'entrée de la station nous a révélé des valeurs comprises entre un minimum de 2,46 mg/l et un maximum 14,4 mg/l avec une valeur moyenne de 5.36 mg/l. Alors qu'à la sortie, on a des valeurs qui sont comprises entre un minimum de 1,02 mg/l et un maximum de 4,50 mg/l avec une valeur moyenne de 1.92 mg/l. Ces résultats sont conformes aux normes de rejet des eaux traitées (<2 mg/l) l'OMS 2006 et le JORA 2006, 2012,2013. Mais sont supérieures aux celles des eaux d'irrigation (<0.94 mg/l) (l'OMS, 1989).



### 2.11. Ortho-phosphates

La figure ci-dessous représente la variation de l'Ortho-phosphates de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP

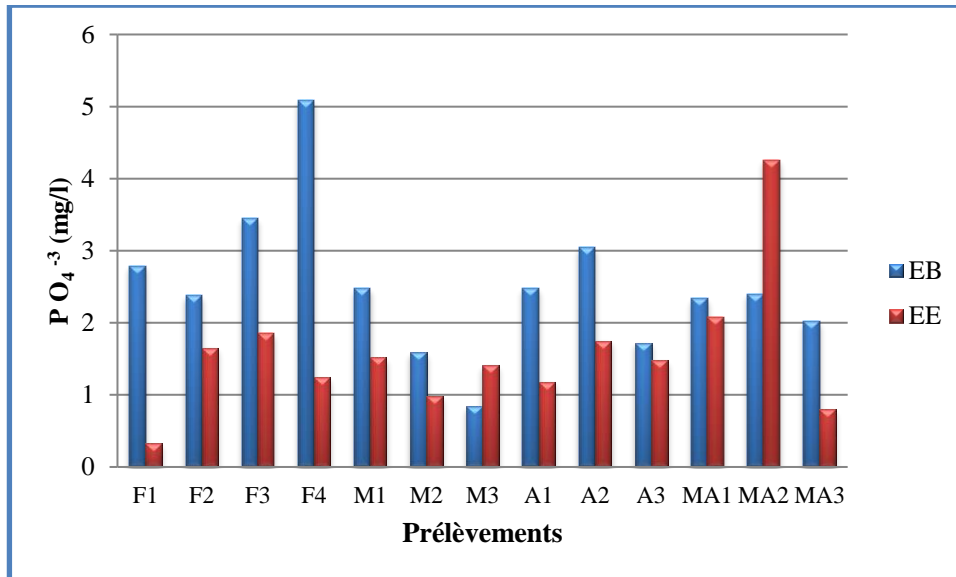


Figure 14 : Variation des valeurs de l'ortho-phosphate avant et après l'épuration.

Selon les résultats obtenus dans la (Figure 14), on remarque que la concentration de l'ortho-phosphate dans l'eau brute varie entre un minimum de 0,84 et un maximum de 5,08 mg/l avec une valeur moyenne de 2,50 mg/l. Alors qu'à la sortie la valeur oscille entre un minimum de 0,32 et un maximum de 4,26 mg/l avec une valeur moyenne de 1,57 mg/l.

Ces résultats sont conformes aux normes de rejet des eaux traitées (<2 mg/l) (OMS, 2006), mais par rapport à l'utilisation de ces eaux en irrigation et le maintien des rendements sont pas possibles, car les valeurs de l'ortho-phosphate sont supérieures à la norme limitée aux normes des eaux destinées à l'irrigation de (OMS, 1989) (<0.94 mg/l).

### 3. Paramètres microbiologiques

Le suivi de la qualité bactériologique des eaux usées consiste en la recherche et le dénombrement à l'entrée et à la sortie de la STEP des germes choisis par l'OMS et MFE et JORA (annexe ii, iv, v) comme témoins de contamination fécale, qui sont les suivants :

Les coliformes totaux (CT) ; et les coliformes fécaux (CF) ; Streptocoques fécaux (SF) ; ainsi que des germes pathogènes les salmonelles et les vibrions colériques.

### 3.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des bonnes indicatrices de la qualité microbienne des eaux et sont utilisés depuis très longtemps à cause de leurs capacité d'associés indirectement à une pollution d'origine fécale (Archibald, 2000 ; Ceaq, 2000 ; Edberg et al., 2000).

Le graphe ci-joint représente les résultats des coliformes totaux :

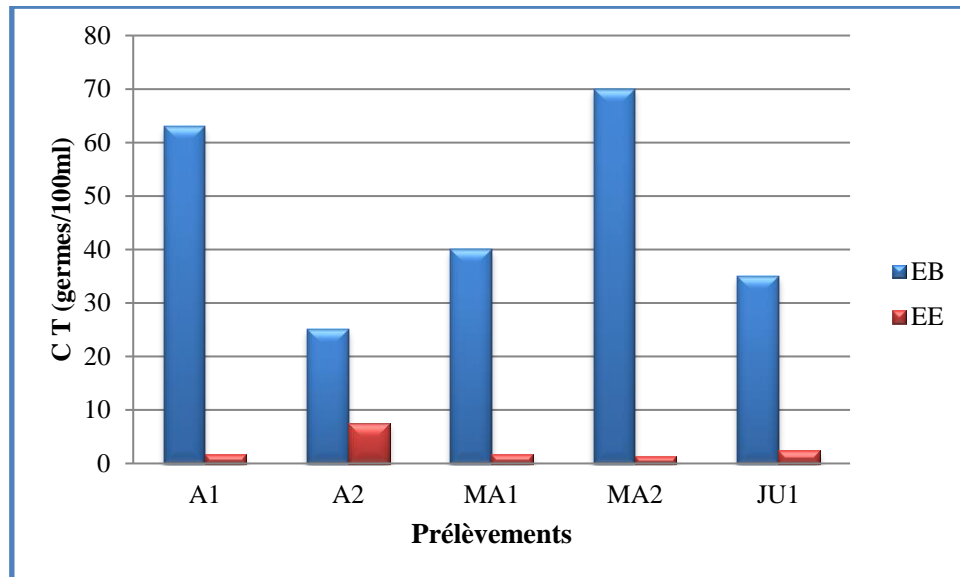


Figure 15 : Nombre des coliformes totaux avant et après épuration.

Selon les résultats obtenus dans la (Figure15), on observe que les valeurs des CT d'eau brute est très élevées, varie entre un minimum de  $25 \cdot 10^5$  germes/100 ml et un maximum de  $70 \cdot 10^5$  germes/100 ml, avec une moyenne de  $46,6 \cdot 10^5$  germes/100 ml. Cette charge est due essentiellement à l'enrichissement des eaux brute en matières organiques, ce qui rend le milieu favorable au développement bactérienne. Et pour CT de l'eau traité varie entre un minimum de  $1,4 \cdot 10^5$  germes/100 ml et un maximum de  $7,6 \cdot 10^5$  germes/100 ml, avec une moyenne de  $3 \cdot 10^5$  germes/100 ml. Les abondances en coliformes dans les effluents traités dépendent de la qualité microbiologique des eaux brutes d'une part, et de l'efficacité de la filière de traitement à éliminer les coliformes (Duprayet et Derrien, 1995).

Le nombre de coliformes totaux est conforme aux normes de rejet dans le milieu naturelle qui se situent entre  $10^3$  et  $10^7$  germes/100ml (OMS, 2006). Mais reste insuffisant pour une réutilisation agricole selon les normes des eaux épurées destinées pour l'irrigation MFE (ministère français de l'environnement) ( $< 50\,000$  germes/ 100ml).

Les eaux usées sont considérées comme un milieu favorable pour la prolifération bactérienne, la station de KOLEA ne réalise pas un traitement tertiaire c'est pour ça on remarque que les eaux traitées de la STEP, restent riches en bactéries coliformes.

### 3.2. Coliformes fécaux

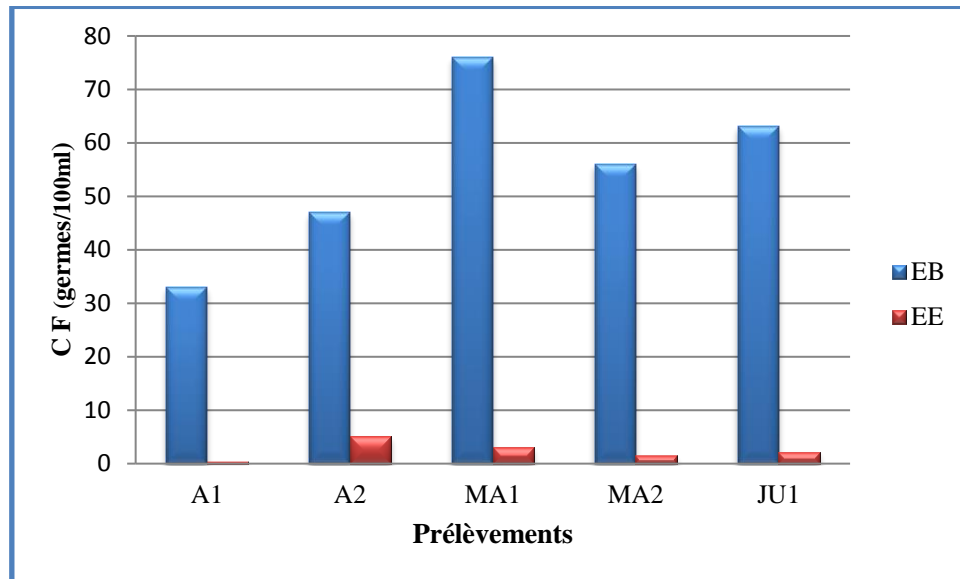


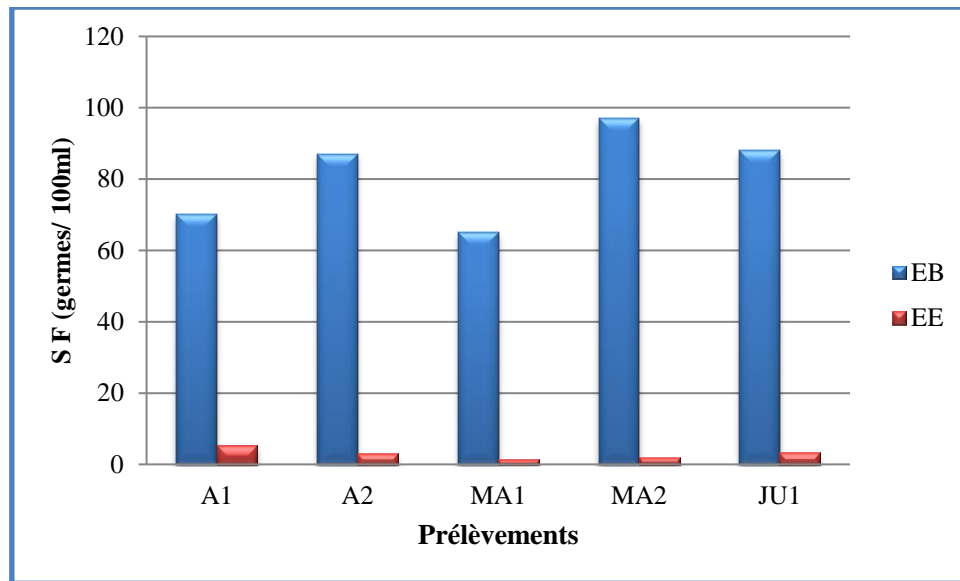
Figure 16 : Nombre des coliformes fécaux avant et après épuration.

D'après la (Figure 16), on constate que la concentration en CF des eaux usées brutes est comprise entre un minimum de  $33.10^5$  et un maximum de  $76.10^5$  germes/100ml avec une moyenne de  $55.10^5$  germes/100ml, les coliformes fécaux sont capables de résister aux conditions environnementales très difficiles si pour ça les valeurs de ces germes dans les eaux usées brutes sont très élevées (McLellan et al., 2001 ; Gauthier et Archibald, 2001).

A la sortie de la STEP, une diminution importante de nombre de CF, les valeurs sont comprises entre un minimum de  $0,4.10^5$  et un maximum de  $5,1.10^5$  germes/100ml avec une moyenne de  $2,44.10^5$  germes/100ml. On remarque que ces valeurs sont conformes aux normes microbiologiques de rejet des eaux épurées (OMS 2006) ( $10-10^6$ ). Mais reste insuffisant car les valeurs dépassent les normes de JORA autorisée pour une réutilisation agricole ( $< 1000$  germes/ 100ml).

Le mal élimination des coliformes fécaux dans la station de KOLEA est dû à plusieurs conditions qui sont plus accentuées en été (Mara, 1980). Par ce que la vitesse d'élimination des bactéries augmenterait avec la température par augmentation de leur activité métabolique (Pearson et al., 1987).

### 3.3. Streptocoques fécaux



**Figure 17 : Nombre Streptocoques fécaux (SF) avant et après épuration.**

D'après la (Figure 17), les valeurs enregistrées varie entre un minimum de  $65.10^4$  germes/100ml et un maximum de  $97.10^4$  germes/100ml avec une moyenne de  $81,4.10^4$  germes/100ml à l'entrée de la STEP.

Le nombre des streptocoques est assez élevé dans les eaux brutes est due à la résistance de ces germes à la dessiccation et à leurs capacités à persister plus longtemps dans l'eau (Gleesonet et Gray, 1997).

A la sortie on remarque une réduction du nombre des streptocoques qui varie entre un minimum de  $1,5.10^4$  un maximum de  $5,4.10^4$  germes/100ml avec une moyenne de  $3,04.10^4$  germes/100ml. Le nombre des streptocoques est diminué sous l'effet du traitement, est leur nombre dans l'eau est lié à la concentration de la matière fécale dans cette eau (Joffin et Leyral, 1988).

Ces valeurs sont conformes aux normes fixées par l'OMS ( $10-10^5$  germes/100ml). Mais reste insuffisant car les valeurs dépassent toujours les normes de OMS autorisée pour une réutilisation agricole ( $< 1000$  germes/100ml).

### 3.4. Germes pathogènes

#### 3.4.1. Salmonelles et vibrions cholériques

Durant la période de cette étude la présence des germes pathogènes comme les Salmonelles et les vibrions cholériques n'a pas été détectée dans les eaux de la STEP KOLEA. Cette absence a également été mentionnée dans d'autres études similaires en dépit de la présence d'une forte charge bactérienne d'origine fécale, ceci pourrait être expliqué par :

- L'absence de porteurs asymptomatiques ou d'épidémie dans la population de la région.
- La difficulté de la recherche de ces germes du fait de leur nombre très faible par rapport aux germes banals (Aboukacem et al., 2007, Chahlaoui, 1996).

L'élimination de ces bactéries peut être due au traitement secondaire biologique au niveau de la STEP.

#### 4. Evaluation des résultats obtenue de la STEP de KOLEA :

La qualité de l'eau est évaluée par la qualité physico-chimique et la qualité bactériologique. Elle est calculée à l'aide du système d'évaluation de la qualité des eaux (SEQEau, 2003), et a été adoptée en Algérie par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH).

La définition des classes d'aptitude de l'eau à l'irrigation est la suivante :

**Classe I :** Eau de très bonne qualité, Eau permettant l'irrigation des plantes très sensibles ou de tous les sols. Elle est représentée graphiquement par la couleur bleue.

**Classe II :** Eau de bonne qualité, Eau permettant l'irrigation des plantes sensibles ou de tous les sols. Représentée en vert.

**Classe III :** Eau de mauvaise qualité, Eau permettant l'irrigation des plantes tolérantes ou des sols alcalins ou neutres. Elle est représentée en jaune.

**Classe IV :** Polluée, Eau permettant l'irrigation des plantes très tolérantes ou des sols alcalins ou neutres. Ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique, elle est représentée en orange.

**Classe V :** Pollution excessive, Eau inapte à l'irrigation. Elle est représentée en rouge.

Les valeurs moyennes obtenues durant cette étude sont réparties en cinq niveaux de pollution allant du moins pollué (classe I) au plus pollué (classe V) et ont permis de classer les eaux épurées de la station KOLEA.

**Tableau .1** : Grille de classification des eaux épurées de la STEP KOLEA (Les chiffres entre parenthèses désignent la moyenne des mesures dans cette étude).

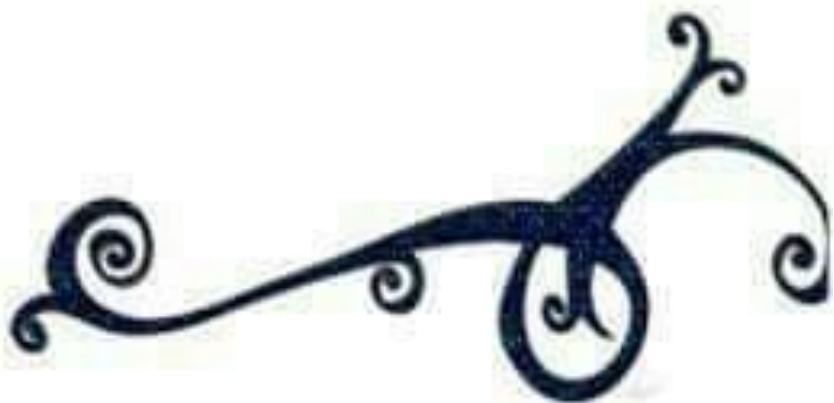
Paramètres	très bonne	bonne	passable	mauvaise	très mauvaise
Température	<20 (17,68)	20-25	25-27	27-30	>30
PH	6.5-8.5 (7,85)	8-8,5	8,5-9	9-9,5	>9,5
MES	<25 (16,4)	25-26	26-28	28-30	>30
DBO <sub>5</sub>	<3	3-6	6 – 15 (7,51)	15 - 30	>30
DCO	<6	6 - 15	15 - 25	25-40	40-90 (43,15)
Conductivité électrique	<160	160-500	500-1500 (1115,84)	1500-3600	>3000
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	<0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	>2 (2,41)
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	<0,03	0.03-0.3 (0,14)	0,3-0,5	0,5-1	>1
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	2 (1,49)	2-10	10-25	25-30	30-50
Phosphates total	0,05	0,05-0.1	0,1-0,5	0,5-0,94	>0,94 (1,57)
Coliformes totaux (germe/100ml)	< 50	50 - 500	500 - 5000	5000 - 50 000	> 50 000 (3 10 <sup>5</sup> )
Coliformes fécaux (germe/100ml)	< 20	20-200	200-600	600 - 1000	>1000 (2,44 10 <sup>5</sup> )
Streptocoques fécaux (germe/100ml)	<20	20-200	200-600	600-1000	>1000 (3,04 10 <sup>4</sup> )

D'après cette classification, on remarque que les analyses physicochimiques des eaux épurées révèlent une conformité de la majorité des paramètres physico-chimiques aux normes de réutilisation en irrigation (Température, PH, Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), MES), sont représentés par la classe Ide l'eau de bonne qualité, sauf pour la conductivité électrique et la  $\text{DBO}_5$  qui ont donnés des résultats d'une eau de qualité passable, et le phosphate total et la DCO ont donné une eau de très mauvaise qualité. Concernant les paramètres bactériologiques nous avons enregistré des valeurs très élevées pour les (Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux) sont regroupés dans la Classe Vde l'eau de très mauvaise qualité.

D'une manière générale, on peut dire que l'eau épurée issue de la station d'épuration de KOLEA est d'une mauvaise qualité inapte à l'irrigation.



## ***Conclusion générale***





## Conclusion

---

Les résultats des travaux de (Zahra et al., 2019) au niveau de la STEP de KOLEA nous ont permis de conclure ce qui suit :

Le coefficient de biodégradabilité DCO/DBO<sub>5</sub> mesuré est de 2,40 indique que les eaux usées rejetées sont de nature facilement à moyennement biodégradables.

Pour les paramètres PH, Température, MES, Nitrates, les concentrations dans les eaux épurées sont conformes aux normes requises pour la réutilisation agricole et de préservation du milieu récepteur.

Pour les paramètres des Nitrites, DBO<sub>5</sub> et la Conductivité électrique, les concentrations oscillent autour des valeurs limitées des normes de la réutilisation. Mais nous avons remarqué que la concentration moyenne de la DCO (43,15 mg O<sub>2</sub>/l) est conforme aux normes de des eaux destinées à l'irrigation de JORA (<90 mg d'O<sub>2</sub>/l) mais sont légèrement supérieures à celles de l'OMS (40 mg O<sub>2</sub>/l).

Concernant les paramètres de l'Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et l'Ortho-Phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), les concentrations dans les eaux épurées ne sont pas conformes aux normes de la réutilisation agricole.

Concernant le résultat des paramètres bactériologiques, nous avons enregistré une charge bactérienne importante des divers germes comme les coliformes totaux ; et les coliformes fécaux ; et streptocoques fécaux ; qui indiquant une contamination fécale, et ont montré une non-conformité aux normes de réutilisation agricole (OMS, MFE, JORA). L'absence de salmonelles pathogènes et de vibrions en colère a été notée. Cette contamination fécale s'explique par l'absence d'un traitement de désinfection tertiaire qui est utilisé pour la dégradation des germes pathogènes. Donc il faut utiliser par exemple Le rayonnement UV car elles ont une action directe sur l'élimination des germes par leur action photochimique, induisant des dommages dans le matériel génétique des cellules et empêchant ainsi leur reproduction.

Il en sort de cette étude, que Les eaux usées traitées dans la station d'épuration KOLEA sont non convenable à l'irrigation des terres agricoles, sont loin de répondre aux recommandations de l'OMS et aux normes de MFS et JORA des eaux d'irrigation, concernant l'aspect bactériologique. L'eau épurée de la station de KOLEA peut être utilisée dans l'irrigation à des fins agricoles et assurer une meilleure utilisation sans risques majeurs, si nous prenons les recommandations suivantes :

## Conclusion

---

- Compléter les analyses physico-chimiques des effluents par un suivi de la qualité bactériologique, et parasitologique et surtout toxicologique à fin d'assurer d'une façon systématique et continue, et la réutilisation de cette ressource hydrique dans l'irrigation ;
- Faire des analyses bactériologiques plus avancées comme le dénombrement des œufs d'helminthes.
- Suivre l'évolution des paramètres de l'eau rejetée par la station d'épuration de KOLEA tout au long de son parcours au sein de l'oued Mazafran car cette dernière est utilisée pour l'irrigation agricole de toutes les terres situées à proximité de l'oued ;
- Compléter l'épuration biologique par des traitements tertiaires (désinfection) poussés pour assurer une élimination totale des germes pathogènes et une réduction des risques sanitaires ;
- Agrandir la STEP en la dotant d'un plus grand nombre de bassin d'aération afin de pallier l'impuissance du dispositif vis-à-vis de la grande charge polluante entrant quotidiennement dans la station ;
- Application du cadre réglementaire, des cultures à pratiquer et les systèmes d'irrigation préconisés ;
- Mise en place d'un programme de formation, d'encadrement et de vulgarisation. L'irrigation, avec des eaux épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommés crus est interdite ;
- Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée ;
- Compléter l'étude en faisant des essais de valorisation des eaux usées épurées et leur impact sur des cultures choisis.



***Références  
bibliographiques***



### A

**Abibsi, N. (2011).** Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantent (phyto-épuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra, (Doctoral dissertation, Faculté des sciences et de la technologie, université de Biskra, 149.

**Abouelouafa, M., El Halouani, H., Kharboua, M., & Berrichi, A. (2002).** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda : canal principal et Oued Bounaïm. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 22(3), 143-15.

**Aboukacem, A., Chahalaoui, A., Soulaymani, A., Rhazi-Filali, F., Et Benali, D. (2007).** Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc). *Revue. Microbiologie. Industrielle. Sanitaire. Environnement*, 1, 10-22.

**Abu-Zeid, K. M. (1998).** Recent trends and developments : reuse of wastewater in agriculture. *Environmental Management and Health*, 9(2), 79-89.

**ADEME, E. D. D. (2010).** Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France. p 429.

**AFD. (2011).** Réutilisation des eaux usées traitées - Perspectives opérationnelles être commandassions pour l'action. France, AFD, 85.

**Agarwal, S. K. (2005).** Water pollution (Vol. 2). APH publishing.

**Agence De La Sante Publique Du Canada. (2011).** Salmonella entericaspp. In Agence de la santé publique du Canada. Fiche technique santé-sécurité : agents pathogènes. <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/salmonella-ent-fra.php> (Page consultée le 18 juillet 2020).

**Agunwamba, J. C. (2001).** Analysis of Socio economic and Environmental Impacts of Waste Stabilization Pond and Unrestricted Wastewater Irrigation : Interface with Maintenance. *Environmental Management*, 27(3), 463-476.

**Alain, B., Laurence, B. (2001).** Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnemental. Université Euro Méditerranée Tehys.

**Al-Hamdi, M. L. (2000).** Competition for scarceground water in the Sana'a plain, Yemen. A study of the incentivesystems for urban and agricultural water use. CRC Press,

## Références bibliographiques

---

**Allouche, F., Lamri, D., et Zahf, F. (1999).** Surveillance de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de contamination niveau des trois communes : Ali boussid, Saby, Ben Badis, wilaya de Sidi Bel Abbes, mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état en biologie, Université de sidi bel Abbes.

**Amine, S. (2008).** Algérie : sur les 300 stations d'épuration, seules 36 sont fonctionnelles. Mon journal (DZ), Algérie, 2p. <http://archives.tsaalgerie.com/divers>.

**Amir, S. (2005).** Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de Doctorat. Institut National polytechnique de Toulouse. 309.

**Anjou. (2008).** Elimination de la matière organique dans les concentras membranaires-, 69.

**Archibald, F. (2000).** The presence of coliformbacteria in Canadian pulp and papermill water systems - a cause for concern ? *Water QualityResearch Journal*. Canada, 35(1), 1-22.

**Aroua, A. (1994).** L'homme et son milieu. Edition société national. Alger, 73-85.

**Asano, T. (1998).** Wastewaterre clamation and reuse. Water quality management library, CrcPress.(10). 1475.

**Asano, T., Burton, F. L., Leverenz, H. I., Tsuchihashi, R., AndTchobanoglous, G. (2007).** Characteristics of municipal wastewater and related health and environmental issues. Water reuse : issues, technologies, and applications. New york (US) : metcalf& Eddy.

**Asano, T., Maeda, M., And Takaki, M. (1996).** Wastewater reclamation and reuse in Japan : overview and implementation examples. *Water Science and Technology*, 34(11), 219-226.

**Aubry, G. (2003).** Enlèvement de l'azote des eaux usées par un procédé à culture fixée immergée. Mémoire présenté à la faculté des études supérieures de l'université Laval pour l'obtention du grade de maitresses sciences. Université Laval Québec .161.

**Audic, J. M. (1990).** Evolution des technologies d'élimination des microorganismes. In IFREMER acte de colloque. LEBACLE, I. DOMIER. Paris, 11, 133-48.

**Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985).** Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. Food and Agricultural Organization. Rome, 1, 74.

**Azzam, R. A. (1980).** Agricultural polymers polyacrylamide preparation, application and prospects in soilconditioning. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 11(8), 767-834.

### B

- Bahri, A. (1987).** Utilization of treated wastewaters and sewage sludge in agriculture in Tunisia. *Desalination*, 67, 233-244.
- Bahri, A. (1998).** Fertilizing value and polluting load of reclaimed water in Tunisia. *Water Research*, 32(11), 3484-3489.
- Baize, D. (2000).** Guide des analyses en pédologie : choix-expression-présentation-interprétation. Institut National de la recherche Agronomique, 2e éd. Paris, (631.42 B3.), 266.
- Balis, J-F. (2006).** Assainissement des eaux usées. Institut national de la recherche scientifique eau, terre et environnement, cours d'eau 454.
- Bassompierre, C. (2007).** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de doctorat. Grenoble : Institut National Polytechnique, 232.
- Baudišová, D. (1997).** Evaluation of *Escherichia coli* as the main indicator of faecal pollution. *Water Science and Technology*, 35(11-12), 336-336.
- Baumont, S., Camard, J. P., Lefranc, A., & Franconie, A. (2004).** Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220.
- Baumont, S., Camard, J.P., Lefranc, A., Franconi, A., (2005).** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.
- Bazza, M., Xanthoulis, D. (2003).** Irrigation avec les eaux usées traitées : manuel d'utilisation industrielle, (46), 7. Édition DUNOD technique, Paris, 968- 1046.
- Beaupoil, A., Le Borgne, C., Mucig, C., & Roux, A. (2010).** Risques sanitaires liés à la réutilisation d'eaux usées traitées pour l'aéropersion des espaces verts.
- Bechak, J., Butin, P., Mercier, B. (1983).** Traitement des eaux usées. 2eme Edition.
- Bekkouche, M., Zidane, F. (2004).** Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville d'Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Université. D'Ouargla. 67.
- Belghyti, D., El Guamri, Y., Ztit, G., Ouahidi, M., Joti, M., Harchrass, A., ... & Bounouira, H. (2009).** Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 5(2).

## Références bibliographiques

---

- Belgiorno, V., Rizzo, L., Fatta, D., Della Rocca, C., Lofranoa, G., Nikolaou, A., Naddeo, V. Meric, S. (2007).** Review on endocrine disrupting-emerging compounds in urban wastewater : occurrence and removal by photocatalysis and ultrasonic irradiation for wastewater reuse. *Desalination*, 215(1-3), 166–176.
- Berge, Y. (1984).** Gram-negative bacteria of general, medical, or industrial importance. Lst édition, 1.
- Bernier, A. (2015).** Caractérisation de la matière organique dans les eaux naturelles et traitées par spectroscopie de fluorescence 3D-. Mémoire de master. Université Laval-Canada- : Génie civil, 108.
- Bixio, D., Wintgens, T. (2006).** Water Reuse System Management Manual Aquarec ; Office for Official Publications of the European Communities, European Commission : Brussels, Belgium.
- Bliefert, C., Perraud, R. (2001).** Chimie de l'environnement air, eau, sols, déchets. Edition : De Boeck Supérieur. Bruxelles. 477.
- Block, JC. (1982).** Elimination des microorganismes au cours du traitement des eaux usées urbaines, point sur l'épuration et le traitement des effluents (eau- air).Tome 1. Coordonné par Guy M. Paris. Lavoisier Technique et Documentation. 1. 214.
- Boeglin, J. C. (2002).** Traitement physico-chimiques de la pollution insoluble technique d'ingénieur, Environnement G. Paris. 270.
- Bordet, J. (2007).** L'eau dans son environnement rural, Assainissement des agglomérations. Édition Lavoisier, édition TEC& DOC. . Paris: Johanet.
- Bouaroudj, S. (2012).** Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation. Mém magister. Université Mentouri Constantine. 75.
- Bouchaala, L., Charchar, N., &Gherib, A. E. (2017).** Ressources hydriques: traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie. *Algérien journal of arid environment*, 12, 84-95.
- Bouchet, C. (2008).** Recyclage et réutilisation des eaux usées : ou en sommes-nous ? L'eau, l'industrie, les nuisances, (308), 33-42.
- Boudeal., et Djouid, H. (2003).** Pollution de l'Oued boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèse ing, tatho des écosystèmes universitaires, Stif. 6-13.

## Références bibliographiques

---

**Boulkroune, B. (2008).** Estimation de l'état des systèmes non linéaires à temps discret. Application à une station d'épuration, Thèse doctorat, Algérie, 145.

**Bouzaini, M. (2000).** L'eau de la pénurie maladie. Ed. I BN-KHALDOUN. , Oran: 59-64. Bureau d'étude et de réalisation des ouvrages U.R.T.O, PADV de Hassi ben abdellah Phase 1 : rapport d'orientation, 1-4.

**Brega Filho, D., & Mancuso, P.C. (2003).** Water reuse; University of São Paulo-Faculty of Public Health: São Paulo, Brazil, 579.

**Brenner, F. W., Villar, R. G., Angulo, F. J., Tauxe, R., & Swaminathan, B. (2000).** Salmonella nomenclature. *Journal of clinical microbiology*, 38(7), 2465-2467.

### C

**Calvet, R., Barriuso, E., Bedos, C., Benoit, P, Charnay, M. P., & Coquet, Y. (2005).** Les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales. Paris: Edition France Agricole, 637.

**Camille, D. (2014).** Pratique en microbiologie de laboratoire. Recherche des bactéries et des levures-moisissures. Lavoisier, Paris, France.

**Candela, L., Fabregat, S., Josa, A., Suriol, J., Vignes, N., and Mas, J. (2007).** Assessment of soil and ground water impacts by treated urban wastewater reuse. A case study : Application in a golf course (Girona, Spain). *Science of the Total Environ.* 374(1), 26–35.

**Cardot, C. (1999).** Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et biologiques: cours et problèmes résolus. Ellipses Edition Marketing.

**Cauchi, H., Nakache, S. D., Zagury, B., Carré, C., Denis, D., Larbaigt, D., Martigne, S. (1996).** Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. *Techniques, Sciences et Méthodes* 2, 81-118.

**CEAEQ : Centre D'expertise En Analyse Environnementale De Quebec. (2000).** Recherche et dénombrement des entérocoques ; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale Québec, Gouvernement du Québec.25.

**Ceretta, M. B., Vieira, Y., Wolski, E. A., Foletto, E. L., & Silvestri, S. (2020).** Biological degradation coupled to photocatalysis by ZnO/polypyrrole composite for the treatment of real textile waste water. *Journal of Water Process Engineering*, 35, 101-230.

**Cgiar, I. (2012).** Global Experiences in Water Reuse – resource recovery & Reuseseries 4.



## Références bibliographiques

---

**Chachoua, M., Seddini, A. (2013).** Étude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 9(3), 113-121.

**Chachuat, E., Roche, N., & Latifi, M. A. (2007).** Nouvelle approche pour la gestion optimale de l'aération des petites stations d'épuration par boues activées. *L'eau, L'industrie, les nuisances*, 240, 24-30.

**Chahlaoui, A. (1996).** Etude Hydrobiologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact, sur l'environnement et la santé. Thèse d'Etat, Fac. Sci. Meknès, 234.

**Chéle, F., Dellale, M., Dewachter, M., Mapakou, F., Vermey, L. (2005).** L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15.

**Cherak, L. (1999).** Étude expérimentale de l'influence des eaux résiduaires (Batna, fedis, El- madher) sur certaines activités microbiennes (minéralisation du carbone et de l'azote) dans un sol calcaire de la région d'El- Madher (W.de Batna). Incidence sur les microflore telluriques et le comportement d'une graminée fougère (*Avenaabla "WL"-88*). Thèse magister- institue d'agronomie. Université Batna, 108.

**Chocat, B. (1997).** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. Edition Tec & Doc Lavoisier, Paris, 1124.

**Clausen, E. M., Green, B. L., & Litsky, W. (1977).** Fecalstreptococci : indicators of pollution. In : Hoadley, AW et BJ Dutka, édit., *Bacterial indicators /health hazards associated with water*. American Society for Testing and Materials, ASTM STP 635, 247-264.

**Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D., & Savelli, H. (2010).** Sick Water? The Central Role of Wastewater Management in Sustainable Development : A Rapid Response Assessment; Earthprint: Arendal ; GRID-Arendal ; United Nations Environment Programme (UNEP); Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (UN-HABITAT)ilus, mapas, 88.

**Couture, I. (2006).** Analyse d'eau pour fin d'irrigation MAPAQ Montérégie-Est agri-vision 2003-2004. 8.

**Cruz, R. (2009).** Irrigation water measurement. *Tecnicaña*, 34, 27-33.

## D

## Références bibliographiques

---

**Dahou, M. E.(2011).** Valorisation de la biomasse à des fins énergétique : production de biogaz à partir des boues de la station de lagunage de la ville d'Adrar, Mémoire De Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla.

**Dali, Z. et Bentaleb, F. (2005).** Impact humaine sur l'environnement « cas de l'ensablement de la région de Boussaâda ». Mémoire d'ingénieur, Université de M'sila, 71.

**Daloz, A. (2007).** L'épuration des eaux usées par les filtres plantés de macrophytes, Mémoire de fin d'étude, école nationale supérieure d'architecteur de Lyon, 26.

**Dekhil-Soror, W., Zaibet, M. (2013).** Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA. Mémoire de Master, université de Bordj Bou Arreridj.

**Deronzier, G., Choubert, J. M. (2004).**Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées. Document technique FNDAE, 29.

**Derradji, M. (2014).** Contribution à l'étude de la tolérance des plantes épuratrices dans l'épuration des eaux usées : stratégie et application. Thèse de doctorat en science, option : Toxicologie. Université Badji Mokhtar. Annaba, 92.

**Désiré DIHANG, Pierre AIMAR, Joseph KAYEM, Sylvère NDI KOUNGOU. Désiré DIHANG. (2008).** Coagulation and flocculation of laterite suspensions with low levels of aluminum chloride and polyacrylamids. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification 47, Issues 9-10, 1509-1519

**Djemil, W., Hannouche, M., &Belksier, M. S. (2018).** Reuse of treated wastewater in agriculture : physicochemical quality and environmental risks. Case of wastewater treatment plant of Baraki and Beni Messous. Algeria. In AIP Conference Proceedings, AIP Publishing LLC, 020011(1) ,1968.

**Dudek, N. K., Sun, C. L., Burstein, D., Kantor, R. S., Goltsman, D. S. A., Bik, E. M., ... &Relman, D. A. (2017).** Novel microbial diversity and functional potential in the marine mammal oral microbiome. Current Biology, 27(24), 3752-3762.

**Duncan, M. (2003).** Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries. UK.

**Dupray, E., Derrien, A. (1995).** Influence of the previous stay of Escherichia coli and Salmonella spp. in waste waters on their survival in seawater. Water Research, 4(29), 1005-1011.

## Références bibliographiques

---

**Duquesne, S. (1994).** Pollution métallique et biomarqueurs : les métallothionéines : indicateurs biologiques de la contamination de l'environnement. *Analisis* (Imprimé), France, 22(1), 20-23.

### E

**Edberg, S. C. L., Rice, E. W., Karlin, R. J., & Allen, M. J. (2000).** Escherichia coli : the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of applied microbiology*, 88(1), 106-116.

**Edeline, F. (1996).** L'épuration physico-chimique des eaux. 3ème édition. Ed. CEBEDOC, Paris, 283.

**Edwards, R. A., & Rohwer, F. (2005).** Viral metagenomics. *Nature Reviews Microbiology*, 3(6), 504-510.

**El Mehdi, Dadi. (2010).** L'évaluation de la Possibilité de Réutiliser en Agriculture L'effluent Traité de la Commune de Drarga, Doctoral dissertation, Université de Sherbrooke, Québec, Canada.89.

**Exall, K. (2004).** A review of water reuse and recycling, with reference to Canadian practice and potential: 2. Applications. *Water Quality Research Journal*, 39(1), 13-28.

### F

**Faby, J. A. (2003).** L'irrigation Avec Des Eaux Usées Traitées, Manuel D'utilisation, Document technique FNDAE (Fonds Notionnels pour le Développement des Adductions d'Eau). Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Bureau Régional pour le Proche-Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord. Hors- série (11).

**Faby, J. A., et Brissaud, F. (1997).** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76.

**Faby, J. A., et Brissaud, F. (1998).** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Compte rendu d'étude de l'Office International de l'Eau, 18.

**FAO. (2003).** (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Etude de l'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation FAO irrigation and drainage papier.

**Fredrickson, J. K., Zachara, J. M., Balkwill, D. L., Kennedy, D., Shu-Mei, W. L., Kostandarithes, H. M., ... & Brockman, F. J. (2004).** Geomicrobiology of high-level nuclear waste-contaminated vadose sediments at the Hanford Site, Washington State. *Applied and environmental microbiology*, 70(7), 4230-4241.

### G

**Gaid, A. (1984).** Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tome I, édition OPU, Alger, 261.

**Galkina, E., & Vasyutina, O. (2018).** Reuse of treated wastewater, In IOP Conference Series : Materials Science and Engineering, 365(2), 7.

**Gaujous, D. (1995).** La pollution des milieux aquatique : aide-mémoire. Edition technique et Documentation Lavoisier, 220.

**Gauthier, F., and Archibald, F. (2001).** The ecology of "fecalindicator", bacteria commonly found in pulp and paper mill water Systems, *Water Research*, 35(9), 2207-2218.

**Ghali, S. (2008).** Etude de la carbonisation d'un précurseur végétale, les noyaux d'olives, utilisation dans le traitement des eaux. Mémoire de magistère en chimie, Université du 20 août 1955 de Skikda, 11.

**Girard, M.C., Schwartz, C., & Jabiol, B. (2011).** Étude des sols : description, cartographie, utilisation. Coll. Sciences sup., Dunod, Paris, 432.

**Gleeson, C., et Gray, N. (1997).** The Coliforme index and water bornedisease. E and FN Spoon. 194p. Fiche Entérocoques et streptocoques fécaux, 49-53.

**Goel, P. K. (2006).** Water pollution : causes, effects and control. New Age International. p418.

**Grosclaude, G. (1999).** L'eau : tome I. Milieu naturel et maîtrise. Ed INRA, Paris.

**Guermoudi, S., et Kaddour, Z. (2010).** Caractérisations des eaux usées traités par la station d'épuration d'Ain El Houtz. Identification préliminaire de quelque bactérie responsable de dysfonctionnement, mémoire d'ingénieur d'état en biologie, Université Abou bekr Belkaid \_Tlemcen.

**Guesnier, B. (2010).** L'eau et le développement durable : un couple en rupture sans gouvernance sociétale et coopération décentralisée. Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie, 1(1).

**Guiraud, Joseph-Pierre.**(2012). Microbiologie alimentaire, Paris : Dunod, 576.

### H

**Hade, A. (2003).** Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger. Les Editions Fides, 359.

**Hammadi, B., &Abdelhafid, B. A. (2017).** Lagunage Aéré en Zone Aride Performances Epuratoires, Paramètres Influent : Cas de la Région d'Ouargla, Chimie Analytique et Contrôle de l'Environnement, (Doctoral dissertation), L'Université KASDI Merbah-Ouargla, 12.

**Hamoda, M.F. (2004).** Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries. Desalination, 165, 31-41.

**Hamsa, D. (2006).** Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation de l'essence forestière urbaine, mémoire de fin d'étude de Magistère en Ecologie et Environnement Université de Constantine.

**Hannachi, A., Gharzouli, R., &Tabet, Y. D. (2014).**Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. LARHYSS Journal, 1112-3680(19), 2521-9782.

**Hanon, M., et Rouelle, A. (2011).** Qualité des eaux distribuées par le réseau publique en Wallonie. Direction des eaux souterraines de l'état environnemental. Bruxelles. Belgique, 10.

**Hart, T., et Shears, P. (1997).** Atlas de poche microbiologie. 1ère édition Flammarion. Médecine- sciences. France, 313.

**Haslay, C., et Leclerc, H. (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Techniques et documentation, Lavoisier, Paris, France.

**Hébert, S., et Légré, S. (2000).** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5.

**Helmer R., Hespanhol I., and Saliba L.J. (1991).** Public health criteria for the aquatic environment : recent WHO guidelines and their application. Water Science and Technology 24(2), 35-42.

**Henaut, A. (2011).** Pollution de l'air et de l'eau. Les dossiers de science et politiques publiques, Rapport, 2.

**Hernandez-Sancho, F., Molinos-Senante, M., & Sala-Garrido, R. (2010).** Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes : An empirical approach for Spain. *Sci. Science of the total environment*, 408(4), 953–957.

**Hummer, N., & Eden, S. (2016).** Potable Reuse of Water. Arroyo. University of Arizona Water Resources Research Center, Tucson. <http://wrrc.arizona.edu/publications/arroyo-newsletter/arroyo-2016-Potable-Reuse-of-Water>.

**Hyaric, R. (2009).** Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épuration, Thèse de doctorat en sciences de l'environnement industriel et urbain, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 190.

### J

**Janssen, B. H., Boesveld, H., And Rodriguez, M. J. (2005).** Some theoretical considerations on evaluating wastewater as a source of N, P and K for crops. *Irrigation and drainage : The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*, 54(1), 35-47.

**Jaramillo, M.F. (2014).** Potencial de Reus de Agua Residuales Domesticas como Estrategia de Prevencion y Control de la Contaminacion en el Valle Geografico del rio Cauca. Doctoral dissertation, Masters Thesis, Universidad Valle, Cali, Colombia.

**Jarde, E. (2002).** Composition organique de boues résiduaires de station d'épuration lorraines: caractérisation moléculaires et effets de la biodégradation. Th. Doc. Université. Henri Poincaré. Nancy I en sciences de l'Univers. 286.

**Jimenez, B. (2006).** Irrigation in developing countries using wastewater. *International Review for Environmental Strategies*, 6(2), 229-250.

**Jiménez, B., & Garduño, H. (2001).** Social, political and scientific dilemmas for massive wastewater reuse in the world. *Navigating Rough Waters : Ethical Issues in the Water Industry*, American Water Works Association, Denver, CO.

**Jiménez-Cisneros, B. (2014).** Water Reuse and Recycling. In Satinder A. (Ed.), *Comprehensive Water Quality and Purification*. Amsterdam (Pays-Bas): Elsevier, 296–323.

**Joffin, J. N., Leyral, G. (1988).** Microbiologie technique. Tome 1, 4e édition. Canopé - Centre régional de documentation pédagogique, de Bordeaux. 278.

## Références bibliographiques

---

**Joly, B., & Reynaud, A. (2003).** Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edition technique et documentation, paris, 356.

**JORA. (2006).** Journal Officiel de la République Algérienne.

**JORA. (2012).** Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (41), Dimanche 25 Chaâbane 1433, Correspondant au 15 juillet 2012. Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Luca R, 2004. Modél

**JORA. (2013).** Journal Officiel de la République Algérienne.

**Juan-Torres, A., & Harbarth, S. (2007).** Prevention of primary bacteraemia. International Journal Antimicrob Agents; 30(1), 80-7.

### K

**Karaali, R., Khataf, M., et Reggam, R. (2008).** Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées avant et après épuration : cas de la station d'épuration de la ville de Guelma (Nord-est Algérie). Mémoire diplôme d'ingénieur. Université 08 Mai 45. Guelma. 25-32 et 61-65.

**Keltoum, N., & Abdelkader, D. (2013).** Evolution Géochimique des Eaux Souterraine de la Plaine du Haut Cheliff. Procédions du Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement SIHE Ouargla.

**Keremane, G. (2017).** Governance of Urban Wastewater Reuse for Agriculture : A Framework for Understanding and Action in Metropolitan Regions. Springer.

### L

**Ladjel, F. (2006).** Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA-Boumerdes, 80.

**Larrose, A. (2011).** Quantification et spatialisation de la contamination en éléments traces métalliques du système fluvio-estuarien girondin. Thèse de doctorat en géochimie et écotoxicologie, Université de Bordeaux 1.

**Lawrence, C. M., Menon, S., Eilers, B. J., Bothner, B., Khayat, R., Douglas, T., & Young, M. J. (2009).** Structural and functional studies of archaeal viruses. Journal of Biological Chemistry, 284(19), 12599-12603.

**Lazarova, V., Levine, B., & Renaud, P. (1998).** La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000. *L'eau, l'industrie, les nuisances*, (212), 39-46.

**Legros, N. (2017).** La réutilisation des eaux usées traitées en irrigation comme incubateur d'un processus de pérennisation et de bonne gouvernance des infrastructures d'assainissement : cas pratique de la station d'épuration de Tidili au Maroc. p 191

**Leyral, G., Ronnefoy, C., & Guillet, F. (2002).** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Paris : collection : biosciences technique, série : science des aliments .248.

### M

**Manga, J., Logreira, N., & Serrat, J. (2001).** Wastewater reuse: An available water resource. *Engineering and Development*, (9), 12–21.

**Mara, D. D. (1980).** Sewage treatment in hot climates. New York : John Wiley ; 168.

**Mclellan, S.L., Daniels, A.D., and Salmore, A.K. (2001).** Clonal populations of the motolerant Enterobacteriaceae in recreational water and their potential interference with fecal Escherichia coli counts. *Applied and Environmental Microbiology* 67,4934-4938.

**Medjabbri, S. (2013).** Evaluation De L'efficacité De Traitements Biologique Dans L'épuration Des Eaux Résiduaire, (Ville de KOLEA), restauration des écosystèmes aquatique continentaux, université Saad Dahleb de Blida. 6-7.

**Mehaiguene, M., Touhari, F., & Rahmouni, A. (2018).** Réutilisation des eaux usées épurées de la STEP d'Ain Defla à des fins agricoles. *Systèmes Agricoles et Environnement*. 2(1), 26-40.

**Mehaiguene, M., Touhari, F., & Rahmouni, A. (2010).** Direction de l'hydraulique wilaya d'Ain Defla, Etude du système d'épuration des eaux usées des villes de Khemis Miliana et Miliana, wilaya d'Ain Defla.

**Mekkakia, M. (2001).** Pollution des eaux du sous bassin versant de l'oued mina. Thèse magister en écologie et environnement, 134.

**Metahri, M.S. (2012).** Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou, thèse de doctorat, spécialité : Agronomie, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 21- 23.



## Références bibliographiques

---

**Miquel, M. G. (2001).** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'Environnement et la santé. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Assemblée Nationale Française, Paris, (2979), 365.

**Mizi, A. (2006).** Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejala et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat .Université de Badji Mokhtar. Annaba.

**Moscoso, C. J., &Egocheaga, Y. L. (2002).** Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina : Realidad y Potencial. In Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental; AIDIS: Lima, Peru.

**Mouchet, P. (2000).** Traitement des eaux avant utilisation, Matières particulaire. Ed. Technique de l'ingénieur, traité environnement, 1173, 1- 19.

**Murray, Be. (1990).** The life and times of the Enterococcus. Clin MicrobiolRev, 3, 46-65.

### O

**OMS. (1989).** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à visée sanitaires, Série de rapports techniques, Organisation mondiale de la Santé, Genève, (77882), p.

**OMS. (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 1050.

**OMS. (2006).** WHO guidelines for the safe use of waste water, excreta and grey water, volume II, wastewater use in agriculture, 222.

**OMS. (2012).** « Directives oms pour L'utilisation sans risque des Eaux usées, des excréta Et des eaux ménagères, Utilisation des eaux usées en agriculture », Volume II.

**OMS. (2005).** Etude Parasitologie médicale : technique de base pour le laboratoire, 119.

**Ouanouki B., Abdellaoui N., Ait Abdallah N., (2009).** Application in Agriculture of Treated Wastewater and Sludge from a Treatment Station European Journal of Scientific Research. 602-619.

### P

**Paranychianakis, N.V., Salgot, M., Snyder, S.A., & Angelakis, A.N. (2015).** Quality Criteria for Recycled Waste water Effluent in EU-Countries : Need for a Uniform Approach. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(13), 1409–1468.

**Pearson, H.W., Mara, D.D., Milis., S.W., & Smallman, D.J. (1987).** Physico-chemical parametres influencing fecal bacteria sur vival in wast stabilization pond, *wat. Sci. Tech.*, 18(10), 37-46.

**Pescod, M. B., & Arar, A. (Eds.). (2013).** Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation : Proceedings of the FAO Regional Seminar on the Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation Held in Nicosia, Cyprus, 7–9 October, 1985. Elsevier.

**Phocaidès, A. (2008).** Manuel des techniques d'irrigation sous pression. FAO.

### R

**Rejsek, F. (2002).** Analyse des eaux ; aspect réglementaire et techniques, Tome I. Edition Scrérén CRDPA quitaine, Bordeaux. 71, 144-358.

**Rhoades, J.D. (1977).** Potential of using saline agricultural drainage waters for irrigation. In *Proc. Water management for irrigation and drainage*. ASAE, Reno, Nevada, July 1977:85-116.

**Ringot, B. (2010).** Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux ; les moyens techniques de protection des usagers ou des usages groupe de travail ; Réutilisation des eaux usées traitées. Rapport d'activités. Initiative Co-associative AXE n°1. 42p.

**Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition DUNOD technique. Paris, 1008-1043.

**Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9 eme édition : Dunod, Paris. 1600.

**Rodier, J. C. (2007).** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer). 8ème édition. Edition DUNOD. 1384.

**Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J. P., Chambon, P., Champsaur, H., & Radi, L. (1996).** L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ieme édition DUNOD. Paris, France, 557-570 et 968-1079.

**Rose, J., and Angelakis, A. N. (2014).** The evolution of sanitation and wastewater management throughout the centuries : past, present, and future, *Evolution of Sanitation and Wastewater Management through the Centuries*, (London : IWA Publishing), 507–528.

**Rotbardt, A. (2011).** Réutilisation des eaux usées traitées – perspectives opérationnelles et recommandations pour l’action. Agence Française de développement, rapport final, 91.

### S

**Sahnoun, M. E. (2015).** Epuration des eaux usées du centre culturel islamique – Sidi Okba - par un filtre de macrophyte. Mémoire de Master en Hydraulique, option, Hydraulique Urbaine. Université Mohamed Khider. Bisekra.

**Saifi, H., Saifi, R., Benabdelkader, M., Saidi, M., Mabrouk, Y. (2018).** Impact des Stations d’Epuration des Eaux Usées sur l’Environnement. *Revue des Energies Renouvelables SIENR’18 Ghardaïa*, 87 – 91.

**Salghi, R. (2004).** Différents filières de traitement des eaux. *Cours*. Ecole Nationale des Sciences Appliquées d’Agadir (ENSA Agadir) université Ibn Zohr du Maroc, 22.

**Samake, H. (2002).** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, mémoire de thèse de la faculté de Médecine, de Pharmacie et d’Odonto-Stomatologie de l’Université. De Bamako, Mali, 71. Consultée le 22août 2020.

**Semaoune, M. (2008).** Etude comparative de l’aération par déstratification et de l’aération hypolimnique : application sur le HALL WIL en Suisse. Doctoral dissertation, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, Algérie.

**Seq Eau, (2003).** Système d’évaluation de la qualité des cours d’eau. Grille d’évaluation SEQ-EAU version 2. MEDD & agence de l’eau. 40.

**Shakir, E., Zahraw, Z., & Al-Obaidy, A. H. M. (2017).** Environmental and health risk associated with reuse of wastewater for irrigation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(1), 95-102.

**Sharpe, M.E., & ME, S. (1979).** Identification of the lactic acid bacteria, identification methods for microbiologists. Skinner F and DW, Lovelock Ed. Academic press. London.

## Références bibliographiques

---

**Sibanda P.T., (2017).** Evaluation de l'efficacité du traitement des eaux usées par le procédé des boues activées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de réghaia, Microbiologie et Toxicologie Alimentaire, 3-4. Techniques et documentations, Paris, 1124.

### S

**Slimani, R. (2003).** Contribution à l'étude hygiénique les caractères physico-chimique des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique. Mem. Ing. Eco et Eno. Ecosystème steppique et saharien. Uni d'Ouargla .85.

### T

**Tahinarisata, S. U. (2017).** Étude de l'automatisation d'une unité de traitement d'eaux usées industrielles, mémoire de master. Université d'Antananarivo, 126.

**Tallec, G., Garnier, J., Billen, G., Gousailles, M. (2006).** Nitrous oxide emissions from second aryactivated sludge in nitrifying conditions of urban wastewater treatment plants : effect of oxygenation level. Water research, 40(15), 2972-2980.

**Thomas, D., Sumberg, J. E. (1995).** A review of the evaluation and use of tropical forage legumes in sub-SaharanAfrica. Agriculture, Ecosystems and Environment, 54, 151-163.

**Thomas, O. (1955).** Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192.

**Toze, S. (2006).** Reuse of effluent water-benefits and risks, agricultural water management, 80(1-3), 147–159.

**Toze, S. (1999).** PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. Water Research. 33(17), 3545-3556.

**Triferto. (2008).** Le marché des engrais chimiques en mouvement, En ligne.

### V

**Vandermeersch, D. (2005).** Prosecuting International Crimes in Belgium. Journal of International Criminal Justice, 3(2), 400-421.

**Vandermeersch, S. (2006).** Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, en vue de l'obtention du grade académique de diplômé d'Etudes Spécialisées en gestion de l'environnement, Université libre de Bruxelles.

## Références bibliographiques

---

**Vilagines, R. (2003).** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2<sup>e</sup> édition, Editions Tec&Doc, 198.

**Villagines, R. (2000).** Eau, Environnement et santé publique. 2<sup>e</sup>me édition. Ed. TEC & DOC, Paris, 174.

### W

**Werther, J., Ogada, T. (1999).** Sewages ludge combustion, Progress in Energy and Combustion Science, 25(1), 55-116.

**Winpenny, J., Heinz, I., Koo-Oshima, S., Salgot, M., Collado, J., Hernandez, F., & Torricelli, R. (2013).** Water Reuse in Agriculture : Benefits for All ; FAO: Rome, Italy, 124.

### Y

**Yazid, B. (2014).** Évaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « Allium cepa ». Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, 158.

### Z

**Zahra, F., Chabou, A., Tifour, R. (2019).** Etude des paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux usées de la station d'épuration de KOLEA wilaya de TIPAZA, Ecosystèmes aquatiques, Université de BLIDA.

**Zambrano, D. (2012).** Minimization, and Prevention as a Strategy for the Control of Pollution by Municipal Wastewater in the Expansion Zone of Cali. Master's Thesis, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

## Références bibliographiques

---

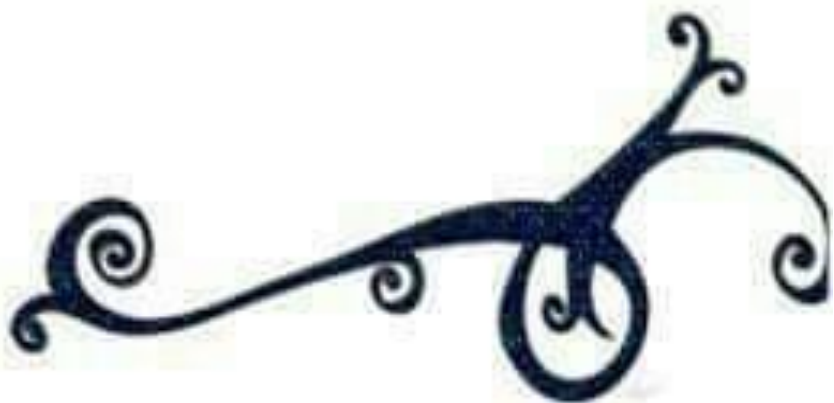
### Site internet

Taha Derbal. Placé sous la tutelle du Ministère des Ressources en Eau, l'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national à caractère industriel et commercial (E.P.I.C), créé par décret exécutif n° : 01-102 du 21 Avril 2001. ([www.onid.com](http://www.onid.com), **2012**). Consulté le (02/08/2020).

**Algérie préserve service, (2020)**. Ghardaïa : étude pour la réutilisation des eaux épurées à des fins d'irrigation agricole. <http://www.aps.dz/regions/110104-ghardaia-etude-pour-la-reutilisation-des-eaux-epurees-a-des-fins-d-irrigation-agricole> . Consulté le (27/07/2020).



## ***Annexe***



## Annexe

**Annexe i** : Normes physico-chimiques de rejet selon l'OMS 2006 et le JORA 2006, 2012,2013

Paramètres	Unités	Norme OMS	Norme JORA
Température	°C	<30	30
pH		6.5-8.5	6.5-8.5
CE	us/m	<1250	Non disponible
MES	mg/l	<30	35
DBO5	mg/l	<30	35
DCO	mg/l	<90	120
NH <sub>4</sub> <sup>*</sup>	mg/l	1	50
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	1	Non disponible
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	1	Non disponible
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	2	2
NT	mg/l	50	Non disponible
PT	mg/l	2	2

(OMS, 2006 ; JORA, 2013)

**Annexe ii** : Normes microbiologiques de rejet des eaux épurées (OMS 2006).

Paramètre	Unité	norme
Coliformes totaux	germes/100 ml	10 <sup>3</sup> -10 <sup>7</sup>
Coliformes fécaux	germes/100 ml	10-10 <sup>6</sup>
Streptocoques fécaux	germes/100 ml	10-10 <sup>5</sup>
Salmonelles	germes/100 ml	0- 10
Vibrion cholériques	germes/100 ml	0- 10
Kystes de protozoaires	Kystes/100ml	0- 10
Œufs d'helminthes	Œufs/100ml	0- 10

(OMS, 2006)



## Annexe

**Annexe iii** : Normes physico-chimiques des eaux épurées destinées pour l'irrigation (OMS, 1989 ; JORA, 2012).

paramètres	Unité	Normes OMS	Norme JORA
Température	°C	<30	<30
pH		6.5-8.5	6.5-8.5
Conductivité électrique	us/cm	<3000	<3000
MES	mg/l	<30	<30
DCO	mg O <sub>2</sub> /l	<40	<90
DBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	<30	<30
Azote total	mg/l	<50	<50
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	<50	<30
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	<1	Non disponible
Nh <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	<2	Non disponible
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	mg/l	< 0.94	<02
PT	mg/l	<0.94	Non disponible

(OMS, 1989 ; JORA, 2013)

**Annexe iv** : Normes microbiologiques des eaux épurées destinées pour l'irrigation MFE (ministère français de l'environnement).

Paramètres	Unité	Norme MFE
Coliformes totaux	UFC/100ml	< 50 000
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	< 20 000
Salmonelles	UFC/ 100ml	Non disponible

## Annexe

**Annexe v** : Normes microbiologiques des eaux épurées destinées pour l'irrigation (OMS, 1989 et JORA, 2012)

Paramètres	Unité	Norme OMS	Norme JORA
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	<1000	Non disponible
Coliformes fécaux	nombre de CF/100ml	Non disponible	<1000

**Annexe vi** : Résultats des analyses physico-chimiques

Date de prélèvements	T °C		PH		CE	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE
F1 :03/02/2019	16,2	16	7,74	7,94	1265	1122
F2 :12/02/2019	12,9	12,5	7,83	8,02	1340	1215
F3 :18/02/2019	15,1	14,7	7,63	8,14	1328	1151
F4 :27/02/2019	14,6	13,2	7,24	7,54	1256	1100
M1 :04/03/2019	15,9	16	7,38	7,42	1276	1177
M2 :16/03/2019	16,9	16,7	7,56	7,9	1230	1104
M3 :30/03/2019	17,6	17,4	7,34	7,65	1237	1116
A1 :05/04/2019	17	17,4	7,57	7,88	1231	1000
A2 :17/04/2019	20	20,04	8,12	8,59	1226	1111
A3 :22/04/2019	20,5	20,5	7,31	7,73	1178	998
MA1 :07/05/2019	22,6	22,1	7,46	7,97	1283	1152
MA2 :15/05/2019	21,4	21,8	7,22	7,29	1230	1136
MA3 :21/05/2019	21,3	21,6	7,65	8,03	1234	1124
Moyenne	17,84	17,68	7,54	7,85	1254,92	1115,84

## Annexe

Date de prélèvements	MES (mg/l)		DBO <sub>5</sub> (mgO <sub>2</sub> /l)		DCO (mgO <sub>2</sub> /l)		DCO/ DBO <sub>5</sub>
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB
F1 :03/02/2019	112	13	72	6,3	94,4	22,7	1.3111
F2 :12/02/2019	282	23,5	177	4	594	71,8	3.3559
F3 :18/02/2019	364	5	290	4	367	40	2.3335
F4 :27/02/2019	142	14,5	276	3,1	1129	26,2	4.0905
M1 :04/03/2019	92	24	93	8	199	65,2	2.1397
M2 :16/03/2019	166	20,5	156	7,8	339	38,6	2.173
M3 :30/03/2019	126	25	178	11	381	93,2	2.1404
A1 :05/04/2019	472	10	211	8,4	527	30,5	2.4976
A2 :17/04/2019	416	11	221	4,9	1087	17,3	4.9276
A3 :22/04/2019	184	11	/	/	/	/	/
MA1 :07/05/2019	/	/	360	12	425	22,2	1.1805
MA2 :15/05/2019	/	/	558	8,6	795	22,4	1.4247
MA3 :21/05/2019	410	23	/	/	885	67,6	/
Moyenne	251,45	16,40	235,63	7,1	568,53	43,14	2.50

## Annexe

Date de prélèvements	NT (mg/l)		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
F1 :03/02/2019	29,7	9,09	0,176	0,04	2,1	1,53	24,9	2,1
F2 :12/02/2019	37,7	12,3	0,12	0,01	0,84	0,32	23,6	7,74
F3 :18/02/2019	50,4	5,6	0,31	0,16	1,83	1,85	23,1	1,65
F4 :27/02/2019	70,3	8,72	0,71	0,12	6,8	2,28	18,8	1,68
M1 :04/03/2019	28,6	18,9	0,217	0,05	2	0,52	17,7	5,56
M2 :16/03/2019	30,1	6,68	0,15	0,3	1,61	2,87	18,4	1,16
M3 :30/03/2019	29,5	8,14	0,1	0,13	0,53	1,21	16	1,86
A1 :05/04/2019	43,2	2,36	0,354	0,14	2,9	0,92	19,2	0,182
A2 :17/04/2019	47,6	6,99	0,16	0,11	1,67	1,6	17,1	1,35
A3 :22/04/2019	24,9	7,32	0,09	0,1	0,49	2,89	14,6	0,224
MA1 :07/05/2019	45,3	8,73	0,19	0,08	1,07	2,01	23,9	3,05
MA2 :15/05/2019	39,5	8,84	0,32	0,04	1,08	0,32	19,1	3,63
MA3 :21/05/2019	79,9	20,1	0,73	0,53	0,9	1,05	12,7	1,25
Moyenne	42,82	9,52	0,27	0,13	1,83	1,49	19,16	2,41

## Annexe

Date de prélèvements	PT (mg/l)		PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	
	EB	EE	EB	EE
F1 :03/02/2019	4,8	1,53	2,79	0,327
F2 :12/02/2019	4,33	1,94	2,38	1,65
F3 :18/02/2019	5,48	2,01	3,45	1,85
F4 :27/02/2019	14,4	1,25	5,08	1,24
M1 :04/03/2019	3,24	2,55	2,48	1,52
M2 :16/03/2019	4,63	1,75	1,59	0,984
M3 :30/03/2019	4,36	1,04	0,84	1,41
A1 :05/04/2019	4,08	1,34	2,48	1,18
A2 :17/04/2019	4,1	1,9	3,04	1,75
A3 :22/04/2019	4,73	1,72	1,72	1,48
MA1 :07/05/2019	6,41	2,39	2,34	2,08
MA2 :15/05/2019	6,67	4,5	2,4	4,26
MA3 :21/05/2019	2,46	1,02	2,02	0,793
Moyenne	5,36	1,91	2,50	1,57

(Zahra et al., 2019)

### Annexe vii : Résultats des analyses Microbiologiques

Date de Prélèvements	CF x 10 <sup>5</sup> (UFC/100ml)		CT x 10 <sup>5</sup> (UFC/100ml)		SC x 10 <sup>4</sup> (UFC/100ml)		Vibron cholérique		Salmonelle	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
A1	33	0,4	63	1,7	70	5,4	0	0	0	0
A2	47	5,1	25	7,6	87	3	0	0	0	0
MA1	76	3	40	1,8	65	1,5	0	0	0	0
MA2	56	1,5	70	1,4	97	2	0	0	0	0
JU1	63	2,2	35	2,5	88	3,3	0	0	0	0
Moyenne	55	2,44	46,6	3	81,4	3,04	0	0	0	0

(Zahra et al., 2019)

## **Résumé**

L'objectif de ce travail consiste à étudier la possibilité de la réutilisation des eaux usées traitées de la station d'épuration de la ville de KOLEA pour l'irrigation en agriculture par une évaluation des résultats des différentes analyses physico - chimiques et bactériologique pour obtenir un eau épurée répondons aux normes d'irrigation édictés par l'OMS et MFS et JORA.

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux épurées révèlent une conformité aux normes de réutilisation de ces eaux en irrigation, pour certaine paramètres physico-chimique tel que (PH, Température, MES, Nitrates, Nitrite, Conductivité Electrique, DBO<sub>5</sub>).

Concernant les analyses bactériologiques, les résultats montrent une absence des germes pathogènes (vibrions cholériques et des salmonelles), mais nous avons noté une abondance et une non-conformité aux normes d'irrigation de l'OMS, JORA et de l'MFS pour les coliformes totaux, coliformes fécaux, et des streptocoques fécaux. Il faut donc prévoir des traitements tertiaires de désinfection.

Les résultats de ce travaille indiquent que la qualité des eaux de la STEP de KOLEA sont non convenables à l'irrigation des terres agricoles, en se réfèrent aux normes de l'OMS et JORA, et MFS.

**Mots clés :** Eaux usées – Irrigation - Station d'épuration – Réutilisation Agriculture– paramètres physicochimiques bactériologiques – KOLEA.

## ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة إمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالج في محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة القليعة لغرض ري الأراضي الزراعية، من خلال تقييم نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية و البكتريولوجية المختلفة ومقارنتها بمعايير الري الصادرة عن منظمة الصحة العالمية والجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية التي تسمح بإعادة استخدامها.

كشفت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية التي أجريت على المياه الصرف الصحي عن الامتثال لمعايير إعادة استخدام هذه المياه في الري، لبعض المعايير الفيزيائية والكيميائية مثل (درجة الحموضة، درجة الحرارة، المواد الصلبة العالقة، النترات، (النترت، التوصيل الكهربائي، طلب الأكسجين البيوكيميائي).

أما فيما يتعلق بالتحليلات البكتريولوجية، أظهرت النتائج عدم وجود الجراثيم المسببة للأمراض (الكوليرا الضمات والسالمونيلا)، لكننا لاحظنا وفرة وعدم الامتثال لمعايير الري الخاصة بمنظمة الصحة العالمية والجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية من القولونيات الكلية، والقولون البرازي، والمكورات العقدية البرازي. لذلك يجب توفير مرحلة علاج الثلاثية مكثفة في المحطة.

بالاعتماد على نتائج التحليلات التي أجريت على مياه الصرف الصحي لمدينة القليعة يمكننا القول أن جودة المياه المعالجة غير صالحة لري الأراضي الزراعية لعدم تطابقها مع معايير منظمة الصحة العالمية والجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي - الري - محطة معالجة مياه الصرف الصحي -إعادة الاستخدام -الزراعة-المعلمات الفيزيائية، الكيميائية، البيولوجية-القليعة.

## Abstract

The objective of this work is to study the possibility of reusing treated wastewater from the KOLEA town water treatment plant for irrigation in agriculture by evaluating the results of the various physico-chemical and bacteriological analyzes to obtain purified water meet the irrigation standards issued by the WHO and MFS and JORA.

The results of the physicochemical analyzes carried out on the purified water show compliance with the standards for the reuse of this water in irrigation, for certain physicochemical parameters such as (PH, Temperature, MES, Nitrates, Nitrite, Electrical Conductivity, BOD5).

Regarding bacteriological analyzes, the results show an absence of pathogenic germs (cholera vibrios and salmonella), but we noted an abundance and a non-compliance with the irrigation standards of the WHO, JORA and the MFS for the total coliforms, fecal coliforms, and fecal streptococci. Tertiary disinfection treatments must therefore be provided.

The results of this work indicate that the water quality of the KOLEA WWTP is unsuitable for irrigating agricultural land, referring to the standards of WHO and JORA, and MFS.

Keywords : Wastewater - Irrigation - Wastewater treatment plant - Reuse Agriculture – bacteriological physicochemical parameters- KOLEA.