

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**  
**Scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou**



**Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques**  
**Département des Sciences Agronomiques**

## **MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE**

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques  
Spécialité : Eau et Environnement

### **Evaluation de la qualité physico-chimique et biologique des effluents secondaires de la STEP d'Azeffoun pour des fins de valorisation agricole.**

**Réalisé par :**

Melle. BELALIA Fatiha                      et                      Melle. CHEDANI Amira

Soutenue publiquement le, 18/11/2020 devant le jury composé de :

Président :	Mr. SMAIL A.	MCB	UMMTO
Examinatrice :	Mme. AISSAOUI D.	Doctorante	UMMTO
Promoteur :	Mr. METAHRI M <sup>ed</sup> S.	MCA	UMMTO
Co-promotrice :	Melle. BELMIHOUB N.	Doctorante	UMMTO

**Promotion : 2019/2020**





# Remerciements

Au terme de ce modeste travail Je tiens à remercier tout d'abord Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force et le courage pour mettre à terme ce travail.

On remercie fortement monsieur **METAHRI Mohammed Saïd**, notre promoteur pour avoir proposé ce thème, pour son aide précieux ses conseils avisés, ses encouragements.

On tient à exprimer nos plus vifs remerciements à notre Co-promotrice mademoiselle **BELMIHOUB** pour tous ses efforts, son savoir, ses idées, sa confiance et son encouragement. Cela a été un privilège pour nous, de travailler sous sa direction.

Notre respect aux membres de jury monsieur **SMAIL** et madame **AISSAOUI** qui nous ferons l'honneur d'évaluer notre travail.

Un grand merci à l'ensemble du personnel de l'ONA, celui de la STEP d'Azeffoun, **Mr AMALA** chef de la STEP, **Mr SAADI** et **Mme ADI** analystes du laboratoire, pour leur accueil chaleureux durant toute la période de réalisation de notre travail.

Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

**MERCI A TOUS.**





# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail, en signe de gratitude, de reconnaissance et d'affection à :*

*Chers : Papa, maman, et sœurs, aucune dédicace ne serait assez éloquente pour exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que je vous porte. Puisse Dieu, le Tout Puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur. Vous êtes et vous serez toujours dans mon cœur...*

*À mes chers petits neveux et nièces :*

*Anis, Abdellah, Mohand, Dahlia, Zakaria, Noredaine, Ilyane, Ismaïl, Ilyes.*

*A ma chère binôme **AMIRA** et toute sa familles.*

*Enfin, je dis merci et mille fois merci à tous les gens qui m'aiment, qui me supportent et qui me soutiennent sans relâche...*

*Fatíha.*



# Dédicaces

*Je Dédie ce modeste travail :*

*A la mémoire de mes grand-pères J'aurais tant aimé que vous soyez présents. Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde.*

*Spécialement à ma très chère mère pour ces Sacrifices, son amour, son aide et son soutien.*

*A mon très cher père qui a toujours été là pour moi et qui m'a donné un magnifique modèle du labeur et de persévérance.*

*À mes chers grands-mères, oncles et tantes maternels et paternels que Dieu me les garde.*

*À mes frères : Younes, Mohammed Idir.*

*À mes sœurs : Ikram, Hanane, Farah.*

*À ma chère binôme FATIHA et toute sa famille.*

*À tous ceux qui sont proches de mon cœur et dont je n'ai pas cité leur nom.*

*AMIRA.*

<b>CE</b>	Conductivité électrique
<b>DBO</b>	Demande biochimique en oxygène
<b>DCO</b>	Demande chimique en Oxygène
<b>DDT</b>	Dichlorodiphényltrichloroéthane
<b>EH</b>	Equivalent habitant
<b>EUT</b>	Eau usée traitée.
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organisation
<b>GPRH</b>	Gestion prévisionnelle des ressources humaines.
<b>JORA</b>	Journal officiel e la république algérienne
<b>MES</b>	Matières en suspension
<b>MRE</b>	Ministère des Ressources en Eau.
<b>NTU</b>	Unité de Turbidité Néphélométrique
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>ONA</b>	Office national d'assainissement
<b>pH</b>	Potentiel Hydrogène
<b>RAS</b>	Rapport d'adsorption du sodium.
<b>REUE</b>	Réutilisation des eaux usées épurées
<b>SR</b>	Station de relevage.
<b>STEP</b>	Station d'épuration

<b>Figure 01</b> : Volume moyen journalier des eaux usées recyclées en m <sup>3</sup> /j (quelques pays) (Lazarova et Brissaud, 2007).....	8
<b>Figure 02</b> : Carte administrative de la wilaya de Tizi-Ouzou. ....	25
<b>Figure 03</b> : Vue satellitaire de la STEP d’Azeffoun (google earth, 2020). ....	28
<b>Figure 04</b> : Station de relevage N°1. ....	29
<b>Figure 05</b> : Arrivée des eaux et déversoir d’orage. ....	29
<b>Figure 06</b> : Poste de relevage. ....	30
<b>Figure 07</b> : Benne des déchets. ....	30
<b>Figure 08</b> : Dégrilleur automatique. ....	30
<b>Figure 09</b> : Classificateur à sable. ....	31
<b>Figure 10</b> : Désableur-déshuileur.....	31
<b>Figure 11</b> : Bassin d’aération et aérateur de surface.....	32
<b>Figure 12</b> : Clarificateur .....	33
<b>Figure 13</b> : Poste de recirculation.....	33
<b>Figure 14</b> : Poste toutes eaux.....	34
<b>Figure 15</b> : Canal de sortie des eaux épurées. ....	34
<b>Figure 16</b> : Epaisseur.....	35
<b>Figure 17</b> : Lits de séchage.....	36
<b>Figure 18</b> : Prélèvement des eaux épurées. ....	38
<b>Figure 19</b> : pH mètre à électrode. ....	40
<b>Figure 20</b> : Conductimètre à électrodes.....	40
<b>Figure 21</b> : Spectrophotomètre. ....	41
<b>Figure 22</b> : Colorimètre. ....	42

<b>Figure 23</b> : DBO mètre. ....	43
<b>Figure 24</b> : Réacteur à DCO. ....	44
<b>Figure 25</b> : Variation quotidienne de la température de l'eau épurée de la STEP Azeffoun.....	47
<b>Figure 26</b> : Variation quotidienne du pH de l'eau épurée de la STEP Azeffoun.....	48
<b>Figure 27</b> : Variation quotidienne de la conductivité de l'eau épurée de la STEP Azeffoun. ...	49
<b>Figure 28</b> : Variation hebdomadaire de la turbidité de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun. ..	50
<b>Figure 29</b> : Concentration hebdomadaire des MES (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun. ....	51
<b>Figure 30</b> : Concentration en DBO5 (mg d'O2/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun. ....	52
<b>Figure 31</b> : Concentration en DCO (mg d'O2/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun. ....	53
<b>Figure 32</b> : Teneurs en $\text{NH}_4^+$ (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun. ....	54
<b>Figure 33</b> : Teneur en $\text{NO}_2^-$ (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun. ....	55
<b>Figure 34</b> : Teneur en $\text{NO}_3^-$ (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun. ....	56
<b>Figure 35</b> : Teneurs en $\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun. ....	57

<b>Tableau 01</b> : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées(JORAD, 2012). . . . .	5
<b>Tableau 02</b> :Répartition des quantités des EUT Par zone (ONA, 2019).....	10
<b>Tableau 03</b> : Les valeurs limites des paramètres physico-chimiques (JORAD, 2012).....	12
<b>Tableau 04</b> : Les valeurs limites des éléments toxiques (JORAD, 2012).....	15
<b>Tableau 05</b> : Tolérances relatives des plantes au bore dans l'eau d'irrigation (adapté d'Ayers, 1977).....	18
<b>Tableau 06</b> : paramètres microbiologiques (JORAD, 2012). . . . .	18
<b>Tableau 07</b> : Fiche technique de la STEP Azeffoun (ONA, 2016).....	27
<b>Tableau 08</b> : Les différents réactifs et matériels présentant dans laboratoire d'analyse. ....	38
<b>Tableau09</b> :Les concentrations des éléments en traces métalliques au niveau du rejet de la STEP d'Azeffoun. ....	58
<b>Tableau 10</b> : Résultats de recherche des oeufs d'helminthes.....	59

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
------------------------------------	----------

## **Partie bibliographique**

### **Réutilisation des eaux usées traitées.**

I. Définition de la réutilisation des eaux usées épurées.....	3
II. Différents usages des eaux usées traitées .....	3
II.1. La réutilisation industrielle. ....	3
II.2. La réutilisation en zone urbaine. ....	4
II.3. La production d'eau potable.....	4
II.4. La recharge de nappe.....	4
II.5. La réutilisation agricole.....	5
III. Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées .....	6
III.1. Intérêt, avantage et bénéfices de la réutilisation des eaux usées.....	6
III.2. Défis et contraintes de la réutilisation des eaux épurées .....	7
IV. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde .....	8
V. Réutilisation des eaux usées brutes en Algérie.....	9
VI. Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation en Algérie .....	9
VII. Evaluation de la qualité de l'eau usée traitée pour l'irrigation .....	11
VII.1. Les critères et les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation .....	11
VII.1.1. Critères physico-chimiques.....	12
VII.1.2. Critères microbiologiques .....	18
VIII. Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux épurées.....	21
VIII.1. Le risque microbiologique .....	21
VIII.2. Le risque chimique.....	21

VIII.3. Le risque environnemental.....	21
IX. les principales bases pour la réussite de la réutilisation des eaux usées en irrigation.....	22
IX.1 Les différentes techniques d'irrigation .....	22
IX.1.1. L'Irrigation par gravité.....	22
IX.1.2. L'Irrigation par aspersion.....	23
IX.1.3. L'Irrigation à la goutte à goutte.....	23
IX.2. Les cultures et les eaux épurées.....	23
IX.3. Les Aspects Economiques et Financiers .....	23
IX.4. Les lois élaborées pour les EUT .....	24
IX.5. L'Acceptabilité Sociale et la Santé Humaine en Utilisant les EUT. ....	24

## **Partie expérimentale.**

### **Matériel et méthodes**

<b>A/ La zone d'étude.....</b>	<b>25</b>
I. Présentation de la commune d'Azeffoun.....	25
I.1. Situation administrative.....	25
I.2. Situation géographique.....	25
I.3. Aspect hydrologique.....	26
I.4. Aspect pédologique .....	26
I.5. Aspect climatique .....	26
I.6. Caractéristiques générales de la STEP d'Azeffoun.....	26
I.7. Localisation géographique.....	27
I.8. Fonctionnement de la STEP d'Azeffoun.....	28
I.8.1 Prétraitement .....	30

I.8.2. Le traitement secondaire (biologique) .....	31
I.8.3. Traitement des boues.....	35
<b>B/ Méthodologie des prélèvements et analyses .....</b>	<b>37</b>
I. Prélèvement et échantillonnage .....	37
II. Réactifs et matériels.....	38
III. Analyses et modes opératoires .....	39
III.1. Analyses quotidiennes .....	39
III.1.1. Potentiel hydrogène pH et la température .....	39
III.1.2. La conductivité électrique (CE) .....	40
III.1.3. Turbidité .....	41
III.2. Analyses complètes.....	42
III.2.1. Les matières en suspension (MES).....	42
III.2.2. La demande biochimique en oxygène (DBO).....	43
III.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO) .....	44
III.2.4. Détermination des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	45
III.2.5. Détermination des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).....	46
III.2.6. Détermination des Ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	46
<b>Résultats et discussions.</b>	
I. Résultat des analyses physico-chimiques des eaux usées traitée de la STEP.....	47
I.1. La température .....	47
I.2. Potentiel hydrogène (pH) .....	48
I.3. La conductivité électrique (CE).....	49
I.4. La turbidité .....	50
I.5. Matières en suspension (MES) .....	51
I.6. La demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ).....	52

I.7. La demande chimique on oxygène (DCO).....	53
I.8. L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ).....	54
I.9. L'azote de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).....	55
I.10. L'azote de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).....	56
I.11. L'Ortho-phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	57
I.12. Les métaux lourds.....	57
II. Résultats des analyses microbiologiques.....	58
II.1. Dénombrement des coliformes fécaux.....	59
II.2. Recherche des œufs d'helminthes (Nématodes).....	59
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>61</b>

Références bibliographiques.

Annexes.

L'eau est le compartiment vital sur terre, toute organisme vivant sur cette terre micro-organismes, plantes, animaux, êtres humains constitué principalement d'eau. Le globe terrestre dans sa majeure partie est aussi de l'eau, plus que 70% de la totalité de l'eau contenue sur terre, seulement une petite partie qui est convenable pour la consommation humaine ou l'usage agricole (approximativement 0.5% de toute l'eau dans le monde) (Lindberg, 1997). Cette petite fraction d'eau douce doit pourtant satisfaire l'ensemble des besoins de l'humanité (Jeppsson, 1996).

L'usage de cette dernière induit a sa pollution s'entend comme une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établit (Metahri, 2012).

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement, englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (Dugniolle, 1980 ; Glanic et Benneton, 1989).

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les micro-organismes, les matières en suspension, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (Belokda, 2009).

Le traitement ou l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent. Par conséquent elles devraient être dirigées vers des stations d'épuration dont le rôle est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous la forme d'un petit volume de résidu, les boues et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques (Debbabi, 2013).

Même avec toutes exigences sanitaires et environnementales, les milieux récepteurs qui sont sensible ne sont pas protégés à totalité, Selon FAO et Aquastat (1998) la récupération et

la réutilisation de l'eau usée traitée, s'est avérée être une option réaliste à double effets positifs, en un protéger les milieux récepteurs, en deux couvrir le déficit et les besoins croissants en eau dans les pays hydro sensibles.

Cependant, en raison de la nature variable de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques), sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée par des spécialistes afin de vérifier les risques et menaces potentiels sur les usagers, le sol, et les cultures irriguées avec elle, ainsi que sur l'environnement dans son ensemble (Blumenthal, 1989).

Dans ce sens nous avons choisi la station d'épuration d'Azeffoun dans le but d'étudier la possibilité de réutiliser et recycler les eaux épurées de cette station d'épuration en agriculture par connaissance préalable de rendement appréciable de la station en raison d'élimination de polluants et sa charge satisfaisante en nutriment nécessaire à l'agriculture.

# **Partie bibliographique**

## I. Définition de la réutilisation des eaux usées épurées

La réutilisation des eaux usées est une pratique très ancienne, au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle, de nombreuses villes d'Amérique du nord, d'Europe et d'Asie ont adopté l'irrigation des cultures comme moyen de traitement tertiaire et d'éliminer leurs eaux résiduaires traitées. La raison essentielle était d'empêcher la pollution des cours d'eau et non l'amélioration de la production agricole (Benzaria, 2008).

C'est une technique de récupération des eaux usées après différents traitements destinés à les débarrasser de leurs impuretés afin de permettre à son utilisation à nouveau, c'est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités supplémentaires en eau pour différents usages pour combler les déficits hydriques (Benzaria, 2008).

## II. Différents usages des eaux usées traitées

Face à l'augmentation de la demande en eau conventionnelle générée par le développement démographique et à l'amélioration du niveau de vie des populations, la réutilisation des eaux usées est une solution attrayante pour faire face à la pénurie d'eau. Cette réutilisation est largement utilisée dans les pays souffrant d'hydro-sensibilité particulièrement, aux climats arides et semi-arides, même dans les pays industrialisés (Mara et Cairncross, 1989).

### II.1. La réutilisation industrielle

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une pratique courante et une réalité technique et économique. Pour certains pays, l'eau recyclée fournit près 85 % des besoins globaux en eau (Ecosse, 2001).

Parmi les activités industrielles, la production d'énergie est de très loin secteur qui prélève le plus d'eau dans le milieu. La réutilisation des eaux usées épurées (REUE) industrielle peut donc être intéressante dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts si le traitement préalable est suffisamment robuste. Les autres applications possibles concernent les laveries industrielles, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc (Asano, 1998).

### II.2. La réutilisation en zone urbaine

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il en existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent :

- L'arrosage des parcs, des terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux.
- Les bassins d'agrément, piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance.
- Les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles.
- Le lavage de voirie, réservoirs anti-incendie, etc.

Dans les zones urbaines, la qualité requise pour la réutilisation des eaux usées traitées a des exigences similaires à celles des autres réutilisations, mais il existe quelques différences :

La qualité esthétique est importante : la présence de mousse, d'algues, etc. Et à éviter (mauvaise perception de la part du public). Il faut également réduire le développement d'insectes (moustiques...) la présence d'une faune concentrant des polluants (mercure, DDT, etc.) peut poser problème pour les activités de pêche.

Les pays à la pointe de la REUE en milieu urbain sont en majorité des pays développés et fortement urbanisés : États-Unis, Japon, Corée du Sud, Allemagne (Ramade, 2000).

### II.3. La production d'eau potable

La réutilisation est directe quand l'eau ne revient jamais dans le milieu naturel, les eaux épurées sont directement acheminées de la station d'épuration à l'usine de traitement pour l'eau potable (système « *pipe to pipe* »). L'unique exemple dans le monde de réutilisation directe se trouve en Afrique, à Windhoek, capitale de la Namibie (Asano, 1998).

La réutilisation est indirecte et non planifiée quand les eaux épurées sont rejetées dans un cours d'eau ou une réserve souterraine qui sert à l'alimentation d'une usine de traitement, sans que ce lien soit volontaire. Cette notion est à la limite de la définition d'une REUE.

### II.4. La recharge de nappe

La principale raison concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau. Ce mode de réutilisation a lieu

essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer.

Le dispositif de la recharge de nappe consiste à faire infiltrer ou percoler les eaux usées traitées (EUT) dans le sous-sol.

### II.5. La réutilisation agricole

La quantité d'eaux usées rejetées encourage les agriculteurs à utiliser cette source d'eau. La richesse en éléments fertilisants tel que l'azote, le phosphore et le potassium, nécessaires pour le développement des plantes et aussi pour la fertilisation du sol, permet d'économiser l'achat des engrais et d'augmenter la production agricole (Mara et Cairncross, 1989).

L'irrigation avec des eaux usées épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommés crus est interdite. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur le tableau01 (JORAD, 2012).

**Tableau01:** Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (JORAD, 2012).

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

(\*) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne doivent pas être récoltés et sont à détruire.

(\*\*) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

### **III. Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées épurées**

La réutilisation des eaux usées épurées peut être un atout important dans la politique d'aménagement du territoire des collectivités locales. Les avantages et les bénéfices les plus importants de la réutilisation de l'eau, ainsi que les défis et les contraintes les plus fréquemment rencontrés dans l'exécution et l'exploitation de tels projets :

#### **III.1. Intérêt, avantage et bénéfices de la réutilisation des eaux usées**

Selon Lazarova et Brissaud(2007) les avantages et bénéfices les plus importants de la réutilisation de l'eau, sont les suivants :

- Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels.
- Economiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques.
- Eviter les coûts de développement, de transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau fraîche.
- Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l'eau recyclée en cas de sécheresse.
- Profiter des nutriments apportés par l'eau de l'irrigation pour augmenter la productivité de la culture agricole et la qualité des espaces verts.
- Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur.

- Assurer une ressource alternative à faible cout pour les régions arides, la protection des milieux sensibles et la restauration des zones humides.
- Augmenter la production alimentaire en cas d'irrigation.
- Les eaux usées traitées permettent, lorsqu'elles sont utilisées en irrigation, de réduire et même d'éliminer le recours aux engrais chimiques (Benzaria, 2008).
- Création d'une ressource en eau moins chère pour des usages autres que la consommation humaine (agriculture, industrie, zones de loisirs...) (Synteau, 2012).

### III.2. Défis et contraintes de la réutilisation des eaux épurées

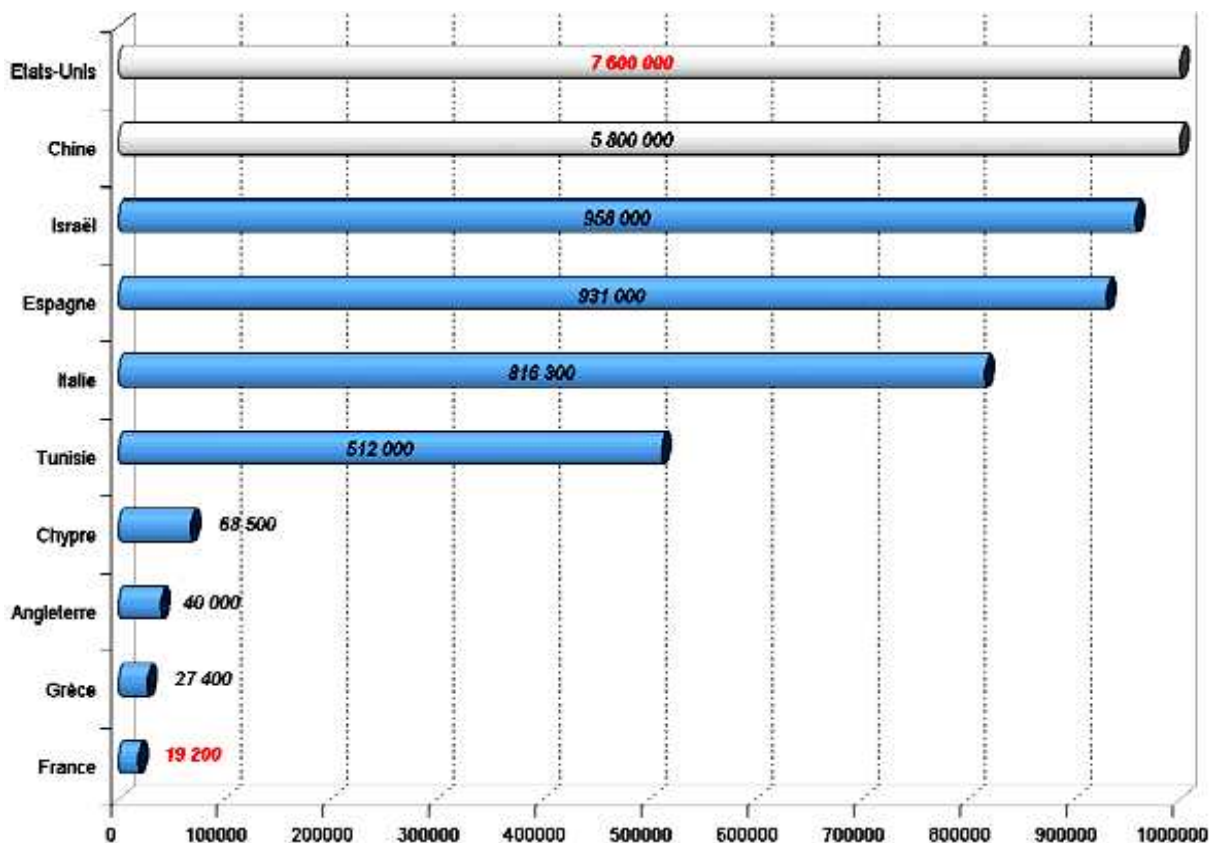
D'un autre côté, les défis devant être surmontés dans les projets de réutilisation peuvent être classés comme suit (Lazarova et Brissaud, 2007) :

- Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées.
- En vertu de l'incertitude des risques liés à la réutilisation des eaux épurées, des stratégies nationales de la réutilisation des eaux usées épurées pourraient s'orienter uniquement vers les espaces verts et l'agroforesterie.
- Le cout de la réutilisation varie d'un bassin hydrologique à un autre et en fonction de l'usage final souhaité.
- La présence de beaucoup des sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols.
- L'introduction des produits chimiques dans des écosystèmes sensibles (principalement le sol, l'eau et les plantes) (FAO, 2003).
- Présence de composés pharmaceutiques (Carbamazépine) dans les EUT, dans les sols irrigués et dans les eaux de la nappe (artificiellement rechargée par les EUT) (Contaminations microbienne).

### IV. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde

Pendant les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées.

Le volume journalier actuel des eaux réutilisées dépasse le chiffre impressionnant de 1 millions de m<sup>3</sup> par jour dans plusieurs pays, comme par exemple aux Etats Unis et en Chine. (Lazarova et Brissaud, 2007).



**Figure 01 :** Volume moyen journalier des eaux usées recyclées en m<sup>3</sup>/j (quelques pays)  
(Lazarova et Brissaud, 2007).

Le graphique ci-dessus (figure 01) donne une idée des volumes journaliers d'eaux usées traitées recyclées par certains pays. Alors qu'on note que des pays comme les Etats-Unis, l'Espagne ont une pratique soutenue de la réutilisation des eaux et par la même occasion, une expérience notable, d'autres pays sont nettement plus en retard sur ce point, ce qui est visiblement le cas de la France.

Certains pays et états (Australie, Jordanie, Californie, Floride, ...) ont pour objectif de satisfaire 10 à 30 % de leur demande en eau par cette ressource alternative dans les 5 à 10 prochaines années. D'un autre côté, Chypre et l'Espagne se sont lancés les objectifs les plus ambitieux avec une réutilisation de 100 % des eaux usées pour le premier et, à Madrid, satisfaire 10 % de la demande en eau par ce mode d'approvisionnement (Lazarova et Brissaud, 2007).

### V. Réutilisation des eaux usées brutes en Algérie

En Algérie, la réutilisation des eaux usées brutes dans l'agriculture est interdite par la loi (JORAD, 2012), mais elle est devenue une triste réalité. Selon Tijani (2008), 8% des terres irriguées reçoivent des eaux usées non traitées. Cette pratique continue de se développer en aval des rejets bruts dans les grands et petits centres urbains. Par conséquent, de gros efforts doivent être consentis à tous les niveaux techniques, institutionnels et réglementaires pour augmenter le niveau d'utilisation tout en minimisant les risques.

### VI. Réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation en Algérie

La réutilisation des eaux usées en agriculture est une pratique qui date des temps anciens. Selon le ministère des ressources en eau (MRE), dès les années 1990, des programmes de réalisation et de modernisation d'ouvrages de traitement destinés à la réutilisation des eaux usées en irrigation ont été mis en œuvre.

En outre, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation devrait concerner principalement les zones dépourvues d'eau conventionnelle. Parmi les stations d'épurations exploitées par l'office national d'assainissement (ONA) à travers les 43 wilayas, quelques stations sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. En 2011, le volume réutilisé est estimé à 17 millions de m<sup>3</sup>/an. En effet ce potentiel de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles a connu une évolution significative où environ 17 millions de m<sup>3</sup> ont été enregistrés en 2011, environ 45 millions de m<sup>3</sup> en 2012, 300 millions de m<sup>3</sup> en 2014.

Durant le mois de Février 2018, un volume de 1,5 million de m<sup>3</sup> d'eaux épurées par 17 STEP, ont été utilisés pour irriguer 11 062 hectares de zones agricoles, soit un taux de réutilisation de 40%. Et à 9% du volume total épuré par l'ensemble des 146 STEP en exploitation par l'ONA (ONA, 2018).

## La réutilisation des eaux usées traitées

Selon (ONA, 2019), pour le mois de Janvier 2019 la gestion et l'exploitation de 153 stations d'épuration, dont :

- ) 75 stations à boues activées
- ) 75 stations de lagunage
- ) 03 filtres plantés.

La capacité globale installée de ces 153 stations est de 10 359 462 Équivalent-habitants, soit un débit nominal de 1 572 167m<sup>3</sup>/j.

Le volume des eaux usées traitées dépasse 21 millions de mètres-cubes, soit un débit moyen journalier de 681 232 m<sup>3</sup> /j, d'importante quantité d'eau qui peuvent être gérer pour une éventuelle réutilisation surtout à des fins agricoles, ce secteur qui a les plus importants besoins en eau.

Dans le tableau 02, qui démontre clairement d'importants débits journaliers et mensuels qui peuvent être réutilisées en irrigation dans la majorité des wilayas en Algérie, c'est le trésor bleu qu'il faut exploiter. Et le tableau de la réutilisation des eaux usées en irrigation (voir annexe 01).

**Tableau 02 :** Répartition des quantités des EUT Par zone (ONA, 2019).

Zone et DA	Nombre de STEP	Débit nominal des STEP (m <sup>3</sup> /j)	Débit journalier des eaux Brutes (m <sup>3</sup> /j)	Volume mensuel des eaux Brutes (m <sup>3</sup> /mois)	Taux d'utilisation des capacités installées (%)
Oran	44	253 066	172 550	5 349 059	68
Tizi Ouzou	15	110 046	41 681	1 292 108	38
Sétif	11	230 347	55 492	1 720 264	24
Annaba	10	159 370	57 703	1 788 805	36
Chlef	5	58 304	16 203	502 298	28
Constantine	7	140 417	34 633	1 073 627	25
Batna	13	83 320	24 822	769 491	30
Tiaret	5	73 560	46 557	1 443 253	63
Saida	16	95 372	42 179	1 307 540	44
Alger	5	52 500	22 891	709 621	44
Tamanrasset	3	20 700	20 238	627 382	98
Laghouat	8	137 284	57 897	1 794 813	42
Béchar	2	12 200	4 760	147 545	39
D-A El Oued	4	76 799	39 964	1 238 875	52
D-Touggourt	2	9 375	8 167	253 170	87
D-A Ouargla	3	59 507	35 495	1 100 333	60
<b>TOTAL ONA</b>	<b>153</b>	<b>1 572 167</b>	<b>681 232</b>	<b>21 118 183</b>	<b>43</b>

### VII. Evaluation de la qualité de l'eau usée traitée pour l'irrigation

#### VII.1. Les critères et les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation

L'agriculture est le plus gros consommateur d'eau. Ces ressources ont des caractéristiques très différentes selon la région d'où elles proviennent et leur éventuel contact avec la source de pollution.

De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées. C'est ainsi que des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont été établies.

Une eau est conforme à la norme est une eau dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes (annexe 02) :

Les normes ont pour objectif de :

- Protéger le public et les ouvriers agricoles.
- Protéger les consommateurs des produits agricoles.
- Protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols.
- Protéger le matériel d'irrigation.
- Maintenir des rendements acceptables.
- Particulier dans les zones arides et semi-arides (El-Asslouj et *al.*, 2007).

Les caractéristiques de qualité chimique et physique sont identiques pour n'importe qu'elle eau d'irrigation. À cet égard, les directives générales présentées (voir annexe 03) peuvent être employées pour évaluer l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques. La procédure demeure la même qu'avec les autres types d'eaux.

### VII.1.1. Critères physico-chimiques

**Tableau 03** : Les valeurs limite des paramètres physico-chimiques (JORAD, 2012).

Paramètres		Unité	Concentration maximale admissibles
Physiques	Ph	-	6.5 pH 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration SAR=0-3	ds/m	0.2
	3-6		0.3
	6-12		0.5
12-20	1.3		
20-40	3		
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	Chlorure (Cl)	meq/l	10
	Azote (NO <sub>3</sub> -N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	meq/l	8.5

#### A. Salinité

Dans la plupart des pays, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est l'eau ayant la meilleure qualité disponible et elle est habituellement de faible salinité. Cependant en conditions de pénurie en eau, la salinité peut être un problème.

La quantité et le type de sels présents sont importants pour évaluer si l'eau usée traitée convient pour l'irrigation. Des problèmes potentiels sont liés à la teneur en sels totaux, au type de sel ou à la concentration excessive d'un ou plusieurs éléments (Ayers et Westcot, 1985).

Parmi les éléments entrants en jeu dans la salinité des eaux usées réutilisées, on peut citer le sodium et le chlore qui sont responsables en grande partie de la salinisation des sols et le bore dans une moindre mesure. Le sodium étant sujet à une accumulation significative sur les sols (sodisation), il fera l'objet d'une attention toute particulière dans cette partie (Boutin et *al.*, 2009).

En général, l'eau réutilisée pour l'irrigation doit avoir un degré faible ou moyen de salinité (La conductivité électrique de 0,6 à 1,7 dS/m).

### B. Alcalinité

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité de l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation.

L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée en cas de concentration élevée en sodium (Na), réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu.

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 (RAS), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité (Metahri, 2012).

La connaissance du RAS de l'effluent est alors importante. Si le RAS approche de 10, il y a danger et cela n'arrive en générale que sur certains effluents concentrés (distilleries, sucreries, fromageries) (Berrahmoun, 2016).

$$RAS = \frac{(Na^+)}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+}) + (Mg^{2+})}{2}}}$$

### C. Matières en suspension et matière organique

Les matières en suspension (MES) sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées sont transportées par les MES. Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau, sont éliminées par décantation. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires.

Une présence excessive de matières en suspension peut entraîner des difficultés de transport et de distribution des effluents ainsi que le bouchage des systèmes d'irrigation et aussi le système de refroidissement (Faby et Brisaud, 1997).

La présence de matière organique dans les eaux usées ne constitue pas, sauf cas très particulier un obstacle à la réutilisation de ces eaux. Bien au contraire, elle contribue à la fertilité des sols. Cependant, l'expérience montre que le maintien d'une concentration importante en matière organique dans les eaux usées gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes. Enfin, les concentrations significatives en matière organique peuvent aussi entraîner des odeurs désagréables, notamment si les eaux stagnent à la surface du sol (Boutinet *al.*, 2009).

### **D. Eléments traces et métaux lourds**

C'est le problème principal avec la réutilisation des eaux usées traitées dans les pays ayant une industrie lourde. Les métaux qui peuvent être présents dans les eaux résiduaires {cadmium (Cd), cuivre (Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni) et zinc (Zn)} peuvent constituer un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux et peuvent également affecter les cultures irriguées. Ces métaux dans la plupart des cas s'accumulent dans la plante et peuvent affecter de façon défavorable les humains ou les animaux domestiques se nourrissant de ces plantes. Pour cette raison, beaucoup de pays développés ont établis des charges maximum admissibles en métaux lourds sur les terres agricoles. Le problème des métaux lourds est discuté plus en détail en liaison avec les boues résiduaires.

Pour cette raison, beaucoup de pays développés ont établi des charges maximum admissibles en métaux lourds sur les terres agricoles (JORAD, 2012), Sont présentées au (tableau 04) :

**Tableau 04:** Les valeurs limites des éléments toxiques (JORAD, 2012).

Paramètres		Unité	Concentration maximales admissibles
Eléments toxiques	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluore	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercure	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
Vanadium	mg/l	1.0	
Zinc	mg/l	10.0	

### E. Concentration en éléments fertilisants

Le potentiel de fertilisation de l'eau usée traitée due à la présence de nutriments est un atout pour les cultures mais peut également être une source de pollution pour l'environnement, en fonction principalement de la gestion des eaux usées appliquées par les agriculteurs. Les nutriments constituent une caractéristique spécifique de l'eau usée traitée qui intéresse

particulièrement les agriculteurs. Pour cette raison, un code de bonnes pratiques agricoles en matière de fertilisation est développé (FAO, 2003).

L'azote, le phosphore, le potassium et les oligo-éléments indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées traitées ou non (Annexe 04).

Dans certaines circonstances, ces éléments peuvent être en excès par rapport aux besoins de la plante et provoquer des effets négatifs, aussi bien au niveau de la culture que des sols. Un contrôle périodique de la quantité de nutriments présents dans l'effluent est nécessaire afin d'en tenir compte lors du calcul des besoins en fertilisants des cultures irriguées.

Pour certaines cultures, aucun engrais additionnel n'est nécessaire. Par contre, lorsque les engrais sont nécessaires, les eaux usées pourraient être la réponse pour obtenir un rendement élevé de bonne qualité.

### ❖ Azote

La teneur en azote de l'eau usée urbaine après traitement secondaire varie de 20 à 60 mg/l. L'azote dans l'eau usée traitée peut dépasser les besoins des cultures. La connaissance de la concentration en N dans l'eau usée et la gestion appropriée de la charge en NPK sont essentielles pour surmonter les problèmes associés à une éventuelle concentration élevée en N.

L'azote en quantité excessive peut également entraîner des effets néfastes sur la production tel qu'un retard dans la maturation de certaines cultures, abricots, agrumes, avocats, vigne par exemple, altérer leur qualité, comme par exemple réduire la teneur en sucre des fruits ou des betteraves, accentuer la sensibilité des cultures aux maladies, la tendance à la verse pour les céréales, limiter le développement des jeunes racines (FAO, 2003).

### ❖ Phosphore

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/L (soit 15 à 35 mg/L en  $P_2O_5$ ), à moins que l'élimination du phosphore ne soit assurée durant le traitement.

La concentration en phosphore dans les eaux usées est habituellement trop faible pour avoir un impact sur le rendement. Dans les rares cas d'apports en excès, le phosphore est alors pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation, cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou du calcium en quantités importantes (FAO, 2003).

### ❖ Potassium

La concentration en potassium dans les effluents secondaires varie de 10 à 30 mg/l, et permet donc de répondre partiellement aux besoins. Il faut noter cependant que s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium, à un état très difficilement échangeable et/ou à une augmentation des pertes par drainage en sols légers (FAO, 2003).

### ❖ Autres nutriments

La plupart des eaux usées contiennent habituellement des concentrations adéquates en soufre, zinc, cuivre et autres micronutriments. Une attention particulière doit être portée au bore. L'eau usée traitée contient assez de bore(B) pour corriger toutes les déficiences en cet élément. Cependant, lorsque cet élément se trouve en excès, il peut provoquer des problèmes de phytotoxicité. Le tableau 05 peut aider les agriculteurs à choisir des cultures en fonction de leur tolérance au B.

Pour surmonter le problème de B, les mesures correctives similaires aux sels fortement solubles sont recommandées (choix de la culture, lessivage, programme des irrigations, et système d'irrigation). En général, au sujet du bore, les agriculteurs devraient se rappeler ceci :

- Les arbres fruitiers sont plus sensibles au B que les légumes.
- En cas de concentration relativement élevée de B dans les eaux usées, les cultures annuelles doivent être privilégiées.

**Tableau 05:** Tolérances relatives des plantes au bore dans l'eau d'irrigation (Ayers, 1977).

Sensible (1mg /l)	Semi tolérant (2 mg/l)	Tolérant (3mg/l)
Citrus	Haricot	Carotte
Avocat	Paprika	Laitue
Abricot	Tomate	Chou
Pêche	Mais	Oignon
Cerise	Olives	Betterave à sucre
Raisin	Radis	Palmier dattier
Pomme	Potiron	Asperge
Poire	Blé	Navet
Prune	Pomme de terre	
Fraise	Tournesol	

### VII.1.2. Critères microbiologiques

**Tableau 06:** Paramètres microbiologiques (JORAD, 2012).

Groupes de cultures	Paramètres microbiologiques.	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml)(moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1

Arbres fruitiers. Cultures et arbustes fourragers. Cultures céréalières. Culture industrielles. Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales.	Seuil recommandée < 1000	< 1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée.	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales, cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. Les microorganismes comprennent, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Metahri, 2012).

### A. Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires de très petite taille (10 à 350 nm) qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. Leur concentration dans les eaux usées urbaines est comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination intramusculaire contre la poliomyélite par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. Le mode d'infection est dans la majorité des cas l'ingestion mais il peut également exister des cas d'inhalation (Coronavirus par exemple).

Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries et que leurs faibles dimensions soient à l'origine de leurs possibilités de dissémination (Faby, 1997).

### B. Bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ . Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^7$  à  $10^8$  bactéries/l

dont  $10^6$  entérocoques et entérobactéries,  $10^4$  à  $10^5$  streptocoques fécaux et  $10^3$  à  $10^4$  Clostridium. La majorité de ces organismes ne présentent pas un danger pour la santé et la concentration en bactéries pathogènes peut atteindre de l'ordre de  $10^4/l$  (Faby, 1997).

Toutefois, chez un hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important. Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire une grande quantité de matière carbonée et de nutriments, et une température relativement élevée ( $37^\circ\text{C}$ ). Leur temps de survie dans le milieu extérieur, où les conditions sont totalement différentes, est donc limité. Par ailleurs, les bactéries pathogènes vont se trouver en compétition avec les bactéries indigènes d'origine environnementale, ce qui limitera leur développement.

La voie de contamination majoritaire est l'ingestion. Les bactéries pathogènes d'origine hydrique sont responsables de la mort de 3 à 10 millions de personnes par an dans le monde et les pays industrialisés ne sont pas épargnés.

### C. Protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries (taille comprise entre 1 et  $200\ \mu\text{m}$ ). La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire, qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées. Parmi les protozoaires les plus « connus » on peut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne (Faby, 1997).

### D. Helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'oeufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et  $10^3/l$  (Asano, 1998). Beaucoup d'helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs.

Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires.

### VIII. Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux épurées

Les risques liés à une REUE agricole sont :

- ❖ Le risque microbiologique.
- ❖ Le risque chimique.
- ❖ Le risque environnemental.

#### VIII.1. Le risque microbiologique

Dans le cas de l'agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les micro-organismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes.

Les micro-organismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un environnement frais, humide (évaporation) et à l'abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes ou la récolte. Les pathogènes survivent plus longtemps sur le sol que sur les plantes (Asano, 1998).

#### VIII.2. Le risque chimique

Au-delà de l'effet global de certains constituants de l'eau usée sur les cultures irriguées comme la salinité, l'eau usée peut potentiellement créer une toxicité due à une concentration élevée de certains éléments comme le bore et quelques métaux lourds (FAO, 2003).

En cas d'usage agricole, la seule voie de contamination réellement préoccupante par les éléments traces est la consommation de plantes cultivées, dans lesquelles ils s'accumulent. Le danger réside donc dans la consommation des végétaux contaminés. Toutefois, certains de ces éléments peuvent être intéressants pour la croissance végétale et il convient de trouver un équilibre entre le risque sanitaire et l'intérêt agronomique.

#### VIII.3. Le risque environnemental

Le risque environnemental s'inscrit à la fois dans une optique de protection des ressources en eau et de préservation du sol. De plus, ce risque est intimement lié aux deux précédents.

Dans un contexte agricole, l'influence d'un excès de bore et d'autres éléments traces éventuels, l'affectation du rendement par la salinité, le risque d'alcalinisation des sols par

excès de sodium, un résiduel en chlore trop important, un excès de nutriments (azote, phosphore, potassium) ou les brûlures de feuille par le sel en cas d'aspersion, doivent être pris en considération (Monchaline, 1999) repris et complété par (Aviron-Violet, 2002).

Cependant, pour le sol, il ne faut pas perdre de vue qu'il existe une capacité de rétention (adsorption pour les molécules ou ions, compétition trophique pour les microorganismes) et une capacité d'épuration (valable également pour les cours d'eau dans une moindre mesure).

Les paramètres devant être pris en compte dans tout projet de réutilisation des eaux viennent d'être décrits. Certains doivent faire l'objet de plus d'attention que d'autres, notamment par rapport aux risques qu'ils présentent pour l'homme et l'environnement.

### **IX. Les principales bases pour la réussite de la réutilisation des eaux usées en irrigation**

La réutilisation des eaux usées en irrigation fait intervenir plusieurs et différents systèmes qui doivent être mis sur place pour que les buts tracés d'EUT soient réalisés.

Tout d'abord, les eaux usées ne doivent pas être réutilisées brutes. Un traitement est toujours nécessaires.

#### **IX.1 Les différentes techniques d'irrigation**

L'irrigation est le moyen de valoriser les eaux usées traitées en les appliquant sur des cultures pour améliorer la situation économique et sociale des populations locales (FAO, 1990).

Les techniques d'irrigation qui ont été développées à travers le temps ont largement évolué et fournissent des rendements importants alors que les volumes d'eaux consommés ont diminuées de manière significative :

##### **IX.1.1. L'Irrigation par gravité**

C'est la méthode la moins efficace mais la plus utilisée, c'est la plus répandue et ne nécessite pas une technicité du pratiquant. Elle utilise la gravité terrestre comme source d'énergie pour transporter l'eau de sa source vers les terres irriguées et ne nécessite donc aucun apport en énergie mécanique ou électrique, mais elle cause une perte d'eau par évaporation (Benzaria, 2008).

### **IX.1.2. L'Irrigation par aspersion**

Ce procédé plus moderne et plus efficace est répandu dans les pays développés car il nécessite une infrastructure permettant le transfert d'eau sous pression. L'eau est appliquée d'une manière identique à la pluie. Un réseau d'aspersion bien conçu permet une distribution uniforme de l'eau et la vitesse d'application ne favorise pas le ruissellement (Kessira, 2005).

Cependant, l'uniformité d'application d'eau par cette technique peut être modifiée en présence de vent. Le sel aussi peut s'accumuler dans ces eaux au niveau des feuilles, provoquer des brûlures et parfois même une défoliation.

Dans les régions chaudes, l'aspersion amplifie l'évaporation ce qui augmente la concentration des sels dans le sol et donc leur toxicité (Benzaria, 2008).

### **IX.1.3. L'irrigation goutte à goutte**

L'idée à la base de l'irrigation goutte à goutte est que l'eau est nécessaire seulement à la plante et qu'il est inutile d'irriguer les espaces entre les plantes. L'eau est donc distribuée localement à très faible débit au niveau de chaque plante.

Les principaux avantages de l'irrigation goutte à goutte sont l'augmentation du rendement des cultures, la réduction des pertes d'eau par évaporation, la réduction des quantités de fertilisants appliqués et la baisse de celles lessivées au-delà du système racinaire vers les nappes souterraines en participant à la réduction de la pollution et à la protection écologique.

## **IX.2. Les cultures et les eaux épurées**

La finalité de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation est la production agricole, rendue difficile voire impossible par les conditions climatiques et l'absence d'eau. Le choix des cultures à mettre en place est une condition nécessaire à la réussite de leur réutilisation (Benzaria, 2008).

## **IX.3. Les Aspects Economiques et Financiers**

Dans la plupart des pays, l'état prend en charge la mobilisation et la distribution de l'eau d'irrigation, tant que le secteur agricole ne peut pas encore en supporter les coûts. En effet, les périmètres irrigués par les eaux usées sont souvent pénalisés par les coûts des

adductions, des stations de pompage et des réservoirs de stockage nécessaires à la gestion des eaux usées (Tamrabet, 2011).

### **IX.4. Les lois élaborées pour les EUT**

Généralement, les lois élaborées dans ce domaine, si elles existent sont inspirées de celles des pays développés et des normes de l'OMS. Celles-ci sont orientées dans le sens d'une restriction de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation. Ces lois rendent l'utilisateur et le consommateur méfiants vis à vis de cette eau connue dangereuse (Tamrabet, 2011).

### **IX.5. L'Acceptabilité Sociale et la Santé Humaine en Utilisant les EUT**

En premier lieu, on doit parler de la santé humaine qui est à la base des normes de l'OMS. Il faut la prendre en compte dans tous les projets de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation.

En deuxième lieu, on doit mettre en titre l'acceptabilité sociale, l'image négative de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation, de par sa réputation d'être dangereuse, peut entraîner des rejets au niveau des agriculteurs, des consommateurs et des populations avoisinantes. L'acceptabilité sociale est un aspect important à considérer afin de favoriser la réussite du projet et d'assurer sa pérennité.

Enfin, il ne faut pas oublier l'agriculteur, lors des projets d'irrigation, il faut développer des mécanismes permettant la participation des agriculteurs aux choix et décisions pour assurer la réussite des projets. L'absence de leur participation est un des principaux défis dans la gestion de l'eau pour l'agriculture.



### **I.3. Aspect hydrologique**

Le territoire de la commune est parcouru par un réseau hydrographique assez dense. Les eaux des oueds existants se déversent directement dans la mer méditerranéenne. Ces oueds sont caractérisés par des débits faibles et très irréguliers en printemps, important en hiver et sec en été (Yakoub, 2005).

### **I.4. Aspect pédologique**

Les pédologues qui ont fait des analyses de sols d'Azeffoun ont constatés que la majorité des sols sont alluvionnaires (bloc de galets, graviers et sables) caractérisés par des résistances dynamiques de pointe supérieur à 36 bars à partir de 3 m de profondeur (Yakoub, 2005).

### **I.5. Aspect climatique**

Le territoire de la wilaya de Tizi-Ouzou situé au Nord de l'Algérie, se trouve sur la zone de contact et de dualité entre les masses d'air polaire et tropical (Boudjema, 2008).

La région d'Azeffoun est définie par un climat méditerranéen avec quelques nuances continentales. Cette région est caractérisée par un hiver frais et pluvieux et d'un été chaud et humide.

### **I.6. Caractéristiques générales de la STEP d'Azeffoun**

Cette station est d'une capacité de 20000équivalent-habitant (EH) qui est dimensionnée pour fonctionner à faible charge. Elle se constitue de 02 stations essentielles :

- L'ancienne station d'une capacité de 5000 EH, partie (déjà existante)
- L'extension d'une capacité de 15000 EH (Tableau 07).

**Tableau 07:** Fiche technique de la STEP Azeffoun (ONA, 2016).

Paramètres	Quantités	
	Partie existante	Partie extension
Charge hydraulique		
Equivalent habitant	<b>5000 EH</b>	<b>15 000 EH</b>
Volume journalière	<b>500 m<sup>3</sup>/j</b>	<b>1500 m<sup>3</sup>/j</b>
Débit moyenne de temps sec	<b>20,83 m<sup>3</sup>/j</b>	<b>62,5 m<sup>3</sup>/j</b>
Débit de pointe temps sec	<b>50,9 m<sup>3</sup> /h</b>	<b>150 m<sup>3</sup>/h</b>
Débit maximale admise en temps de pluie	<b>m<sup>3</sup>/h</b>	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
Charge polluante		
Charge massique (Cm)	<b>0,069 kg DBO<sub>5</sub>/Kg</b>	
Charge journalière en DCO	<b>Kg/j</b>	<b>900kg/j - 600 mg/l</b>
Charge journalière en DBO <sub>5</sub>	<b>225 kg/j</b>	<b>600 kg/j - 400 mg/l</b>
Charge journalière en MES	<b>300 kg/j</b>	<b>600 kg/j - 400 mg/l</b>
Charge en azote ammoniacal ( N- NH <sub>4</sub> )	<b>Kg/j</b>	<b>NTK : 135 kg/j 90 mg/l</b>

### I.7. Localisation géographique

La STEP d’Azeffoun est située à la limite nord de la commune d’Azeffoun sur le front de mer (figure 03). Elle s’étend sur une superficie de 15376 m<sup>2</sup>, sa capacité est de 20 000 EH, conçue pour protéger le milieu récepteur (la mer méditerranéenne).



**Figure 03:** Vue satellitaire de la STEP d'Azeffoun (Google earth, 2020).

### I.8. Fonctionnement de la STEP d'Azeffoun

Le circuit hydraulique des eaux usées : le réseau d'assainissement de la ville d'Azeffoun est unitaire donc les eaux pluviales et les eaux domestiques sont acheminées dans le même collecteur de diamètre de 1000 mm vers la station d'épuration.

#### ❖ Station de relevage N°1

L'eau arrive par gravitation à la station de relevage (SR) N°1, elle passe par un dégrilleur grossier vers un puisard où sont installées 02 pompes (une de fonctionnement et une autre de secours) qui refoule l'eau sur une distance d'environ 100 m, par la suite l'eau continue son parcours par gravitation vers la SR N°2.

Le dégrillage sert à protéger les pompes de cette station des grands déchets. Une grande partie du sable décante dans ce bassin et y est donc extraite manuellement (Figure 04).



**Figure04:** Station de relevage N°1.

### ❖ Station de relevage N°2

Pour cette station aussi l'eau arrive par gravitation et passe une deuxième fois par une grille vers un bassin où sont placées 02 pompes. Ce dégrillage est prévu en cas où il y a eu des déchets qui se sont infiltrés dans le réseau dans le segment entre les deux stations vues que le réseau est unitaire. Pour cette station l'eau est refoulée pour une distance de 2.5 km environ.

### ❖ Déversoir d'orage

Placé en tête de station, c'est un élément commun entre l'ancienne station et son extension, il sert à bay-passer l'eau en cas d'orage ou de fortes pluies. Cette eau très diluée est directement acheminée à la mer (Figure05).



**Figure05:** Arrivée des eaux et déversoir d'orage.

### ❖ Le Poste de relevage

L'alimentation de la station se fait grâce à trois pompes immergées de 87,5 m<sup>3</sup> /h chacune, dont une de secours. Le fait de posséder trois pompes permet de gérer les écarts entre

l'été et l'hiver et optimiser le fonctionnement du dessableur-déshuileur. Les pompes sont protégées par un panier dégrilleur relevable (Figure 06).



**Figure 06 :** Poste de relevage.

### I.8.1 Prétraitement

#### A. Le dégrilleur

Le dégrilleur est destiné à piéger les matières volumineuses et déchets de toutes sortes contenus dans l'eau brute pour permettre leur extraction dans une benne automatiquement grâce à un peigne et évacuation en décharge. En cas de panne, le système contient un 2<sup>ème</sup> dégrilleur manuel et les déchets sont évacués à la même benne (Figure07et 08).



**Figure07:** Benne des déchets.



**Figure08:** Dégrilleur automatique.

#### B. Dessableur-déshuileur

C'est un ouvrage combiné de déshuilage-dessablage de forme cylindro-conique de 4,20 m de diamètre et un volume de 34m<sup>3</sup>.

L'ouvrage est aéré par une turbine installée à l'intérieur d'une jupe de diffusion. Les bulles d'air introduites dans la masse du liquide, émulsionnent les matières légères et les graisses figées qui remontent en surface. Les flottants sont repoussés à la périphérie où ils sont raclés mécaniquement et déversés dans une goulotte qui les enverra gravitairement vers le traitement des graisses.

Les sables et autres matières minérales déposés au fond de l'ouvrage, sont évacués par une pompe à roue Vortex de débit de 30 m<sup>3</sup>/h et débarrassés des matières organiques et essorés sur un classificateur avant d'être déposés en benne comme avec les résidus du dégrillage (Figure 09 et 10).



**Figure 09:** Classificateur à sable



**Figure 10:** Déssableur-déshuileur.

### I.8.2. Le traitement secondaire (biologique)

#### A. Bassin d'aération

Il est composé de deux bassins biologiques rectangulaires fonctionnant en aération discontinue. Chaque bassin a 23 m en longueur, 1,5 m en largeur et 3,90 m en profondeur (Figure 11). Les bassins d'aération sont les réacteurs biologiques dans lesquels s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies, ils constituent un élément fondamental de la filière définie sous le terme de boues activées, une bonne gestion de l'aération permet également d'assurer les réactions de nitrification et de dénitrification.

Les eaux usées contenues dans le bassin biologique sont formées de biomasses (eaux+bactéries+boue), on utilise de l'oxygène pour stimuler l'activité bactérienne et les rendre fonctionnelles.



**Figure 11:** Bassin d'aération et aérateur de surface.

### **B. Dégazeur**

C'est un bassin de 6 m de long 2 m de large et 3.9m de profondeur. L'eau et la boue remontent des bassins par deux conduites séparées qui ont une hauteur assez importante puis redescendent dans le bassin de dégazages à une conduite souterraine vers le clarificateur. Ce mouvement créé une turbulence dans ces eaux qui fait en sorte que les gaz  $O_2$  et  $CO_2$  s'échappent de l'eau.

### **C. Clarificateur**

C'est un bassin cylindro-conique (diamètre intérieur =16m, hauteur de l'eau=2.5m, hauteur de la paroi=3m).L'injection du mélange eau/boue provenant des deux bassins d'aération se réalise par le bas du clarificateur, au centre du système par la présence d'une jupe de répartition, système permettant une bonne répartition du flux injecté au sein du décanteur (figure12).



**Figure 12:**Clarificateur

### D. Poste de recirculation

Les boues décantées et concentrées au fond de l'ouvrage de clarification, seront recirculées vers les bassins d'aération par des pompes de recirculation, le refoulement des pompes se fait dans le bassin de répartition en amont des bassins d'aération afin de préserver une biomasse épuratrice de qualité et contrôler sa concentration qui doit varier de 3 à 35 g/l en été et de 6 à 6.5 g/l en hiver afin de garantir un même rendement. Les boues dites en excès seront pompées pour rejoindre la filière boue (Figure 13).



**Figure13:**Poste de recirculation.

### E. Poste toutes eaux

C'est un puits où sont collectés tous les effluents internes de la station. Ils sont par la suite envoyés vers le bassin de répartition (juste après le prétraitement) par deux pompes de refoulement (figure14)



**Figure14:** Poste toutes eaux

### F. Désinfection

C'est un bassin de (L=8m ; l=3m et h=3.1m) avec une hauteur de l'effluent de 2m. Une installation est prévue pour la désinfection au chlore. Donc ce bassin est muni d'un poste de chloration. C'est un bassin muni de chicanes dont lequel l'eau épurée est mélangée avec le chlore de sodium. Les chicanes favorisent l'homogénéisation et le contact de l'eau avec le chlore.

### G. Milieu récepteur

L'eau est ensuite passée par un canal venturi pour être évacuée à la mer (Figure15).



**Figure15:** Canal de sortie des eaux épurées.

### I.8.3. Traitement des boues

#### A. Epaisseur

Les boues en excès des deux lignes de traitement sont acheminées vers un ouvrage cylindro-conique, hersé afin d'être concentrées par décantation gravitaire avant admission sur les lits de séchage, cet ouvrage a un diamètre de 6m et une hauteur de 3,42m. Il est muni de goulotte pour récupération du surnageant. La herse permet l'homogénéisation des boues (Figure16).



**Figure 16:** Epaisseur.

#### B. Lits de séchage

La station est munie de 10 lits de séchage c'est une technique de déshydratation naturelle. Elle ne nécessite pas de conditionnement chimique, C'est une filtration et évaporation naturelle sur une aire de séchage composée de :

- Une couche supérieure de sable de 5 à 10 cm.
- Une couche intermédiaire de gravier fin de 10 cm.
- Une couche inférieure de gros gravier de 20 cm.
- Des drains en ciment.

Les boues passent par deux étapes:

- Filtration naturelle à travers le lit : perte jusqu'à 80% de la teneur en eau.
- Evaporation naturelle (séchage atmosphérique).

Chaque lit a sa propre goulotte mais elles sont connectées entre elles jusqu'à l'arrivée à la rigole reliée au poste toutes eaux (Figure17).



**Figure17:** Lits de séchage.

### **B/ Méthodologie des prélèvements et analyses**

La partie pratique de ce travail a été réalisée durant la période «15/03/2020 à 19/03/2020 » au niveau du laboratoire de la STEP d'Azeffoun, c'est pourquoi on a présenté dans ce chapitre les différentes méthodes et les différents matériaux utilisés.

L'exploitant s'assure du respect des normes de rejets et de la vérification quotidienne, du bon fonctionnement des ouvrages et l'application des mesures d'hygiène et sécurité. Cette vérification s'opère au niveau du laboratoire par une série d'analyse selon des méthodes et des modes opératoires bien précis, en fin les résultats obtenus seront comparés aux normes de l'OMS et JORAD.

#### **I. Prélèvement et échantillonnage**

Dans l'absence d'un préleveur automatique qui assure un échantillonnage sur les 24h, l'échantillonnage se fait manuellement par les analystes du laboratoire. 4 à 5 prélèvements d'au moins 200 ml chacun sont effectués sur la journée, ces derniers seront mélangés pour former un échantillon composite homogène.

Le prélèvement se fait à l'aide d'un préleveur manuel en profondeur du canal et en contrecourant, puis versé dans un contenant en verre. Nous avons effectué le prélèvement de l'échantillon pour :

) Les eaux épurées au niveau du canal de sortie (figure18).

Les échantillons sont conservés au réfrigérateur à 4°C afin de préserver les caractéristiques initiales durant les 24h le temps d'effectuer l'analyse.



Figure 18:Prélèvement des eaux épurées.

## II. Réactifs et matériels

Tableau 08: Les différents réactifs et matériels présentant dans laboratoire d'analyse.

Réactifs	Matériels
- Nitra ver 6	- Microscope binoculaire
- Phos ver 3	- Etuve
- Nitra ver 5	- Four 1100°C
- Nitri ver 3	- Réacteur DCO
- Tests en tube nitrates	- Colorimètre
- Test en tube nitrites	- Spectrophotomètre
- Test en tube ammonium	- Oxymètre
- Cyanure ammoniacal	- pH mètre
- Salicylate ammoniacal	- Un incubateur+DBO mètre à oxytops
- LCK 314(DCO basse gamme)	- Un réfrigérateur
- LCK 114 (DCO haute gamme)	- Balance analytique
- Gel de silice granulé	- Plaque chauffante
- Solution tompon pH 4	- Dessiccateur en verre
- Solution tompon pH 7	- Dispositif de filtration
- Solution d'étalonnage pour conductimètre	- Agitateur magnétique
- Solution électrolyte pour l'oxymètre.	- Verrerie de laboratoire

### III. Analyses et modes opératoires

L'objectif de cette expérimentation est de caractériser les eaux épurées de la station par l'analyse de certains paramètres physiques et chimiques.

La partie expérimentale concernant les éléments traces métalliques et les paramètres biologiques a été reprise des études réalisées par des promotions précédentes (annexe 05 et 06).

Ces analyses peuvent être résumées en :

- \_ **Analyses quotidiennes** : température, PH, conductivité et turbidité
- \_ **Analyses complètes** : MES, DBO<sub>5</sub>, DCO, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Le dosage de l'ammonium a été effectué par un autre laboratoire par la méthode spectrophotométrique).

#### III.1. Analyses quotidiennes

Pendant toutes ces analyses on doit porter des gants et tablier et à la fin de chaque travail on se lave bien les mains à l'eau de javel ou n'importe quel autre désinfectant.

##### III.1.1. Potentiel hydrogène pH et la température

**Appareillage** : pH mètre à électrode.

##### **Mode opératoire :**

- Préparer le pH – mètre.
- Etalonner l'appareil.
- Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.
- Rincer la sonde de température et l'électrode à l'eau distillée.
- Plonger la sonde de température et l'électrode dans l'échantillon.
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture.



Figure 19 : pH mètre à électrode.

### III.1.2. La conductivité électrique (CE)

**Appareillage :** Conductimètre à électrodes.

#### Mode opératoire :

- Rincer plusieurs fois l'électrode de l'appareil d'abord avec de l'eau distillée.
- On étalonne le conductimètre.
- Puis on plonge la sonde du conductimètre.
- Ensuite on aura la valeur des échantillons.



Figure 20 : Conductimètre à électrodes.

### III.1.3. Turbidité

Appareillage : Spectrophotomètre.

#### Mode opératoire :

- On prépare le spectrophotomètre, on applique le numéro du programme 95.
- On prend 3 cuvettes et on verse dans chacune 25 ml :
  - ) D'affluent à l'entrée de la STEP.
  - ) D'effluent à la sortie de la STEP.
  - ) D'eau distillée(le blanc).
- On prend la cuvette du blanc, on l'essuie bien, on l'introduit dans l'appareil, on met le couvercle et on appuie sur « zéro ».
- On introduit l'échantillon et on appuie sur « Read », c'est la valeur de la turbidité.



**Figure 21** : Spectrophotomètre.

### III.2. Analyses complètes

#### III.2.1. Les matières en suspension (MES)

**Appareillage** : Colorimètre.

##### Mode opératoire :

- On choisit le programme 94.
- On verse dans 3 flacons de 25 ml :
  - ) Dans le 1er flacon prépare le blanc comme référence (rempli d'eau distillée)
  - ) Un échantillon de l'affluent prélevé à l'entrée de la STEP.
  - ) Un échantillon de l'effluent prélevé à la sortie de la STEP.
- On prend le blanc, on l'essuie bien, l'introduire dans l'appareil, on met le couvercle et on appuie sur « zéro ».
- Ensuite on introduit les échantillons préalablement agités et on appuie sur « Read », on a la valeur de MES qui s'affiche.



**Figure 22** : Colorimètre

### III.2.2. La demande biochimique en oxygène (DBO)

Appareillage : DBO mètre

#### Mode opératoire

- On prend notre échantillon du réfrigérateur et on laisse jusqu'à ce qu'il redevienne à la température de prélèvement (température ambiante).
- On l'agite un peu pour l'homogénéiser.
- On prend 250ml d'échantillon d'entrée par une éprouvette (pour la sortie on prend 432 ml avec une fiole à 432ml).
- On les met dans une bouteille dont on a auparavant mis un barreau magnétique.
- On place une cupule au bouchon de la bouteille
- On met 4 à 5 grains de KOH dans la cupule qui permettent d'absorber le CO<sub>2</sub> dégagé.
- On place les oxytops sur les bouteilles.
- On appuie sur les deux boutons de l'oxytop en même temps pour lancer une nouvelle lecture.
- On place les deux bouteilles dans l'incubateur à 20°C.
- Les volumes d'eau à analyser selon la charge polluante, un facteur de correction est donné afin de calculer la valeur finale de la DBO (Annexe 07).



**Figure23** : DBO mètre.

### III.2.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

Appareillage : Réacteur DCO.

#### Mode opératoire :

- On agite le réactif bien et on ajoute :
  - ) 3 ml d'échantillon d'entrée.
  - ) 2 ml d'échantillon de sortie.
- La réaction est exothermique.
- On chauffe les échantillons à 150°C pendant 2h dans le réacteur DCO.
- On fait la lecture au spectrophotomètre.
  - )  $\lambda=820$  nm pour l'échantillon d'entrée.
  - )  $\lambda=420$  nm pour l'échantillon de sortie.
- Pour l'entrée on utilise la gamme de 25 à 1500mg d'O<sub>2</sub>/l.
  - ) Pour la sortie on utilise la gamme de 0 à 150 mg d'O<sub>2</sub>/l.



**Figure 24** : Réacteur à DCO.

### III.2.4. Détermination des Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

**Appareillage :** Méthode colorimétrique.

#### **Mode opératoire :**

##### **A l'entrée :**

- Entrer le numéro du programme 55.
- Remplir l'éprouvette graduée bouchée de 25 ml jusqu'au trait 15 ml avec l'échantillon.
- Ajouter le contenu d'une gélule de réactif nitra-ver 6 à l'éprouvette et la boucher.
- Agiter vigoureusement pendant 3 min.
- Laisser reposer pendant 2 min pour permettre au cadmium de se déposer.
- Verser 10 ml de l'échantillon obtenu dans une cuvette colorimétrique propre.
- Ajouter le contenu d'un sachet de nitri-ver 3.
- Agiter pour dissoudre.
- Laisser réagir pendant 15 min.
- Le blanc est 10 ml de l'échantillon sans réactifs.
- Faire la lecture au colorimètre.

##### **A la sortie :**

- On utilise le programme 51.
- On prend 10 ml de l'échantillon.
- Verser une micro-cuillère de  $\text{NO}_3^-1 \text{ K}$  dans un tube à essai.
- Fermer le bouchon et agiter vigoureusement pendant une minute pour dissoudre la substance solide.
- Ajouter 1.5 ml de l'échantillon puis fermer et mélanger.
- Le temps de réaction est 10 min.
- Faire la lecture au spectrophotomètre.

### III.2.5. Détermination des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

**Appareillage :** Méthode colorimétrique.

**Mode opératoire :**

- On prend 10 ml d'échantillon filtré à l'entrée et 10 ml d'échantillon de sortie.
- On choisit le programme du colorimètre approprié (program 60).
- On verse le contenu du (nitrite LR) nitrite Law réactif dans les échantillons.
- La coloration devient rose en présence de nitrite.
- On attend 15 min (temps de réaction) et on fait la lecture.
- On prend pour la lecture l'échantillon lui-même sans ajouter le réactif comme « blanc ».

### III.2.6. Détermination des Ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

**Appareillage :** Méthode colorimétrique

**Mode opératoire :**

- On utilise le colorimètre avec le programme 85.
- On prend 25 ml d'échantillon (entrée filtrée).
- On rince à l'eau distillée puis à l'échantillon puis on remplit les cuvettes.
- On pipete 1 ml de molybdate et puis 1 ml d'acide.
- On remarque un changement de couleur au bleu en présence de  $\text{PO}_4^-$ .
- On laisse reposer pendant 10 min.
- On fait la lecture.

Dans notre étude une série des mesures sur les paramètres de pollution de l'eau ont été effectuées respectivement à la sortie (eau traités) de cette STEP.

Les résultats d'analyses obtenus durant la période allant du 15 au 19 mars 2020 sont présentés sous forme d'histogrammes sous Microsoft office Excel 2007.

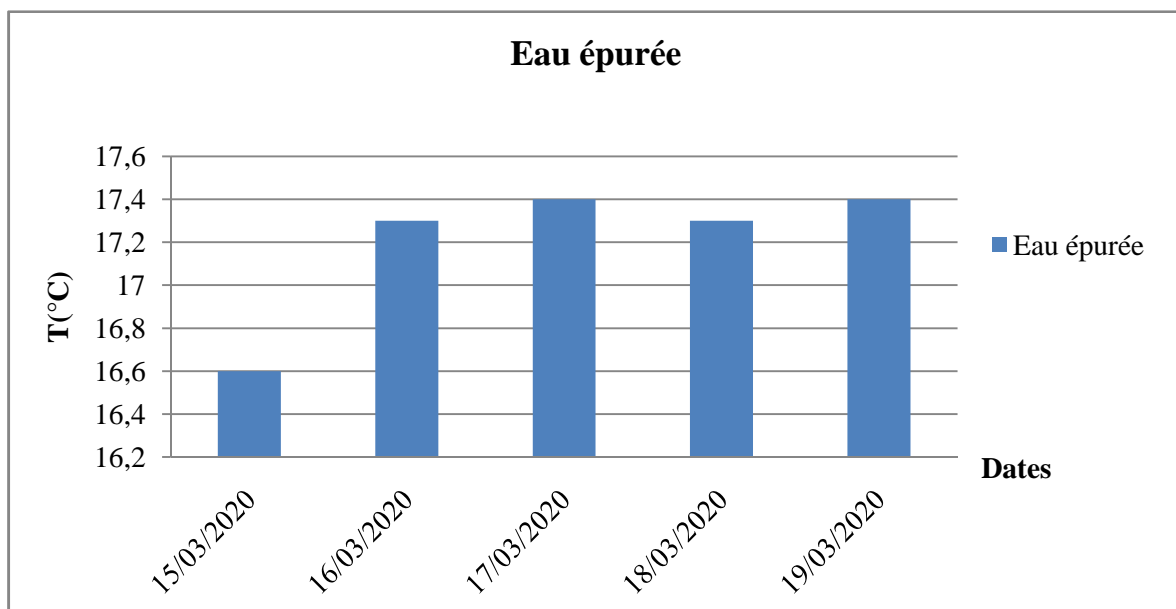
Les paramètres analysés quotidiennement sont la température, le pH et la conductivité et la turbidité. Pour la DCO, la DBO, les MES L'azote et les phosphates sont analysés 2 fois/mois.

### I. Résultat des analyses physico-chimiques des eaux usées traitées de la STEP

Les différentes analyses réalisées (physico-chimique) sur les eaux de la STEP d'Azeffoun nous ont révélé les résultats illustrés dans l'annexe 08.

#### 1.1. La température

La figure 25 représente les variations des valeurs quotidiennes de la température de l'eau traitée de la STEP d'Azeffoun.



**Figure 25 :** Variation quotidienne de la température de l'eau épurée de la STEP Azeffoun.

En effet la température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur la propriété physico-chimique des eaux. Un réchauffement ou bien un refroidissement peut perturber fortement le phénomène d'épuration de ces eaux usées, mais ce

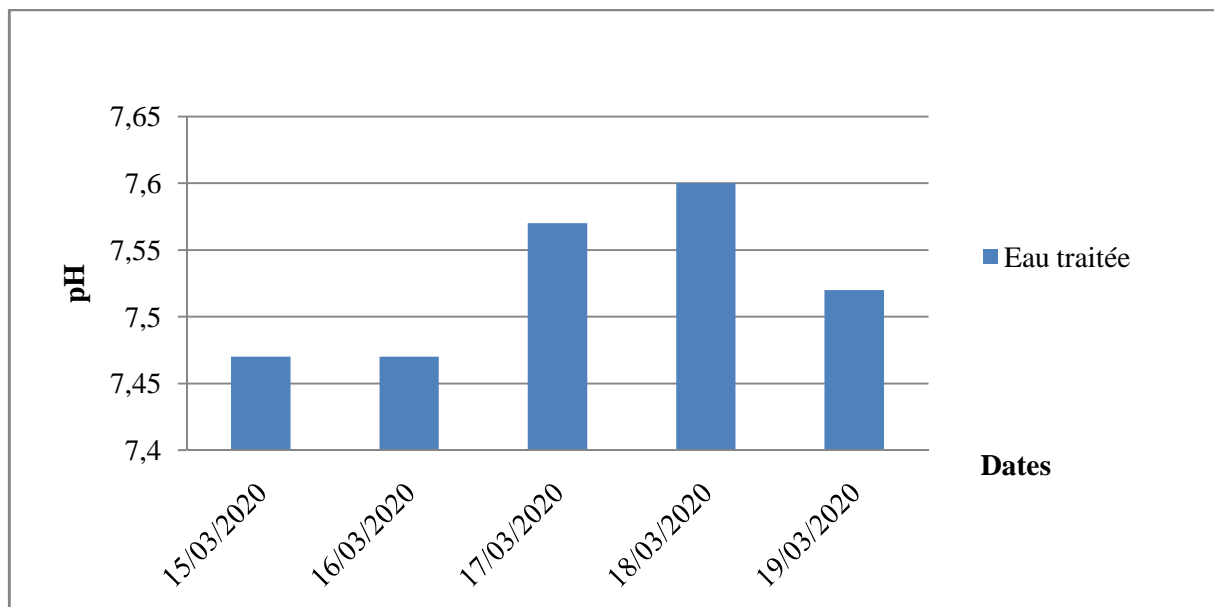
changement peut aussi être un facteur de croissance de la productivité microbienne (Karaali et *al.*, 2008).

Selon les résultats obtenus, les valeurs de la température de l'eau épurée varient entre 16,6°C et 17,4 °C. La moyenne de la température de l'effluent traité est de 17,20°C, qui est inférieure à la valeur de référence des effluents secondaires exigée par l'OMS fixée à 30°C. Et ne présente aucune contre-indication par rapport aux normes algériennes exigées pour une réutilisation agricole de ces eaux en irrigation (JORAD, 2012).

En comparant la valeur moyenne, trouvée 17,20°C qui est inférieure aux résultats des travaux de Djemil et *al.* (2016) et Metahri et *al.* (2015) qui ont trouvé 21,41° C et 21.12°C. Cela est probablement dû à la variation saisonnière de la température et ces valeurs sont expliquées par l'heure de prélèvement et des conditions météorologiques.

### I.2.Potentiel hydrogène (pH)

Les variations du pH de l'eau traité de la STEP sont représentées sur la figure 26.



**Figure 26 :** Variation quotidienne du pH de l'eau épurée de la STEP Azeffoun.

Le pH de l'eau appropriée dépend de la nature des micro-organismes, un pH allant de 6 à 9 est un pH souhaitable pour le maintien de la vie aquatique et en particulier le maintien de la vie des micro-organismes peuplant le bassin d'aération car pour un pH 6 on a une

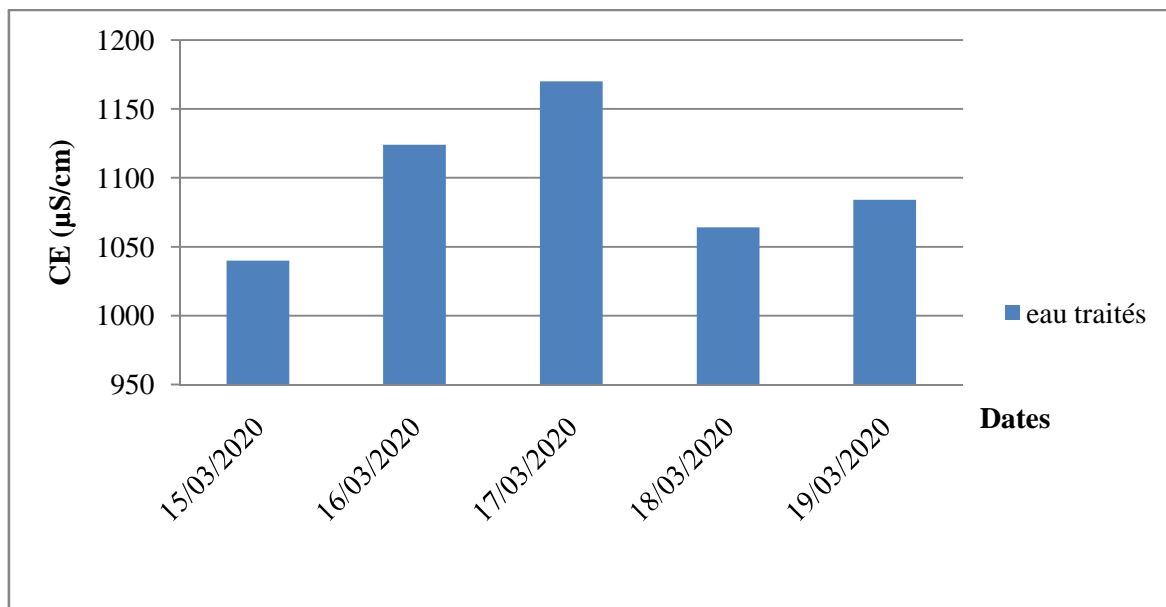
acidification du milieu qui peut provoquer la défloculation de bassin d'aération et leurs mauvaise décontabilité (Karaali et *al.*, 2008).

D'après les résultats obtenus, la valeur du pH de l'eau épurée varie entre 7,47 et 7,60 et une moyenne de 7,53. Pour l'eau traitée, le pH moyen est inférieur au pH moyen enregistré à l'entrée 7,72 (voir annexe 08) qui peut être due à la minéralisation de la matière organique. Ces valeurs sont conformes à la norme de pH exigée par l'OMS (6,5-8,5), aussi aux normes algériennes sur la qualité des eaux destinées à la réutilisation agricole (JORAD, 2012).

Comparant la valeur moyenne trouvé de 7,53, aux résultats de Djemil et *al.*, (2016) qui varie entre [7,61 et 7,81] et Metahri et *al.*(2015) avec une moyenne de 7,52, on constate que les valeurs sont adjacentes. Ceci est probablement dû à la qualité de l'affluent à l'entrée de STEP, ces derniers sont beaucoup plus urbains qu'industriels.

### I.3. La conductivité électrique (CE)

Les valeurs enregistrées de la conductivité sont représentées dans la figure 27.



**Figure 27 :** Variation quotidienne de la conductivité de l'eau épurée de la STEP Azeffoun.

C'est la capacité de l'eau à conduire le courant. Elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire qu'elle traduit la présence d'ions dans l'eau brute.

La valeur de la conductivité électrique de l'eau épurée varie entre 1040 et 1170 µs/cm avec une moyenne de 1096,4µs/cm.

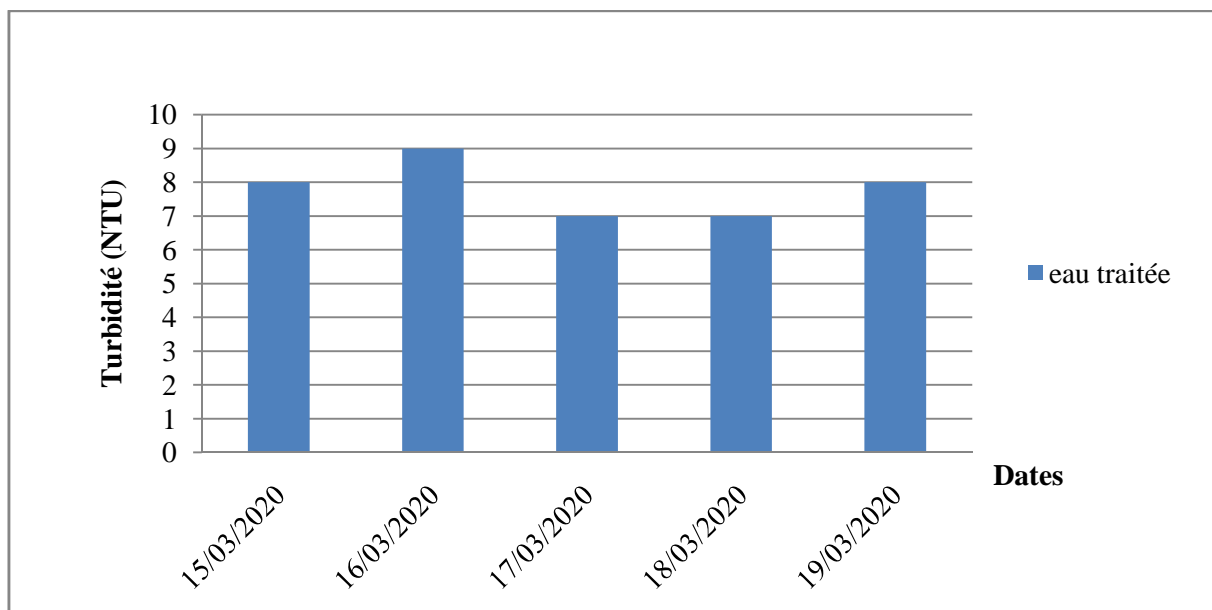
La diminution des valeurs de l'entrée vers la sortie au niveau de la station d'épuration est probablement due au traitement biologique effectué sur l'eau usée et à la sédimentation des sels minéraux dans le clarificateur (Gaujous, 1995).

Cette valeur répond aux normes algériennes sur la qualité des eaux destinées à la réutilisation agricole 3000  $\mu\text{s}/\text{Cm}$  (JORAD, 2012).

La moyenne des résultats trouvés par Djemil et *al.*(2016) qui est de 1365,6  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , est proche à notre valeur, cette petite différence est probablement due à la période d'étude qui s'étale pour une année hydrologique dans le cas de la STEP de Beni Messous, puisque l'origine des eaux usées qui arrivent sont les deux urbains.

### I.4. La turbidité

Les valeurs de la turbidité enregistrées durant la période d'étude sont illustrées dans la figure 28.



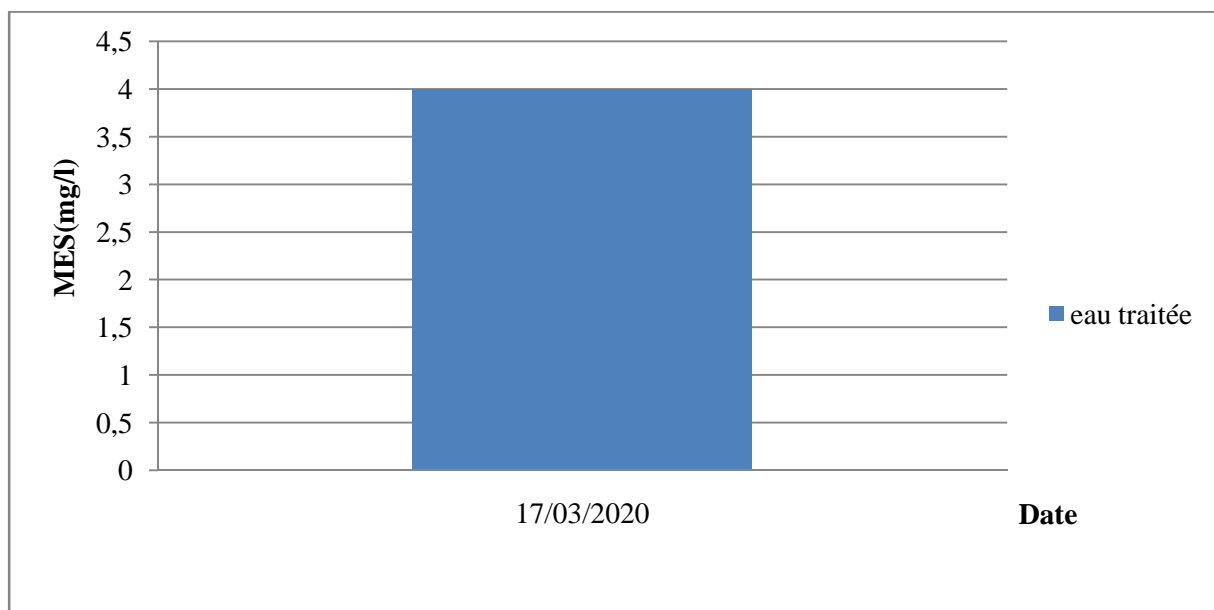
**Figure 28** : Variation hebdomadaire de la turbidité de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun.

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau (Metahri, 2012).

La valeur de la turbidité de l'eau épurée varie entre 7,00 NTU et 9,00 NTU avec une moyenne de 7,8 NTU. La valeur est considérablement réduite après traitement pour atteindre 7,8 NTU au niveau des eaux épurées qui s'explique par la réduction des concentrations de MES par les différents procédés de traitements.

### I.5. Matières en suspension (MES)

Les valeurs enregistrées durant la période d'analyses sont indiquées dans la figure 29.



**Figure 29 :** Concentration hebdomadaire de MES (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun.

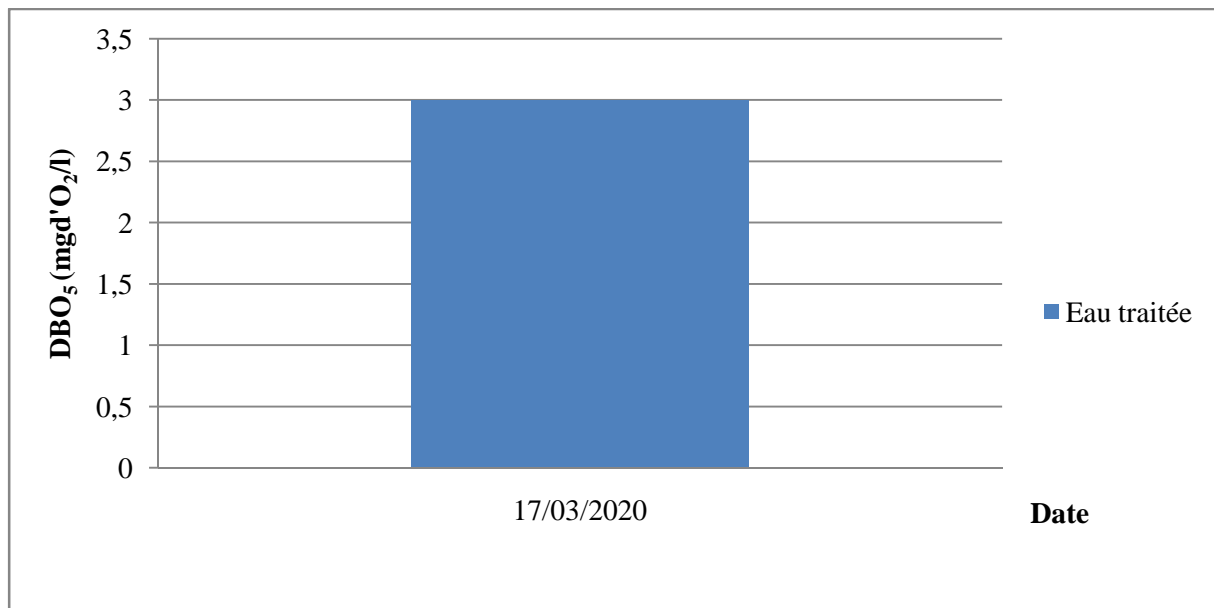
Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux usées. La connaissance de la concentration des éléments colloïdaux dans les eaux usées est nécessaire dans l'évaluation de l'impact de la pollution sur le milieu aquatique.

L'analyse des eaux usées de la ville d'Azeffoun a révélé une teneur tandis qu'elle est considérablement réduite dans l'eau traitée pour atteindre 4,00 mg/l. Cette diminution dépend à une bonne décantation de la boue dans le clarificateur. Ce qui indique une bonne efficacité de traitement de la station d'épuration. Sachant que la valeur limite de MES pour le rejet dans le milieu récepteur et pour l'irrigation est de 30 mg/l (JORAD, 2012), on peut dire que ces eaux peuvent être destinées pour une réutilisation agricole.

Comparent la valeur de MES enregistrée à la sortie de la station, qui est inférieure à celle trouvé par Metahri et *al.* (2015) de 14.20 mg/l, et selon les résultats de Djemil et *al.*(2016), la valeur est inférieure à la fourchette qui varie entre [8,30-20,46 mg/l]. Cela est probablement due à la variation de la charge des affluents d'une part et l'intensité des précipitations d'autre part, et de la nature du rejet et l'arrivage d'eau chargée en matières minérales à la station.

### I.6. La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

Les valeurs enregistrées durant la période d'analyses sont indiquées dans la figure 30.



**Figure 30** : Concentration en DBO<sub>5</sub> (mg d'O<sub>2</sub>/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun.

La demande biochimique en oxygène est exprimée par mg d'oxygène par litre. Elle exprime la quantité de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau.

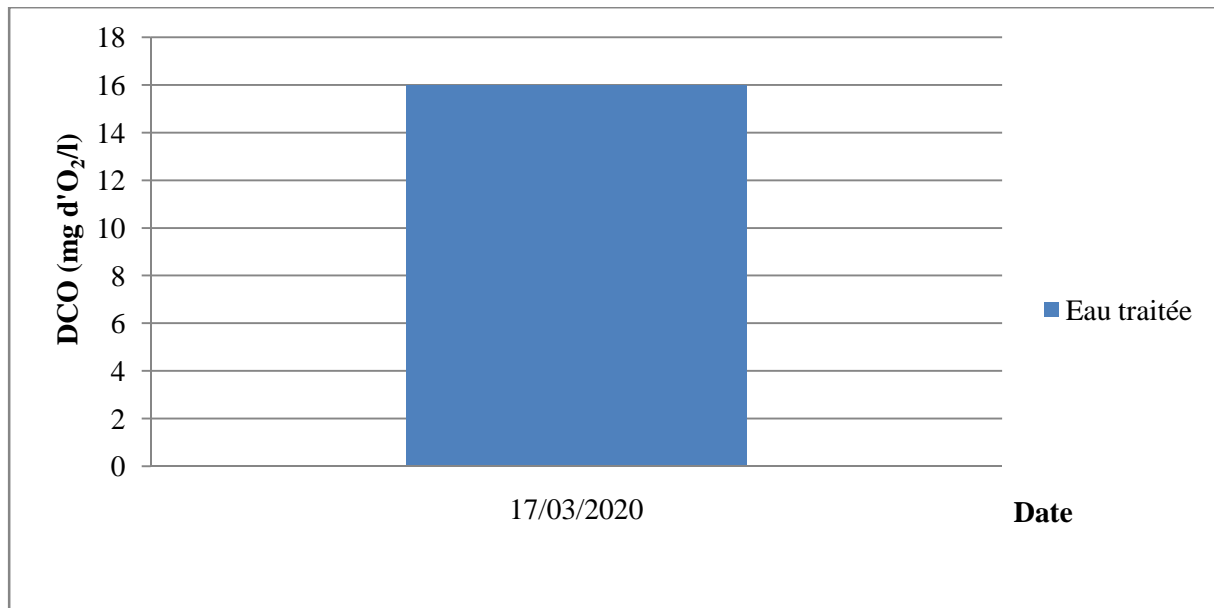
Après épuration la teneur diminue d'une façon remarquable pour atteindre un maximum de 3,00 mg d'O<sub>2</sub>/l. Ceci est dû à la dégradation de la matière organique de l'eau par les micro-organismes qui consomme de l'oxygène pour pouvoir effectuer ce processus de biodégradabilité. La valeur obtenue sur les eaux épurées répond aux normes de rejets et celle fixée à 30 mg d'O<sub>2</sub>/l par (JORAD, 2012) pour les eaux destinées à l'irrigation.

Comparant le résultat trouvé qui est inférieur à la valeur de l'étude réalisé par Metahri et *al.*(2015) de 28,32mg d'O<sub>2</sub>/l, et selon les résultats de Djemil et *al.* (2016), la valeur est proche de la fourchette qui varie entre [3,43 et 18,02 mg/l]. Cela est probablement expliqué par

l'entrée peu chargé et la nature biodégradable des eaux résiduaires entrant à la STEP d'Azeffoun, et due à un effet de dilution par les eaux de précipitation pendant l'hiver pour la STEP Beni Messous.

### I.7. La demande chimique on oxygène (DCO)

Les valeurs enregistrées durant la période d'analyses sont indiquées dans la figure 31.



**Figure 31** : Concentration en DCO (mg d'O<sub>2</sub>/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun.

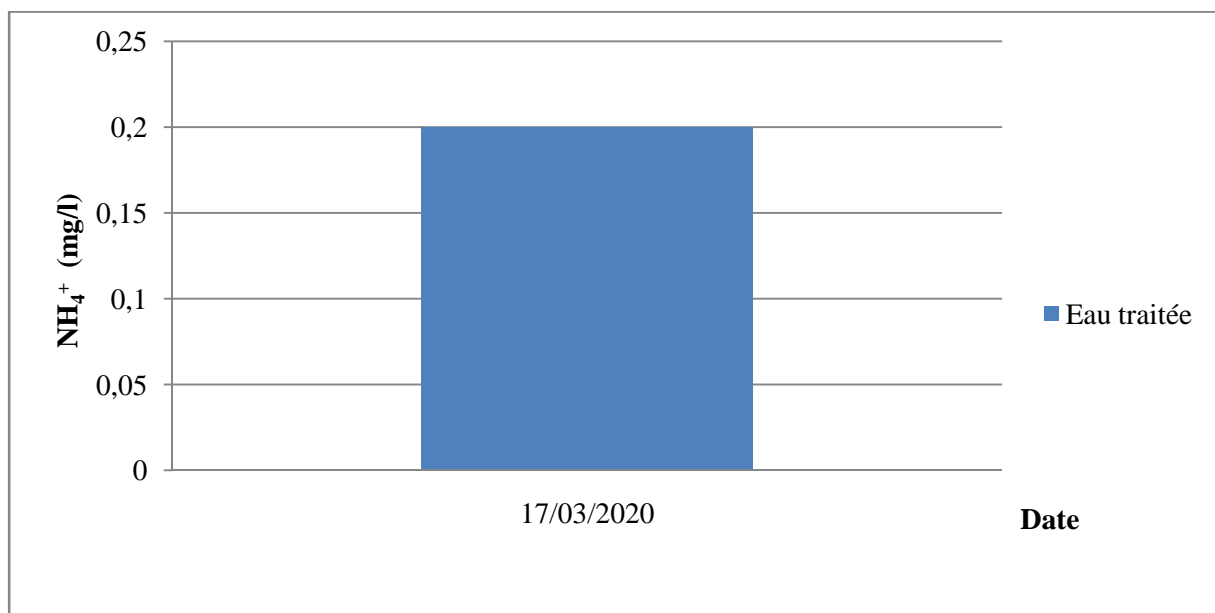
La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg d'O<sub>2</sub>/l (Metahri, 2012).

La valeur de la DCO est beaucoup plus importante à l'entrée (voir annexe 08) qu'à la sortie de la STEP. Cela est probablement dû à une surcharge des affluents par la matière organique et minérale. A la sortie de la STEP cette dernière est atténuées jusqu'à atteindre une valeur inférieure au 30 mg d'O<sub>2</sub>/l. cette nette baisse de teneurs est due à une dégradation de la matière organique par les microorganismes. La valeur de la DCO obtenue pour l'eau épurée obéit aux normes OMS pour les rejets qui est fixée à 90 mg d'O<sub>2</sub>/l ainsi qu'aux normes algériennes pour les eaux destinées à l'irrigation.

Comparant le résultat trouvé qui est inférieur à la valeur de l'étude réalisé par Metahri et *al.* (2015) de 44,50 mg d'O<sub>2</sub>/l, et selon les résultats de Djemil et *al.* (2016), la valeur est dans la fourchette qui varie entre [14,55-27,50 mg d'O<sub>2</sub>/l]. Cela est probablement dû à la nature et une surcharge des affluents par la matière non biodégradable de ces STEP.

### I.8. L'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

La figure 32 illustre la variation de l'ammonium à la sortie de la STEP.



**Figure 32** : Teneurs en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun.

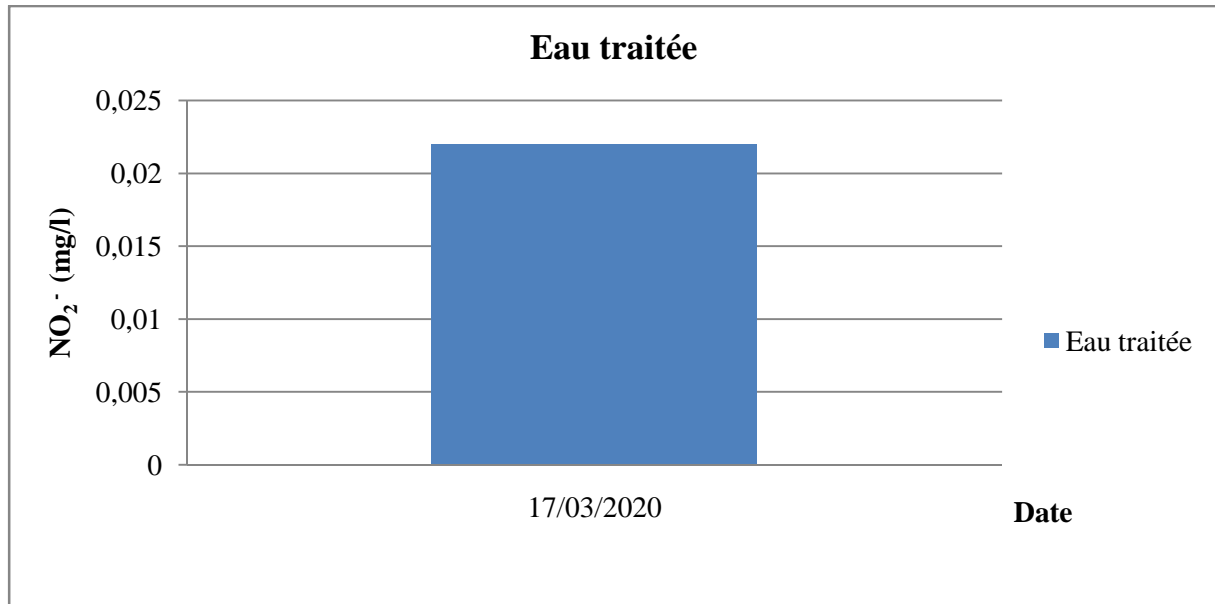
Les sites pollués par la matière organique sont aussi pollués par l'ammonium dont les teneurs augmentent avec l'augmentation de la température et avec la diminution de l'oxygène dissous (Karaali et *al.*, 2008).

Le résultat obtenu d'azote ammoniacal montrent une baisse considérable à la sortie de la station avec une valeur de 0.20 mg/l. Cette réduction est due au type de traitement des boues. Presque tout l'ammoniac peut être éliminé par le mécanisme de Nitrification par les bactéries nitrifiantes.

Le résultat est satisfaisant et proche de l'étude menée par Metahri et *al.* (2015) avec une valeur de 1,12 mg/l, et selon les résultats de Djemil et *al.* (2016), la valeur est dans la fourchette qui varie entre [0,13 à 4,20 mg/l], et cela est peut-être due à l'élimination de cet

élément dans le bassin d'aération et au respect de temps de séjour suffisant dans les réacteurs. Ce qui explique un bon fonctionnement de la STEP d'Azeffoun par rapport aux deux autres.

### I.9. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )



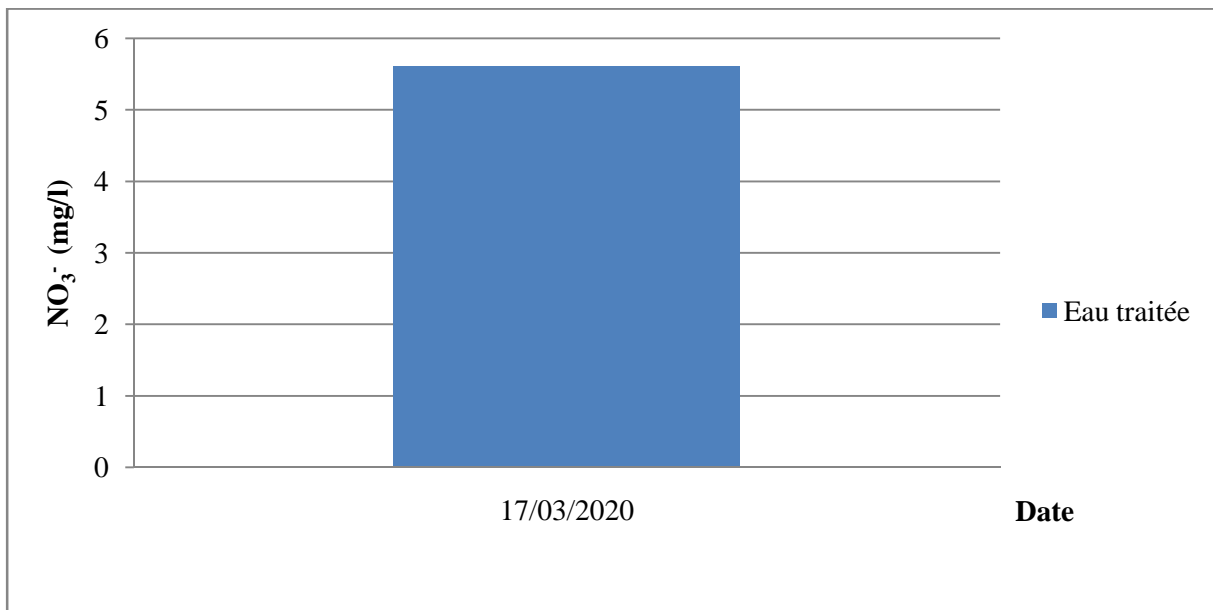
**Figure 33 :** Teneur en  $\text{NO}_2^-$  (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun.

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates (Boualem, 2009).

D'après le résultat obtenu, la valeur de l'azote nitreux est de 0,022 mg/l pour l'eau épurée (Figure 33).

Comparant le résultat trouvé qui est inférieur à la valeur de l'étude réalisé par Metahri et al.(2015) de 0,776 mg/l, Ceci est probablement due en fonction de la qualité d'eau usée, et peut être due au temps de séjour important et à la présence d'un dégazeur placé en amont du clarificateur, est un ouvrage qui permet une élimination des bulles contenues dans le mélange eau/boue. Ces bulles proviennent essentiellement de la formation de gaz au cours de réaction en aérobiose ou anoxie avec notamment la consommation de l'oxygène liée à l'azote pour but de le faire échapper. Ce qui explique l'efficacité d'élimination de l'azote de cette STEP par rapport à l'autre.

I.10. Les nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )



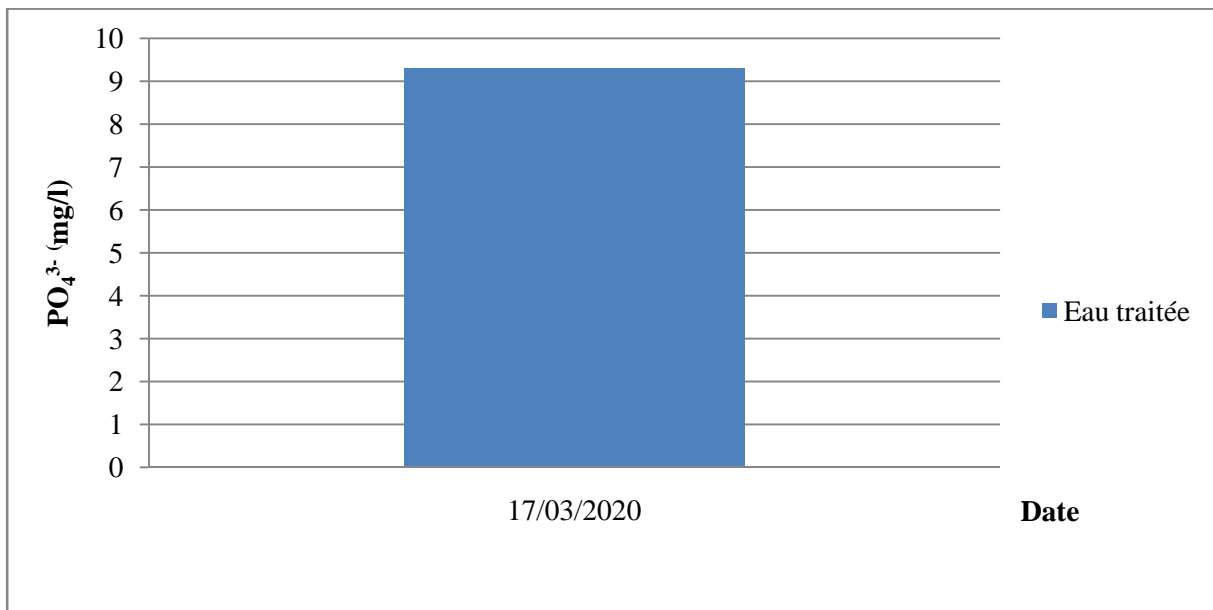
**Figure 34** : Teneur en  $\text{NO}_3^-$  (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun.

Les nitrates sont en effet l'élément chimique majeur qui conditionne la vie des micro-organismes dans l'eau. Les bactéries ont toujours besoin d'une source azotée pour la synthétiser et structurer leurs protéines (Karaali et *al.*, 2008).

La valeur enregistrée pour les nitrates au niveau des eaux brutes est faible, cette valeur est considérablement élevée après le processus d'épuration pour atteindre une valeur de 5.6 mg/l (Figure 34). L'augmentation de la teneur en nitrate dans les eaux usées traitées est liée à la nitrification, ce qui signifie la transformation des nitrites en nitrates par les Nitrobacter. Cette augmentation est rendue possible par l'absence de dénitrification qui réduit les nitrates en azote gazeux et ceci est dû aux fortes concentrations en oxygène ( $\text{O}_2$ ) fournis par le bassin biologique (Boubekki, 2016). Cependant et d'après les normes algériennes fixées pour l'irrigation 30mg/l, l'utilisation de ces eaux en irrigation ne pose pas des risques.

La valeur de nitrate enregistrée à la sortie de la station est inférieure à celles trouvées par Djemil et *al.* (2016) avec une valeur de 13,08 mg/l et Metahri et *al.* (2015) de 18.26 mg/l. Cela est probablement suivant la saison et l'origine des eaux et celle-là prouve que la nitrification est encore plus poussée au cours de l'épuration biologique où l'utilisation de bactéries nitrifiantes en grande masse (boues activée) à côté d'une oxygénation importante fait que les quantités d'azote ammoniacal est transformées en azote nitrique.

### I.11. L'Ortho-phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )



**Figure 35 :** Teneurs en  $\text{PO}_4^{3-}$  (mg/l) de l'eau épurée de la STEP d'Azeffoun.

La présence des phosphates dans les effluents secondaires entraîne un développement massif d'algues qui caractérise le phénomène d'eutrophisation (Karaaliet *al.*, 2008).

La teneur en ortho-phosphates enregistrée pour l'eau épurée est de 9.3 mg/l (Figure 35).

L'élévation de la teneur en ortho-phosphates après le traitement s'explique par un processus de déphosphoration incomplet dans la station d'épuration, du moment qu'il n'y a pas de traitement tertiaire (colibaly, 2000).

Comparant le résultat obtenu, avec la valeur trouvée par Djemil et *al.* (2016) il dépasse la fourchette qui varie entre [1.30-3,80mg/l], cela peut être expliqué par la décomposition de la matière organique et elle est liée à l'origine de ces eaux (domestique et industrielle) et la nature des effluents rejetées par les usines.

### I.12. Les métaux lourds

Les métaux lourds sont toxiques, d'une part pour le milieu naturel ou ils peuvent d'être accumulés le long de la chaîne alimentaire et d'autre part pour les processus d'épuration biologique. C'est ainsi qu'il est nécessaire de procéder aux analyses de ces métaux provenant essentiellement des rejets industriels

La recherche des éléments traces métalliques effectuée par le laboratoire central de l'ONA ont abouti aux résultats mentionnés dans le tableau 09, on a pris les résultats précédents menés par (Halil et Mouloudj, 2018).

**Tableau 09:** Les concentrations des éléments en traces métalliques au niveau du rejet de la STEP d'Azeffoun.

Paramètre	Résultant	Unité	Les valeurs limitent (mg/l)(JORAD, 2012)
Nickel	<0.1	mg/l	2
Cuivre	<0.05	mg/l	5
Cadmium	<0.02	mg/l	0.05
Plomb	<0.2	mg/l	10
Zinc	<0.05	mg/l	10
Chrome	<0.5	mg/l	1
Cobalt	<0.1	mg/l	5
Fer	<0.1	mg/l	20
Manganèse	<0.05	mg/l	10
Mercure	<1	µg/l	0.01

Dans notre cas les concentrations enregistrées sur les métaux lourds de l'effluent examiné ci-dessus sont nettement inférieures à celles exigées par la norme algérienne pour les eaux épurées destinées à une valorisation agricole (JORA, 2012). Par conséquent, on signale qu'il n'y a pas de restrictions à l'utilisation agricole des eaux usées secondaires de la station d'épuration d'Azeffoun.

## II. Résultats des analyses microbiologiques

Pour la détermination de la qualité générale des eaux et donc des eaux usées épurées l'analyse microbiologique est indispensable et complémentaire de l'analyse physico-chimique.

Suites aux conditions exceptionnelles de l'année 2020 (crise sanitaire) on n'a pas pu faire les analyses microbiologiques et donc on a utilisé les résultats effectués par (Halil et Mouloudj, 2018). L'analyse microbiologique de l'eau pure a été réalisée sur trois (03) échantillons entre mai et juin 2018.

### II.1. Dénombrement des coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* (Elmund *et al.*, 1999).

Selon les résultats de l'année 2018, le nombre de coliformes fécaux a montré une concentration élevée, qui est supérieur à celle exigée par (JORAD, 2012) (<1000 UFC / 100ml). Ces eaux peuvent être utilisées pour une irrigation restrictive pour les cultures d'arbres fruitiers, cultures et arbustes fourragers, cultures céréalière, cultures industrielles, arbres forestiers, plantes florales et ornementales à condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées (JORAD, 2012).

### II-2- Recherche des œufs d'helminthes (Nématodes)

L'analyse parasitologique a été effectuée sur trois (03) échantillons d'eau épurée étudiés. On a pris les résultats réalisés par (Halil et Mouloudj, 2018).

Les résultats de recherche parasitologique sont mentionnés dans le tableau 10.

**Tableau 10:** Résultats de recherche des œufs d'helminthes.

Dates de l'échantillonnage	14/05/2018	28/05/2018	03/06/2018
Recherche des œufs d'helminthes dans un litre	Négative	Négative	Positive (02 œufs)

Les résultats d'analyses montrent :

Dans deux échantillons, les résultats de la recherche d'œufs d'helminthes avec absence de nématodes intestinaux dans l'eau traitée de la station d'épuration d'Azeffoun étaient négatifs, tandis que le troisième échantillon était positif. Les œufs retrouvés ont été identifiés comme étant ceux du ténia. Cela est probablement dû à cause des problèmes rencontrés à la station pendant cette période et entre eux les arrêts intermédiaires causé par les coupures d'électricités.

Les résultats des analyses physico-chimiques, sur les eaux traitées de la STEP d'azeffoun montrent que ces effluents liquides présentent un caractère neutre ( $\text{pH} = 7,53$ ) et des valeurs moyennes de : température ( $17,2^\circ\text{C}$ ), d'une conductivité électrique de ( $1096,4\mu\text{s}/\text{cm}$ ) et une turbidité de ( $7,8 \text{ NTU}$ ), ainsi des valeur de: MES ( $4\text{mg}/\text{l}$ ),  $\text{DBO}_5$  de ( $3 \text{ mg d'O}_2/\text{l}$ ) et une valeur de DCO qu'est inférieur à  $30 \text{ mg d'O}_2/\text{l}$ , aussi des concentrations moyennes d'ammonium ( $0,2 \text{ mg}/\text{l}$ ), nitrite ( $0,022\text{mg}/\text{l}$ ), nitrate ( $5,6 \text{ mg}/\text{l}$ ) et les ortho-phosphates ( $9,3 \text{ mg}/\text{l}$ ). Les valeurs obtenues ne présentent aucune limite pour une valorisation agricole de ces effluents et répondent aux normes requises pour le rejet direct dans le milieu récepteur sans risque sur l'environnement. Cependant, ils constitueront un apport intéressant de fertilisation en nutriments azotés et phosphorés dans le cas d'une réutilisation en agriculture.

Les paramètres physico-chimiques des eaux brutes et traitées montrent un abattement important de la charge polluante après passage à travers les différentes étapes de traitement au niveau de ladite STEP station.

Les valeurs des éléments traces métalliques montrent que pour les paramètres analysés les concentrations en (Cuivre, Nickel, zinc, Fer, manganèse, Plomb, cadmium et chrome) sont inférieures aux normes (JORAD, 2012) requises et ne présentent aucun danger ou nuisances pour une réutilisation agricole à court ou à long terme.

Pour les résultats des analyses bactériologiques et parasitologiques, nous avons remarqué une concentration moyenne supérieure à la norme pour les coliformes thermo tolérants ainsi que la présence d'œufs d'helminthes avec absence de nématodes intestinaux. Cet état de fait, serait dû probablement aux problèmes de dysfonctionnement rencontrés au niveau de la station pendant cette période. Les arrêts intermédiaires causés par les coupures d'électricités et le problème de foisonnement constaté au niveau du bassin d'aération et du décanteur secondaire, ce qui permet de réutiliser ces eaux en irrigation restrictive.

Ces résultats obtenus affirment que les eaux usées traitées de la station d'épuration d'Azefoun sont d'une bonne qualité physico-chimique par rapport aux traitements appliqués, ainsi la richesse de l'effluent en éléments nutritifs lui permette d'être facilement utilisée dans le domaine agricole (irrigation). Par ailleurs sur le plan bactériologique et parasitologique la réutilisation est sévèrement contrôlée.

A l'avenir, le recyclage des eaux usées traitées peut avoir un effet prodigieux pour l'agriculture de la région, pour cela nous tenons à faire les recommandations normatives et administratives suivantes :

- ❖ Une extension de la STEP pour pouvoir effectuer des traitements tertiaires nécessaire à une réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture.
- ❖ Réaliser des analyses microbiologiques et parasitologique régulière de ces effluents (eaux et boues).
- ❖ Effectuer la désinfection physique des eaux épurées (UV).
- ❖ Réaliser une filtration avant toute réutilisation des eaux usées épurées.
- ❖ Un séchage des boues mécanique ou sous serre (thermique) en période hivernale.
- ❖ Une sensibilisation des agriculteurs aux bienfaits et les risques de l'utilisation des boues comme fertilisants.
- ❖ Favoriser les périmètres irrigués au voisinage des stations d'épuration, afin de faciliter l'acheminement de ces eaux.

### A

- ❖ **Asano T., (1998).** Wastewater reclamation and reuse. *Water quality management library*, 1475-1528 p.
- ❖ **Ayers R.S., et Westcott D.W., (1985).** Water quality for agriculture. *FAO irrigation and drainage* 29 p.
- ❖ **Ayers R.S., (1977).** Quality water for irrigation. *J. Irrig. Drain. Div.*, ASCE: 135-154 p.

### B

- ❖ **Belokda W., 2009.** Thèse contribution à une gestion des effluents liquides. *Mémoire de master [en ligne], Université Chouaib Doukkali el Jadida, Maroc.*
- ❖ **Benzaria M., (2008).** Approche méthodologique pour les projets de réutilisation des eaux usées en irrigation, *comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de l'environnement, université du Québec à Montréal.* 23-24 p.
- ❖ **Berrahmoun M.A., (2016).** Caractérisation et valorisation des effluents solides et liquides de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. *Mémoire de fin d'études, master traitement et valorisation des ressources hydriques U.M.M.T.O.* 34-35 p.
- ❖ **Blumenthal U.J., (1989).** Generalized model of the effect of different control measures in reducing health risks from waste reuse. 21:567-577 p.
- ❖ **Boualem, (2009).** Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, *Article de recherche.* 20-33 p.
- ❖ **Boubekki T. ; Boudjema H., (2016).** Contrôle du rendement épuratoire de la station d'épuration de Baraki « ALGER ». *Mémoire de fin d'études master, traitement et valorisation des ressources hydriques U.M.M.T.O.* 54 p.
- ❖ **Boudjema S., (2008).** Etude perspective de des l'état de l'environnement en Algérie cas de bassin versant de Sébaou, Wilaya de Tizi-Ouzou. *Mémoire Magistère en Agronomie. UMMTO.*
- ❖ **Boutin C. ; Alain H. ; Helmer J., (NOVEMBRE 2009).** Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT).

### C

- ❖ **Colibaly, (2000)**. La contribution à l'analyse des eaux usées urbaines de la nouvelle station d'épuration Est Tizi-Ouzou, 50 p.
- ❖ **Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, (1995)**. Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines Section des eaux, 22 p.

### D

- ❖ **Debbabi A., (2013)**. Evaluation des performances épuratoires des STEP à boues activées ; cas de la wilaya de Souk-Ahras. *Mémoire de Master en hydrauliques urbaines. Université Mohamed Cherif Messaadia de Souk-Ahras*. 31-32 p.
- ❖ **Djemil W., Hannouche M., Abour F., Belksier M., (2016)**. La qualité physico-chimique des eaux usées épurées de la station de Beni messous (ainbenian), ouest d'Alger possibilité de leur réutilisation en irrigation *November 2016 2nd International Conference on Water Resources (I CWR) Exploitation and Valorization* 21-22 p.
- ❖ **Dugniolle H., (1980)**. L'assainissement des eaux résiduaires domestiques, *CSTC - revue n° 3- septembre*, 44-52 p.

### E

- ❖ **Ecosse D., (2001)**. Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém.D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », *Fac. Sciences, Amiens*, 62 p.
- ❖ **El Asslouj J. ; Kholtei S. ; EL Amrani N. ; ET Hilali A., (2007)**. Analyse de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la communauté des Mzamza, au voisinage des eaux usées. *Afrique SCIENCE*. 109-122 pp.
- ❖ **Elmund G.K. ; Allen M.J. et Rice E.W., (1999)**. Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of waste water treatment efficiency. *Water Environ. Res.* 71: 332-339 pp.

### F

- ❖ **Faby J.A. ; Brisssaud F., (1997)**. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. *Office international de l'Eau (OIE)*.
- ❖ **Faby J.A., (1997)**. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, *Document technique, FNDAE, Hors série n°11*. 80 p.
- ❖ **FAO, (1985)**. Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and Drainage*, 29 p.
- ❖ **FAO, (1990)**. gestion des eaux en irrigation, *Manuel de formation n° 5*.

- ❖ **FAO, (1998).**Irrigation in the Near East Region in Figures. *Water Report 9/ (AQUASTAT)*.
- ❖ **FAO, (2003).**Irrigation avec des eaux usées traitées, *Manuel d'utilisation, FAO, 2003*.
- ❖ **FAO, (2003).**L'irrigation avec des eaux usées traitées: *Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le Proche-Orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord*. 11-16 p.
- ❖ **FAO/RNEA, (1992).** Treatment of wastewater used for irrigation. *Tech. Bul. No. 2*.

### G

- ❖ **Gaujous D., (1995).** La pollution des milieux aquatiques. *Aide mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier*. 220 p.
- ❖ **Glanic R. et Benneton J.P., (1989).** Caractérisation d'effluents d'assainissement individuel et essais de matériels d'assainissement autonome - TSM - *L'eau - 84 année - N 11* – 573-584 p.

### H

- ❖ **Halil H. et Mouloudj L., (2018).** Caractérisation des eaux de rejet de la STEP d'Azeffoun en vue de leur réutilisation en irrigation agricole. *Mémoire de fin d'études, master eau et environnement. U.M.M.T.O* 54-55 p.

### J

- ❖ **Jeppsson U., (1996).** Modelling Aspects of Wastewater Treatment Processes. -*Thèse: Department of Industrial Electrical Engineering and Automation (IEA), Lund Institute of Technology (LTH), Lund University, Sweden*.
- ❖ **JOURNAL OFFICE N°41. 2012, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE ALGERIENNE (JORAD).** Conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtés, décisions, avis, communications et annonces.

### K

- ❖ **Karaali R., Khataf M. et Reggam R., (2008).** Etudes comparatives 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 p.
- ❖ **Keffala C., Harerimana C., Vasel J.L., (2012).** OEufs d'helminthes dans les eaux usées et les boues de station d'épuration : enjeux sanitaires et intérêt du traitement par lagunage.

- ❖ **Kessira M., (2005).** Gestion de l'irrigation avec les eaux non conventionnelles, CIHEAM / EU DG Research Options Méditerranéennes : *Série A. Séminaires Méditerranéens*, n. 66, 210 p.

### L

- ❖ **Lazarova V. et Brissaud F., (2007).** Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des Eaux usées en France. *L'Eau, l'Industrie, les Nuisances*, N° 299, 43-53p.
- ❖ **Lindberg C., (1997).** Control and estimation strategies applied to the activated sludge process. *Department of Materials Science Systems and Control Group, Uppsala University, Sweden.*

### M

- ❖ **Mara.D.; Cairncross S., (1989).** Guideline for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture; OMS et PNUE, Geneve, 202 p.
- ❖ **Metahri M.S., (2012).** Elimination de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées *Thèse de doctorat UMMTO*, 5-8p et 68-69p.
- ❖ **Metahri M.S.; Boudiaf M.; Bouzid M.; Taguemout M.; Vasel J.L., (2015).** Ecology and safety, volume 9; 2015. Evaluation of cultivated land Required for tertiary treatment of secondary effluent from the east WWTP of Tizi Ouzou (Algeria).
- ❖ **Monchalain G., (1999) repris par Aviron-Violet J., (2002).** La réutilisation des eaux usées après traitement, *édité par le CGGREF* 39 p.,.

### O

- ❖ **ONA, (2016).** Office national d'assainissement.
- ❖ **ONA, (2018).** Tableau de bord exploitation mois de fevrier 2018.
- ❖ **ONA, (2019).** Tableau de bord exploitation du mois de janvier 2019, 3p.

### R

- ❖ **Ramade F., (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. *Ediscience international, Paris*, 689 p.

### S

- ❖ **Synteau, 2012.** Les fiches synteau, eau usées n°5, novembre 2012.

### T

- ❖ **Tamrabet L., (2011).**Contribution A L'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage, *Thèse de Doctorat en sciences*, 25-26 pp.
- ❖ **Tijani M.N., (2008).**Contamination of shallow groundwater system and soil–plant transfer of trac metals under amended irrigated fields. *AGWAT-2678*, 8 p.

### Y

- ❖ **Yakoub B., (2005).**Le problème de l'eau en grande Kabylie, le bassin versant du Sebaou et la wilaya de Tizi Ouzou. *Edition, université de Tizi Ouzou*.

### Webographie

- ❖ <https://www.google.fr/maps/@36.8859084,4.3963483,627m/data=!3m1!1e3>

## Annexe 01 : Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture en Algérie (ONA, 2019).

Zone/D.A	Unité	Désignation	Capacité (Eq/H)	Débit nominal (m³/j)	Volume mensuel épuré (m³)	Volume mensuel réutilisé (m³)	Domaine Agricole (ha)	Type de culture	Utilisateurs Concessionnaire
Alger	Boumerdes	Station d'épuration à boues activées de Boumerdes	75 000	15 000	358 060	/	Flici : 49	Pépinière d'oranger et vignes	M. Flici
							Rahmoun : 76		M. Rahmoun
El Oued		Station de lagunage aéré de Kouinine (El Oued)	239 134	44 335	891 596	19 200	15	Arbres (Eucalyptus et kazarina)	ONA
Annaba	Guelma	Station d'épuration à boues activées de Guelma	200 000	32 000	367 815	367 815	Guelma, Boumahra et Boucheouf : 6 980	Vergers	contribution à l'irrigation du périmètre géré par O.N.I.D.
	Souk Ahras	Station d'épuration à boues activées de Souk Ahras	150 000	30 000	11 594	11 594	200	Arboriculture	Réutilisation indirecte (Apport à Oued Medjerda)
Oran	Tlemcen	Station d'épuration à boues activées de Tlemcen	150 000	30 000	788 451	189 000	Plaine de Hennaya : 912,22	Arboriculture	O.N.I.D.
	Mascara	Station d'épuration à boues activées de Mascara	100 000	13 000	242 440	242 440	El-kouaer : 400	Oliviers + culture céréalière + agrumes	Associations agriculteurs
		Station de lagunage aéré de Ghriiss	48 000	5 800	17 624	17 624	Ghriiss : 420		
		Station de lagunage aéré de Bouhanifia	32 500	3 900	42 213	42 213	475		
		Station de lagunage aéré de Hacine	20 000	3 200	7 311	7 311	390		
		Station de lagunage naturel d'Oued Taria	21 000	2 520	19 105	19 306	196		
		Station de lagunage naturel de Tizi	12 000	1 440	9 046	9 045	200		
		Station de lagunage naturel de Mohammadia Est	19 000	2 280	/	/	El-habra : 175		
		Station de lagunage naturel de Forha	9 400	1 128	7 820	7 820	Ghriiss : 182		
Station de lagunage naturel Khalouia	6 321	949	29 047	29 047	182				
Ain Témouchent	Station d'épuration à boues activées d'Ain Témouchent	72 800	10 920	314 492	0	135	Arboriculture	Autorisation DFE	
Saida	Saida	Station d'épuration à boues activées d'Ain El Hadjar	30 000	4 800	100 926	20 000	Oued Meknes : 58		Arboriculture, Céréales
Total des 16 STEP			1 185 355	201 272	3 207 540	582 216	11 045 ha		

**Annexe 02:** Normes pour les rejets appliqués en Algérie (OMS).

Paramètres	Unité	Normes utilisées (OMS)
T°	°C	30
pH		6,5-8,5
O <sub>2</sub>	mg/l	5
DBO	mg/l	30
DCO	mg/l	90
MES	mg/l	30
Zinc	mg/l	02
Chrome	mg/l	0,1
Azote totale	mg/l	50
Phosphate	mg/l	2
Hydrocarbures	mg/l	10
Détergent	mg/l	1
Huiles et graisses	mg/l	20

## Annexe 03: Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO, 1985).

Problèmes Potentiels	Unités	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger a modéré	Sévère
<b>Salinité</b>				
EC <sub>w</sub> <sup>1</sup>	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
ou				
TDS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
<b>Infiltration</b>				
SAR <sub>2</sub> =0 - 3 et EC <sub>w</sub> =	dS/m	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
=3 – 6 =		> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
=6 – 12 =		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
=12 – 20 =		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
=20 – 40 =		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
<b>Toxicité Spécifique des ions</b>				
<b>Sodium (Na)</b>				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 – 9	> 9
Irrigation par aspersion	még/l	< 3	> 3	
<b>Chlorure (Cl)</b>				
Irrigation de surface	még/l	< 4	4 – 10	> 10
Irrigation par aspersion	még/l	< 3	> 3	
<b>Bore (B)</b>				
effets divers				
Azote (NO <sub>3</sub> -N) <sup>3</sup>	mg/l	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> )	még/l	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
<b>pH</b>	Gamme normale 6,5 – 8,4			

<sup>1</sup> EC<sub>w</sub> signifie la conductivité électrique en déci Siemens par mètre à 25°C.

<sup>2</sup> SAR signifie le taux d'adsorption de sodium (sodium adsorption ratio).

<sup>3</sup> NO<sub>3</sub> -N signifie l'azote sous forme de nitrate rapporté en termes d'azote élémentaire.

NH<sub>4</sub>-N et N-organique devraient être également examinés dans les eaux usées.

**Annexe 04:** Potentiel de fertilisation par l'eau usée (FAO/RNEA, 1992).

	N	P	K
<b>Concentration en nutriments (mg/l)</b>	<b>40</b>	<b>10</b>	<b>30</b>
<b>Nutriments apportés annuellement par l'application de 10000 m<sup>3</sup> d'eau/ha (1000 mm)</b>	<b>400</b>	<b>100</b>	<b>300</b>

**Annexe 05: Mode opératoire de dénombrement des coliformes fécaux**

Le déroulement des étapes s'est effectué en zone stérile entre deux becs bunsen et l'ensemble de l'appareillage est préalablement stérilisé. (HaliletMouloudj, 2018)

❖ **Préparation du milieu de culture :**

Le milieu gélose Tergitol Test liquéfié en bain marie, après refroidissement on y rajoute 1ml de l'additif TTC. On coule les boîtes de pétri sur une hauteur de 5mm on laisse refroidir.

) **Filtration**

Afin de réaliser cette étape, on a utilisé un simple système de filtration sous pression. L'ensemble de l'appareillage doit être placé entre deux becs bunsen, de manière à ménager une zone de travail stérile et à pouvoir stériliser le matériel à la flamme.

- On flambe la base et le support filtre. Une fois le support filtre refroidi, à l'aide d'une pince on pose stérilement la membrane stérile
- On flambe le godet. Une fois refroidi, on pose sur la base sans léser la membrane.
- On rince la membrane avec un peu d'eau stérile
- On verse doucement le volume de l'échantillon d'eau à analyser ;
- On filtre à l'aide d'une pompe à vide (création du vide)
- On rince avec de l'eau stérile l'ensemble de l'appareil, en particulier les bords internes du godet.
- On débranche le tuyau à vide.

) **Mise en culture**

- On flambe la pince et on retire la membrane.
- On la pose sur la gélose, sans faire de bulles et sans la retourner (la nutrition des bactéries se fait au travers).
- On Incube à la température de 44°C pendant 24 à 48h

**Annexe 06: Mode opératoire de recherche des oeufs d'helminthes**

- On laisse décanter notre échantillon afin de le concentrer.
- On récupère le culot et le repartit sur des tubes à fond conique.
- On centrifuge à 5000 tours /min pendant 20 minutes.
- On récupère le culot et avec une pipette on le repartit sur des lames.
- On recouvre avec des lamelles pour une observation à l'état frais avec un microscope Photonique (OPTIKA) à l'objectif x10 puis au x40.

**Annexe 07 :** Volumes à utiliser pour la détermination de la DBO<sub>5</sub>.

Volume en ml	Concentration en mg	Facteur d'équilibre
432	<b>0-40</b>	<b>1</b>
365	<b>0-80</b>	<b>2</b>
250	<b>0-200</b>	<b>5</b>
164	<b>0-400</b>	<b>10</b>
97	<b>0-800</b>	<b>20</b>
43.5	<b>5 0-2000</b>	<b>50</b>
22.7	<b>0-4000</b>	<b>100</b>

**Annexe 08 :** Résultats d'analyses physico-chimiques du stage pratique effectué à la STEP d'Azeffoundu 15/03/2020 au 19/03/2020

Analyses	journalières					hebdomadaires													
	Paramètres	T (°C)	pH	CE (µS/cm)	Turb (NTU)	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)							
15/03/2020	E.B	17.1	7.61	1276	302	107	139.2	90	22.07	0.127	0.30	7.8							
	E.E	16.6	7.47	1040	8														
16/03/2020	E.B	17.2	7.70	1207	209														
	E.E	17.3	7.41	1124	9														
17/03/2020	E.B	17.2	7.80	1185	156								4	16	3	0.2	0.022	5.6	9.3
	E.E	17.4	7.75	1170	7														
18/03/2020	E.B	17.1	7.77	1241	197								202						
	E.E	17.3	7.60	1064	7														
19/03/2020	E.B	17.2	7.73	1333	202														
	E.E	17.4	7.52	1084	8														

## Résumé

L'objectif de notre travail est l'étude de l'aptitude d'une réutilisation des eaux épurées de la STEP d'Azeffoun en agriculture. Les résultats d'analyse ont révélé que les eaux traitées présentent des caractéristiques globalement satisfaisantes, un pH neutre avec une moyenne de 7,53. Pour la température, la conductivité électrique et la turbidité les valeurs moyennes sont respectivement de l'ordre de 17,2 °C, 1096,4µs/cm, et 7,8 NTU. Pour les MES, DBO<sub>5</sub> et DCO, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Les valeurs sont de 4mg/l ; 3 mg d'O<sub>2</sub>/l et 16 mg d'O<sub>2</sub>/l, 0,2 mg/l, 0,022mg/l, 5,6 mg/l, 9,3 mg/l. Cependant, ils constitueront un apport intéressant de fertilisation en nutriments azotés et phosphorés dans le cas d'une réutilisation en agriculture, les concentrations des métaux lourds sont inférieures aux normes. Les résultats des analyses bactériologiques et parasitologiques réalisées en 2018, montre la présence des coliformes thermo tolérants et la présence d'œufs d'helminthe, Cela est probablement dû aux problèmes de disfonctionnement rencontrés au niveau de la station pendant cette période. Cela permet de réutiliser cette eau avec obligation de vérification régulière de ces paramètres.

**Mots Clés :** eau traitée, réutilisation en agriculture, STEP Azeffoun.

## Abstract

The objective of our work is to study the suitability of reusing the purified water from the Azeffoun WWTP as a farmer. The analysis results revealed that the treated water exhibited generally satisfactory characteristics, a neutral pH with an average of 7.53. For temperature, electrical conductivity and turbidity the average values are respectively of the order of 17.2 ° C, 1096.4 µs / cm, and 7.8 NTU. For SS, BOD<sub>5</sub> and COD, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. The values are 4 mg / l ; 3 mg O<sub>2</sub> / l and 16 mg O<sub>2</sub> / l, 0.2 mg / l, 0.022 mg / l, 5.6 mg / l, 9.3 mg / l. However, they will constitute an interesting fertilization contribution of nitrogenous and phosphorus nutrients in the case of reuse in agriculture, the concentrations of heavy metals are below the standards. The results of bacteriological and parasitological analyzes carried out in 2018 show the presence of thermo-tolerant coliforms and the presence of helminth eggs. This is probably due to the malfunctioning problems encountered at the station during this period. This makes it possible to reuse this water with the obligation to regularly check these parameters

**Keywords :** treated water, reuse in agriculture, Azeffoun WWTP.