

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département d'Agronomie



# Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du Diplôme de Master en Agronomie  
Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

## Thème

*Effets des eaux usées traitées sur le  
développement et la croissance de la luzerne  
(*Medicago sativa* L.).*

**Présenté par :** M<sup>elle</sup> BENAMARA Sonia & M<sup>elle</sup> BOULTOUAK Hanane

### Devant le jury

President	:	M <sup>r</sup> METAHRI M. S.	MCA UMMTO
Promoteur	:	M <sup>r</sup> MERIDJA S.	MCB UMMTO
Co Promoteur	:	M <sup>elle</sup> ABDELLAOUI K.	MAA UMMTO
Examineurs	:	M <sup>me</sup> TAIBI-HADJ YUCEF H.	MAA UMMTO
		M <sup>r</sup> BERRADJ O.	MAA UMMTO

Année universitaire : 2015-2016

## ☞ REMERCIEMENTS ☞

***Le grand merci pour Allah, Grand et Miséricordieux pour le courage, la patience et la force qui nous a donné pour mener à bien ce travail.***

*On tient d'abord à remercier notre promoteur, M<sup>r</sup> MERIDJA S, Maitres de conférences Classe B à la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'U.M.M.T.O, et notre Co-promotrice, M<sup>elle</sup> ABDELLAOUI K., Maitre Assistante Classe A à la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'U.M.M.T.O pour tous leurs efforts, leur savoir, leurs idées, leurs confiance et leurs encouragements. Cela a été un privilège pour nous, de travailler sous leurs direction.*

*On tient à exprimer nos vives reconnaissances et nos profonds remerciements à M<sup>r</sup> SI SMAIL. Pour l'honneur qu'il nous a fait en nous accueillant au laboratoire de recherche, pour les conditions mises à notre disposition afin de réaliser ce travail.*

*On remercie vivement les membres de ce jury*

*- M<sup>r</sup> METAHRI M.S. Maitre conférence Classe A à la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'U.M.M.T.O. On est très honorées que vous ayez accepté la présidence du jury de ce mémoire. Trouvez ici l'expression de nos sincères remerciements.*

*- M<sup>me</sup> TAIBI-HADJ YUCEF H. Maitre Assistante Classe A à la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques à l'U.M.M.T.O. Votre venue en tant qu'examinatrice nous honore, nous vous sommes très reconnaissantes et on vous adresse nos vifs remerciements.*

*- M<sup>r</sup> BERRADJ O. Maitre assistant Classe A en Faculté des Sciences à l'U.M.M.T.O. Merci pour avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire, pour l'intérêt que vous portez à mon travail et pour le temps consacré afin de l'évaluer.*

*On remercie vivement, M<sup>me</sup> OUAR, Chef du Département de l'exploitation et de la maintenance et M<sup>me</sup> ABBOU fonctionnaire à l'ONA, pour leur accueil. On remercie également toute l'équipe de laboratoire.*

*Que toute personne ayant participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail, trouve ici l'expression de mes très vifs remerciements.*

❧ DÉDICACES ❧

*À nos très chers parents*

*Aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimer notre affection, notre reconnaissance, notre gratitude, notre respect le plus profond et tout l'amour qu'on vous porte.*

*Ce travail représente le fruit de votre soutien, vos sacrifices et vos encouragements.*

*À tous nos amis (es)*

*À tous ceux qui nous sont chers*

*Sonia & Hanane*

**AEP** : Alimentation en eau potable.

**CE** : Conductivité électrique.

**CIEAU** : Centre d'Information sur l'Eau.

**COT** : Carbone organique total.

**DBO<sub>5</sub>** : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

**DCO** : Demande chimique en oxygène.

**EH** : Equivalant habitant.

**FAO**: Food and Agriculture Organization (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).

**FTU** : Formazine Turbidity Unit.

**JORAD** : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

**MES** : Matières en suspension.

**MRE** : Ministère des Ressources en Eau..

**NTK** : Azote total.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**ONA** : Office National d'Assainissement.

**PH** : Potentiel hydrogène.

**REUE** : Réutilisation des eaux usée épurée.

**STEP**: Station d'épuration.

**UV** : Ultraviolet.

**μS** : Micro siemens.

**Hcc** : Humidité à la capacité au champ.

**Htep** : Humidité au point de flétrissement temporaire.

**P<sub>Esat</sub>** : Poids de l'échantillon à saturation.

**P<sub>Ecc</sub>** : Poids de l'échantillon à la capacité au champ.

**P<sub>Esec</sub>** : Poids de l'échantillon sec.

**CRFUp** : Capacité de rétention facilement utilisable par la plante.

**H<sub>cc moy</sub>** : Humidité moyenne a la capacité au champ.

**FSBSA** : Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques

**Figure 01:** Schéma représentatif du procédé à boue activée.

**Figure 02:** Variation des températures (a), pH (b) et des MES (c) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**Figure 03:** Variation de la turbidité (a) et la Conductivité (b) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**Figure 04:** Variation de la DBO<sub>5</sub> (a) et la DCO (b) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**Figure 05:** Variation des nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (a) et des nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (b) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**Figure 06:** Variation de l'Ammonium NH<sub>4</sub> (a) et des Orthophosphates NO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (b) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**Figure 07:** Evolution de la proportion moyenne des feuilles par pied de luzerne pour les deux traitements avec l'eau de forage et l'eau usée traitée.

**Figure 08:** Variation du poids moyen foliaire d'un plant de luzerne à l'état frais et sec, irrigué à l'eau de forage et à l'eau traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**Figure 09:** Variation par plant de luzerne (a) du poids moyen des tiges à l'état frais et sec et (b) de la longueur des tiges, irrigué à l'eau de forage et à l'eau traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**Figure 10 :** Variation de la longueur moyenne des racines par plant de luzerne, irriguée à l'eau de forage et l'eau usée traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**Tableau 01** : Gammes de valeurs des paramètres microbiologiques rencontrées dans les eaux usées brutes.

**Tableau 02** : Normes de rejets de l’OMS appliquées en Algérie.

**Tableau 03**: Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l’irrigation (FAO ; 2000).

**Tableau 04**: Matériels et réactifs utilisés au laboratoire.

## *Liste des Photos*

**Photo 01:** La STEP de TIZI-OUZOU

**Photo 02:** Dégrillage grossier

**Photo 03:** Poste relevage

**Photo 04:** Dégrillage fin

**Photo 05:** Bassin dessableur

**Photo 06:** Bassin déshuilage

**Photo 07:** Soufflante de by-pass

**Photo 08:** Bassin biologique

**Photo 09:** Clarificateur

**Photo 10:** Eau épurée quittant la filière de traitement

**Photo 11:** Epaisseur

**Photo 12:** lit de séchage

**Photo 13:** Thermomètre à sonde

**Photo 14:** pH metre

**Photo 15:** spectrophotometre

**Photo 16:** Conductimetre

**Photo 17:** DBO mètre

**Photo 18:** Réacteur à DCO

**Photo 19:** Dispositif de filtration sous vide

**Photo 20:** Retenus Après filtration des eaux brutes

**Photo 21:** Un colorimètre

**Photo 22:** saturation des échantillons de sol

**Photo 23 :** 12 pots portant la culture de la luzerne après la levée (à gauche irrigués à l'eau de la STEP et à droite irrigués à l'eau de forage)

**Photos 24 :** Système racinaire recolté à la fin de l'expérimentation pour les deux traitements

## *Liste des Photos*

**Photos 25 :** Nodosités observées sous loupe binoculaire (x40) des plantes arrosées à l'eau épurée de la STEP

**Photo 26 :** Nodosités observées sous microscope (x100) pour les plantes arrosées avec les deux types d'eaux (à gauche eau usée et à droite eau de forage).

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Bibliographie</b>	
<b>I.1- Généralités sur les eaux usées.....</b>	<b>3</b>
I.1.1- Définition d'une eau usée .....	3
I.1.2- Nature et origine des eaux usées .....	3
I.1.2.1- Eaux résiduaires urbaines .....	3
I.1.2.2- Eaux résiduaires industrielles .....	3
I.1.2.3- Eaux pluviales ou de ruissellement .....	4
I.1.2.4- Eaux agricoles .....	4
I.1.3- Caractéristiques des eaux usées .....	5
I.1.3.1- Paramètres physico-chimiques .....	5
I.1.3.2- Paramètres de pollution dissoute.....	7
I.1.3.3- Les paramètres microbiologiques.....	8
<b>I.2- Traitements des eaux résiduaires.....</b>	<b>9</b>
I.2.1- filière eau .....	9
<b>d) Traitements tertiaires .....</b>	<b>11</b>
I.2.2- Filière boue .....	11
I.2.3- Normes de rejets .....	12
<b>I.3- Réutilisation des eaux usées épurées.....</b>	<b>13</b>
I.3.1- Définition de la réutilisation des eaux usées épurées.....	13
I.3.2- Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées .....	14
I.3.3- Usages des eaux usées épurées .....	15
a) Valorisations indirectes – cycle long .....	15
b) Valorisations directes-cycle court.....	15
I.3.4- Qualité des eaux usées épurées pour l'irrigation .....	16
a) Qualité microbiologique .....	16
b) Qualité chimique des eaux usées pour l'irrigation .....	17
c) Concentration en éléments fertilisants .....	18
d) Matières en suspension (MES) .....	19
I.3.5- Perception des agriculteurs de la REUE .....	19
I.3.6- Choix de la méthode d'irrigation .....	20
I.3.7- Réutilisation des eaux usées épurées (REUE) en Algérie .....	21
<b>Conclusion.....</b>	<b>22</b>

# Sommaire

## Matériels et méthodes

<b>II.1- La STEP Est de Tizi-Ouzou.....</b>	<b>23</b>
II.1.1- Localisation géographique et présentation de la STEP .....	23
II.1.2 - Principe de fonctionnement de la chaîne de traitement de la STEP.....	23
II.1.2.1- Filière de traitement de l'eau .....	24
II.1.2.2- Filière de traitement des boues .....	27
II.1.3- Laboratoire d'analyse .....	29
II.1.4- Prélèvements et méthodes d'analyse .....	30
II.1.4.1- Méthodes de Prélèvements.....	30
II.1.4.2- Méthodes d'analyses au laboratoire .....	30
<b>II.2- Matériel végétal et méthodes de mesures .....</b>	<b>37</b>
II.2.1- Matériel végétal .....	37
II.2.1.1- Généralités sur la luzerne pérenne ( <i>Medicago sativa</i> L.).....	37
II.2.1.2- Origine de la luzerne pérenne .....	37
II.2.1.3- Taxonomie de la luzerne .....	38
II.2.1.4- Physiologie et croissance de la luzerne.....	38
II.2.1.5- Intérêts de la luzerne pérenne .....	39
II.2.1.6- Conditions culturales de la luzerne pérenne .....	40
II.2.1.7- Valorisation en alimentation animale .....	41
II.2.2- Méthodes et paramètres de mesures .....	42
II.2.2.1- Méthodes de culture .....	42
II.2.2.2- Paramètres de mesures .....	45
<b>Conclusion.....</b>	<b>46</b>

## Résultats et interprétations

III.1- Analyses physico-chimiques des eaux de la STEP .....	47
III.1.1- Résultats.....	47
III.1.2- Interprétation.....	52
III.2- Processus de développement et de croissance.....	54
III.2.1- Résultats.....	54
III.2.2- Interprétations .....	59
<b>Conclusion.....</b>	<b>60</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>61</b>

Références bibliographiques

# Sommaire

---

# *Introduction générale*

La problématique grandissante des changements climatiques, avec ses conséquences sur les ressources du milieu, est considérée aujourd'hui comme étant le principal frein au développement de nombreuses régions dans le monde. En méditerranée, l'agriculture demeure le secteur le plus directement menacé par ces changements. Face au défi d'assurer les besoins en eau de ce secteur en Algérie, une politique active de mobilisation des ressources en eau a été mise en œuvre, reposant sur l'exploitation de toutes les eaux susceptibles d'être mobilisables, y compris les eaux de moindre qualité, tel que les eaux usées épurées dont l'agriculture peut parfaitement s'accommoder. L'alternative qui consiste à substituer l'utilisation d'une partie de l'eau douce (conventionnelle) en irrigation, par une eau souvent rejetée dans le milieu naturel semble être une solution incontournable, et doit désormais faire partie intégrante de la gestion et de la planification des ressources en eau.

Toute fois et pour qu'elle soit inscrite dans un cadre de développement durable, la mise en valeur de la réutilisation de ces eaux usées en agriculture exige une étude prudente et intégrée qui tient compte surtout des aspects environnementaux. En effet, la pollution du sol, des végétaux, des eaux souterraines et de surface, sont parmi les inconvénients potentiels les plus importants de l'utilisation d'eau usée traitée. Cependant, du point de vue rigoureusement scientifique, la planification rigoureuse et la gestion efficace des régimes d'irrigation ou de fertilisation peuvent réduire au minimum ces inconvénients à un niveau dont les effets environnementaux sont insignifiants. Pour cette raison, il est important de fournir aux agriculteurs l'information requise pour les aider à améliorer la gestion de l'eau usée traitée, utilisée pour l'irrigation et les déchets solides, servant à la fertilisation, sans porter préjudice à l'environnement.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail dont le principal objectif est de consolider la connaissance et l'expérience acquises sur la réutilisation des usées traitées sur les cultures dans notre région et d'en fournir des conseils de bonnes pratiques agricoles dans une approche de gestion intégrée. La luzerne étant une culture incontournable dans l'alimentation de bétail, elle a donc été choisie pour cette étude, compte tenu la vocation agricole de la Wilaya de Tizi-Ouzou qui reste dominée principalement par le secteur de l'élevage.

Ce document de travail se présente en trois grandes parties :

- Dans sa première partie, un rappel sur les eaux usées et les procédés de leurs épurations est alors présenté, tout en mettant l'accent sur l'intérêt de leur réutilisation en agriculture.
- Le matériel utilisé et les méthodes suivies lors de cette étude sont présentés dans la seconde partie de ce document, en accordant un intérêt particulier aux méthodes d'analyses des eaux de la STEP et de suivies sur la culture de la luzerne.
- La troisième partie, quant à elle, est principalement dédiée aux résultats obtenus à l'issue de cette étude et à leur interprétation.

# *Bibliographie*

L'eau, qui est la denrée la plus utilisée par l'homme, finie par être rejetée une fois utilisée pour la consommation humaine, les activités domestiques, l'industrie, l'agriculture, etc. On parle alors d'eau usée pouvant contenir toute sorte de pollution qu'il faudra traiter avant son rejet dans le milieu naturel. A chacune des formes de pollution correspond nécessairement une modification du milieu récepteur qui se traduit indirectement, et à plus ou moins long terme, par des conséquences néfastes sur l'équilibre de l'écosystème en général et sur l'individu en particulier. La sauvegarde de la nature écologique et de l'espèce humaine passe inévitablement par le traitement de ces rejets. (Gaid. A, 1984).

Nous nous proposons d'aborder dans ce chapitre les différentes formes de pollution des eaux en précisant, brièvement, les procédés des traitements les plus utilisés.

## **I.1- Généralités sur les eaux usées**

### **I.1.1- Définition d'une eau usée**

Les eaux usées concernent toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques, qui parviennent jusqu'aux canalisations d'assainissement afin d'y subir un traitement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante susceptible d'engendrer au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (Dugniolle, 1980 ; Glanic et Benneton, 1989).

On désigne par les eaux brutes les eaux qui n'ont encore subi aucun traitement. Elles sont caractérisées par une forte charge en matières minérales et organiques, ainsi qu'en micro-organismes dont certains sont pathogènes.

### **I.1.2- Nature et origine des eaux usées**

Suivant l'origine des substances, on peut distinguer :

#### **I.1.2.1- Eaux résiduaires urbaines**

Il s'agit des eaux provenant des activités domestiques courantes telles que les eaux fécales, de nettoyage, de cuisine, d'hygiène, etc. leurs composition est assez uniforme et dépend des habitudes de vie de chaque maison. Les composés organiques, les particules en suspension et les substances nutritives (phosphore et azote) sont comptés parmi les principaux éléments polluants des ces eaux. (Melquiot. P, 2003).

#### **I.1.2.2- Eaux résiduaires industrielles**

Ces eaux proviennent des activités industrielles dont les caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. Elles restent très différentes des eaux domestiques. En plus des matières

organiques, azotées ou phosphorées qu'elle contient, ces eaux peuvent également être chargées de produits toxiques, solvants, métaux lourds, micropolluants organiques, hydrocarbures, etc. (Melquiot .P, 2003).

### **I.1.2.3- Eaux pluviales ou de ruissellement**

Se sont les eaux issues des précipitations. Les eaux pluviales peuvent être une source de pollutions importantes des cours d'eau, pendant les périodes orageuses notamment. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air mais aussi des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes lors de son ruissellement (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit « unitaire », les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. (Melquiot. P, 2003).

### **I.1.2.4- Eaux agricoles**

L'agriculture est elle aussi une source de pollution des eaux non négligeable. Les effluents agricoles renferment en effet diverses substances issues des activités de production végétale mais aussi animale. L'activité agricole est la principale cause des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous la forme ionique ou en quantité telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des cours d'eau, des lacs et retenues, de même que des nappes d'eau les plus superficielles. La pollution des eaux peut provenir de plusieurs activités agricoles :

#### **\* Elevage**

Les animaux qui sont généralement rassemblés dans un faible espace, engendrent une forte concentration de déjections qui se répandent sur le sol : Purins et lisiers contiennent des matières azotées sous forme organique ou minérale. Sous l'effet des actions microbiennes, l'azote organique se transforme lentement en azote minéral, alors que celui-ci évolue de la forme ammoniacale  $NH_4$  vers la forme nitrique  $NO_3$ , assimilables par les plantes.

Facilement solubles, les nitrates en excès sont entraînés par ruissellement vers les cours d'eau ou par lessivage des sols vers les nappes d'eau constituant alors l'une des sources de pollution les plus à risque pour la santé humaine.

#### **\* Production végétale**

L'apport d'éléments nutritifs (azote, phosphore...) sous forme d'engrais chimiques et l'application de divers traitements sur les cultures, tels que les désherbants et les produits

phytosanitaires, constitue une source importante de pollution des eaux dont les effets peuvent être drastique sur la faune et la flore.

### **I.1.3- Caractéristiques des eaux usées**

#### **I.1.3.1- Paramètres physico-chimiques**

##### **a) Température**

Il est indispensable de connaître la température exacte de l'eau, car c'est un facteur important dans la vie d'un cours d'eau. Un changement de température affecte les diverses propriétés de l'eau. La température joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, la conductivité électrique et dans les variations du pH en particulier.

##### **b) Potentiel hydrogène (pH)**

Le pH d'une eau renseigne sur son acidité ou son alcalinité, dont le facteur le plus important est habituellement la concentration en anhydrique de carbone lié à la minéralisation totale. Le pH des eaux usées urbaines seules et généralement prêt de la neutralité, entre 7 et 7,5 environ. Un pH différent pourrait être un indice d'une pollution industrielle. L'épuration biologique est possible entre pH 6,5 et 8,5.

##### **c) Turbidité**

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. M, 2012).

##### **d) Matières en suspension (MES)**

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les MES, qui comportent des matières organiques et minérales. Constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. (Satin. M; Selmi. B, 2006).

La présence des MES dans l'eau contribue au déséquilibre du milieu aquatique en augmentant sa turbidité et peut avoir un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons. (Gaid. A, 1993)

##### **e) Conductivité électrique (CE)**

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Sa mesure permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau (REJSEK, 2002). Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre et les résultats obtenus sont exprimés en  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Elle fournit une indication précise sur la concentration totale en sels dissous (Satin. M ; Selmi B, 2006). Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de 2500  $\mu\text{s/cm}$  la prolifération de micro-organismes peut être réduite, affectant ainsi le rendement épuratoire de l'eau.

#### **f) Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

La demande biochimique en oxygène sur cinq jours, représente la pollution carbonée biodégradable. Sa détermination implique la mesure de la quantité d'oxygène dissous consommé par des micro-organismes pour l'oxydation biochimique de la matière organique. La DBO<sub>5</sub> représente la quantité d'oxygène, exprimé en  $\text{mgO}_2/\text{l}$ , qui est consommée dans les conditions de l'essai d'incubation à 20°C et à l'obscurité par des micro-organismes aérobies, lors de la dégradation des composés organiques biodégradables présents dans l'eau usée sur une durée de 5 jours. (Behra. P, 2013).

#### **g) Demande Chimique en Oxygène (DCO)**

La DCO est la concentration d'oxygène, exprimés en  $\text{mg/l}$ , équivalente à la quantité de dichromate consommée par les matières dissoutes et en suspension, lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant et dans des conditions définies par la norme. (Rejsek. F, 2002).

#### **h) Carbone Organique Total (COT)**

Il représente la teneur en carbone lié à la matière organique, et repose en premier lieu sur la mesure du  $\text{CO}_2$  après oxydation complète. Cette mesure est rapide et ne nécessite qu'un volume réduit d'échantillon. Elle reste, par contre, difficilement corrélable avec les mesures précédentes. Dans la plupart des cas, l'élimination des matières en suspension est nécessaire avant le dosage.

#### **i) Notion de biodégradabilité (K)**

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent aqueux à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient :  $K = \text{DCO} / \text{DBO}$

Si :  $K < 1.5$  l'effluent est biodégradable.

$1.5 < K < 2.5$  l'effluent est moyennement biodégradable.

$2.5 < K < 3$  l'effluent est peu biodégradable.

$K > 3$  l'effluent est non biodégradable.

Un coefficient K très élevé peut traduire la présence dans l'eau d'éléments inhibiteurs de croissance bactérienne, tels que les sels métalliques, les détergents, les phénols, les

hydrocarbures, etc....La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter. Si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique sinon ce sera un traitement physico-chimique.

### **I.1.3.2- Paramètres de pollution dissoute**

#### **a) Azote**

L'azote est un constituant essentiel des protéines consommé par l'Homme ; son métabolisme produit des déchets rejetés dans l'urine et les matières fécales. Les matières azotées se sont des matières organiques et minérales contenant des atomes d'azote.

Dans les eaux usées domestiques, la concentration globale en azote total(NTK) est de l'ordre de 15 à 20% de celle de la DBO<sub>5</sub> ; l'apport journalier en NTK est compris entre 10 et 15g par habitant. (Degrémont, 2005).

Dans le réseau, l'azote organique est transformé partiellement en ion ammonium par le processus de l'ammonification. A l'entrée des stations d'épuration, l'azote est présent sous forme réduite, soit sous la forme organique (N org) et sous la forme d'ions ammonium (NH<sup>4+</sup>). Les formes oxydées de l'azote (NO<sup>3-</sup> et NO<sup>2-</sup>) pourraient apparaître, au cours du traitement biologique aérobie au niveau de la station d'épuration. (Rejsek. F, 2002).

#### **b) Phosphore**

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents.

Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions ortho-phosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensés entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitants de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation (Rejsek. F, 2002). L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2,5 à 3g par habitant. (Degrémont, 2005).

#### **c) Paramètres toxiques**

Les éléments nocifs les plus importants sont les métaux lourds. Leurs principales origines est industrielle. Le cuivre, le zinc, le cadmium, le chrome, le plomb, le mercure, le nickel sont les polluants les plus fréquemment rencontrés dans les eaux. La concentration de l'eau urbaine en ces éléments est généralement inférieure au mg/l. (Degrémont, 2005).

### I.1.3.3- Les paramètres microbiologiques

Compte tenu de leur composition, les eaux usées, et notamment les eaux de vannes, sont chargées de germes, pathogènes ou non, issus de la flore intestinale de l'être humain. Certaines industries sont susceptibles d'apporter un flux considérable en bactéries.

Des teneurs variables peuvent être enregistrées dans les eaux usées brutes (tableau N°01), sachant qu'au cours des traitements on observe un abattement plus ou moins important des germes indicateurs. Les analyses sont souvent réalisées après le traitement secondaire.

En ce qui concerne les autres micro-organismes pathogènes, le nombre moyen de particules virales serait de  $10^3/100$  ml, les valeurs varient selon l'état sanitaire de la collectivité. (Satin. M ; Selmi. B, 2006).

**Tableau 01 :** Gammes de valeurs des paramètres microbiologiques rencontrées dans les eaux usées brutes

Paramètres	<i>Escherichia coli</i>	<i>Streptocoques fécaux</i>	<i>Coliformes totaux</i>
Valeur en ml	$7,5.10^4$ à $2,4.10^6/100$	$2,4.10^5$ à $1,1.10^6/100$	$7,7.10^3$ à $2.10^8 / 100$

En ce qui concerne les autres micro-organismes pathogènes, le nombre moyen de particules virales serait de  $10^3/100$  ml, les valeurs extrêmement variables selon l'état sanitaire de la collectivité. (Satin. M ; Selmi. B, 2006).

## I.2- Traitements des eaux résiduaires

La ligne de traitement complète des eaux résiduaires peut être schématiquement scindée en deux filières :

- La filière eau, dans laquelle l'eau est débarrassée de tous les polluants avant son rejet dans le milieu naturel,
- La filière boue, dans laquelle les résidus générés par la filière eau sont traités et déshydratés avant leur évacuation.

### I.2.1- Filière eau

Elle comprend généralement :

#### a) Prétraitements

La première étape du traitement consiste à débarrasser les effluents de tout élément susceptible de gêner le fonctionnement des ouvrages.

Les gros déchets sont tout d'abord éliminés par un dégrilleur constitué de barreaux espacés de 10 à 50 mm suivi d'un dégrilleur plus fin (3 à 10 mm) ou d'un tamisage (0,1 à 3 mm).

Le prétraitement se poursuit par l'élimination des particules dense ou abrasives ; cette étape est souvent couplée avec l'élimination des flottants, et en particulier des graisses, dans un ouvrage appelé dégraisseur/dessableur. Cette élimination combinée est réalisée grâce à l'insufflation d'air sous forme de très fines bulles qui favorisent la décantation des sables et la flottation des graisses. (Grosclaude. G, 1999)

#### b) Traitements primaires (physico-chimique)

Un traitement primaire pour l'élimination des matières en suspension facilement décantables. (Grosclaude. G, 1999). Le traitement des eaux est seulement physique ou éventuellement physico-chimique au travers d'un décanteur primaire. (Bordet. J, 2007)

Les eaux usées sont acheminées vers une cuve de sédimentation dans laquelle elles subissent une décantation primaire, afin d'éliminer les matières volumineuses en suspension (décantation physique) ; par contre le traitement physico-chimique a pour objet d'accélérer l'effet gravitationnel des particules encore en suspension dans les eaux usées, grâce à l'action de réactifs chimiques ajoutés artificiellement (coagulants ou flocculants). (Bouziani. M, 2000).

#### c) Traitements secondaires (biologiques)

Les traitements secondaires, conçus à l'origine essentiellement pour l'élimination de la pollution carbonée et des matières en suspension, dans le but de poursuivre l'épuration de

l'effluent provenant du décanteur primaire ou directement après un prétraitement. (Satin. M ; Selmi. B, 1999).

Ces traitements transforment la pollution à l'aide des bactéries permettant la séparation boues-eau qui se réalise dans un ouvrage de décantation secondaire. (Bordet. J, 2007). On distingue parmi les procédés biologiques: Lagunage, boues activées, lits bactériens, disques biologiques.

#### **\* Lagunage naturel**

Le lagunage naturel est un procédé d'épuration rustique et très extensif. En général, 3 à 5 bassins en série sont mis en œuvre dans ce procédé. (Cauchi. A ; Vignoles. C, 2011).

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins disposés en série (dans les quels sont présents des algues, des bactéries et des micro-organismes), le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. (Commission européenne, 2011).

#### **\* Lits bactériens**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. (Commission européenne, 2011)

#### **\* Disques biologiques**

Cette technique qui fait appel aux cultures fixées utilise des disques biologiques tournants. Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface de ces disques. Les disques étant semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

#### **\* Boues activées**

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. (Commission Européenne, 2001).

Ce principe très largement répandu dans l'épuration des eaux usées de plus grande taille, la boue activée est une culture libre dans un bassin aéré, suivi d'un clarificateur assurant la décantation des boues biologiques produites dans le bassin d'aération. Pour maintenir une biomasse en quantité adaptée à la charge organique (polluante) des eaux usées alimentant l'installation, une recirculation des boues (recirculation des bactéries-biomasse épuratrices) est réalisée. Une partie des boues ayant sédimenté dans le clarificateur est donc acheminée (recirculée) en tête du bassin d'aération. Le principe de l'activation repose sur cette

recirculation de biomasse, et une partie des boues en excès doit en être éliminée. (Cauchi . A ; Vignoles. C, 2011).

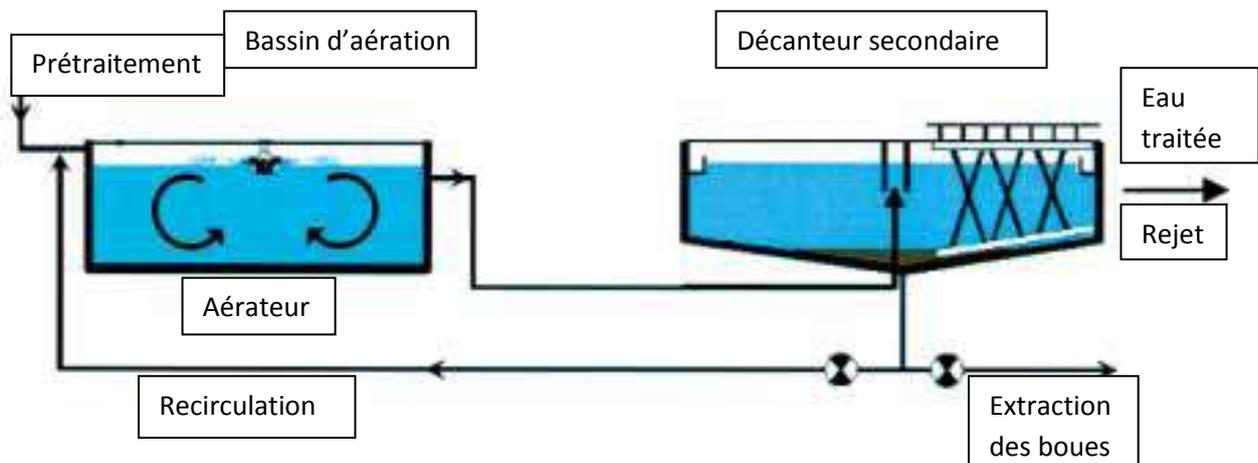


Figure 01 : Schéma représentatif du procédé à boue activée

#### d) Traitements tertiaires

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel lorsque les normes de rejets sont respectées. Dans le cas contraire, les eaux usées ainsi traitées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes ou azote et le phosphore résiduel qui pourraient poser des problèmes sanitaires.

Les procédés de désinfection intensifs les plus utilisés sont de types physico-chimiques comme la désinfection par le chlore, les UV, l'ozone ou la filtration sur membrane d'ultra ou de microfiltration. (Grosclaude. G, 1999).

### I.2.2- Filière boue

Elle comprend généralement :

#### a) Epaissement

Les boues provenant du décanteur primaire (boues primaires) et du traitement biologique (boues biologiques) seront ensuite traitées avant leur élimination ou leur valorisation agricole.

L'épaissement constitue le premier stade de réduction importante du volume des boues.

## b) Stabilisation

La stabilisation des boues a pour but de décomposer les matières organiques les plus fermentescibles, pour réduire l'évolution des boues et éviter les nuisances.

## c) Déshydratation

La déshydratation des boues constitue la deuxième étape de réduction du volume des boues. Elle s'opère sur les boues épaissies, stabilisées ou non, en vue d'une élimination plus ou moins poussée de leur humidité résiduelle, souvent naturellement sur des lits de séchage. (Satin. M ; Selmi. B, 1999).

### I.2.3- Normes de rejets

Les normes de rejets sont les quantités maximales de matières polluantes qui pourront être rejetées dans un milieu récepteur donnée, appelées normes de rejets, répondent à des lois nationales qui peuvent être adaptées localement par arrêté préfectoral.

Conformément aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS), les normes de rejets des eaux usées appliquées en Algérie sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau 02** : Normes de rejets de l'OMS appliquées en Algérie.

Normes selon l'OMS		
Paramètres		Normes
Température	(°C)	30
Ph		6,5- 8,5
DBO <sub>5</sub>	(mg/l)	30
DCO	(mg/l)	90
MES	(mg/l)	30
Azote total	(mg/l)	50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	(mg/l)	5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	(mg/l)	10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	(mg/l)	10
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	(mg/l)	2
Conductivité	µs/cm	2700
Turbidité	NTU	5

### I.3- Réutilisation des eaux usées épurées

Les eaux usées domestiques et industrielles (appelées aussi eaux résiduaires) étaient, jusqu'à une époque récente, uniquement considérées comme une matière inutile et nuisible et rejeter après des traitements destinés à minimiser son impacte sur le milieu naturel.

Depuis quelques décennies, compte tenu de la raréfaction des ressources en eau dites conventionnelles (réseaux publics de distribution, rivières et nappes d'eau souterraines) et de l'augmentation de leur coût, la réutilisation des eaux usées épurées connaît un essor considérable dans différents domaines, en agriculture en particulier. (Tiercelin. J-R, 2008)

Confrontée à la rareté de l'eau due à l'insuffisance et à l'irrégularité des précipitations dans le temps et dans l'espace, l'Algérie subit en plein fouet cette situation de carence hydrique à travers ses différents secteurs économiques, celui de l'agriculture et de l'AEP en particulier où la dotation moyenne annuelle ne dépasse guère les 500 m<sup>3</sup> par personne ; ce qui reste très inférieur à la valeur du seuil de rareté admis au niveau international qui est de 1000 m<sup>3</sup>/ habitant/an (Nakib. M, 2015).

Dans ces conditions, la réutilisation des eaux usées épurées pourrait être une alternative intéressante à l'usage de l'eau propre et fraîche pour satisfaire les besoins de développement de certains secteurs, celui de l'agriculture en particulier.

#### I.3.1- Définition de la réutilisation des eaux usées épurées

La réutilisation des eaux usées épurées « REUE » est considérée comme une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages (Valiron et al, 1983). En Algérie, l'approche stratégique du développement durable adoptée à l'échelle nationale se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions : Sociale, Economique et Environnementale (MRE, 2012). La réutilisation des eaux usées en agriculture, secteur de l'irrigation en particulier, peut constituer une nouvelle approche intégrée dans la planification et la gestion des ressources en eau du pays, permettant ainsi de libérer les ressources d'eau douce au profit du secteur de l'AEP et de l'industrie, tout en ayant un impact positif sur l'environnement. Cette approche reste cependant limitée du fait de nombreux inconvénient liée à cette réutilisation.

### **I.3.2- Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées**

#### **a) Avantages**

La réutilisation présente l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative permettant de faire face aux pénuries d'eau ou aux périodes de sécheresses et de limiter les prélèvements d'eau conventionnelle :

- Elle procure à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libère un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires (Rajeb et al, 2002).
- Ces eaux confèrent des quantités appréciables de fertilisants indispensables à la vie des végétaux (azote, potassium, et le phosphore).
- La protection des milieux récepteurs et la réduction des rejets des polluants.

#### **b) Inconvénients**

Les inconvénients sont principalement liés à l'adaptation aux usages et aux obstacles psychologiques et culturels rattachés à des eaux supposées dangereuses. Les principaux inconvénients liés à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture peuvent être résumés en quelques points cités ci-dessous :

- Risque sanitaire lié à la présence de germes dans les eaux usées traitées aussi bien pour le travailleur que pour le consommateur;
- En raison de la salinité élevée de l'eau usée, il peut en résulter certains effets négatifs sur le sol et sur les plantes, ce qui peut entraîner une chute de la production végétale et même une stérilité des sols par accumulation de sel ;
- L'apport en quantité importante des doses d'azote et de phosphore peut nuire à la production agricole et contribuer à la pollution des nappes lorsque les doses appliquées ne sont pas bien estimées ;
- Les sites d'utilisation doivent se trouver à proximité des stations d'épuration, c'est-à-dire dans les zones périurbaines peuplées afin de réduire les coûts de transport.
- La réticence des usagers à utiliser l'eau usée, soit pour des raisons culturelles, soit parce que les cultures proposées sont de faibles rentabilités économiques.
- Les rejets urbains ont des débits continus et presque constants durant l'année, alors que l'utilisation agricole est saisonnière et la demande est différente selon les saisons et les périodes de productions. Ce qui nécessite une infrastructure considérable en matière de stockage de ces eaux durant la période hivernale.

### **I.3.3- Usages des eaux usées épurées**

Tous les domaines relatifs aux usages de l'eau sont concernés par la REUE sauf ceux qui touchent aux eaux thermales et minérales, dont les exigences de qualité sont telles qu'elles ne rentrent pas dans le champ de la réutilisation. La classification qui suit permet de voir, de façon plus claire, le principe de la valorisation de ces eaux usées épurées réutilisées. (Agence Française de Développement, 2011).

#### **a) Valorisations indirectes – cycle long**

On dénomme ainsi les dispositions hydrauliques où le cycle naturel de l'eau météorique d'une part et celui des eaux usées plus ou moins traitées d'autre part se rejoignent. Les milieux récepteurs peuvent apporter des possibilités de traitements additionnels des eaux rejetées avant le prélèvement en vue de la réutilisation (recharge des nappes). (Agence Française de Développement, 2011).

#### **b) Valorisations directes-cycle court**

L'eau usée épurée passe directement du statut d'eau usée au statut de nouvelle ressource après avoir transité par des mécanismes d'épuration. On peut distinguer plusieurs usages tels que : les usages urbains, valorisation industrielle, valorisation à des fins d'AEP, et la valorisation agricole (Agence Française de Développement, 2011) qui reste de loin la valorisation la plus répandue dans les pays où l'effet d'un défaut de pluie combiné à une croissance démographique importante se pose avec acuité (OMS, 2012). En effet, si l'utilisation des eaux usées dans le secteur agricole présente des avantages certains pour presque tous les pays, elle demeure particulièrement utile et rentable pour les pays arides et semi-arides à faible revenu agricole (Drechsel. P ; *al*, 2011).

Les principaux nutriments se trouvant en grandes quantités dans l'eau usée, à savoir l'azote, le potassium et le phosphore, et parfois même le zinc, le bore et le soufre, représentent un gisement fort intéressant pour les irrigants, d'autant plus qu'il est cédé gratuitement dans la plus part des situations. En outre, la présence de matière organique dans l'eau usée peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol. (FAO, 2003).

### I.3.4- Qualité des eaux usées épurées pour l'irrigation

#### a) Qualité microbiologique

Les recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS) relative à la réutilisation des eaux usées en agriculture, distinguent 03 catégories d'eau, A, B, C, sur la base de critères microbiologiques.

Les deux micro-organismes de référence considérés dans les directives de l'OMS sont les coliformes fécaux et les nématodes intestinaux.

Ce choix est justifié par des considérations épidémiologiques (SHUVAL et al 1986) et pour des raisons de facilité analytique.

#### - **Catégorie A**

Nématodes intestinaux (nombre d'œufs/litre) :  $<$  ou  $=$  à 1/l

Coliformes intestinaux:  $<$  ou  $=$  1000/ 100ml

Destinées pour l'irrigation des cultures à être consommées crues, terrains de sport, jardins public.

#### - **Catégorie B**

Nématodes intestinaux :  $<$  ou  $=$  1/L

Coliformes intestinaux : aucune norme n'est recommandée

Destinées pour l'irrigation des cultures céréalières industrielles et fourragères, des pâturages, des plantations arbres.

#### - **Catégorie C**

Nématodes intestinaux : sans objet

Coliformes intestinaux : sans objet

Destinées pour l'irrigation localisée des cultures de catégorie B si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés.

- L'élimination complète (ou quasi) des helminthes intestinaux, avec une valeur moyenne  $<$  1 œufs par litre d'eau;

- Une élimination importante des bactéries pathogènes, avec une valeur moyenne  $<$  1000CF/100ml.

- Pour l'irrigation restrictive on insiste uniquement sur l'élimination des helminthes.

Dans les pays où n'existent pas de normes plus contraignantes, les eaux usées traitées qui respectent les directives de qualité de l'organisation mondiale de la santé pour une utilisation non restrictive (catégorie A) peuvent être utilisées pour irriguer toutes les cultures sans mesures supplémentaires de protection de la santé (OMS, 1989).

## b) Qualité chimique des eaux usées pour l'irrigation

### \* Les éléments traces et les métaux lourds

Les métaux lourds et certains éléments traces qui se trouvent présents dans les eaux résiduaires peuvent constituer un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux et peuvent également affecter les cultures irriguées.

Les éléments présents dans l'effluent brut sont retenus en grande partie dans les boues, un sous-produit de l'épuration. Lorsqu'elles sont d'origine urbaine, les concentrations en éléments traces des eaux usées traitées sont, en général, inférieures aux teneurs maximales proposées pour l'irrigation des cultures (tableau suivant)

**Tableau 03:** Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2000).

Constituant	Utilisation à long terme (mg/l)	Utilisation à court terme (mg/l)
Aluminium	5,0	20,0
Arsenic	0,10	2,0
Béryllium	0,10	0,5
Bore	0,75	2,0
Cadmium	0,01	0,05
Chrome	0,1	1,0
Cobalt	0,05	5,0
Cuivre	0,2	5,0
Fluor	1,0	15,0
Fer	5,0	20,0
Plomb	5,0	10,0
Lithium	2,5	2,5
Manganèse	0,2	10,0
Molybdène	0,01	0,05
Nickel	0,2	2,0
Selenium	0,02	0,02
Vanadium	0,1	1,0
Zinc	2,0	10,0

Il est donc important, dans le cas de réutilisation des eaux usées, de mener une démarche globale prenant en compte l'ensemble de la filière de traitement des eaux, y compris les boues puisque c'est dans ces dernières que se concentrent les métaux lourds. (Tiercelin. J-R ; Vidal. A, 2006).

**\* Salinité**

Généralement, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est l'eau ayant la meilleure qualité disponible avec habituellement un faible taux de salinité. En agriculture, cependant, la disponibilité d'une eau de meilleure qualité se fait de plus en plus rare du fait de la forte demande en eau propre du secteur de l'AEP. Le recours à une eau de moindre qualité s'impose de facto dans ce secteur, ce qui conditionne en partie l'utilisation des ces eaux, en particulier lorsque la salinité des ces eaux devient problématique pour l'irrigation.

Les problèmes potentiels de la salinité des eaux sont souvent liés à la teneur en sels totaux, au type de sels ou à la concentration excessive d'un ou de plusieurs éléments (Ayers et Westcot, 1985).

**c) Concentration en éléments fertilisants**

Les eaux usées urbaines contiennent beaucoup de nutriments (macronutriments N, P, K, Ca, Mg et micronutriments Fe, Zn, Cu, Mn...) sous la forme soluble, directement disponibles pour les plantes. (Tiercelin. J-R ; Vidal. A, 2006).

La plupart des effluents contiennent suffisamment de soufre, zinc, cuivre et d'autres micronutriments pour corriger les déficiences du sol au bout de trois ans d'irrigation en moyenne. Par ailleurs, pour éviter les effets toxiques sur les plantes, les valeurs maximales des micronutriments ne devraient pas dépasser certaines valeurs recommandées (Ayers et Westcot, 1985). Les principaux éléments minéraux, à savoir l'azote, le phosphore et le potassium, contenus dans les effluents se présentent généralement à des concentrations qui dépassent souvent les besoins de cultures. Ces excès peuvent entraîner des anomalies telles que la croissance végétative excessive et l'altération de la qualité des produits. Le contrôle périodique des éléments présents dans les effluents est donc nécessaire pour limiter les quantités d'éléments fertilisants apportés et éviter ces anomalies. (Tiercelin. J-R ; Vidal. A, 2006).

**\* Azote (N)**

L'azote contenu dans les eaux usées est sous trois formes différentes : organique, ammonium, et nitrate.

L'azote des eaux usées recyclées apporté en excès par rapport aux besoins des plantes stimule la croissance végétative, provoque un retard dans la maturité et réduit la qualité des cultures. Certaines cultures sont très efficaces pour consommer l'azote et empêcher son accumulation dans le sol et sa migration, sous forme nitrique, vers les eaux souterraines. Dans les cas où trop peu d'azote est présent dans les effluents un apport supplémentaire est nécessaire pour atteindre le rendement optimum. (Tiercelin. J-R ; Vidal. A, 2006).

**\* Phosphore (P)**

Le phosphore comme l'azote est un nutriment essentiel à toutes plantes. La teneur en phosphore dans l'effluent d'une installation de traitement secondaire varie de 6 à 15 mg/l. Cette teneur en phosphore dans les eaux usées recyclées ne sera peut être pas suffisante en début de croissance pour assurer un rendement satisfaisant.

Les réactions du phosphore avec les sols sont complexes. La capacité d'adsorption du phosphore dans le sol dépend de la concentration en solution. Un excès de phosphore dans l'eau d'irrigation ne pose pas de problème. Il n'existe pas de valeur indicative pour estimer la valeur du phosphore en excès.

Pour l'établissement d'un programme de fertilisation, l'évaluation du phosphore dans les eaux usées à recycler doit être réalisée en conjonction avec l'analyse des terres.

**\* Potassium (K)**

Le potassium est un macronutriment essentiel pour les plantes et il joue un rôle positif dans la fertilité du sol, le rendement et la qualité des cultures. La quantité de potassium dans les effluents de traitement secondaire varie entre 10 et 30 mg/l de K.

Les concentrations de N, P, K dans les eaux épurées dépendent de l'origine des eaux brutes et du procédé de traitement. (Tiercelin. J-R ; Vidal. A, 2006.)

**d) Matières en suspension (MES)**

Les MES sont en majeure partie de nature biodégradable. 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 (Faby et Brissaud, 1997). Si les MES sont présentes en grande quantité dans les eaux épurées destinées à l'irrigation, elles peuvent entraîner le bouchage des canalisations des systèmes d'irrigation.

**I.3.5- Perception des agriculteurs de la REUE**

Les agriculteurs peuvent montrer des réticences vis-à-vis de l'utilisation des eaux usées. Celle-ci pourrait être influencée par plusieurs facteurs : Les effets négatifs sur la qualité

des sols, les risques de colmatage des tuyaux, le désherbage fréquent, et les risques sanitaires par les germes pathogènes contenus dans les eaux usées (Tiercelin. J-R ; Vidal. A, 2006). Plusieurs mesures de lutte sanitaire existent pour limiter les risques liés à l'utilisation des eaux usées en agriculture (Mara et Caincross, 1988). Parmi ces mesures : le traitement des eaux résiduaires, les mesures techniques (mise en place de zones tampon) et professionnelles (utilisation de matériels et équipements adéquat), la restriction de son utilisation pour certaines cultures et le choix du système d'irrigation sont les plus efficaces.

### **I.3.6- Choix de la méthode d'irrigation**

Le choix du système d'irrigation approprié dépend de la qualité de l'eau usée épurée, de la culture, de la capacité des agriculteurs à gérer les différentes méthodes et du risque potentiel sur l'environnement et sur la santé des agriculteurs et du public.

Les risques majeurs pouvant être engendrés par l'irrigation à partir des eaux usées épurées sont le colmatage des systèmes d'irrigation ainsi que le risque sanitaire. Ces risques sont plus ou moins différents selon la technique d'irrigation utilisée. (Tiercelin. J-R ; Vidal. A, 2006).

#### **a) Irrigation de surface**

L'irrigation de surface est un système par lequel l'eau est distribuée à la surface du sol par gravité, ce système comporte un danger de pollution du sol et des nappes phréatiques supérieur à celui des autres systèmes à cause des pertes par percolation. Il ne présente, toute fois, pas de risque sanitaire majeur sur les fruits récoltés sur les parties aériennes du couvert végétal.

#### **b) Irrigation localisée**

Irrigation localisée ou micro-irrigation est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par : La mise en place sur la parcelle d'un réseau dense de canalisation (rampes) couvrant totalement la surface à irriguer et, l'apport de l'eau au voisinage de la plante.

C'est la technique la mieux adaptée à l'apport d'eaux usées, dans la mesure où elle engendre le moins de risques sanitaires et la contamination des produits récoltés. En revanche, il pourrait être difficilement utilisable si l'eau usée épurée contient de fortes concentrations de matières en suspension, ce qui requièrent une filtration efficace et demandent un entretien constant à cause de leur sensibilité au colmatage.

### **c) Irrigation par aspersion**

L'eau parvient aux cultures de façon semblable à celle apportée naturellement par la pluie grâce à l'utilisation de divers appareils de projection alimentés sous pression, choisis et disposés de façon à obtenir la répartition de l'eau la plus uniforme possible.

Si cette méthode engendre moins de risques de colmatage du réseau d'irrigation que dans le cas de l'irrigation localisée elle augmente, en revanche, le risque lié à la contamination des cultures par contact direct du fruit produit avec l'eau apportée.

### **I.3.7- Réutilisation des eaux usées épurées (REUE) en Algérie**

Sur les 95 stations d'épuration exploitées par l'ONA à travers les 42 wilayas, 15 sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. Le volume réutilisé durant le 3<sup>ème</sup> trimestre 2013 par ces dernières est estimé à 14,7 Millions de m<sup>3</sup>, pour irriguer près de 12.613 ha. Il s'agit des STEP de Kouinine (El Oued), Ouargla, Guelma, Sedrata, Tlemcen, Mascara et les lagunes de Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria, Hachem, Sehaouria, Tizi et Mohamadia, en fin Boumerdes. (Données : ONA).

## **Conclusion**

Les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. (GROSCLAUDE, 1999). En regroupe sous cette terminologie toutes les eaux qui ont perdu leurs puretés.

Les méthodes de traitements des eaux usées sont divers et peuvent être classées en trois catégories : les traitements primaires, secondaires et tertiaires. La connaissance des concentrations moyennes des paramètres caractérisant les eaux usées ainsi que des gammes de variations possibles sont crucial pour une meilleure gestion intégrée de ces eaux. Les paramètres les plus étudiés sont :  $DBO_5$ , DCO, MES, CE,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $PO_4^{3-}$ .

Le recyclage de ces eaux usées pour de nouveaux usages, après traitement, peut s'avérer une ressource en eau précieuse, dite « non conventionnelle », en complément de la mobilisation des eaux de surface et souterraines. De plus, le rejet des eaux usées, même traitées, dans les rivières ou les mers, n'est pas toujours possible ou souhaitable. La complexité du problème demeure, toute fois, dans le fait que les effluents issus des systèmes de traitement doivent respecter les normes établies pour leur réutilisation en agriculture ou leur rejet dans la nature.

## *Matériels et méthodes*

Dans ce chapitre nous présentons dans un premier temps la STEP EST de Tizi-Ouzou Est (Pont de Bougie) avec le matériel utilisé pour la mesure des principaux paramètres physicochimiques de l'eau brutes et traitées de la STEP, de même que les principales méthodes ayant servi à la mesure de ces différents paramètres. Signalons au passage que les mesures bactériologiques n'ont pas fait l'objet de mesure lors de cette étude.

Nous aborderons dans un second temps la présentation du matériel végétal, représenté par la culture de la luzerne, ainsi que les différents protocoles mis en place pour caractériser sur le plan hydrique le sol utilisé lors de cette étude d'une part, et pour assurer le suivi et la mesure des différents paramètres permettant de décrire les deux principaux processus de l'évolution d'une culture, à savoir le développement et la croissance, d'autre part.

## II- La STEP Est de Tizi-Ouzou

### II.1- Localisation géographique et présentation de la STEP

S'étalant sur une superficie de 35591 m<sup>2</sup>, dont 14714 m<sup>2</sup> bâtis, la STEP Est (de Pont de Bougie) est implantée à la sortie Est de la ville de Tizi-Ouzou, en dehors du tissu urbain, sur la rive gauche d'Oued Sebaou, à 200 m en amont du Pont de Bougie (sur le chemin de Wilaya n° 124 reliant Tizi-Ouzou à Bejaia). Conçue au début des années 90, la STEP Est n'a été mise en marche qu'en Août 2001. C'est la première station certifiée en Afrique en 2007. Elle a pour objectif l'épuration des eaux usées urbaines de la partie Est de la ville de Tizi-Ouzou qui arrivent par un réseau unitaire et par voie gravitaire, afin de protéger le milieu récepteur, en l'occurrence l'Oued Sebaou. Le volume potentiel théorique d'épuration est de l'ordre de 18000 m<sup>3</sup>/j, soit une capacité de 120000 Eq/hab.



**Figure 01 : La STEP de TIZI-OUZOU** (Source : ONA, 2012)

## II.1.2 - Principe de fonctionnement de la chaîne de traitement de la STEP

La STEP Est de Tizi-Ouzou est dotée de deux filières de traitements : la première concerne les eaux usées utilisant le procédé des boues activées, avec aération prolongée à l'aide d'un aérateur de surface, alors que la seconde est destinée aux boues produites. La STEP est dotée d'un laboratoire de mesure de différents paramètres physico-chimiques nécessaire à l'évaluation du rendement des différents traitements appliqués aux eaux usées réceptionnées.

Une série de procédés de traitement regroupés en trois grandes catégories que sont, les prétraitements, le traitement secondaire et la clarification, permettent alors l'épuration des eaux usées qui arrivent par gravité dans cette dite STEP. Ces différents traitements peuvent être décrits comme suite :

### II.1.2.1- Filière de traitement de l'eau

#### a) Prétraitements

##### \* Dégrillage grossier

Dès son arrivée à l'entrée de la STEP, l'eau usées brute passe à travers des grilles d'un espacement de 5 cm, conçues pour retenir tous les éléments grossiers afin d'y être évacués.



Photo 02 : Dégrillage grossier



Photo 03 : Poste relevage

##### \* Poste de relevage

L'eau est pompée par 4 pompes qui fonctionnent en alternance (750m<sup>3</sup>/h).

##### \* Dégrillage fin

Consiste à faire passer les eaux à travers des grilles d'un faible espacement (25 mm). Les déchets sont récupérés à l'aide d'un peigne et acheminés vers le centre d'enfouissement par une vis sans fin. Le dégrillage se fait par deux modes opératoire (manuellement, ou automatique).

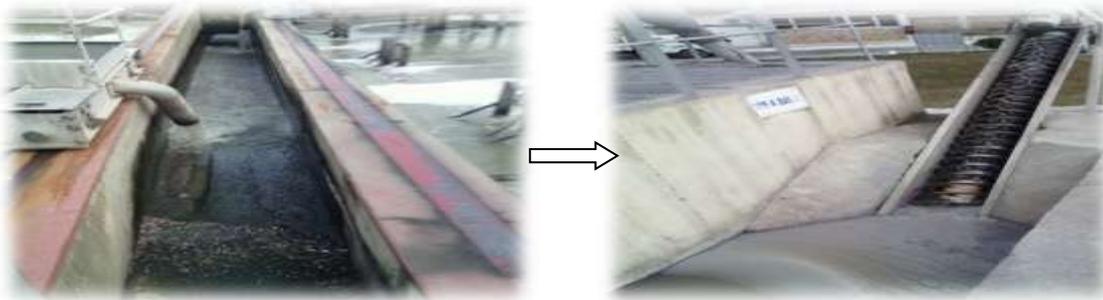


**Photo 04** : Dégrillage fin

**\* Bassin dessableur -déshuileur**

**\* Dessablage**

Le sable est décanté par gravité au fond et vient se déposer dans le couloir à sable. Ce dernier est aspiré pour être éliminé à l'aide d'une vis sans fin, qui fini dans une benne à sable. Il sera par la suite réutiliser localement ou dans l'aire de stockage des boues.



**Photo 05** : Bassin dessableur

**\* Déshuilage**

Le bassin est doté de deux ponts de raclage qui permettent de séparer les huiles et les graisses de l'eau.

L'injection d'air permet d'accélérer la flottation des graisses (densité inférieure à celle de l'eau), qui seront ensuite éliminées par raclage vers un couloir à graisse pour y être enfin récupérées manuellement.



**Photo 06** : Bassin déshuilage



**Photo 07** : Soufflante de by-pass

Ce bassin est doté d'un système de sécurité appelé Soufflante de by-pass, utilisé pour rediriger l'eau d'entrée (eau brute) vers la sortie de la chaîne de traitement en cas d'arrivée d'une eau anormalement chargée en huiles de vidange....etc.

### b) Traitement secondaire

La station possède deux lignes, deux grands bassins biologiques aérés et alimentés en eau à épurer avec des cultures bactériennes libres développées à l'intérieur. Le brassage permet d'homogénéiser le mélange des floccs bactériens avec l'eau usée et d'éviter leur dépôt. L'aération a pour but de dissoudre l'oxygène dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des microorganismes.



**Photo 08** : Bassin biologique

### c) Clarificateur

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau des boues. Ces dernières sont récupérées par raclage de fond, pour y être renvoyées en tête de chaque bassin d'aération (boues de recirculation ou boues de retour) par l'intermédiaire de deux postes de pompes accolés aux bassins d'aération.



**Photo 09 :** Clarificateur

L'eau clarifiée, quant à elle, transite dans un canal permettant la mesure de débit d'eau traitée par la mesure de la hauteur d'eau en canal de venturi.



**Photo 10:** Eau épurée quittant la filière de traitement

### II.1.2.2- Filière de traitement des boues

#### a) La stabilisation aérobie

Elle se déroule au niveau des bassins de stabilisation. Elle permet de diminuer le pouvoir de fermentation des boues, soit en dégradant les matières organiques qu'elles contiennent, soit en bloquant leurs réactions biologiques. Cette opération peut aussi assurer une fonction d'hygiénisation partielle, c'est-à-dire l'élimination des agents pathogènes présents dans les boues. Le blocage de la fermentation des boues limite donc les nuisances olfactives.

#### b) Epaisseur

Les boues en excès sont dirigées vers l'épaississeur. C'est le principal stade de traitement des boues. Son principe consiste à enlever une partie plus ou moins importante de l'eau contenue dans les boues. L'épaississement facilite en particulier les traitements ultérieurs. Cette étape permet aussi l'évacuation d'une eau claire, peu chargée, qui est recirculée en tête de la station.

Les boues épaissies sont évacuées par voie gravitaire dans une conduite vers les lits de séchage (Photo 12).



**Photo 11** : Epaississeur



**Photo 12** : lit de séchage

### **c)Lits de séchage**

Cette étape s'effectue naturellement sur 20 lits de séchage disposés en deux lignes (10 lits sur chaque ligne) qui sont constitués de couches de gravier et de sable (comme filtre). En surface, une grille en métal permet de faciliter la séparation de la boue du filtre, alors qu'en profondeur un système de drainage est installé pour récupérer l'eau des boues filtrée et la renvoyer à la tête de station. La boue séchée est évacuée manuellement vers les aires de stockage des boues pour y être valorisées en agriculture comme engrais (après une analyse).

**II.1.3- Laboratoire d'analyse**

Il est nécessaire d'installer des laboratoires d'analyses dans les stations d'épuration pour vérifier la fiabilité de l'épuration de ces eaux à l'état brute (entrée) et épurée (sortie), et y déterminer le rendement de la station et le degré de pollution des eaux rejetées (paramètres physico-chimiques et bactériologiques).

**Tableau 04:** Matériels et réactifs utilisés au laboratoire

Matériels	Réactifs et solutions
Etuve	NitraVer3
Four à moufle	NitraVer5
Réacteur DCO	NitraVer6
Colorimètre	Nitri Ver3
Conductimètre	PhosVer 3
Thermomètre	Hydrogénophtalate de potassium
Spectrophotomètre	Dichromate de potassium
pH mètre	Acide sulfurique et sulfate d'argent
Incubateur+DBO mètre à Oxy-top	Sulfate de fer et d'ammonium
Réfrigérateur	Salicylate ammoniacal
Hote	Cyanurate ammoniacal
Balance analytique	Indicateur ferroine
Plaque chauffante	
Dessiccateur en verre	
Dispositif de filtration	
Agitateur magnétique	
Microscope binoculaire	
Verrerie de laboratoire	

Les analyses au laboratoire de la STEP Est de Tizi-Ouzou s'effectuent, en plus de celles réalisées sur les eaux usées brutes, sur les deux sous produits de la station : les eaux usées traitées et les boues produites. Certaines de ces analyses sont réalisées quotidiennement, c'est le cas de la température, pH, conductivité, turbidité et matières en suspension, alors que d'autres le sont à des intervalles beaucoup plus espacés, comme c'est le cas de la DBO<sub>5</sub>, DCO, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, et PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>.

## II.1.4- Prélèvements et méthodes d'analyse

### II.1.4.1- Méthodes de Prélèvements

Les prélèvements ont porté à la fois sur les eaux usées brutes, à l'entrée de la chaîne de traitement, et sur les eaux usées traitées, soit à la sortie de la chaîne de traitement, pour la période allant du mois de mars au mois de mai, à raison de 1 à 5 journées de prélèvement par mois (5 en mars, 3 en avril et 1 au mois de mai). Chaque prélèvement journalier représente un échantillon composite (représentatif de la journée), issu de plusieurs prélèvements réalisés à différentes heures de la journée. Pour la mesure de la température, du pH et des matières en suspension, les mesures s'effectuent aussitôt les prélèvements réalisés. Pour le reste des autres mesures, l'échantillon est conservé dans un réfrigérateur à 4°C pour y être analysé 24h après. Une fois sortie du réfrigérateur, l'échantillon est laissé à températures ambiantes pendant quelques heures avant de commencer les analyses.

### II.1.4.2- Méthodes d'analyses au laboratoire

Les analyses ont été réalisées sur les échantillons prélevés sur les deux types d'eau (brute et traitée) et ont porté sur les paramètres de température, pH, conductivité, turbidité et matières en suspension, à raison de 5 mesures au mois de mars, 3 mesures au mois d'avril et 1 mesure au mois de mai. Pour le reste des autres paramètres, comme c'est le cas de la DBO<sub>5</sub>, DCO, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, les analyses n'ont été réalisées qu'une fois par mois, selon des possibilités offertes par le personnel technique de la STEP.

#### a) Température (C°)

Pour chaque échantillon journalier prélevé, on mesure sa température grâce à un thermomètre à sonde que l'on plonge dans l'eau de cet échantillon. Une fois la température stabilisée, on effectue la lecture correspondante.



**Photo 13 :** Thermomètre à sonde

#### b) Potentiel hydrogène (pH-mètre)

C'est le même principe que pour la température où on plonge l'électrode dans l'échantillon et on attend jusqu'à la stabilisation de la mesure pour en faire la lecture (Photo 14).

**c) Matières en suspension MES (mg/l) et turbidité (FTU)**

La mesure des MES et la turbidité se font généralement grâce un spectrophotomètre (photo 15). Après avoir choisie le programme correspondant au type de paramètre de mesure requis (630 ; 750) et régler les longueurs d'onde à 810nm et 450nm respectivement, on verse dans deux flacons une quantité d'eau de 25 ml provenant des prélèvements réalisés sur les deux types d'eaux brute et traitées. Un troisième flacon, quant à lui, est rempli d'eau distillée et représente donc l'eau de référence. Pour chacun des deux paramètres, trois flacons, préalablement agités, sont introduits dans l'appareil pour effectuer la mesure sur celui-ci.

**Photo 14:** pH metre**Photo 15:** Spectrophotometre**d) Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**

Avant toute mesure avec le conductimètre (Photo 16), un étalonnage est alors réalisé. La sonde de celui-ci est alors plongée dans l'eau à analysée (eau brute et traitée) pour ensuite effectuer la lecture.

**Photo 16 :** Conductimetre**e) Mesure de la  $\text{DBO}_5$  ( $\text{mg d}'\text{O}_2/\text{l}$ )**

432ml d'eau épurée et 97ml d'eau brute sont donc prélevées des échantillons après agitation de ces derniers, et mis dans deux bouteilles séparées. Ces deux quantités d'eau sont donc ramenées à une température de 20°C avant de commencer la mesure. Par la suite, on introduit dans chaque bouteille un barreau magnétique et 3 à 4 graines de KOH dans les couvercles (qui permettent d'absorber le  $\text{CO}_2$  dégagé). On place par la suite les oxytops sur les bouteilles on les serrant bien. On ramène la valeur de l'affichage de l'appareil à zéro en appuyant sur les deux boutons de l'oxytop. Les échantillons sont ainsi laissés dans le DBO

mètre à température constante (20°C), placés sur des agitateurs magnétiques et à l'obscurité pendant 5 jours. Suite à quoi, on procède à la lecture.

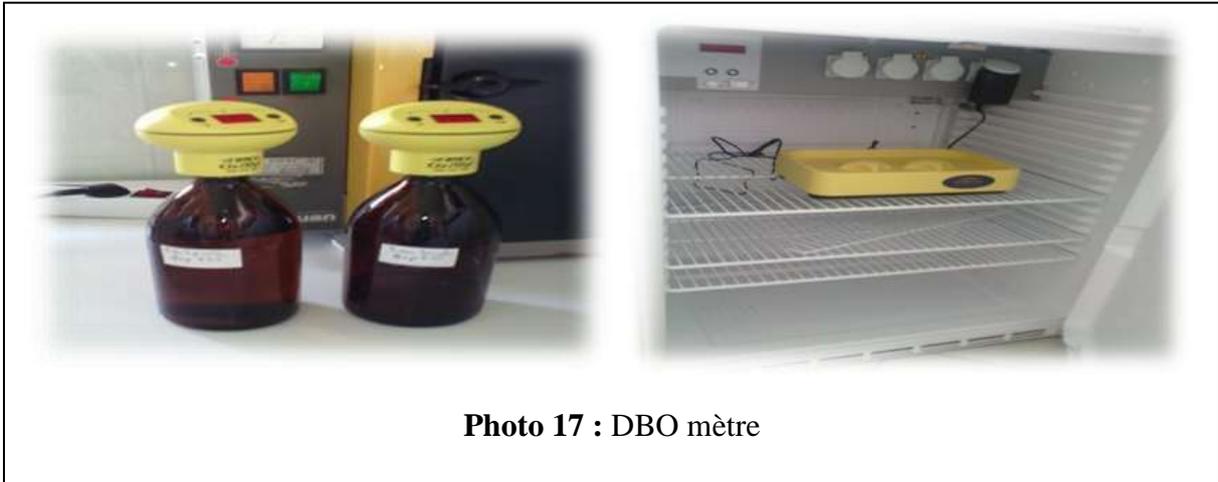


Photo 17 : DBO mètre

**f) Mesure de la DCO (mg d'O<sub>2</sub>/l)**

La mesure de la DCO par la méthode normalisée permet de déterminer la teneur totale en matière organique oxydable des eaux. Malgré le cout faible de cette méthode, les résultats restent acceptables et assez fiables. Le mode opératoire pour la mesure de ce paramètre selon la méthode normalisée est le suivant :

On prépare 4 tubes dans lesquels on apporte les volumes suivants:

- 10ml de la solution hydrogénophtalate de potassium représentant l'échantillon Etalon.
- 10ml d'eau distillée représentant l'échantillon Le blanc
- 10ml d'eau brute représentant l'échantillon d'Entrée de la chaîne de traitement.
- 10ml d'eau traitée représentant l'échantillon de Sortie de la chaîne de traitement.

On ajoute 5 ml de dichromate de potassium dans chaque tube, suivi de 15ml d'acide sulfurique et sulfate d'argent et un régulateur d'ébullition dans chaque tube. Ces derniers, raccordés à des tubes réfrigérants sont alors chauffés à 150°C pendant 2heures.



**Photo 18** : Réacteur à DCO

Après refroidissement, 45 ml d'eau distillée et deux gouttes de l'indicateur ferroïne sont versées dans chacun des tubes. Après le titrage de la solution avec le sulfate de fer et d'ammonium, on procède au calcul de la DCO exprimée en (mg d'O<sub>2</sub>/l) on utilisant l'expression ci-dessous :

$$DCO = \frac{8000 \cdot c \cdot (V_1 - V_2)}{V_0}$$

Où :

- V<sub>0</sub> : est le volume de la prise d'essai avant dilution (en ml) ;
- V<sub>1</sub> : Est le volume de la solution de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour l'essai à blanc (en ml);
- V<sub>2</sub> : Est le volume de la solution de sulfate de fer et d'ammonium pour l'essai analysé (en ml);
- C : Est la concentration en quantité de matière de la solution de sulfate de fer et d'ammonium (mole/l).
- 8000 : Est la masse molaire de ½O<sub>2</sub> (mg/l).

#### **g) Mesure de la concentration en nitrates (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sans dilution**

Un spectrophotomètre (Photo 15) a été utilisé pour la mesure des N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sur les eaux brutes alors que pour l'eau épurée, un colorimètre a été utilisé pour la mesure de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

##### **\* Pour l'eau brute (mesure du N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Au préalable, et grâce à un dispositif sous vide, l'eau brute est filtrée pour en retenir toutes les MES avant de procéder à la mesure avec le spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde 507nm. Suite à quoi, le mode opératoire suivant est appliqué :

- Préparer 30ml d'eau brute dans un flacon + réactif (NitraVer6) ;
- Agiter pendant 3min, puis laisser 2min de réaction et décantation ;

- Ajouter le 2<sup>ème</sup> réactif (NitraVer3), et laisser agir pendant 10min.
- A l'apparition d'une couleur rose clair, on procède à la lecture de la valeur de  $N-NO_3^-$  avec un spectrophotomètre. Le résultat peut être exprimé en nitrate  $NO_3^-$ , en multipliant le résultat obtenu à la lecture par 4,4.



**Photo 19:** Dispositif de filtration sous vide



**Photo 20 :** Retenus Après filtration des eaux brutes

\* **Pour l'eau épurée (mesure du  $NO_3^-$ ) le mode opératoire est le suivant :**

- Mettre 10ml d'eau épurée dans le tube + réactif (NitraVer5).
- Préparer, entre temps, un autre tube contenant de 10ml d'eau distillée (blanc) + réactif (NitraVer5).
- Agiter les tubes pendant 1min, et laisser un temps de 5 mn pour la réaction.
- A l'apparition d'une couleur jaune clair, on fait la lecture directe de la valeur de  $NO_3^-$  sur un colorimètre.



**Photo 21 :** Colorimètre

**h) Mesure de la concentration en nitrites (N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)**

La détermination des concentrations en nitrites a été réalisée par un spectrophotomètre. Après avoir introduit le numéro du programme 371, l'appareil a été réglé sur une longueur d'onde de 507nm. Le mode opératoire était le suivant :

**\* L'eau brute sans dilution**

- 25ml de l'échantillon dans un flacon + un réactif (NitriVer3)

**\* L'eau épurée avec dilution 1/5<sup>ème</sup>**

En utilisant les flacons de 25ml, on verse 5ml d'eau épurée puis on complète avec l'eau distillée + un réactif (NitriVer3) ;

- On prépare le blanc avec l'eau de l'échantillon ;
- Laisser 5min de réaction.

➤ Apparition d'une couleur rose, puis placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure et faire la lecture avec un spectrophotomètre.

Le résultat obtenu N- NO<sub>2</sub><sup>-</sup> est multiplié par 3,3 pour avoir les nitrites exprimé en NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et par le facteur de dilution pour l'eau épurée (x 5).

**i) Mesure la concentration en orthophosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)**

La détermination de ce paramètre se fait grâce à un spectrophotomètre réglé sur le numéro du programme (490), correspondant à une longueur d'onde de 890nm. Le mode opératoire est comme suite :

Effectuer une dilution de 1/10 des deux échantillons préalablement filtrés en pipetant 5ml de chaque eau analysée (épurée et brute) et en complétant celui-ci jusqu'à 50ml avec de l'eau distillée. De ces deux volumes 25ml sont prélevées sur chacune des deux eaux analysées et aux quelles on rajoute un réactif (phosVer3). Après 2min de réaction, on note l'apparition d'une couleur bleue. L'échantillon est alors placé dans le puits de mesure pour effectuer la lecture, qui sera enfin multiplier par le facteur de dilution.

**j) Mesure de la concentration en ammoniacque (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Après avoir préparé le spectrophotomètre et introduit le numéro de programme (385) correspondant à une longueur d'onde de (655nm), on procède comme suit pour le reste de la manipulation :

- Diluer les échantillons (eau brute, eau épurée) de 1/100 pour l'eau brute et de 1/50 pour l'eau épurée ;
- On remplit 2 flacons de 25ml des échantillons préalablement dilués (eau brute diluée, eau épurée diluée), et un autre flacon de 25ml d'eau distillée (le blanc) ;
- On ajoute pour les trois flacons une gélule de Salicylate ammoniacal ;
- Après un temps de réaction de 3min (apparition d'une couleur jaunâtre), on ajoute un autre réactif (cyanurate ammoniacal) Après 15min de réaction (apparition d'une couleur verte) on place les flacons dans le puits de mesure et on effectue la lecture.

Les résultats obtenus expriment la valeur de  $\text{NH}_4^+$  après sa multiplication par un coefficient égal à 1,29 et par leurs facteurs de dilution (x 100 pour l'eau brute, x50 pour l'eau épurée).

## II.2- Matériel végétal et méthodes de mesures

### II.2.1- Matériel végétal

#### II.2.1.1- Généralités sur la luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.)

La luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) appartient à la famille des légumineuses qui réunit des espèces qui sont capables de contracter des associations symbiotiques avec des bactéries du genre « *Rhizobium* », en développant des organes particuliers, les nodosités racinaires, dans les quels l'azote atmosphérique est réduit en ammonium ensuite utilisé par la plante (Morot-Gaudry, 1997).

Cette famille comprend 750 genres et 20 000 espèces (Grignac et Wery, 1992). Les botanistes la divise en trois sous familles selon leurs caractères floraux : les Mimosacées, les Césalpiniacées et les Papilionacées (Retcoll, 1970).

Les Papilionacées auxquels appartient le genre *Medicago* constitue la sous famille la plus nombreuse. Il est représenté par 30% d'espèces vivaces et 70% d'annuelles (Lahouari, 1992).

A l'instar des autres légumineuses fourragères, la luzerne pérenne est cultivée pour utiliser l'ensemble de la partie aérienne de la plante (avec en particulier des feuilles riches en protéines) afin de nourrir les animaux, principalement les ruminants, soit par pâturage, soit après conservation du fourrage (foin, ensilage, déshydratation) (Schneider et Huyghe, 2015).

Le fruit est une gousse glabre ou pubescente, à 2-3 tours de spire, les feuilles sont trifoliées, alternes. Les fleurs sont zygomorphes, possèdent cinq sépales, cinq pétales, dix étamines (Spichiger et al ; 2005).

#### II.2.1.2- Origine de la luzerne pérenne

La luzerne (*Medicago sativa* L.) est une des plantes fourragères les plus répandues sur tous les continents, sa culture remonterait à plus de 9000 ans, dans les hauts plateaux du Caucase, l'Iran, la Turquie d'où elle se serait répandue dans le monde entier. Elle est cultivée à peu près sous toutes les latitudes, depuis les régions équatoriales jusqu'aux abords du cercle arctique. Elle trouve cependant son plus grand développement dans les zones tempérées chaudes : Etats-Unis, Europe, Amérique du Sud, Asie, Japon, Australie, Chine, Nouvelle-Zélande, Afrique et Argentine. Au total la luzerne représente dans le monde près de 32 millions d'hectares dont 14 millions en Amérique du nord. Bentvelsen (1980) et Soltner (1999) signalent l'origine de *Medicago sativa* comme étant méditerranéenne (Mauriés, 2003).

### II.2.1.3- Taxonomie de la luzerne

*Medicago sativa* appartient au :

- Règne : Plantae
- Classe : Eudicotylédones
- Sous classe : Rosidées
- Ordre : Fabales
- Famille : *Fabaceae*
- Sous famille : Faboideae
- Tribus : Trifoliées
- Genre : *Medicago*
- Nom scientifique: *Medicago sativa* L. (Spichiger et *al.*, 2005).

### II.2.1.4- Physiologie et croissance de la luzerne

#### a) Germination et levée

La germination de la luzerne dépend de plusieurs facteurs : la disponibilité en eau, la température et la lumière. Elle se produit entre 2 et 40°C avec un optimum situé entre 19 et 25°C.

La réduction de la disponibilité en eau affecte fortement le développement des plantules. Le développement de l'appareil végétatif et celui des racines sont affectés de la même manière : la diminution de la hauteur des tiges, de leur nombre, du poids des racines et celui de l'ensemble des feuilles et des tiges. La sélection permet d'améliorer la résistance au stress hydrique chez la luzerne.

A l'opposé, un excès d'eau est aussi nuisible car il favorise le développement des maladies fongiques qui détruisent les semis. L'excès d'eau place le sol en conditions d'anaérobiose privant les racines de l'oxygène qui est nécessaire à leur développement. Cet effet est d'autant plus néfaste que les températures sont élevées (Mauriès, 2003).

#### b) Croissance végétative

Au cours de son développement, la luzerne passe par différents stades végétatifs :

- ✓ **S1** : cotylédons : à la levée vont d'abord émerger 2 cotylédons.
- ✓ **S2** : émission des premières feuilles unifoliées.
- ✓ **S3** : feuilles trifoliées : les feuilles suivantes sont composées de 3 folioles rattachées à la tige par un pétiole (trifoliées).

✓ **S4** : La première tige grandit en produisant des feuilles alternes. Les feuilles sont en général de type trifoliées mais il existe des variétés dites multi foliées à 4, 5, 6 voire 7 folioles portées sur un pétiole. Des feuilles portant jusqu'à 11 folioles ont déjà été observées.

✓ **S5** : émission de bourgeons formateurs de tiges

✓ **S6** : croissance des bourgeons en tiges feuillées : le bourgeon axillaire de la première feuille unifoliée se développe pour donner une tige secondaire. Deux autres tiges secondaires démarrent la suite depuis le niveau des cotylédons. Les luzernes de type non dormant produisent plus de tiges secondaires à partir du niveau des cotylédons que les types dormants dont la croissance est stoppée en hiver. C'est cet ensemble de tiges qui va former le collet.

Le développement des tiges suit un ordre bien précis. On distingue des tiges primaires, secondaires et tertiaires.

✓ **S7** : élongation des entrenœuds avec croissance de plus en plus rapide. Apparition des boutons floraux : stade bourgeonnement. Les fleurs apparaissent entre le 6<sup>ème</sup> et le 14<sup>ème</sup> entrenœud en fonction des conditions du milieu et de leur déterminisme génétique.

✓ **S8** : floraison, fécondation, maturité des graines : l'accroissement en matière sèche se poursuit suivant une courbe en S, jusqu'à la pleine floraison. Dès l'apparition des boutons floraux, l'élongation est très ralentie. Parallèlement, la proportion de matière sèche s'accroît dans la plante entière, mais celle des feuilles (riche en protéines) diminue.

La luzerne développe au même temps une racine pivotante principale et des racines secondaires plus ou moins ramifiées, (Mauriès, 2003), ce pivot a un effet sur la structure du sol en le décompactant et permet à la plante d'aller puiser de l'eau et des nutriments dans des couches du sol inaccessibles pour les autres cultures (Morot-Gaudry, 1997).

### **II.2.1.5- Intérêts de la luzerne pérenne**

#### **a) Résistance à la sécheresse**

La luzerne craint le froid printanier et ne démarre pas de très bonne heure. Sa végétation s'accélère ensuite et elle produit beaucoup à partir de mai et pendant tout l'été.

Elle ne craint pas la sécheresse et les chaleurs estivales, même prolongées à condition que la couche de terre arable soit épaisse et bien alimentée en eau en profondeur.

Cette remarquable capacité de production estivale rend la luzerne particulièrement précieuse (GRAB, AGRECO, 2004).

**b) Résistance au froid**

Les variétés issues de la sous-espèce nordique de *Medicago Sativa* résistent bien au froid, d'autant plus qu'elles restent à l'état de « rosettes » en période de jours courts. Sa culture peut aller jusqu'à 1500 mètres d'altitude.

✓ Les variétés de type méditerranéen ont tendance à démarrer plus tôt et sont donc plus gélives. Par contre, leur racine pivotante est particulièrement longue et accentue leurs capacités face à la sécheresse (GRAB, AGRECO, 2004).

**c) Productivité**

Une bonne luzernière peut produire sur 3 à 4 coupes, en moyenne 10 à 13 tonnes de matière sèche par hectare par an sur 3 à 4 ans, avec des taux de protéine moyens de 18 à 20% (Guibé et *al.*, 2012).

**d) Enrichissement du sol en azote**

Enrichissement très variable selon l'âge de la luzernière, la façon dont elle est exploitée, sa densité, la nature du terrain, etc. Il varierait entre quelques dizaines et plusieurs centaines d'unités par hectare.

En plus de ces avantages, la luzerne pérenne permet :

- ✓ une amélioration de la structure du terrain en profondeur grâce à son puissant système racinaire.
- ✓ une remontée d'éléments nutritifs vers la surface du sol
- ✓ grâce à ses racines descendantes à deux ou trois mètres de profondeur (GRAB, AGRECO, 2004).

**II.2.1.6- Conditions culturales de la luzerne pérenne****a) Climatiques**

La luzerne craint surtout l'humidité excessive qui rend les terres froides et asphyxiantes. Les printemps régulièrement froids et tardifs accentuent ce risque (GRAB, AGRECO, 2004).

**b) Edaphiques**

Elle aime les terres profondes, saines mais bien alimentées en eau en profondeur, les argilo-calcaires sont sa préférence (GRAB, AGRECO, 2004).

Elle ne résiste pas en sols peu profonds sur sous-sols compacts, argileux, froids.

Elle craint moins l'acidité, en fait les pH bas lui sont surtout défavorables en terres froides asphyxiantes, carencées en phosphore assimilable. Ne craignant pas la sécheresse, la luzerne peut tenir quatre ou cinq ans avec un pH de cinq (GRAB, AGRECO, 2004).

### **c) Exploitation**

Une luzernière humide piétinée par les animaux disparaît rapidement, même bien implantée. Opter pour une association de la luzerne avec d'autres plantes fourragères en cas de situation limite (semier ou non) (GRAB, AGRECO, 2004).

#### **II.2.1.7- Valorisation en alimentation animale**

La valeur alimentaire dépend essentiellement du stade de récolte. Le produit récolté est la partie aérienne de la plante ; de préférence avant le début de la floraison.

La luzerne est principalement utilisée pour l'alimentation des ruminants mais elle a aussi quelques débouchés en alimentation humaine et en industrie pharmaceutique.

La luzerne est une source majeure de protéines avec ses 2,5 tonne / ha de protéines. Elle a une très bonne composition en acides aminés et au moins 10 vitamines, ce qui lui donne d'autant plus d'intérêt lorsqu'elle est distribuée à des animaux de forte production. Cependant possède une valeur énergétique assez moyenne (0,7 UF/Kg de matière sèche).

L'utilisation de la luzerne par le pâturage est limitée par la faible résistance au piétinement et surtout par les risques de météorisation encourus par les ruminants. Ce risque peut être limité par une conduite adaptée du pâturage et par la culture de la luzerne en association avec une graminée.

Ces caractéristiques font de la luzerne un bon complément des céréales pour l'alimentation animale. Elle est, de plus, très appétible et digestible. Enfin elle représente une très bonne tête d'assolement, résiste bien à la sécheresse et se montre de culture et d'entretien faciles et peu coûteux (Doré et Varoquaux, 2006).

## II.2.2- Méthodes et paramètres de mesures

La seconde partie de ce travail a été conduite au laboratoire du département des sciences agronomiques et a porté sur la conduite de la luzerne. Elle a été réalisée sur des pots irrigués avec une eau d'un forage pour le premier traitement et une eau usée traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou pour le second traitement...

### II.2.2.1- Méthodes de culture

#### a) Le sol et ses limites hydriques

##### \* Préparation du sol

Le sol utilisé est de type limono-argileux. Il provient d'une exploitation agricole de la région des Ouadhias, Prélevé sur une profondeur allant de 0 à 30cm, ce sol est séché puis mélangé pour obtenir un sol homogène.

12 pots en plastique (perforés au fond afin de permettre le drainage des eaux d'irrigation excédentaires), de 25 cm de diamètre et 22 cm de profondeur, destiné à porter la culture de la luzerne sont rempli de sol d'une capacité allons de 5 à 6 kg selon les pots.

##### \* Caractéristiques hydriques du sol

Afin d'éviter tout stress hydrique qui pourrait interférer avec les effets physico-chimiques des eaux usées traitées, utilisées pour l'irrigation de notre culture, il a été important pour nous de bien évaluer les limites de rétention de notre sol pour bien gérer les doses d'irrigations à apporter sur chaque pot. Pour cela, nous avons réalisé une série de mesures afin de déterminer la limite hydrique de notre sol à la capacité au champ ( $H_{cc}$ ) et estimer celles au point de flétrissement temporaire ( $H_{tep}$ ), selon le protocole suivant :

- 9 petits échantillons de sol, de 0,5 kg environs, ont été prélevés pour y être saturés en eau et pesés aussitôt pour avoir le poids de l'échantillon à saturation ( $P_{Esat}$ ).
- Une fois  $P_{Esat}$  déterminé par pesé, les 9 échantillons de sol sont recouvert d'un film en plastique afin d'éviter toute évaporation de l'eau de sorte à ne favoriser que le drainage des eaux excédentaires et ce pendant près de 72 heures, pour y déterminer a nouveau le poids de ces échantillons de sol après drainage ; soit le poids de l'échantillon à la capacité au champ ( $P_{Ecc}$ ).



**Photo 22** : saturation des échantillons de sol

- Enfin, les 9 échantillons sont placés dans un four à moufle, à 105°C pendant plusieurs jours, pour y être séchés afin de déterminer leurs poids sec ( $P_{Esec}$ ).
- L'humidité pondérale à la capacité au champ de chacun des 9 échantillons de sol vaudra alors l'expression suivante :

$$Hcc \text{ (\% de sol sec)} = \frac{P_{Ecc} - P_{Esec}}{P_{Esec}}$$

- L'humidité pondérale moyenne à la capacité au champ de notre sol serait :

$$Hcc_{Moy} \text{ (\% de sol sec)} = \frac{\sum_{i=1}^9 Hcc_i}{9}$$

### b) Conduite de la culture

Afin d'évaluer l'effet des eaux usées épurées sur le développement et la croissance de la luzerne, nous avons réalisé une série de mesures à la fois phénologiques et morphologiques. Deux traitements, l'un à l'eau de forage et l'autre à l'eau usée traitée, ont été appliqués à la culture de la luzerne, conduite dans des pots en plastiques avec six répétitions, soit 6 pots irrigués avec une eau de forage et 6 pots irrigués avec une eau usée traitée provenant de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

#### \* Semis de la luzerne

Le semis de la luzerne est réalisé directement sur les pots le 11/04/2016, à raison de 20 graines par pots, à une profondeur de 1 à 2 cm. Le sol des pots a été ramené à la capacité au champ par pesée juste après le semis.



**Photo 23** : 12 pots portant la culture de la luzerne après la levée (à gauche irrigués à l'eau de la STEP et à droite irrigués à l'eau de forage)

**\* Gestion des irrigations**

La gestion des apports en eau a été suivi avec précaution afin d'évité l'installation de stress hydrique qui pourrait masquer tout effet dû aux caractéristiques physicochimiques de l'eau usée traité utilisée pour l'irrigation des pots. L'essai démarre avec un sol des pots ramené à la capacité au champ et un suivi de leurs poids par pesée est alors réalisé quotidiennement, afin de déterminer la quantité d'eau journalière consommée par la culture. L'irrigation est appliquée lorsqu'environ la moitié (1/2) de la capacité de rétention facilement utilisable par la plante (CRFU<sub>p</sub>) est épuisée, pour ramener l'humidité du sol à la capacité au champ. Le CRFU<sub>p</sub> des sols de chacun des pots est donnée pour un sol linomo-argileux (ITAF, 2005) par l'expression suivante :

$$CRFU_p = 30\% CR_p \qquad CR_p = P_{Pcc} - P_{Psec}$$

Où : P<sub>Psec</sub> est le poids du sol sec de chaque pots exprimé par  $\frac{P_{Pcc}}{(1 + Hcc_{Moy})}$

**II.2.2- Paramètres de mesures****a) Suivi du développement**

Afin d'évaluer la vitesse de développement de la luzerne, nous avons noté l'ordre d'apparition des feuilles de la luzerne (de la feuille 1 à la feuille 7) sur chacun des deux traitements appliqués avec leur répétitions, et ce depuis la levée jusqu'à la septième feuille. Pour chaque pot, on considère que le rang donné d'une feuille de luzerne est atteint lorsque l'apparition de cette feuille sur 80% des plants est atteinte

**b) Suivi de la croissance**

Plusieurs paramètres de croissance ont fait l'objet de suivis et de mesures :

- La biomasse foliaire (poids frais et poids sec)
- La hauteur des tiges, correspondant à la distance séparant le collet de la base de la dernière feuille apparue, et sa biomasse (poids frais et poids sec).
- La longueur des racines, compté a partir du collet jusqu'au bout du chevelu racinaire.
- Observation des nodosités sur les deux traitements

**Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou dont le fonctionnement est de type boues activées, ainsi que les différents paramètres physicochimiques retenus pour l'analyse et la caractérisation de l'eau traitée, susceptible d'être utilisée en irrigation.

Afin d'évaluer les effets de l'eau usée traitée de la STEP, nous avons mis en place un protocole de mesures des processus de développement et de croissance de la luzerne. Une préparation préalable du sol avec la mesure de ces paramètres hydriques à été réalisé afin de mieux gérer les arrosages. Les paramètres tels que la biomasse foliaire et des tiges, la hauteur de ces derniers et la profondeur des racines ont fait l'objet d'observation sur cette étude.

## *Résultats et interprétations*

Afin de caractériser les eaux usées traitées par la STEP de Tizi-Ouzou et d'en apprécier leurs aptitudes à être utilisées comme une eau d'irrigation, nous avons réalisé une série de mesures durant la période printanière, allant de mars à mai (voir annexes). Dans ce qui suit, nous illustrerons les différents résultats obtenus durant la période d'étude, dans un premier temps avant de procéder à leur interprétation, dans un second temps.

### III.1- Analyses physico-chimiques des eaux de la STEP

#### III.1.1- Résultats

Ces résultats proviennent des mesures que nous avons réalisées à la STEP de Tizi-Ouzou durant la période printanière. Il s'agit des moyennes obtenues sur cinq mesures réalisées au mois de mars, trois mesures réalisées au mois d'avril et une seule mesure réalisée au mois de mai.

##### a) Température (T)

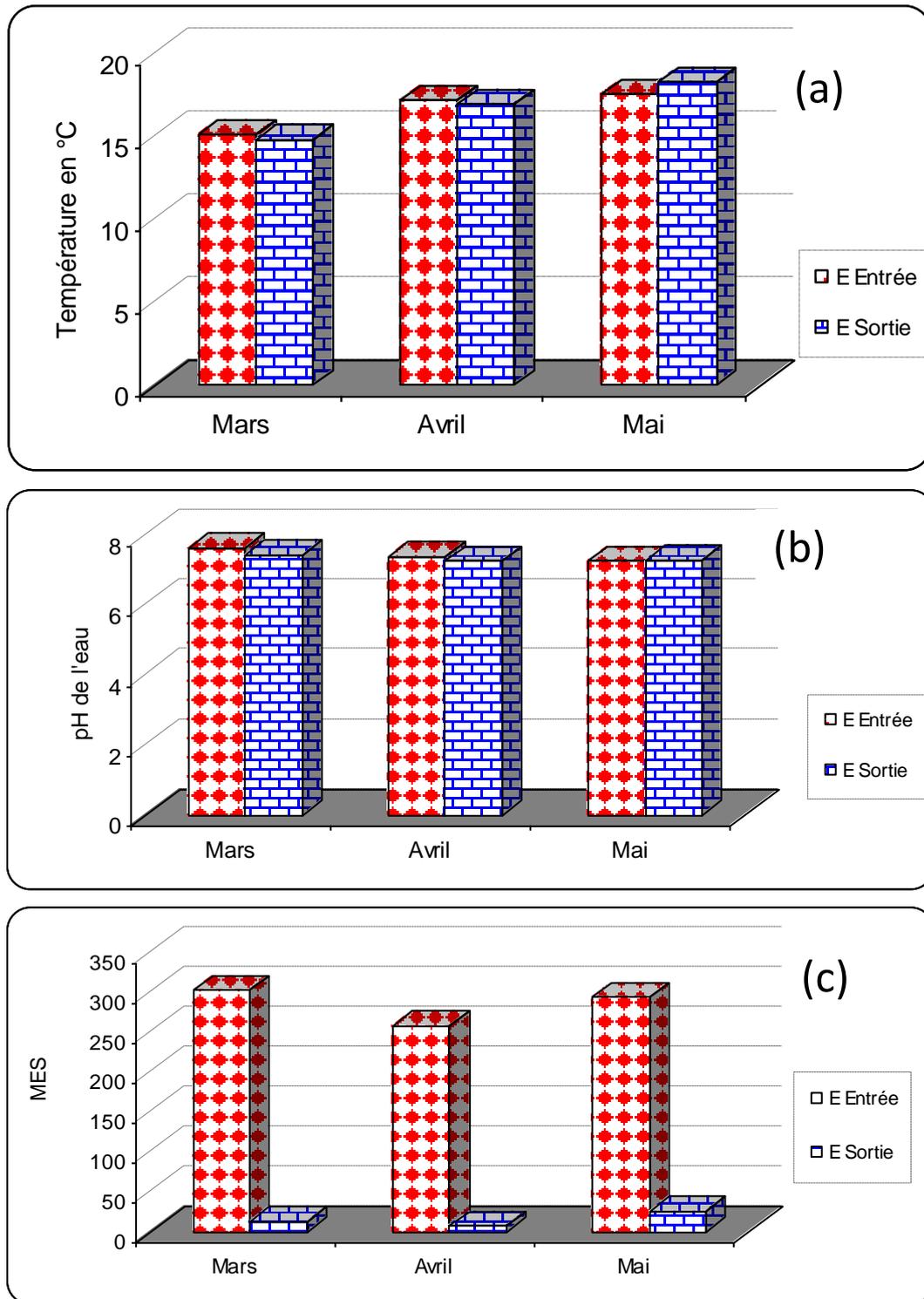
Le suivi de l'évolution temporelle des températures des eaux de la STEP Est de Tizi-Ouzou montre une augmentation continue de celles-ci depuis le mois de mars jusqu'au mois de mai, dans une fourchette moyenne mensuelle allant de 15.2°C à 17.6°C pour les eaux usées brutes (à l'entrée) et de 14.9°C à 18.4°C pour les eaux traitées (**figure 02.a**). Notons toute fois qu'au mois de mars (début de printemps) les eaux brutes présentent une température moyenne plus basse que celle des eaux à la sortie de la STEP alors que l'inverse est constaté au mois de mai (fin de printemps).

##### b) potentiel Hydrogène (pH)

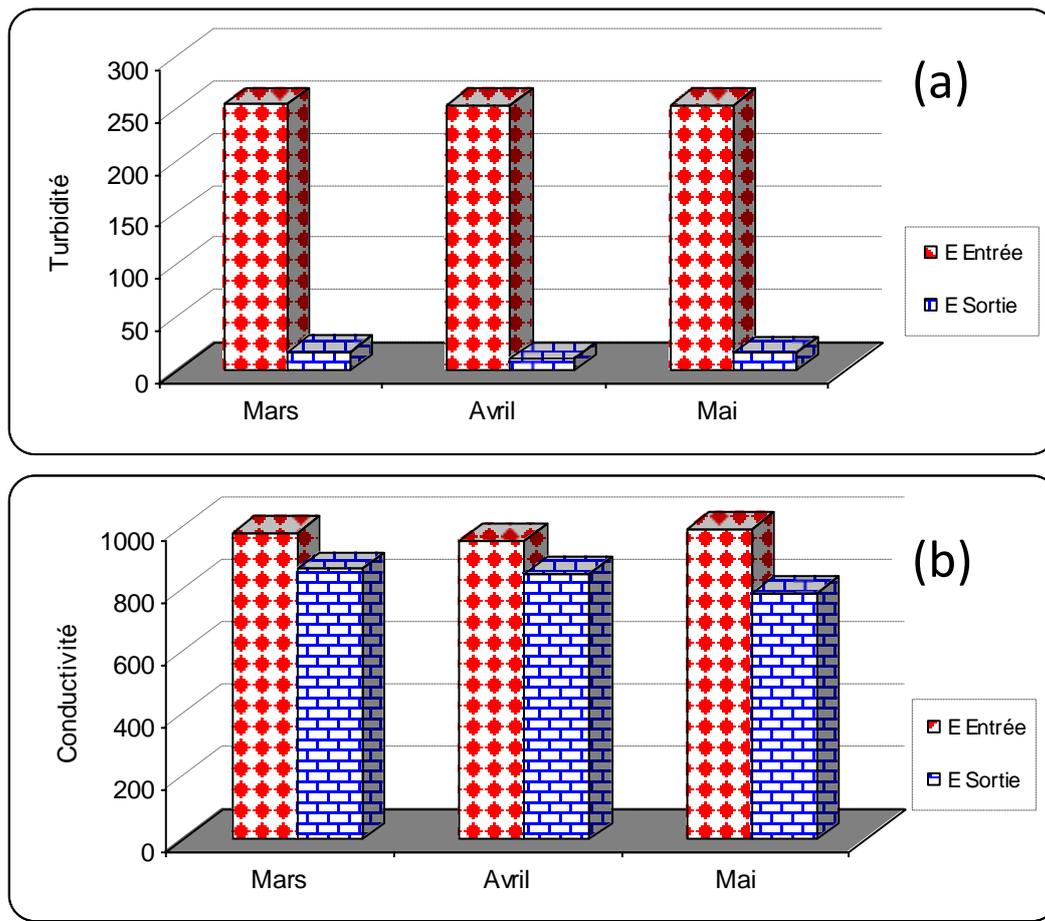
L'évolution des valeurs moyennes mensuelles de pH durant la période printanière montre que ce paramètre demeure relativement stable tout au long de la période de mesure à l'entrée de la STEP (7.3 à 7.4) mais aussi à la sortie de la celle-ci (7.3 à 7.5) avec, cependant, une légère baisse de la valeur de pH enregistrée à la fin du processus de traitement (**figure 02.b**).

##### c) Matière en suspension (MES)

La (**figure 02.c**) montre que la valeur moyenne mensuelle des MES reste assez élevée sur la période d'étude pour les eaux usées brutes allant de 259 mg/l au mois d'avril à 295mg/l au mois de mai. Cette valeur diminue considérablement en fin de la chaîne de traitement pour atteindre au minimum 7 mg/l au mois d'avril et au maximum 26 mg/l au mois de mai. Le rendement épuratoire est assez poussé allant de 91% à 97%.



**Figure 02:** Variation des températures (a), pH (b) et des MES (c) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou



**Figure 03** : Variation de la turbidité (a) et la Conductivité (b) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou

#### d) Turbidité

Les valeurs moyennes mensuelles de la turbidité enregistrées sur les eaux brutes demeurent constantes durant toute la période d'essai (256 FTU) mais chute considérablement en fin de la chaîne de traitement (à la sortie de la STEP) et varie entre 11.7 FTU et 17.8 FTU selon les mois (**figure 03.a**). Le rendement épuratoire de la chaîne de traitement dépasse les 93%.

#### e) Conductivité électrique (CE)

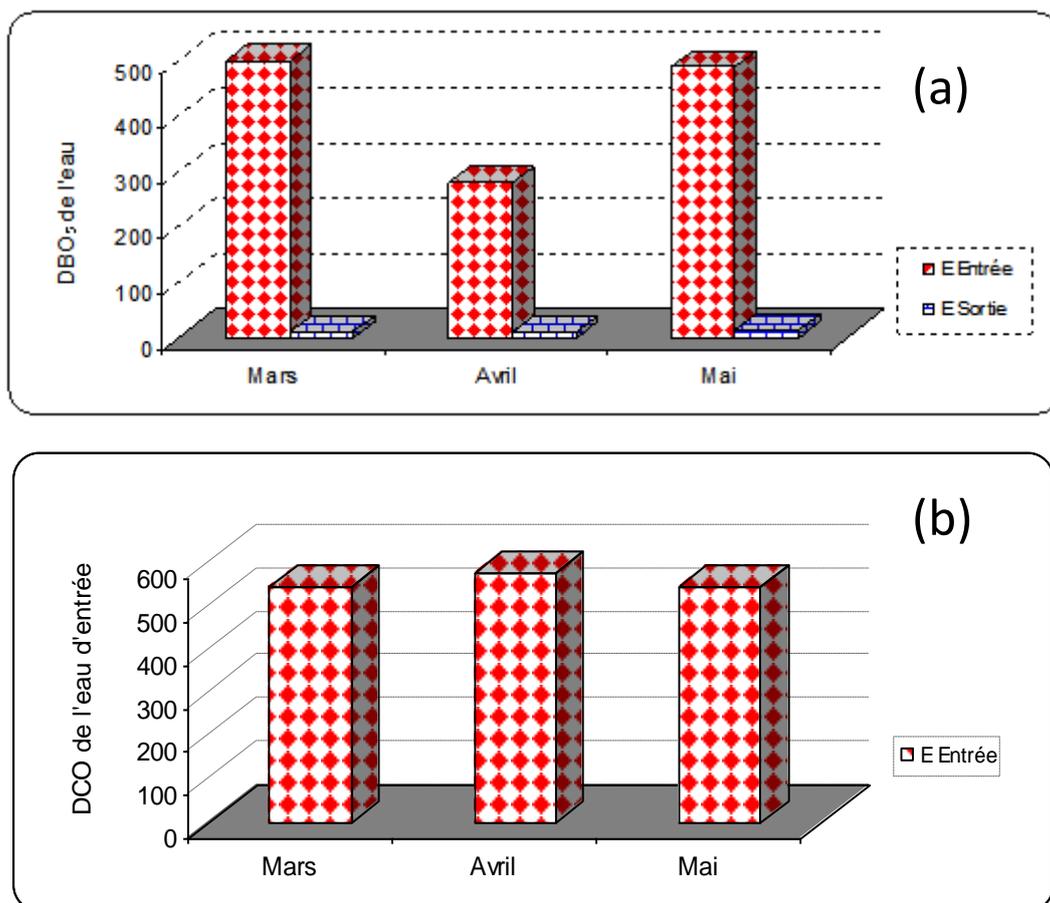
La conductivité électrique est un paramètre important pour l'appréciation des eaux d'irrigation. Les valeurs moyennes mensuelles enregistrées sur les eaux brutes et traitées restent en deçà de 1000  $\mu\text{S}/\text{Cm}$  sur l'ensemble la période d'essai. Elle varie entre 961  $\mu\text{S}/\text{Cm}$  et 999  $\mu\text{S}/\text{Cm}$  à l'entrée de la STEP et demeure légèrement plus basse à la sortie de la STEP dans une fourchette allant de 790  $\mu\text{S}/\text{Cm}$  à 869  $\mu\text{S}/\text{Cm}$  (**figure 03.b**).

**f) Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

La demande biologique en oxygène moyenne mensuelles des eaux usées brutes enregistrées durant la période d'étude varie considérablement et passe du simple au mois d'avril (280 mg/l) au double au mois de mars (500mg/l). Ces valeurs qui chutent fortement à la sortie de la STEP demeurent, toute fois, assez stable et varient de 11 mg/l à 13 mg/l en moyenne et par mois pour la dite période d'étude (**figure 04. a**), avec un rendement épuratoire de la STEP allant de 96% à 98%.

**g) Demande chimique en oxygène (DCO)**

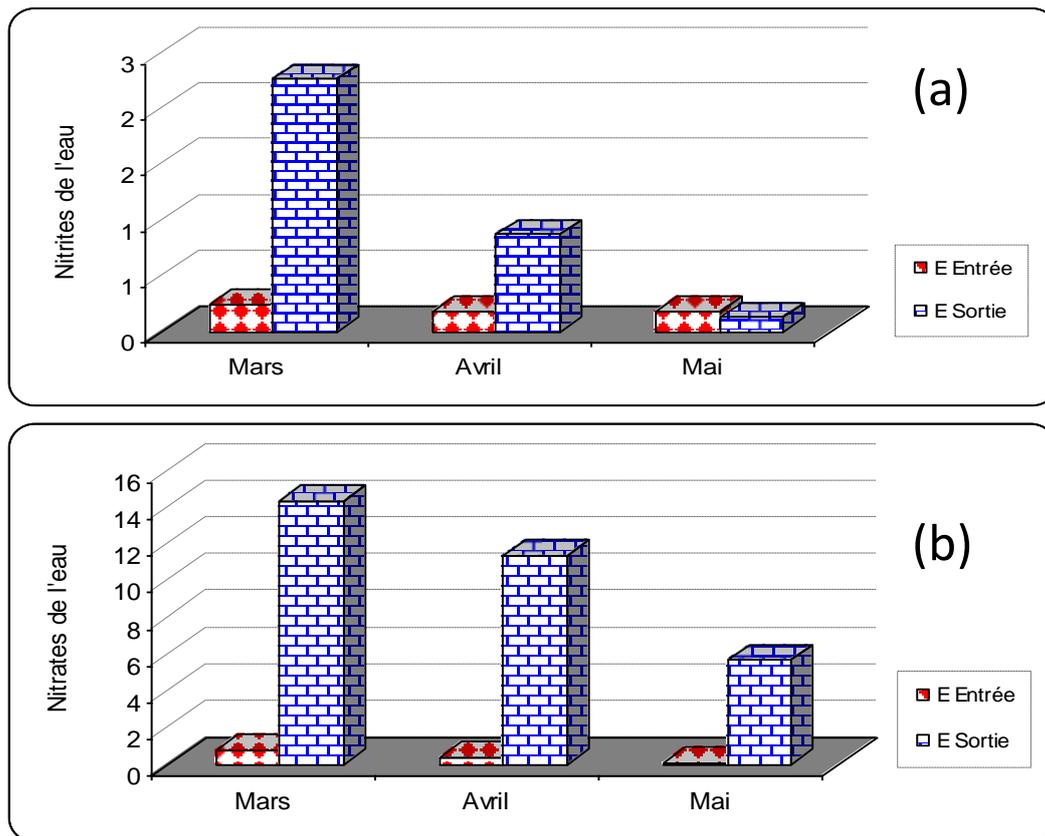
La demande chimique moyenne mensuelle en oxygène de l'eau usée brute varie peut durant la période d'étude (546 mg/l à 575 mg/l) mais reste tout de même assez élevée. Il ne nous a pas était possible de mesure les valeurs de la DCO. Selon le responsable du laboratoire de la STEP de Tizi-Ouzou, les valeurs de la DCO à la sortie de la STEP sont toujours inférieures à 30 mg/l pour les eaux traitées dans cette station (**figure 04. b**).



**Figure 04 :** Variation de la DBO<sub>5</sub> (a) et la DCO (b) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou

**h) Nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup>**

Le taux des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) varie entre 0.18 mg/l et 0.25 mg/l dans les eaux brutes (à l'entrée de la STEP) et de 0.13 mg/l à 2.3 mg/l dans les eaux traitées (à la sortie de la STEP). La valeur moyenne sur l'ensemble de la période est de 0.21 mg/l et 1.1 mg/l pour les deux eaux respectivement. Le suivi temporel des taux des nitrites des eaux traitées montre que ces valeurs restent largement inférieures à ceux des eaux brutes pour les mois de mars et avril contrairement au mois de mai où l'on note une évolution inverse pour ces deux eaux.



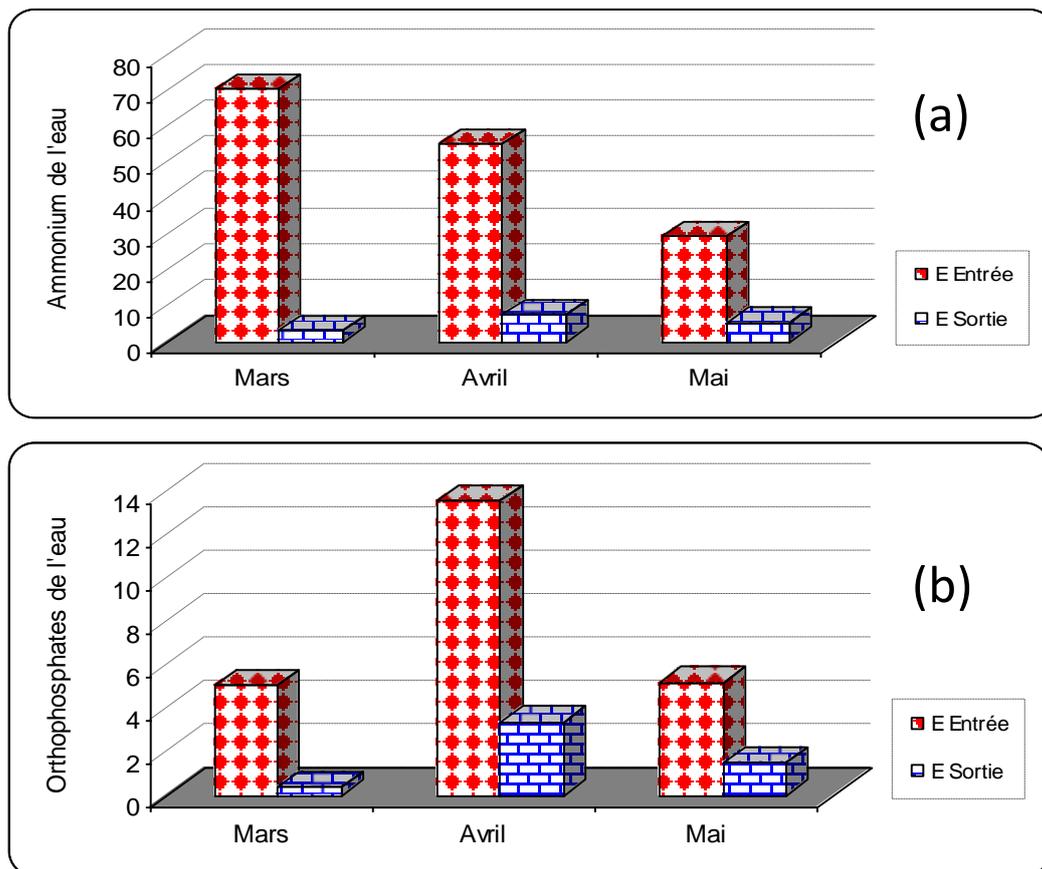
**Figure 05:** Variation des nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (a) et des nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (b) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**i) Nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

Le suivi des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dans le temps montre une évolution décroissante des taux enregistrés pour les deux types d'eau. A l'entrée de la STEP, les valeurs mesurées allant de 0.07 mg/l à 0.8 mg/l demeurent assez faible, comparées à celle de l'eau traitées, soit en fin du processus de l'oxydation, et qui oscillent entre 5.7 mg/l et 14.4 mg/l.

**j) Ammonium  $\text{NH}_4^+$**

Les résultats obtenus après traitement montrent que les concentrations en ammonium à l'entrée de la STEP sont comprises entre 71 mg/l en début de la période d'étude et 30 mg/l en fin de la dite période, avec en moyenne 5,48mg/l. A la sortie de la STEP, la valeur de  $\text{NH}_4^+$  chute considérablement pour atteindre un maximum de 7.7 mg/l et un minimum de 3,2 mg/l.



**Figure 06** : Variation de l'Ammonium  $\text{NH}_4^+$  (a) et des Orthophosphates  $\text{PO}_4^{3-}$  (b) des eaux usées brutes et traitées durant la période d'étude au niveau de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**k) Ortho-phosphates  $\text{PO}_4^{3-}$**

Le suivi des mesures Ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dans les eaux brutes révèle des taux importants au mois d'avril (13.6 mg/l) comparé au mois de mars (5.1 mg/l) et de mai (5.2mg/l). Bien qu'une diminution significative soit enregistrée en fin de la chaîne de traitement, ces taux demeurent beaucoup plus élevés pour les mois d'avril (3.4 mg/l), et dans large mesure pour le mois de mai (1.5 mg/l), comparé aux valeurs enregistrées au mois de

mars (0.4 mg/l) (**figure 06. b**). La STEP a atteint un rendement épuratoire pour les Orthophosphates de l'ordre 71% à 92%.

### III.1.2- Interprétations

Les températures moyennes mensuelles des eaux traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou demeurent en deçà de la valeur limite de 30 °C exigée par l'OMS pour ce qui est des rejets directs dans le milieu récepteur, et ne présente aucune contre indication par rapport aux normes algériennes exigées pour l'utilisation de ces eaux en irrigation (OMS,1989).

Les valeurs moyennes mensuelles du pH relevées à la sortie de la STEP sont assez proches de la neutralité. Comprise entre 6.5 et 8.5, ces valeurs restent conformes aux normes de l'OMS sur la qualité des eaux rejetées dans les milieux récepteurs mais aussi aux normes algériennes exigées sur la qualité des eaux d'irrigation (JORA, 2012).

Les taux des MES mesurées sur les eaux traitées sont inférieures à 30 mg/l, norme fixée par l'OMS pour les rejets directs en milieu naturel. Il en est de même pour l'utilisation des cette en irrigation et qui ne présente aucun risque de colmatage des sols selon les normes algériennes recommandées et qui serait elle aussi inférieures à 30 mg/l.

La turbidité moyenne mensuelle des eaux épurées vaut 2 à 3 fois la norme recommandée par l'OMS pour le rejet des eaux traitées, ce qui rend le risque de pollution possible pour les milieux récepteurs mais pas en irrigation où elle peut être utilisée sans risque majeur sur le milieu de production.

Les valeurs de la conductivité des eaux traitées enregistrées sur l'ensemble de la période restent pour le moins inférieur à 1000  $\mu\text{S}/\text{Cm}$ , ce qui répond aux exigences de qualité des eaux rejetées (OMS) et celles utilisées en irrigation (JORA 2012) qui ne doit pas dépasser 3000  $\mu\text{S}/\text{Cm}$ . Pour la luzerne, la limite de tolérance pour un potentiel de production maximale ne doit pas dépasser 1300  $\mu\text{S}/\text{Cm}$ , ce qui rend l'eau traitée de la STEP de Tizi-Ouzou apte à être utilisée sur la luzerne.

La valeur maximale de la  $\text{DBO}_5$  enregistrée sur les eaux usées traitées ne dépasse guère les 13 mg d' $\text{O}_2/\text{l}$ ; ce qui est en deçà de la limite exigée par l'OMS et les normes algériennes respectivement pour les rejets en milieu naturel et pour l'utilisation en de cette eau en irrigation.

La DCO qui est un indicateur de la teneur en matière organique et en sels minéraux se retrouve dans les eaux traitées de la STEP de Tizi-Ouzou à des taux inférieurs à 30 mg/l. des taux qui restent bien de dessous de la valeur recommandée par l'OMS et les normes algériennes (<90mg/l).

La présence des nitrites  $\text{NO}_2^-$  est due, soit à l'oxydation bactérienne, soit à la réduction des nitrates (Rejsek, 2002). Les valeurs mesurées des nitrites dans les eaux traitées restent faibles et ne dépassent pas les 2.3 mg/l par mois, ce qui est largement inférieure aux limites imposées par les normes OMS sur les rejets en milieu récepteur (<10 mg/l) et ne représentent pas de risque de pollution sur le milieu.

L'augmentation des teneurs en nitrates et nitrites à la sortie de la STEP, peut s'expliquer par la prolifération des algues au niveau du bassin de finition. Bien que la croissance des phytoplanctons nécessite des nutriments tels que l'azote et le phosphore, les résultats montrent l'augmentation des teneurs en nitrates, confirmant la présence d'une source de ces composés dans le milieu. Il semblerait qu'il existe un type d'algue qui peut fixer l'azote atmosphérique et accroître par la suite les teneurs en composés azotés.

Les nitrates  $\text{NO}_3^-$ , qui résultent de l'oxydation des nitrites par les aérobies, peuvent être également liés à l'oxydation de l'ammoniac (Bengoumi et *al.*, 2004). Elles constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les valeurs moyennes enregistrées dans les eaux rejetées par la STEP (10,52mg/l) dépassent légèrement les normes de l'OMS sur la qualité des eaux rejetées par les STEP (<10mg/l).

Leurs utilisations en irrigation ne pose, cependant, pas de risques dans la mesure où ces valeurs restent en deçà des normes algériennes (JORAD, 2012) fixées pour l'utilisation d'une eau en irrigation (<30mg/l).

L'ammonium  $\text{NH}_4^+$  est bien présent dans les eaux traitées de la STEP de Tizi-Ouzou avec des valeurs pouvant atteindre certains mois jusqu'à 7.7 mg/l. Cependant, elle reste en moyenne sur l'ensemble de la période (5.5 mg/l) légèrement supérieure à la limite fixée par la norme OMS qui ne doit pas dépasser 5 mg/l. Ces valeurs ne représentent donc pas de risque de toxicité tant que le pH de ces eaux reste inférieur à 7.5 (dans les eaux à pH > 7.5, l'ammonium peut se transformer en gaz ammoniac en suspension dans l'eau et qui serait toxique pour les poissons).

Bien que les ortho-phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) sont présents dans les eaux traitées à des valeurs oscillant entre 0.4 mg/l et 3,4 mg/l, leurs valeur moyenne de 1.76 mg/l est pour le moins acceptable, dans la mesure où elle reste en dessous de la limite fixée par l'OMS pour les rejets directs. Il en est de même pour une utilisation en irrigation de cette eau rejetée qui ne présente pas de risque de pollution tant qu'elle se situe en dessous des normes OMS fixées pour l'utilisation des eaux en irrigation (<2 mg/l). La réduction des teneurs en phosphates à la

sortie de la STEP est due à sa consommation par les bactéries au cours du processus d'épuration.

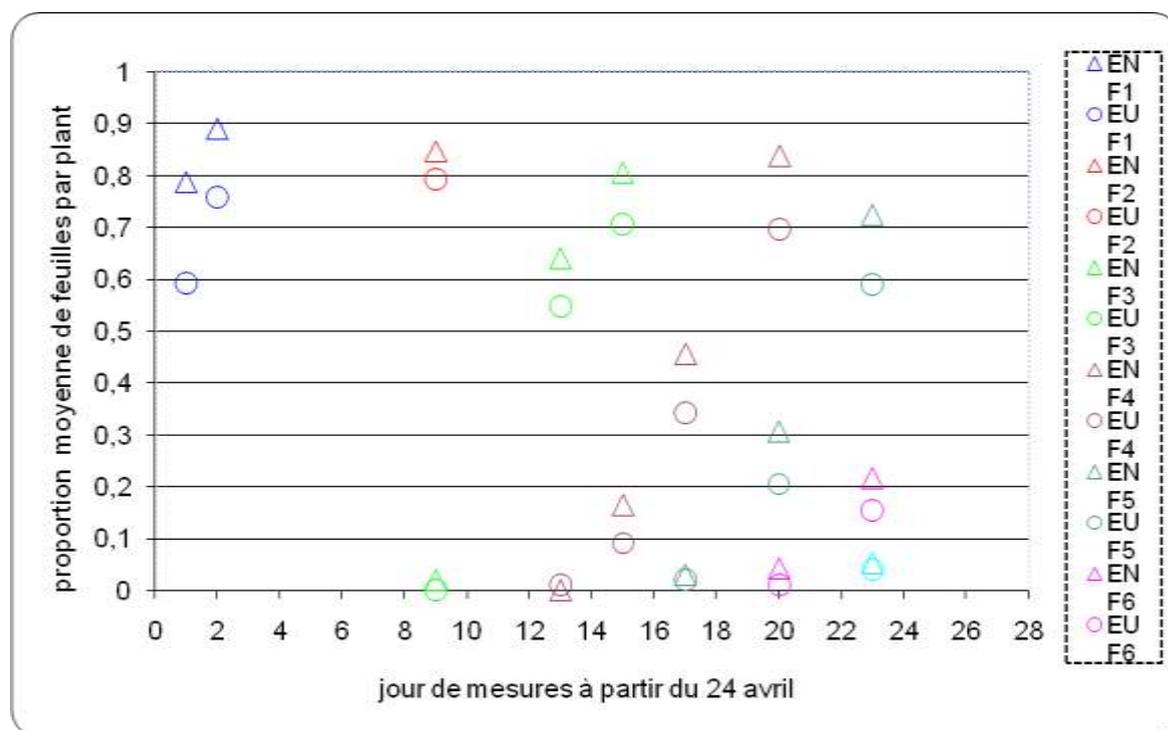
### III.2- Processus de développement et de croissance

#### III.2.1 Résultats

##### III.2.1.1- Suivi phénologique (développement)

Le développement phénologique des cultures est souvent décrit par une succession de repères correspondant à des états physiologiques différents (Connor et Hall., 1997), mais variables selon les espèces. Compte tenu de la période très courte durant laquelle la culture a été suivie, nous avons analysé le développement en fixant comme repère le rang des feuilles apparue que nous avons limité à 7 rangs.

Le graphe ci-dessous montre que la proportion de feuilles apparues par plant pour chaque N° de rang a toujours été plus élevée sur le traitement à l'eau de forage depuis la levée jusqu'à l'apparition de la 7ième feuille ; ce qui confirme le retard du développement de la luzerne arrosée à l'eau de la STEP.



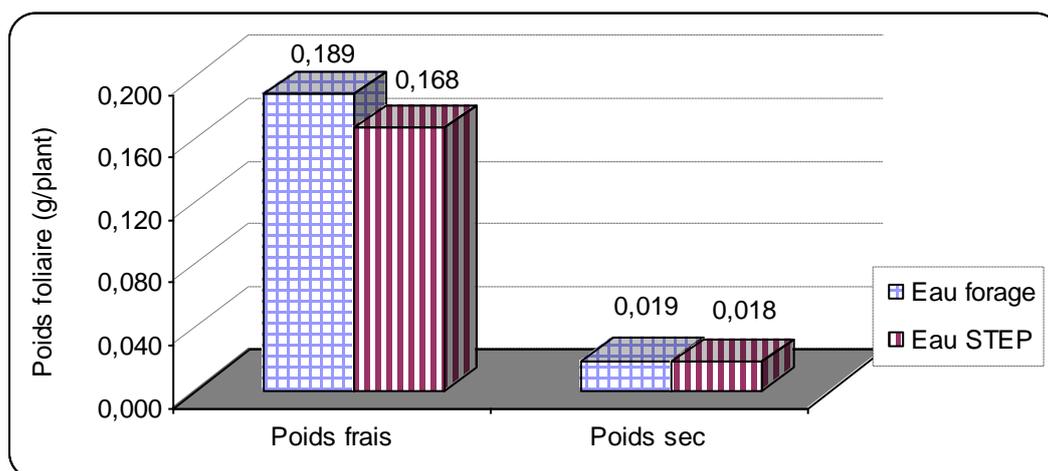
**Figure 07 :** Evolution de la proportion moyenne des feuilles par pied de luzerne pour les deux traitements avec l'eau de forage et l'eau usée traitée.

**III.2.1.2- Suivi morphologique (croissance)**

Ces résultats proviennent des mesures réalisées sur la culture de la luzerne et conduite au laboratoire des eaux du département d’agronomie de la FSBSA de l’université de Tizi-Ouzou, entre le mois d’avril et le mois de mai. Il s’agit de valeurs moyennes rapportées par plant de luzerne et concernent les deux traitements réalisées, avec les de forage pour le premier et les eaux traitées de la STEP pour le second traitement.

**a) Biomasse foliaire**

Les mesures réalisées sur le poids frais des feuilles de luzerne montrent que la production moyenne foliaire par plant est légèrement plus élevée sur le traitement à l’eau de forage, atteignant la valeur de  $0.189 + 0.059$  contre  $0.168 + 0.042$  pour l’eau de la STEP (**figure 08**). Il en est de même pour le poids foliaire sec rapporté par plant de luzerne où l’on note la valeur de  $0.019 + 0.008$  pour l’eau de forage contre  $0.018 + 0.006$  pour l’eau de la STEP.

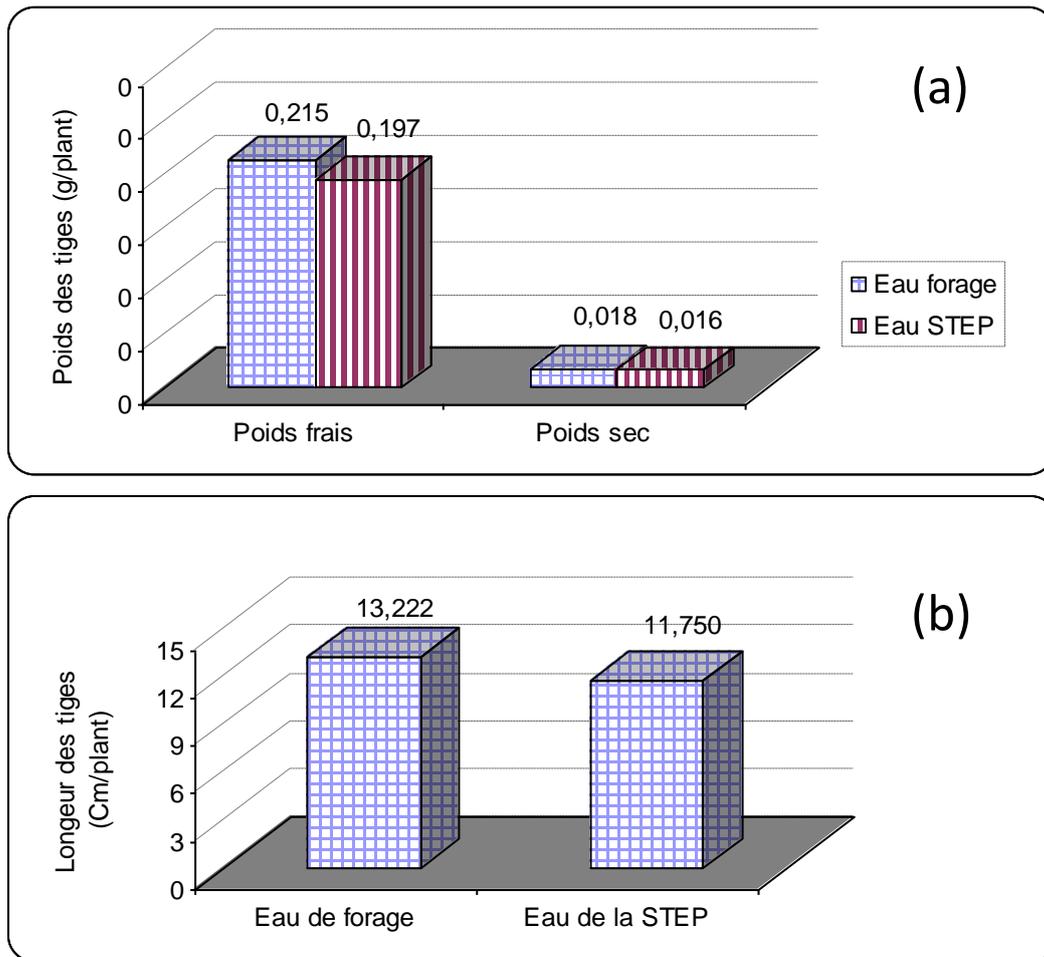


**Figure 08:** Variation du poids moyen foliaire d’un plant de luzerne à l’état frais et sec, irrigué à l’eau de forage et à l’eau traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**b) Tiges**

Le même cas de figure que pour la biomasse foliaire est alors noté sur les valeurs des poids des tiges à l’état frais, soit  $0,215 + 0.059$  et  $0,197 + 0.042$  pour l’eau de forage et de la STEP respectivement, et à l’état sec,  $0,018 + 0.008$  et  $0,016 + 0.006$  pour les deux types d’eau respectivement (**figure 09. a**).

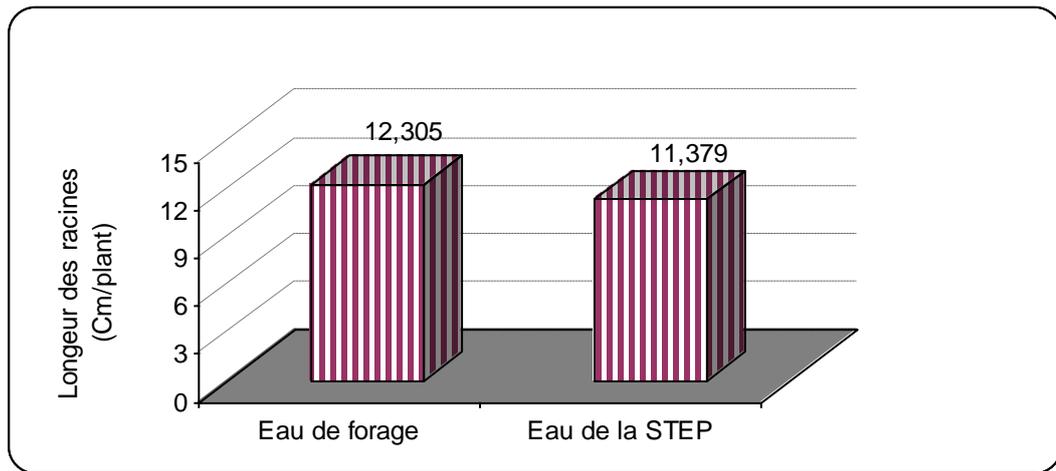
Par ailleurs, la mesure moyenne réalisée sur la hauteur des plants reste, elle aussi, plus élevée sur le traitement ayant reçu l’eau de forage  $13.22 + 1.87$  (**figure 09. b**).



**Figure 09 :** Variation par plant de luzerne (a) du poids moyen des tiges à l'état frais et sec et (b) de la longueur des tiges, irrigué à l'eau de forage et à l'eau traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.

**c) Racines**

La profondeur moyenne par plant de luzerne présente elle aussi des valeurs plus élevées sur le traitement à eau de forage (**figure 10**).mais dans des proportions moins importantes que dans le cas de feuilles et des tiges mais avec une dispersion entre plant plus importante que dans le cas du traitement à eau usée traitée.



**Figure 10 :** Variation de la longueur moyenne des racines par plant de luzerne, irriguée à l’eau de forage et l’eau usée traitée de la STEP Est de Tizi-Ouzou.



**Photos 24 :** Système racinaire récolté à la fin de l’expérimentation pour les deux traitements.

**d) Nodosités**

Les observations sous le microscope et sous une loupe binoculaire montrent que la nodulation n’a pas été affectée chez les plantes irriguées avec les EUT, comme l’illustre les photos ci-dessous.



**Photos 25 :** Nodosités observées sous loupe binoculaire (x40) des plantes arrosées à l'eau épurée de la STEP



**Photo 26 :** Nodosités observées sous microscope (x100) pour les plantes arrosées avec les deux types d'eaux (à gauche eau usée et à droite eau de forage).

### III.2.2- Interprétations

Le suivi phénologique temporel a permis de mettre en évidence une accélération du processus de développement des plants de luzerne arrosés à l'eau de forage, comparé à ceux arrosés à l'eau traitée de la STEP. Cette accélération assez visible sur le nombre moyen des feuilles par plant semble se confirmer sur les 7 rangs des feuilles observées.

L'effet négatif des eaux traitées de la STEP sur le processus de développement de la luzerne enregistré dès l'apparition de la première feuille pourrait être attribué à un effet retardataire (ou allongement) du stade précédent la levée, en l'occurrence le stade de germination, due principalement à la composition physico-chimique de cette eau.

La salinité de l'eau avoisinant les 850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en moyenne semble y être pour beaucoup dans cet effet d'allongement du stade germinatif observé sur les plants arrosés à l'eau traitée de la STEP, faute d'observation et de suivi réalisé au stade de la germination durant cette étude. Ce retard observé au stade de la germination pourrait être expliqué par le potentiel osmotique dû aux concentrations de sels dans l'eau traitée de la STEP. Potentiel qui nécessiterait un temps aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster la pression osmotique (Ben Miled et *al.*). L'effet des autres paramètres physico-chimiques n'est pas à exclure mais à ce stade de l'étude, nous ne pouvons que constater cet allongement de développement sans pour autant confirmer l'influence de l'un ou de l'autre paramètre.

La réaction des plantes à la salinité est très différente selon que l'on s'intéresse à la phase de la germination ou à celle du développement végétatif (Patridge & Wilson., 1987 ; Belkhodja & Soltani., 1992). L'évolution de la croissance à travers le suivi de plusieurs paramètres morphologiques montre lui aussi des valeurs nettement plus faibles sur le traitement à l'eau de la STEP pour la biomasse foliaire et des tiges (à l'état frais et sec), de la hauteur des tiges et de la profondeur des racines. Si la composition physico-chimique de l'eau traitée de la STEP y est pour une partie dans ce retard de croissance, il n'en demeure pas moins que l'essentiel de ce retard de croissance ne peut être expliqué que par le retard du développement, c'est-à-dire par la différence d'âge entre les plants des deux traitements.

**Conclusion**

Les résultats de l'analyse physico-chimique obtenus montrent que les eaux traitées de la STEP de Tizi-Ouzou répondent favorablement aux critères d'utilisation en irrigation. La charge en éléments fertilisants des ces eaux reste pour le moins moyenne et exige une bonne gestion des apports en eaux pour éviter toute forme de pollution avec ces éléments.

Le suivi des processus de développement et de croissance de la culture, quant à lui, a permis de mettre en évidence un effet négatif sur le processus de développement de la culture. Effet de retard sur l'ensemble du cycle analysé a été observé sur l'ensemble des feuilles apparues de la culture. Aussi, un effet de retard sur la croissance à lui aussi été observé sur l'ensemble des paramètres physiologiques suivis. Il semblera que ce retard est due à l'effet des caractéristiques physico-chimiques de l'eau traitée de la STEP, la salinité en particulier, sur le stade germination ; ce qui a été à l'origine du retard sur le plan physiologique.

## *Conclusion générale*

L'étude ainsi réalisée et présentée a permis d'une part, de confirmer la qualité physico-chimique plus ou moins propre des usées épurées de la STEP de Tizi-Ouzou Est (Pont de Bougie) pour une utilisation sans risque majeur de pollution sur l'environnement et d'autre part, de mettre en évidence d'éventuels effets non désirables sur l'évolution des processus de développement-croissance de la luzerne. La non prise en compte de ces effets sur la conduite de la luzerne en irrigué avec les eaux épurées de la STEP de Tizi-Ouzou pourrait avoir des conséquences non désirables sur les rendements escomptés en plein champ. L'intérêt global de ce travail est précisément d'avoir pu traiter de façon très complémentaire, à la fois les aptitudes physico-chimiques de l'eau épurée de la STEP de Tizi-Ouzou pour une utilisation en irrigation et leurs éventuels effets sur la conduite de la luzerne selon une approche réaliste, assez proche des conditions réelles de production de cette culture.

Ainsi, on a pu montrer, qu'à travers un suivi phénologique de la luzerne, l'utilisation des eaux de la STEP de Tizi-Ouzou pouvait induire un retard dans le développement de cette culture, à travers un probable effet dépressif due à sa qualité physico-chimique, facteur de salinité en premier lieu, sur les processus de germination et dont les conséquences seraient beaucoup plus visible sur le processus de croissance qui subit de plein fouet ces effets. De ces effets, il en résulte alors un retard dans l'évolution morphologique de la culture, exprimé comme on a pu le mettre en évidence par un retard dans la production de la biomasse de même que dans la croissance en hauteur des plants et en profondeur des racines. Il a été montré, cependant, que l'aptitude de la luzerne à produire des nodules n'a, toute fois, pas été affectée par les effets physico-chimique de l'eau épurée de la STEP.

Comme perspective d'étude, et compte tenu les résultats obtenus à l'issue de cette étude et qui restent pour le moins assez général, seul une étude plus approfondie, intégrant un suivie à la fois phénologique, morphologique et physiologique, serait en mesure de confirmer ou d'infirmer ces résultats. Dans ce contexte, il serait donc plus raisonnable d'approfondir le travail en se focalisant :

- Sur les effets des usées traitées et sur les processus de germination qui conditionnent l'évolution du reste des autres processus et stades du cycle d'une culture.
- De bien caractériser le ou les paramètres physico-chimiques ayant une influence particulière sur le déroulement des processus de développement et de croissance des cultures, tel que le facteur salinité des eaux usées traitées par exemple.
- D'élargir le suivi de ces effets aux aspects physiologiques.
- En fin, de conduire des essais en plein champ afin de rendre compte de la réalité du déroulement de l'ensemble des phénomènes et effets ayant une influence directe sur l'évolution de la culture.

## *Références bibliographiques*

- 1- **Agence Française de Développement, 2011** : Réutilisation des eaux usées traitées – perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action, BRL Ingénierie.
- 2- **Behra Philipe, 2013** : Chimie et environnement, Edition Dunod, p90-168.
- 3- **Belkhodja M, Soltani N.** Réponses de la fève (*Vicia faba* L.) à la salinité : étude de la germination de quelques lignées à croissance déterminée. *Bull Soc Bot Fr* 1992 ; 139 : 357-68.
- 4- **Bengoumi M., Traoure A., Bouchriti N., Bengoumi D EL Hraiki A, 2004** : qualité de l'eau en agriculture. Revue trimestrielle d'information scientifique et technique 3(1), 5-25.
- 5- **Bordet Jacques, 2007** : L'eau dans son environnement rural, Edition JOHANET ; P308.
- 6- **BOUZIANI Mustapha, 2000** : L'EAU de la pénurie aux maladies. Edition Ibn Khaldoun, P238.
- 7- **Canler Jean-Pierre ; Perret Jean-Marc ; Duchène Philippe ; Cotteux Eric, 2001** : « Aide au diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées » Editions Quae- 155 pages.
- 8- **Cauchi Anne ; Vignoles Christian, 2011** : Petites installations d'assainissement, Editions TECHNIP- 402 pages.
- 9- **Centre d'information sur l'eau, 2014** : Qu'est ce que les eaux usées ? <http://www.cieau.com/les-eaux-usees/les-origines-des-eaux-usees>
- 10- **Commission Européenne, 2001** : Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptées aux petites et moyennes collectivités. Office des publications officielles des communautés européennes- pp40.

- 11- **Connor, D ; Hall, A. 1997** : Sunflower physiology. Sunflower Technology and production Agronomy Monographe 35, 67-113.
- 12- **Degrémont, 2005** : « MEMENTO TECHNIQUE DE L'EAU, TOME 1 », Dixième Edition Lavoisier, P441. 453.
- 13- **Doré Claire ; varoquaux Fabrice, 2006** : Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Edition Quae- 812P.
- 14- **Drechsel Pay ; al, 2011** : L'irrigation avec des eaux usées et la santé. Presses de l'Université du Quebec.
- 15- **FAO, 2003** : L'irrigation avec les eaux usées traitées-Manuel d'utilisation. 68p.
- 16- **François. G ; Brière, 2012** : « distribution et collecte des eaux ». Troisième édition.
- 17- **GAID Abdelkader, 1984** : « Epuration biologique des eaux usées urbaines/ TOME 1 ».
- 18- **GAID. A-E, 1993** : Traitement des eaux usées urbaines. Paris. Techniques de l'ingénieur.
- 19- **Grignac. P et Wery. J, 1992** : Fichier technique de la fixation symbiotique de l'azote. Publ. F.A.O. Rome, pp : 5-7.
- 20- **Grosclaude Gérard, 1999** : « L'eau : Tome 2: Usages et polluants », Edition Quae, p149.
- 21- **Groupement régional d'agriculture biologique de Basse-Normandie (GRAB), Association d'agriculture écologique de l'Orne (AGRECO), Association Nature et Progrès ; document Biodoc n°2 ; édition mars 2004. Pp 1,2.**
- 22- **Guibé Caroline et Al. :** la luzerne de la graine au rumen. Fiche technique luzerne – CDA 47. France : chambre d'agriculture de lot et de garonne, **octobre 2012, 7p.**

## *Références bibliographiques*

- 23- **HIRECHE. Y, 2006** : Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire de magister. Université Batna.
- 24- **Jean-François ; Morot-Gaudry, 1997**: Assimilation de l'azote chez les plantes aspects physiologique. Edition Quae- 422p.
- 25- **Lahouari. B, 1992** : Luzernes, azote vert gratuit. El Ardh, 13. pp : 32-33.
- 26- **Maamar Nakib, 2015** : Etude des possibilités d'utilisation des eaux épurées et des boues d'épuration dans l'agriculture. Thèse doctorat. Ecole Nationale polytechnique d'Alger.
- 27- **Mauriès Mathieu, 2003** : «Luzerne : culture récolte conservation utilisation ». Edition : France Agricole.
- 28- **Melquiot Pierre, 2003** : 1.001 mots et abréviations de l'environnement et du développement durable. Edition RECYCONSULT- 190p.
- 29- **METAHRI. M.S, 2012** : Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat, U.M.M.T.O.
- 30- **MOUAFEK. A, 2010** : La symbiose à rhizobia chez la fève (*vicia faba* L.) et la luzerne (*Medicago sativa* L.) dans la région de Biskra. Mémoire de magister. Université Biskra. Pp 20-21.
- 31- **OMS, 1989** : Utilisation des eaux usées en agriculture et aquaculture, recommandations à visées sanitaires. Geneve. OMS.778.205p.
- 32- **OMS, 2012** : Utilisation des eaux usées en agriculture. Directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères
- 33- **ONA** : Office National d'Assainissement.
- 34- **Patridge T, Wilson JB.** Germination in relation to salinity in some plants of salt marshes in Otago, New Zeland. *J Bot* 1987 ; 25 : 255-61.

## *Références bibliographiques*

- 35- Rejsek Franck, 2002 :** Analyse des eaux Aspects réglementaires et techniques, Edition CRDP d'aquitaine, France, P357.
- 36- Satin Marc ; Selmi Béchir, 1999 :** Guide technique de l'assainissement, 2ème édition, LE MONITEUR. P670.
- 37- Satin Marc ; Béchir Selmi, 2006.** Guide technique de l'assainissement, 3eme édition, LE MONITEUR. P389, P406.
- 38- Schneider Anne ; Huyghe Christian, 2015 :** Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires. Edition Quae- 512p.
- 39- Spichiger R.-E., Savolainen V. V., Figeat .M & Jeanmonod. D, 2004.** Botanique systématique des plantes à fleurs. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Troisième édition. 413 p.
- 40- Tiercelin Jean-Robert ; Vidal Alin, 2006.** Traité d'irrigation, 2<sup>ème</sup> édition Lavoisier, PP 737-768.
- 41- Tiercelin Jean-Robert, 2008 :** « l'eau et les espaces verts ». Edition : TEC & DOC, P110.

# *Annexes*

## ❖ Résultats des analyses des eaux

## Température

Température	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	Eau de sortie	
Date					
mars-16	15,18	14,88	1,15	0,51	5
avril-16	17,23	17,07	0,06	0,06	3
mai-16	17,60	18,40	-	-	1

## Turbidité

Turbidité	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	Eau de sortie	
Date					
mars-16	256,60	17,80	15,47	5,40	5
avril-16	214,00	11,67	72,75	1,15	3
mai-16	256,00	17,00	-	-	1

## Conductivité

Conductivité	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	Eau de sortie	
Date					
mars-16	987,20	869,00	49,39	49,79	5
avril-16	961,33	865,00	50,81	20,21	3
mai-16	999,00	790,00	-	-	1

## Matières en suspension

MES	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	Eau de sortie	
Date					
mars-16	294,00	12,80	23,66	6,06	5
avril-16	259,00	7,00	13,86	3,46	3
mai-16	295,00	26,00	-	-	1

**Potentiel Hydrogène**

pH	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Date	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	
mars-16	7,44	7,45	0,20	0,12	5
avril-16	7,41	7,28	0,47	0,46	3
mai-16	7,28	7,30	-	-	1

**Demande biochimique en oxygène**

DBO <sub>5</sub>	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Date	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	
mars-16	500,00	11,00			1
avril-16	280,00	12,00			1
mai-16	490,00	13,00	124,23	1,00	1

**Demande chimique en oxygène**

DCO			Ecartype		N° de prélèvements
	Date	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	
mars-16	546,35	30,00			1
avril-16	575,84	30,00			1
mai-16	546,99	30,00	16,84	0,00	1

**Ammonium**

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Date	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	
mars-16	70,95	3,22			1
avril-16	55,47	7,74			1
mai-16	29,67	5,48	20,85	2,26	1

**Nitrite**

NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Date	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	
mars-16	0,25	2,28			1
avril-16	0,18	0,87			1
mai-16	0,18	0,13	0,04	1,09	1

**Nitrate**

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Date	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	
mars-16	0,79	14,40	0,36	4,41	1
avril-16	0,40	11,44			1
mai-16	0,07	5,72			1

**Ortho phosphate**

PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Moyenne		Ecartype		N° de prélèvements
	Date	Eau d'entrée	Eau de sortie	Eau d'entrée	
mars-16	5,10	0,40	4,88	1,52	1
avril-16	13,60	3,40			1
mai-16	5,20	1,50			1

❖ **Résultats des analyses de la plante :****Poids frais des feuilles par plant**

N° de pot	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4	EF 5	EF 6	EUT 7	EUT 8	EUT 9	EUT 10	EUT 11	EUT 12
Poids frais des feuilles	0,240	0,098	0,155	0,265	0,192	0,186	0,225	0,130	0,129	0,157	0,215	0,153
Moyenne	0,189						0,168					
Ecartype	0,059						0,042					

**Poids sec des feuilles par plant**

N° de pot	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4	EF 5	EF 6	EUT 7	EUT 8	EUT 9	EUT 10	EUT 11	EUT 12
Poids sec des feuilles	0,026	0,007	0,015	0,029	0,019	0,017	0,027	0,015	0,013	0,016	0,024	0,013
Moyenne	0,019						0,018					
Ecartype	0,008						0,006					

**Hauteur moyenne des tiges par pot**

N° des pots	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4	EF 5	EF 6	EUT 7	EUT 8	EUT 9	EUT 10	EUT 11	EUT 12
Hauteur moyenne par pot	14,587	9,959	12,594	15,112	12,900	14,180	14,253	9,700	10,538	10,327	14,081	11,600
Moyenne	13,222						11,750					
Ecartype	1,871						1,971					

**Poids des tiges a l'état frais**

N° des pots	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4	EF 5	EF 6	EUT 7	EUT 8	EUT 9	EUT 10	EUT 11	EUT 12
Poids des tiges a l'état frais	0,275	0,122	0,184	0,279	0,215	0,216	0,251	0,158	0,160	0,181	0,246	0,184
Moyenne	0,215						0,197					
Ecartype	0,059						0,042					

**Poids sec des tiges par plant**

N° des pots	EF 1	EF 2	EF 3	EF 4	EF 5	EF 6	EUT 7	EUT 8	EUT 9	EUT 10	EUT 11	EUT 12
poids sec des tiges	0,027	0,006	0,014	0,026	0,019	0,014	0,023	0,010	0,013	0,013	0,023	0,015
Moyenne	0,018						0,016					
Ecartype	0,008						0,006					

**Profondeur des racines par pot**

N° des pots	EF1	EF2	EF3	EF5	EUT7	EUT8	EUT9	EUT11
Profondeur Moyenne	13,425	9,288	15,314	11,193	12,208	11,538	9,155	12,614
Moyenne	12,305				11,379			
Ecartype	2,624				1,548			

**Les normes recommandées pour la réutilisation agricole, selon le JORAD(2012) et l'OMS.**

Normes Algériennes selon le JORAD 2012, et OMS (1989)		
Paramètres		Normes
Température	(°C)	30 (OMS, 89)
Ph		6 ,5- 8,5
conductivité	µs/cm	3000
MES	(mg/l)	30
Azote total	(mg/l)	50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	(mg/l)	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	(mg/l)	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	(mg/l)	30
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	(mg/l)	2 (OMS, 89)
DBO <sub>5</sub>	(mg/l)	30
DCO	(mg/l)	90

**Les normes de rejets selon l'OMS**

Normes de rejets selon l'OMS		
Paramètres		Normes
Température	(°C)	30
Ph		6 ,5- 8,5
DBO <sub>5</sub>	(mg/l)	30
DCO	(mg/l)	90
MES	(mg/l)	30
Azote total	(mg/l)	50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	(mg/l)	5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	(mg/l)	10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	(mg/l)	10
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	(mg/l)	2
Conductivité	µs/cm	2700
Turbidité	NTU	5

## Résumé

En vue de consolider la connaissance et l'expérience acquises sur la réutilisation des usées traitées sur les cultures dans notre région et d'en fournir des conseils de bonnes pratiques agricoles dans une approche de gestion intégrée des ressources de la région, nous avons conduit une étude ayant pour principaux objectifs la mise en évidence d'éventuels effets des eaux usées traitées par la STEP de Tizi-Ouzou (Pont de Bougie) sur la culture de la luzerne ; culture destinée principalement à l'alimentation du bétail. Après avoir caractérisé les eaux usées traitées de la STEP ayant servies à l'irrigation de la culture Un suivi temporel des paramètres caractérisant les processus de développement et de croissance de la luzerne a donc été réalisé sur des pots selon deux traitements irrigués : à l'eau traitée de la STEP pour le premier et à l'eau de forage représentant le traitement témoin pour le second. des analyses physicochimiques ont été réalisées sur les eaux traitées de la STEP de Tizi-Ouzou Est (Pont de Bougie) tout au long de la période d'irrigation.

Les résultats de la caractérisation physicochimique ses eaux usées traitées de la STEP de Tizi-Ouzou Est (Pont de Bougie) montrent que ces dernières répondent de façons satisfaisantes aux normes OMS sur les rejets des eaux traitées dans le milieu récepteur de même qu'aux normes algériennes régissant l'utilisation de ces eaux en irrigation. L'utilisation de cette eau en irrigation n'est ce pendant pas sans effet négatif sur la culture de la luzerne. Les résultats montrent qu'avec une utilisation de ces eaux traitées sur la luzerne, un retard est à prévoir dans le processus de développement de la culture. Retard qui serait due probablement à la salinité de l'eau dont les effets sur la germination se traduisent par un retard des différents processus germinatifs. Dans ces conditions, les différents paramètres de croissance, à savoir la biomasse fraîche et sèche des feuilles et des tiges, la hauteur de la tige et la profondeur des racines, se trouvent de facto retardées à leur tour retardés ; ce qui ne peut être sans conséquence sur l'évolution et la conduite de cette culture. Les interventions techniques nécessaire (traitement phytosanitaire, fertilisation, etc.) sur cette culture seront, grâce ce travail, mieux ajustés tout au long du cycle de développement de la culture.

## Abstract

In order to consolidate the knowledge and experience gained on the reuse of treated wastewater on crops in our region and to provide guidance for good agricultural practices in an integrated management approach to the region's resources, we conducted a study whose main objectives are the identification of potential impacts of treated wastewater by STEP Tizi-Ouzou (Candle Bridge) on alfalfa; Culture mainly for livestock feed. After characterizing the treated wastewater from the WWTP having served for irrigation of culture A time monitoring of parameters characterizing the process of development and growth of alfalfa has been performed on pots in two irrigated treatments: to treated water from the WWTP for the first and borehole water control treatment agent for the second. physicochemical analyzes were performed on the treated water of the Tizi-Ouzou Eastern STEP (Candle Bridge) throughout the irrigation period. The results of physicochemical characterization its wastewater treated in the Tizi-Ouzou Eastern STEP (Candle Bridge) show that they meet satisfactory ways to WHO standards on discharges treated water into the receiving environment as well as standards Algerian governing the use of water for irrigation. The use of this water for irrigation is not for this without negative effect on alfalfa.

The results show that use of the treated water to alfalfa, a delay is expected in the cultural development process. Delay that would be probably due to the salinity of the water, the effects on the germination result in a delay of different germinal process. Under these conditions, the various growth parameters, namely the fresh biomass and dry leaves and stems, the height of the stem and root depth, are de facto delayed delayed their turn; what can not be without consequences for the evolution and behavior of this culture. The technical interventions necessary (phytosanitary treatment, fertilization, etc.) on this culture will, through this work, better adjusted throughout the crop development cycle.