



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université AkliMouhandOulhadjBouira  
Faculté des Sciences de la Nature de la Vie et Sciences de la Terre  
Département des Sciences Biologiques



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2017

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine: SNVST

Filière: Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté par :

**Mlle TERZI Meliza**

**Mlle OULD AMAR Lynda**

**Thème**

*Effet de l'eau usée épurée sur la germination et la croissance des plantes : Blé dur (*Triticum durum* Desf.), blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et l'orge (*Hordeum vulgare* L.)*

Soutenu le : 22/09/2018

Devant le jury composé de :

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>		
Mr. NOURI A.	MAA	Univ. de Bouira	Président
Mme. IAZZOURENE G.	MCB	Univ. de Bouira	Promotrice
Mme BOURFIS N.	MAA	Univ. de Bouira	Examinatrice

Année universitaire : 2017/2018

## Remerciements

*Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus vifs à notre promotrice Mme IAZZOURENE, pour nous avoir assuré l'encadrement, guider et aider dans ce travail avec beaucoup de tact et de gentillesse.*

*Nos vifs remerciements vont également au membre du jury, Mme BOURFIS N et Mr NOURI qui ont accepté d'évaluer, d'examiner et d'assister à notre soutenance.*

*Un vif remerciement pour notre co promotrice Melle SLIMANI K ainsi que Mr NOUAL A et NOAL M qui nous ont proposé cette thématique, et consacrer du temps pour notre orientation et le bon suivi de notre travail*

*On remercie Mr FODHIL PACHA H et Mme NAIT KACI K qui nous ont permis et aider à réaliser l'analyse granulométrique au laboratoire de pédologie de l'université Mouloud Maameri Tizi Ouzou*

*On remercie Monsieur SAIKI responsable du Laboratoire de l'Algérie des Eaux (ADE)*

*De Bouira, pour nous avoir accueilli dans son laboratoire et pour nous*

*Avoir permis de réaliser toute la partie des analyses physicochimiques des eaux ainsi que toute l'équipe du laboratoire.*

*On tient aussi à remercier : Le directeur de la station d'épuration de Bouira et celle de Sour EL ghozlane, pour nous avoir accordé l'accès à leur station d'épuration, ainsi que toute l'équipe de la station.*

*Enfin, nous adressons non plus sincères remerciements à nos proches qui nous ont encouragé et soutenu tout au long de l'accomplissement et l'élaboration de ce travail*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*Ma très chère et douce mère qui m'a toujours apporté son amour et son*

*Affection*

*Mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseillé et soutenu dans mon*

*Travail*

*Ma chère sœur*

*Mon cher frère*

*Toute ma famille*

*Mes camarades et tous mes chers amis*

**MELIZA**

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à :*

*Ma très chère et douce mère qui m'a toujours apporté son amour et son*

*Affection*

*Mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseillé et soutenu dans mon*

*Travail*

*Mes chers frères*

*Toute ma famille*

*Mes camarades et tous mes chers amis*

**LYNDA**

## Résumé

L'objectif de notre travail est de voir la possibilité d'utilisation des eaux usées traitées de la station d'épuration de Sour El Ghozlane pour l'irrigation des céréales.

Des analyses physico-chimiques des eaux usées épurées ont été également réalisées et nos essais se portent sur trois espèces : blé dur (*Triticum durum Desf.*), le blé tendre (*Triticum aestivum L.*) et de l'orge (*Hordeum vulgare L.*). Pour cela un semis a été réalisé et deux irrigations différentes ont été choisies, l'une en utilisant des eaux usées traitées et l'autre une eau conventionnelle (eau de robinet) servant de témoin. Les tests ont porté sur la germination, la longueur des feuilles et sur la biomasse aérienne. Et selon nos résultats, l'analyse physico-chimique des eaux usées épurées a montré que pour l'ensemble des paramètres étudiés au cours de l'expérimentation sont en grande partie conformes aux normes nationales et internationales qui réglementent une eau d'irrigation et les paramètres physiologiques du blé tendre semblent répondre favorablement à l'utilisation de ces eaux par rapport à l'eau de robinet avec un taux de germination maximal de 100 %, un poids frais de 2.43g et un poids sec de 0.32 g.

**Mots clé :** blé dur (*Triticum durum Desf.*), le blé tendre (*Triticum aestivum L.*), l'orge (*Hordeum vulgare L.*), eau usée épurée, irrigation, paramètres physiologiques.

## Abstract

The objective of our work is to see the possibility of using treated waste water from the Sour El Ghozlanewastewater treatment plant for cereal irrigation.

Physicochemical analyzes of the treated waste water were also carried out and our tests focus on three species: durumwheat (*Triticum durum Desf.*), commonwheat (*Triticum aestivum L.*) and barley (*Hordeum vulgare L.*). For this, a seedling has been realized and two different irrigations were chosen, one using treated wastewater and the other a conventional water (tap water) serving as a control. The tests focused on germination, leaf length and aerial biomass. And according to our results, the physico-chemical analysis of purified wastewater showed that for all parameters studied during the experiment is largely in line with national and international standards that regulate irrigation water. And the physiological parameters of wheat seem to respond favorably to the use of these waters in relation to tap water with a maximum germination rate of 100%, a fresh weight of 2.43 g and a dry weight of 0.32g.

**Keywords:** durum wheat (*Triticum durum Desf.*), common wheat (*Triticum aestivum L.*), barley (*Hordeum vulgare L.*), treated waste water, irrigation, physiological parameters

## ملخص

الهدف من عملنا هو رؤية إمكانية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة تنقية سور الغزلان لري الحبوب كما أجريت التحاليل الفيزيوكيميائية للمياه العادمة المعالجة ، وتم إجراء اختباراتنا على ثلاثة أنواع هي: القمح القاسي (*Triticum durum Desf.*) والقمح الطري (*Triticum aestivum L.*) والشعير (*Hordeum vulgare L.*). وقد تم اختيار اثنين من الري المختلفة، واحدة باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة والآخر المياه التقليدية (مياه الصنبور) بمثابة عنصر تحكم. ركزت الاختبارات على الإنبات وطول الأوراق والكتلة الحيوية الهوائية. ووفقاً لنتائجنا ، فإن التحليل الفيزيائي الكيميائي لمياه الصرف الصحي المنقى أظهر أن جميع المعلمات التي تمت دراستها أثناء التجربة تتماشى إلى حد كبير مع المعايير الوطنية والدولية التي تنظم مياه الري. يبدو أن المعلمات الفسيولوجية للقمح المشترك تستجيب بشكل إيجابي لاستخدام هذه المياه فيما يتعلق بمياه الصنبور مع معدل إنبات أقصى يبلغ 100% ، وزن جديد يبلغ 2.43 g ووزن جاف يبلغ 0.32g.

الكلمات الدالة: القمح القاسي (*Triticum durum Desf.*) ، القمح الشائع (*Triticum aestivum L.*) ، الشعير (*Hordeum vulgare L.*) ، المياه العادمة النقية ، الري ، المعلمات الفسيولوجية

# Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction .....	1
Partie 01 : Synthèse bibliographique	
Chapitre 1 : Généralité sur l'eau conventionnelles et non conventionnelles.....	2
1.1 Etat de secteur de l'eau en Algérie (ressources en eau).....	2
1.1.1 Eaux conventionnelles .....	2
1.1.2 Eaux non conventionnelles.....	3
1.2. Les eaux usées et leurs traitement.....	3
1.2.1 Traitement primaire .....	4
1.2.2. Traitement secondaire .....	4
1.2.3 Traitement tertiaire /ou avancé.....	4
Chapitre 2 : Réutilisation des eaux non conventionnelles (eaux usées épurées).....	5
2.1 Principales voix de réutilisation des eaux usées épurée.....	6
2.2 Réutilisation des eaux usées épurée en agriculture .....	6
2.2.1 Aspect législatif et normes d'utilisation .....	7
2.2.2 Critères de la qualité des eaux destinées pour l'irrigation .....	8
2.2.3 Intérêt et limitation de la réutilisation des eaux usée épurée .....	9
Chapitre 3 : Généralité sur les céréales .....	11
3.1 Les céréales.....	11
3.1.1 Le blé (Triticum).....	11

3.1.2 L'orge ( <i>Hordeum vulgare</i> L. ).....	12
3.2 Le cycle de développement des céréales .....	13
3.2.1 La période végétative.....	13
3.2.2 La période reproductive.....	13
3.2.3 La période de maturation .....	14
Partie 02 : Partie expérimentale	
Chapitre 4 : Matériels et méthodes.....	15
4.1 Site expérimentale.....	15
4.2 Présentation du matériel végétale.....	15
4.2.1 Blé dur .....	15
4.2.2 Orge .....	16
4.2.3 Blé tendre .....	16
4.3 Protocole expérimentale.....	16
4.3.1 Technique de culture .....	16
4.4 Paramètres physiologiques étudiées.....	20
4.4.1 Mesure du taux de germination.....	20
4.4.2 Mesure de la croissance des plantes .....	20
4.4.3 Mesure de la biomasse aérienne .....	20
Chapitre 5: Résultats et discussion .....	21
5.1 Paramètres physicochimiques des eaux sées épurés et les eaux de robinet.....	21
5.2 Paramètres physico-chimique et granulométrie du sol.....	22
5.2.1 Paramètres physico-chimique du sol.....	22
5.2.2 Paramètres granulométrie du sol .....	23
5.3 Effet de l'eau usée épurée (EUE) sur l'évolution du taux de germination des graines de blé dur , blé tendre et l'orge .....	24
5.3.1 Blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf.).....	24
5.3.2 Blé tendre ( <i>Triticum aestivum</i> L.).....	25

5.3.3 Orge ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	26
5.4 Effet de l'eau usée épurée (EUE) sur l'évolution de la croissance de blé dur, blé tendre et l'orge .....	27
5.4.1 Blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf.).....	27
5.4.2 Blé tendre ( <i>Triticum aestivum</i> L. ).....	28
5.4.3 Orge ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	28
5.5 Action de l'EUE sur la biomasse aérienne (poids frais, poids sec) du blé dur, blé tendre et de l'orge .....	30
5.5.1 Estimation du poids frais .....	30
5.5.2 Estimation du poids Sec.....	31
Conclusion générale .....	32
Références bibliographiques	
Annexes	

## Liste Des Abréviations

<b>ADE :</b>	Algérienne des Eaux
<b>CE:</b>	Conductivité Electrique
<b>DBO5 :</b>	Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.
<b>DCO :</b>	Demande chimique en oxygène.
<b>EC:</b>	Eau Conventionnelle
<b>ENSA :</b>	Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger
<b>EUE:</b>	Eau Usée Epurée.
<b>FAO:</b>	Food and Agriculture Organisation. (Organisation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture)
<b>ITGC :</b>	Institut Technique Des Grande Cultures
<b>MO:</b>	Matière organique.
<b>NH4+:</b>	Azote ammoniacal.
<b>NO2-:</b>	Nitrite
<b>NO3-:</b>	Nitrate
<b>OMS :</b>	Organisation Mondiale de Santé.
<b>ONFAA :</b>	Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires..
<b>PF :</b>	Poids frais
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>:</b>	Phosphate
<b>PS :</b>	Poids sec

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01:</b> Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées épurées et des eaux de robinet.....	21
<b>Tableau 02 :</b> La charge nutritive NPK de l'eau usée épurée et l'eau de robinet .....	22
<b>Tableau 03 :</b> Les caractéristiques physicochimiques du sol .....	23
<b>Tableau 04 :</b> Les caractéristiques granulométrique du sol.....	24

## Liste des figures

<b>Figure 01 :</b> Les ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles .....	3
<b>Figure 02 :</b> Schéma d'un procédé de traitement dans une station d'épuration desEaux usées .....	5
<b>Figure 03 :</b> Cycle de développement des céréales.....	14
<b>Figure 04:</b> Image satellitaire de la station d'épuration des eaux usées de Sour El Ghozlan....	15
<b>Figure 05:</b> La mise en germination des graines de céréales dans du coton humecté par l'eau usée épurée ou l'eau de robinet .....	18
<b>Figure 06:</b> La mise en culture dans le sol des graines des céréales pour le suivi deCroissance .....	19
<b>Figure 07:</b> Evolution du taux germination des graines du blé dur en (%), irrigué par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC ( Témoin) en fonction du temps.....	24
<b>Figure 08 :</b> Evolution du taux germination des graines du blé tendre en (%) ,irrigué par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC ( Témoin)en fonction du temps .....	25
<b>Figure 09:</b> Evolution du taux germination des graines de l'orge en (%), irrigué par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC( Témoin)en fonction du temps.....	26
<b>Figure 10:</b> Evolution de la longueur des feuilles (L) du blé dur traité par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC( Témoin)en fonction du temps.....	27
<b>Figure 11:</b> Evolution de la longueur des feuilles (L) du blé tendre traité par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC( Témoin)en fonction du temps.....	28
<b>Figure 12 :</b> Evolution de la longueur des feuilles (L) de l'orge traité par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC( Témoin)en fonction du temps.....	28
<b>Figure 13 :</b> Représentation de la moyenne de la longueur des feuilles pour l'orge, blé tendre et le blé dur traités par l'EUE et l'EC.....	29
<b>Figure 14 :</b> Variation du poids frais de la partie aérienne du blé dur, blé tendre et l'orge en fonction du type d'eau d'irrigation ( EUE et l'EC).....	30
<b>Figure 15 :</b> Variation du poids sec de la partie aérienne du blé dur, blé tendre et l'orge en fonction du type d'eau d'irrigation ( EUE et l'EC).....	31

### Introduction

L'Algérie est caractérisée, dans la plupart de ses régions, par un climat semi-aride à aride[1]. Où ses ressources en eau sont limitées, elles sont évaluées à 19,2 milliards de m<sup>3</sup>, dont 12,4 milliards de m<sup>3</sup> d'eau de surface. Les besoins en eau à l'horizon 2020 s'élèveront à plus de 8.3 milliards de m<sup>3</sup> par an[3]. Ce qui représente près du double du volume actuellement mobilisable[2] cette insuffisance hydrique et la pollution est due à des contraintes du climat, des transformations économiques, sociales et de la croissance démographiques et qui constitue une menace pour la santé publique, l'environnement et l'équilibre et écologique. et de plus elle est l'origine d'une pression accrue sur les ressources en eau conventionnelles[1] où le seuil critique de la rareté d'eau en Algérie est au-dessous des normes mondiales, en effet, pour une population estimée à 42,2 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de l'ordre de 550 m<sup>3</sup>/an par habitant; ce chiffre est loin d'être comparable à la moyenne des normes mondiales, où le seuil critique de rareté de l'eau se situe à 1000 m<sup>3</sup>/an/habitant[3] par conséquent la recherche d'autres ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées s'impose comme solution .[3]

L'intérêt de l'épuration des eaux usées en Algérie n'est pas seulement de lutter contre la pollution, mais aussi d'assurer une nouvelle ressource en eau, qui va soulager la crise de pénurie d'eau [2] surtout dans le domaine de l'irrigation agricole qui est considéré comme un des plus grands consommateurs des ressources hydriques de plus la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture apporte en outre des bénéfices additionnelles par la nature de eaux usées qui est riches en éléments fertilisants ainsi que des oligoéléments qui sont bénéfiques pour les cultures en augmentant leurs rendements [4] surtout pour la culture céréalière qui constitue une des principales filières de la production agricole en Algérie et qui est la plus utilisée dans l'alimentation humaine et animale [5] cependant la céréaliculture connaît une faible production à cause de la pauvreté des sols en matière organique et la sécheresse et pour remédier à ça, il est nécessaire de réutiliser les eaux usées épurées et valoriser les matières fertilisantes qu'elles contiennent au lieu de les rejeter.[6]

C'est pour cette raison que l'objectif de notre travail est la valorisation des eaux usées épurées et leurs effets sur le blé dur (*Triticum durum Desf.*), le blé tendre (*Triticum aestivum L.*) et l'orge (*Hordeum vulgare L.*)

### **Chapitre1 : Généralités sur l'eau conventionnelles et non conventionnelles**

Les ressources en eau sont définies comme 'l'offre en eau' de la nature, à comparer aux demandes en eau du point de vue social et économique. , elles représentent la quantité d'eau de surface ou souterraine disponible à l'échelle mensuelle ou annuelle dans une région et susceptible de satisfaire les besoins domestiques, industriels, agricoles ou autres [7].

#### **1.1 Etat du secteur de l'eau (ressources en eau) en Algérie :**

L'Algérie est un pays semi-aride, voire même Aride (200 à 400 mm) ,elle dispose de ressources naturelles limitées, irrégulières et très inégalement réparties (localisées dans la bande côtière) [8, 9]soumise a une forte pression de la demande globale en eau qui a considérablement et rapidement augmenté jusqu'à être multipliée par 4 au cours des quarante dernières années, elle dépasse actuellement plus de la moitié du volume des ressources potentiellement mobilisables [9]et les facteurs expliquant ce stress hydrique sont :

Le décalage du ratio ressources en eau par rapport à la croissance démographique, les contraintes physiques liées au relief et à la morphologie du pays , la baisse de la pluviométrie depuis trois décennies avec un pic de sécheresse et enfin cette situation pourrait être amplifiée par les effets du changement climatique qui sont susceptibles d'être plus prononcés dans le bassin méditerranéen que dans d'autres régions du monde [10].

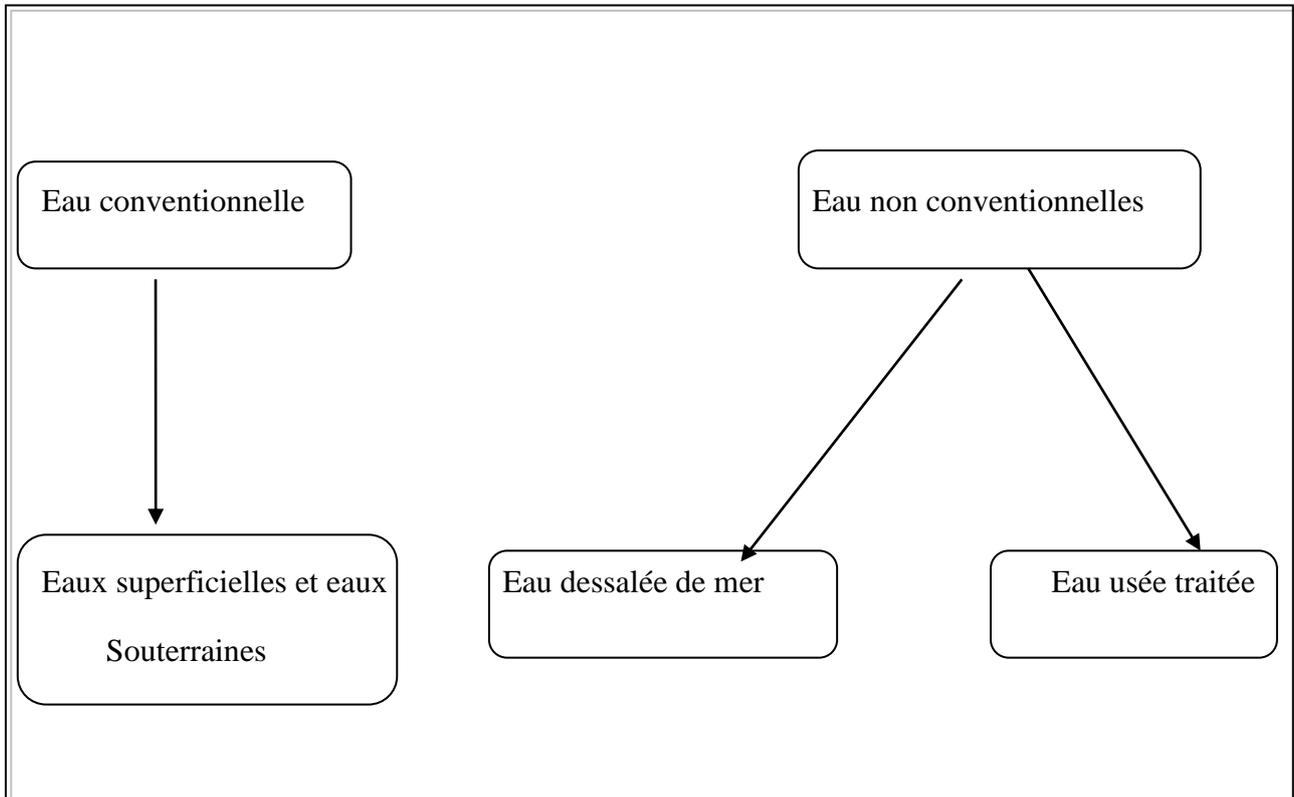
De gros moyens ont été mis en œuvre pour sortir de la situation de pénurie d'eau [10] tels que la mobilisation de nouvelles ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles (**figure 01**)

##### **1.1.1 Eaux conventionnelles :**

La croissance des capacités de stockage des eaux de surface et l'augmentation de l'exploitation des nappes souterraines ainsi que la réalisation des transferts de volumes importants sur des distances de plus en plus grandes. [9, 10]

### 1.1.2 Eaux non conventionnelles :

Le dessalement des eaux de mer et l'assainissement ou l'épuration des eaux usées ainsi que l'instauration d'une réforme institutionnelle du secteur de l'eau qui vise à promouvoir une meilleure gestion de la ressource.[9, 10]



**Figure 01** :les ressources en eaux conventionnelles et non conventionnelles [8] .

### 1.2 Les eaux usées et leur traitement :

Les eaux usées résiduaires urbains ou eaux brutes (effluents), sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non qui n'ont encore subi aucun traitement caractérisées par une forte charge en matières minérales, azotées, phosphorés et organiques, ainsi qu'en micro organisme dont certains sont pathogènes, [11, 12]et ces eaux usées regroupent les eaux usées domestiques (les eaux vannes et les eaux ménagères) , les eaux de ruissèlement ( eaux pluviales ) et les effluent industriels (eaux usées des usines ) [13].

L'objectif principal du traitement est de produire des eaux usées épurée à un niveau approprié et acceptable du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement et

## Partie 01 : Synthèse bibliographique

---

il consiste à satisfaire judicieusement différentes étapes pour arriver à une qualité d'eau en normes et compatibles avec la qualité du milieu récepteur (**figure 02**)[12, 14]

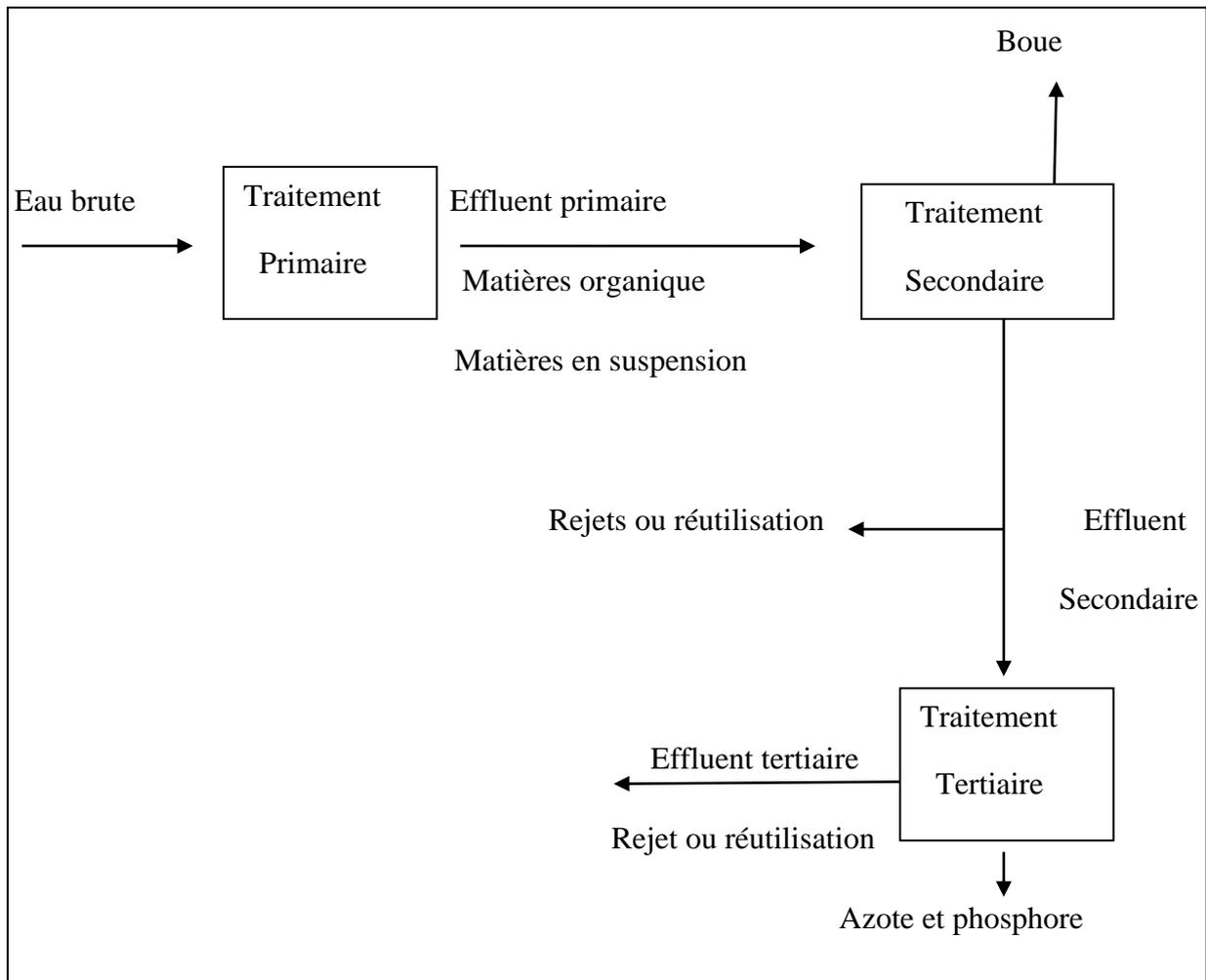
**1.2.1 Traitement primaire** : Les eaux usées (brutes) font d'abord l'objet d'un traitement primaire visant à éliminer les corps flottants, les graisses et les matières en suspension les plus grossières.[11]

**1.2.2 Traitement secondaire** : l'effluent primaire, ainsi obtenu est ensuite traité dans un dispositif de traitement secondaire, qui permet l'oxydation de la majeure partie des matières organiques par action microbienne, et la décantation de la plupart des matières en suspension.. Le processus de traitement secondaire rejette des boues qui peuvent être utilisées pour fabriquer du compost, si l'effluent secondaire obtenu à des teneurs en matières organiques et en matières en suspension inférieures à des seuils fixés réglementairement, il peut être rejeté dans les milieux naturels peu sensibles .[11]

**1.2.3 Traitement tertiaire et / ou avancé** : enlèvement de constituants spécifiques des effluents secondaires tels que les métaux lourds et les nutriments (l'azote et le phosphore) qui sont des éléments fertilisants pour les végétaux et qui sont aussi considérés comme des éléments eutrophisants qui peuvent favoriser la prolifération d'une végétation indésirable [11, 14].

La désinfection, peut habituellement être employée en utilisant le chlore afin de réduire les constituants microbiologiques.[11, 14]

## Partie 01 : Synthèse bibliographique



**Figure 02** : schéma d'un procédé de traitement dans une station d'épuration des eaux usées.

[11]

### **Chapitre2 : Réutilisation des eaux non conventionnelles (eaux usées épurées)**

La réutilisation des eaux non conventionnelles est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques[15]et minimiser la pollution de l'environnement.[16]

Pendant les dix dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an en Europe et aux États Unis et en Chine, et jusqu'à 41 % en Australie. [16]

En Algérie, les volumes d'eaux usées rejetées à travers les réseaux d'assainissement ont été évalués à 350 millions de m<sup>3</sup> en 1979, 660 millions de m<sup>3</sup> en1985et 730 millions de m<sup>3</sup> en 2009. Les prévisions de rejet d'eaux usées des zones urbaines sont évaluées à peu près de 1300 millions de m<sup>3</sup> en 2020 [16] car un certain volume des eaux usées épurée sont rejetées dans les chotts et la mer dont cette ressource est considéré comme perdue et sa valorisation devrait être priorisé et le reste sont potentiellement réutilisables en irrigation [17] cependant la capacité installée d'épuration des eaux usées est estimée a peu près de 365 millions de m<sup>3</sup>/an [16].

#### **2.1 Principales voix de réutilisations des eaux usées épurées :**

Au plan mondial, l'utilisation de cette technique par l'agriculture, l'industrie et l'usages domestiques couvrent respectivement 70 % , 20 % , 10 % de leur demande en eau c'est à dire que les eaux usées épurées peuvent être exploitées et réutilisées .[18]

- Comme technique d'assainissement et d'économie d'eau contribuant ainsi à l'économie des ressources en eau destinées à l'eau potable et constituant une ressource alternative qui vient augmenter le potentiel des ressources en eau.
- Dans l'agriculture pour la création de nouveaux périmètres irrigués.
- Dans la protection de l'environnement en contribuant à la recharge de nappes.
- Dans le secteur industriel pour le refroidissement. [18]

### **2.2 Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture :**

L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques d'environ 70 % de l'eau douce et selon la FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) la superficie irriguée devrait s'accroître de 53% d'ici 2025 ,cet accroissement de l'irrigation s'accompagne d'une forte consommation d'eau [16].de plus les puits et les eaux des barrages et des forages ne suffisent plus pour la satisfaction de ces besoins hydriques C'est pourquoi, les agriculteurs s'intéressent à l'utilisation des eaux usées épurées en irrigation et qui est une option attrayantes car elle représente une source d'eau et d'engrais additionnels et renouvelables et fiables, ce qui explique aujourd'hui , l'ambition de l'Algérie de traiter un milliards de m<sup>3</sup> d'eaux usées pour l'irrigation de 10.000 hectares .[19]

Pour le moment, l'Algérie, dispose d'un volume d'eau traité de 560 000 mètres cubes et consacre 65% de ses ressources des eaux traitée au secteur de l'agriculture alors que nos voisins en Tunisie ont pu atteindre 80 % .[16]

#### **2.2.1 Aspect législatif et normes d'utilisation :**

Le décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 publié dans le Journal Officiel del a République Algérienne n° 35, 23 mai 2007, fixe les modalités d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation qui ont indiqués que l'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux semaines avant la récolte , les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire et le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et , ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.[20]

Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable. Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit.[20]

Une autre réglementation a été mise en œuvre, c'est l'arrêté interministériel correspondant au 2 janvier 2012fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées et la culture céréalières (blé, orge, triticale et avoine) est incluse parmi d'autres comme les cultures fourragères , agrumes et arbres fruitiers et les cultures industrielles cependant les cultures maraichères dont les produits sont consommés crus est interdites[19].

### 2.2.2 Critères de la qualité des eaux destinées pour l'irrigation :

Dans les stations d'épuration existantes , les paramètres physicochimiques de l'effluent épuré est déjà connu et les agriculteurs sont obligés de modifier leur pratique en fonction de la qualité de l'eau destinée pour l'irrigation [14] dont les normes ont été fixées afin de protéger le public , les ouvriers agricoles ,les ressources en eau superficielles et souterraines et les sols et pour maintenir aussi des rendements acceptables [21] et les paramètres à prendre en considération sont :

#### **Salinité :**

La quantité et le type de sels présents ou dissous est important pour évaluer si l'eau épurée convient pour l'irrigation et afin de surmonter le problème de salinité ; au premier lieu ,il faut choisir des cultures tolérantes à la salinité de l'eau usée car avec une salinité modéré ,la plupart des fruits et des légumes peuvent être produit et lorsque la salinité augmente, le choix des cultures devient difficile et, excepté certains légumes, le choix est la plupart du temps limité aux fourrages verts., en deuxième lieu il est conseillé de choisir des cultures capables d'absorber des quantité élevées de sel ( cultures extractrices de sels ) tel que la culture de l'orge. [14]

#### **Alcalinité :**

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation car l'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na, engendre la dispersion et le gonflement des argiles qui réduit la perméabilité du sol (infiltration).[14]

#### **Traces et métaux lourd :**

Dans les pays ayant une industrie lourde, la réutilisation des eaux usées traitées présente un inconvénient majeur. Les métaux présents dans les eaux résiduaires (cadmium(Cd), cuivre (Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni) et zinc (Zn)) peuvent constituer un risque sanitaire pour l'homme, les animaux et affecter les cultures irriguées. Pour cette raison, beaucoup de pays développés ont établi des charges admissibles en métaux lourds sur les terres agricoles. [14]

### **Nutriments :**

La présence d'éléments fertilisants tels que le N (azote), P (phosphore) et K (potassium), le soufre, zinc, cuivre et autres micronutriments est un atout pour les cultures et la nutrition des plantes, ainsi la présence de matières organiques peuvent aboutir aussi par son effet à long terme sur la fertilité et la stabilité du sol cependant quand leurs quantités peuvent dépasser les besoins de la plante, elles peuvent être une source potentielle de pollution des eaux de nappe et poser des problèmes liés à un développement végétatif excessif, en retardant la maturité ou en réduisant la qualité des cultures irriguées.[14, 22].

### **Toxicité spécifique des ions :**

Les ions les plus toxiques rencontrés généralement dans l'eau usée épurée sont le sodium(Na), le chlorure (Cl) et le bore (B) qui cause la plupart des cas courant de toxicité. Le bore est un des éléments essentiels aux cultures; cependant, les concentrations de B excédant 0,5 mg/l peuvent être toxiques aux cultures sensibles[14].

### **2.2.3 Intérêt et limitation de la réutilisation des eaux usées en agriculture :**

La réutilisation des eaux usées permet d'économiser et de préserver les ressources en eau conventionnelles et accroître les superficies irriguées ainsi que de participer à l'augmentation de la production agricole et la qualité des espaces verts grâce aux différents nutriments apportés par les eaux usées [14].

Cependant, l'utilisation de l'eau usée épurée peut s'avérer nocif et ceci est en fonction du degré d'épuration, méthodes l'endroit d'irrigation et la nature ou les caractéristiques de l'eau usée épurée [14]. Bien que cette ressource constitue une valeur hydrique et un potentiel de matières fertilisantes importantes, elle peut avoir un impact défavorable sur la santé publique et l'environnement car son contenu en éléments en traces et en microorganismes pathogènes peuvent présenter un risque. Et en raison de la salinité élevée, 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 et enfin elle peut engendrer une eutrophisation par la teneur élevée en nutriments .[14][16, 23]

Par conséquent un contrôle doit être rigoureux et permanent et des mesures de précautions afin de protéger la santé humaine et l'environnement comme l'optimisation de

## Partie 01 : Synthèse bibliographique

---

traitement des eaux résiduares, la restriction des cultures pratiquées, et le contrôle de l'exposition humaine tels que les agriculteurs et les consommateurs aux eaux usées épurées [14] .

### Chapitre 3 : Généralités sur les céréales

Le total de la production nationale des céréales est de 3,5 millions de tonnes et se localise dans les régions de l'est du pays, et cette dernière connaît une réduction en raison du stress hydrique qui s'intensifie à cause des conditions de sécheresse et l'absence quasi-totale des précipitations ces dernières années et à cause du manque de fertilisation qui constitue l'un des facteurs les plus déterminants dans l'amélioration de la production céréalières car le blé dur doit absorber 3,5 unités d'azote, le blé tendre 3 unités et l'orge 2 unités afin de produire 1 quintal de grain et puisque le sol en fournit un peu de fertilisants donc pour remédier à la pauvreté des sols algériens, il est nécessaire d'enrichir les terres en éléments minéraux et organiques par l'utilisation des eaux usées épurées riches en matières organiques (MO) et en substance nutritives pour les sols et les plantes (matières organiques).[6]

#### 3.1 Les céréales

Dans le monde environ 70 % des surfaces ensemencées sont consacrées à la culture de céréales [24]. En Algérie, leur culture joue un rôle nutritionnel, social et économique [25]. Car elles constituent l'un des aliments de base de l'humanité depuis des milliers d'années à cause de ses sources protéiques et énergétiques[5] En effet, la consommation individuelle est évaluée en 2000, à 205 Kg/ an en Tunisie, 219 Kg/ an en Algérie et 240 Kg/ an au Maroc[26], et ils sont considérés aussi en tant que matière première pour la fabrication des aliments de bétail [27].

##### 3.1.1 Le blé (*Triticum*)

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments[28]. Le genre *Triticum* appartient à la tribu des *Triticées* au sein de la famille des *Poacées* et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones.[28]

### ✚ **Le blé tendre** (*Triticum aestivum* L.) :

Le blé tendre est une espèce hexaploïdie :  $2n = 42$  [29], annuelle et monocotylédone, composé d'un appareil végétatif herbacée, qui comporte un système racinaire fasciculé, une tige cylindrique plus au moins creuse et des feuilles engainantes le grain du blé pèse 35 à 50 mg .[30]

### ✚ **Le blé dur** (*Triticum durum* Desf .)

Le blé dur est une espèce tétraploïdie  $2n = 28$  [29] et se caractérise par un épi à rachis solide à glumes carénées, jusqu'à la base à glumelle inférieure terminée par une longue barbe colorée, un grain très gros de (45 à 60mg) de sections sub-triangulaires, possédant un albumen vitreux[31].

### 3.1.2. **L'orge** (*Hordeum vulgare* L.)

L'orge est une plante annuelle de la classe des monocotylédones, qui appartient à la famille des graminées et au genre *Hordeum* qui comprend 31 espèces, mais seule vulgare est couramment cultivée, *Hordeum vulgare* est une espèce diploïde ( $2n=14$ )[32]

On y distingue deux types selon la forme de leur épi :

#### ✚ **L'orge à 2 rangs:**

L'orge à un épi aplati composé de 2 rangées d'épillets fertiles, un sur chaque axe du rachis, entouré de 4 épillets stériles. Dans ce type existent surtout des variétés de printemps.[29]

#### ✚ **L'orge à 6 rangs :**

L'orge encore appelé exourgeon, à une section rectangulaire, sur chaque axe du rachis les 3 épillets sont fertiles. Dans ce type n'existent pratiquement que des variétés d'hivers. [29] Il y a d'importance similitude entre le blé et l'orge comme le système racinaire qui est fasciculé et les mécanismes végétatifs et reproducteurs et de la germination à la maturation du grain cependant il existe des différences tels que le cycle végétatif qui s'avère plus rapide chez l'orge et ainsi que ses exigences en eau qui sont réduites ce qui explique sa précocité par rapport au blé.[29]

### 3.2 Cycle de développement des céréales :

Ces céréales ont un cycle évolutif ( figure 03 ) qui se divise en trois grandes périodes (période végétative, période reproductive et période de maturation) [33].

#### 3.2.1 La période végétative :

##### ✚ La germination - levée :

La germination est l'ensemble des événements qui commencent par l'étape cruciale d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule à travers les structures qui entourent l'embryon. [34] Elle peut avoir lieu avec une température qui varie de 4 à 37°C mais est optimale entre 12 et 25°C.[35]

##### ✚ Le tallage:

C'est un mode de développement propre aux graminées [29].Le début de la phase tallage se fait à partir de l'apparition de la 4<sup>ème</sup> feuille. Il est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire, puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> feuille de la tige principale.[35]

#### 3.2.2 La période reproductive :

##### ✚ La montaison :

Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin maître, atteint 1cm de hauteur. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la graine de la feuille étendard qui gonfle (stade gonflement).[35]

##### ✚ L'épiaison :

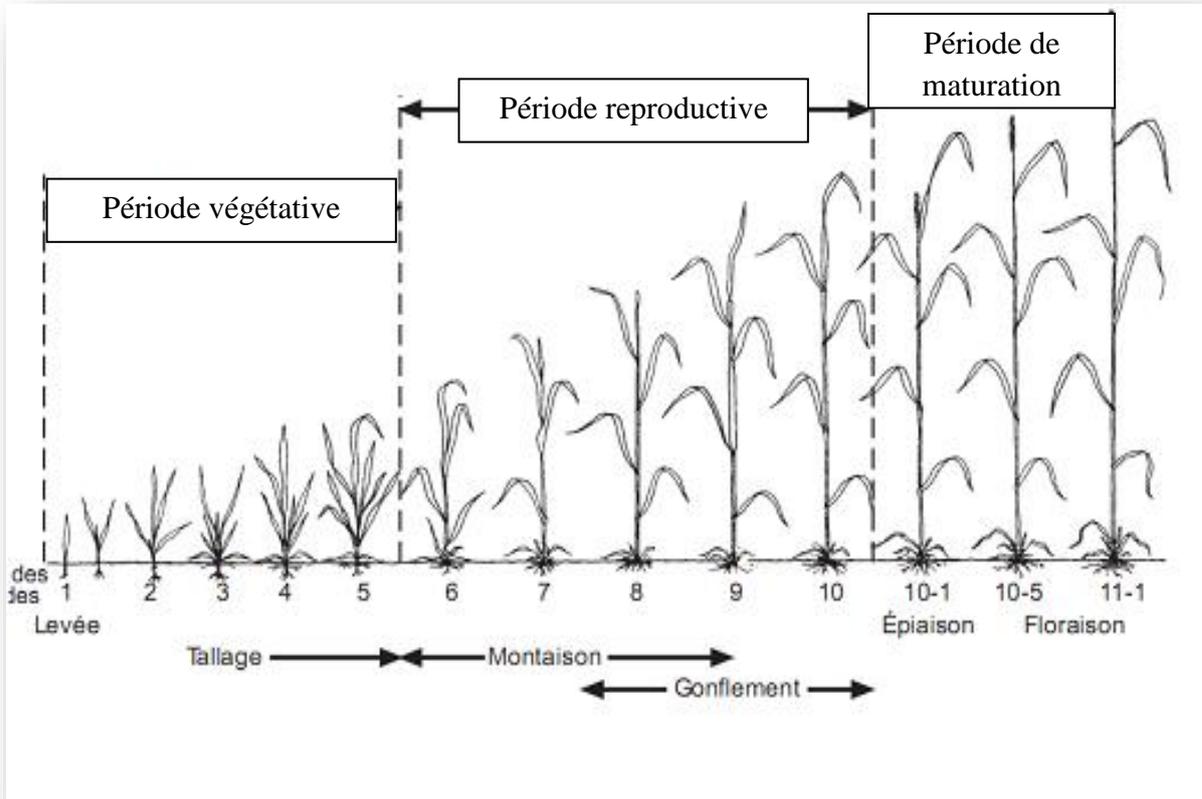
C'est au cours de cette période que s'achève la formation des organes floraux et que s'effectue la fécondation, le nombre de fleurs dépendra de la nutrition azotée disponible et d'une évapotranspiration. [29]

##### ✚ La floraison :

Ce stade s'observe à partir du moment où les étamines sortent des glumelles de la fleur, et est prise comme point de référence pour la fécondation [35]

### 3.2.3 La période de maturation :

Elle dure de la floraison à la maturité complète du grain au cours de cette phase se forme l'organe de réserve : le grain. [36]



**Figure 03** : cycle de développement des céréales [35]

### Chapitre 4 : Matériel et méthodes

#### 4.1. Site expérimental

Nous avons réalisé nos essais au niveau de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Sour El Ghozlane, qui a été mise en service en 2009 et qui se situe à la sortie Nord –Est de la ville avec une capacité d'épuration de 75000 EH, un volume de 11376m<sup>3</sup>/jours (**figure 04**).



**Figure 04:** image satellitaire de la station d'épuration des eaux usées de Sour El ghozlane[37]

#### 4.2 Présentation du matériel végétal

##### 4.2.1 Blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Variété Simeto d'origine d'Italie à lignée pure adaptée au littoral, sublittoral, plaines intérieures avec un cycle végétatif semi précoce et un tallage fort après un semi en mi – novembre au mi – décembre, elle est tolérante au froid, à la verse et sensible à la sécheresse

##### 4.2.2 Orge (*Hordeum vulgare* L.)

Variété Saida 183 à 6 rangs d'origine locale à lignée pure adaptée aux plaines intérieures et hauts plateaux avec un cycle végétatif semi précoce et un tallage moyen après

## Partie 02 : Partie expérimentale

---

un semis en mi – octobre au mi- novembre , elle est résistance au froid et à la sécheresse et sensible à la verse .

### 4.2.3 Blé tendre (*Triticum aestivum* L.)

Variété Ain Abid d'origine d'Espagne, c'est une variété caractérisée par une paille moelle peu épaisse, cycle végétatif semi-précoce, tallage moyen, elle est résistante a certaines maladie telle que l'oïdium sur feuille et la rouille jaune.

### 4.3 Protocole expérimentale

Durant une période allant du 16 mai au 1 juin, afin d'étudier l'impact ou l'effet de l'utilisation des EUE sur l'irrigation du blé dur, blé tendre et l'orge en observant leur comportement germinatif et leur croissance nous sommes intéressés aux paramètres suivants : le taux de germination, mesure de la longueur des feuilles et estimation du poids de la biomasse aérienne (poids frais et sec).

#### 4.3.1 Techniques de culture :

##### Préparation du sol

Le sol utilisé est un terreau prélevé à partir d'une terre agricole d'Oued El Berdi (Bouira) et il a subi :

- Un tamisage approprié afin de supprimer les différents débris et déchets.
- Un séchage à une température ambiante durant une semaine.
- Un passage dans un tamis de 2 mm de diamètre.
- une analyse granulométrique, de PH et de conductivité a été effectuée au laboratoire de pédologie de l'université de Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.

##### Analyses physico-chimiques du sol

##### - Analyse du pH du sol

La réaction du sol, acide ou alcaline, est mesurée par son pH. Elle est déterminée dans une suspension sol/ eau distillée ; après agitation de deux heures, et repos de 3 heures. La mesure a été faite à l'aide d'un pH mètre digital.

## Partie 02 : Partie expérimentale

---

### - Analyse de la conductivité électrique (CE) du sol

La CE est la mesure de la teneur en sel solubles d'une solution à l'aide d'un conductimètre. Elle a été mesurée, après agitation ainsi qu'une filtration à plusieurs reprises jusqu'à ce que l'eau devienne plus transparent.

### + L'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique consiste à séparer la partie minérale du sol en fractions selon les dimensions des particules et à déterminer, en poids, les proportions relatives de ces fractions. Elle a été faite selon la méthode suivante :

- **Attaque à froid** : On a pris 10g de terre fine séchée + 50ml d'eau oxygénée à 20V puis laisser une nuit pour la destruction de la matière organique
- **Attaque à chaud** : on a ajouté 50 ml d'eau distillé et on a mis une à deux heures dans un bac à sable
- **Agitation et dispersion** : on a mis l'échantillon dans un flacon d'agitation puis on ajouté 50 ml d'hexamphosphate de sodium + eau distillé et mettre dans l'agitateur pendant deux heures (30 trs/min)
- On a récupéré la solution et on l'avait mise dans une allonge et on a ajusté à 1L avec de l'eau distillé puis on a prélevé à l'aide d'une pipette de Robinson en appliquant la loi de Stock (dans des conditions bien déterminées de température et de temps). Les trois fractions ainsi déterminées permettent, avec l'utilisation du triangle texturale Américain de connaître la texture du sol.

### + Semis et test de germination :

Nous avons réalisé nos tests au niveau du laboratoire de la station d'épuration de Sour El Ghoulane durant la période allant du 16 mai au 19 mai. Nous avons dépourvu les graines des trois variétés de leur bractée afin de faciliter la germination et elles sont sélectionnées selon leur morphologie, leur taille, leur couleur et leur aspect sanitaire (absence de contamination).

Ensuite, nous avons mis 30 graines par boîte en plastique transparente et trouée de hauteur de 5.7 cm et de largeur de 11 cm sur du coton humecté à l'eau pour la germination pendant 3 jours à l'obscurité et à la température ambiante du laboratoire. **(Figure 05)**

## Partie 02 : Partie expérimentale

Pour chaque variété, nous avons utilisé 18 échantillons, parmi ces derniers, nous avons irrigué 9 échantillons par l'EUE et les 9 autres par EC qui est considéré comme témoin pour chaque type de plante.



A



B

**Figure 05** : la mise en germination des graines de céréales dans du coton humecté par l'eau de robinet(A) ou l'eau usée épurée (B)

### ✚ Repiquage et irrigation :

Au bout de trois jours de germination, les graines germées sont repiquées soigneusement au sol tamisé préalablement pour le suivi de la croissance le 20 mai, et l'arrosage s'est effectué une fois tous les trois jours et la quantité est restée la même pour chaque échantillon (35 ml) **(figure 06)**



**Figure 06:** La mise en culture dans le sol des graines des céréales pour le suivi de croissance.

Les eaux utilisées pour irriguer les échantillons sont les suivants :

### ✚ Eau de robinet:

C'est une eau provenant du réservoir de la station expérimentale où nous avons réalisé nos essais.

En ce qui concerne les analyses physico- chimiques de ces eaux, nous les avons effectuées au niveau de laboratoire de l'Algérie Des Eaux (ADE) de Bouira selon les protocoles préconisés [38]. Cependant, les analyses qui concernent les éléments fertilisants (N.P.K.), nous les avons réalisées au niveau du laboratoire de pédologie, à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Agronomie d'El Hararach-Alger.

### ✚ Eaux usées épurées :

Provenant de la Station d'épuration de Sour El Ghozlane. Ce sont des eaux récupérées à la sortie de la station après les traitements primaires et secondaire et conservées selon les conditions requises et où nous avons effectué les analyses physico-chimiques; par contre nous avons réalisé le dosage des éléments fertilisants (N.P.K.) au niveau du laboratoire de pédologie, à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Agronomie d'El Harrach à Alger. Selon les protocoles préconisés [38].

### 4.4 Paramètres physiologiques étudiées :

#### 4.4.1 Mesure du taux de germination :

Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées (sortie de la radicule) sur nombre total de graine.

$$Tg (\%) = (Ni / Nt) \times 100$$

{	Tg : Taux de germination
	Ni : nombre de graines germées
	Nt : nombre total de graines

#### 4.4.2 Mesure de la croissance des plantes

Durant la période allant du 22 mai au 1 juin, la hauteur des plantes est mesurée à l'aide d'une règle graduée du collet jusqu'au bourgeon terminal, la hauteur de la tige nous renseigne sur l'effet de l'irrigation en fonction de la qualité d'eau utilisée( l'eau de robinet ou/et EUE) .

#### 4.4.3 Mesure de la biomasse aérienne

A la fin de l'expérimentation, la partie aérienne a été mesurée en séparant le système racinaire à l'aide d'une lame au niveau du collet et avant le passage de la partie aérienne au four, on pèse son poids frais à l'aide d'une balance précision (LECY) .Le poids sec a été mesuré en passant la partie aérienne dans une étuve à 80 C °jusqu'à l'obtention d'un poids constant qui as été pesée à son tour avec la même balance.

### Chapitre 5 : Résultats et discussion

#### 5.1 Paramètres physico-chimiques des eaux usées épurées et les eaux de robinet

Les résultats physico-chimiques des eaux usées épurées et les eaux de robinet que nous avons obtenu sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau 01:** les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées épurées et des eaux de robinet

Paramètres (unités)	Eau usée épurée	Eau de robinet	Normes
Température (C°)	17.6	19.6	/
CE (us/ cm)	1783	1325	0.7 -3 dS/m
Turbidité (FTU)	37	14	/
pH	7.05	8.27	6.0-8.5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	23.4	0	0-30
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	25	0	/
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	7.21	0	0-5
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	4.42	0	0-2
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	14.5	0	>30
DCO (mg/l)	44.7	0	>90

°C : Degré Celsius ; **Us/cm** : microSiemens/centimètre ; **FTU**: FormazineTurbidity Unit  
**mg/l**: milligramme par litre

Le tableau 01 représente la moyenne des valeurs des paramètres physico-chimiques des eaux usées et les eaux de robinets en comparaison avec les normes du journal officiel de la république Algérienne destiné pour l'irrigation [20]] au cours de la période d'étude allant du 21 mai au 31 mai 2018.

Selon les analyses physico-chimiques des eaux de robinet et celles de l'eau usées épurées de Sour El Ghozlane, nous avons remarqué que ces eaux sont conformes aux normes qui réglementent l'eau d'irrigation selon les directives émises par la FAO. Mis à part les composés chimiques suivants (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 7.21 mg/l >5 mg/l, et le PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> = 4.42mg/l >2mg/l), seulement l'analyse des graphes d'évolution de la germination, croissance et biomasse aérienne qui vont nous permettre de statuer sur l'effet négatif ou positif de ces eaux.

## Partie 02 : Partie expérimentale

**Tableau 02** : la charge nutritive NPK de l'eau usée épurée et de l'eau de robinet

Paramètres (mg/l)	Eau usée épurée	Eau de robinet	Norme (FAO)
N azote	0.14	0.073	20 à 60
P phosphore	0.60	0.16	6 à 15
K potassium	57.2	4.17	10 à 30

Selon le tableau 02, on constate que les eaux de robinet (les eaux conventionnelles) sont très pauvres en éléments nutritifs par rapport aux teneurs des eaux usées épurées. Ces dernières sont riches en azote et en phosphore mais beaucoup plus riches en potassium.

Selon la FAO, la teneur d'azote, le phosphore et le potassium après le traitement secondaire doivent varier entre 20 à 60 mg/l, 6 mg/l à 15 mg/l et 10 à 30 mg/l respectivement et en comparant avec les résultats (**tableau02**) on constate un manque de phosphore et d'azote et un excès de potassium et ceci est peut être dû aux erreurs de manipulations [14].

Selon les travaux de (Hannachi A, 2016) les éléments fertilisant que sont l'azote, le phosphore et le potasse sont indispensable au bon développement de toute culture à condition qu'on doit les considérer séparément pour estimer les besoins en ces éléments [6]

### 5.2 Paramètres physico-chimique et granulométrique du sol :

#### 5.2.1 Paramètres physico-chimique du sol :

Les analyses physiques ont été effectuées sur un sol non irrigué, un sol irrigué par l'eau usée épurée (EUE) et un autre irrigué par l'eau de robinet (EC) et les résultats que nous avons obtenu sont mentionnés dans le tableau 03.

## Partie 02 : Partie expérimentale

**Tableau03:** Les caractéristiques physico-chimiques du sol

Type du sol	pH	CE (us / cm)
Sol non irrigué	7.7	150
Sol irrigué par l'EUE	7.6	370
Sol irrigué par l'EC	7.5	340

On remarque que les pH des différents sols sont presque les mêmes, pour le sol non irrigué le pH est de 7.7, pour le sol irrigué par l'eau usée épurée le pH est de 7.6, et enfin pour le sol irrigué par l'eau de robinet le pH est de 7.5.

Notre analyse a démontré que la composition physicochimique de l'EUE n'affecte pas considérablement le pH du sol qui est alcalin selon l'échelle d'interprétation du pH des sols (**annexe 1**) mais il a contribué à une légère augmentation de la conductivité électrique du sol à cause des sels présents dans l'EUE mais puisque  $CE < 2500$  Us/cm ce sol reste tout de même non salé (voir **annexe2**). Selon (Mouhanni H, 2011) par ces paramètres géochimiques cités ci-dessus, le sol utilisé ne provoque aucun risque dommageable à la culture, donc ceci impose aux cultures de profiter uniquement des éléments contenus dans les eaux. [39]

Et on constate que la CE (conductivité électrique) du sol est faible, mais elle est augmentée avec l'utilisation de l'eau de robinet et l'eau usée épurée, avec des valeurs qui atteignent  $340 \mu\text{S}/\text{cm}$  et  $370 \mu\text{S}/\text{cm}$  respectivement. Ces valeurs restent relativement trop élevées par rapport à la valeur indiquée avant l'irrigation ou l'application des deux types d'eaux, qui est de  $150 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 5.2.2. Paramètres granulométriques du sol

Le tableau suivant représente les caractéristiques granulométriques du sol que nous avons utilisé pour nos essais.

## Partie 02 : Partie expérimentale

**Tableau04:** caractéristiques granulométriques du sol.

Granulométrie (%)		
Argile(%)	Limons(%)	Sables(%)
52	30	15.14

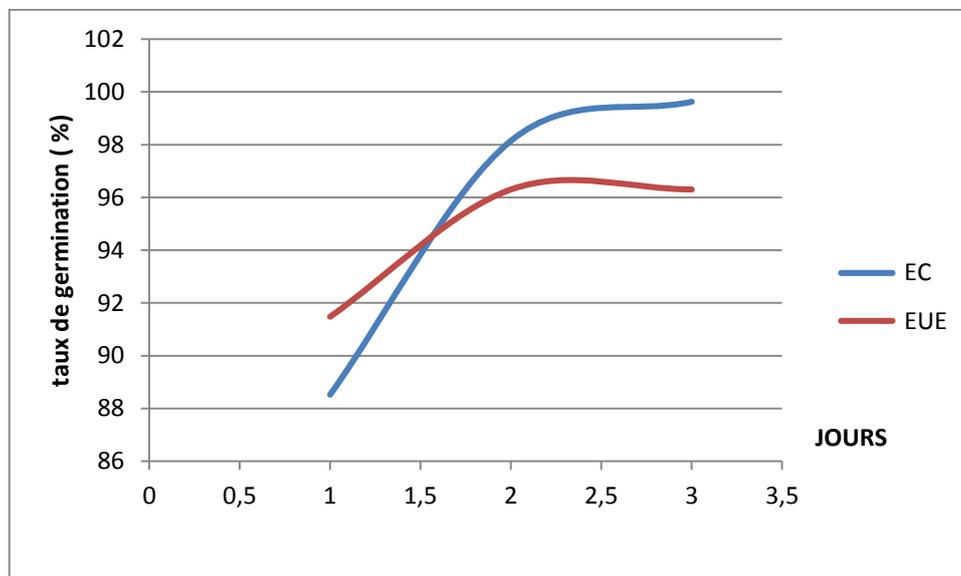
(%) : pourcent

D'après les résultats enregistrés qui concernent l'analyse granulométrique et la comparaison des pourcentages de différentes fractions qui composent le sol, à savoir le sable, l'argile et le limon par un triangle de texture, le sol que nous avons utilisé est un sol argileux.

### 5.3 Effet de l'eau usée épurée (EUE) sur l'évolution du taux de germination des graines de blé dur, blé tendre et l'orge :

Selon les résultats que nous avons enregistrés, la cinétique ou l'évolution de la germination varie distinctivement selon les traitements utilisés et les types des variétés des différentes espèces des céréales que nous avons testées.

#### 5.3.1. Blé dur (*Triticum durum* L.)

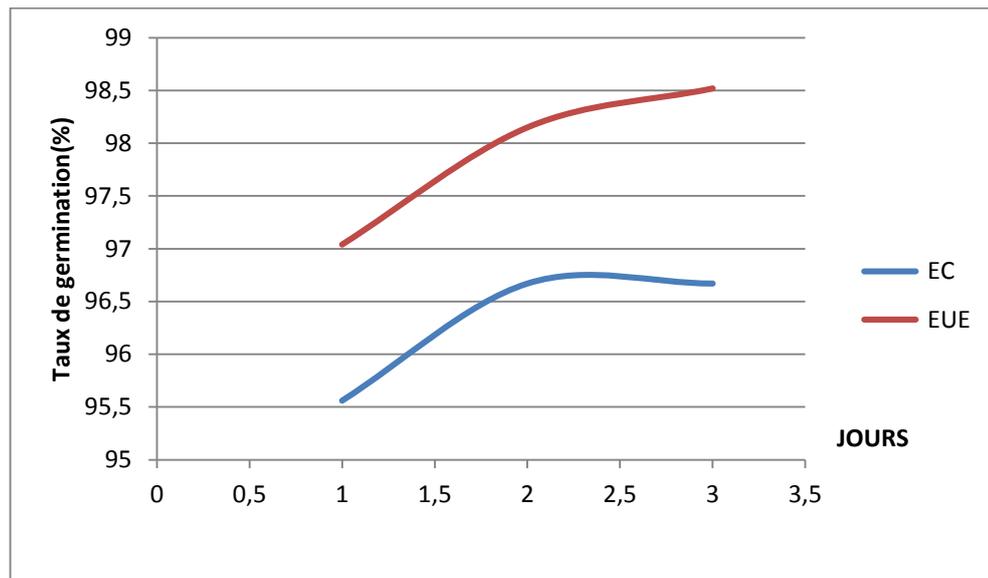


**Figure 07:** Evolution du taux de germination des graines du blé dur en (%), irrigué par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC (Témoin) en fonction du temps.

## Partie 02 : Partie expérimentale

Pour le blé dur, nous avons remarqué une différence entre l'évolution du taux de germination entre les graines traitées par l'EC et l'EUE. Dès le premier jour nous avons enregistré un taux de 88% pour les graines traitées par l'EC et un taux de 91% pour celles traitées par l'EUE, mais ces dernières suivent une évolution relativement lente par rapport à celle traitées par l'EC qui ont un taux de germination final qui s'approche de 100%.

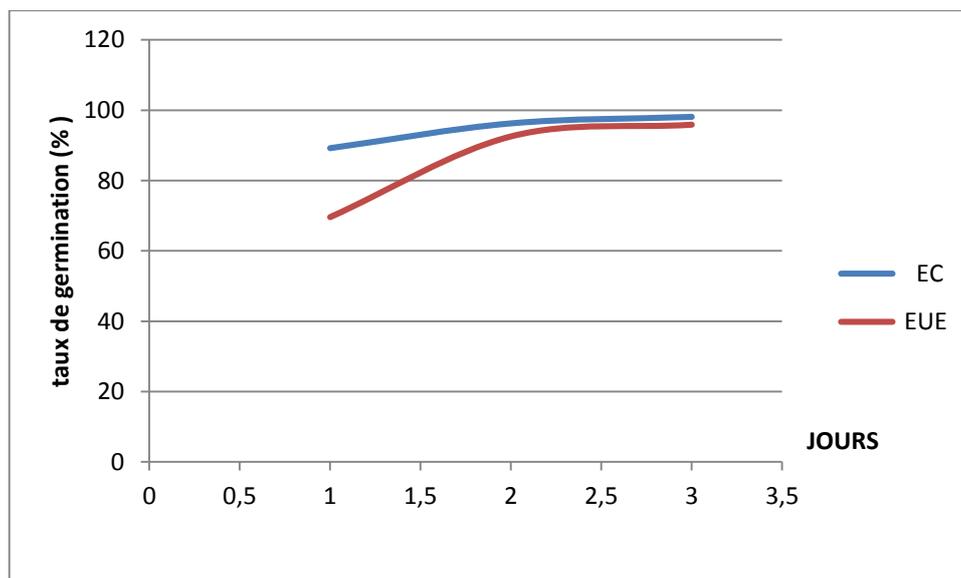
### 5.3.2. Blé tendre (*Triticum aestivum* L.) :



**Figure 08** : Evolution du taux de germination des graines du blé tendre en (%), irrigué par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC (Témoin) en fonction du temps.

D'après les résultats que nous avons obtenus, l'évolution du taux de germination des graines du blé tendre irriguées par l'EUE est relativement très élevée par rapport aux témoins avec un taux de 97% et 95,5 % respectivement dès le premier jour du traitement. Ensuite la germination s'est achevée au 3ème jour avec un taux final de presque 100 % pour l'EUE comparativement à l'EC qui est de 96 %.

### 5.3.3 Orge (*Hordeum vulgare* L.) :



**Figure 09:** Evolution du taux de germination des graines de l'orge en (%), irriguée par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC (Témoin) en fonction du temps.

Pour l'orge, d'après les résultats que nous avons obtenus, il convient à noter que le taux de germination est plus élevé pour les graines traitées par l'EC par rapport à l'EUE, puisque dès le premier jour, les graines sont germées avec un taux de 69.6%, qui reste relativement bas on le comparant aux graines irriguées par l'EC qui est de 89.2%, ensuite ces graines ont suivi une évolution rapide pour arriver un taux final un peu faible (95.9%) par rapport aux graines irriguées par l'EC (98.1%).

D'une façon générale et d'après les résultats que nous avons obtenus, l'EUE a influencé positivement le taux de la germination du blé tendre avec un taux maximal de 97.9% contrairement au blé dur et l'orge où la germination a été favorisée beaucoup plus par l'EC où le taux le plus élevé était de 95.4% détenu par le blé dur.

Et selon le travail de (Genest j, 1976) ceci est dû à la présence d'une concentration excessive des sels et de nutriments retrouvés dans l'EUE en contact direct avec les graines mais heureusement que l'eau d'arrosage dilue au fur et à mesure la solution qui entoure les graines et rend possible la vie de ces dernières pour la croissance. [40]

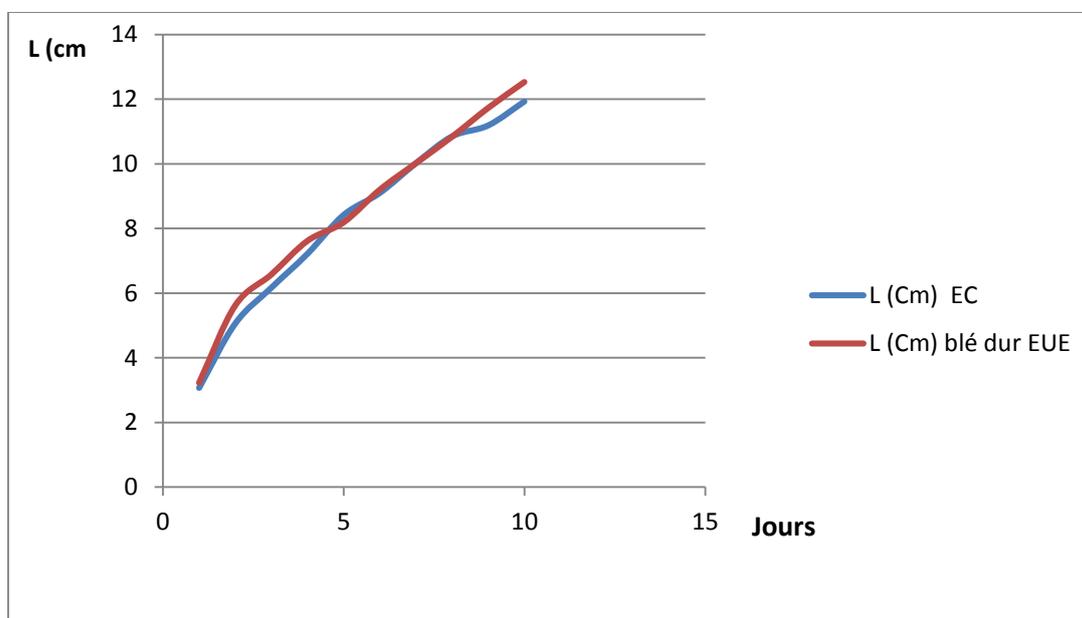
## Partie 02 : Partie expérimentale

### 5.4 Effet de l'eau usée épurée (EUE) sur l'évolution de la croissance du blé dur, blé tendre et l'orge

La longueur des feuilles; c'est le paramètres de croissance qui a été suivis pendant 10 jours à partir de l'apparition des premiers plantules sur les différentes boites ensemencées par les différentes variétés et irriguées par les deux qualités d'eau (eau usée épurée et eau de robinet).

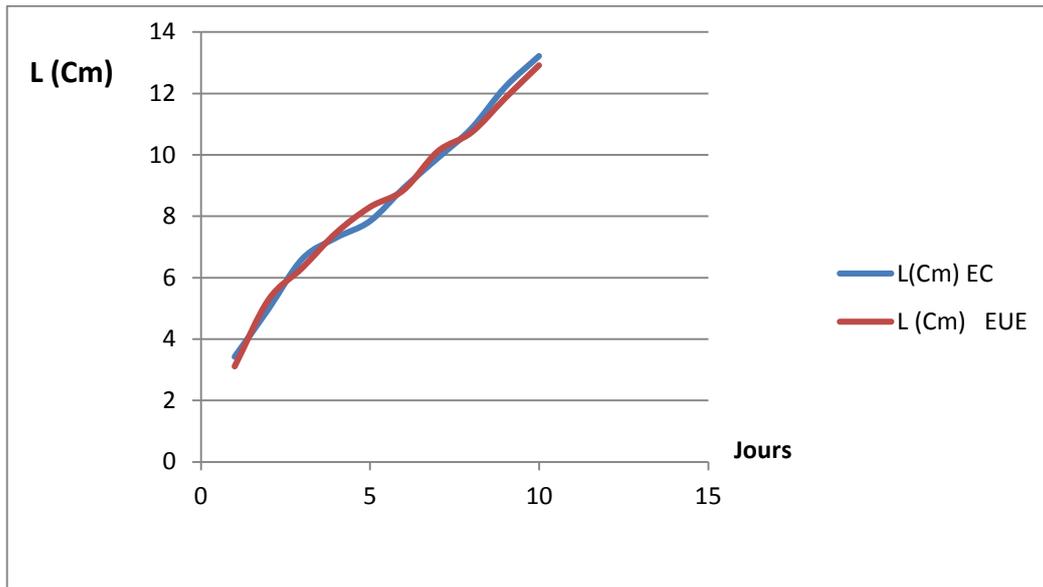
La longueur des feuilles rend compte de la vitesse de croissance de la partie aérienne de la plante.

#### 5.4.1 Blé dur (*Triticum durum* L.)



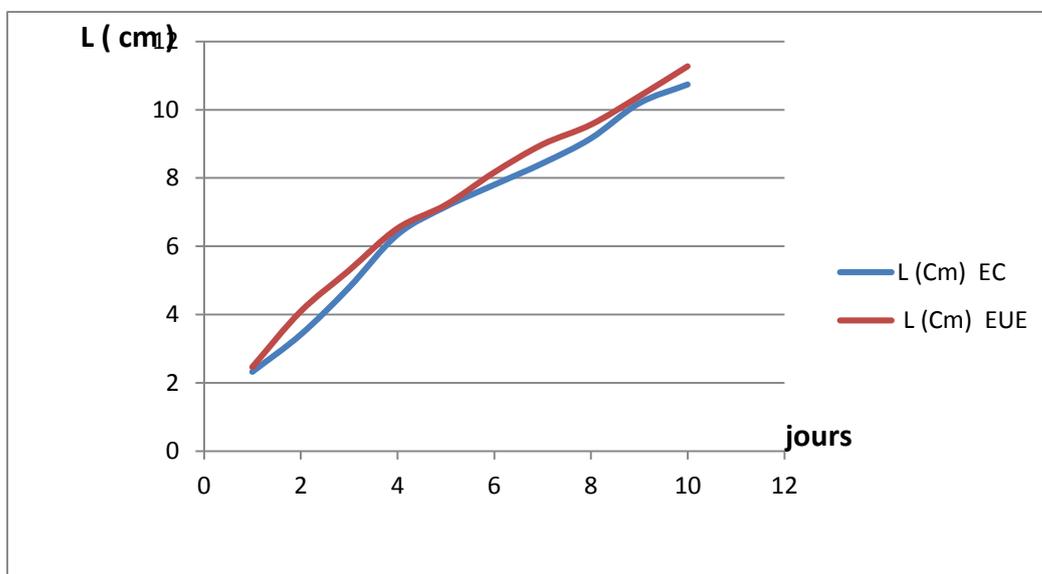
**Figure 10:** Evolution de la longueur des feuilles (L) du blé dur traité par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC (Témoin) en fonction du temps.

### 5.4.2. Blé tendre (*Triticum aestivum* L.) :



**Figure 11:** Evolution de la longueur des feuilles (L) du blé tendre traité par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC (Témoin) en fonction du temps

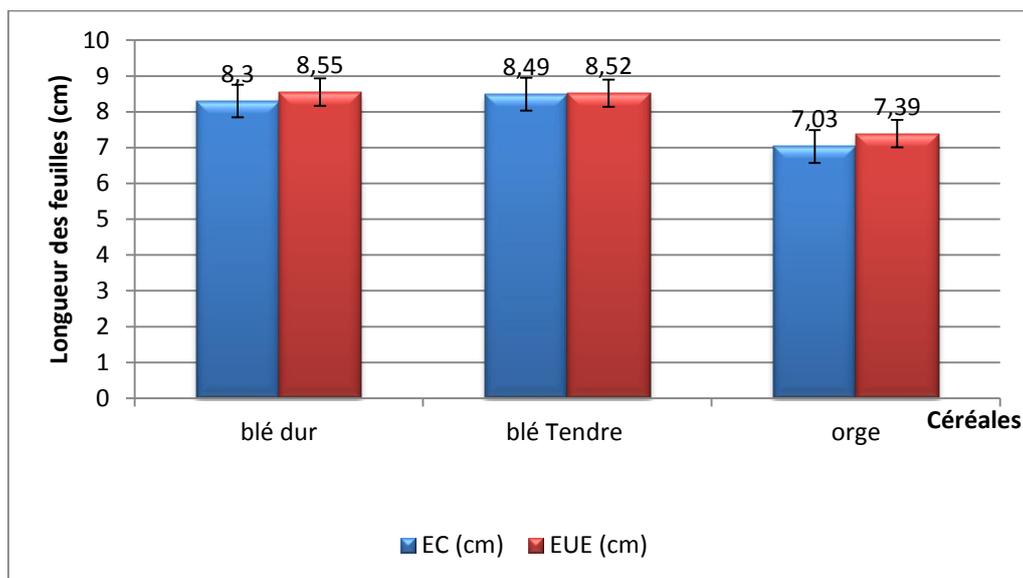
### 5.4.3. Orge (*Hordeum vulgare* L.) :



**Figure 12:** Evolution de la longueur des feuilles (L) de l'orge traité par l'eau usée épurée EUE et l'eau de robinet EC (Témoin) en fonction du temps.

## Partie 02 : partie expérimentale

Nous représentons dans la figure suivante :



**Figure 13:** Représentation de la moyenne de la longueur des feuilles pour l'orge, blé tendre et le blé dur traités par l'EUE et l'EC après 10 jours d'irrigation

L'évolution de cette longueur pour les différentes variétés irriguées par les deux qualités d'eau est représentée par les **figures 10, 11, 12**. D'après les résultats que nous avons enregistrés, nous avons constaté que l'irrigation par les eaux usées épurées favorise légèrement la croissance de la longueur des feuilles comparativement à l'irrigation par l'eau de robinet et cela reste constatable pour toutes les variétés testées (blé dur, blé tendre et l'orge). La **figure 13** représente la longueur moyenne des plantes de ces espèces qui ne varie pas tellement selon la qualité d'eau utilisée, pour l'orge, elle est de 7,03cm pour les plants irrigués par l'eau de robinet, alors qu'elle augmente un peu pour les plants irrigués par l'eau usée traitée (7,39cm).

Pour le blé dur la moyenne de la longueur des feuilles que nous avons enregistrée est de 8,30 cm pour les plants irrigués par l'eau de robinet, cependant, elle est de 8,30 cm pour ceux irrigués par l'eau usée traitée. Par contre, la moyenne de la longueur des feuilles du blé tendre est de 8,49 cm pour les plants irrigués par l'eau de robinet, alors que pour les plants irrigués par l'eau usée traitée est de 8,52 cm.

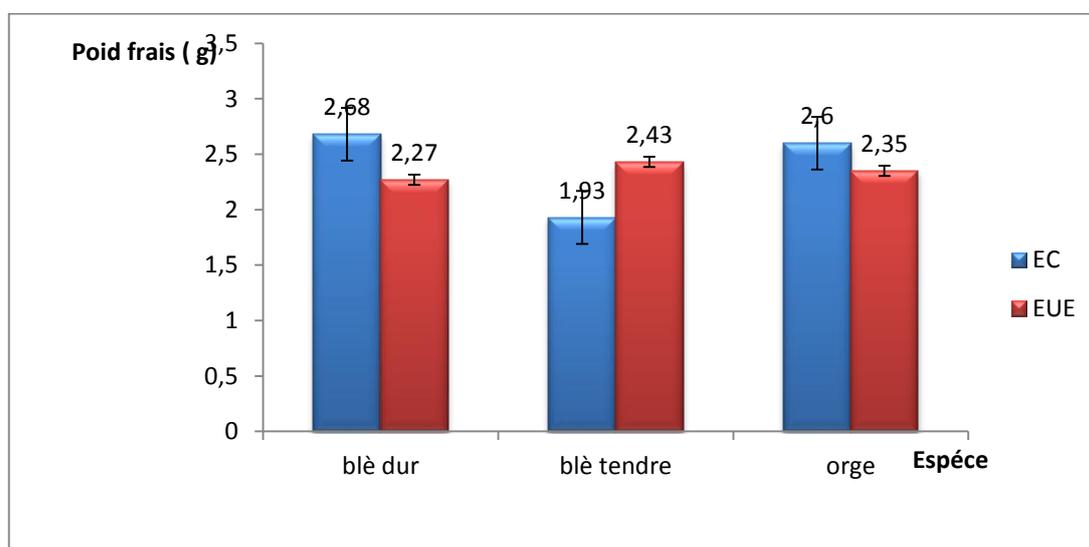
L'irrigation par les eaux usées épurées ne semble pas avoir un impact important sur la longueur des feuilles et cela pour les trois variétés testées comparativement avec les travaux de (Hannachi, 2016) qui a remarqué une bonne croissance et développement chez tous les paramètres phéno-morphologiques influencées par les EUE. [6]

### 5.5 Action de l'EUE sur la biomasse aérienne (poids frais, poids sec) du blé dur, blé tendre et l'orge

D'après les résultats que nous avons obtenus, nous avons remarqué une variation de la biomasse aérienne des plants des trois espèces que nous avons utilisées à savoir le blé dur, blé tendre et l'orge en fonction de la qualité d'eau d'irrigation.

#### 5.5.1 Estimation du poids frais

Nous représentons dans la figure suivante les moyennes du poids frais de la partie aérienne obtenues pour les différentes variétés irriguées par l'EUE et EC.



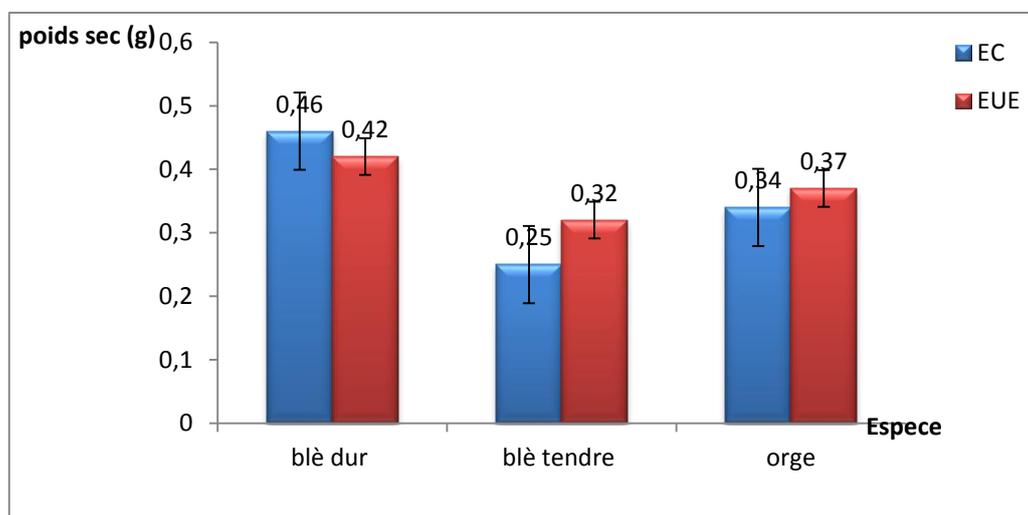
**Figure 14:** variation du poids frais de la partie aérienne du blé dur, blé tendre et l'orge en fonction du type d'eau d'irrigation (EUE et l'EC).

D'après les résultats que nous avons obtenus, les poids frais les plus élevés sont notés pour les plantes irriguées par les EC, en effet, la valeur la plus élevée est celle observée pour le blé dur qui est de l'ordre de 2.68 g suivi par la variété de l'orge avec une valeur de 2.6g.

Cependant, il ya que la variété du blé tendre où l'effet positif de l'irrigation par l'EUE s'est apparait avec une moyenne du poids frais de 2.43 g qui reste supérieure à celle obtenue pour les plants irrigués par l'EC qui est de 1.93g.

### 5.5.2 Estimation du poids sec

Nous représentons dans la figure suivante les moyennes du poids sec de la partie aérienne obtenues pour les différentes variétés irriguées par l'EUE et EC.



**Figure 15:** variation du poids sec de la partie aérienne du blé dur, blé tendre et l'orge en fonction du type d'eau d'irrigation (EUE et l'EC).

D'après les résultats que nous avons obtenus, la moyenne du poids sec pour les cultures étudiées est variable, il convient à noter que les poids secs des variétés du blé tendre et d'orge, qui sont irriguées par l'EUE, sont supérieurs à ceux que nous avons obtenus par l'EC avec des valeurs ( $0.32g > 0.25g$ ) pour le blé tendre et ( $0.37g > 0.34g$ ) pour l'orge respectivement, ces valeurs concordent avec les résultats observés dans les autres travaux : travaux de (Fars et *al.*, 2003), (Mohammad Rusan et *al.*, 2007), qui ont constaté une élévation de la biomasse chez les plantes fourragères qui sont irriguées par les EUE [41] [42]. Ceci est dû à la contenance des éléments chimiques dans les EUE, ce qui provoque une meilleure assimilation des apports nutritifs notamment les composés azotés. Ces derniers induisent une production photosynthétique importante dans des feuilles [43]

Par contre, nous avons remarqué que la variété du blé dur irriguée par l'EC présente un poids sec légèrement supérieur aux plants traités par l'EUE ( $0.46g > 0.42g$ ).

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Les résultats obtenus permettent d'affirmer que la composition chimique des eaux usées épurées de la station de Sour El Ghozlane présente un potentiel dans la valorisation des eaux notamment pour l'irrigation certaines cultures.

Ces résultats d'analyses obtenus lors de nos expérimentations présentent des valeurs qui sont en grande partie conformes aux normes nationales et internationales qui règlemente une eau d'irrigation. En effet, ces eaux peuvent véhiculer des concentrations en éléments chimiques affectant positivement ou négativement l'évolution physiologiques de ces cultures, par conséquent il faut rester vigilant quand à l'utilisation des eaux usées épurées en agriculture

Nos résultats montrent aussi que l'irrigation de la variété du blé tendre semble répondre favorablement à l'utilisation des eaux usées épurées da la station d'épuration de Sour El Ghozlane par rapport à l'eau conventionnelle (Témoin). Cela peut être dû à sa meilleure assimilation grâce aux apports nutritifs de ces eaux. Ce qui a donné des résultats positifs sur la biomasse et sur le taux de germination contrairement au blé dur et l'orge où leur rendement a été favorisé beaucoup plus par l'eau de robinet (l'eau conventionnelle).

Donc on peut conclure que la composition des EUE de la station Sour El Ghozlane influence d'une façon directe ou indirecte la germination ainsi que la croissance. L'efficacité et l'efficience de la réutilisation de ces eaux en agriculture, impose la prise en compte de la composition initiale des sols, de la charge en éléments nutritifs et surtout le type de culture utilisée, de plus la valorisation de cette eau préserve les ressources naturelles.

Dans le cadre d'un travail futur, il est souhaitable :

- D'analyser d'avantage les facteurs qui favorisent la réutilisation de ces eaux, d'étudier les éléments qui peuvent influencer négativement et positivement sur la germination, la croissance et les rendements
- La recherche des conditions optimales de l'usage direct ou combiné des eaux avec d'autres ressources ou carrément régulariser les apports excessifs dans ces eaux par des technologies durables.

## Conclusion générale

---

- Tester ces eaux usées épurées sur plusieurs types de cultures notamment fourragères et ornementales.
- De minimiser les inconvénients que peuvent rapporter ces eaux.

## Références bibliographiques

---

1. Mehaiguen M , Touhari F, Rahmouni A (2018) . Réutilisation des eaux usées épurées de la STEP d'Ain Defla à des fins agricoles. *Sagren***02** (1) : 26-40.
2. Chachoua M, Seddini A (2013). Etude de la qualité des eaux épurées par le lagunage naturel en Algérie. *Afrique Science*, **09** (3) :113-121.
3. Tamrabet L (2011). *contribution a l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage*. Thèse de Doctorat en Science , université hadj lakhdar , Batna, 147 p.
4. Belaid N (2010) . *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques*. Thèse de Doctorat en Science , Université de Sfax , Tunisie ,236 p.
5. Rahal-Bouziane H ( 2015) . L'orge En Algérie: Passé, Présent Et Importance pour la sécurité alimentaire, face aux nouveaux défis. *Recherche Agronomique* , **27**(01) :1-24 .
6. Hannachi A , Khelfi S, Souileh N (2016) . Effet de l'irrigation par des eaux usées traitées (EUT) sur une culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Revue Agriculture*, **12**: 40-46.
7. Odoulami L ( 2009 ) .*La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de cotonou (république du bénin)*. Thèse de Doctorat, Université d'abomey-calavi, Cotonou, 230p .
8. Rouissat B ( 2011) . La gestion des ressources en eau en Algérie: Situation, défis et apport de l'approche systémique. *Revue de l'économie et le management*, **10**: 1-15.
9. Benblidia M (2011) . L'efficience d'utilisation de l'eau et approche économique. *Plan Bleu, Centre d'Activités Régionales PNUE/PAM* : 9-12.
10. Mozas M , Ghosn A ( 2013) .Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie. Rapport de l'institut de prospective économique du monde méditerranéen (IPEMED) : 27p.

## Références bibliographiques

---

11. Tiercelin J-R ( 2008 ) .*L'eau et les espaces verts*. TEC &DOC, Paris ,143 p.
12. Rejsek,F (2002).*Analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques*.Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, Bordeaux ,360 p.
13. Baumont S (2014).*Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. Ecole Nationale Supérieure Agronomique ,Toulouse ,222p.
14. FAO (2003 ). *Irrigation avec les eaux usées traitées: manuel d'utilisation*. Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord. Caire Egypte, 68 p.
15. Sekkoum M,Yamani K , Cheriti A, Draoui B (2012). Gestion des eaux conventionnelles en regions arides et semi arides par la réutilisation des eaux usées épurées( cas d'Igli Bachar -Algérie ).*Eau et climat du maghreb* , **1** : 1-12.
16. Moussaoui R, Benhabib A (2015) La réutilisation des eaux usée traitées et l'agriculture.*Les cahiers du MECAS* , **11**: 82-97.
17. Hartani T (2004) . La réutilisation des eaux usées en irrigation: cas de la Mitidja en Algérie.*Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée* : 1-11 .
18. El Haité H (2010) . Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation.Thèse de Doctorat en science,Ecole Nationale Supérieure des Mines,Sain-Etienne , 205 p.
19. Hannachi A ,Gharzouli R, Y.D. TABET,(2014) . Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. *Larhyss Journal*, **19**:51-62 .
20. Journal Officiel de la République Algérienne ( 2007) .Décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent . Journal Officiel, n° 35 , du 23 mai 2007, p 9-12.
21. S.E.E.E (2007) .*Norme de qualité des eaux destinées à l'irrigation*. Maroc, 2 p.

## Références bibliographiques

---

22. Hannachi A(2018) . Les politiques publiques du recyclage des eaux usées traitées en agriculture périurbaine : Enquête auprès des acteurs de la filière à Batna (Algérie).Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif ,203 p.
23. Teyssandier M, Duclovel-Pame N (2012) . *Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries* .l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, 150 p.
24. Boudreau A, Ménard G (1992) . *Le blé :éléments fondamentaux et transformation*. Dominique Jonson ,Sain-Foy,435 p.
25. Djermoun A (2009) . La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie*, **1** :45-53.
26. Boulal H, Zaghouane O, El Mourid M, Rezgui S ( 2007) .*Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie)*. ITGC, INRA, ICARDA,Algérie , 176p .
27. Fourar-Belaifa R, Fleurat-Lessard F (2015). Évaluation expérimentale de la sensibilité aux attaques du charançon du riz de variétés d'espèces céréalières cultivées en Algérie. *Cahiers Agricultures*, **24**(5): 283-291.
28. Bolot S , Abrouk M ,Masood-Quraishi U, Stein N, Messing J ,Feuillet C Salse J (2009) .The 'inner circle'of the cereal genomes. *Current opinion in plant biology*, **12**(2): 119-125.
29. Soltner D (2012).*Les grande productions végétales*.Sciences et Techniques Agricoles, Bressuire ,472p .

## Références bibliographiques

---

30. Bendarradji L (2013) . Selection in vitro pour la tolérance aux stress salin et thermique chez le blé tendre (*triticum aestivum* L.). Thèse de Doctorat en Biotechnologie Végétale ,Université Constantine -1-,Constantine, 143p .
31. Louali Y(2016). Production de génotypes mutants chez le blé dur (*Triticum durum*) :une source de variabilité génétique pour la tolérance à la sécheresse. Thèse de Doctorat en Biotechnologie et Génomique Végétale, Université des Frère Mentouri, Constantin, 169p.
32. Rahal-Bouziane H (2016). Etude de la diversité génétique et des potentialités agronomiques et fourragères de génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) traditionnellement cultivés en Algérie. Thèse de doctorat en Science Agronomique ,Ecole National d'Agronomie ,El-Harrach , 135p.
33. SlaferG A, Molina-Cano J, Savin R, Araus J, Romagosa A (2002) .*Barley science: Recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality*.Foud product press ,London , 544p.
34. Mihoub A, Chaoui A,El Ferjani E(2005). Changements biochimiques induits par le cadmium et le cuivre au cours de la germination des graines de petit pois (*Pisum sativum* L.). *Comptes Rendus Biologies*, **328**(1): 33-41.
35. Bednarak J (2012). *Analyse fonctionnelle de TaGW2, une E3 ligase de type RING, dans le développement du grain de blé tendre (Triticum aestivum)*.Thèse de doctorat en Physiologie et génétique moléculaire, Université Blaise Pascal -Clermont- Ferrand II ,Auvergne, 468p.
36. Gurnade J.-C, Malet P (1981) .Macrophysiologie de la maturation du blé d'hiver en conditions naturelles (1) II.-Liaisons entre la sénescence du maître-brin et la maturation des grains chez la variété" talent". Intérêt pour la télédétection. *Agronomie*,**1**(4): 255-260.

## Références bibliographiques

---

37. Google earth (2018) [en ligne]. Disponible sur :<https://www.google.com/intl/fr/earth/>
38. Rodier J (2005). *L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.* (8<sup>e</sup>ed) , Dunod, Paris, 1384 p.
39. Mouhanni H , Bendou A (2011) . Impact de la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation sur la croissance du gazon .*Revue internationale d'héliotechnique*,**43**:14-21.
40. Genest j, Dionne J (1976). Influence du dalapon et des éléments n, p, k sur la germination et le début de la croissance de trois légumineuses fourragères (lotus corniculatus, medicago sativa et trifolium repens). *Canadian journal of plant science*, **56**(3): 665-672.
41. Fars S, Bousselhaj K, Nejmeddine A, Ouazzani N, Laghmari A, Bouadili A (2003). *Réutilisation d'une eau résiduaire brute et purée en agriculture: Disponibilité de l'azote et troismétaux lourds (Cu, Cd et Cr).* Séminaire internationale: Réutilisation des eaux usées traitées et des sous-produits de l'épuration: optimisation, valorisation et durabilité, Tunis, Tunisie.
42. Mohammad Rusan MJ , Hinnawi S , Rousan L(2007). Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. *Desalination*,**215**,(1-3):143 152.
43. Boudouh Y(2013) .*Evaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'oignon « Allium cepa ».* Thèse de Doctorat en Biologie, Université Badji Mokhtar ,Annaba,158p.

## Annexes

---

### Annexe 01 : l'échelle d'interprétation du pH du sol

Le pH	Nature du sol
Inferieur à 5.5	Fortement acide
De 5.5 à 6.5	Acide
De 6.5 à 6.8	Très légèrement acide
De 6.8 à 7.2	Voisin de la neutralité
De 7.2 à 7.5	Légèrement alcalin
De 7.5 à 8.5	Alcalin
Supérieur à 8.5	Fortement alcalin

### Annexe 02 : Classe de salinité du sol en fonction de la conductivité électrique

	Désignation	Mmhos/cm à 25C°
0	Non salé	< 2,5
1	Faiblement salé	2,5 -5
2	Moyennement salé	5-10
3	Salé	10- 15
4	Fortement salé	15-20
5	Très fortement salé	20-27.5
6	Excessivement salé	27.5-40
7	Hyper salé	>40