



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Larbi Tebessi –Tebessa-

Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie

Département Etres vivants

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

En : Science biologique

Option : Ecophysiologie végétale

Préparer Par :

Melle. GASMI Souraya & Melle. BRAKNI Hadjer

Intitulé :

**Effets du traitement du sol in vitro par les eaux usées
traitées sur une culture céréalière**

(Triticum durum Desf.)

Devant le jury :

Dr . SOUABI Hana	M.C.A	Université de Tébéssa	Présidente
Dr. DEKAK Ahmed	M.C.A	Université de Tébéssa	Rapporteur
Dr . FATMI Hindel	M.C.B	Université de Tébéssa	Examineur

Date de soutenance : 15 / 06 / 2021

Résumé

A fin de comprendre la comportement morphologique et biochimique d'une variété céréalière aux traitements par les eaux épurée d'une station d'épuration qui sont déjà utilisées comme des eaux d'irrigation pour les parcelle agricoles avoisinante de la station d'épuration.

Notre est axé sur l'étude du comportement morphologique comme la germination, le poids et la longueur ainsi que la biomasse des plantules de la variété, tester le system oxydatif protecteur chez la variété céréalière (Blé dur :*Triticum durum Desf.* Variété : Vitron) par le dosage de certains bio-marqueurs biochimique Protéines soluble et la proline et enzymatique qui sont Polyphénoloxidase (PPO), Ascorbate peroxidase (APX), Catalase (CAT).

A la lumière des résultats obtenus on peut conclure que la durée d'exposition aux traitements fait diminuer la longueur et le poids ainsi que la biomasse fraiche des plantules. Le traitement des plantes par l'EE à un effet négatif précoce sur le poids de la partie aérienne et en contre partie il améliore la réponse des plantes au stress par l'activation du système oxydatif protecteur.

Mots clés : Blé dur ; Eau épurée ; Comportement morphologique ; Système oxydatif

المخلص

لدراسة المظهر المورفولوجي والكيميائي الحيوي لمجموعة متنوعة من الحبوب عند معالجتها بالمياه المستعملة المعالجة في محطة تنقية المياه عين البيضاء ولاية ام البواقي التي تستخدم بالفعل كمياه لري الأراضي الزراعية المجاورة لمحطة التنقية.

حيث تم التركيز على دراسة المظهر المورفولوجي مثل الانتاش والوزن والطول وكذلك الكتلة الحيوية لنبات القمح ، لاختبار نظام الأكسدة في (القمح القاسي: *Triticum durum* Desf. النوع: Vitron) عن طريق فحص بعض المؤشرات الحيوية الكيميائية البروتينات القابلة للذوبان و البرولين والأنزيمات وهي بوليفينول اوكسيداز (PPO) ، أسكورات بيروكسيداز (APX) ، كاتلاز (CAT).

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها ، يمكن الاستنتاج أن مدة التعرض للمياه المعالجة تقلل من الطول والوزن وكذلك الكتلة الحيوية الطازجة للشتلات. إن معالجة النباتات باستخدام المياه المستعملة المعالجة لها تأثير سلبي مبكر على الوزن العلوي للنباتة وفي المقابل استجابة النباتات للإجهاد عن طريق تنشيط نظام الأكسدة

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب؛ المياه المعالجة ، المظهر المورفولوجي؛ نظام الأكسدة .

Abstract

In order to understand the morphological and biochemical behavior of a cereal variety when treated with purified water collected from purification station which is already used as irrigation water for the agricultural plots neighboring the purification station.

Our work is focused on the study of morphological behavior such as germination, weight and length as well as the biomass of seedlings of the variety, testing the protective oxidative system in the cereal variety (Durum wheat: *Triticum durum* Desf. Variety: Vitron) by assaying certain biochemical biomarkers Proteins and proline followed by testing enzymatic activities which are Polyphénoloxidase (PPO), Ascorbate peroxidase (APX), Catalase (CAT).

Finally the results obtained, it can be concluded that the duration of exposure to the treatments reduces the length and weight as well as the fresh biomass of the seedlings. The treatment of plants with purified water has an earlier negative effect on the weight of the aerial part of seedlings and in return it improves the response of plants to stress by activating the protective oxidative system.

Keywords: Durum wheat; Purified water; Morphological parameters; Oxidative system

شكر و تقدير

أولاً نشكر الله تعالى على منحنا الشجاعة والقوة والصبر لإتمام هذا العمل المتواضع.

كما نود أن نشكر المشرف **الدكتور دقاق أحمد** ، محاضر في جامعة العربي التبسي ، على قبوله قيادة هذا العمل ، ولديه اللطف والصبر لمساعدتنا طوال هذا العمل ، وتشجيعه المستمر ، و نصائحه حتى نتمكن من إنهاء عملنا.

كما نتوجه بالشكر أيضا للدكتورة **سواحى هناء** محاضرة في جامعة العربي التبسي ، لنا عظيم الشرف برئاسة لجنة التحكيم ونصائحتها القيمة ومساعدتها المعنوية خلال دورة دراستنا الجامعية.

كما نود أن نشكر من أعماق قلوبنا الدكتور **فاطمي هندال** محاضر في جامعة العربي التبسي ، شرفنا بمراجعة أعمالنا ونصائحه.

أيضاً لفريق المختبر بأكمله في كلية العلوم الطبيعية والحياة الذين دعمونا و ساعدونا وشجعونا طوال إكمال هذه الرسالة.

Dédicace

Après de sincères remerciements à Dieu. Avec de bons sentiments, j'ai consacré cet

humble travail

En signe de respect et d'appréciation respectivement.

A mes chers parents (Mohamed, Mayofa)

A mes chers frères (Abdul Qadir, Abd al-Rahman, Atef al-Sadiq, Muhammad)

À mes sœurs (Laila, Linda, Karima, Lamia, Hana)

Aux filles, Shahd Hallouma, Gad, Iyad, Qatar Al-Nada, Louay, Qusai, Adam

À l'amie d'une vie, NourAl-Huda, et à ma petite fille et bien-aimée du cœur, Mona

Pour tous les membres de la famille parentale et tous les membres de la famille

parentale

A mes amies que j'ai vécu avec elles des beaux moments au cours de cursus à

l'université.

A tous mes amis proches Nisreen, Marwa, Wafa, Rahma, Amani, Mona, Rabab Rawiya

A tous mes revalorisés en Master 2 Ecophysiologie Végétale et à tous ceux qui

Mon succès est important pour eux.

Souraya

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes Parents et très chers frères Sami, Anouar, Yacine et Hamma.

Je tiens à partager les succès de mon cursus Universitaire avec mes amis Randa, Hana, Hind, et Hamma.

Hadjer

Liste des figures :

N°	Titre	page
01	Coupe de graine de blé	5
02	Structure d'un épi et épillet du blé	6
03	Différents stades de développement du blé	8
04	Schéma générale de différent traitement des eaux usées	13
05	Carte géographique présente la station d'épuration de Ain Beida	19
06	Une carte de localisation de la STEP Ain Beida	20
07	Technique de culture	22
08	Effets des eaux de traitement sur la germination	26
09	Effets des eaux de traitement sur le poids de la partie racinaire et la partie aérienne	27
10	Effets des eaux de traitement sur la longueur de la partie racinaire et la partie aérienne	30
11	Effets des eaux de traitement sur la concentration en protéine solubles au niveau des feuilles	32
12	Effets des eaux de traitement sur la concentration en proline au niveau des feuilles	34
13	Effets des eaux de traitement sur la concentration en proline au niveau des racines	35

14	Effets des eaux de traitement sur la concentration de polyphénoloxidase dans les racines	37
15	Effets des eaux de traitement sur la concentration de polyphénoloxidase dans les feuilles	37
16	Effets des eaux de traitement sur l'activité de l'ascorbate peroxydase des feuilles	38
17	Effets des eaux de traitement sur la concentration de l'ascorbate peroxydase des racines	39
18	Effets des eaux de traitement sur l'activité de catalase au niveau des racines	40
19	Effets des eaux de traitement sur l'activité de catalase au niveau des feuilles	41

Liste des tableaux :

N°	Titre	Page
01	Classification botanique de blé	3
02	Principales caractéristiques physiques des graines de blé	10
03	Localisation et mécanisme de production des espèces réactives de l'oxygène dans les cellules végétales	16
04	Données techniques de la STEP de Ain El Beida wilaya Oum El Bouaghi	20
05	Caractéristiques des variétés étudiées	21
06	Dispositifs expérimentales	23
07	Analyses physiques du sol	26
08	Analyses de variance du taux de germination des graines	27
09	Analyses de variance de partie racinaire et de partie aérienne	28
10	Analyse de variance des poids de la partie aérienne	28
11	Analyse de variance de biomasse (poids de la partie aérienne /poids de la partie racinaire)	29
12	Analyse de variance LPR	30
13	Analyse de variance LPA	31

14	Analyse de variance de LPA /LPR	31
15	Analyse de variance pour la concentration des protéine solubles des feuilletts	33
16	Analyse de variance concentration des protéine solubles des racines	33
17	Analyse de variance des concentrations de proline au niveau des feuilles	35
18	Analyse de la variance des concentrations de proline Au niveau des racines	35
19	Analyse de la variance des concentrations de proline Au niveau de la plante	35
20	Analyse de variance de PPO au niveau des racines	36
21	Analyse de variance de PPO au niveau des feuilles	37
22	Analyse de variance de PPO en fonction traitement et parties de la plante	37
23	Analyse de variance (APX) au niveau des feuilles	38
24	Analyse de variance (APX) au niveau des racines	39
25	Analyse de variance APX en fonction de traitement et parties de la plante	40
26	Analyse de variance de catalase au niveau des racines	41
27	Analyse de la variance de concentration de catalase au niveau des feuilles	41

28	Analyse de variance catalase en fonction de traitement et parties de la plante	42
-----------	--	-----------

Listes d'abréviation :

Abréviation	Mot
APX	Ascorbate peroxydase
ASC	Acide ascorbique
BBC	Bleu brillant de Coomassie
BSA	Bovine sérum albumine
CAT	Catalase
CE	Conductivité électrique
CM	Carrés moyens
DHA	Déhydroascorbique
DO	Densité optique
ED	Eau distillée
EE	Eau épurée
ENR	Espèces Nitrées Réactives.
ERO	Espèces réactives d'Oxygénées.
GSH	Glutathion
H2O2	Peroxyde d'hydrogène

LPA	Longueur partie aérienne
LPR	Longueur partie racinaire
MDHA	Monodéhydroascorbate
ONA	Office national d'assainissement
POX	Peroxydase
PPO	Polyphénoloxidase
STEP	Station d'épuration

Table des matières

Introduction	1
Chapitre I : Revue bibliographique	
1 .Présentation et caractéristique du blé dur	3
1 .1. Généralité sur le blé dur	3
1 .2.L'origine génétique du blé dur	3
1.3.L'origine géographiques du blé dur	3
1 .4 . Classification botanique	4
1.5. biologie et cycle de développement du blé	4
1.5.1. caractères morphologique	4
1.5.1.1 . Le grain	4
1.5.1.2. les enveloppe des fruits	4
1.5.1.3. Le germe	4
1 .5.1.4. L'albumen ou amande	4
1.5.2. L'appareil végétatif	5
1.5.2.1. L'appareil racinaire	5
1.5.2.2.Système secondaire	5
1 .5.3. L'appareil aérienne	5
1.5.4.Reproducteur	5
1.5.5. les stades et phases repères	6
1 .5.6. Processus physiologique relatifs aux différents stades phénologique	7
1.5.6.1. Germination	7
1.5.6.2. Tallage	7
1.5.6.3. Montaison – gonflement	7
1.5.6.4. Epiaison	7
1 .5.6.5. Remplissage du grain	7
1.5.7. Composition biochimique du graine de blé	8
1.5.7.1. L'eau	8
1 .5.7.2. Les glucides	9
1.5.7.3.Les protéines	9
1.5.7.4.Les lipides	9
1.5.7.5.Autre constituants	9
1.5.7.5.1. Minéraux	9
1.5.7.5.2.Vitamine	9
1.5.7.5.3.Enzyme	9
02. Généralité sur les eaux usées	10
2 .1.Définition	10
2.2.les différents types des eux usées	10
2 .2.1. les eaux usées urbaines	11
2.2.2.Les eaux industrielles	11
2.3. Epuration des eaux usées	11
2.3.1. Présentation d'un système d'épuration	11
2.3.1.1.Fonction des station d'épuration	11
2.3.1.2.Méthode de traitement des eaux usées	12
2.4. Réutilisation des eaux usées épurées	13
2 .4.1. Principale voix de réutilisation des eaux usées épurée	13
2.4.2 Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture	14
2.5.Intérêt et limitation de la réutilisation des eaux usées en agriculture	14
03. le stress oxydatif chez les végétaux	15

3.1. Les radicaux libres	15
3.2. Les espèce réactif de l'oxygène(ERO)	15
3.3. Système antioxydant	16
3.4. Le biomarqueur non enzymatique	16
3.4.1. L'ascorbate	17
3.5. Les biomarqueur enzymatique	17
3.5.1. Catalase (CAT)	17
3.5.2. Le peroxydase (POX)	17
3.5.3. Ascorbate peroxydase (APX)	17

Chapitre II : Matériel et Méthode

1.1.Présentation du site d'étude : STEP Ain Beida	19
1.1.1. La situation géographique de la ville de Ain Beida	19
1.1.1.1. Les donnés technique de la STEP	20
1.2.Présentation du Matériel végétale	21
1.2.1. Technique de culture	21
1.3.Les Paramètres étudiés	23
1.3.1.Paramètres Morphologique	23
1.3.2. Paramètres biochimique	23
1.3.2.1.Dosage des protéines soluble	23
1.3.2.2.Dosage de la proline	24
1.3.2.Paramètres enzymatique	24
1.3.2.1. Dosage de l'activité Ascorbateperoxydase (APX)	24
1.3.2.2. Dosage de l'activité Polyphenoloxidase (PPO)	25
1.3.2.2.Dosage de l'activité catalase (CAT)	25
1.4.Analyse statistique des résultats	25

Chapitre III : Résultat et discussion

3 .Paramètres physico-chimique du sol	26
3.1. Effet des eaux de traitement sur germination	26
3.2. Effet des eaux de traitement sur de la partie aérienne et racinaires	27
3.3. Effet des eaux de traitement sur la longueur	29
3.4. Effet des eaux de traitement sur la concentration en protéine soluble	32
3.5. Effet des eaux de traitement sur la concentration de proline	35
3 .6. Effet des eaux de traitement sur la concentration de proline dans les racines	34
3.7. Effet des eaux de traitement sur l'activité de polyphénoloxidase (PPO) au niveau des racines	36
3.8. Effet des eaux de traitement sur l'activité de polyphénoloxidase (PPO) au niveau des feuilles	38
3.9. Effet des eaux de traitement sur l'activité de l'ascorbateperoxidase (APX) au niveau des feuilles	38
3.10. Effet des eaux de traitement sur l'activité de l'ascorbateperoxidase (APX) au niveau des racines	39
3.11. Effet des eaux de traitement sur l'activité catalase(CAT) au niveau des racines	40
3.12. Effet des eaux de traitement sur l'activité catalase(CAT) au niveau des feuilles	41
Discussion générale	43

Conclusion

Référence bibliographique

Les annexes

Introduction

l'eau, c'est la vie, a-t-on l'habitude de dire. C'est en effet le solvant universel; il est composé d'oxygène et d'hydrogène qui, avec le carbone sont indispensables à la formation cellulaire (**Hertig et Fallot, 2006**). L'eau est un facteur limitant du développement de l'agriculture, la rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique (**Hannachi et al., 2014**).

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est une interface entre l'air et le sol (**Zella, 2007**). L'épuration des eaux, est un ensemble de techniques, consistant à purifier l'eau, soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable. Les stations d'épurations constituent une autre voie d'élimination des eaux usées, dans la mesure où celles-ci y subissent toute une batterie de traitements avant leur déversement dans le milieu naturel (**Brière, 1994**).

D'après un rapport publié par l'Office National d'Assainissement (**ONA**) en 2015, l'Algérie compte 120 stations d'épuration, produisent un volume de 14,6 millions de mètres cubes par mois d'eaux usées épurées. Toutefois, ce volume reste très réduit par rapport aux grandes quantités d'eaux produites, qui sont toujours déversées dans les différents milieux naturels (**Saadi et LahmerFares, 2018**).

Les céréales représentent une ressource importante assurant aussi bien pour la consommation humaine et l'alimentation du bétail. Elles tiennent la première place quant à l'occupation des surfaces agricoles, dont 70 % de ces terres agricoles mondiales sont emblavées en céréales (**Riley et al., 2009**).

Le type des céréales qui nous avons utilisé est le Blé Dur *triticum* qui constitue un élément essentiel dans la structure de la consommation des céréales. Il est, dans la civilisation occidentale et au Moyen-Orient, un composant central de l'alimentation humaine. Il contribue énormément aux apports caloriques et protéiques des populations de plusieurs pays. (**Slamaet al., 2005**).

Malheureusement, la production du blé reste faible, par conséquent notre pays a souvent recours à l'importation du produit afin d'atténuer ce déséquilibre. Les faibles productions se justifient principalement pour les faibles rendements récoltés à travers les campagnes (**Bellatreche et Gaouar, 2016**).

Introduction

Notre travail est axé sur l'étude des effets du traitement du sol *in vitro* par les eaux usées, eau distillée et eau usées traitées dans une station d'épurations sur une culture céréalières (Blé dur : *Triticum durum* Desf. Variété : Vitron).

Le travail est axé sur l'étude du comportement morphologique comme le poids et la longueur ainsi que la biomasse des plantule de la variété, tester le system oxydatif protecteur chez la variété céréalière par le dosage de certains bio-marqueurs biochimique et enzymatique.

A fin de comprendre la comportement morphologique et biochimique d'une variété céréalière aux traitements par les eaux épurée d'une station d'épuration qui sont déjà utilisées comme des eaux d'irrigation pour les parcelle agricoles avoisinante de la station d'épuration

Chapitre I : Revue bibliographique

1. Présentation et Caractéristique du Blé dur

1.1 Généralité sur le blé dur

Le blé constitue l'une des principales cultures dans le globe. Les produits issus de sa Transformation sont utilisés sous différentes formes et constituent des éléments dominants dans les modèles alimentaires de la population mondiale. Il est généralement admis que le blé est des premières espèces à grains à être cultivée à l'est de la méditerranée.

Le blé dur Appartient au genre *Triticum*. Il fait donc partie du groupe des espèces tétraploïdes ($2n = 28$) (MOULE, 1980 ; BOULAL et al., 2006) .

1.2. L'origine génétique du blé dur : appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, Mackey (1968). le croisement naturel de *Triticummonococcum* (porteur du génome A) \times *Aegilops speltoïdes* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticumturgidum*ssp. *dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticumturgidum*ssp.*dicoccum* puis vers *Triticumdurum* (Feillet, 2000) .

1.3. Origine géographique du blé dur (*Triticumdurum*) : a été toujours cultivé dans les régions à climat de type méditerranéen telles que l'Afrique du nord, le sud de l'Europe et le Moyen Orient. (Hannachi et al., 2013).

1.4. Classification botanique

Tableau 01 : Classification botanique du blé (APG III, 2009).

Règne	Plantea
S/règne :	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement :	<i>Phanérogamiae</i>
S/Embranchement :	<i>Magnoliophyta (Angiospermes)</i>
Division :	<i>Magnoliophyta</i>
Classe :	<i>Liliopsida (Monocotylédones)</i>
S/Classe :	<i>Commelinidae</i>
Ordre :	<i>Poales (Glumiflorale)</i>
Famille :	<i>Cyperales</i>
S/Famille :	<i>Poaceae (Graminées)</i>
Tribue :	<i>Pooideae (Festucoideae)</i>
S/tribu	<i>Triticeae</i>

Chapitre I : Revue bibliographique

Genre :	<i>Triticum</i>
Espèce :	<i>T. durum</i> Desf.

1.5. Biologie et cycle de développement du blé

1.5.1. Caractères morphologiques

1.5.1.1. Le grain

Le grain de blé est un caryopse. C'est un fruit sec indéhiscant. Il est de couleur jaune-ambree à violacé selon l'espèce blé dur ou blé tendre et selon la variété. Il présente une partie plane (ventrale) et une partie dorsale légèrement bombée. La base élargie contient le germe et le sommet est garni de petits poils (la brosse). La partie ventrale est fendue par un sillon qui pénètre profondément dans le grain ; cependant la partie dorsale présente une arête plus ou moins prononcée (figure 01) (Gondé, 1986).

1.5.1.2. Les enveloppes du fruit

Elles représentent 14 à 16 % du poids du grain. Elles sont constituées de l'extérieur vers l'intérieur par :

- Le péricarpe : parois de l'ovaire qui comprend l'épicarpe ; le mésocarpe et l'endocarpe.
- Le tégument : enveloppe de la graine qui comprend le tégument séminal et la bande hyaline.
- L'assise protéique : qui représente 60% du poids des enveloppes et constitué de cellules à aleurones, riches en protéines (Soltner, 1987).

1.5.1.3. Le germe

Il représente 2,5 à 3 % du grain et comprend :

- Le cotylédon ou scutellum, séparé de l'amande par une assise diastatique destinée à la digestion future de l'albumen au profit de la plantule.
- La plantule, avec sa gemmule recouverte d'un étui, le coléoptile, sa tigelle courte, radicule, recouverte d'un étui, la coléorhize. Le germe est très riche en matières grasses, matières azotées et vitamines A, E et B (Soltner, 1987).

1.5.1.4. L'albumen ou amande

Il représente 83 à 85 % du poids du grain, est composé de 70% d'amidon et de 7% de gluten. Chez le blé dur l'albumen est corné et vitreux. L'albumen joue un rôle essentiel dans la composition de la semence (Guergah, 1997).

Chapitre I : Revue bibliographique

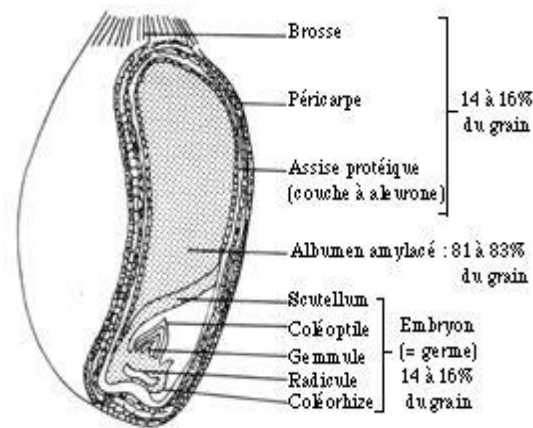


Figure 01 : Coupe de grain du blé (Source : Gerblé)

1.5.2. L'appareil végétatif

L'appareil végétatif comprend l'appareil aérien et l'appareil racinaire :

1.5.2.1. L'appareil racinaire

Il est de type fasciculé, deux systèmes se forment au cours du développement de la plante :

1.5.2.1.1. Un système primaire (racines séminales) : ce système de racines fonctionne de la germination à la ramification de la plante (Grignac, 1965).

1.5.2.1.2. Système secondaire (racines adventives) : c'est un système de racines coronaires ou système de racines de tallage (Grignac, 1965 ; Hazmoune, 1994 ; Hamadache, 2001).

1.5.3. L'appareil aérien

L'appareil aérien est formé d'un certain nombre d'unités correspondantes aux talles, partant d'une zone à la base de la plante appelée plateau de tallage, chaque talle, après développement complet de la plante est formée de tige et de feuilles. Le chaume du blé est une tige cylindrique, formée d'entre noeuds séparés par des noeuds plus ou moins saillants. Chaque noeud est le point d'attache d'une feuille.

1.5.4. Reproducteur

L'inflorescence du blé est un épi. Ce dernier est constitué d'unités de base les épillets. L'épillet est une petite grappe de un à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (inférieure et extérieure). La grappe est incluse entre deux bractées ou glumes, les fleurs sont attachées sur le rachillet. Chaque fleur comporte en général 3 étamines et un ovaire. Les fleurs sont hermaphrodites, le blé est une plante autogame : le pollen d'une fleur pollinise l'ovaire de la même fleur (figure 02) (Anonyme, 1994).

Chapitre I : Revue bibliographique

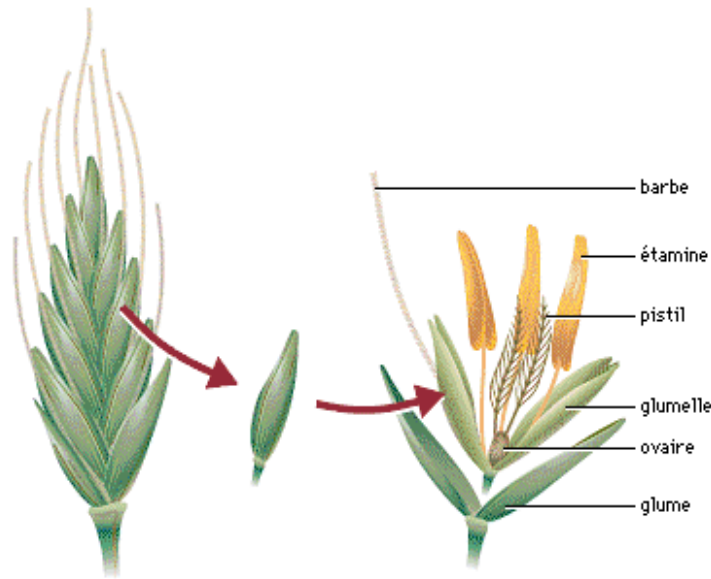


Figure02: Structure d'un épi et épillet du blé (Anonyme, 1994)

1.5.5. Les stades et phases repères

A fin de caractériser le cycle du blé, différentes échelles de notation ont été développées portant soit sur des changements d'aspect externes, soit sur les modifications d'aspect interne des organes reproducteurs.

L'échelle de **Jonardet al. (1952)**, utilisé pour reconnaître les stades par des changements d'aspect externe (Levée, Montaison,.....).

L'échelle de **Zadokset al. (1974)**, utilisé pour reconnaître les stades par modification d'aspect interne (Différenciations de l'épi : stade épi 1 cm...). (**Gate ,1995**).

Plusieurs auteurs ont décrit le cycle de développement du blé en le décomposant en deux périodes: une période végétative, et une période reproductrice. D'autres considèrent que la maturation constitue une troisième période. Les modifications morphologiques résultent à la fois de processus de croissance et de processus de développement.

Ces deux processus sont complémentaires et indissociables. Ils aboutissent à la production de matière sèche, résultant de la transformation de ressources du milieu par l'intermédiaire de capteurs aériens (feuilles: surfaces photosynthétiques) et capteurs souterrains (racines: capteurs d'eau et d'éléments minéraux).

La croissance consiste en une augmentation irréversible des dimensions et du poids des différents organes constitutifs de la plante. C'est une notion quantitative.

Chapitre I : Revue bibliographique

Le développement consiste en l'apparition d'organes nouveaux ou le franchissement par la plante d'une étape différente mais complémentaire à la précédente. C'est une notion qualitative (**Papadakis, 1938**).

Croissance et développement sont mesurés selon plusieurs échelles dont celle de Feekes (**Large et al. 1954**). Une échelle permet la caractérisation des stades repères, elle repose sur la description de la morphologie du Brin maître.

1.5.6. Processus physiologiques relatifs aux différents stades phénologiques

1.5.6.1. Germination - levée

La germination se caractérise par l'imbibition de la semence. La réactivation des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par l'embryon. La radicule se dégage des enveloppes séminales. Le sol est alors percé par le coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille (figure 03) (**Karouet al., 1998**).

1.5.6.2. Tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. Le début du tallage 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 de la 2^{ème} et la 3^{ème} feuille de la tige centrale, l'ensemble restant court noué, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol. Ces talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, lesquelles à leur tour émettent des talles tertiaires (**Belaid, 1986; Gate, 1995**). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (**Gate, 1995**).

1.5.6.3. Montaison – gonflement : Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1 cm, par l'élongation du premier entre-nœud. Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin-maître atteint 1 cm de hauteur à partir de la couronne ou plateau de tallage (**Gate, 1995**).

1.5.6.4. Epiaison- floraison

Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (**Bahlouiet al., 2005b**). Les basses températures au cours de ce stade réduisent fortement la fertilité des épis (**Abbassenne et al., 1998**).

1.5.6.5. Remplissage du grain

Geslin et Jonard (1948) in Mazouz (2006) mentionnent que cette phase se compose de trois étapes :

Chapitre I : Revue bibliographique

- **La première étape** est définie comme une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert.

- **La seconde étape** concerne l'accumulation des assimilés, le poids frais des graines continues à augmenter.

- **La dernière période** est qualifiée de phase de dessiccation, le grain devient dur et de couleur jaunâtre. C'est le stade de la maturation physiologique (Wardlaw, 2002).

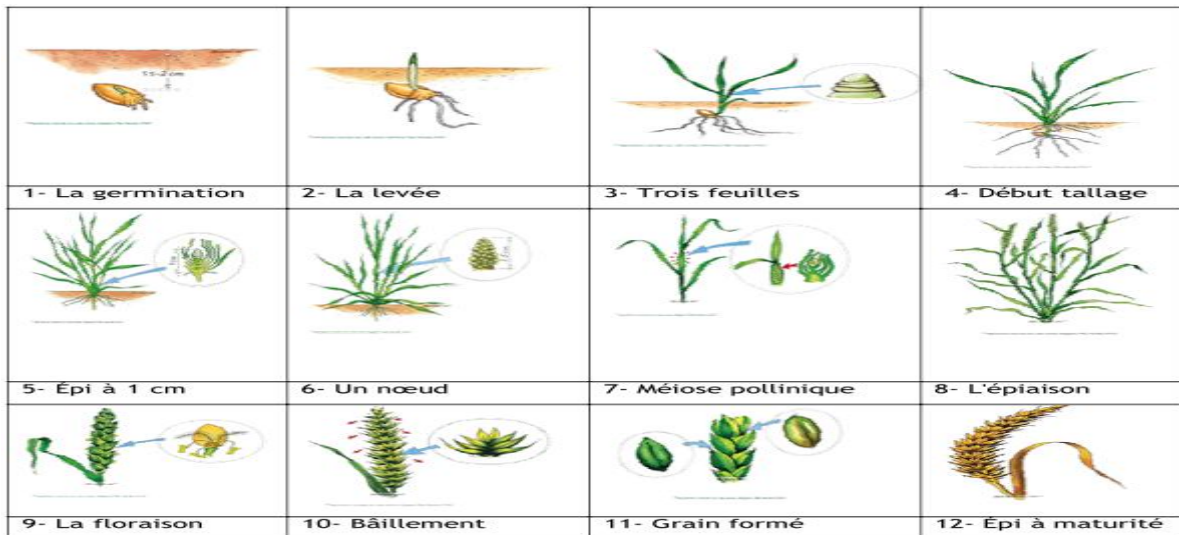


Figure 03 : Différents stades de développement du blé (Casnin et al., (2013) .

1.5.7. Composition biochimique du grain de blé

Les grains de blé sont principalement composés de glucides (65-75% d'amidon et de fibres) et de protéines (7-12%), mais aussi contiennent des lipides (2-6%), de l'eau (12-14%) et des micronutriments. Les grains de blé sont une bonne source de minéraux (en particulier le magnésium) et les vitamines B, et contiennent un certain nombre de molécules présentant une intéressante activité: vitamine E, antioxydant (phénoliques, acides, caroténoïdes, etc.) et des composés actifs tels que les lignanes. (Hemery et al, 2007)

1.5.7.1. L'eau

Le pourcentage de blé en eau varie selon la variété et le temps de récolte. Il est d'environ 13,5%, ce pourcentage a deux effets différents : Il permet d'une part une aptitude de stockage à long durée et inhibe d'autre part le développement des micro-organismes (Fredot, 2005).

Chapitre I : Revue bibliographique

1.5.7.2. Les glucides

L'amidon est l'élément le plus abondant (environ 63-72 %) blé est présent dans l'endosperme (Šramková et al, 2009).

1.5.7.3. Les protéines

Le grain de blé contient environ 12% de protéines, qui se trouvent dans l'endosperme(Šramková et al., 2009).Les protéines de blé ont été classées traditionnellement en fonction de leur solubilité Propriétés .Il était basé sur la solubilité différente des protéines dans divers solvants:

- ❖ Albumine: soluble dans l'eau.
- ❖ Globuline: soluble dans une solution de sel.
- ❖ Gliadine: soluble dans l'éthanol aqueux à 70%.
- ❖ Glutenin: soluble dans l'acide dilué ou alcalin.

1.5.7.4. Les lipides

Contrairement aux fractions amidon et protéine, la fraction lipidique est mineure composant de la graine de blé, constituant environ 3-4% du poids blé complet .Les lipides des grains de blé Bas sur la solubilité sous spécifique conditions d'extraction.(Malik et al., 2009).

1.5.7.5. Autres constituants

1.5.7.5.1. Minéraux

Les minéraux forment une petite partie du grain de blé et une proportion encore plus petite de L'endosperme (environ 1%).Principaux constituants du la fraction minérale sont les Phosphates et les sulfates de K, Mg et Ca. Là sont également des quantités significatives de Fe, Mn, Zn et Cu, ainsi que des traces de nombreux autres éléments (Arendt et zannini, 2013).

1.5.7.5.2.Vitamines

Les chiffres publiés concernant la teneur en vitamines du blé varient considérablement, mais Le grain est considéré comme une source importante de vitamine thiamine, de niacine et de vitamine B6 (Posner, 2000).

1.5.7.5.3. Enzymes

Il y a certainement des centaines, peut-être des milliers, de différents types d'enzymes dans le Blé, puisque pratiquement toutes les réactions qui constituent les activités métaboliques de la Plante sont expulsées et guidées par ces catalyseurs organiques(Posner, 2000).

Chapitre I : Revue bibliographique

1.5.7. Tableau 02 : Principales caractéristiques physiques des grains de blé (Jeantet et al, 2007)

Caractéristique	Blé dur
Espèce	<i>Triticum durum</i>
Aspect	<i>Allongée, sillon ouvert, enveloppe blanches, ambrées, épis barbus</i>
Longueur	<i>6 à 9mm</i>
Largeur	<i>2.5 à 4.0mm</i>
Epaisseur	<i>2.2 à 3.2mm</i>
Rendement	<i>Semoule : 70-75 %</i>
Mouture	<i>Issues : 18-22 %</i>

2. Généralités sur les eaux usées

2.1. Définition

Le terme « eaux usées » concerne les eaux usées de différentes qualités, brutes a diluées, générées par diverses activités urbaines (Raschid-Sally et Jayakody, 2008). Les eaux usées sont utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué qui sont rejetées dans un émissaire d'égout . (Baumontet al., 2004)

2.2. Les différents types des eaux usées

Ondistingue 3 types des eaux usées:

2.2.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout-à-l'égout » (Baumontetal.,2004).

Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières organiques

- Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.)
- et les matières organiques(sucres et les graisses) . (Vaillant, 1974).

Chapitre I : Revue bibliographique

2.2.2. Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent :

- Les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux).
- Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins les espaces verts, les voies publiques et toutes les déchets minéraux et organiques. **(Desjardins, 1997)**.

2.2.3. Les eaux usées industrielles

On peut faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- ❖ Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés....)
- ❖ Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires....).
- ❖ Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, produits pharmaceutiques.....) **(Edline, 1979)** .

2.3. Epuration des eaux usées

2.3.1. Présentation d'un système d'épuration

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

Les stations d'épurations constituent une autre voie d'élimination des eaux usées dans la mesure où celles-ci y subissent toute une batterie de traitements avant leur déversement dans le milieu naturel **(Brière., 1994)**.

2.3.1.1. Fonction des stations d'épuration

Une station d'épuration peut s'apparenter à une usine de dépollution des eaux usées avant leur rejet en milieu naturel, généralement en rivière. Par sa fonction, elle est installée à l'extrémité d'un réseau de collecte des égouts et en amont du milieu naturel. Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées, chacun de ces dispositifs étant conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux **(Vandermeersch., 2006)**.

Chapitre I : Revue bibliographique

2.3.1.2. Méthodes de traitement des eaux usées

➤ **Prétraitement**

Enlèvement des solides grossiers et d'autres grands fragments de l'eau usée brute (FAO., 2003).

Le prétraitement peut comprendre les opérations :(le dégrillage), principalement pour les déchets volumineux, (le dessablage) pour les sables et les graviers et (désuilage ou d'écumage-flottation) pour les huiles et les graisses (Metahri., 2012).

➤ **Traitement primaire**

Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques naturels, filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physicochimiques, tels que la coagulation- floculation (Metahri., 2012).

➤ **Traitement secondaire : Traitement biologique**

Les traitements secondaires également appelés traitements biologiques visent à dégrader la matière organique biodégradable contenue dans l'eau à traiter. (Metahri., 2012).

➤ **Traitement tertiaire**

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie. Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau. Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige (Metahri., 2012).

➤ **Traitement des boues**

Le traitement d'un mètre cube d'eaux usées produit de 350 à 400 grammes de boues. Ces boues, généralement très liquides, contiennent une forte proportion de matières organiques. (Aussel., 2004).

Le traitement a pour but de les conditionner en fonction des filières d'élimination :

Réduction de leur volume par épaissement, Déshydratation, séchage thermique ou incinération.

L'élimination des boues connaît d'importantes évolutions, en particulier au niveau des filières et des débouchés finaux : utilisation agricole, compostage, incinération, récupération d'énergie, envoi en centre d'enfouissement technique (Aussel., 2004).

Chapitre I : Revue bibliographique

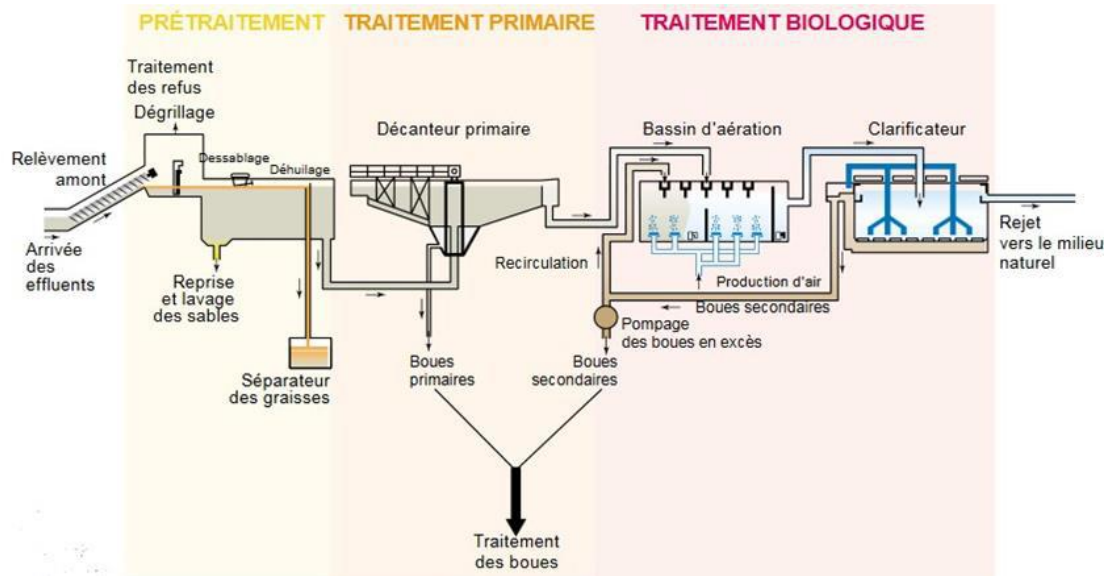


Figure 04: Schéma générale de différent traitement des eaux usées (Aussel *et al.*, 2004).

2.4. Réutilisation des eaux usées épurées

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. (Moussaoui *et al.*, 2015)

Les prévisions de rejet d'eaux usées des zones urbaines sont évaluées à peu près de 1300 millions de m³ en 2020 (Moussaoui *et al.*, 2015) car un certain volume des eaux usées épurées sont rejetées dans les chotts et la mer dont cette ressource est considérée comme perdue et sa valorisation devrait être priorisée et le reste est potentiellement réutilisable en irrigation (Hartani, 2004) cependant la capacité installée d'épuration des eaux usées est estimée à peu près de 365 millions de m³/an (Moussaoui *et al.*, 2015)

2.4.1. Principales voies de réutilisations des eaux usées épurées

Au plan mondial, l'utilisation des eaux usées épurées peut être exploitée et réutilisée qui vient augmenter le potentiel des ressources en eau (El Haité, 2010).

- 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 (El Haité, 2010).

Chapitre I : Revue bibliographique

2.4.2. Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture

L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques d'environ 70 % de l'eau douce, cet accroissement de l'irrigation s'accompagne d'une forte consommation d'eau (Moussaoui et Benhabib,2015).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(Hannachi et al.,2014) .

2.5. 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.
- l'augmentation de la production agricole et la qualité des espaces verts grâce aux différents nutriments apportés par les eaux usées .(FAO ,2003) .

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 .(FAO ,2003) .

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 peut présenter un risque.(FAO,2003) 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. (Moussaoui et Benhabib,2015)

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 traitement des eaux résiduaires, la restriction des cultures pratiquées, et le contrôle de l'exposition humaine tels que les agriculteurs et les consommateurs aux eaux usées épurées (FAO ,2003) .

Chapitre I : Revue bibliographique

3. Le stress oxydant chez les végétaux

Les variations de l'environnement auxquelles sont sujets les végétaux les contraignent à posséder une forte capacité d'adaptation. Lorsque ces changements sont brutaux, ils peuvent provoquer l'apparition d'un stress oxydant caractérisé par la formation d'espèces oxygènes réactives (ERO) et nitrées réactives (ENR). Ce stress peut ainsi provenir de facteurs abiotiques, par exemple dans le cas d'un stress lumineux, d'une sécheresse, d'une exposition au froid, à la chaleur, à l'ultra-violet, ou dans les conditions d'hypoxie (Mittler, 2002). Il peut également être de nature biotique comme l'attaque par des insectes, des animaux ou par des micro-organismes pathogènes tels des virus, des bactéries ou des champignons. Ces facteurs étrangers à la plante vont bouleverser son métabolisme, conduisant à la formation de composés réactifs qui peuvent induire différentes réactions de la plante (Noctor et Foyer, 2000).

3.1. Radicaux libres

On définit par le terme de radicaux libres, tout atome, groupe d'atomes ou molécules qui possèdent sur son orbital externe un électron célibataire non apparié et très réactif par rapport à leur électron célibataire qui va chercher à se rapparer. Un radical libre va, en effet, chercher à se stabiliser au détriment des structures environnantes (Garrel et al. 2017).

3.2. Les espèces réactives de l'oxygène (ERO)

Le terme d'ERO est un terme collectif décrivant à la fois les radicaux de l'oxygène ($O_2^{\bullet-}$, OH^{\bullet} , ROO^{\bullet} , RO^{\bullet}) et ses dérivés non radicalaires (H_2O_2 , $HOCl$, O_2 singulet, O_3). Les ERO sont constamment produites chez les organismes vivants au cours de leur métabolisme normal et en particulier au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale où 1 à 2% de l'oxygène métabolisé est converti en $O_2^{\bullet-}$. Des sources exogènes telles que les radiations ionisantes et les polluants peuvent également générer ces ERO et imposer un stress oxydant supplémentaire aux systèmes biologiques. Elles peuvent causer des dommages permanents ou transitoires. Toutefois, si la réactivité des ERO peut être à l'origine d'effets biologiques néfastes, la relation réactivité toxicité n'est pas aussi simple qu'il y paraît à première vue. L'intervention d'ERO ne s'accompagne pas systématiquement de phénomènes de toxicité, notamment certaines ERO sont des intermédiaires de processus physiologiques normaux. D'autre part, en cas de dysfonctionnement et de surproduction de ces espèces, celles-ci peuvent être neutralisées et les lésions initiales réparées et compensées (Faburé, 2009).

Chapitre I : Revue bibliographique

Tableau 03 : Localisation et mécanisme de production des espèces réactives de l'oxygène dans les cellules végétales (**Bidar, 2007**)

Sites	Mécanismes	ERO
Chloroplastes	Photosynthèse : TE PS I et PS II Chlorophylle	O ₂ •, 1O ₂
Mitochondries	Respiration:TE chaîne respiratoire	O ₂ •
Réticulum endoplasmique	Réduction de substrat contenant –RH	O ₂ •
Peroxisomes	Photorespiration : glycolate oxydase	H ₂ O ₂ , O ₂ •
Glyoxysomes	B-oxydation des acides gras : Xanthine Oxydase	
Membranes plasmiques	NADPH-oxydas	O ₂
Parois cellulosiques	Peroxydase, Mn ²⁺ et NADH	H ₂ O ₂ , O ₂ •
Apoplaste	Oxalate oxydase, amine oxydas	H ₂ O ₂

3.3. Systèmes antioxydants

Il existe deux sortes d'antioxydants : les antioxydants enzymatiques et les antioxydants non enzymatiques. Le rôle de ces antioxydants est de maintenir un niveau non cytotoxique des espèces réactives de l'oxygène. Une défaillance ou un dysfonctionnement de ces systèmes engendre une augmentation des dommages tissulaires (**Gardès *et al.*, 2003 ; Germain *et al.*, 2003**).

3.4. Les Bio marqueurs non Enzymatiques

Avant d'introduire les systèmes enzymatiques, il est important de noter qu'il existe également des systèmes non-enzymatiques de dégradation des ERO. Il s'agit le plus souvent du glutathion, l'ascorbate, de l'acide lipoiq, de l' α -tocophérol, et des caroténoïdes. Ces molécules antioxydants non enzymatiques agissent par réduction ou

Chapitre I : Revue bibliographique

piégeage de radicaux : elles renforcent les actions des enzymes antioxydantes (Faburé, 2009).

3.4.1. L'ascorbate

L'acide ascorbique (ou vitamine C) est une molécule présente dans tous les compartiments cellulaires mais particulièrement abondante dans le chloroplaste. Il est connu pour régénérer l'ascorbate peroxydases, puis il se retrouve oxydé sous forme de monodéhydroascorbate (MDHA) ou déhydroascorbate (DHA). Ces deux composés sont ensuite principalement réduits respectivement par des MDHA et DHA réductases, participant au cycle ascorbate-glutathion (Sanmartin et al. 2007).

3.5. Les Bio marqueurs Enzymatiques

3.5.1. La Catalase (CAT)

La catalase (CAT) est une enzyme cytotologique inductible dont la fonction est de protéger les systèmes biologiques contre les espèces réactives de l'oxygène (Roméo et al. 2000). Il s'agit d'une hémoprotéine tétramérique qui, avec un atome de fer par sous-unité a une masse d'environ 240 KDa. Ces enzymes agissent en synergie avec les SODs puisque leur rôle est de catalyser la réduction du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire selon la réaction suivante : $2\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$ Sa localisation peroxysomale fait de la catalase une enzyme antioxydant complémentaire de la SeGPX contre la peroxydation induite par le peroxyde d'hydrogène (Cossu et al. 1997) .

3.5.2. Les peroxydases (POX)

Ils permettent comme les catalases, la réduction de H_2O_2 en eau et en oxygène moléculaire. Cependant, à la différence des catalases, les POX nécessitent la présence d'un substrat particulier pour réaliser leurs activités. Deux types principaux de « molécules antioxydants » sont utilisés comme substrat par les peroxydases : l'acide ascorbique (ASC) et le glutathion (GSH). Ces deux molécules participent au cycle « ascorbate/glutathion » dont la première étape consiste en une réduction du peroxyde d'hydrogène en H_2O couplée à une oxydation de l'ascorbate en monodéhydroascorbate (MDHA). Cette étape est catalysée par l'ascorbate peroxydase (APX). Pour permettre la poursuite de cette réaction, l'ascorbate oxydé doit être à nouveau réduit (Noctor et Foyer, 1998).

3.5.3. L'ascorbate peroxydase (APX)

L'ascorbate peroxydase existe comme isoenzyme et joue un rôle important dans le métabolisme du peroxyde d'hydrogène chez les végétaux supérieurs (Shigeoka et al.,

Chapitre I : Revue bibliographique

2002). L'ascorbate peroxydase réduit le peroxyde d'hydrogène en eau en utilisant l'ascorbate comme donneur d'électron. C'est une enzyme clé du cycle glutathion ascorbate. En effet, la deshydroascorbate résultant de cette réaction est recyclée en ascorbate par le glutathion réduit qui donne un électron en s'oxydant. Cette forme oxydée est reconvertie en forme réduite par l'enzyme glutathion réductase, NADPH dépendante (Baccouch et *al.*, 1998).

Chapitre II : Matériels et méthodes

1 .Matériel et Méthodes :

1.1. Présentation du site d'étude : STEP Ain Beida

Dans la wilaya d'Oum El Bouaghi il existe plusieurs stations d'épuration (urbaines) fonctionnelles ou en arrêt, et d'autres en projet de réalisation. Parmi ces dernières, la station d'Ain El Beida qui a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique et pluviales de la Daïra d'Ain El Beida par le procédé d'épuration boues activées. La station d'épuration STEP Ain El Beida est de type boues activées à faible charge. Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus anaérobie et aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. d'après la Fig(05)



Figure 05 : carte géographique présente la station d'épuration de Ain beida(**GoogleMap**)

1.1.1. La Situation géographique de la ville de Ain Beida

La ville de Ain Beida et située au nord-est de l'Algérie entre les altitudes (35.48° nord- 7.8°sud) ; à 110 km au l'Ouest par la ville d'Oum El Bouaghi sur les hauts plateaux des Sebkas (1000m d'altitudes).

* Localisation de la STEP d'Ain Beida

La station (STEP Ain Beida) de traitement des eaux municipales de la ville d'Ain Beida est située à 3 Km au nord-ouest de la ville à la périphérie , les coordonnées de localisation géographique selon le GPS sont :

➤ 35°47'22.24"N 7°20'27.18"E.

Al930m (Niveau de la mère). D'après Fig 06)

Chapitre II : Matériels et méthodes

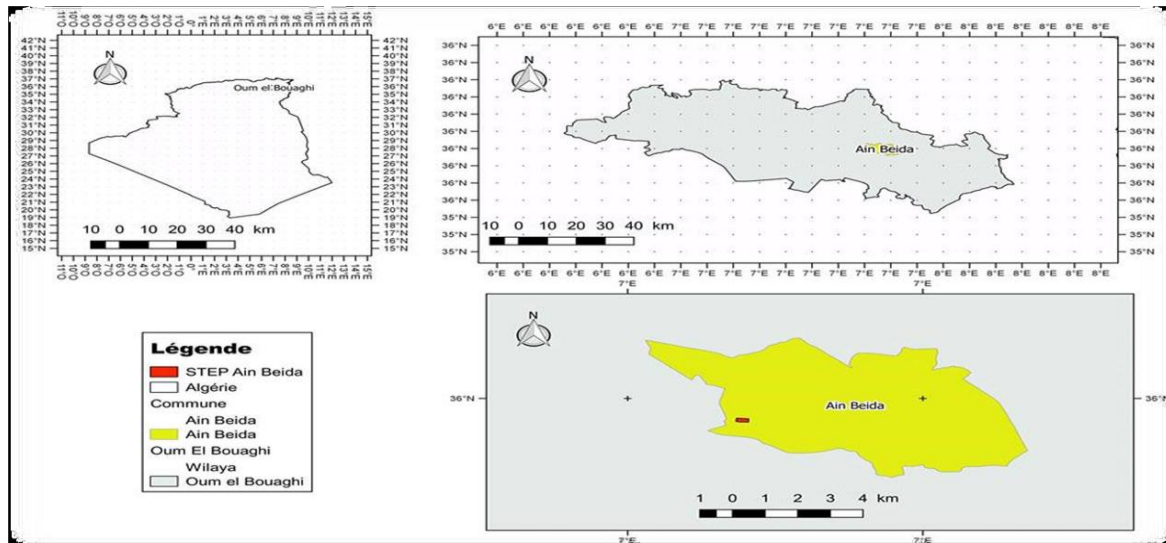


Figure 06 : Une Carte de localisation de la STEP Ain Beida

- Le Principe de fonctionnement de la STEP

La station est conçue pour répondre aux exigences de la ville d'Ain Beida, (commune dans la Wilaya d'Oum El Bouaghi) avec une capacité de : 140000 E.H = 16840 m³/j (F.T : STEP Ain Beida), la station d'épuration de la ville d'Ain Beida est de type Boues activées à faible charge. Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

La dégradation est un phénomène complexe générateur de l'énergie nécessaire à la vie des micro-organismes et ses manifestations, reproduction, croissance, déplacements, etc. De nombreux micro-organismes permettent la dégradation des matières organiques ainsi que leur stabilisation. (F.T : STEP Ain Beida).

1.1.1.1. Les Données techniques de la STEP

La station d'épuration de la ville d'Ain Beida a été dimensionnée sur les bases de données suivantes.

Tableau 04 : Données Techniques de la STEP de Ain Beida Willaya Oum El Bouaghi

Nom de la station d'épuration	Ain Beida
Commune	Ain Beida
Wilaya	OUM EL BOUAGHI

Chapitre II : Matériels et méthodes

Localités raccordées	Ville Ain Beida
Origines des effluents	Eaux Résiduaires ville Ain Beida
La capacité de la STEP	140 000 E.H 16840 m ³ /j
Le procédé de traitement	Boues Activées
Le milieu récepteur	Oued – El Azzabi-
Impact de la STEP	Protection de la nappe phréatique
Le périmètre concerné par la réutilisation	180 Hectare
Quantité de boues produites (moyenne)	700-900 Tonne matières sèches/ an

1 .2. Présentation du matériel végétale

Les expériences sont effectuées sur une variété vitron «*Triticum durum Desf*» dont les techniques de cultures sont les suivantes :

Tableau 05 : Caractéristiques des variétés étudiées.

Variété	Origine	Précocité	Comportement	Productivité en sec
Vitron	Espagne	Précoce	Tolérante	Bonne productivité

1.2.1 Technique de culture

- Préparation du sol

Le sol utilisé est prélevé a partir d'une terre agricole il a subi :

- Un tamisage approprié afin de supprimer les différents débris et déchets.
- Un passage dans un tamis de 2 mm de diamètre.
- Stérilisation de sol en cocotte minute
- Mesure la conductivité et pH .
- Les pots en plastiques utilisés ont un diamètre de 25 cm et une hauteur de 22 cm

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Germination in vitro des graines
 - Stérilisation des graines ont été lavées et stérilisées par l'éthanol (70%) suivie d'une immersion dans une solution de chlorure de mercure (HgCl_2 0.1%). Par la suite, les graines stérilisées ont été rincées par l'eau distillée stérile 9 fois et en le mettre pendant 24h dans l'eau distillée pour l'imbibition.
 - Semis 10 graines dans chaque pots devant le becque de benzène pour éviter la contamination des graines.



Figure 07 : Technique de culture

Chapitre II : Matériels et méthodes

Tableau06 : Dispositifs expérimentales



1. 3. Les Paramètres étudiées

1.3.1. Paramètres Morphologiques ;

- Nombre de grains germés
- Mesure la longueur de feuille et racine
- Mesure le poids de feuille et racine
- Mesure de la biomasse de plante

1.3.2. Paramètres biochimiques :

1.3.2 .1. Dosage des protéines solubles

Chapitre II : Matériels et méthodes

La méthode utilisée est celle de **Bradford (1976)** qui utilise le BSA (Bovine Sérum Albumine). On prend 100 mg d'échantillon dans un mortier, auxquels on ajoute 5 ml d'eau distillée. Après filtration, on met la solution dans un tube à essais avec 5 ml d'eau distillée.

- Préparation du réactif de Bradford :

On mélange 100 mg de BBC (Bleu brillant de Coomassie) à 50 ml d'éthanol à 95%. On agite pendant 2 heures. On ajoute 100 ml d'acide orthophosphorique à 85%, puis de l'eau distillée pour arriver à 1000 ml. Le tout est conservé dans un flacon sombre au réfrigérateur. On prend 0,2 ml du réactif que l'on ajoute à 0,2 ml de la solution à analyser et 1,6 ml d'eau distillée. Le tout est agité au Vortex.

L'étalonnage de l'appareil s'effectue en prenant 0,2 ml du réactif + 1,8 ml d'eau distillée. Après 5 min à 1 heure de temps, on mesure la densité optique (DO) à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm.

1.3.2.2. Dosage de la proline

La proline est quantifiée selon la technique de (Troll et Lindsley, 1955) simplifiée et mise au point par (Dreier, 1973) et modifiée par (Monneveux et Nemmar, 1986).

Trois prélèvements de 100 mg de matière fraîche sont effectués, par pots et par traitement. Ces échantillons sont placés dans des tubes à essai, auxquels on ajoute 2 ml de méthanol à 40%. On chauffe au bain marie à 85°C pendant 60 mn et pour éviter la volatilisation de l'alcool, les tubes sont couverts de papier aluminium pendant le chauffage.

Après refroidissement, on prélève 1 ml de l'extrait auquel on ajoute 1 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide orthophosphorique (H₃PO₄ de densité 1,7) et de la ninhydrine (25 mg/échantillon). Le mélange est porté à ébullition durant 30 mn. La solution vire au rouge. Le tout est refroidi, et on rajoute 5 ml de toluène par échantillon. Deux phases se séparent après agitation, la phase supérieure qui contient la proline et la phase inférieure sans. Après avoir récupéré la phase supérieure, on ajoute du Na₂SO₄ à l'aide d'une spatule pour éliminer l'eau qu'elle contient. On procède enfin à la détermination des densités optiques des échantillons à l'aide d'un spectrophotomètre réglé sur une longueur d'onde de 528 nm. La lecture finale se fait après étalonnage.

1.3.2. Paramètres enzymatiques

1.3.2.1. Dosage de l'activité Ascorbate -Peroxydase (APX).

Le dosage spectrophotométrique de l'activité ascorbate-péroxydase est réalisé suivant le protocole adopté par **Nakano et Azada(1987)**. Le volume réactionnel final de 3 ml contient : 100 µl d'extrait enzymatique, 50 µl d'H₂O₂ à 0,3% et 2850 µl de tampon

Chapitre II : Matériels et méthodes

phosphate NaK-Ascorbate (50mM NaK, 0,5mM ascorbate, pH= 7,2). L'étalonnage de l'appareil se fait en l'absence de l'extrait enzymatique. La lecture est effectuée à 290nm (spectrophotomètre) pendant 1min et ce pour un coefficient d'extinction linéique molaire $\epsilon = 2800M^{-1} \cdot cm^{-1}$. l'activité APX est exprimée en nmol/min/mg de protéines.

1.3.2.2. Dosage de l'activité Polyphénoloxydase (PPO)

La PPO est un groupe d'enzymes qui existe sous deux formes; tyrosinase et laccase qui sont largement répartis parmi les micro-organismes, les plantes et les animaux (Mukherjee et al., 2013).

L'activité de la PPO a été estimée comme indiqué par Hori et al. (1997). Le mélange-Le dosage consistait en 2 ml de catéchol (10 mM) dans un tampon phosphate (pH 7, 0,1 M)et 100 ml d'extrait enzymatique. L'activité de la PPO a été déterminée à 410 nm et la réaction s'est déroulée pendant 3 min en surveillant l'oxy-dation du catéchol. Les résultats ont été exprimés en mmol/min/mg de protéines.

1.3.2.3. Dosage de l'activité de Catalase (CAT)

L'activité catalase a été évaluée comme décrit par Aebi (1984). Le mélange composé de 2 mL H₂O₂ (10 mM) dans un tampon phosphate (pH 7, 0,1 M) avec 200 ml d'extrait enzymatique. L'activité CAT a été estimée à 240 nm par suite à la disparition de H₂O₂. Les résultats ont été exprimés en de protéine. $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$

1.4. Analyse statistique des résultats

L'analyse des données est faite par la méthode ANOVA utilisant le logiciel MINITAB (version 16). L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance à un et deux facteurs de classification et la comparaison multiple des moyennes pour les effets significative était réalisée par le test de Tukey à un niveau de confiance de 95 %.

Les résultats sont interprétés comme suit :

Si $P \leq 0,05$: il existe des différences significatives (*)

Si $P \leq 0,01$: il existe des différences hautement significatives (**)

Si $P \leq 0,001$: il existe des différences très hautement significatives (***)

Chapitre III : Résultats et discussion

3. Paramètres physico-chimique du sol

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur le substrat de culture (sol végétale) et qui sont mentionnée dans le (**tableau 07**) dans lesquelles on a mesurer des valeurs du potentiel Hydrogène (pH) qui ont montrées une valeur moyenne de pH (7,63±0,17) et une conductivité (CE) moyenne de (170,15µs/cm ± 29,10). D'après les résultats enregistrés notre sol est non salin et légèrement alcalin selon les guides référentielles de Bocoum (2004)

Tableau07 : Analyses physique du sol (pH ,CE)

Répétition	R1	R2	R3	R4
CE (µs/cm)	177,6	205	162,7	135,3
pH	7,45	7,52	7,72	7,81

3.1. Effet des eaux de traitement sur la germination

D'après les résultats (figure08) que nous avons obtenus, le taux de germination des graines du Blé dur (*Triticum durum*) irriguées par EU est relativement élevé avec un nombre de (07± 2,17) graines par rapport aux graines du blé irriguées par ED avec (06± 3,56) graines et de (04± 2,07) graines pour les graines traitées par EE.

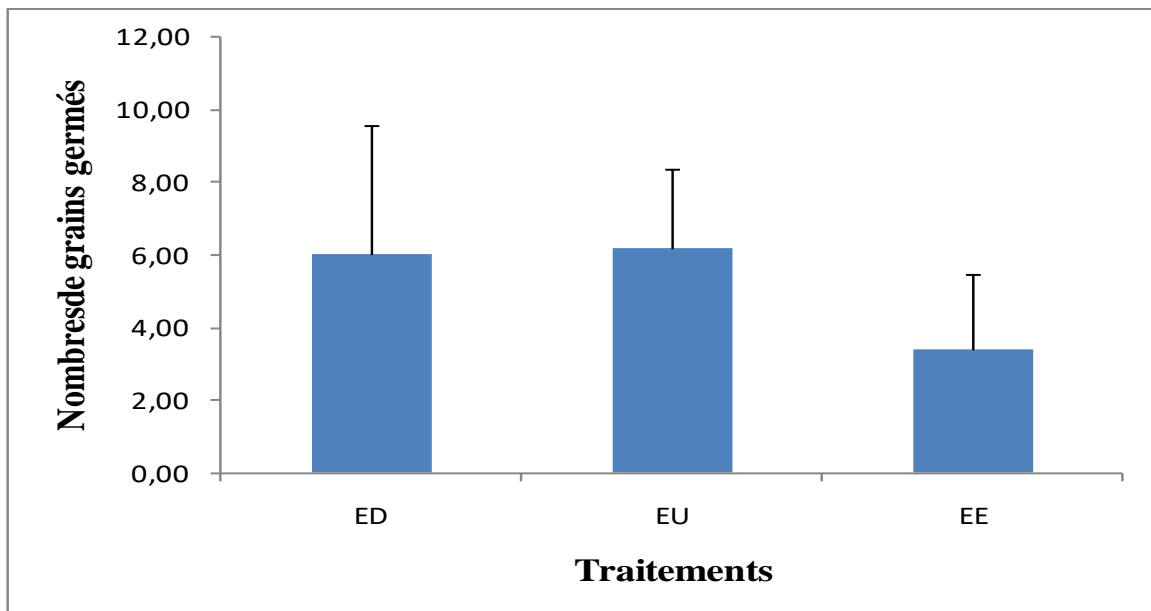


Figure 08 : Effet des eaux de traitement sur la germination .

Chapitre III : Résultats et discussion

Par contre l'analyse statistique a un facteur contrôlé (traitement),(Tableau08) à montre une différence non significative ($F=0,59;P=0,575$)

Tableau 08 : Analyse de variance du taux de germination des graines

Source	DDL	Somme des écarts	CM	F	P
Traitement	2	6,500	3,250	0,59	0,575
Ereur	9	49,750	5,528		
Total	11	56,250			

3.2. Effet des eaux de traitement sur le poids de la partie aérienne et racinaires

Les résultats obtenues (Figure 09) montrent une variation du poids de la partie aérienne et racinaire des plantes du blé dur que nous avons utilisées en fonction du type d'eau d'irrigation (EU, EE, ED).

Selon les résultats obtenus, le poids frais des racines du blé dur le plus élevé est noté pour les plantes irriguées par ED après les 29 jours de culture avec une valeur de ($3,4g \pm 6,43$) par rapport aux le poids le plus faible qui est noté pour les plantes irriguées par EE après 58 jours de culture avec la valeur de ($0,25g \pm 0,07$)

Pour la partie aérienne, nous avons remarqué une meilleure valeur de ($2,25g \pm 0,72$) après 41 jours et une faible valeur de ($0,25g \pm 0,36$) après les 29 jours de culture qui sont traitées par ED.

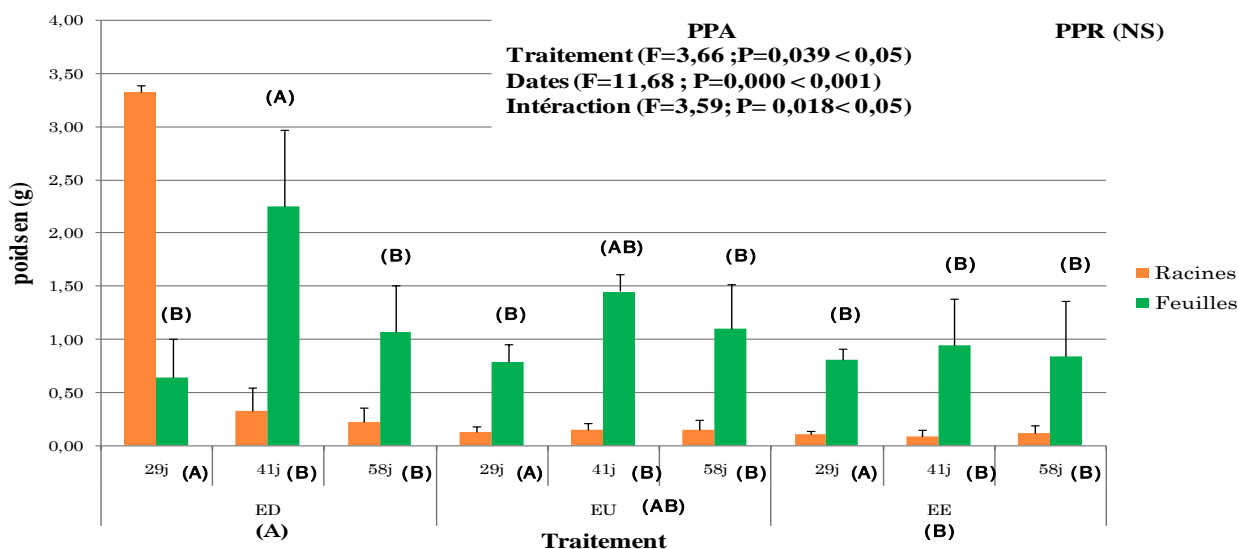


Figure 09 : Effets des eaux de traitements sur le poids de la partie aérienne et la partie racinaire.

Chapitre III : Résultats et discussion

L'analyse statistique (a deux facteurs contrôlé) des effets des traitements et les dates sur le poids de la partie racinaire à un différence non significative, ainsi que les interactions entre traitements et dates avec un (Fet P) respectivement (1,18 ; 0,321), (0,89 ; 0,424) , (0,91 ; 0,474).(Tableau 09).

Tableau 09 : Analyse de variance de partie racinaire et de partie aérienne.

Source	Degés de liberté	Somme de carré	Somme de carré un term	Signitie carrés	F	P
Traitements	2	10,919	10,919	5,459	1,18	0,321
Dates	2	8,176	8,176	4,088	0,89	0,424
Traitements*Dates	4	16,727	16,727	4,182	0,91	0,474
Erreur	27	124,443	124,443	4,609		
Total	35	160,264				

L'analyse statistique pour le poids de la partie aérienne(a deux facteurs contrôlé)le traitements à montré une différence significative ($F=3,66$; $P=0,039$) ,et très hautement significative pour les dates ($F=11,68$; $P=0,000$) ainsi que l'interaction entre les traitements et les dates est significative ($F=3,59$; $P= 0,018$). (Tableau 10)

Les comparaisons multiples des moyennes pour les effets significatives (**Annexe 01**) fait ressortir que les traitements sont divisés en trois groupes qui explique le poids de la partie aérienne était influence par la qualité d'eau d'irrigation, tant dis que la durée de l'irrigation est scindée en de groupe différent qui a un rapport par la durée d'exposition aux traitements et les interactions dates traitements forment trois groupe distincts avec les plus faible score du poids de la partie aérienne sont enregistrés par les eaux épurées.

Tableau10 :Analyse de Variance des poids de la partie aérienne.

Source	Degés de liberté	Somme de carré	Somme de carré un term	Signitie carrés	F	P
Traitement	2	1,2630	1,2630	0,6315	3,66	0,039*
Dates	2	4,0351	4,0351	2, 0175	11,68	0,000***
Traitements*Dates	4	2,4808	2,4808	0,6202	3,59	0,018*
Ereur	27	4,6641	4,6641	0,1727		
Total	35	12,4430				

Chapitre III : Résultats et discussion

- Les effets des traitements et dates sur la biomasse (poids de partie aérienne (P.P.A) / poids de partie racinaire (P.P.R) .

L'analyse de variance pour les effets des traitements et dates est non significative ainsi que les interactions à une différence non significative qui sont mentionnés respectivement (F=1,04 ; P=0,366) , (F=1,01 ; P= 0,377) ,(F= 0,99 ; P= 0,433) .

Tableau11 : Analyse de variance de biomasse (poids de la partie aérienne/poids de la partie racinaire)

Source	Degés de liberté	Somme de carré	Somme de carré un term	Signitie carrés	F	P
Traitement	2	22,30	22,30	11,15	1,04	0,366
Dates	2	21,66	21,66	10,83	1,01	0,377
Traitements*Dates	4	42,32	42,32	10,58	0,99	0,430
Erreur	27	288,83	288,83	10,70		
Total	35	375,12				

3.3. Effets des eaux de traitement sur la longueur :

Les résultats obtenues (Figure 10) montrent une variation de la longueur de la partie aérienne et racinaire des plantes du blé dur que nous avons utilisées en fonction du type d'eau d'irrigation (EU, EE, ED).

Selon les résultats que nous avons enregistré, la longueur des racines du blé dur la plus élevée est noté pour les plantes irriguées par (ED) après les 41 jours de culture avec une valeur de (13 cm \pm 6,55) par rapport aux la longueur la plus faible qui est noté pour les plantes irriguées par EE après 58 jours de culture avec la valeur de (5 cm \pm 2,58) .

Pour la partie aérienne, nous avons remarqué une meilleure valeur de (45 cm \pm 0,78) pour les plantes qui sont traitées par (ED) après 41 jours et une faible valeur de (32 cm \pm 9,18) après les 58 jours de culture qui sont présentées par les plantes traitées par (EE).

Chapitre III : Résultats et discussion

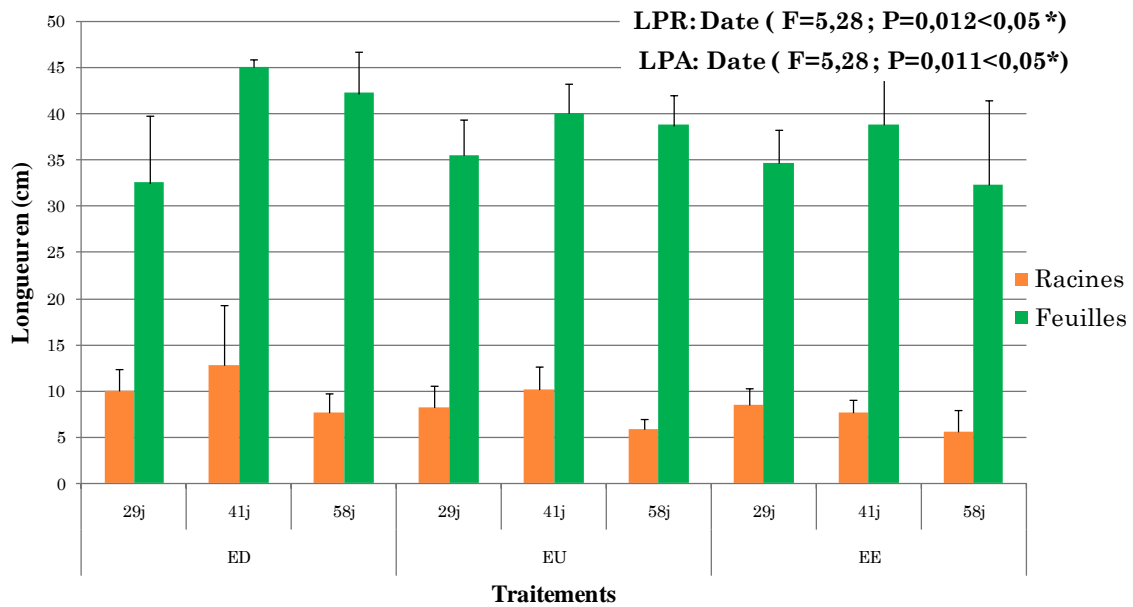


Figure 10: Effets des eaux de traitement sur la longueur de la partie racinaire et aérienne.

L'analyse statistique de la longueur de partie racinaire (tableau12) fait apparaitre des effets des traitements et interaction entre date et traitement avec une différence non significative avec un (F et P) respectivement (F=3,17 ; P=0,058) ,(F= 0,541 ; P=0,758) par contre les dates ont un effet significative avec (F=5,28 ; P=0,012).

Le test de Tukey (**Annexe :02**) pour la comparaison des moyennes divise les dates en trois groupes différents et les interactions en trois groupes distincts est qui montre l'effet négatif des EE avec une longue durée d'exposition sur la longueur de la partie racinaire.

Tableau12: Analyse de variance de L.P.R

Source	Degés de liberté	Somme de carré	Somme de carré un term	Signitie carrés	F	P
Traitements	2	54,196	54,196	27,098	3,17	0,058
Date	2	90,104	90,104	45,052	5,28	0,012*
Traitements*Dates	4	16,013	16,013	4,003	0,541	0,758
Error	27	230,597	230,597	8,541		
Total	35	390,910				

L'analyse statistique de la variance de longueur de partie aérienne, les dates ont une différence significative (F=5,30 ; P= 0,011) par contre les traitements et l'interaction ont

Chapitre III : Résultats et discussion

une différence non significative avec un (F et P) respectivement (F=2,33; P=0,116) ,(F=1,56; P=0,214) ,(Tableau 13).

La comparaison des moyennes(Annexe 03)fait apparaitre que les dates sont regroupées en trois groupes différents et les interactions en trois groupes aussi avec un effet négatif de traitement en EE sur la longueur de la partie aérienne conjointement avec la plus longue durée d'exposition.

Tableau13: Analyse de variance de L.P.A

Source	Dégré de liberté	Somme des carrés	Somme des carrés un terme	Signitie carré	F	P
Traitements	2	132,08	132,08	66,04	2,33	0,116
Dates	2	300,35	300,35	150,18	5,30	0,011*
Traitements*Dates	4	176,71	176,71	44,18	1,56	0,214
Ereur	27	765,05	765,05	28,34		
Total	35	1374,19				

- Analyse de Variance pour longueur du partie aérienne /longueur de partie racinaire .

l'analyse statistique de L.P.A/ L.P.R fait ressortir un effet significative entre les dates(F=5,09 ; P=0,013) et des effets non significative des traitements et de l'interactionentre dates et traitements (F=1,62; P =0,216) ,(F=0,39; P=0,811).

La comparaison multiple (Annexe 04)des durées d'exposition aux traitements révèle que la l'augmentation du nombre des jours d'exposition des plantes aux traitement fait diminuer significativement la biomasse des plante .

Tableau14: Analyse de variance de L.P.A/ L.P.R .

Source	Degrees de liberté	Somme des carrés	Somme des carrés un terme	Signitie carré	F	P
Traitements	2	0,021439	0,021439	0,010719	1,62	0,216
Dates	2	0,067224	0,067224	0,033612	5,09	0,013*
Traitements*Dates	4	0,010390	0,010390	0,002598	0,39	0,811
Ereur	27	0,178132	0,178132	0,006597		
Total	35	0,277185				

Chapitre III : Résultats et discussion

3.4. Effets des eaux de traitements sur la concentration en Protéines solubles :

➤ Au niveau des feuilles (figure11), une augmentation de la concentration en protéines solubles est affichée dans les plantes irriguées par les (EU) après 58 jours de culture (6,00 mg/mL \pm 0,83) et une diminution a été enregistrée pour les plantes traitées par (EE)après 41 jours avec une valeur de (1,20 mg/mL \pm 0,31).

➤ Au niveau des racines, les résultats montrent que les (EE) utilisées pendant notre expérimentation provoquent une augmentation de la concentration des protéines solubles après 41 jours avec la valeur de (1,10mg/mL \pm 0,35), et dans les plantes traitées par (ED) on observe la faible concentration avec la valeur de (0,10mg/mL \pm 0,06) après 29 jours de culture.

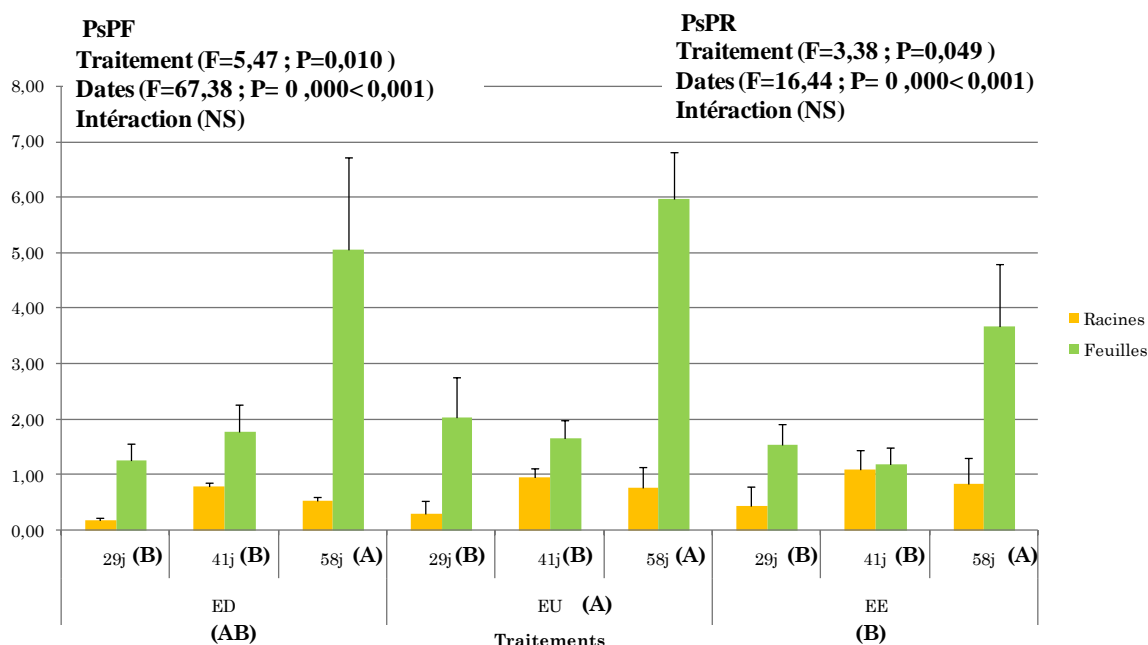


Figure 11 : Effet des traitements sur la concentration en protéines solubles au niveau des feuilles.

l'analyse statistique de variance des effets des traitements sur la concentration des protéines solubles dans les feuilles (Tableau 14) a montré une différences très significative (F=5,47 ;P=0,010) par contre les effets des dates était très hautement significative (F=67 , 38 ; P=0 ,000) et les effets des interactions entre dates et traitements qui est non significative (F=2,16 ; P=0 ,10).

Le test de Tukey(**Annexe :05**) des moyennes enregistrées regroupe les dates en deux groupes différents et les traitements en trois groupes. Ce qui explique que la concentration

Chapitre III : Résultats et discussion

des protéines solubles au niveau des feuilles est influencée par la qualité des eaux de traitement et la durée d'irrigation.

Tableau 15 : Analyse de variance pour la concentration des protéines solubles des feuilles

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	P
Traitements	2	7,138	3,5691	5,47	0,010**
Dates	2	87,903	43,9516	67,38	0,000***
Traitements*Dates	4	5,627	1,4066	2,16	0,101
Ereur	27	17,613	0,6523		
Total	35	118,281			

L'analyse statistique de variance des effets des traitements sur la concentration des protéines solubles dans les racines (Tableau 15) à enregistrer une différence significative ($F=3,38$; $P=0,049$) d'autre part les effets des dates à une différence très hautement significative ($F= 16,44$; $P=0,000$) ainsi que les effets des interactions entre les Traitements et dates à une différence non significative ($F= 0,05$; $P=0,995$).

La variété céréalière utilisée affiche le même comportement vis-à-vis les traitements et la durée d'irrigation concernant les comparaisons multiples (**Annexe 06**) pour les concentrations en protéines solubles au niveau de la partie aérienne et racinaire, les plus faibles scores ont été enregistrés par les eaux épurées et les plus élevées par la longue durée d'exposition aux traitements.

Tableau16: Analyse de la variance P.S.R

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	P
Traitements	2	0,52252	0,26126	3,38	0,049*
Dates	2	2,53767	1,26884	16,44	0,000***
Traitements*Dates	4	0,01616	0,00404	0,05	0,995
Erreur	27	2,08402	0,07719		
Total	35	5,16036			

Chapitre III : Résultats et discussion

3.5. Effet des eaux de traitement sur la concentration de proline :

Les résultats de la (figure12), illustrent l'effet des eaux de traitement sur la concentration en proline.

L'irrigation semble provoquer une forte augmentation de la concentration en proline au niveau des feuilles des plantes traitées par (EE) avec la valeur de (100mg/ml \pm 7,67) comparativement aux plantes traitées par (ED) qui affichent une diminution d'une valeur de (58mg/ml \pm 7,12).

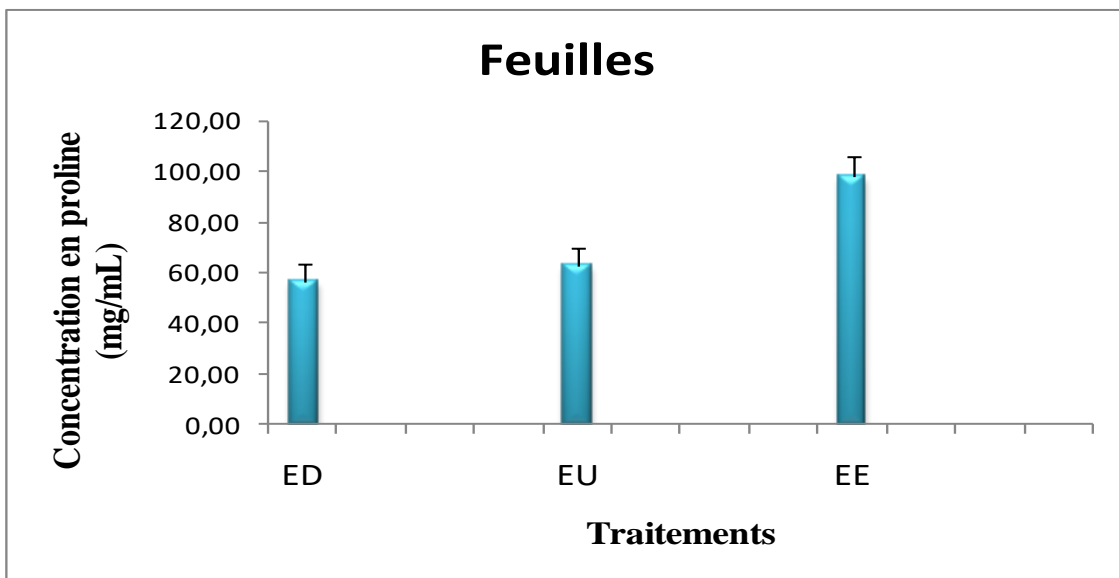


Figure 12: Effet des eaux de traitement sur la concentration en proline au niveau des feuilles.

L'analyse statistique des effets des concentrations en proline au niveau des feuilles en fonction de traitement (Tableau 16) résulte à une différence non significative avec ($F=0,39$; $P=0,691$).

Tableau 17: Analyse de variance de proline au niveau des feuilles

Source	DDL	Somme des Carrés	CM	F	p
Traitements	2	4036	2018	0,39	0,691
Ereur	9	47070	5230		
Total	11	51106			

3.6. Effet des eaux de traitement sur la concentration de proline dans les racines.

Au niveau des racines (figure 13) on observe une augmentation dans la concentration de la proline dans EU (62mg/ml \pm 8,86) avec une diminution dans EE (9mg/ml \pm 2,46).

Chapitre III : Résultats et discussion

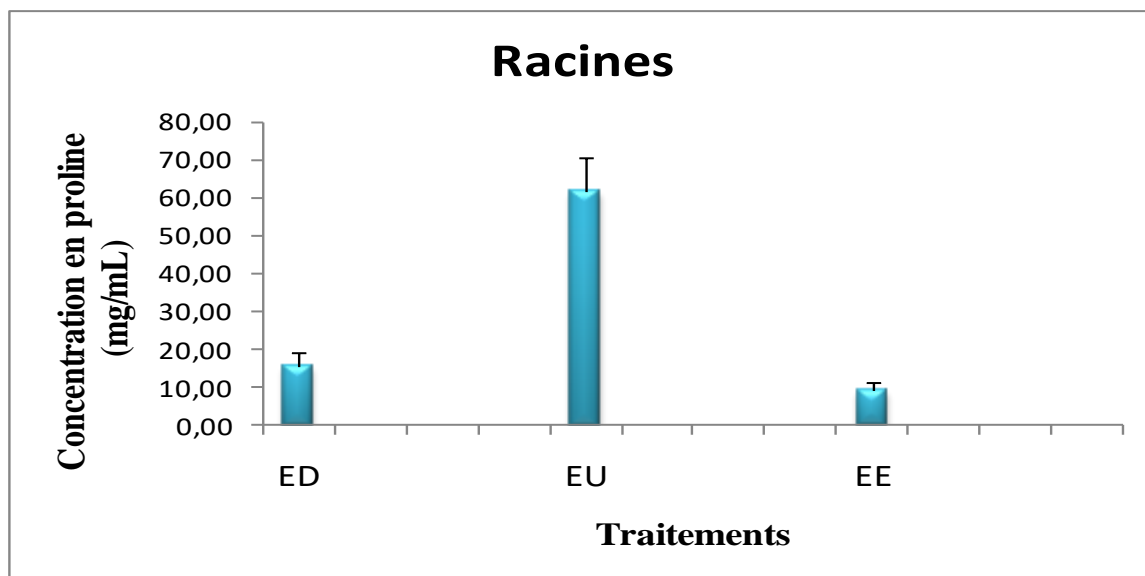


Figure 13 : Effet des eaux de traitement sur la concentration en proline au niveau des racines .

L'analyse statistique du traitement (**tableau 17**) présent un effet non significative ($F=1,23$; $P=0,336$).

Tableau 18 : Analyse de variance des concentrations de la proline au niveau des racines

Source	DDL	Somme de Carré	CM	F	P
Traitements	2	6541	3270	1,23	0,336
Ereur	9	23869	2652		
Total	11	30410			

L'analyse statistique des effets des traitements et leurs effets sur les parties du végétale (Tableau 18) fait apparaitre une différence non significative des traitement et des parties ainsi que l'interaction entre eux affichant un (F et P) respectivement ($F=0,36$; $P=0,701$) ; ($F=2,89$; $P=0,106$) ; ($F=0,98$; $P=0,395$) .

Tableau 19 : Analyse de la variance des concentrations de proline au niveau de feuilles

Source	DDL	Somme de carrée	CM	F	P
Traitements	2	2861	1431	0,36	0,701
Parties	1	11388	11388	2,89	0,106
Traitements*Parties	2	7716	3858	0,98	0,395
Ereur	18	70940	3941		
Total	23	92905			

Chapitre III : Résultats et discussion

3. 7. Effet des eaux de traitement sur l'activité depolyphénoloxydase (PPO) au niveau des racines

Au niveau des racines (**figure 14**) on observe une augmentation dans la concentration d'activité (**PPO**) dans l'eau usée ($9,00 \pm 0,35$) avec un diminution dans l'eau épurée ($1,00 \pm 0,45$).

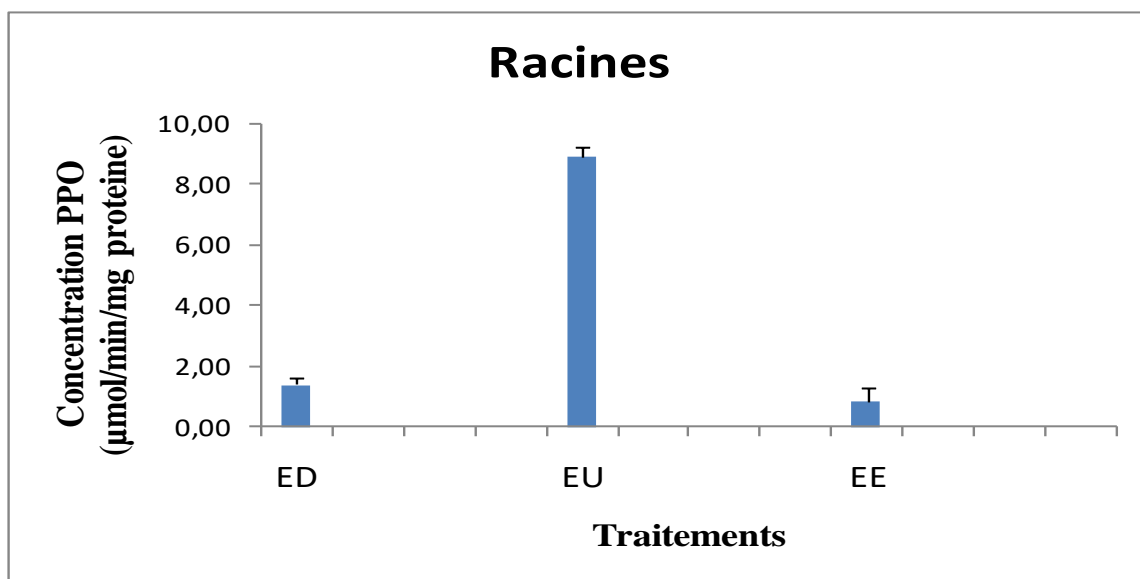


Figure14: Effet des eaux de traitement sur la concentration de polyphénoloxidase dans les racines .

L'analyse statistique des effets du concentration de l'activité polyphénoloxidase(**tableau 19**) à montrer un différence non significative (**F** = 1,23 ; **P**= 0 , 338) .

Tableau 20 : analyse du variance(**PPO**)au niveau de racine

Source	DL	Somme des Carre	CM	F	P
Traitements	2	161,8	80,92	1,23	0,338
Ereur	9	593,5	65,94		
Total	11	755,3			

3.8. Effet des eaux de traitement sur l'activité polyphénole oxydase au niveau des feuilles

Au niveau des feuilles (**figure 15**) on observe une faible variation des valeurs obtenus entre les traitements(**ED**) et (**EE**) avec des valeurs respectivement ($0,36 \pm 0,15$), ($0,35 \pm 0,06$) .

Chapitre III : Résultats et discussion

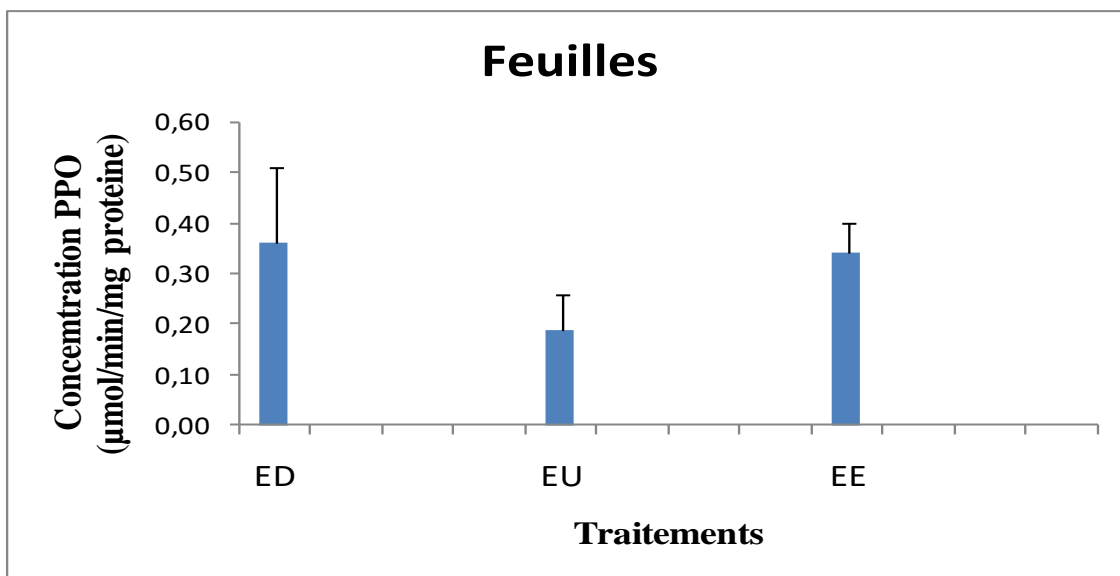


Figure 15 : Effet des eaux de traitement sur la concentration de polyphénole oxydase dans les feuilles

L'analyse statistique des effets de traitement du polyphénoloxidase (**tableau 20**) montre une différence non significative ($F=0,74$; $P=0,503$).

Tableau 21 : Analyse de variance de PPO au niveau de feuille .

Source	DDL	Somme de carré	CM	F	P
Traitements	2	0,07037	0,03519	0,74	0,503
Ereur	9	0,42714	0,04746		
Total	11	0,49751			

Analyse de la variance de PPO en fonction de traitement et des parties.

L'analyse statistique des effets d'activité de polyphénoloxidase (**tableau 21**) en fonction du traitements et parties et l'interaction entre eux à enregistrer une différence non significative respectivement ($F= 1,18$; $P=0,331$) ; ($F=2,10$; $P=0,164$) ; ($F=1,28$; $P=0,303$) .

Tableau 22: Analyse de variance de PPO en fonction traitement et parties de la plante

Source	DDL	Somme de carré	CM	F	P
Traitements	2	77,63	38,82	1,18	0,331
Parties	1	69,43	69,43	2,10	0,164
Traitements*Parties	2	84,29	42,14	1,28	0,303
Ereur	18	593,92	33,00		

Chapitre III : Résultats et discussion

Total	23	825,26
-------	----	--------

3.9. Effet des eaux de traitement sur l'activité de l'ascorbate peroxidase(APX) au niveau des feuilles

Sur la (figure 16), l'activité de l'ascorbate peroxidase au niveau des feuilles on observe une concentration élevée (0,85nmol /min/mg protéine \pm 0,05) chez les plantes irriguées avec (ED) par rapport aux plantes irriguées avec (EE) qui montrent une concentration inférieure de l'ordre de (0,09nmol /min/mg protéine \pm 0,06).

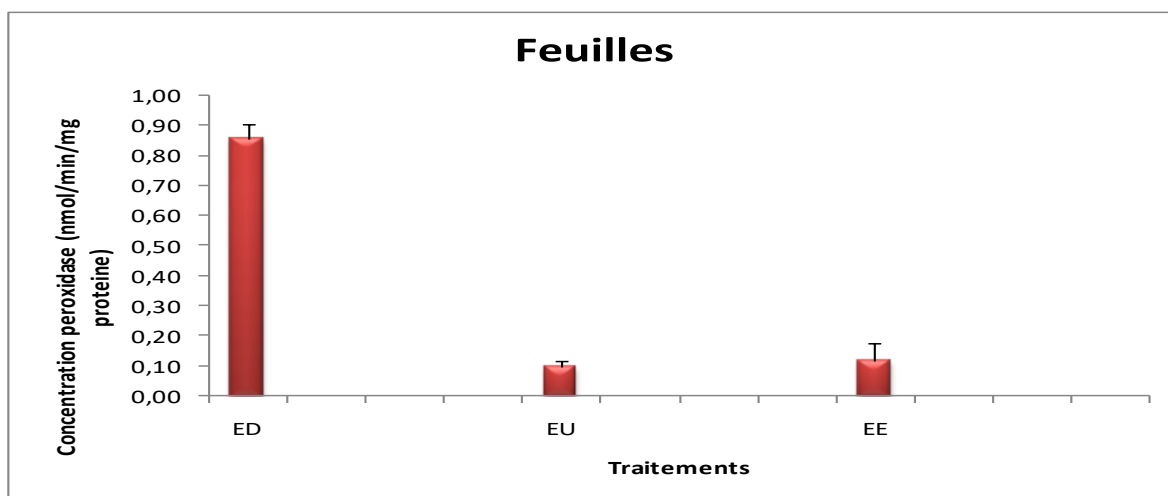


Figure 16: Effet des eaux de traitement sur l'activité de l'ascorbate peroxidase des feuilles.

L'analyse statistique des concentrations d'activité ascorbate peroxidase (tableau 22) en fonction des traitements affiche une différence non significative ($F=0,81$; $P=0,474$).

Tableau 23 : Analyse de variance (APX) au niveau des feuilles

Source	DL	Somme de Carré	CM	F	P
Traitements	2	938,8	469,4	0,81	0,474
Ereur	9	5209,1	578,8		
Total	11	6148,0			

3.10. Effet des eaux de traitement sur l'activité de l'ascorbate peroxidase (APX) au niveau des racines

Au niveau des racines, les résultats montrent (**Figure 17**) une augmentation de la concentration de l'activité de l'ascorbate peroxydase chez les plantes traitées par (EE

Chapitre III : Résultats et discussion

)avec une valeur de (25 nmol /min/mg protéine \pm 1,20) par rapport les autres plantes traitées par(ED)qui donnent des concentrations très proches avec une valeur de (6,00 nmol /min/mg protéine \pm 0,90).

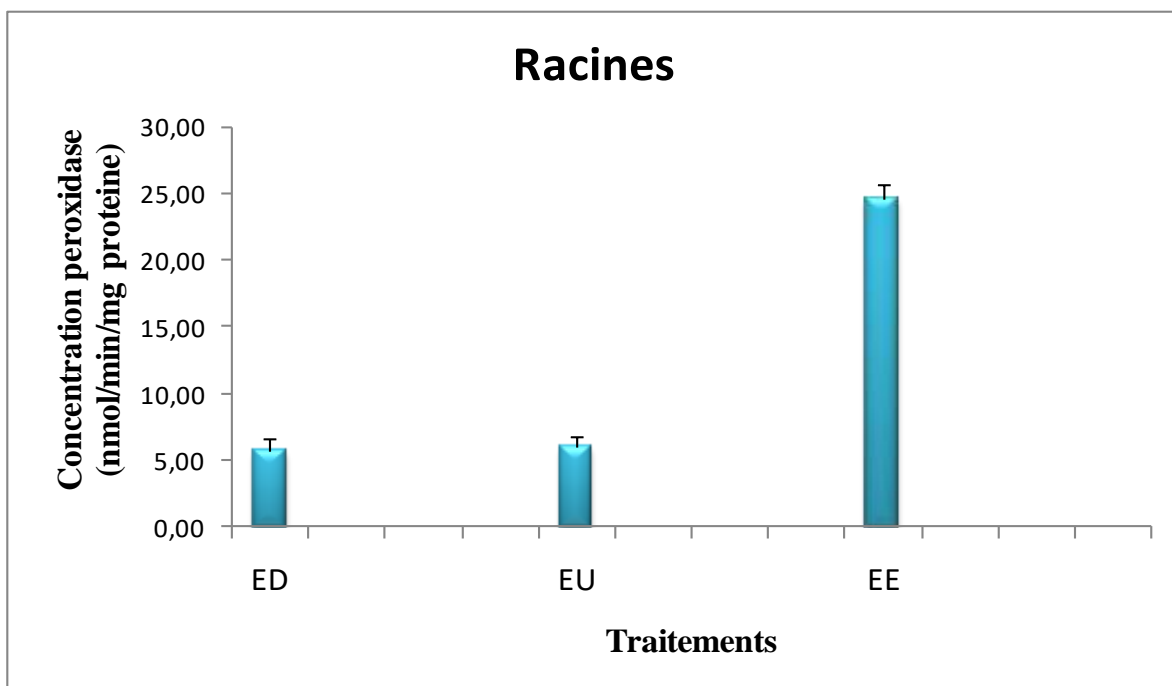


Figure 17: Effet des eaux de traitement sur la concentration de l'ascorbate peroxidase dans les racines.

L'analyse statistique des effets d'activité de polyphénoloxidase (**tableau 23**) en fonction des traitements montre une différence non significative ($F=0,95$; $P=0,422$).

Tableau 24 : Analyse de variance(APX) au niveau des racines .

Source	DL	Somme de Carré	CM	F	P
Traitement	2	1,419	0,7097	0,95	0,422
Erreur	9	6,718	0,7464		
Total	11	8,137			

L'analyse statistique de concentration d'activité ascorbate peroxidase (**tableau 24**) en fonction des traitements et parties et l'interaction entre les deux à afficher une différence non significative (**F**et **P**) respectivement ($F=0,78$; $P=0,472$) ,($F=2,85$; $P=0,109$) ,($F=0,84$; $P=0,448$).

Chapitre III : Résultats et discussion

Tableau 25: Analyse de variance APX en fonction des traitements et parties de la plantes

Source	DL	Somme des carrés	CM	F	P
Traitements	2	453,7	226,8	0,78	0,472
Parties	1	825,7	825,7	2,85	0,109
Traitements*Parties	2	486,6	243,3	0,84	0,448
Erreur	18	5215,9	289,8		
Total	23	6981,8			

3.11. Effet des eaux de traitement sur l'activité de catalase au niveau des racines

Les résultats illustrés de la (**figure 18**) représentent la variation de la quantité du catalase au niveau des racines de blé. Le taux de la catalase est largement supérieur chez les plantes irriguées par les ED ($0,32 \pm 0,10$) par rapport aux plantes irriguées EU et EE respectivement ($0,09 \pm 0,07$), ($0,09 \pm 0,04$).

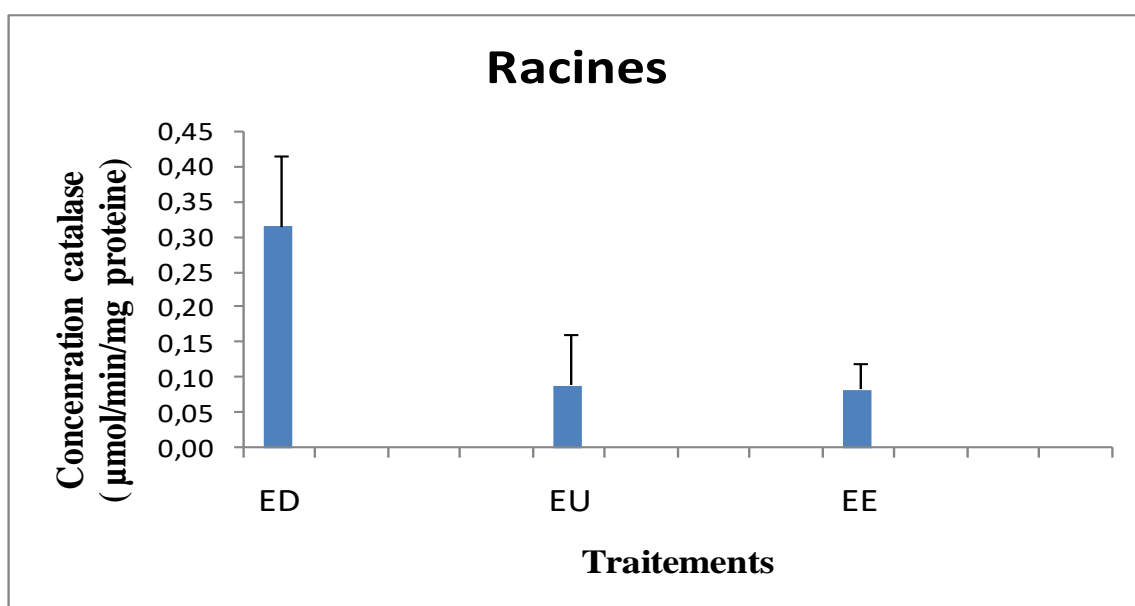


Figure 18 : Effet des eaux traitement sur l'activité de catalase au niveau des racines .

L'analyse statistique de variance des concentrations d'activité de catalase en fonction de traitement (**tableau25**) illustre une différence non significative ($F=1,88$; $P=0,208$).

Chapitre III : Résultats et discussion

Tableau 26: analyse de variance de catalase au niveau des racines

Source	DL	Somme de carré	CM	F	P
Traitements_1	2	0,1384	0,06921	1,88	0,208
Erreur	9	0,3310	0,03677		
Total	11	0,4694			

3.12. Effet des eaux de traitement sur l'activité de la catalase au niveau des feuilles

Les résultats de la (figure 19) représentent la variation de la quantité de catalase au niveau des feuilles. Le taux de la catalase est élevée ($0,27 \pm 0,07$) chez les plantes irriguées par les EE par rapport EU et ED, respectivement ($0,15 \pm 0,05$) et ($0,09 \pm 0,08$).

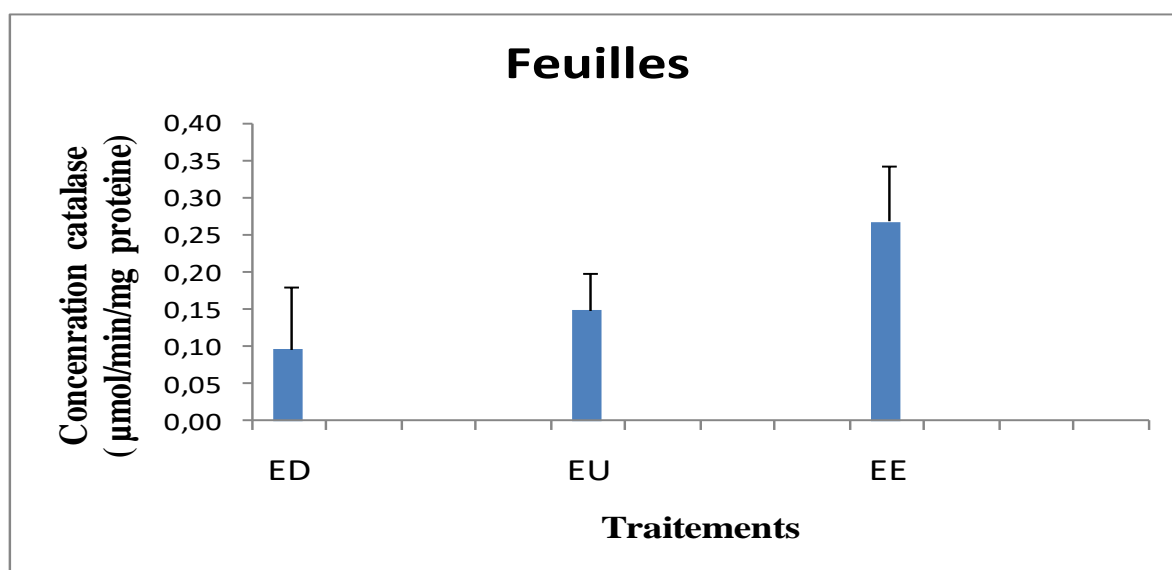


Figure 19: Effet des eaux de traitement sur l'activité de catalase au niveau des feuilles.

Parmi l'analyse statistique des effets d'activité de catalase (tableau 26) en fonction du traitements à un différence non significative ($F=3,01$; $P=0,100$).

Tableau 27 : Analyse de la variance de concentration de catalase au niveau des feuilles.

Source	DDL	Somme de carré	CM	F	P
Traitements	2	0,06213	0,03107	3,01	0,100
Erreur	9	0,09293	0,01033		
Total	11	0,15506			

Chapitre III : Résultats et discussion

- Analyse de la variance de concentration d'activité CAT en fonction de traitement et parties.

L'analyse statistique des effets de concentration d'activité catalase (**tableau 27**) en fonction de traitement et parties affiche une différence non significative (**F** et **P**) respectivement (**F**=0,65 ;**P**=0,535),(**F**=0,02 ;**P**=0,893),par contre l'interaction entre les deux enregistre une différence significative (**F**=3,61 ;**P**=0,048).

L'interaction entre le traitement et la partie végétale (**Annexe : 07**) pour la synthèse de la catalase regroupe les traitements (ED x racines) ,(EE x partie aérienne) et (EU x partie aérienne) dans le même groupe différents du deuxième groupe qui referme les autres interactions Traitements*Parties.

Tableau 28 : Analyse de variance catalase en fonction de traitement et parties de la plante.

Source	DL	Somme des carrés	CM	F	P
Traitements	2	0,030535	0,015268	0,65	0,535
Parties	1	0,000436	0,000436	0,02	0,893
Traitements*Parties	2	0,170009	0,085005	3,61	0,048*
Ereur	18	0,423900	0,023550		
Total	23	0,624881			

Chapitre III : Résultats et discussion

4. Discussion générale

les eaux usées, après dilutions appropriées, peuvent être utilisées comme source potentielle d'eau pour la germination des graines et la croissance des plantes dans les pratiques agricoles (**Dash,2012**).

Il a été conclu que si l'eau usée est utilisée pour l'irrigation des cultures, il doit d'abord être traité ou dilué avec de l'eau du robinet au moins pour améliorer la germination des graines des céréales (**Rusan et al., 2015**).

Il a été conclu que les eaux usées domestiques et industrielles ont considérablement affecté la germination et la croissance des graines et des semis de diverses espèces. Cependant, *Trigonellafoenum-graecum* et *Hordeumvulgare* ont montré des performances acceptables sous eau toxique (**Huma et al.,2012**)

La biomasse des céréales augmente avec l'ajout d'eaux usées et de nutriments fournis avec les eaux usées. Cependant, une période plus longue d'application des eaux usées a entraîné une production de biomasse plus faible (**Rusan et al., 2007**).

Il a été observé à partir des résultats que les performances des génotypes de maïs et de blé étaient très variables sous les traitements des eaux usées, car ils peuvent entraîner une diminution du taux de photosynthèse, de la productivité et de la croissance des plantes. La corrélation significative a été trouvée entre la longueur des racines et la longueur des pousses pour les deux génotypes. Il a été constaté à partir des résultats que le génotype du maïs s'est mieux comporté sous la plupart des traitements de stress par rapport au génotype du blé (**Balqees et Malik , 2020**).

Le poids des céréales a montré le maximum avec une augmentation de 25 % tandis qu'une diminution significative a été observée à eau brute concentrée. De même à 25%, une diminution significative a été observée dans les lésions cellulaires, proline. Important augmentation s'est produite dans les pigments chlorophylliens (**chl_a, b et caroténoïdes**) à 25 % par rapport au témoin. Il peut être conclu que les dilutions d'eau sont un procédé efficace pour réduire la concentration de métaux toxiques dans les eaux usées et peut être utilisé efficacement pour l'irrigation des cultures (**Akhtar et al., 2018**).

Les plantes irriguées avec des eaux usées brutes accumulent plus de proline et de sucre que les plantes irriguées avec des eaux usées traitées et de l'eau de puits. La prévalence des enzymes antioxydants dans les plantes a augmenté avec l'irrigation avec des eaux usées brutes, cependant, elle est restée dans les niveaux de tolérance dans les deux plantes irriguées par les eaux usées traitées et l'eau de puits. De plus, l'utilisation d'eaux

Chapitre III : Résultats et discussion

usées traitées améliore les propriétés physico-chimiques et la fertilité du sol par rapport à l'eau de puits et améliore la productivité des cultures (**Elfanssi et al., 2018**).

Le potentiel des eaux usées de brasserie en tant que source d'irrigation pour la production agricole a été évalué par la culture en pot et des expériences sur le terrain. Dans les études de culture en pot, les paramètres de croissance des plantes comme hauteur, circonférence de la tige, nombre de feuilles, surface foliaire, teneur totale en chlorophylle, proline, protéines solubles et la production de biomasse de maïs, de tournesol et de sésame a mieux fonctionné à une concentration plus élevée de l'arrosage par des eaux usées de brasserie. Les activités enzymatiques du sol ont montré que l'augmentation de la concentration des eaux usées conduit à une augmentation des activités enzymatiques du sol irrigué par les eaux usées des brasseries (**Senthilraja et al., 2013**).

Après l'application de boues d'épuration, les peroxydes lipidiques ont été réduits dans les feuilles (81 %) et les racines (69 %), l'activité CAT a été améliorée (jusqu'à 855 % dans les feuilles) et le niveau de proline a été augmenté dans les tissus racinaires. L'épandage de boues d'épuration provenant de petites STEP offre les meilleures conditions que les grandes STEP : les boues provenant de grandes STEP peuvent provoquer des dommages oxydatifs et dépasser les capacités des plantes à faire face les facteurs de stress, surtout lorsqu'elles sont utilisées à fortes doses (**Wyrwicka et Urbaniak, 2018**).

L'utilisation d'eaux usées avec 20 kg.N.ha⁻¹ a amélioré la croissance, la proline et les enzymes anti-oxydantes de la plante par rapport à l'application d'eau souterraine sans engrais. La peroxydation lipidique augmentait avec les eaux usées mais diminuait avec l'augmentation des doses d'azote, de sorte que la meilleure combinaison (WW×N20) a un impact négatif sur ce paramètre. Ces résultats ont conclu que les eaux usées peuvent remplacer efficacement les eaux souterraines et fonctionnent également comme une source de nutriments, tandis que l'application d'azote pourrait fournir une protection contre le stress oxydatif en augmentant le système de protection antioxydant (**Kausar et al., 2017**).

Des augmentations significatives des activités des enzymes antioxydants et de la teneur en glutathion, proline, sucre soluble et azote aminé total en réponse à l'irrigation avec des eaux usées peuvent être des mécanismes de défense induits en réponse au stress causé par les eaux usées utilisées en irrigation (**Hashem et al., 2013**).

Les résultats obtenus par Kamran et al., (2020) ont révélé que les traitements par les eaux usées affectaient négativement les performances de croissance du colza, les pigments

Chapitre III : Résultats et discussion

photosynthétiques et le système de défense antioxydant peroxydase (POD), l'ascorbate peroxydase(APX), la polyphénoloxydase(PPO) et l'enzyme catalase(CAT).

L'irrigation avec les eaux usées des céréales a entraîné une réduction significative des caractéristiques photosynthétiques, notamment la fluorescence de la chlorophylle, le CO₂ intercellulaire, la photosynthèse nette, l'efficacité d'utilisation de l'eau et les pigments photosynthétiques. La réduction de la photosynthèse a été suivie d'une diminution significative de la teneur en glucides et, par la suite, de la hauteur des plantes, de la surface foliaire et du rendement en grains. L'augmentation de la concentration des eaux usées a réduit l'épaisseur des feuilles et le diamètre des racines, ce qui explique la diminution des vaisseaux du xylème et du phloème, du parenchyme cortical racinaire et de l'épaisseur du mésophile. Sur la base de l'effet négatif observé des eaux usées sur la physiologie, la morphologie, l'anatomie et le rendement des cultivars de blé, la réutilisation des eaux usées avec des niveaux élevés de solides en suspension et de sels totaux pour l'irrigation ne peut pas être approuvée pour les cultures de blé (**Hajjhashemi et al., 2020**).

Conclusion

Conclusion

L'étude de l'effet des eaux usées et des eaux épurées sur le comportement physiologique et biochimique comme la réponse au stress par le système antioxydant protecteur des végétaux demeure d'une très grande importance.

Les résultats obtenus dans cette étude fait ressortir que le nombre de grains germés a été affecté par les eaux épurées. Le poids de la partie aérienne et des racines est affectée par les traitements et la durée d'exposition, avec une stabilisation du poids dans les deux traitements (EU,EE) on remarquant une nette diminution du poids après 58 jours de traitement par (ED). La longueur de la partie aérienne affiche les plus importantes mesures contrairement à la partie racinaire qui a marqué la plus faible longueur dans tous les traitements avec une différence significative enregistrée entre les durées d'exposition au traitement.

L'analyse des marqueurs biochimique comme les protéines solubles qui ont enregistré les plus hautes valeurs après 58j de culture au niveau des feuilles et pour les racines après 41 jours de culture avec une différence très significative pour les traitements et très hautement significative pour la durée d'exposition aux traitements. Le dosage de la proline comme indicateur de réponse au stress causé par les traitements on a remarqué que l'eau épurée a provoqué une accumulation importante de la proline au niveau des feuilles par contre l'eau usée a provoque le même phénomène mais au niveau des racines. Le polyphenole oxydase a été marquant au niveau des feuilles traite par l'eau uséet pour les racines traitées par ED et EE. L'ascorbat peroxydase enregistre les plus importantes valeurs au niveau des feuilles traite par l'ED et les racines traite par l'ED et l'EE. Une synthèse de catalase a été enregistre au niveau des feuilles des plantes traite par l'EE et les racines des plantes traite par l'ED

A la lumière de ces résultats obtenus on peut conclure que la durée d'exposition aux traitements fait diminuer la longueur et le poids ainsi que la biomasse fraîche des plantules. Le traitement des plantes par l'EE a un effet négatif précoce sur le poids de la partie aérienne et en contre partie il améliore la réponse des plantes au stress par l'activation du système oxydatif protecteur.

Conclusion

Il est judicieux de compléter ce travail par d'autres analyses :

- Dosage des chlorophylles (A et B) plus les caroténoïdes pour évaluer l'impact des traitements sur l'activité photosynthétique.
- Accentuer le travail sur l'effet des traitements sur la germination des graines pour détecter la réponse précoce des variétés aux traitements.
- Elargir la gamme des variétés céréalières pour comprendre le comportement variétal vis-à-vis des différents types d'eaux d'irrigations.
- Tester la chronologie de l'activation du système oxydatif protecteur des variétés céréalières.

Références
bibliographiques

A

1. **Abassenne F., Bouzerzour H. et Hachemi L., 1998** - Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi – aride d'altitude. *Annales Agronomiques*. INA, 18: 24 -36.

2. **Akhtar, N., Khan, S., Naveen, S., Masood, S., Khattak, M. R., Malook, I., ...& Jamil, M. (2018)**. Effect of wastewater on physiological and biochemical characteristics of rice (*Oryza sativa* L.). *Interciencia J*, 43(2), 102-123.

3. **Anonyme., 1994** - Historique de blé dur. 32 p.

4. **APG III., (2009)**. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: **APG III.** *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161: 105-121.

5. **Arendt, E.K., Zannini, E. (2013)**. Cereal grains for the food and beverage industries. Woodhead publishing series in food science, technology and nutrition, 485 p.

6. **Aussel H., Dornier G., Galtier Y., Puzin M., Causse F., 2004** : Le traitement des eaux usées. Institut de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. ED 5026.

B

7. **Baccouch S., Chaoui A., El Ferjani E, 1998**. Nickel-induced oxidative damage and antioxidant responses in *Zea mays* shoots. *Plant Physiol Biochem* 36(9), 689-694.

8. **Bahlouli F., Bouzerzour H. et Benmahammed A., 2005**- Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi – arid conditions. *Pakistan Journal of Agronomy* 360 –365.

9. **Balqees, N., Ali, Q., & Malik, A. (2020)**. Genetic evaluation for seedling traits of maize and wheat under biogas wastewater, sewage water and drought stress conditions. *Biological and Clinical Sciences Research Journal*, 2020(1), e038-e038.

10. **Baumont S., Camard J-P., Lefranc A., Franconia., 2004**. Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île de France. *Rapport ORS*, 220p.

11. **Belaid D., 1986** - Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed .OPU, Alger, 207 Pages.

12. **Bellatreche, A., Gaouar, S. (2016)**. Diversité et comportement de quelques variétés de blé dur et blé tendre dans la wilaya de Tlemcen.

13. **Bidar G, 2007**. Intérêt du phytomanagement dans la gestion durable des sols pollués. Recherche des mécanismes biologiques de transfert et de localisation des métaux

lourds (Cd,Pb, Zn) dans les strates herbacées et arborées. Thèse de Doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale, France, 228 p.

14. Bocoum M (2004) Méthodes d'analyses des sols. Doc de travail. Institut National de 293 Pédologie, pp.1-55, Dakar – Sénégal

15. Brière F.G., 1994 : Distribution et Collecte des eaux Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal.

16. Brière F.G., 1994. Distribution et Collecte des eaux Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal. 3eme édition, 598 p.

C

17. Cossu C., Doyotte A., Jacquin M.C., Vasseur P, 1997. Biomarqueurs de stress oxydant chez les animaux aquatiques, pp 149-161

D

18. Dash, A. K. (2012). Impact of domestic waste water on seed germination and physiological parameters of rice and wheat. *Int J Res Rev Appl Sci*, 12(2), 280-286.

19. Desjardins R., 1997. Le traitement des eaux, 2ème Edition Revue et Enrichie, Ed. Ecole Polytechnique. Edline F., 1979. L'épuration biologique des eaux résiduaires. Ed. Cebedoc, Paris, 306p.

E

20. Elfanssi, S., Ouazzani, N., & Mandi, L. (2018). Soil properties and agro-physiological responses of alfalfa (*Medicago sativa* L.) irrigated by treated domestic wastewater. *Agricultural water management*, 202, 231-240.

21. 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.

F

22. Faburé J, 2009. Étude de l'accumulation et des effets des composés organiques volatils (BTEX) chez les bryophytes, Thèse de Doctorat, Université de Lille, France, 295 p.

23. 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

24. Feillet P. (2000). le grain de blé composition et utilisation Inra, 17 – 18.

25. Fredot, E. (2005). Connaissance des aliments: bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Tec et Doc. 580 p.

G

26. Gardès-Albert M, Bonnefont-Rousselot D, Abedinzadeh Z, Jore D (2003). Espèces réactives de l'oxygène :Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ?. *L'actualité chimique*. **11 (12)** : 91-96.

27. Garrel. C, Bigard. X (2017). Stress oxydatif et micronutriments antioxydants. Nutrition du sportif. Elsevier Masson SAS . 1 p

28. Gate P., 1995- Ecophysiologie du blé. Paris: Tec et Doc- Lavoisier

29. Germain E, Bonnet P, Aubourg L, Grangeponne MC, Chajès V, Bougnoux P (2003). Anthracycline-induced cardiac toxicity is not increased by dietary omega-3 fatty acids. *Pharmacological Research*. **47**: 111-117.

30. Gonde P., Ratomahenina R., Arnaud A. et Galzy P., 1986- Purification and properties of the exocellular β -glucosidase of *Candida molischianan* (Zikes) Meyer and Yarrow capable of hydrolyzing soluble cellodextrins. *Can, J. Biochem. Cell. Biol.* **363**:1160-1166.

31. Grignac P.H., 1965 - La culture et l'amélioration génétique du lédur .Guide national de l'agriculture T.III .

32. Guergah N., 1997 – Contribution a l'étude de l'effet de la profondeur de semis sur le comportement d'un génotype de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en pot et en plein champs dans la région d'El Khroub. Memoire. Ing. Univ. Batna: 69 p.

H

33. Hajhashemi, S., Mbarki, S., Skalicky, M., Noedoost, F., Raeisi, M., & Brestic, M. (2020). Effect of wastewater irrigation on photosynthesis, growth, and anatomical features of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Water*, **12**(2), 607.

34. Hamadache A.M., 2001- Manuel illustré des grandes cultures à l'usage des valorisateurs et techniciens de l'agriculture. Stades et variétés de blé, ITGC, Alger ; p 22.

35. Hannachi A., Fellahi Z., Bouzerzour H. et Boutekrabi A. (2013). Correlation, Path Analysis and Stepwise Regression in Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) under Rainfed Conditions. *Journal of Agriculture and Sustainability* **3**,122-131

36. Hannachi A., Gharzouli R., Djellouli Tabet Y. 2014. Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. *Larhyss Journal*, ISSN 1112- 3680, N:19, Septembre 2014, pp. 51-62

37. Hannachi A ,Gharzouli R, Y.D. Tabet,(2014) . Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. *Larhyss Journal*, 19:51-62 .

38. 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 .

39. Hazmoune T., 1994 – Contribution à la caractérisation de l'appareil racinaire de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en relation avec les composants de rendement .Thèse Magistère .Univ.Batna :80p.

40. Hemery, Y., Rouau, X., Lullien-Pellerin, V., Barron, C., Abecassis, J. (2007). Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of Cereal Science*, 46(3) : 327-347.

41. Hertig J.A et Fallot J.M. 2006. Etude d'impact sur l'environnement .2eme édition. Volume 23, Presses polytechnique et universitaires romandes, 544 pages.

42. Huma, Z., Naveed, S., Rashid, A., & Ullah, A. (2012). Effects of domestic and industrial waste water on germination and seedling growth of some plants. *Current opinion in Agriculture*, 1(1), 24.

43. Hashem, H. A., Hassanein, R. A., El-Deep, M. H., & Shouman, A. I. (2013). Irrigation with industrial wastewater activates antioxidant system and osmoprotectant accumulation in lettuce, turnip and tomato plants. *Ecotoxicology and environmental safety*, 95, 144-152.

J

44. Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., Brule, G. (2007). Sciences des Aliments 2. Technologie des Produits Alimentaires. *TEC & DOC*. Lavoisier, Paris. 139-185 pp.

K

45. Kamran, M., Malik, Z., Parveen, A., Huang, L., Riaz, M., Bashir, S., ... & Ali, U. (2020). Ameliorative effects of biochar on rapeseed (*Brassica napus* L.) growth and heavy metal immobilization in soil irrigated with untreated wastewater. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39(1), 266-281.

46. Karou M., Haffid R., Smith D.N. et Samir K., 1998 - Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early – season drought .*Agronomie* 18,18:186

47. Kausar, S., Faizan, S., & Haneef, I. (2017). Nitrogen level affects growth and reactive oxygen scavenging of fenugreek irrigated with wastewater. *Trop. plantres*, 4, 210-224.

L

48. Lagadic L., Caquet T., Amiard JC., Ramade F, 1997. Biomarqueurs en Écotoxicologie, Aspects fondamentaux, Masson, Paris, 419 p.

49. Large E.C., 1954 - Growth stages in cereals. Illustration of the feekes scale. Plant pathology 3, 128 -129.

M

50. Malik, A. H. (2009). Nutrient uptake, transport and translocation in cereals: influences of environmental and farming conditions (No: 1).

51. Mazouz L., 2006- Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé Du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi -aride .Mémoire de Magistère. Déprt. Agronomie. Université Hadj Lakhdar, Batna ,70p.

52. Metahri., 2012 : élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. P17, 20, 22, 27, 63, 72, 73 et 74.

53. Mittler R, 2002. Oxidative stress, antioxydants and stress tolerance. Trends in Plant Science 7(9), 405-410.

54. MOULE C., 1980. Effete des contraintes hydrique et saline 1 sur la germination de quelques acacias africains. 66p

55. Moussaoui R, Benhabib A (2015). La réutilisation des eaux usées traitées et l'agriculture. *Les cahiers du MECAS* , 11: 82-97.

N

56. Noctor G., Foyer CH, 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 49, 249–279.

P

57. Papadakis J.S., 1938 - Ecologie agricole .Eds Jules Duculot .Gembloux . 303p.

58. Posner, E.S., Hibbs, A.N. (2000). Wheat flour milling, 2ème édition. American Association of Cereal Chemists, Inc.

R

59. Rashid-Sally L., Jayakody P., 2008. Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries: results from a global assessment, Colombo, Sri Lanka. *IWMIR Research Report 127, International Water Management Institute, Colombo.*)

60. Riley I.T., Nicol J.M., Dababat A.A., 2009. *Cereal cyst nematodes: status research and outlook*, Turkey, CIMMYT, 242 p.

61. Roméo M., Bebbani N., GnassiaBerelli M., Lafaurie M., Givard JP, 2000. Cadmium and copper display different response towards oxidative stress in the kidney of the sea bass *Dicentrarchus labrax*. *AquatToxical* 48, 185-194.

62. Rusan, M. J., Albalasmeh, A. A., Zuraiqi, S., & Bashabsheh, M. (2015). Evaluation of phytotoxicity effect of olive mill wastewater treated by different technologies on seed germination of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, 22(12), 9127-9135.

63. Rusan, M. J. M., Hinnawi, S., & Rousan, L. (2007). Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. *Desalination*, 215(1-3), 143-15

S

64. Sanmartin M., Pateraki I., Chatzopoulou F., Kanellis AK, 2007. Differential expression of the ascorbate oxidase multigene family during fruit development and in response to stress. *Planta* 225(4), 873-885.

65. Senthilraja, K., Jothimani, P., & Rajannan, G. (2013). Effect of brewery wastewater on growth and physiological changes in maize, sunflower and sesame crops. *International Journal for Life Science and Educational Research*, 1(1), 36-42.

66. Shigeoka S., Ishikawa T., Tamoi M., Miyagawa Y., Takeda T., Yabuta Y., Toshimura K, 2002. Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. *Journal of Experimental Botany* 53, 1305-1319

67. Slama A., (2002). Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie. Tunis.

68. Soltner D., 1987 - Les grandes productions végétales « Céréales – plante sarclées – prairies ». 15^{ème} édition. Collecton sciences et techniques agricoles : 461 p.

69. Šramková, Z., Gregová, E., Šturdík, E. (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, 2(1), 115-138.

V

70. Vaillant J. R. 1974. Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : Eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. *Ed. Eyrolles*. Paris, France 413p.

71. Vandermeersch S., 2006 : Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes. DESGE. IGEAT. Université Libre de Bruxelles, p 57.

W

72. Wardlaw I.F., 2002-Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment .*Annals of botany*: 90,469-476.

73. Wyrwicka, A., & Urbaniak, M. (2018). The biochemical response of willow plants (*Salix viminalis* L.) to the use of sewage sludge from various sizes of wastewater treatment plant. *Science of the Total Environment*, 615, 882-894.

Z

74. Zella L., 2007. L'eau pénurie ou incurie, *Edition*: OPU. Office des Publications UniversitaireAlgerie

Les annexes

Annexes 01 : Analyse de Variance des poids de la partie aérienne.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Traitement	2	1,2630	1,2630	0,6315	3,66	0,039*
Dates	2	4,0351	4,0351	2, 0175	11,68	0,000***
Traitements*Dates	4	2,4808	2,4808	0,6202	3,59	0,018*
Ereur	27	4,6641	4,6641	0,1727		

Comparaisons deux à deux de Tukey : Traitements

Traitements	N	Moyenne	Groupement
1	12	1,3	A
2	12	1,1	AB
3	12	0,9	B

Comparaisons deux à deux de Tukey : Date

Date	N	Moyenne	Groupement
2	12	1,5	A
3	12	1,0	B
1	12	0,7	B

Annexes 02 : Analyse de la variance pour L.P. R

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Traitements	2	54,196	54,196	27,098	3,17	0,058
Date	2	90,104	90,104	45,052	5,28	0,012*
Traitements*Dates	4	16,013	16,013	4,003	0,541	0,758
Error	27	230,597	230,597	8,541		
Total	35	390,910				

Comparaisons deux à deux de Tukey : Date

Date	N	Moyenne	Groupement
2	12	10,2	A
1	12	8,9	AB
3	12	6,3	A

Annexes 0 3 : Analyse de la variance pour L.P. A (Traitements; Dates)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Traitements	2	132,08	132,08	66,04	2,33	0,116
Dates	2	300,35	300,35	150,18	5,30	0,011*
Traitements*Dates	4	176,71	176,71	44,18	1,56	0,214
Ereur	27	765,05	765,05	28,34		
Total	35	1374,19				

Comparaisons deux à deux de Tukey : Date

Date	N	Moyenne	Groupement
2	12	41,3	A
3	12	37,7	AB
1	12	34,2	B

Annexes 0 4 : Analyse de la variance pour L.P.A./L.P.R. (Traitements; Dates).

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Traitements	2	0,021439	0,021439	0,010719	1,62	0,216
Dates	2	0,067224	0,067224	0,033612	5,09	0,013*
Traitements*Dates	4	0,010390	0,010390	0,002598	0,39	0,811
Ereur	27	0,178132	0,178132	0,006597		
Total	35	0,277185				

Comparaisons deux à deux de Tukey : Date

Date	N	Moyenne	Groupement
1	12	0,3	A
2	12	0,2	AB
3	12	0,2	B

Analyse de la variance pour P.P.R(Traitements; Dates).

Traitement	Date	N	Moyenne	Groupement
1	2	4	2,3	A
2	2	4	1,4	AB
2	3	4	1,1	B
1	3	4	1,1	B
3	2	4	0,9	B
3	3	4	0,8	B
3	1	4	0,8	B
2	1	4	0,8	B
1	1	4	0,6	B

Annexe 05 : Analyse de la variance pour P.S.F

Source	DL	Somme des carrés	CM	F	P
Traitements	2	7,138	3,5691	5,47	0,010**
Dates	2	87,903	43,9516	67,38	0,000***
Traitements*Dates	4	5,627	1,4066	2,16	0,101
Erreur	27	17,613	0,6523		
Total	35	118,281			

Comparaisons deux à deux de Tukey : Traitements

Traitements	N	Moyenne	Groupement	
2	12	3,22441	A	
1	12	2,69405	A	B
3	12	2,13382		B

Comparaisons deux à deux de Tukey : Dates

Dates	N	Moyenne	Groupement	
3	12	4,89352	A	
1	12	1,61759		B
2	12	1,54117		B

Annexes 06 : Analyse de la variance pour P.S. R

Source	DDL	Somme des carrés	CM	F	P
Traitements	2	0,52252	0,26126	3,38	0,049*
Dates	2	2,53767	1,26884	16,44	0,000***
Traitements*Dates	4	0,01616	0,00404	0,05	0,995
Erreur	27	2,08402	0,07719		
Total	35	5,16036			

Comparaisons deux à deux de Tukey : Traitements

Traitements	N	Moyenne	Groupement	
2	12	3,22441	A	
1	12	2,69405	A	B
3	12	2,13382		B

Comparaisons deux à deux de Tukey : Dates

Dates	N	Moyenne	Groupement	
3	12	4,89352	A	
1	12	1,61759		B
2	12	1,54117		B

Annexes 07 :Analyse de la variance pour Catalase en fonction de Traitements; Parties

Source	DDL	Sommedes carrés	CM	F	P
Traitements	2	0,030535	0,015268	0,65	0,535
Parties	1	0,000436	0,000436	0,02	0,893
Traitements*Parties	2	0,170009	0,085005	3,61	0,048*
Erreur	18	0,423900	0,023550		
Total	23	0,624881			

Traitements*Parties	N	Catalase
1 1	4	0,095785 A
1 2	4	0,314120 B
2 1	4	0,148757 B
2 2	4	0,089275 A
3 1	4	0,267858 B
3 2	4	0,083428 A