



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



## Effet de l'irrigation par des eaux usées traitées (EUT) sur une culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.)

## Effect of irrigation by treated wastewater (TWW) on a durum wheat crop (*Triticum durum* Desf.)

**HANNACHI Abdelhakim<sup>\*</sup>, KHELFI Selma et SOUILEH Nabila**

Université 20 Aout 1955, Département d'agronomie, Skikda-21000, Algérie

Auteur correspondant: [\\*HAKHANNACHI@yahoo.fr](mailto:*HAKHANNACHI@yahoo.fr)

### ARTICLE INFO

Reçu : 18-09-2016

Accepté : 12-12-2016

#### Mots clés :

Développement, EUT, Irrigation, MO, *Triticum durum* Desf.

#### Key words :

Development, TWW, Irrigation, OM, *Triticum durum* Desf.

### RÉSUMÉ

Notre étude est menée sur le comportement d'une variété de blé dur (*Triticum durum* Desf.) irriguée avec deux types d'eau d'origine différente. Le premier est provient des eaux de puits et le deuxième est venu des eaux usées issue de la station d'épuration et traitée biologiquement. Pour chaque type d'irrigation trois parcelles uniformes cultivées sur une surface de 1 m<sup>2</sup>, aux mêmes conditions édaphiques et climatiques (Serre expérimentale). Les doses d'eau sont effectuées selon le taux d'humidité du sol et sont identiques pour les deux essais. Les résultats obtenus sur les plantes irriguées par les eaux usées traitées (EUT) montrent un bon développement par rapport aux plantes irriguées par les eaux des puits, surtout le nombre de talles par plante, la hauteur des plantes et de la longueur des épis. Les mêmes résultats sont obtenus sur les composants de rendement concernant : épis/m<sup>2</sup>, PMG, grains/épis et le rendement biologique. Les plantes irriguées par les eaux usées traitées présentent une précocité de levée, de montaison et d'épiaison, qui a dû à la charge importante de la matière organique (MO). Dans le sol, l'irrigation a entraîné, tout d'abord, l'enrichissement du sol en ammonium et en nitrate, ce qui explique que les eaux usées issues du traitement biologique sont riches en éléments minéraux nécessaires à la croissance et le développement de blé dur.

### ABSTRACT

Our study is conducted on the behavior of a variety of hard wheat (*Triticum durum* Desf.) irrigated with two types of water of different origin. The first is from well water and the second is from wastewater from the treatment plant and treated biologically. For each type of irrigation, three uniform plots cultivated on a surface of 1 m<sup>2</sup>, under the same edaphic and climatic conditions (experimental greenhouse). The doses of water are carried out according to the soil moisture content and are identical for the two tests. The results obtained on plants irrigated by treated wastewater (TWW) show a good development compared to plants irrigated by well water, especially the number of tillers per plant, the height of the plants and the length of the cobs. The same results are obtained on yield components concerning: ears / m<sup>2</sup>, TKW, grains / ears and biological yield. The plants irrigated by the treated wastewater have a precocity of emergence, run and heading, due to the heavy load of organic matter (OM). In the soil, irrigation has led, first of all, to enriching the soil with ammonium and nitrate, which explains why wastewater from biological treatment is rich in mineral elements necessary for the growth and development of durum wheat.

## 1. Introduction

Le total de la production nationale des céréales est de 3,6 millions de tonnes, soit 2 millions de tonnes de blé dur en 2015 (ONFAA, 2015). Les régions de l'est du pays, où se trouvent des zones céréalières potentielles, ont pâti du stress hydrique durant la période allant de mars à avril, le rendement à l'hectare est resté inchangé, soit 14 q/ha (ONFAA, 2015). La faiblesse de la production nationale est due, principalement aux conditions climatiques (Sècheresse) et édaphiques (Dégradation des sols), du fait que la céréaliculture est menée sur des surfaces localisées, en majorité, dans les zones arides et semi-arides (ITGC, 2015).

Le sol est souvent exposé à divers facteurs de dégradation qui affectent ses capacités à assurer ses fonctions. Il peut s'agir d'une perte quantitative de sol (en surface ou en profondeur) et d'une diminution de sa fertilité (Plan Bleu, 2003). La dégradation des sols en Algérie est un phénomène ancien qui s'est aggravé dans les dernières décennies, sous l'effet de facteurs naturels et d'actions anthropiques néfastes (IUCN, 2007).

Le blé dur doit absorber 3,5 unités d'azote pour produire 1 quintal de grain à 13-14% de protéines. Le sol en fournit un peu mais l'essentiel doit être couvert par des apports d'engrais (ABDDLES, 2016). L'absorption de l'azote suit la croissance du blé, faible pendant le tallage, elle croît pendant la montaison quand la plante pousse vite (ABDDLES, 2016). Pour remédier à la pauvreté des sols algériens, il est nécessaire d'enrichir les terres en éléments minéraux et organiques par l'utilisation des eaux d'irrigation riches en MO.

C'est pour cela il faut penser de réutiliser les eaux usées traitées dans l'agriculture, parce qu'elles sont avantageuse par leur richesse en substances nutritives pour les sols et les plantes. L'utilisation de EUT pour la production agricole permet en effet, de valoriser les matières fertilisantes qu'elle contient au lieu de les rejeter. L'objectif de ce travail, est d'étudier l'effet de l'irrigation par des eaux usées traitées par voie biologique sur une culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.).

## 2. Matériels et Méthodes

Ce travail a été réalisé au niveau d'une serre expérimentale où les mêmes pratiques culturales sont suivies pour la mise en place de la culture ; toutes les parcelles sont irriguées aux mêmes temps et par les mêmes quantités d'eau, la seule différence entre les deux essais c'est la qualité de l'eau utilisé pour l'irrigation. Le 1<sup>er</sup> Essai est irrigué par les eaux usées épurées par voie biologique provenant de la station d'épuration d'IBN ZIAD sis à ALHAMA de Constantine (Tableau 1). Alors que le 2<sup>ème</sup> Essai est irrigué par l'eau de puits (Tableau 2).

Notre étude est menée sur le blé dur « *Triticum durum* Desf », variété Virton la R<sub>1</sub>, variété d'origine Espagnole, sélectionnée au niveau de l'ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures), d'El Kharoub en 1986. C'est une variété caractérisée par une paille haute à moyenne, cycle végétatif demi-précoce, tallage moyen, mieux adaptée aux régions arides et semi-arides et assez sensible à la verse.

L'essai a été installé sous serre manuellement le 09 -01 - 2013, où les graines ont été réparties sur six petites parcelles, chaque parcelle à une surface d'un mètre carré (1 m<sup>2</sup>). Les semences ont été installées en rangs.

Le semis est réalisé à une densité de 250 grains par mètre carré (250 grains/m<sup>2</sup>) à une profondeur approximative de 2 à 3 cm. L'essai a été dénommé (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>) pour la 1<sup>ère</sup> partie irriguées par des eaux usées épuré (Essais I) et (P<sub>A</sub>, P<sub>B</sub>, P<sub>C</sub>) pour la 2<sup>ème</sup> partie irriguées par l'eau de puits (Essais II).

L'humidité du sol et la dose d'irrigation sont évaluées sur les parcelles, une fois tous les 15 jours.

**Tableau 1.** Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées utilisées

Paramètres	Eau usée brute	Eau usée traitée
T (°C)	22,12	21
pH	8,31	8,16
CE (µS/cm)	1773	1718
Turbidité (FTU)	352,7	10,9
MES (mg/l)	273,4	8,47
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	168,75	16,7
l'azote Kjeldhal (mg/l)	39,2	40,8
l'azote organique (mg/l)	36,2	40,47
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	3,42	0,35
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1,4	1,82
Phosphate (mg/l)	2,08	0,72

**Tableau 2.** Compositions en éléments chimiques dans les eaux de puits utilisées

Eléments	Conductivité (ms/cm)	Ca	Mg	Na+ K	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
Valeurs (mg/l)	590	51,17	20,74	38,15	49,42	139,39	148,47

Les observations et les notations ont été réalisées tout au long du cycle biologique, du semis jusqu'à la récolte et ont porté sur :

- Les stades phénologiques (date de levé notée lorsque 50% des plantes sont sorties au sol, date de montaison, date d'épiaison notée lorsque 50% de la parcelle élémentaire sont sorties de la gaine de la dernière feuille).
- Les caractères morphologiques (La hauteur de la plante (en cm) mesurée à la maturité sur un échantillon de 05 plantes par parcelle, à l'aide d'une planche graduée, barbes non incluses, La longueur de l'épi, mesurée de la base de l'épi jusqu'au sommet de la plante, barbe no incluse sur un échantillon de 05 plantes par parcelle).
- Les composantes du rendement : Le nombre de talle par plant porté sur 05 plantes de chaque parcelle. Le nombre d'épis par m<sup>2</sup> (NE/m<sup>2</sup>) est déterminé : nombres d'épis par un mètre carré de surface (NE/1m<sup>2</sup>).
- Le nombre de grain par épi (Grains/épi), est déterminé par comptage du nombre de grains de 5 épis choisis au hasard puis divisé par 5. Le poids de mille grains (PMG) est déterminé par le comptage de mille grains puis pesées à l'aide d'une balance de précision. Le rendement en grain est déterminé par la récolte des parcelles.

Toutes les données collectées ont subi une analyse de moyenne et une analyse à l'aide du logiciel STATICF qui inclut les formules suivantes :

$$1. \text{Moyenne} = \bar{X} = \sum X_i / n$$

$$2. \text{Variance} = \text{var}(X) = \sum (\bar{X}_i - X)^2 / n - 1$$

$$3. \text{Ecart type} = \delta \sqrt{\text{var}(X)} = \sqrt{\sum (X_i - X)^2 / n - 1}$$

L'analyse de moyennes a été faite pour comparer les différents paramètres mesurés, une matrice de corrélation a été extraite par le même logiciel. Nous avons utilisé une deuxième pour le traitement des données par l'analyse des correspondances multiples (ACM).

L'ACM donne la possibilité de résumer en quelques dimensions importantes la plus grande variabilité de matrice de données. On peut alors présenter variables et facteurs dans un même espace de dispersion et connaître la quantité d'information expliquée par ces *quelques axes factoriels*. L'ACM dégage les relations essentielles entre les composants de rendement, les caractères morphologiques et la composition de l'eau de l'irrigation d'une part, et d'autre part les stades phénologique du blé dur (*Triticum durum* Desf.).

Les variables ont la même logique et peuvent être considérées comme des variables qualitatives ordonnées ou comme des indices quantitatifs. Ces variables codant dans l'ordre les stades phénologique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) et les composantes de rendement.

### 3. Résultats

Le nombre moyen de jours de la durée de la période levée pour l'essai I est de 9,33 jours, et pour l'essai II le nombre moyen de jours pour ce stade est de 10,66 jours. La variance pour les deux essais est de 0,33 et l'écart type pour les deux essais est de 0,58. Le nombre moyen de jours de la durée de la période montaison pour l'essai I est de 76,33 jours, et pour l'essai II le nombre moyen de jours pour ce stade est de 77 jours.

La variance pour l'essai I est de 0,33 et l'écart type est de 0,58. La variance et l'écart type pour l'essai II est 1. Le nombre moyen de jours de la durée de la période épiaison pour l'essai I est de 93 jours, et pour l'essai II le nombre moyen de jours pour ce stade est de 94,33 jours. La variance et l'écart type pour l'essai I est 1 et la variance pour l'essai II est de 0,33 et l'écart type est de 0,58 (Tableau 3).

**Tableau 3.** Durée du cycle de la culture de blé

Stades phénologiques	Paramètres	Essai I	Essai II
Levée (Nombre de jours)	<b>Moyenne</b>	<b>9,33</b>	<b>10,66</b>
	Variance	0,33	0,33
	Ecart type	0,58	0,58
Montaison (Nombre de jours)	<b>Moyenne</b>	<b>76,33</b>	<b>77</b>
	Variance	0,33	1
	Ecart type	0,58	1
Épiaison (Nombre de jours)	<b>Moyenne</b>	<b>93</b>	<b>94,33</b>
	Variance	1	0,33
	Ecart type	1	0,58

Une hauteur importante pour les plants irrigués par l'eau usée traitée. Les plants irrigués par l'eau de puits présentent une faible longueur par rapport aux plants irrigués par l'eau usée traitée.

La hauteur moyenne des plantes pour l'essai I est de 98.66 cm et pour l'essai II la hauteur moyenne des plantes est de 79.26 cm. La variance pour l'essai I est 1,89 et la variance pour l'essai II est de 24,60, l'écart type pour l'essai I est de 1,37 et 4,96 pour l'essai II.

La longueur moyenne des épis pour l'essai I est de 19.66 cm et pour l'essai II la longueur moyenne des épis est de 18.4 cm. La variance pour l'essai I est 0,08 et la variance pour l'essai II est de 0,73, l'écart type pour l'essai I est de 0,28 et 0,85 pour l'essai II (Tableau 4).

**Tableau 4.** Hauteur des plantes et longueur de l'épi (cm)

Caractères morphologiques	Paramètres	Essai I	Essai II
Hauteur de la plante (cm)	<b>Moyenne</b>	<b>98,66</b>	<b>79,26</b>
	Variance	1,89	24,60
	Ecart type	1,37	4,96
Longueur de l'épi (cm)	<b>Moyenne</b>	<b>19,66</b>	<b>18,4</b>
	Variance	0,08	0,73
	Ecart type	0,28	0,85

Pour les composantes de rendement, le nombre moyen de talle par plant est pour l'essai I est de 5.2 talles/plante et pour l'essai II le nombre moyen de talles et de 3.8 talles/plante.

Le nombre moyen de grain par épi pour l'essai I est de 42.8 grains/épi et pour l'essai II est de 36.4 grain/épi. Le nombre moyen d'épi par mètre carré pour l'essai I est de 196,33 épis/m<sup>2</sup> et pour l'essai II est de 164,33 épis/m<sup>2</sup>.

Le poids de mille grains moyen pondéré des différentes parcelles pour l'essai I est 44,03 g et pour les parcelles pour l'essai II est de 41 g. Ce paramètre est très important car il détermine en grande partie le rendement final. Le rendement biologique (rendement en grains) moyen pour l'ensemble des parcelles de l'essai I est 32,5 qx/ha et pour l'essai II est de 22,82 qx/ha (Tableau 5).

**Tableau 5.** Les composantes de rendements

Composantes de rendement	Paramètres	Essai I	Essai II
Nombre de talles	<b>Moyenne</b>	<b>5,2</b>	<b>3,83</b>
	Variance	0,04	0,58
	Ecart type	0,2	0,76
Grains /épi	<b>Moyenne</b>	<b>42,83</b>	<b>36,4</b>
	Variance	7,32	12,64
	Ecart type	2,70	3,55
Épis/m <sup>2</sup>	<b>Moyenne</b>	<b>197,33</b>	<b>164,33</b>
	Variance	2186,33	2133
	Ecart type	46,75	46,18
Poids de mille grains (PMG) (g)	<b>Moyenne</b>	<b>44,03</b>	<b>41</b>
	Variance	0,70	1,75
	Ecart type	0,83	1,32
Rendement biologique (qx/ha)	<b>Moyenne</b>	<b>32,5</b>	<b>22,28</b>
	Variance	126,83	104,32
	Ecart type	11,26	10,21

Le coefficient de corrélation donne une mesure du degré de la liaison entre les paramètres étudiés, ces derniers ont été différemment corrélés (Tableau 6). La hauteur été négativement corrélée avec la plus part des paramètres. Quoique plutôt faible, la corrélation entre la hauteur et le nombre de grains/épi est positive. La longueur de l'épi est positivement corrélée avec le nombre d'épi/m<sup>2</sup>, le PMG et le rendement grains, mais négative avec le nombre de grains/épi.

En analysant la carte factorielle de l'ACM, une matrice de corrélation a été réalisée entre les variables qualitatives (Stades phenologiques) et quantitatives (composantes de rendement). Cinq variables sont associés significativement : PMG, thalles/pieds, épi/m<sup>2</sup> grains/épi et rendement.

**Tableau 6.** Corrélation entre les différents paramètres étudiés

	Hauteur	Longueur de l'épi	Nombre de talles	Grains /épi	Epi/m <sup>2</sup>	PMG	Rdt. biologique
Hauteur	1						
Longueur de l'épi	-0,2	1					
Nombre de talles	-0,2	0,5	1				
Grains /épi	0,4	-0,2	-0,2	1			
Epi/m <sup>2</sup>	0,1	0,3	0,7	0,5	1		
PMG	-0,02	0,5	0,7	0,5	-0,2	1	
Rdt. biologique	-0,2	0,5	0,6	0,7	-0,2	0,4	1

La représentation géométrique sur les axes (Figure 1) donne une corrélation entre les variables des composants de rendement et celles des stades phénologiques qui se présentent comme suit :

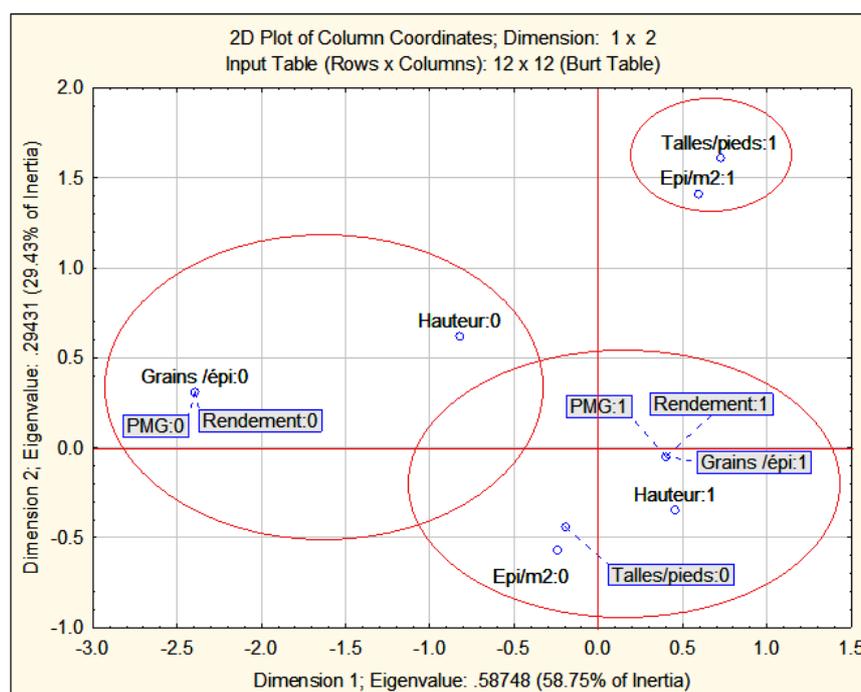
1er axe ( $\lambda=0.5874$ )

L'analyse statistique (ACM) montre que le nombre de grains par épi, le nombre de talles par pied et le poids de 1 000 grains ont été déterminants pour la réalisation de bons rendements.

En effet, il existe de bonnes corrélations entre ses trois composantes et le rendement en grains. De même, nous avons enregistré des liaisons significatives entre le poids de 1 000 grains et le rendement en grains.

2ème axe ( $\lambda=0.2943$ )

Cet axe signifie que plus le nombre est des talles par pied grand, plus ils sont longs, plus il a de poids et donc donne un bon rendement en grains; par contre ces épis n'ont pas produit beaucoup de grains.



**Figure 1.** Délimitation des groupes des variables sur les axes 1 et 2

#### 4. Discussion

La hauteur répond aux conditions culturales, plus ces derniers sont favorables et plus la plante est haute, ceci dénote que les plantes hautes ne donnent pas automatiquement un rendement grains élevé. En fait, plus le nombre d'épis/m<sup>2</sup> est grand, plus ils sont longs, plus il a de poids et donc donne un bon rendement grains. Par contre ces épis n'ont pas produits beaucoup de grains, on peut dire qu'il y a un phénomène de compensation tel que décrit par (Acevedo, 1989) et (Benbelkacem et al., 1984).

L'azote minéral apporté via les eaux usées montre différents comportements selon le type de sol irrigué. Le sol de la serre expérimentale, est composé de plusieurs fractions dominées beaucoup plus par du limon et de sable, c'est donc une texture limono sableux. Dans les sols naturellement pauvres en azote, l'irrigation a entraîné, tout d'abord, l'enrichissement du sol en ammonium et en nitrate et ensuite leur lessivage vers la

profondeur (Belaid, 2010). En effet, certains auteurs ont constaté que l'azote ammoniacal acheminé vers le sol va être immédiatement absorbé par le complexe absorbant du sol (Chen et Patrick, 1980 ; Alvarez- Bernal et al. 2006). Cependant, dans le calcisol, la bonne perméabilité ainsi que la faible Capacité d'échange cationique (CEC) ont plutôt favorisé la percolation des eaux d'irrigation ainsi que la migration et le lessivage des ions ammonium en profondeur où on a trouvé des teneurs élevées en ces ions (Belaid, 2010).

La fertilisation minérale contribue énormément à la production végétale sur le plan qualitatif et quantitatif. Si la fertilisation azotée est plus ou moins maîtrisée, la fertilisation phosphatée reste encore aléatoire et non raisonnée chez la majorité des agriculteurs (Abdenebi et Boulelouah , 2016). Comme le rendement grain, les composantes du rendement, varient d'une campagne agricole à une autre suite aux variations des doses d'engrais et des variations climatiques (Abdenebi et Boulelouah , 2016).

Les effets de l'irrigation par des eaux usées sur le complexe sol/plante démontrent dans le cas d'une culture de pomme de terre, que quelque soit la technique d'irrigation utilisée, sous un même programme de fertigation, les eaux usées traitées apportent des rendements toujours supérieurs à ceux obtenus par irrigation à l'eau de nappe (Xanthoulis and Fonder, 2005). L'irrigation complémentaire par les eaux usées pour une culture céréalière montre que dans le cas de la culture de blé dur, les rendements sous irrigation par les eaux usées épurées par infiltration-percolation sont statistiquement meilleurs que sous irrigation par eau de puits. Pour la culture de blé tendre, les rendements sont liés à la quantité d'éléments fertilisants apportés plutôt qu'à la nutrition hydrique (Xanthoulis and Fonder, 2005).

L'irrigation par les EUT provoque une augmentation de l'EC du sol de 16 % sous un régime de 100 % d'ETM durant le premier stade de croissance, la quantité du nitrate lessivée est de l'ordre de 38,5 kg/ha dont 67 % durant le deuxième stade de croissance (Choukr-Allah and Hamdy, 2004). Les éléments fertilisants que sont l'azote, le phosphore, la potasse, voire le soufre ou certains oligo éléments, sont indispensables au bon développement de toute culture. Ils représentent cependant une charge financière importante pour l'exploitation, qu'il convient de gérer au plus juste (Agri-Mieux, 2015). Le bon raisonnement de la fertilisation azotée est bien entendu un des principaux leviers de diminution du risque de lessivage des nitrates, contribuant ainsi directement à la préservation des ressources en eau. Il s'agit de faire correspondre les apports d'engrais minéraux ou organiques aux besoins de la culture pour atteindre un niveau de production donné, en n'oubliant pas de prendre en compte les différentes fournitures d'azote du sol, les précédents et les éventuels apports d'effluents organiques (Agri-Mieux, 2015). En effet, la réutilisation de ces eaux est très bénéfique pour assurer la compensation des risques de sécheresse sur la durabilité des systèmes de cultures et la pression sur les ressources en eaux conventionnelles (El Yousfi, 2013). Une étude faite par Chenini et al., (2002) sur le comportement de l'olivier irrigué par des eaux usées traitées a montré que le système racinaire est mieux développé pour les pieds irrigué par les eaux usées traitées par apport aux pieds irrigué par des eaux potables ceci appuie nos résultats. Bhati et Singh (2003) ont trouvé le même résultat pour *Eucalyptus camaldulensis* irrigué par des eaux usées.

## Conclusion

Cette étude a montré l'effet de l'irrigation par des eaux usées traitées biologiquement issue de la station d'épuration sur le comportement de blé dur dans une serre expérimentale. Les résultats ont montré un effet impressionnant des eaux usées sur la culture de blé dur, ceci est constaté à travers une amélioration significative des paramètres morphologiques et les composantes de rendement (32,5 qx/ha contre 22,28 qx/ha pour l'eau de puits ), ainsi les eaux usées ont permis une augmentation du rendement et un bon développement végétatif de la plante. Une bonne croissance et développement est en effet remarquée chez tous les paramètres phéno-morphologiques mesurés et qui ont été influencées la teneur des eaux usées traitées en matière organique (MO). Ainsi, la précocité à l'épiaison est quand même considérable. Les témoins ont été représentés par les parcelles irriguées par l'eau de puits et ont été moins développées. L'analyse des composantes de rendement a exhibé des différences assez remarquables entre les deux essais. Le nombre de talles par plante, Le nombre de grains par épi, le nombre d'épis par mètre carré, le poids de mille graines et le rendement en grains est élevé pour l'essai I par rapport à l'essai II. Ceci montre que les eaux usées issue du traitement biologique sont riches en éléments minéraux nécessaires à la croissance des plantes. Des expériences ont montré à maintes reprises la productivité accrue des cultures ou des arbres lorsqu'ils sont irrigués avec des eaux usées traitées et rend possible leur application en céréaliculture et surtout la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf).

### Références bibliographies

- Abdenebi N. et Boulelouah N., 2016. Effet de la fertilisation phosphatée sur le rendement et ses composantes du blé dur en région semi-aride. Cas de Sétif. Séminaire National problématique et enjeux de l'agriculture en Algérie du 11 Avril 2016 Tlemcen (Algérie).
- ABDDLES, 2016. Fiche technique du blé dur, bases de la culture. ARVALIS – Institut du Végétal Nîmes (France): 3 p. <http://www.herault.chambagri.fr/>
- Accevedo, E. 1989. Improvement of winter wheat crops in Mediterranean environments, use of yield, morphological traits. Ed. INRAF: pp 55- 305.
- Agri-Mieux, 2015. Fertilisation des grandes cultures. Chambre d'agriculture de région Alsace (France) : 36 p.
- Alvarez-Bernal, D., Contreras-Ramos, S.M., Trujillo-Tapia, N., Olalde-Portugal, V., Frias- Hernandez, J.T., et Dendooven, L. 2006. Effects of tanneries wastewater on chemical and biological soil characteristics; *Applied Soil Ecology* 33: pp 269–277.
- Belaid, N. 2010. Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de doctorat, Université de Sfax, École Nationale d'Ingénieurs de Sfax (Tunisie) : 236 p.
- Benbelkacem, A., Mekni, M.S., et Rasmusson D C. 1984. Breeding for high tiller number and yield in barley. *Crop. Sci.* 24: pp 968-972.
- Bhati, M. et Singh, G. 2003. Growth and mineral accumulation in *Eucalyptus camaldulensis* seedlings irrigated with mixed industrial effluents. *Bioressources Technology*. 88 :pp 221-228.
- Chen, R. L., et Patrick, J.R. 1980. Nitrogen transformations in a simulated overland flow wastewater treatment system, *Water Research* Vol 14,;pp 1041-1046.
- Chenini, F., Trad, M., Rejeb, S., Chaabouni, Z., et Xanthoulis, D. 2002. Optimisation et durabilité du traitement et de l'utilisation des eaux usées en agriculture. *Faculté des sciences agronomiques, Tunisie*, 71p.
- Choukr-Allah R. Hamdy A., 2004. Wastewater treatment and reuse in Mediterranean region as a potential resource for drought mitigation. In: Hamdy A. et Liuzzi G.T (eds). *Water management for drought mitigation in the Mediterranean. Regional Conference on Arab Water, Cairo, Egypt, April, 12-16, 2004*. IAMB, Valenzano, pp. 219-233 Options méditerranéennes, ser. B47.
- El Yousfi L., 2013. Durabilité d'un système de cultures non conventionnel irrigué par les eaux usées traitées dans la région d'Agadir. Thèse doctorat, Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir (Maroc) : 181 p.
- ITGC. 2015. Céréaliculture. *Revue technique et scientifique de l'institut technique des grandes cultures*. Numéro 64. 1<sup>er</sup> semestre.
- IUCN, 2007, Analyse de la situation de la région méditerranéenne, [www.uicnmed.org](http://www.uicnmed.org)
- ONFAA, 2015. Bilan de la campagne céréalière 2014/2015. Observatoire National des filières Agricoles et Agroalimentaires (ONFAA), Algérie : 11 p.
- Plan Bleu, 2003, Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens, *Les Cahiers du Plan Bleu* 2.
- Xanthoulis D. and Fonder N., 2005. Sustainability And Optimisation Of Treatments And Use Of Wastewater In Agriculture In Mediterranean Region. INCO project. Gembloux, Belgium.