



Effet des Margines en condition de stress salin sur le comportement phénologiques de l'Orge (*Hordeum Vulgare*): Essai en pot (Effect of Olive mill waste water under salt stress conditions on phenological behavior of barley crop (*Hordeum vulgare*): Pot experiment)

***Raja Dakhli¹, Ridha Lamouri¹, Elhem Mallek-Maalej²**

¹*Institut des Régions Arides 4119 Médenine Tunisie*

²*Institut National de la Recherche Agronomique de Tunis – LB2A*

¹Email: rajaedakhli@yahoo.fr, ridha.lamouri@ira.rnrt.tn,

Received 12 Nov 2013, Revised 10 Mar 2014, Accepted 10 Mar 2014

*Corresponding author: E-mail: rajaedakhli@yahoo.fr

Abstract

In a current context where agriculture must produce in a durable way especially in arid areas characterized by severe deficit water and soil generally degraded. The search for solutions to overcome these constraints is necessary to ensure a fair agricultural production in a sustainable development framework. In this context the idea of olive mill waste water valorization (OMWW) as an organic fertilizer in agriculture has been proposed as a promising alternative for the restoration of soil fertility and improving agricultural production. The study of the behavior of a local Barley cultivar (*Hordeum vulgare*) irrigated with a fresh (2.8 g/l) and saline water (7.4 g/l) in the presence of different rates of OMWW was the subject of our research. Three doses of OMWW were applied at a rate of T1 (50 m³/ha), T2 (100 m³/ha) and T3 (200 m³/ha). The dates of emergence, tillering and heading, the number of tillers and ears per plant were the parameters studied. The trial pot was conducted at the laboratories of the Institute of arid areas located south eastern Tunisia. The results of this study showed that dose of OMWW less than 50 m³/ha did not show significant difference compared to the control for the dates of emergence, tillering and heading. However, the number of tillers demonstrated a marginally significant reduction. Whatever the nature of the irrigation water, application of OMWW at high rates causes a highly significant reduction in the number of tillers, number of ears per plant and the dates of phenological stages. Overall and compared to irrigation with freshwater, saline water (charged) generated the most damaging effects.

Keywords: soil, degradation, salinity of water irrigation, OMWW, barley.

Introduction

Dans un monde où la sécurité alimentaire est actuellement menacée. Assurer une production agricole satisfaisante et durable est un objectif majeur souhaité mais de plus en plus difficile à atteindre particulièrement dans les zones arides et semi arides où on assiste d'une part à une dégradation quasi-totale de la fertilité des terres cultivées et d'autre part à un déficit hydrique chronique. Devant une telle situation, la recherche des solutions en vue de la réhabilitation de la fertilité des sols s'avère indispensable. En effet, des nombreux auteurs enregistrent de leur côté un effet fertilisant des Margines attribué à leur concentration très élevée en potassium et en matière organique [1], [2], [3] [4] et [5]. Ces auteurs considèrent qu'elles peuvent être une source de fertilisation potentielle en particulier pour les sols sableux. Ceci est un atout pour une éventuelle valorisation de ces effluents comme amendement en agronomie [6].

La valorisation des Margines comme amendement organique dans ces conditions constitue une alternative prometteuse en vue de l'amélioration de la fertilité et de l'équilibre textural et structural du sol.

Cependant, sous un régime de forte demande évaporative, des quantités de pluie très faibles de l'ordre de 200 mm [7] et en l'absence de systèmes de drainage artificiel, le recours à l'irrigation par des eaux trop chargées peut poser des problèmes d'autant plus que les Margines sont déjà vecteur de salinité supplémentaire. C'est dans cette perspective qui nous nous sommes proposées de réaliser ce travail de recherche afin d'évaluer l'effet de différentes doses des Margines sur le comportement d'une variété locale d'Orge (*Hordeum Vulgare*) irriguée à l'eau de robinet et à l'eau saumâtre de forage.

2. Materials and methods

Ce travail de recherche a été effectué au laboratoire de l'Institut des Régions Arides à Médenine Tunisie situé à Nord latitude: 33° 21'16", Est longitude: 10° 30'19". Cette zone d'étude appartient à l'étage bioclimatique aride à semi-aride

caractérisée par un climat chaud et sec, une amplitude thermique élevée et une irrégularité dans le temps et dans l'espace des précipitations avec une moyenne annuelle ne dépassant pas le 150 mm. A ces contraintes climatiques s'ajoute la qualité médiocre des ressources en eau. En effet, cette zone souffre d'un déficit hydrique aigu.

2-1-Matériels :

2-1-1- Les Margines : utilisées provenant d'une huilerie des environs, sont caractérisées par une teneur de carbone organique total (COT) de 26 g/l, une teneur en azote organique de l'ordre de 1,6 g/l, un pH acide 4,77, une demande Chimique en Oxygène de 98 g/l, une teneur en composés phénoliques de l'ordre de 8,8g/l, une salinité de l'ordre de 16,61 ds/m.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques des Margines.

<i>Caractéristiques physico-chimiques des Margines.</i>	
C.Ei (ds/m)	16,61
pH	4,77
COT (g/l)	26
N total (g /l)	1.6
DCO (g/l)	98
Polyphénols totaux (g/l)	8,8

2-1-2- Le sol : Il s'agit d'un sol isohumique à texture sableuse pauvre en matière organique (0,92 %). Le sol est constitué de 85% de sables, dont 77% de sables très fins avec un léger enrichissement en argile 8,10 %. Les principales caractéristiques physico-chimiques figurent dans le tableau 2.

Tableau 2 : Les caractéristiques physico-chimiques du sol.

<i>Caractéristiques physico-chimiques du sol</i>	
<i>Granulométrie (%)</i>	
Sables Grossiers	02,00
Sables Fins	77,12
Sables	05,88
Aargiles	08,10
CaCO ₃ (%)	5,55
Teneur en Gypse (%)	0,37
Teneur en matière organique (%)	0,92
Densité apparente (Kg/dm ³)	1,64
pH	7,11
C.Ei (ds/m)	2,67

2-1-3- Le matériel végétal :

Notre choix a été fixé sur une variété locale d'orge (*Hordeum vulgare* L) d'une part pour son adaptation aux conditions édapho-climatique de la région et d'autre part pour sa large utilisation par les agriculteurs locaux.

2-1-4- L'eau d'irrigation :

Deux types d'eau d'irrigation ont été utilisée : l'eau de robinet avec une valeur de résidu sec de l'ordre de 2,8 g/l et l'eau provenant d'un puits de surface dont le résidu sec est de (7,4 g/l) situé à proximité de l'IRA dont les principales caractéristiques chimiques sont représentées dans le tableau (3).

Tableau 3 : Les caractéristiques chimiques de l'eau d'irrigation (Puits).

<i>Caractéristiques chimiques d'eau d'irrigation</i>									
pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	C.Ei ds/m	RS (g/l)	SAR
7,5	54,78	2,53	40	50	3	43.93	7.81	7,4	23.51

2-2- Protocole expérimental :

L'expérience a été conduite dans des pots en plastique de quatre Kg chacun. Le dispositif expérimental adopté est composé de trois doses des Margines et un témoin, trois répétitions et deux types d'eau d'irrigation à savoir l'eau de robinet et l'eau de puits relativement saumâtre le margines est appliqué à raison de : T1 (50 m³/ha), T2 (100 m³/ha), T3 (200 m³/ha) et T0 (sans margines). Les doses de Margines appliquées ont été calculées selon la superficie du sol au niveau des pots ce qui correspond à 90 ml pour la dose 50 m³/ha, 180 ml pour la dose 100 m³/ha et 360 ml pour la dose 200 m³/ha.

Les Margines destinées à être utiliser ont été suffisamment homogénéisées puis incorporées dans le sol déjà prélevé des environs. Une fois remplie par le mélange sol-Marges, les pots sont placés dans un habit serre. Le semis a été réalisé à raison de dix graines par pot douze jours après la date d'incorporation des Marges frais (Intervalle jugée indispensable pour le séchage de la surface du sol [8a, 8b]).

2-3- Les paramètres étudiés :

Les paramètres suivis ont porté sur :

- Date de levée.
- Date de tallage.
- Date de l'épiaison.
- Nombre des talles par plante.
- Nombre moyenne d'épis par plante.

2-4- Les analyses statistiques:

Les traitements statistiques des résultats obtenus ont été réalisés au moyen d'un logiciel SAS (System for Windows version 9). Les données ont fait l'objet d'une analyse de la variance à un seul facteur.

3- Résultats et discussions :

3-1- Effet sur la chronologie des stades phénologiques de la plante : Levée, tallage et épiaison :

Irrigué à l'eau de robinet, la dose T1 (50m³/ha) des Marges n'a enregistré aucun effet significatif par rapport au témoin quant à la date de levée, de tallage et d'épiaison (Tableau 4).

L'irrigation à l'eau saumâtre a par contre engendré pour la même dose T1 (50m³/ha) de Marges un retard de deux jours pour le tallage et 5 jours pour l'épiaison par rapport aux plants irrigués à l'eau de robinet. Cependant, la date de levée n'a pas été affectée.

Pour les doses les plus élevées de Marges à savoir T2 (100 m³/ha) et T3 (200 m³/ha), l'Orge irrigué à l'eau de robinet a manifesté des retards au niveau des différents stades phénologiques. En effet, on a enregistré un retard de 8 jours pour la levée et le tallage et un retard de plus de deux semaines (16 jours) pour le stade épiaison par rapport au témoin et à la dose T1 (50m³/ha).

Irrigué à l'eau saumâtre, ces mêmes doses (T2 :100 m³/ha et T3 : 200 m³/ha) ont induit un retard hautement significatif des trois stades phénologiques (levée, tallage et épiaison) par rapport au témoin et à la doses T1 (50m³/ha) soit respectivement 17 jours, 20 jours et 24 jours. Cependant, on a enregistré une différence statistiquement significative entre les pots irrigués à l'eau de robinet et ceux irrigués à l'eau saumâtre en présence de ces mêmes doses de Marges en effet on a enregistré un retard de levée, de tallage et de l'épiaison de respectivement 8 jours, 17 jours et 10 jours. Ce retard peut être attribué à la qualité d'eau d'irrigation. En effet [9-11] ont montré que le retard de la germination des graines d'Orge exposées à un stress salin est proportionnel à la concentration saline. D'après ces auteurs, ceci peut être expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne. Par ailleurs, des travaux antérieurs menés par [7] ont montré que l'effet inhibiteur des Marges sur la germination de l'Orge ne se manifeste qu'à des doses supérieure à 50 m³/ha.

Tableau 4 : Effet des différentes doses des Marges sur la date de levée, de tallage et de l'épiaison de l'Orge irrigué à l'eau de robinet.

Doses des Marges (m ³ /ha)	Date de levée	Date de tallage	Date d'épiaison
T0 (0 m ³ /ha) T1 (50 m ³ /ha)	06/01/2010	03/02/2010	02/04/2010
T2 (100 m ³ /ha) T3 (200 m ³ /ha)	14/01/2010	11/02/2010	18/04/2010

Tableau 5 : Effet des différentes doses des Marges sur la date de levée, de tallage et de l'épiaison de l'orge irrigué à l'eau de puits (saumâtre).

Doses des Marges (m ³ /ha)	Date de levée	Date de tallage	Date d'épiaison
T0 (0 m ³ /ha) T1 (50 m ³ /ha)	06/01/2010	08/02/2010	04/04/2010
T2 (100 m ³ /ha) T3 (200 m ³ /ha)	22/01/2010	28/02/2010	28/04/2010

3-2- Effet sur le nombre de Talles :

En absence d'une contrainte saline d'origine hydrique, une réduction hautement significative du nombre de talles par rapport au témoin a été observée pour les doses les plus élevées de Margines ou on a enregistré une moyenne de quatre talles pour la doses T2=100m³/ha et la doses T3=200m³/ha contre une moyenne de neuf talles pour le témoin. Cependant, pour la dose T1 (50m³/ha) cette réduction bien qu'elle est présente elle est légèrement significative par rapport au témoin. (Tableau 6).

Lors de l'irrigation à l'eau salée, le nombre de talles a enregistré une réduction hautement significative par rapport au témoin pour les doses T2=100m³/ha et T3=200m³/ha avec respectivement une moyenne de trois et de deux talles par plante contre six talles pour le témoin sans margine. Cette réduction est par contre légèrement significative par rapport au témoin pour la dose T1 (50m³/ha) qui a par contre enregistré une différence hautement significative par rapport à T2 et T3 (Tableau 7).

Par ailleurs, les résultats on montrés qu'en absence de margines l'irrigation à l'eau salée a induit une réduction de nombre de talles de l'ordre de 50% par rapport à l'irrigation à l'eau de robinet.

En présence de margines et à une dose de 50m³/ha les plantes irriguées à l'eau salée ont manifesté une réduction de nombre de talles de l'ordre de 50% par rapport à celles irriguées à l'eau de robinet. Cette réduction est donc probablement relative à l'eau d'irrigation chargée. Cette différence entre les deux types d'irrigation a tendance à disparaître lors de l'application de la dose T2=100m³/ha et la dose T3=200m³/ha. L'impact relatif aux doses élevées de margines sur le processus de tallage l'a emporté ; ainsi on ne peut plus distinguer l'effet négatif de l'irrigation à l'eau salée.

Tableau 6 : Nombre de talles pour les plantes irriguées à l'eau de robinet.

Doses des Margines	Moyenne*
T0 (0 m ³ /ha)	9,75 A
T1 (50 m ³ /ha)	7,22 AB
T2 (100 m ³ /ha)	4,41 B
T3 (200 m ³ /ha)	3,83 B

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas statistiquement significatives au seuil 5%.

Tableau 7 : Nombre de talles pour les plantes irriguées à l'eau de puits.

Doses des Margines	Moyenne*
T0 (0 m ³ /ha)	5,91 A
T1 (50 m ³ /ha)	4,41 AB
T2 (100 m ³ /ha)	3 B
T3 (200 m ³ /ha)	2,13 B

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas statistiquement significatives au seuil 5%.

3-3- Effet sur le nombre d'épis :

En condition d'une contrainte saline d'origine hydrique le nombre d'épis suit la même tendance d'évolution que celle du nombre des talles dans les mêmes conditions. En effet, la dose 50m³/ha a provoqué une réduction relativement significative du nombre d'épis par rapport au témoin. A l'encontre de ce qui est observé au niveaux de nombre de talles, la dose T2 (100m³/ha) de margine comparée à la dose T1 n'a pas enregistrée une différence statistiquement significative quant au nombre d'épis cette différence est par contre statistiquement significative par rapport au témoin sans margine (T0). Par ailleurs, la dose T3 (200m³/ha) a induit une réduction hautement significative par rapport au témoin.

Irrigué à l'eau de robinet, la dose T1 (50m³/ha) a induit une réduction significative du nombre d'épis par rapport au témoin ce pendant elle reste la dose la plus acceptable. Les doses T2 et T3 ont par contre enregistré une réduction hautement significative par rapport au témoin et une différence significative par rapport à la dose T1.

En comparant globalement les plantes dans les mêmes conditions excepté la qualité de l'eau d'irrigation, on remarque que l'utilisation de l'eau salée chargée à raison de 7,4 g/l induit une réduction globale de nombre d'épis hautement significative par rapport à l'utilisation de l'eau de robinet. Cette réduction peut aller jusqu'à 50% pour T0 et T1 cette différence commence à s'estomper progressivement à partir de la dose T2. On peut dire qu'au fur et à mesure qu'on augmente la dose de margine, l'effet de ce dernier se confond à celui de l'eau salée avec une légère différence qui peut être plus attribuée à la qualité de l'eau.

Les résultats obtenus quant à l'effet des margines sur les différents stades phénologiques peuvent être expliqués par le fait que la concentration excessive des sels au niveau de la plante suite à la salinité apportée par les margines et/ou à l'eau d'irrigation crée un déséquilibre ionique limitant l'approvisionnement des plantes en éléments minéraux (Ca^{2+} et K^+) nécessaires à leur croissance se traduisant par des dysfonctionnements physiologiques et par conséquent la sénescence prématurée des feuilles les plus âgées et un manque de la surface foliaire photosynthétiquement active. Ceci mène à une affectation du développement d'épis conséquence d'une inhibition au niveau du stade tallage [12].

Selon Munns [13] la croissance végétative, et particulièrement l'expansion des feuilles, sont sévèrement inhibées par le stress salin, les nouvelles feuilles se développent lentement et la sénescence des anciennes s'accélère. En fait, l'ion potassium (K^+) étant un activateur de beaucoup d'enzymes essentielles pour la photosynthèse et la respiration, les insuffisances en K^+ auraient comme conséquence l'inhibition de la photosynthèse d'où une réduction de la croissance [14-16].

En effet, [17-19] ont démontré que la réduction de croissance de l'orge s'accompagne d'une augmentation de l'accumulation de Na^+ et de Cl^- dans les tissus et d'une diminution de K^+ et Ca^{2+} .

Les travaux de [20] sur l'orge et [21] sur le blé, le triticale et l'orge ont montré une réduction croissante des feuilles due à une augmentation de la concentration en sel. Cette réduction de la surface foliaire est attribuée à un ralentissement des divisions cellulaires ou à une diminution de l'expansion cellulaire.

Ce même comportement a été observé par Chartzoulakis et Klapaki [22], comportement qui était expliqué par une nocivité spécifique des ions Cl^- accumulés à des niveaux excédant la capacité de compartimentage.

Ces symptômes de toxicité ont réduit la surface active pour la photosynthèse et provoqué une réduction marquée de la croissance [23].

Tableau 8 : la moyenne de nombre d'épis par plantes irriguées à l'eau de robinet.

Doses des Margines	Moyenne*	
T0 (0 m ³ /ha)	7,86	A
T1 (50 m ³ /ha)	4,26	AB
T2 (100 m ³ /ha)	2,33	B
T3 (200 m ³ /ha)	1,86	B

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas statistiquement significatives au seuil 5%.

Tableau 9 : La moyenne de nombre d'épis par plantes irriguées à l'eau salée.

Doses des Margines	Moyenne*	
T0 (0 m ³ /ha)	3,2	A
T1 (50 m ³ /ha)	2,2	AB
T2 (100 m ³ /ha)	1,53	AB
T3 (200 m ³ /ha)	1,2	B

Les moyennes avec la même lettre ne sont pas statistiquement significatives au seuil 5%.

Durant ces stades, les plantes qui ont subi le stress salin d'origine hydrique et/ou d'origines relative aux doses excessives de margines ont plus ou moins manifesté des symptômes de toxicité dus à la teneur très élevée en sels dans le sol conjuguée à des éventuels composants toxiques des Margines. En effet, [24] a démontré que les plantes ayant subi ce stress ont été desséchées suite à une accumulation rapide du sodium dans la paroi cellulaire où le cytoplasme après saturation de la vacuole de mésophylle conduisant à la sénescence des feuilles [24].

Ces résultats sont en concordance avec ceux obtenus par [25] qui a démontré qu'un stress salin extrême conduit au nanisme et à l'inhibition de la croissance racinaire. Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir fini leur croissance et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite. Dans le même sillage, [26] ont montré à cet égard que les signes de stress les plus évidents au niveau de la végétation arrosée par des eaux chargées en sel sont ceux d'une sécheresse physiologique se manifestant par un aspect général rabougri de la plante, par une diminution de la surface foliaire et de la masse racinaire et par un dessèchement partiel de la végétation. Dans la mesure où elle affecte la turgescence cellulaire, cette contrainte se répercute négativement sur la croissance [27].

Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré qu'en présence d'une dose de 50 m³/ha, les Margines n'ont enregistré aucun effet significatif quant à la date de levée, de tallage et de l'épiaison.

Cette dose a par contre induit une réduction significative du nombre moyen des talles/plant et du nombre moyen d'épis/plant. Les doses des Margines les plus élevées à savoir 100 m³/ha et 200 m³/ha ont induit un retard de la date de début des différents stades phénologiques étudiés traduit par un décalage du cycle cultural global par rapport au témoin sans Margines. Par ailleurs, ces mêmes doses ont provoqué une réduction hautement significative du nombre moyen des talles et d'épis/plant par rapport au témoin et en comparaison avec la dose 50 m³/ha.

Globalement et comparé à l'irrigation à l'eau de robinet, l'eau de forage (chargée) a engendré les réductions les plus préjudiciables.

En conclusion, quelque soit la nature de l'eau d'irrigation, l'application des Margines à des fortes doses provoque une réduction hautement significative du nombre des talles et d'épis par plante et un retard de la date des tous les stades phénologiques.

La plus faible dose adoptée malgré son impact négatif, reste tout de même la dose de moindre dégât et mérite d'ultérieures études d'optimisation.

Quoiqu'on ait pu apporter certains éléments de réponses à la valorisation des Margines en agriculture en présence d'une irrigation à l'eau salée, plusieurs aspects méritent encore d'être approfondies comme : une étude comparative de plusieurs variétés d'Orge afin de pouvoir tester leurs tolérances à des conditions contraignantes apportées par cet effluent.

Acknowledgements-Nos remerciements s'adressent à l'institut des Régions Arides de Médenine -Tunisie pour le financement de ce travail de recherche.

References

1. Ros de Ursinos F. & Morisot M., Eds PNUD/FAO, Madrid Espagne, (1981) 93 -110.
2. Briccoli-Bati C. & Lombardo N., *Acta Horticulturae (Olive growing)*. 286 (1990) 489-491.
3. Ammar E. & Ben Rouina B., *Acta horticulturae* 474 (2) (1999)741-744.
4. Ben Rouina B, Taamallah H & Ammar E., *Acta Horticulturae* 474 (1) (1999) 353-355
5. Taâmallah H., *Thèse de Doctorat* (2007) 4-5.
6. Abichou M., *Thèse de Doctorat* (2011) 47-48.
7. Nagaz K., *Thèse de doctorat en sciences agronomiques*. INAT (2007) 1.
- 8a. Dakhli R., Lamouri.R., *European Journal of Scientific Research*, 112 No 1 (2013)94-109
- 8b. Dakhli R., *Master IRA-INAT* (2009) 80.
9. Bliss R.D., Platt-Aloria K.A., Thomson W.W., *Plant Cell and Env.*, 9 (1986) 721.
10. Allagui M.B., Andreotti VC, Cuartero J., *Ann INRAT*, 67(2005) pp 45-65.
11. Rachidai A., Driouich A., Ouassou A., El Hadrami I., *Rev Amélior Prod Agr Milieu Aride*, 6 (2000) 209-211.
12. Raja Dakhli., Ridha Lamouri., *Journal of materials and environmental sciences*,.5 No 3 (2014) 915-922.
13. Munns R., 2002, *Comparative physiology of salt and water stress*. *Plant Cell Environment*, 25, 239-250.
14. Rengel, Z., *Plant Cell Environ.* 15 (1992) 625-632.
15. Huang J., Redman RE., *Canadian Journal of Botany* 73 (1995) 1859-1866.
16. Salisbury, F.B., Ross, C.W., *Plant Physiology*. 4th Edition Wadsworth Inc California (1992) 682
17. GreenwayH., *Aust J Biol Sci* 15 (1962) 39-57.
18. Munns R, Greenway H, Delane R, Gibbs J., *J EXP Bot* 33 (1982) 574-583.
19. SoltaniA., Hajji Met Grignon L., *Agronomie*, 10 (1990) 857-866.
20. Mansour M.M.F., *PhD.Thesis.University of Minnesota.St.Paul,MN,USA* (1990) 245.
21. Bounaqba S, Yacoubi Tej Mbarka, Ezzidine Zid., *Revue des régions arides* (1996) 230-243.
22. Chartzoulakis K. & Klapaki G., *Scientia Horticulturae*, 86 (2000)247-260.
23. Houiml S., M. Denden, B. Mouhandes., S. Gueddes., *TROPICULTURA*, 29 (2011)2 75-8.
24. Munns R., *Plant Cell and Environment*, 16 (1993)15-24.
25. Calu G. *Master 1, article 23* (2006)10.
26. Warne P., Guy R.D., Rollins L. & Reid D.M., *Can. J. Bot.* 68 (1990) 999-1006.
27. Doudech N., Mhamdi M., Betaieib T., Denden M., *Tropicultura*, 26 No 3 (2008) 182-185.