

Effet de l'irrigation avec l'eau usée sur la production de la coriandre Effect of irrigation with the waste water on the production of coriander

¹D. LAHMAMI , ²L. MESSAOUDI , ³Z. MESSAOUDI

¹ *Equipe des Matériaux, Membranes et Procédés de Séparation, Université Moulay Ismaïl, Faculté des Sciences B.P.11201 Zitoune, Meknès- Maroc.*

² *Département d'Arboriculture et Viticulture Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, BP S/40 Meknès Maroc.*

ABSTRACT : *The main objective of this work is to study, through an experimental test, the effect of irrigation water type on the production of coriander. Types of irrigation water were prepared from untreated waste water and cleaned waste water with the filter materials. The main results of this work show that the level of production of crop irrigated with coriander types of purified waste water is similar to cilantro irrigated with untreated wastewater. In other words, the irrigation with the purified waste water allows Cilantro ensure production irrigated at least at the level of that with untreated waste water. Further reasoned contribution of a mineral supplement in major nutrients nitrogen, phosphate and potash purified waste water improves the production potential of coriander.*

KEYWORDS: *Environment, filtration materials, Waste water, agricultural irrigation, sustainable development.*

I. INTRODUCTION

Les oueds de Bouishak, Boufkrane et Ouislane situés respectivement dans l'ouest, le centre et l'est de la ville de Meknès au Maroc reçoivent les rejets d'eau usée industrielle et ménagère. Ces rejets sont mélangés avec l'eau desdits oueds et cheminent ensuite vers le centre et la périphérie nord de la ville de Meknès où se sont créés trois périmètres irrigués portant respectivement les noms des mêmes oueds. Ces périmètres sont reconnus par la pratique de l'agriculture urbaine et périurbaine fondée sur l'irrigation avec l'eau usée non traitée. Actuellement, la subsistance de la population desdits périmètres s'appuie essentiellement sur la production agricole et les activités qui lui sont associées. En effet, la part du revenu agricole dans le revenu global de l'exploitation agricole est de 85% [1]. L'eau usée peut donc constituer une ressource en eau alternative face à la rareté d'eau de plus en plus accentuée. Sa réutilisation dans le secteur agricole constitue également un levier d'une dynamique socio-économique.

L'étude menée sur la qualité du cours d'eau d'oued Boufkrane recevant l'eau usée témoigne qu'il comporte des polluants pouvant altérer des milieux récepteurs [2]. Suite à une irrigation irrationnelle avec l'eau de cet oued, les polluants peuvent s'infiltrer dans le sol, adhérer ou être absorbés par les cultures végétales [3]. Ceci susciterait une altération des composantes d'environnement agricole et pourrait menacer la santé animale et humaine à travers la chaîne alimentaire. En conséquence, devant l'impact bénéfique de la réutilisation d'eau usée en agriculture et les risques d'altération et de contamination qu'ils peuvent en découler, il serait judicieux de développer une réflexion sur cette problématique. Autrement dit, il va falloir chercher un consensus cohérent capable, d'une part, de préserver la stabilité socio-économique d'une population vulnérable d'agriculteurs qui habitent un espace offrant une eau usée réutilisable en agriculture et d'autre part, d'atténuer l'effet polluant de cette eau sur l'environnement. Le présent travail s'inscrit dans cette vision de développement durable. Il traite une des thématiques du diagnostic socio-économique et environnemental de l'irrigation des cultures maraichères avec l'eau usée non traitée qu'on mène au niveau de la zone urbaine et périurbaine de la ville de Meknès au Maroc. L'objectif essentiel de ce travail est d'étudier du côté agronomique, le comportement des cultures maraichères irriguées avec différentes modalités d'eau usée : cas de la coriandre. Il s'agit d'étudier, à travers un essai expérimental, l'effet du type d'eau d'irrigation sur la production de la coriandre. La combinaison du type d'eau est préparée à partir d'eau usée non traitée et d'eau usée épurée avec des matériaux à savoir un sable de mer, un substrat d'argile et un charbon du bois.

Ainsi pour présenter ce travail on aborde d'abord, le matériel et les méthodes qu'on a utilisés pour observer et collecter les données puis les méthodes d'analyse mises en œuvre pour les traiter et enfin on dresse les résultats et on en tire des conclusions.

II. MATERIELS ET METHODES

Milieu et conditions : A côté d'eau d'irrigation un certain nombre de facteurs: sol, climat, plante et intrants, ont des effets sur le niveau de production agricole végétale. Il conviendra donc de bloquer l'effet de ces facteurs de manière à les rendre homogènes pour garantir une similitude des conditions de croissance et de développement des plantes dans le milieu d'expérimentation. Ainsi, pour contrôler ces conditions, l'essai a été mené dans une serre vitrée à l'Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès. La conduite de la culture a été réalisée sur un même sol, sous des mêmes températures ambiantes et avec un même matériel végétal.

Facteur de l'étude

Structure du facteur : Les échantillons d'eau d'irrigation ont été prélevés d'une dérivation du cours d'eau d'oued Boufekrane installée pour l'usage agricole. Ce site est situé au milieu urbain de la ville de Meknès où se pratique l'agriculture intensive des cultures maraichères irriguées avec l'eau usée non traitée. La structure du facteur "type d'eau d'irrigation" est constituée de huit modalités dont un est témoin, tableau 1.

Tableau 1: structure de traitements.

Code	Désignation du traitement	Abréviation
T ₁	Eau usée non traitée.	E.U.N.T.
T ₂	Eau usée épurée avec le sable de mer.	E.U.E.S _m
T ₃	Eau usée épurée avec le charbon de bois.	E.U.E.Ch _b
T ₄	Eau usée épurée avec un substrat d'argile.	E.U.E.A.
T ₅	Eau usée épurée avec le sable de mer + fertilisation minérale.	E.U.E.S _m +F.
T ₆	Eau usée épurée avec le charbon de bois + fertilisation minérale.	E.U.E.Ch _b +F.
T ₇	Eau usée épurée avec un substrat d'argile + fertilisation minérale.	E.U.E.A. + F.
T ₈ *	Eau de robinet + fertilisation minérale.	E.P. + F.

* : T₈ constitue le traitement témoin.

Filtration : Les matériaux de filtration sont constitués d'un substrat d'argile pauvre en matière organique, du charbon de bois prélevé de reliquat d'un four public et un sable de mer apporté d'un site maritime. Le matériel utilisé dans le processus de filtration est constitué de :

- Deux bacs en polyéthylènes à capacité de 200 litres chacun, utilisés pour stocker l'eau usée non traitée.
- Deux bacs en polyéthylènes à capacité de 25 litres chacun. Le premier est mené d'un robinet pour régler le débit d'eau à filtrer. Le deuxième est utilisé pour récupérer le filtrat.
- Un entonnoir mené d'une grille.

Fertilisation : L'apport des fertilisants a concerné uniquement les éléments majeurs : le phosphate (P2O5), la potasse (K2O) et l'azote. Les quantités d'éléments nutritifs ont été déterminées en suivant le raisonnement:

$$q_f = Q_f \times (m_{s,p} / v_e \times d_s) \times n_p$$

q_f : Quantité du fertilisant à apporter,

Q_f : Quantité du fertilisant recommandée à l'hectare,

m_s : Quantité du sol mise en pots,

v_e : Volume du sol exploré par le système racinaire à l'hectare,

d_s : Densité apparente du sol mis en pots,

n_p : Nombre de pots dans le dispositif expérimental.

Les quantités de phosphate, de potasse et d'azote calculées sont respectivement de 3 g, 8 g et 2.5 g. Celles-ci ont été obtenues en prenant en considération les valeurs suivantes:

- ✓ Quantités recommandées en fertilisation minérale pour la coriandre: 100 kg/ha pour le phosphate, 250 kg/ha pour la potasse et 80 kg/ha pour l'azote [4].
- ✓ La profondeur du sol nécessaire au développement du système racinaire des plantes de la coriandre est de 0.30 m.
- ✓ La densité apparente du sol à mettre en pots est de 1.70 kg/l,
- ✓ Le nombre de pots dans le dispositif expérimental est de 32.
- ✓ Le poids du sol mis en pot est de 5kg.

Il importe de signaler, que la fertilisation ne concerne que les sols qui seront irrigués avec l'eau usée épurée ou avec l'eau du témoin. Elle ne constitue pas un facteur de classification d'autant que le sol en reçoit la même dose. Aussi est-elle considérée comme un complément minéral pour les modalités d'eau usée épurée. Ce complément constituera un outil de compensation en cas où on constate un écart positif et significatif en faveur de l'effet d'eau usée non traitée par rapport à celui d'eau usée épurée. L'idée de cette procédure est de chercher une eau usée épurée qui substitue l'eau usée non traitée en irrigation et qui remplit les caractéristiques suivantes : 1) permet au végétal d'assurer une production au moins au niveau de celui irrigué avec l'eau usée non traitée même si cela nécessite un complément minéral raisonné. 2) comporte une qualité acceptable en irrigation agricole.

Unités expérimentales : Les unités expérimentales sont constituées de pots à capacité de 9.5 litres. Afin d'éviter le risque d'asphyxie des plantes et faciliter le drainage d'eau d'irrigation, les fonds des pots ont été percés et menés d'un lit de graviers. Le pot vide et le gravier pèsent 1kg. Le sol lieu de nutrition et support des plantes est constitué de sable de rivière, sa texture est sablonneuse. En effet, l'analyse granulométrique de ce sol révèle que les sables, les limons et l'argile représentent respectivement 86%, 7.5% et 6.5%. En outre, l'humidité à la capacité au champ (H_{cc}) de ce support est de 23%. Avant sa mise en pot, ce sol a été lessivé, séché et mélangé avec les quantités des fertilisants calculées. Le poids du sol plus son humidité à la capacité au champ dans chaque pot est de 5kg.

Mesures et observations : Le végétal qui a fait l'objet des observations est la coriandre (*coriandrum stivum*). C'est une plante annuelle appartenant à la famille des ombellifères. Le caractère agronomique retenu pour la collecte de données est la matière sèche totale de la coriandre englobant celle de la partie aérienne et du système racinaire des plantes, à mesurer en gramme après séchage des échantillons des plantes dans une étuve à température de 65°C durant 72 heures.

Dispositif expérimental : La répartition des traitements est établie suivant un dispositif en blocs aléatoires complets. Le nombre de répétition de chaque traitement est de 4, on obtient donc quatre blocs randomisés. En outre, puisque le nombre de modalités du facteur est de 8 dont un est témoin, on aura un total de 32 unités expérimentales dans le dispositif. La figure1 représente la randomisation des unités expérimentales au niveau des blocs. Elle a été réalisée à l'aide de la table de permutation aléatoire.

Figure 1: Randomisation des traitements

Bloc ₁ :	T ₂	T ₇	T ₄	T ₈	T ₆	T ₅	T ₁	T ₃
Bloc ₂ :	T ₃	T ₄	T ₆	T ₅	T ₈	T ₂	T ₁	T ₇
Bloc ₃ :	T ₆	T ₅	T ₄	T ₁	T ₇	T ₂	T ₃	T ₈
Bloc ₄ :	T ₂	T ₆	T ₅	T ₈	T ₃	T ₄	T ₁	T ₇

III. METHODES D'ANALYSE DES DONNEES

Le but essentiel d'analyse et d'interprétation des données observées est de vérifier est ce qu'il existe une différence suffisamment significative d'effet du "type d'eau d'irrigation". Autrement dit, on se propose d'examiner le niveau de production en matière sèche totale de la coriandre irriguée avec des types d'eau usée épurée et non épurée. Il s'agit également de vérifier comment évolue ce niveau de production si on apporte un complément minéral en éléments majeurs (azote, phosphate et potasse) au sol irrigué avec l'eau usée épurée. Enfin, il s'agit de comparer l'effet de différentes modalités d'eau usée épurée et complétementées avec un apport minéral à une eau d'irrigation témoin dont la constitution physico-chimique est équilibrée. Pour approcher ce travail on mettra en œuvre des méthodes d'analyse qui s'associent au dispositif expérimental en blocs aléatoires complets. Il s'agit d'analyse de variance à un seul critère de classification à compléter par des comparaisons multiples des moyennes de production réalisées en cas de confirmation d'effet significatif. Ainsi, les observations enregistrées sur les productions en matière sèche totale de la coriandre constituent les variables quantitatives dépendantes tandis que, le facteur "type d'eau d'irrigation" représente la variable nominative du critère de classification. Le seuil de signification des tests est fixé à 5%. Enfin, l'analyse de variance sera précédée du contrôle de normalité, d'homogénéité des variances des variables à tester et d'une transformation de la variable production en matière sèche totale relative aux types d'eau d'irrigation.

Normalité : Les variables dépendantes à tester suivent une distribution normale. En effet, le test de normalité *Shapiro-Wilk* n'indique aucune différence significative entre les distributions de production de matière sèche totale associées aux différents types d'eau d'irrigation et celle de la distribution normale, tableau 2.

Tableau 2: Test de normalité

Type d'eau d'irrigation	Shapiro-Wilk		
	Statistique	ddl	Signification
EUNT	0,835	4	0,183
EUES _m	0,977	4	0,883
EUEch _b	0,959	4	0,773
EUEA	0,927	4	0,579
EUES+F	0,836	4	0,183
EUEchb+F	0,937	4	0,637
EUEA+F	0,855	4	0,244
EP+F	0,828	4	0,163

Homogénéité des variances : Le test de *Leven* relatif à l'égalité des variances a mis en évidence l'homogénéité des variances des distributions de variables à tester, tableau 3. De ce fait, on a fait recours aux méthodes de comparaisons multiples associées à l'hypothèse de variances égales et on a opté pour le test *Student-Newman-Keuls* pour mettre en évidence les groupes homogènes en cas de confirmation de différences significatives.

Tableau 3: Test d'égalité des variances

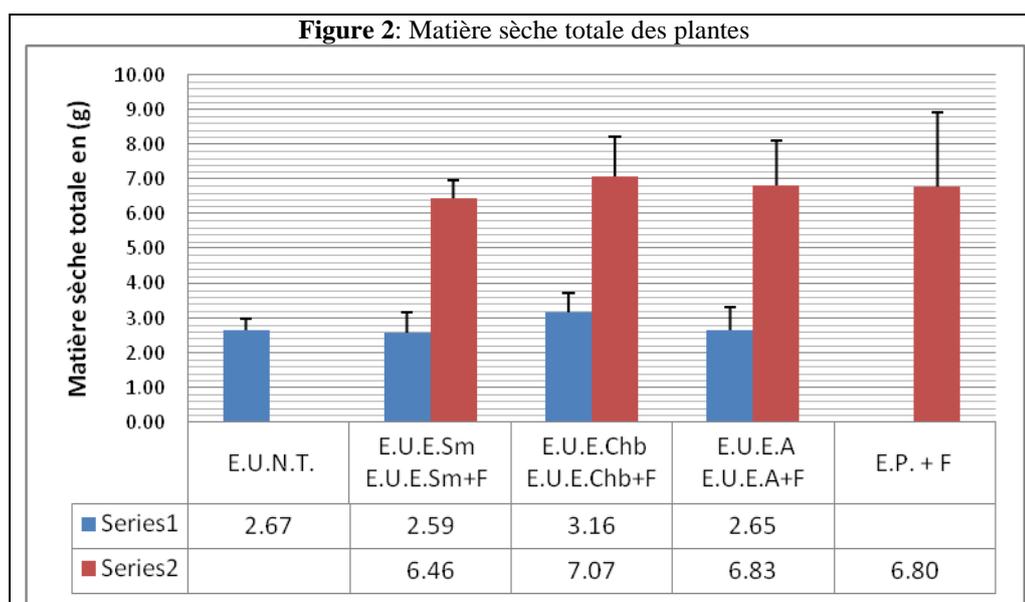
Variables associées aux modalités de:	Statistique	ddl1	ddl2	Sign.
Eau usée non traitée et eau usée épurée	0,584	3	12	0,637
Eau usée épurée avec et sans fertilisants	1,731	5	18	0,179

Transformation de variables : Les données de la variable production en matière sèche totale des plantes de la coriandre ont été standardisées (MS_{std}) de manière suivante: la valeur du poids de la matière sèche totale des plantes par unité expérimentale ($MS_{u,e}$) divisée par celle du nombre de pieds (N_{pieds}) de la même unité expérimentale multipliée par cent.

$$MS_{std} = (MS_{u,e} / N_{pieds}) \times 100$$

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

L'état de croissance et de développement des plantes de la coriandre, constaté le jour de la récolte est représenté sur la figure 3 en page 7. Les moyennes des variables associées à la matière sèche totale des plantes de la coriandre pour chaque type d'eau d'irrigation sont indiquées sur la figure 2. Les barres d'erreur représentent les bornes supérieures de l'intervalle de confiance des moyennes observées.



L'analyse de variance des variables liées au type d'eau usée épurée sans apport complémentaire minéral et à celui d'eau usée non traitée de la série 1 sur la figure 2, montre qu'il n'y a pas de différence significative entre l'effet de ces types d'eau d'irrigation sur la production de la coriandre en matière sèche totale, tableau 4.

Figure 3: Etat de croissance et de développement des plantes de la coriandre.

F

UNITES EXPERIMENTALES DU BLOC I



UNITES EXPERIMENTALES DU BLOC II



UNITES EXPERIMENTALES DU BLOC III



UNITES EXPERIMENTALES DU BLOC IV



Tableau 4: Analyse de variance

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	0,835	3	0,278	0,865	0,486
Intra-groupes	3,861	12	0,322		
Total	4,696	15			

Ceci permet de dire que le niveau de production de la culture de la coriandre irriguée avec les types d'eau usée épurée est semblable à celui de la coriandre irriguée avec l'eau usée non traitée. L'apport du complément minéral aux différents types d'eau usée épurée augmente la production des plantes de la coriandre en matière sèche totale. En effet, l'analyse de variance des variables des séries 1 et 2 sur la figure 2, non comprises celles liées au témoin et à l'eau usée non traitée, indique qu'il existe une différence hautement significative entre l'effet de ces modalités, tableau 5.

Tableau 5: Analyse de variance

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	96,713	5	19,343	25,289	0,000
Intra-groupes	13,767	18	0,765		
Total	110,481	23			

Ainsi, le test de *Student-Newman-Keuls* a permis de distinguer deux groupes homogènes. Le premier englobe les modalités d'eau usée épurée sans complément minéral, le deuxième englobe les modalités d'eau usée épurée et complétée avec un apport minéral, tableau 6.

Tableau 6: Test de Student-Newman-Keuls

Type d'eau d'irrigation	N	Sous-ensemble pour	
		1	2
EUES	4	2,59	
EUEA	4	2,65	
EUEchb	4	3,16	
EUES+F	4		6,46
EUEA+F	4		6,83
EUEchb+F	4		7,07
Signification		0,634	0,590

De cette répartition on constate qu'un apport minéral aux types d'eau usée épurée améliore de manière remarquable le niveau de la production de la coriandre en matière sèche totale par rapport à celle irriguée avec l'eau usée épurée sans complément minéral. Ceci est illustré par la somme des moyennes du deuxième groupe rapportée à celle du premier donnant lieu au ratio de **2.42**.

L'analyse de variance ne révèle aucune différence significative entre l'effet des modalités d'eau usée épurée et complétée avec un apport minéral et celle du témoin. Ceci indique que la production en matière sèche totale de la coriandre irriguée avec ces types d'eau d'irrigation est conforme à celle irriguée avec l'eau du témoin tableau 7.

Tableau 7: Analyse de variance

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification
Inter-groupes	0,770	3	0,257	0,127	0,942
Intra-groupes	24,312	12	2,026		
Total	25,082	15			

V. CONCLUSION

Au terme de ce travail, on peut conclure que sur l'aspect agronomique de la culture de la coriandre:

- L'effet de l'eau usée épurée sur la production en matière sèche totale de la coriandre est non distingué de manière significative de celui d'eau usée non traitée. Autrement dit, le niveau de production de la culture de la coriandre irriguée avec les types d'eau usée épurée reste semblable à celui de la coriandre irriguée avec l'eau usée non traitée.
- L'apport raisonné d'un complément minéral en éléments nutritifs majeurs à savoir l'azote, le phosphate et la potasse à l'eau usée épurée améliore d'une manière considérable l'expression du potentiel de production de la coriandre. En effet en comparaison avec celle irriguée avec l'eau usée épurée sans complément minéral, le niveau de production de la coriandre en matière sèche totale s'améliore d'environ **240%**.
- Le niveau de production de la coriandre irriguée avec l'eau usée épurée et complétée avec un apport minéral à base d'éléments nutritifs majeurs, reste conforme au niveau de production de celle irriguée avec une eau équilibrée de point de vue physico-chimique.

L'irrigation avec l'eau usée épurée permet donc d'assurer une production au moins au niveau de celui irrigué avec l'eau usée non traitée. Or, si la thématique ultérieure ayant pour objet l'analyse physico-chimique et biologique d'eau usée épurée confirme de manière significative que les matériaux utilisés dans l'épuration rabattent la charge des polluants de l'eau usée à un niveau acceptable en irrigation agricole, il serait un acquis fondamental pour rationaliser la réutilisation d'eau usée en agriculture. En effet, cet acquis peut constituer un appui scientifique non seulement pour répondre aux besoins des agriculteurs en ressources d'eau d'irrigation et préserver les revenus agricoles qui en découlent, mais encore pour atténuer l'effet de pollution d'eau usée sur les milieux récepteurs en particuliers: le sol, la plante, l'eau de surface et sous terraine ainsi que la santé animale et humaine à travers la consommation des produits agricoles.

REFERENCES

- [1] Lahmami D., Messaoudi L., Messaoudi Z., Diagnostics socio-économique et environnemental de l'irrigation des cultures maraichères avec les eaux usées non traitées : cas de la zone urbaine et périurbaine de la ville de Meknès au Maroc, Sciences Lib Editions Mersenne, 5 (2013) 130212.
- [2] Karrouch L., Chahlaoui A., Bio-évaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufkrane (Meknès Maroc), Biomatec 3 (2009) 617.
- [3] Tremel S. A., Feix I., Contamination des sols, Transferts des sols vers les plantes (2005), Edition ADEM, Cedex
- [4] Skiredj A., Elattir H., Walali D.E. et El Fadl A., 2003. Fiches techniques des cultures maraichères et arboricoles. Transfert de technologie numéros : 107 ; 108 ; 109