



Effet des eaux usées d'une station d'épuration sur la croissance du poivron (*Capsicum annuum.L*) cultivé sur deux sols différents **(Effect sewage of wastewater from the treatment plant on the growth in pepper (*Capsicum annuum.L*) Cultivated on two different grounds)**

E.M. Hbaiz^{*}, E.M. Ouhman, M. Lebkiri, D. Ezzarhouny, A. Lebkiri, E.H. Rifi

Laboratoire de Synthèse Organique et Procédés d'Extraction, Faculté des sciences, Université Ibn Tofaïl, BP133, 14000 Kénitra, Maroc.

Received 19 Feb. 2014, Revised 18 May 2014; Accepted 19 May 2014

^{} Corresponding author. E-mail: Hbaiz.elmahdi@gmail.com, tél: (+212)666327533*

Abstract

In this work we performed a culture of pepper on two different soils, one is of Maâmora and the other is of Beni Mellal (Morocco), both irrigated by wastewater treatment plant wastewater (STEP) Beni Mellal. The results showed that: 1. For the witness, pepper was better developed on the soil of Maâmora, which has a sandy texture, than on the clay-loam soil of Beni Mellal that has a compact structure that decreases the seed germination and the growth of the plant; 2. The irrigation of pepper by increasing percentages of waste water has showed the best performance in the number of fruits per plant was obtained with 50% of wastewater on soil Maâmora and 75% of wastewater on soil Beni-Mellal. But, the yields respectively reached 210 % and 140 % on both grounds. For the fresh weights, the best yields were registered with 100 % of waste water and the obtained values are respectively 80 % and 60 % on the ground of Maâmora and that of Beni-Mellal. This difference can be due to the wealth in clay of the ground of Beni-Mellal which entrained a high power of adsorption.

Keywords: wastewater, Soil, Pepper, agronomic parameter, Wastewater treatment plant.

Résumé

Dans ce travail nous avons réalisé une culture de poivron sur deux sols différents, sol de Maâmora et sol de Béni-Mellal (Maroc), tous les deux irrigués par des eaux usées de la station de traitement des eaux usées (S.T.E.P) de Béni-Mellal. Les résultats ont montré que : 1. Pour les témoins, le poivron s'est mieux développé sur le sol de Maâmora, qui a une texture sableuse, que sur le sol argilo-limoneux de Béni-Mellal qui a une structure compacte qui a diminué le taux de germination et a limité la croissance de la plante; 2. L'irrigation du poivron par des pourcentages croissants d'eau usée a montré que le meilleur rendement du nombre de fruits par plante a été obtenu avec 50% d'eau usée sur sol de Maâmora et 75% d'eau usée sur sol de Béni-Mellal. Mais, les rendements ont respectivement atteint 210% et 140% sur les deux sols. Pour les poids frais, les meilleurs rendements ont été enregistré avec 100% d'eau usée et les valeurs obtenues sont respectivement de de 80% et 60% sur le sol de Maâmora et celui de Béni-Mellal. Cette différence peut être due à la richesse en argile du sol de Béni-Mellal qui entraîne un pouvoir élevé d'adsorption.

Mots clés: Eau usée, sol, poivron, paramètre agronomique, station d'épuration.

1. Introduction

A travers le Maroc, ces dernières années, la demande en eau est en augmentation croissante. Cette augmentation s'explique par le développement des tissus urbains et des agglomérations rurales, l'extension de l'agriculture et le développement rapide des activités industrielles. En effet, le volume annuel des eaux usées au Maroc a augmenté plusieurs fois au cours des trois dernières décennies. Il a passé de 48 à 666 millions de m³ de 1960 à 2010 et il est prévu atteindre près de 900 millions de m³ en l'an 2020 [1]. Plusieurs chercheurs ont montré que les eaux usées brutes sont susceptibles de fournir des quantités importantes en matières organiques et en éléments fertilisants majeurs (N, P, K), en éléments fertilisants secondaires (Ca, Mg, Na, S,...) et en oligo-éléments (Fe, Cu, Co, Ni, Zn,...). Ces éléments sont indispensables pour la croissance et le développement des cultures [2]. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation permet une nette amélioration des rendements des plantes [3-6]. Dans le présent travail, nous avons mené une culture de poivron sur deux sols différents, irrigués

par différentes concentrations en eau usée en vue de déterminer la concentration optimale permettant un meilleur rendement. Les paramètres étudiés sont: la longueur de la tige principale, le diamètre de la tige, le nombre de feuilles par plante, le nombre de feuilles altérées par plante, le nombre de fruits par plante et le poids frais du fruit.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Sol

Nous avons utilisé deux types de sol : le sol de Maâmora et le sol de Béni-Mellal. Les échantillons des deux sols destinés à l'expérimentation ont été préalablement homogénéisés puis séchés à l'air libre et tamisés. Les paramètres physicochimiques du sol ont été obtenus selon la méthode d'analyse des sols [7]. Le tableau 1 représente les caractéristiques physico-chimiques et les teneurs métalliques des sols de Maâmora et de Béni-Mellal.

Tableau 1: Caractéristiques physicochimiques des sols de la Maâmora et de Béni-Mellal.

Paramètres en %	Sol de Maâmora	Sol de Béni-Mellal
Argile	4,8	38,8
Limon fin	2,7	19,4
Limon grossier	0,8	22,2
Sable fin	66,6	11,1
Sable grossier	24,5	5,6
Calcaire total	0,8	4,9
Carbone organique	0,14	1,27
Matière organique	0,7	2,22
Azote total	0,05	0,125
pH-eau	7,53	7,81
Salinité (mg/l)	0,01	-
Phosphore total	1,39	-
Phosphore assimilable	0,048	19,2
Calcium (még /100g)	6,3	18,5
Magnesium(még /100g)	0,2	11,1
Sodium (még /100g)	0,3	0,65
Potassium (még /100g)	0,15	1,63
Capacité d'échange cationique	7,0	-

Le tableau ci- dessus montre que les deux sols de Maâmora et de Béni-Mellal présentent des caractéristiques physico-chimiques différentes :

a- Sol de Maâmora

C'est un sol à texture sableuse et à structure meuble. Son pH est légèrement alcalin. Sa teneur en calcaire permet de le classer parmi les sols non calcaires [8]. Il présente 0,7% de matière organique avec 0,14% de carbone organique.

b- Sol de Béni-Mellal :

Il s'agit d'un sol isohumique, calcimanésique brun et hydromorphe [9-10]. L'analyse granulométrique et physico-chimique a montré que le sol de Béni-Mellal a une texture fine d'argile limono-sableuse (ALS), à un pH alcalin (7.81). La teneur en carbone organique est 1.27%, la matière organique 2.22%, l'azote total et le phosphore assimilable sont moyennes. Le sol est riche en potassium assimilable, calcium et en magnésium. Sa teneur en calcaire est faible.

2.1.2. Eau usée

Les eaux usées brutes utilisées ont été prélevées à l'entrée d'une station d'épuration de la ville de Béni-Mellal. Les résultats de l'analyse physico-chimique sont représentés dans le tableau 2. Ces eaux sont caractérisées par un pH légèrement acide (6,82) et une richesse en matière organique et en sels minéraux.

2.1.3. Matériel végétal

La plante maraîchère utilisée est le poivron (*Capsicum annuum*, variété : marconi), dont le fruit immature peut être destiné directement à la consommation humaine.

2.2. Méthodes

2.2.1. Test de germination

Les semences de poivron sont désinfectées par trempage quinze minutes dans l'eau de Javel à 10%, puis séchées sur papier buvard et placées dans des pots qui sont subdivisés en deux lots de 15 pots chacun :

Un lot contient le sol de Maâmora et l'autre le sol de Béni Mellal. Les deux sols ont été irrigués par les eaux usées brutes avec les pourcentages suivants : 0%, 25%, 50%, 75% et 100%.

Tableau 2: Paramètres caractéristiques des eaux usées de la S.T.E.P de Béni Mellal exprimés en mg/l

Paramètres	Eau usée de la S.T.E.P	Normes marocaines S.E.E.E
pH	6,82	6,5 – 8,4
Salinité totale	9452	7680
*CE	15,83	12
MES	310	200
DCO	360	90
DBO5	215	30
NO ₃ ⁻	74	30
Cl ⁻	3090	2000
SO ₄ ²⁻	345	250
HCO ₃ ⁻	872	518
Na ⁺	186	69
K ⁺	197	-
Mg ²⁺	287	-
Ca ²⁺	582	-

*Valeur exprimée en mS/cm à 25°C

S.E.E.E : secrétariat d'état chargé de l'eau et de l'environnement

2.2.2. Conditions de culture

Des semences de poivron, désinfectées comme précédemment puis séchées sur papier buvard, ont été mises à germer en pépinière dans des cuvettes remplies de tourbe. Les plantules développées sont repiquées dans des seaux de 5 dm³ de volume, préalablement désinfectés par l'eau de javel à 10% et percées à leur base pour permettre une percolation en cas d'excès d'arrosage. Les plantes âgées de quatre semaines ont été cultivées. Dans les sols de Maâmora ou de Béni-Mellal et irrigués par les eaux usées brutes avec des pourcentages en eau usée de l'ordre de 0%, 25%, 50%, 75% et 100%.

2.2.3- Les paramètres agronomiques mesurés

La récolte a eu lieu après trois mois de culture. Les paramètres déterminés sont au nombre de six: longueur de la tige principale, diamètre de la tige, nombre de feuilles par plante, nombre de feuilles altérées par plante, nombre de fruits par plante et poids frais du fruit.

3. Résultats et discussion

3.1. Effet des eaux usées sur la germination des graines de poivron

L'influence de l'apport des eaux usées sur le taux de germination des semences de poivron après 15 jours a été réalisée. Le tableau 3 rassemble les résultats obtenus.

Nous signalons que les valeurs mentionnées sont les moyennes de trois répétitions de germination.

Tableau 3: Influence de l'eau usée sur le taux de germination des semences de poivron après 15 jours.

	% d'eau usée	0	25	50	75	100
Taux de germination du poivron en %	Sol Maâmora	72	70,4	69,8	67,2	66,5
	Sol Béni Mellal	68	66,3	65,8	64,9	64,2

Dans les deux types de sol, l'irrigation avec des pourcentages croissants des eaux usées diminue le taux de germination des graines de poivron. Ces résultats peuvent être interprétés par la richesse des eaux usées en sels minéraux qui diminuent la disponibilité en eau et donc peut inhiber le gonflement des graines.

3.2. Effet des eaux usées sur les paramètres agronomiques du poivron

Le tableau 4 regroupe l'effet de la boue sur les différents paramètres agronomiques étudiés après trois mois de culture du poivron, respectivement sur sol de Maâmora et sol de Béni Mellal.

a-Poids frais

Concernant le poids frais du fruit, l'irrigation par l'eau usée avec des concentrations de l'ordre 25% ; 50% ; 75% et 100% a permis d'obtenir des fruits de poids frais moyen respectivement 65.2g ; 71.7g ; 86.1g et 94.4 g en utilisant le sol de Maâmora et 65.3g ; 68.7g ; 76.7g et 87.9 g sur sol de Béni Mellal. L'évolution de ce paramètre est représentée par la figure 1.

Tableau 4a : Effet des eaux usées sur les paramètres de croissance du poivron sur le sol de Maâmora.
 R=Rendement en %

% d'eau usée	0	25	50	75	100
Nombre de fruits par plante	2,0	5,0	6,33	5,0	4,33
		R= 150	R=216	R=150	R=116
Poids frais du fruit (g)	52,1	65,2	71,7	86,1	94,4
		R=19	R=25	R=65	R=77
Nombre de fleurs par plante	4,0	6,33	8,00	8,00	8,66
Nombre de feuilles par plante	10,66	23,0	31,0	30,0	25,6
Nombre de feuilles altérées par plante	2	4	4	6	10
Longueur de la tige principale (cm)	23,7	24,9	25,0	25,2	25,4
Diamètre de la tige (mm)	3,2	4,4	4,6	4,7	4,8

Tableau 4b : Effet des eaux usées sur les paramètres de croissance du poivron sur le sol de Béni Mellal.

% d'eau usée	0	25	50	75	100
Nombre de fruits par plante	2,33	4,33	5,66	4,66	4,0
		R= 85	R= 142	R= 100	R =71
Poids frais du fruit (g)	53,7	65,3	68,7	76,7	87,9
		R= 21	R=28	R=43	R=63
Nombre de fleurs par plante	3,33	5,0	6,33	7,0	7,66
Nombre de feuilles par plante	10,33	17,0	25,0	23,66	23,33
Nombre de feuilles altérées par plante	3	4	3	6	8
Longueur de la tige principale (cm)	19,8	21,6	22,3	23,2	23,5
Diamètre de la tige (mm)	2,9	3,5	4,1	4,3	4,5

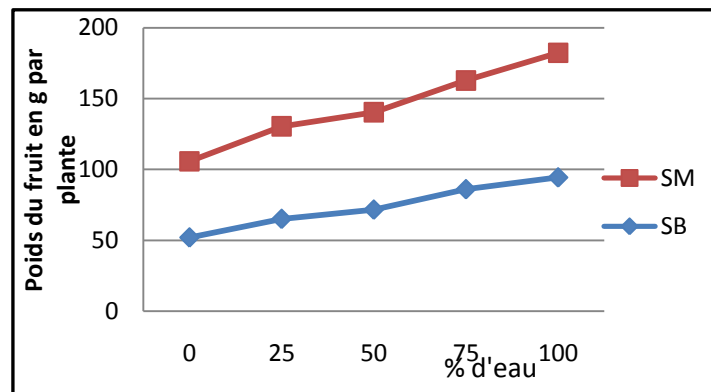


Figure 1: Effet des eaux usées sur le poids du fruit chez le poivron cultivé sur sol de Maâmora et sol de Béni Mellal.

L'augmentation du rendement du poivron peut être expliquée par la richesse des eaux usées en sels minéraux utilisés dans la synthèse de la matière organique (glucides, hormones de croissance,...) et donc la croissance des différents organes de la plante telle que le fruit. Aussi nous notons que le rendement de la culture sur sol de Maâmora est plus important que sur sol de Béni Mellal. Par exemple pour une concentration de 100%, le rendement est de 77% et 63% respectivement. Cette différence de rendement est due principalement à la texture du sol. Elle est Sablonneuse pour le sol de Maâmora ce qui lui confère d'être léger, bien drainé et ainsi répondre mieux aux exigences du poivron [11] et argilo-limoneuse et donc plus compact du sol de Béni Mellal. Cette dernière texture peut empêcher l'aération et l'écoulement et donc le développement normal de la plante. D'après Baize, (1988) [12], la granulométrie permet d'apprécier la perméabilité, la rétention en eau, l'aération et la capacité d'échange cationique. D'autres travaux ont montré que l'irrigation avec les eaux usées brutes conduit à une amélioration du rendement de toutes les cultures testées sans pourtant affecter les caractéristiques physico-chimiques du sol [13].

b-Nombre de fruits

Le nombre de fruits par plante dépend de façon considérable de la quantité d'eau usée apportée à la plante. La figure 2 représente l'évolution du nombre de fruits par plante.

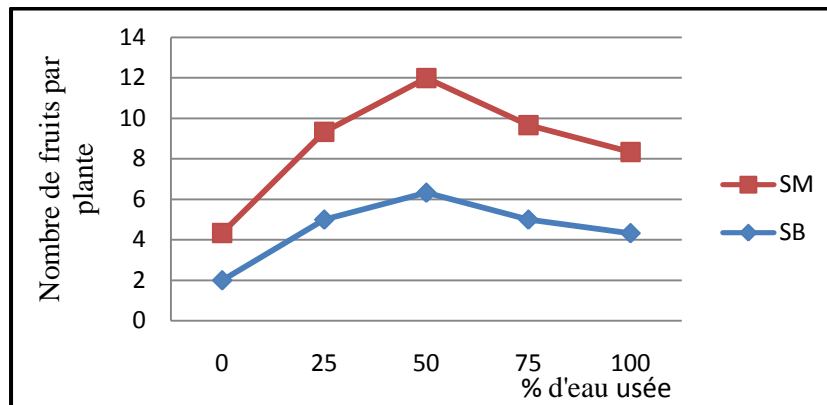


Figure 2: Effet des eaux usées sur le nombre de fruits par plante chez le poivron cultivé sur sol de Maâmora et sol de Béni Mellal.

Ainsi, pour une concentration de 25% d'eau usée le nombre passe de 2 à 5 fruits soit un gain de 150% pour le sol de Maâmora et de 2.33 à 4.33 fruits soit un rendement de 86% pour le sol de Béni Mellal. Dans les deux sols, les maxima (6.33 et 5.66 fruits) sont atteints pour un apport de 50% d'eau usée. Au-delà de ce maxima ce nombre diminue avec les fortes concentrations en eau usée, atteignant 4.33 et 4.0 fruits par plante dans les sols de Maâmora et de Béni Mellal respectivement irrigués avec 100% d'eau usée. Cette réduction du nombre de fruits peut être interprétée par la chute des fleurs causée par la forte concentration en eau usée.

Toutefois, il faut signaler que les rendements obtenus avec le sol de Maâmora sont nettement supérieurs que ceux du sol de Béni Mellal. Cette différence est liée à la texture du sol de Maâmora qui plus favorable au développement du poivron.

c-Nombre de fleurs

L'examen des tableaux 4a et 4b montrent que dans les deux sols le nombre de fleurs par plante est d'autant plus élevé que le rapport eau usée/eau potable est plus important. En effet, pour 25% d'eau usée, le nombre moyen de fleurs est de 6.33 et 5.0 fleurs par plante respectivement dans les sols de Maâmora et de Béni Mellal. Pour des concentrations de 100% d'eau usée, le nombre de fleurs a atteint 8.66 et 7.66 respectivement dans les sols de Maâmora et de Béni Mellal. Le nombre de fruits est nettement inférieur au nombre de fleurs. Cette différence importante peut être expliquée par la chute des fleurs causée par les fortes concentrations des eaux usées (75 et 100%).

Pendant la culture, on a constaté aussi que les fleurs apparaissent de façon précoce par rapport au témoin ce qui a pour conséquence une fructification précoce.

d-Nombre de feuilles et nombre de feuilles altérées

Les résultats obtenus montrent que le nombre de feuilles par plante est influencé par la concentration des eaux usées de l'irrigation. Il passe de 10.66 et 10.33 feuilles par plante dans le témoin cultivé respectivement sur sols de Maâmora et de Béni Mellal pour atteindre un maximum de 31 et 25 feuilles avec 50% d'eau usée. Ces maxima diminuent avec les concentrations élevées en eau usée et atteignent 25.6 et 23.33 feuilles par plante dans les sols de Maâmora et de Béni Mellal avec 100% d'eau usée. Ce phénomène peut être expliqué par l'excès de sels minéraux apportés qui entraîne la chute des feuilles constatée lors de la culture.

Pour les deux types de sol, il apparaît que l'irrigation avec les eaux usées brutes influe faiblement sur le nombre de feuilles altérées et ce jusqu'à 50% de concentration. Au-delà, on note une altération remarquable des feuilles, il atteint 10 et 8 feuilles altérées avec 100% d'eau usée.

e-Croissance en longueur et en diamètre de la tige

Dans les deux sols étudiés, la croissance en longueur et en diamètre des tiges est peu influencée par l'apport d'eau usée comparativement avec les autres paramètres précités (figures 3 et 4). Néanmoins, l'évolution du diamètre de la tige reste nettement dépendante du rapport eau usée/eau potable et évolue de façon linéaire en fonction de l'apport d'eau usée. Elle passe de 3.2 et 2.9 mm à 4.8 et 4.5 mm dans les sols de Maâmora de Béni Mellal respectivement. Cette croissance est due principalement à la richesse des eaux usées en substances nutritives pour la plante.

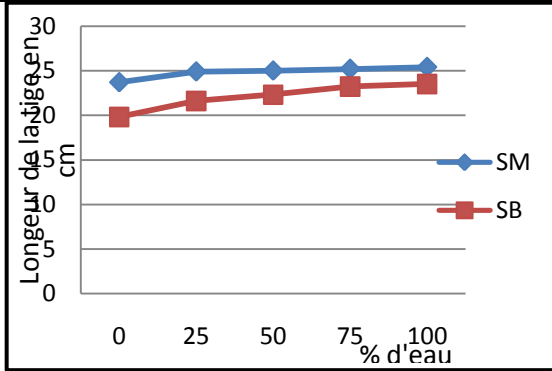


Figure 3: Evolution de la longueur de la tige du poivron cultivé sur sols de Maâmora et de Béni Mellal en fonction du pourcentage d'eau usée.

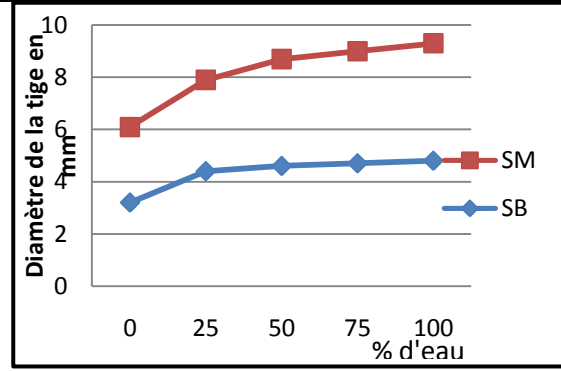


Figure 4: Evolution du diamètre de la tige du poivron cultivé sur sols de Maâmora et de Béni Mellal en fonction du pourcentage d'eau usée.

Conclusion

Dans cette étude, nous avons irrigué le poivron, cultivé sur deux sols différents, avec des concentrations variables en eau usée afin d'évaluer leurs impacts sur les paramètres de croissance de la plante. Les résultats ont montré un effet impressionnant des eaux usées sur la culture du poivron, ceci est constaté à travers une amélioration significative des paramètres agronomiques dans les deux sols. Ainsi les eaux usées ont permis une forte augmentation du rendement en termes de poids du fruit et un bon développement végétatif de la plante surtout sur sol de Maâmora qui présente une texture sableuse plus adaptée à la culture du poivron par rapport au sol de Béni Mellal caractérisé par une texture argilo-limoneuse. Quant au nombre de fruits par plante, la réponse de la végétation est très prononcée avec l'apport de 50% d'eau usée.

Références

1. C.S.E.C., *Réutilisation des eaux usées en agriculture. 8ème session du conseil supérieur de l'eau et climat*. Ministère de l'environnement AGR/MAMVA. Rabat-Maroc (1994).
2. VALIRON F., *La réutilisation des eaux usées*. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 207p. (1983).
3. Rusan M., Hinnawi S., Rousan L., *Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters*. Desalination 215, 143–152. (2007).
4. Neilson G., Stevensen D.S., Fitzpatrick J.J., Brownlec C.H., *Nutrition and yield of young apple tree irrigated with municipal wastewater*. J Amer Soc Hort Sci 114 (3): 377-383(1989).
5. Seydou N., *Utilisation des eaux usées domestiques en maraîchage périurbain à Dakar (Sénégal)*. Cahiers Sécheresse 7 (3): 217-223(1996).
6. El Halouani H., *Réutilisation des eaux usées en agriculture et leur impact sur l'environnement: cas de la ville d'Oujda*. Thèse d'état, Faculté des sciences (Oujda) (1995).
7. Aubert G., *Méthodes d'analyse des sols*. Marseille : G.R.D.P., 191 p. (1978).
8. Missante G., Pajot C. et Watteuw R., *Carte de reconnaissance des sols de la plaine de Meknès-Fès*. Rabat : INRA. (1964).
9. Vilain V., *La production végétale. Volume 2 : maîtrise technique de production*. Tec et Doc, Lavoisier Ed J. B bailliere 355 p. (1989).
10. Loudyi B., *Contribution à l'étude de la chimie du phosphore et de la fertilisation phosphatée des sols du plateau de Meknès (Maroc)*. Thèse de doctorat : Université Laval, Québec (Canada). (1989).
11. Skiredj A., Elattir H., Walali D.E., El Fadl A., *Fiches techniques des cultures maraîchères et arboricoles*. Transfert de technologie (3 numéros) : 107 ; 108 ; 109. Revue PNTT. (2003).
12. Baize D., *Guide des analyses courantes en pédologie* I.N.R.A, France. Imprimée par Jouve, Paris 172p. (1988).
13. Abouelouafa M., berrichi A., El Halouani H., kharboua M., *Effets de la réutilisation des eaux usées brutes de la ville d'Oujda sur quelques paramètres agronomiques et bactériologiques*. Actes Institut Agronomique Vétérinaire (Maroc), Vol. 22 (3)151- 160. Actes Editions, Rabat. (2002).