

Impact de l'irrigation par les eaux usées épurées sur la productivité d'une culture de tomate de plein champ, la salinité du sol et le bilan d'azote

Choukr-Allah R., Aghai O.

in

Hamdy A. (ed.).
The use of non conventional water resources

Bari : CIHEAM / EU DG Research
Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 66

2005
pages 165-171

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=800306>

To cite this article / Pour citer cet article

Choukr-Allah R., Aghai O. **Impact de l'irrigation par les eaux usées épurées sur la productivité d'une culture de tomate de plein champ, la salinité du sol et le bilan d'azote.** In : Hamdy A. (ed.). *The use of non conventional water resources*. Bari : CIHEAM / EU DG Research, 2005. p. 165-171 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 66)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

IMPACT DE L'IRRIGATION PAR LES EAUX USÉES ÉPURÉES SUR LA PRODUCTIVITÉ D'UNE CULTURE DE TOMATE DE PLEIN CHAMP, LA SALINITÉ DU SOL ET LE BILAN D'AZOTE

R. Choukr-Allah and O. Aghai

* Salinity and plant nutrition laboratory I.A.V Hassan II Agadir, Morocco BP 773

E-mail: ch.redouane@wanadoo.net.ma

RÉSUMÉ - Le présent travail vise à évaluer l'impact de l'irrigation par les eaux usées épurées sur la croissance et la production d'une culture de tomate (*Lycopersicum esculentum*) conduite en plein champ ainsi que sur les caractéristiques chimiques du sol et sur le bilan azoté. L'essai a été mené à la station d'épuration des eaux usées de Drarga. Nous avons utilisé deux régimes hydriques à savoir 100% ETM et 120% ETM. Les résultats obtenus montrent que la consommation hydrique de la tomate a été évaluée à 1937,7 m³/ha. La croissance a été similaire pour les deux traitements mais les composantes du rendement ont été meilleures pour le traitement 120% ETM ; en effet le rendement exportable est de 1,83 kg/plant pour le traitement 120% ETM contre 1,5 kg/plant pour le traitement 100% ETM. La conductivité électrique initial du sol était 2,32 dS/m et a atteint en fin de cycle 5,24 dS/m et 4,30 dS/m respectivement pour le traitement 100% ETM et 120% ETM ; cette différence entre les deux traitements est le résultat de la fraction de lessivage de 20 % appliquée au deuxième traitement et qui a permis la lixiviation des sels en profondeur. Le sol a été appauvri en azote, phosphore et potassium; cet appauvrissement est de 9,5 kg/ha d'azote nitrique, 6,8 kg/ha d'azote ammoniacal, 41,7 kg/ha de phosphore et 176,2 kg/ha de potassium. Les pertes en azote nitrique sont évaluées à 11,9 kg/ha, elles représentent 31,2% des apports et 28,3% des quantités lessivées dans une exploitation moyenne de la région. L'utilisation de ces eaux usées engendre un gain sur le coût de l'eau et des engrais qui s'élève à 109,29 Euro/ha et 131,12 Euro/ha respectivement pour le traitement 100% et 120% ETM.

Mots clés : Eaux usées épurées, tomate, traitements 100%ETM et 120%ETM, rendement, sol, bilan azoté, conductivité électrique, lixiviation, nitrates, gain.

Introduction

En raison de la rareté croissante des ressources naturelles en eau conventionnelle et étant donné la concurrence entre les secteurs du développement économique de point de vue demande en eau, la valorisation des eaux usées traitées est considérée comme une composante essentielle dans la politique de gestion intégrée des ressources hydriques. Cependant, pour qu'elle soit inscrite dans un cadre de développement durable, la mise en valeur de la réutilisation de ces eaux exige une étude prudente et intégrée qui tienne compte surtout des aspects environnementaux.

En effet, la charge importante de ces eaux usées en sels et en nitrates nous confronte à un dilemme: appliquer juste la quantité d'eau nécessaire à la culture et donc augmenter la salinité du sol, ou bien appliquer une fraction de lessivage et donc faire percoler les nitrates en profondeur provoquant ainsi le risque de contamination de la nappe souterraine.

Le défi sera alors de concevoir et d'opérer une nouvelle génération de systèmes de gestion de l'eau qui soient en mesure de satisfaire la demande alimentaire dans un contexte de rareté de l'eau, tout en respectant les exigences de l'environnement.

Dans ce cadre, on a mené cette étude à la station d'épuration de Drarga afin d'évaluer l'impact de l'irrigation par les eaux usées épurées selon deux régimes hydriques (100% ETM et 120% ETM) sur le rendement d'une culture de tomate en plein champ ainsi que l'évaluation des risques environnementaux qui sont liés à cette irrigation, à savoir la salinité du sol et la pollution de la nappe phréatique par les nitrates.

Matériel et méthodes

L'essai s'est déroulé sur la parcelle de démonstration de la station d'épuration des eaux usées de Drarga, près de la ville d'Agadir, où nous avons comparé l'effet de deux régimes hydriques, à savoir 100% ETM et 120% ETM, sur :

- la croissance et la production de la culture de tomate,
- La salinité du sol,
- Le bilan d'azote,

Le risque de contamination de la nappe souterraine par les nitrates.

Le sol de notre parcelle est un sol calcaire, lourd, à texture limoneuse et à pH alcalin (pH=8,7). Il ne présente ni problème de salinité, ni de problème de perméabilité.

L'eau usée brute passe par trois traitements principaux: la décantation par des bassins anaérobiques, l'infiltration-pécolation par des filtres à sable et le traitement tertiaire par une roselière.

L'eau d'irrigation, ainsi traitée, répond aux normes de la FAO et de l'OMS et présente les caractéristiques suivantes.

Tableau 1: composition physico-chimique de l'eau d'irrigation

Caractéristiques	Valeurs*
CE dS/m	2,61
pH	7,6
NO ₃ ⁻ ppm	49
NH ₄ ⁺ ppm	1,8
K ⁺ ppm	46,8
PO ₄ ³⁻ ppm	2,4
Cl ⁻ ppm	515
Ca ⁺⁺ ppm	219,7
Na ⁺ ppm	176,2
Mg ⁺⁺ ppm	62,28
CO ₃ ⁼⁼ ppm	8,5
HCO ₃ ⁻ ppm	662
SAR	2,69
MES mg/l	10
Coliformes fécaux (/100ml)	<1000
Streptocoques fécaux (/100ml)	<1000
Œufs d'helminthes	0

*. Valeurs moyennes de l'années 2001-2002

Le pH de l'eau d'irrigation se situe dans l'intervalle (6,5-8,4) des normes de la FAO concernant la qualité des eaux. La conductivité électrique comprise entre 0 et 3 dS/m qui est l'intervalle de tolérance de la tomate sans que son rendement ne soit affecté (Bernstein, 1964). Le SAR (taux d'absorption de sodium) est inférieur à 3 donc il n'y a pas de risque de problème de perméabilité pour le sol (Ayers et Westcot, 1985).

On a opté pour une culture de tomate de plein champ avec une densité de plantation de 25000 plants/ha. Les banquettes sont couvertes par un paillage en plastic au-dessous duquel sont installés les rampes de goutte à goutte.

Le matériel végétal utilisé est la variété « Cornelia » à croissance indéterminée, elle a été conduite sur un seul bras avec un système de palissage à roseaux. Cette variété est sensible à la salinité et aux nématodes mais elle est tolérante au virus TYLC.

On a adopté 2 régimes hydriques et 4 répétitions pour avoir 8 unités expérimentales distribuées selon un Dispositif Complètement Aléatoire. Dans chaque unité du traitement 120% ETM était installé un lysimètre de 2m de longueur, 1m de largeur et 0,60m de profondeur. Ces lysimètres nous permettent le pilotage des irrigations et le suivi des teneurs des drainas en nitrates et en sels.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Consommation en eau

La consommation globale en eau était de 1937,7 m³/ha pour un cycle de 170 jours. La répartition de cette consommation par stade de développement de la culture est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Evolution des apports en eau pour le traitement 120% ETM selon les stades (en m³/ha)

	1 ^{er} stade	2 ^{ème} stade	3 ^{ème} stade	4 ^{ème} stade	Total
Apports en eau	541,2	303,3	566,2	914,4	2325,1
Drainats	90,05	50,55	94,35	152,4	392,35
consommation	451,15	252,75	471,85	762,00	1937,75

1^{er} stade : floraison

2^{ème} stade : floraison 4^{ème} bouquet

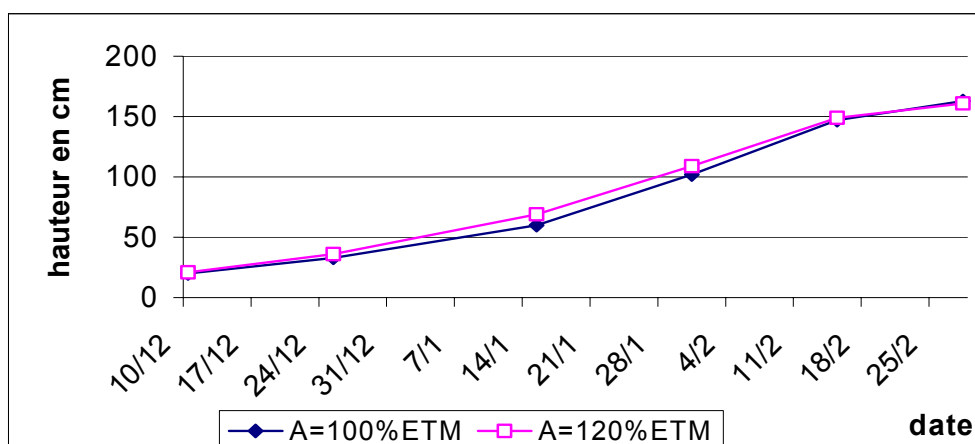
3^{ème} stade : récolte 2^{ème} bouquet

4^{ème} stade : fin récolte

Evolution de la croissance

La croissance des plants en hauteur suit une allure sigmoïde comme l'illustre la figure 1.

Figure 5. L'évolution de la hauteur des plants de tomate pour les deux traitements durant la phase de croissance



La salinité n'a pas eu d'impact négatif sur la croissance des plants puisque le seuil de tolérance de la tomate n'a été atteint que lors du 3^{ème} stade.

En effet la concentration en sels solubles (en particulier Na⁺ et Cl⁻) réduit modérément la hauteur des plants aux premiers stades de développement car le degré de sensibilité de la tomate au sel diminue avec l'âge. (Bernstein, 1975)

Rendement

Notre culture était conduite jusqu'au 6^{ème} bouquet avant d'effectuer l'étêtage. Le nombre de fruits par bouquet varie entre 4 et 6 fruits.

Au début des récoltes la majorité des fruits étaient de calibre 3 mais au fur et à mesure que l'on récoltait, la taille des fruits diminuait pour arriver à la fin du cycle avec des fruits de calibre 5. Ceci est sans doute dû à la salinité du sol qui s'est accentuée lors du dernier stade.

Tableau 3: Rendements moyens d'un plant de tomate pour les deux traitements

	Rendement total en Kg/plant	Rendement exportable en Kg/plant	Taux des écarts en %
A=100% ETM	1,98	1,50	24,26
A=120% ETM	2,15	1,82	15,36

On remarque que le rendement exportable du traitement 120%ETM est plus important que celui du traitement 100%ETM. Cette différence est de 22%, et elle est due au taux des écarts de triages qui est plus élevé pour le traitement 100% ETM puisque la variété Cornelia est sensible à la salinité qui se manifeste par des nécroses apicales au niveau du fruit.

Salinité du sol

La conductivité électrique mesurée au cours du cycle de la culture, dans la couche du sol (0-40cm) est représentée dans la figure 2.

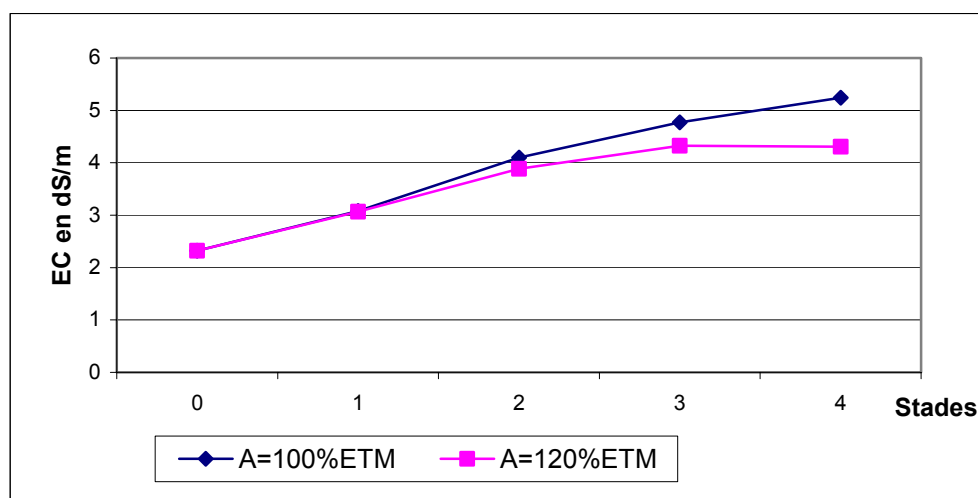


Figure 6: Evolution de la conductivité électrique du sol au cours du cycle de la culture

On remarque que les deux régimes hydriques (100% et 120% ETM) ont contribué à l'augmentation de la CE. Ceci revient à la charge élevée des eaux usées épurées en sels qui pourraient par la suite saliniser le sol.

On note aussi que le traitement 100%ETM a connu une augmentation de la CE plus importante que celle enregistrée pour le traitement 120%ETM. En effet, elle a évolué de 2,3 dS/m à 5,2 dS/m et 4,3 dS/m respectivement pour 100% et 120% ETM. Ceci est attribué à la fraction de lessivage (20%) que l'on a adopté pour le régime 120%ETM et qui a permis le lessivage des sels en profondeur, minimisant ainsi le risque de la salinisation de la couche exploitée par les racines.

On signale aussi qu'environ 84% de l'augmentation de la conductivité électrique a eu lieu durant les trois premiers stades.

Cette augmentation de salinité du sol affecte le rendement de la tomate, en effet Van Hoorn (2001) a démontré qu'il y a une diminution du rendement de 25% quand la conductivité électrique du sol de l'ordre de 5 dS/m.

Lessivage des nitrates

Les quantités totales d'azote nitrique lixiviées durant tout le cycle de la culture s'élèvent à 11,9 kg/ha. La répartition de ces quantités par stade de développement de la plante sont résumé dans le tableau 4.

Tableau 4 : Quantités d'azote nitrique lessivées par stade (kg/ha)

	Stade 1	Stade 2	Stade 3	Stade 4	Total
N-NO ₃ ⁻	2,56	1,41	2,66	5,16	11,87

Les pertes en nitrates sont évaluées à 11,9 kg/ha, elles représentent 31,2% des apports. Ces pertes sont faibles par rapport aux pertes trouvées par Benhoummane.B (2001) et qui représentent 60% des apports avec une quantité de 126,8 kg/ha. Aussi Mojtafid.A (2001) s'est retrouvé avec 66,9% de pertes soient 74,4 kg/ha. Ceci prouve que la qualité de notre eau est moins polluante relativement à celle issue du traitement par infiltration percolation seulement.

Aussi, les quantités drainées de nitrates pour la tomate en plein champ pour une exploitation de taille moyenne de la région est de l'ordre de 42 kg/ha soit plus de trois fois les quantités lessivées durant notre essai.

On signale aussi que le 4^{ème} stade a connu environ la moitié des pertes totales en nitrates. ceci est expliqué par le fait que les irrigations étaient plus intenses pour répondre à la demande de la plante en eau.

Fertilité du sol

Comme les apports de l'eau d'irrigation en éléments fertilisants est faible et ne parvient pas à satisfaire les besoins de la culture, cette dernière a puisé des réserves du sol. En effet, on a enregistré une diminution de la teneur du sol en azote, phosphore et potassium. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 5. Variation de la teneur du sol en éléments fertilisants (kg/ha)

	N-NO ₃ ⁻		N-NH ₄ ⁺		P		K	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
sol initial	70,56	70,56	25,92	25,92	84,38	84,38	403,78	403,78
Stade4	67,10	61,06	20,30	19,09	45,50	42,62	253,44	227,52
Variation du stock	-3,46	-9,50	-5,62	-6,83	-38,88	-41,76	-150,34	-176,26

*.T1 : traitement 100% ETM

*.T2 : traitement 120% ETM

On remarque que la diminution de la teneur du sol en phosphore et en potassium est plus accentuée, elle est d'environ 50%, alors que pour l'azote, cette réduction est plus faible puisqu'elle est de 26% pour l'ammonium et seulement 13% pour les nitrates.

Cette faible variation d'azote assimilable dans le sol est le résultat du fait que l'azote est très dynamique et a plusieurs sources (matière organique...).

En effet Morot-Gaudry (1997) a démontré que les plantes ne peuvent pas bénéficier des réserves importantes en éléments contenus dans le sol (2 à 20 tonnes d'azote par hectare) car une partie seulement de ces réserves est libérée, sous la forme assimilable, à la suite de l'activité biologique des sols et de ses processus chimiques à savoir l'ammonification et la nitrification.

ANALYSE ÉCONOMIQUE

Gain sur le coût de l'eau d'irrigation

Pour les agriculteurs de la région de Drarga, deux sources d'eau d'irrigation sont disponibles : l'eau de pompage, avec un prix moyen d'environ 0,07 Euro/m³, et l'eau de la station d'épuration des eaux usées, avec un prix de 0,05 Euro/m³.

On a effectué une brève comparaison entre le coût total pour notre essai en terme de consommation en eau avec les deux sources précitées, et on a résumé les résultats dans le tableau 6.

Tableau 6 : Comparaison entre le coût d'irrigation par l'eau usée et l'eau du puits

Traitement	Consommation en m ³ /ha	Coût de l'eau usée épurée en Euro/ha	Coût de pompage en Euro/ha	Gain en Euro/ha
A=100%ETM	1937,7	96,89	135,64	38,75
A=120%ETM	2325,2	116,26	162,77	46,51

On peut donc économiser 28,6% sur le coût de l'irrigation si on utilise l'eau usée épurée au lieu de l'eau de pompage.

Gain sur le coût des engrais

Les eaux usées épurées ne sont pas seulement appréciées en tant que ressources en eau, mais aussi comme source de fertilisation vu leurs teneurs en éléments nutritifs.

Le tableau ci-dessous résume les quantités d'engrais nécessaires ainsi que leur coût d'acquisition qui représente, dans notre cas, le gain engendré par l'application des eaux usées épurées.

Tableau 7: Le gain économique en engrais en Euro/ha

	Acide nitrique		Sulfate d'ammonium		Acide phosphorique		Sulfate de potasse		
Traitement	Quantité	Gain	Quantité	Gain	Quantité	Gain	Quantité	Gain	Gain total
A=100%ETM	34,2	15,37	12,9	2,84	8,7	5,06	189,1	47,27	70,54
A=120%ETM	40,9	18,42	15,7	3,46	10,4	6,05	226,7	56,68	

Le gain global pour notre cas s'élève à 109,29 Euro/ha et 131,12 Euro/ha respectivement pour le traitement 100% et 120% ETM.

CONCLUSION

L'irrigation par ces eaux usées épurées sans amendements en engrais a provoqué un épuisement de la réserve du sol en éléments fertilisants, surtout en phosphore et potassium. L'apport d'un supplément de fertilisants s'avère donc essentielle, à savoir 96 kg/ha-N, 47 kg/ha-P et 252 kg/ha-K.

Le régime 120% ETM a permis une augmentation du rendement exportable de 22%, par rapport à 100% ETM, suite à la faible accumulation des sels dans le sol qui est le résultat de la fraction de lessivage appliquée à ce traitement.

Cependant cette fraction a permis la lixiviation de 11,9 kg/ha d'azote nitrique qui risque de contaminer la nappe souterraine. Cette quantité représente 31,2% des apports de l'eau d'irrigation en nitrates et seulement 28,3% des quantités totales de nitrates lessivées par une exploitation moyenne de la région.

Une bonne gestion des irrigations peut remédier à notre dilemme ; en effet en optant pour le régime 120% ETM durant les trois premiers stades où il y a 84% de l'accumulation des sels et puis après appliquer le régime 100% ETM au dernier stade où il y a près de 50% des pertes en nitrates, on aura réussi à trouver un compromis entre les deux grands problèmes liés à l'irrigation par ces eaux usées épurées.

Une autre alternative peut être entreprise pour remédier au risque de pollution de la nappe par les nitrates, en adoptant une culture à grande consommation azoté en rotation culturale avec la tomate. Ceci dit, la luzerne comme culture qui, d'une part tolère à la salinité, et d'autre part exporte de grandes quantités d'azote (1361 kg/ha/an), peut être alterner avec la tomate lors d'une rotation culturale.

Sur le plan économique, l'utilisation de ces eaux usées épurées permet aux agriculteurs de réaliser une économie sur le coût de l'eau et sur le coût des engrais qui remonte à 109,29 Euro/ha et 131,12 Euro/ha respectivement pour le traitement 100% et 120% ETM.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- Ayers, R.S. et Westcot, D.W. (1985). *Water quality for agriculture. Some new dimensions*. FAO, Rome. FAO, Irrigation and drainage, paper, 29.
- Benhoummane, B (2001). *Optimization des apports de l'irrigation par les eaux usées épurées par infiltration percolation sur une culture de chrysanthème (Chrysanthemum coronatum) sous serre*. Mémoire de fin d'étude IAV Hassan II. CHA.
- Bernstein, L. (1964). Salt tolerance of plants. *Agri. Information Bull.*, 283: 24.
- Bernstein, L. (1975). Effet of salinity and sodicity on plant growth. *Annual review of phytopathology*, 3 : 295-312.
- Mojtahid, A (2001). *Optimisation des apports d'azote et de l'irrigation par les eaux usées épurées par infiltration percolation sur une culture de poivron sous serre*. Mémoire de fin d'étude. IAV Hassan II ; CHA.
- Morot-Gaudry, J.F. (1997). *Mécanismes d'assimilation de l'azote chez les plantes*. P.H.M. Revue orticole, 391: 14-17.
- Van Hoorn, J.W. (2001). Cours de salinité de la formation D.S.P.U du Centre International des Hautes Etudes Agronomiques en Méditerranée. IAM, Bari.