

Réutilisation en agriculture des eaux usées traitées

R. Aït Hamou, O. Boulahbal, M. Hermouch

I.N.R.A.A., Laboratoire des Sols et de la Fertilisation, C.R.P Mehdi Boualem, BP 37, Baraki 16210, Alger

Résumé : *L'introduction des eaux usées comme ressource complémentaire en eau, constitue un apport intéressant pour l'agriculture qui souffre d'un déficit hydrique. Cependant, l'utilisation agricole des eaux usées peut entraîner un risque sanitaire qu'il convient d'évaluer objectivement. Cette évaluation objective nécessite entre autre, une connaissance de l'état de contamination chimique et microbiologique des eaux et des limites entre lesquelles peut varier le degré de cette contamination. Pour cela, une étude sur la qualité d'eaux usées traitées a été effectuée. Cette étude nous a permis de caractériser les eaux traitées de la STEP de BARAKI, par une série d'analyses physico-chimiques et bactériologiques. Afin de compléter cette étude sur le plan agronomique, une expérimentation sous serre a été réalisée sur une culture de poivron afin de suivre l'impact des eaux usées traitées sur le sol et la plante par rapport à un témoin irrigué avec une eau de forage. L'analyse des résultats a révélé l'absence de pollution chimique, des teneurs très faibles en éléments fertilisants et une charge bactériologique importante.*

Mots clés : *Eaux usées traitées, agriculture, impact chimique et bactériologique, poivron, eaux d'irrigation*

Abstract : *The used water introduction as a complementary resource of water constitutes an interesting contribution for the agriculture that suffers a shortage of water. However, the agricultural utilization of used waters can result in a sanitary risk that has to be evaluated objectively. This objective evaluation requires among other things, a knowledge of the chemical and microbiological contamination state of waters and the limits between which can vary the level of this contamination. Therefore, a study on the quality of processed used water has been undertaken. This study has allowed us to characterize processed waters of the STEP of BARAKI, by a series of physico-chemical and bacteriological analyses. To complete this study on the agronomical aspect, an experimentation under a greenhouse has been realized in order to follow the used processed water impact on the ground and on a plant from a culture of pepper, and compared to a check sample irrigated with the water from a drilling. The analysis of the results has revealed the absence of a chemical pollution, a very weak content in fertilizing elements and an important bacteriological pollution.*

Key words : *Processed used waters, agriculture, bacteriological and chemical impact, pepper, waters of irrigation.*

INTRODUCTION :

L'expansion industrielle de notre pays, notamment au cours de ces dernières années, a connu un essor considérable. Toutefois, si cette croissance constitue une étape importante et nécessaire au développement national, elle est à l'origine de multiples cas de pollution qui affectent en premier lieu les cours d'eaux et les nappes phréatiques. Ainsi, l'Algérie accuse de sérieux problèmes d'environnement qui tendent à s'aggraver au fil des jours dans de nombreuses régions du pays, notamment pour ce qui est des eaux usées, dont les rejets annuels sont estimés à près de 1,5 milliards de m³ stagnant souvent à l'air libre et contribuant ainsi à la dégradation des ressources naturelles en eau.

L'intérêt porté par les pouvoirs publics algériens au traitement des eaux usées s'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épuration, qui sont au nombre d'une centaine déjà réalisées ou en voie de réalisation.

Seulement, ces réalisations n'ont pas été suffisantes pour atteindre l'objectif de protéger l'environnement d'une manière générale et les ressources hydriques en particulier (Niveau de pollution alarmant des cours d'eau, tels que Hamiz, Rhumel, Seybouse, eutrophisation de Hammam Grouz et pollution des réserves souterraines par les nitrates et les métaux lourds) (EDIL Inf- Eau, 1996). La politique de valorisation des eaux

usées est nécessaire d'autant plus que, celles ci traitées, pourraient constituer une source non négligeable pouvant participer à l'atténuation du déficit du bilan hydrique par sa valorisation en agriculture (à l'heure actuelle 70 % de la consommation de l'eau potable va à l'irrigation et l'industrie). Les besoins en eau à l'horizon 2010 seront de l'ordre de 5,5 milliards m³ dont 2,2 milliards en eau potable et industrielle et 3,2 pour l'irrigation, les quantités mobilisées étant inférieures à 3,5 milliards m³ (Mag hydroplus, 1994) soit 18,4 % du potentiel hydrique.

Les eaux usées constituent pour l'agriculture non seulement une source non négligeable d'eau, mais également un fertilisant en raison de la teneur élevée en éléments nutritifs que certaines contiennent. C'est ainsi que l'utilisation en agriculture des eaux usées traitées a été expérimentée sur plusieurs cultures telles que les cultures légumières (Kirkham, 1986 ; EL Hammouri, 1990 ; Rejeb, 1986), et les pépinières produisant des espèces arborescentes (Laouali et al, 1995).

Cependant, l'utilisation de cette ressource hydrique nouvelle pose des problèmes techniques, sanitaires et d'organisation qui doivent être traités avec précautions parmi lesquels :

- Le contrôle de la qualité de l'eau traitée ;
- La définition des caractéristiques du sol recevant cette eau ;
- Le choix des cultures pratiquées ;
- L'évolution de l'impact sur l'environnement (culture, sol, nappe) ;

- La prévision des conséquences de l'utilisation des eaux usées sur la santé de l'homme.

un sol lourd situé à la station expérimentale de l'I.N.R.A.A (Mehdi Boualem, Baraki). Les analyses chimiques et granulométriques avant la mise en place de l'essai ont donné les caractéristiques de ce sol suivantes : (Tableaux I et II).

MATERIELS ET METHODES :

1 - Matériels :

Sol : L'expérimentation a eu lieu sur

Tableau I : Résultats d'analyses chimiques du sol.

Paramètres Horizons	pH	Conductivité Electrique mmhos/cm	Azote total %	Phosphore assimilable ppm	Potassium assimilable ppm	Calcaire total %
0-20 cm	8,10	0,30	0,14	171,9	559	2,2
20-40 cm	8,10	0,25	0,12	171,9	559	1,6
40-60 cm	8,15	0,25	0,12	22,52	521	1,6
Méthodes	pH mètre	Conductimètre extrait (1/10)	Kjeldahl	Olsen	Acétate d'ammonium	Calcimètre de Bernard

Tableau II : Résultats d'analyses granulométriques.

Analyses granulométriques	Teneurs (%)	Méthode
Argile	53	Pipette de Robinson
Limon	28,5	
Sable	12,5	

Ces résultats montrent que le sol support de notre essai est alcalin, caractérisé par une texture argileuse, une conductivité électrique faible, une teneur faible en calcaire, moyenne en azote total et forte en phosphore et potassium assimilables.

Eau de forage : Provient du centre de recherche en phytotechnie de Mehdi Boualem Baraki (INRAA). Les résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques sont présentés dans le tableau III.

Tableau III : Résultats d'analyses de l'eau de forage (Source : EPEAL)

Paramètres physico-chimiques	Paramètres de pollution	Minéralisation Globale	Paramètres bactériologiques
pH : 7,58 Conductivité à 20°C : 944 µS/cm Turbidité : 5,9 NTU/FTU	NH ₄ ⁺ : < 0,02 mg/l NO ₂ ⁻ : < 0,02 mg/l NO ₃ ⁻ : 64,62 mg/l PO ₄ ³⁻ : < 0,03 mg/l	Ca ²⁺ : 172,32 mg/l Mg ²⁺ : 30,43 mg/l Na ⁺ : 120 mg/l K ⁺ : 0,66 mg/l Cl ⁻ : 143,3 mg/l SO ₄ ²⁻ : 332,4 mg/l HCO ₃ ⁻ : 402,6 mg/l CO ₃ ²⁻ : 0,0 mg/l Dureté totale : 223,04 TAC : 132 SAR : 2,21	Coliformes totaux : 28 % Coliformes fécaux : 2 % Streptocoques fécaux : 8 %

Ces résultats montrent que cette eau présente :

- une faible salinité
- un SAR (Sodium Adsorption Ratio) faible
- une teneur faible en azote ammoniacal et nitrique
- une faible concentration en phosphate

- une charge bactérienne importante.

Eau usée traitée : Provient de la STEP de Baraki. Elle est d'origine urbaine et a subi un traitement biologique par boues activées. Les caractéristiques physico-chimiques et biologiques sont présentés dans le tableau IV.

Tableau IV : Résultats d'analyses de l'eau usée traitée provenant de la STEP de Baraki (Source : EPEAL)

Paramètres physico-chimiques	Paramètres de pollution	Minéralisation Globale	Paramètres bactériologiques
pH : 7,5 Conductivité à 20°C : 1746 µS/cm Température : 17,0 °C Turbidité : 1,0 NTU/FTU CO ₂ libre : 15,5 mg/l CO ₂ total : 251,3 mg/l MES à 105°C : 92 mg/l	NH ₄ ⁺ : 0,08 mg/l NO ₂ ⁻ : 0,05 mg/l NO ₃ ⁻ : 1,56 mg/l PO ₄ ³⁻ : 5,63 mg/l DCO EB* : 638,21 mg/l ET** : 26,15 mg/l DBO ₅ EB : 153,94 mg/l ET : 1,3 mg/l	Ca ²⁺ : 129,6 mg/l Mg ²⁺ : 34,0 mg/l Na ⁺ : 222,8 mg/l K ⁺ : 18,4 mg/l Cl ⁻ : 231,2 mg/l SO ₄ ²⁻ : 237,5 mg/l HCO ₃ ⁻ : 326,3 mg/l CO ₃ ²⁻ : 0,0 mg/l SAR : 4,5	Germes totaux à 37°C : inde*** Coliformes totaux : inde Coliformes fécaux : " Streptocoques fécaux : trace <i>Salmonella typhi</i> : 740 ge/5L

* EB = eau brute ** ET = eau traitée *** Inde = Indénombrable

Matériel végétal :

La culture test est le Poivron ; variété ITALICO.

2 - Méthode :

Dispositif expérimental :

L'essai entrepris dans la station expérimentale de Mehdi Boualem sur le poivron sous serre a fait l'objet d'une étude de l'effet des eaux usées traitées sur les caractéristiques chimiques du sol, le comportement de la plante et le rendement, par rapport à un témoin irrigué à l'eau de forage. Le dispositif expérimental adopté est un bloc d'une superficie de 200 m² irrigué à la raie pour les deux types d'eaux utilisés. Les expérimentations ont été faites sur une année.

RESULTATS ET DISCUSIONS :

1 - Qualité des eaux usées traitées :

La composition, comme le montre le tableau IV, se caractérise par une salinité élevée, une faible teneur en matière organique et en éléments fertilisants, d'une valeur économique très faible.

La concentration des eaux usées traitées en germes, tests de contamination fécale, tels que les coliformes totaux et fécaux (CT, CF), déterminée dès leur sortie de la STEP d'épuration est très importante (indénombrable), et la teneur de ces eaux en bactéries pathogènes du genre «salmonelles» est de l'ordre de 740 ge/5l, le procédé de traitement ne permet donc pas l'élimination complète de ces bactéries.

a - Teneurs en éléments fertilisants

L'eau usée traitée présente de concentrations faibles en azote (1,56 mg/l) sous forme de nitrates, moyennes en potassium (18,4 mg/l correspondant à 22,17 ppm en K₂O), et bien inférieures en phosphore (5,63 mg/l en phosphates correspondant à 4,13 ppm en P₂O₅). La comparaison entre les éléments fertilisants contenus dans les eaux usées traitées montre que le phosphore et l'azote seraient apportés au sol en faible quantité par rapport au potassium.

b - Teneur en sels :

L'eau usée traitée présente une salinité importante (1746 µS/cm), donc des effets phytotoxiques peuvent avoir lieu compte tenu des concentrations élevées en ions sodium (222,8 mg/l) et en ions chlorures (231,2 mg/l). Ces paramètres qualitatifs sont essentiels pour l'utilisation des eaux usées à des fins d'irrigation.

La composition cationique et anionique (en mg/l) est telle que :

- Na⁺ > Ca²⁺ > Mg²⁺ > K⁺

- HCO₃⁻ > SO₄²⁻ > Cl⁻

L'ion Na⁺ et l'ion HCO₃⁻ sont les ions dominants. Le faciès de l'eau usée traitée est donc carbonaté-sodique.

c - Le S A R (Sodium Adsorption Ratio) :

Le SAR est faible (4,5). L'application répétée de cette eau ne pose donc aucun problème sur les propriétés physiques du sol.

d - Valeur fertilisante et charge polluante :

En se basant sur les besoins moyens de la culture de poivron en éléments minéraux (120 unités d'azote, 180 unités de phosphore et 180 unités de potassium), la quantité d'éléments fertilisants présente dans les eaux usées traitées étudiées ne répond pas à la demande de la culture.

e - Concentration en métaux lourds :

Concernant les métaux lourds, les concentrations trouvées par l'EPEAL (tableau V) sont inférieures à la valeur limite fixée par l'office international de l'eau (1994), ce qui ne constitue pas un danger immédiat pour l'agriculture, vu que de faibles quantités sont souvent bénéfiques pour la végétation.

Tableau V : Teneurs en métaux lourds (source EPEAL)

Métaux lourds	Teneurs mg/l	Normes : Office international de l'eau (mg/l)
Fe	0,12	5,0
Mn	0,013	0,2
Zn	0,04	2,0
Cu	traces	0,2
Cr	traces	0,1
Cd	traces	0,01
PB	traces	5,0

2 - Incidence de l'irrigation avec les eaux usées traitées sur la composition chimique du sol :

Après récolte, l'analyse chimique du

sol irrigué avec les deux types d'eau (usée traitée et forage) a donné les résultats suivants (tableau VI).

Tableau VI : Résultats d'analyse du sol après récolte.

Type de sol	Profondeur du sol	pH	Conductivité électrique mmhos/cm	Sels solubles %	Azote total %	Phosphore assimilable ppm	Potassium assimilable ppm
Sol irrigué avec l'eau usée traitée	0 - 20 cm	7,55	0,54	0,199	0,056	185	511,89
	20 - 40 cm	7,55	0,44	0,154	0,056	115	388,89
Sol irrigué avec l'eau de forage	0 - 20 cm	7,60	0,34	0,119	0,056	110	521,94
	20 - 40 cm	7,60	0,37	0,129	0,056	76	450,30

Ces résultats révèlent que le sol présente :

- Un pH légèrement alcalin
- Une teneur moyenne en sels solubles, pour le sol irrigué avec l'eau usée traitée, et faible pour l'autre
- Une faible teneur en azote total
- Une teneur élevée en phosphore assimilable
- Une teneur très élevée en potassium assimilable

3 - Effets des eaux usées traitées sur le niveau de production et la croissance des plantes :

a - La croissance :

Avant le repiquage et à différents stades végétatifs de la culture (début floraison, fructification), la hauteur des plants irrigués avec l'eau usée traitée a été mesurée afin d'apprécier leur croissance par rapport au témoin (l'eau de forage) (fig. 1).

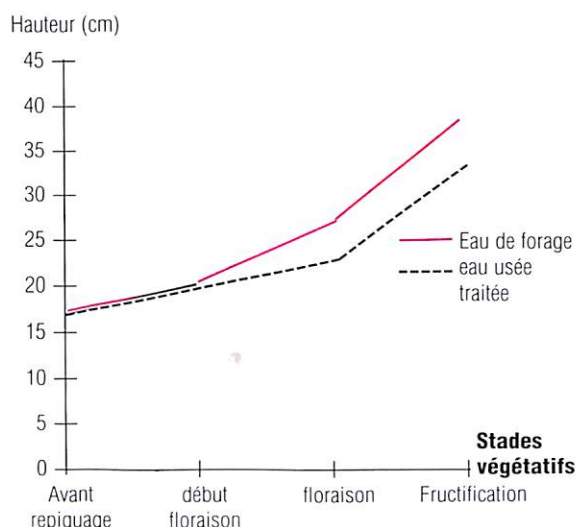


Fig. 1 : Evolution de la hauteur de la plante à différents stades végétatifs.

Ces résultats révèlent que la plante a suivi une croissance normale au début du cycle végétatif, ensuite et avec les apports répétés d'eau usée traitée la croissance a diminué par rapport au témoin (eau de forage). Cette diminution pourrait être le résultat de l'accumulation des sels apportés par l'eau usée traitée.

b - Le niveau de production :

Le niveau de production de la cultu-

re irriguée avec l'eau usée traitée n'est pas très différent par rapport au témoin. Les rendements obtenus pour les deux cultures et pour les différentes récoltes sont faibles, et ne répondent pas à la norme de production du poivron sous serre (350 q/ha I.T.C.M.I, 1989) (fig. 2). Cela pourrait être la conséquence de la faible teneur du sol en matière organique et azote.

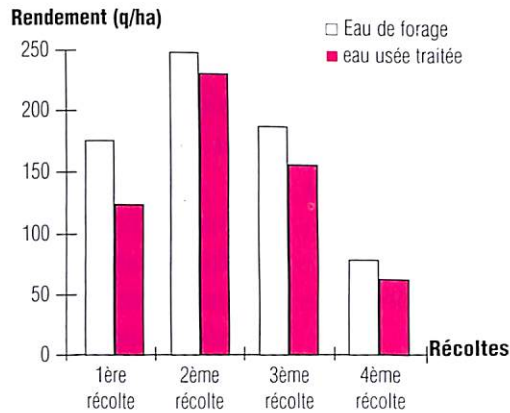


Fig. 2 : Niveaux de production de la culture en fonction des types d'eaux utilisés.

4. Effets de l'irrigation avec les eaux usées traitées sur la contamination bactériologique des fruits :

La qualité bactériologique du poivron irrigué avec les eaux usées traitées est fonction du nombre de jours écoulés depuis la dernière irrigation et des conditions climatiques. Durant les jours qui suivent une irrigation avec

les eaux usées, les germes indésirables apportés sur le poivron se détruisent peu à peu sous l'effet des conditions climatiques (T°, ensoleillement, etc.). Les analyses bactériologiques effectuées après deux jours d'irrigation ont révélé la présence de germes (tableau VII).

Tableau VII : Résultats d'analyses microbiologiques du poivron deux jours après irrigation. (Source : Institut Pasteur).

Paramètres recherchés	Résultats
- Germes Aérobie Mésophiles Totaux	Présence de 10000 dans 1 gramme
- Levures	Absence dans 1 gramme
- Moisissures	Absence dans 1 gramme
- Coliformes Totaux	Présence de 40000 dans 1 gramme
- Coliformes Fécaux	Présence de 25000 dans 1 gramme
- <i>Salmonella</i>	Absence dans 25 grammes
- Anaérobies Sulfito-Réducteurs	Absence dans 1 gramme
- <i>Staphylococcus aureus</i>	Absence dans 1 gramme

La décontamination n'atteint des valeurs admissibles ou nulles qu'au

bout d'une semaine après irrigation (tableau VIII).

Tableau VIII : Résultats d'analyses microbiologiques du poivron une semaine après irrigation. (Source : Institut Pasteur).

Paramètres recherchés	Résultats
- Germes Aérobie Mésophiles Totaux	Présence de 400 dans 1 gramme
- Levures	Absence dans 1 gramme
- Moisissures	Absence dans 1 gramme
- Coliformes Totaux	Absence dans 1 gramme
- Coliformes Fécaux	Absence dans 1 gramme
- <i>Salmonella</i>	Absence dans 1 gramme
- Anaérobies Sulfito-Réducteurs	Absence dans 25 grammes
- <i>Staphylococcus aureus</i>	Absence dans 1 gramme

Cette destruction ou décontamination naturelle a été étudiée sous les températures :

T min = 23,35°C, T max = 34,64°C.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS :

Les résultats obtenus durant une année d'expérimentation, nous ont permis de conclure que l'eau de la STEP de Baraki se caractérise par :

- Une teneur en matière organique faible, ne répondant pas aux besoins de la culture.

- Une forte salinité et un faible SAR. La concentration de cette eau en sels solubles lui confère un risque élevé de salinisation pour le sol.

- Une teneur en éléments fertilisants peu intéressante, la fumure minérale apportée par cette eau est donc déséquilibrée et il conviendra de la corriger par un apport azoté et phosphopotassique approprié.

- Une faible teneur en métaux lourds qui ne constitue pas à court terme un risque de contamination du sol et/ou du végétal.

- La concentration de l'eau usée traitée en germes pathogènes, est relativement importante. La qualité bactériologique de l'eau usée traitée est variable dans le temps, pour cela il est nécessaire d'analyser constamment les eaux usées traitées, et les prélèvements doivent être effectués sur le périmètre à irriguer plutôt qu'à la sortie de la STEP.

Cela permettra de détecter les problèmes de prolifération dans le réseau de distribution.

Pour la culture irriguée avec l'eau usée traitée, le rendement est avoisinant à celui de la culture irriguée avec le témoin (eau de forage). Vu la concentration importante de cette eau (eau traitée) en germes pathogènes, il est indispensable de respecter le délai entre l'irrigation et la récolte. Un délai d'une semaine est suffisant pour assurer la décontamination en attendant que l'étude de la décontamination naturelle du produit végétal en fonction du temps et des conditions climatiques ne soit réalisée. Un délai d'une semaine sous serre nous paraît un minimum et il faut veiller à ce qu'il soit respecté.

L'évaluation des effets des eaux usées traitées sur le comportement du végétal nécessite la continuation des suivis de la biodisponibilité des éléments dans les récoltes suivantes. Toutefois, nous pouvons constater qu'à court terme le risque de pollution chimique des plantes est minime.

Références Bibliographiques :

- Edil Inf-Eau, (1996).** Bulletin International de l'eau et l'environnement.
- El Hammouri B, (1990).** Les effets de l'irrigation avec les eaux usées brutes et épurées sur la qualité hygiénique de la récolte. actes int agren vit 2. 57-66.
- Hydroplus, (mars 1994).** Le défi de l'eau en Méditerranée. magazine N°41 p 10.
- I.T.C.M.I, (1989).** Conduite des cultures sous serres. Guide pratique pp. 27-31.
- Kirkham. MB , (1986).** Problems of using waste water on vegetable crops. Hort science pp 21,24,27.
- Laouali. G, Delisle. C, Vincent. G, (1995).** Etude préliminaire de réutilisation des eaux usées pour l'arrosage des pépinières au Niger. Revue Sécheresse n°2 juin 1995.
- Office international de l'eau, (1994)** Réutiliser des eaux usées en irrigation.
- Rejeb. S (1986).** Conséquences de l'irrigation avec les eaux usées traitées et de l'application des boues résiduelles sur la composition minérale du piment, du sorgho fourrager et des agrumes. Séminaire maghrébin sur la réutilisation des eaux usées après traitement en agriculture. Tunis 23-26 avril 1986.