

EFFETS DES EAUX USEES TRAITEES SUR LES PROPRIETES CHIMIQUES DU SOL ET SUR LE COMPORTEMENT D'UN VEGETAL

O. BOULAHBAL et R. AIT HAMOU

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

Résumé : *L'objectif de cette recherche consiste à suivre l'impact chimique des eaux usées traitées de la station d'épuration de Baraki sur le sol et le végétal. Pour cela une série d'analyses physico-chimiques de l'eau épurée a été effectuée avant chaque irrigation. Les résultats obtenus révèlent l'absence totale des métaux lourds, des teneurs déséquilibrées en éléments fertilisants, des teneurs très faibles en matière organique, et de fortes concentrations en sels solubles. Les analyses chimiques réalisées sur le sol et l'étude du comportement de la plante ont donné des résultats positifs sur les possibilités d'utilisation de ces eaux en irrigation.*

Mots clés : *Eau usée traitée, Chloration, Eau de forage, Impact chimique, Sol, Poivron.*

Summary : *The main objective of this study, consists of following the chemical impact of the processed waste waters coming from the purification station of Baraki, on soil and vegetable. In order to do that, a series of physical and chemical analyses of the treated waste water has been undertaken before each irrigation. The results obtained show the total absence of heavy metals, the imbalanced amounts of fertilizing elements, poor in organic matters, and rich in soluble salts. The chemical analyses conducted on the soil and the study of plant behaviour have shown satisfactory results.*

Key words : *Processed used water, Chloronisation, Water of drilling, Chemical impact, Soil, Pepper.*

INTRODUCTION

Actuellement, la situation en Algérie se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente pour l'agriculture. En revanche, la production des eaux usées s'accroît, et leur réutilisation se présente alors comme une première réponse à cette situation de pénurie d'eau pour l'irrigation.

La capacité de production en eaux usées épurées par la vingtaine de stations d'épuration fonctionnelles en Algérie représente environ 130000 m³/an. Cette énorme quantité peut desservir facilement les réseaux d'irrigation des périmètres limitrophes (ZELLA, 1991).

L'utilisation agricole est donc prédominante des effluents qui peuvent apporter aux plantes un supplément d'eau nécessaire pour combler le déficit hydrique, et des éléments nutritifs (N, P, K), en quantités non négligeables, et pouvant répondre partiellement aux besoins des cultures, et permettant en conséquence l'économie des engrais minéraux (BISWAS, 1993).

A cet effet, l'irrigation avec les eaux usées traitées a été pratiquée sur plusieurs cultures comme le maïs (O.I.E 1999), le poivron (AIT HAMOU et al, 1999), les agrumes (MOGUEDET et DUBOST, 2000), la tomate (BUTLER, 1993). Seulement, l'irrigation qui met en œuvre les eaux usées est particulière. En effet, ces eaux véhiculent des éléments polluants qui posent des problèmes de santé publique, de conservation des sols et de protection de l'environnement (FABY et BRISAUD, 1997). Pour cela, les eaux usées brutes ne doivent pas être directement réutilisées, un traitement est toujours nécessaire.

Cependant, les procédés d'épuration primaire et secondaire ne garantissent pas l'élimination totale des œufs de parasites, ainsi que d'autres germes pathogènes tels que les coli-

formes fécaux. Ce qui nécessite l'utilisation soit d'un traitement extensif (lagunage, infiltration....), soit d'un traitement conventionnel transposé des techniques de préparation des eaux potables.

La procédure d'épuration appliquée à la station d'épuration de Baraki se limite aux traitements primaire et secondaire. Pour cela l'eau épurée reste très chargée en germes pathogènes, en éléments solubles et en particules fines en suspension.

Le présent travail porte sur l'impact chimique des eaux usées traitées de la station de Baraki sur le sol et sur la croissance et la production d'une plante test, en comparaison à des témoins qui sont eau de forage et l'eau usée épurée et chlorée. Les paramètres nécessaires à la valorisation agricole de ces eaux ont été déterminés : la salinité, le S.A.R., la teneur en éléments fertilisants, la teneur en éléments polluants et toxiques.

Les paramètres bactériologiques et parasitologiques ont été traités et publiés dans un précédent numéro de la même revue.

MATERIELS ET METHODES

L'expérimentation entreprise en plein champs durant une année, a été réalisée sur la culture de poivron en utilisant, l'irrigation à la raie, avec des effluents traités chlorés et non chlorés, et l'eau de forage.

1. Matériels

a. Le sol :

L'étude a été réalisée sur un sol situé à la station expérimentale de l'INRAA (Mahdi Boualem). Ce sol est caractérisé par une texture argileuse, un pH alcalin, et une faible teneur en matière organique. Le choix a été porté sur ce type de sol pour ses caractéristiques de rétention en eau et d'échange ionique favorables à l'épuration des eaux d'infiltration.

b. Les eaux :

Les irrigations sont effectuées avec trois types d'eaux :

- Eau de forage provenant de la station expérimentale Mahdi Boualem.
- Eau usée traitée sans chloration provenant de la station d'épuration (STEP) de Baraki.
- Eau usée traitée chlorée provenant de la même STEP. La dose de chloration utilisée est 10 mg/l de chlore actif.

c. Le matériel végétal :

L'étude est réalisée sur une culture test : le poivron (variété ITALICO). Cette plante a été utilisée pour sa grande consommation en eau et éléments minéraux.

d. Les éléments fertilisants :

Afin d'apprécier la valeur fertilisante de l'eau épurée étudiée, un apport de fumure minérale de fond (N, P, K) a été effectué sur des parcelles témoins, avant la mise en place de la culture à raison de 1,44 kg d'engrais composé (20, 25, 25) par parcelle élémentaire (20 m²)

2. Méthodes**a. Le dispositif expérimental :**

Pour cette expérience, le dispositif expérimental adopté est celui des blocs aléatoires complets, comportant 3 répétitions avec 6 traitements.

Les traitements réalisés sont les suivants :

EF = Eau de forage.

ET = Eau usée traitée.

EC = Eau usée traitée chlorée.

EF + E = Eau de forage + Engrais.

ET + E = Eau usée traitée + Engrais.

EC + E = Eau usée traitée chlorée + Engrais.

Nous avons au total 6 traitements x 3 répétitions, soit 18 parcelles élémentaires ayant chacune une superficie de 20 m².

b. Echantillonnage :

Les échantillons du sol sont prélevés en diagonale, sur deux profondeurs différentes (0-20 et 20-60 cm) avec 3 répétitions dans chaque parcelle.

L'eau usée traitée est prélevée à partir du bassin de traitement final sur trois points (milieu et extrémités gauche et droite).

c. Méthodes d'analyse :

Les analyses d'eaux et du sol sont réalisées par les méthodes mentionnées dans les tableaux I, II et VI.

RESULTATS ET DISCUSSIONS**1. Les résultats des analyses effectuées sur l'eau de forage**

Les résultats d'analyses effectuées sur l'eau de forage sont illustrés dans le tableau I. Ces résultats montrent que l'eau de forage étudiée présente :

- Une faible salinité.
- Un faible S.A.R (Sodium Adsorption Ratio).
- Une faible teneur en éléments polluants.
- Une teneur équilibrée en éléments minéraux.

Tableau I. Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau de forage.

Paramètres mesurés	Méthodes
Paramètres physico-chimiques	
pH : 7,58	Electrométrie
Conductivité électrique à 20 °C : 544 µS/cm	Conductimétrie
Turbidité : 1,9	Absorptiométrie

Tableau I (suite)

Paramètres de pollution	
NH ₄ ⁺ : < 0,02 mg/l	Ionométrie
NO ₂ ⁻ : < 0,02 mg/l	//
NO ₃ ⁻ : 0,62 mg/l	//
PO ₄ ⁻³ : < 0,03 mg/l	Colorimétrie
Minéralisation globale	
Ca ⁺² : 112,32 mg/l	Absorpiométrie
Mg ⁺² : 30,43 mg/l	//
Na ⁺ : 120 mg/l	Photométrie à flamme
K ⁺ : 0,66 mg/l	//
Cl ⁻ : 143,3 mg/l	Potentiométrie
SO ₄ ⁻² : 132,4 mg/l	Gravimétrie
HCO ₃ ⁻ : 202,6 mg/l	Titrimétrie
CO ₃ ⁻² : 0	//
Dureté totale : 22,3	
TAC : 13,2	
S.A.R : 2,21	

2. Les résultats des analyses effectuées sur les eaux usées traitées

L'eau a fait l'objet de plusieurs analyses physico-chimiques (pH, CE, matière organique, TAC, chlorures, sulfates, phosphates, nitrates,

ammoniacque, sodium, potassium, métaux lourds...). Ces analyses ont été effectuées avant chaque irrigation, les résultats de la moyenne de 7 prélèvements sont présentés dans le tableau II.

Tableau II. Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux usées traitées.

Paramètres mesurés (moyennes de 7 prélèvements)	Ecart types	Méthodes utilisées
Paramètres physico-chimiques		
pH : 8	0,20	Eléctrométrie
Conductivité à 20°C : 1747.µS/cm	129,89	Conductimètre
Matière en suspension : 41,35 mg/l	5,32	Filtration sur membrane
Paramètres de pollution		
Azote total : 1,82 mg/l	0,16	Kjeldhal
NH ₄ ⁺ : 0,31 mg/l	0,04	Ionométrie
NO ₃ ⁻ : 1,18 mg/l	0,13	//
PO ₄ ⁻³ : 5,76 mg/l	1,03	Colorimétrie
DCO : 40,3 mg/l	11,95	DCOmètre
DBO 5 : 14,38 mg/l	2,66	DBOmètre

Tableau II (suite)

Minéralisation globale		
Ca ⁺² : 7,87 meq/l	0,80	Absorptiométrie
Mg ⁺² : 4,66 meq/l	0,78	//
Na ⁺ : 8,57 meq/l	1,86	Photométrie à flamme
K : 13,06 mg/l	0,68	//
SAR : 3,42	3,88	
Cl ⁻ : 239 mg/l	20,27	Potentiométrie
SO ₄ ⁻² : 189,04 mg/l	45,175	Gravimétrie
Dureté totale : 63,02°F	5,60	
TA : traces	0	
TAC : 42,02 °F	1,01	
Éléments indésirables		
Cd : < 0,04 mg/l	0,005	Absorptiométrie
Pl : < 0,1 mg/l	1,52	//
Zn : 0,88 mg/l	0,03	//
Fe : 0,22 mg/l	0,02	//
Se : absence	0	//

Sur la base de ces données, nous procédons aux interprétations qui suivent.

a. Les éléments nutritifs

La valeur fertilisante de l'effluent se traduit

par sa richesse en éléments majeurs et oligo-éléments indispensables à la croissance des végétaux (tabl. III).

Tableau III. La quantité d'éléments nutritifs apportée à l'hectare par 100 mm d'eau usée traitée de la STEP de Baraki, comparée à celle trouvée par Faby et Brissaud (1997).

Paramètres Eaux	Azote (kg)	Potassium (kg)	Phosphore (kg)	Calcium (kg)	Magnésium (kg)	Sodium (kg)
Faby et Brissaud (1997)	16 à 62	2 à 69	4 à 24	18 à 208	9 à 100	27 à 182
Notre échantillon	1,82	19,10	5,76	157,96	56,08	197,21

D'après ces données, l'eau épurée de notre étude contient des quantités avoisinantes de celles trouvées par Faby et Brissaud (1997), sauf pour l'azote qui se trouve à des teneurs très faibles et le sodium qui dépasse un petit

peu la norme, ce qui confirme la salinité de cette eau.

Concernant les éléments majeurs contenus dans l'eau traitée étudiée la teneur est :

- **L'azote** : d'une manière générale, les eaux usées en contiennent 20 à 100 mg / l (BINNIE et PARTNERS, 1983). Ce n'est pas le cas pour l'eau usée épurée de la STEP de Baraki, qui est très pauvre en azote sous toutes ses formes (total = 1.82 mg/l, ammoniacal = 0.31 mg/l, et nitrique = 1.18 mg/l). De telles teneurs ne peuvent en aucun cas répondre aux besoins de la culture, un apport supplémentaire est donc indispensable.

- **Le phosphore** : D'après les études faites par l'O.M.S. (1989), un taux d'irrigation annuel de 20000 m³ / ha avec une eau usée convenablement traitée contenant 3 mg/l de phosphore total peut apporter au sol annuellement une quantité de 60 kg / ha de phosphore .

La concentration du phosphore dans l'eau épurée étudiée avoisine 3 mg/l. La teneur moyenne de 7 prélèvements est de l'ordre de 2,25 mg / l de phosphore total (5,25 mg / l de P₂ O₅). Cette teneur peut répondre partiellement aux besoins de la culture (180 kg/ha) si la quantité d'eau apportée est suffisante (environ 30000 m³) pour accumuler la moitié de la quantité demandée par le végétal. L'eau étudiée contient donc une quantité

appréciable de phosphore, permettant ainsi de réduire les apports des engrais phosphatés.

- **Le potassium** : Cet élément joue un rôle important dans les végétaux. En particulier il entre en jeu lors de la régulation de la pression osmotique de la plante, et activateur de certaines réactions enzymatiques intervenant dans le métabolisme de l'azote (SEGURET, 1994). Pour FABY et BRISSAUD (1997) la concentration en potassium dans les effluents secondaires, varie de 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de K₂O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins. En comparaison avec l'eau épurée étudiée, celle-ci contient en moyenne 13,06 mg/l de potassium total (15,73 mg/l de K₂O). Cette concentration est insuffisante est n'atteint pas le potentiel de fertilisation potassique des eaux usées utilisées en irrigation qui est de l'ordre de 30 mg/l . La teneur de l'effluent en cet élément est très instable, en effet l'analyse statistique montre que la différence est hautement significative entre les différents prélèvements (p = 0,000) (tabl. IV).

Tableau IV. Analyse de la variance sur les teneurs en potassium.

	S.C.E.	DDL	Carrés moyens	Test F	Probabilité
Var. Totale	280,57	20	14,03		
Var. Facteur 1	272,06	6	45,34	74,66	0,0000
Var. Résiduelle 1	8,50	14	0,61		

D'une manière générale, l'eau épurée de notre étude présente un déséquilibre important en éléments fertilisants qu'il convient de corriger avec des apports appropriés, tout en respectant les teneurs de cette eau en ces éléments ainsi que la teneur du sol.

b. Les sels solubles

La salinité est un paramètre essentiel pour juger de la qualité de l'eau d'irrigation. Selon SEGURET (1994) et VILAIN (1997), le problème de salinité ne se pose pas si la conductivité électrique de l'eau d'irrigation est inférieur à 700 µS / cm, entre 700 et 3000 µS / cm

il faut choisir des cultures tolérantes aux sels. L'eau usée traitée de notre étude présente une conductivité électrique de 1747 $\mu\text{S} / \text{cm}$. Cette valeur lui confère une forte salure qui peut provoquer à la longue des problèmes de salinisation au niveau du sol. Ayant un S.A.R (sodium adsorption ratio) de 3,42, cette eau est classée en C3 S1 (normes U.S.D.A) admissible donc pour l'irrigation des cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit être contrôlée. Concernant les chlorures, l'eau étudiée présente une teneur de 239 mg/l , concentration

admissible pour l'irrigation en surface, l'aspersion est à éviter dans ce cas car selon la F.A.O. (1985), la concentration en chlorures des eaux utilisées en irrigation par aspersion ne doit pas dépasser 100 mg/l.

c. Les éléments traces

La teneur moyenne des eaux usées traitées étudiées en éléments traces est très faible comparée aux concentrations maximales recommandées pour les eaux d'irrigation (tabl. V)

Tableau V. Concentrations maximales des éléments traces dans les eaux d'irrigation selon Ayers et Westcot (1983) cités par FABY et BRISSAUD (1997).

Éléments (symboles)	Concentrations des eaux usées traitées étudiées en éléments traces (mg/l)	Eaux utilisées en permanence sur tous types de sol (mg/l)	Utilisation allant jusqu'à 20 ans sur des sols à texture fine ayant un pH de 6 à 8,5 (mg/l)
Cadmium (Cd)	< 0,04 mg/l	0,01	0,05
Plomb (Pb)	< 0,1 mg/l	5,0	10,0
Zinc (Zn)	0,88 mg/l	2,0	10,0
Fer (Fe)	0,22 mg/l	5,0	20,0
Sélénium (Se)	absence	0,02	0,02

Ces teneurs, constantes dans le temps et très négligeables, n'auront aucun effet de toxicité ni sur le sol ni sur la plante, d'autant plus que ces éléments métalliques seront adsorbés sur le complexe argilo-humique et leur mobilité dans le sol est très difficile suite au pH légèrement alcalin, car la capacité de rétention du sol vis à vis des métaux lourds atteint son maximum pour des pH neutres ou alcalin (GODERFRING et al, 1990).

d. La charge organique

Les eaux usées contiennent de nombreuses particules organiques, dont la teneur

s'exprime globalement par la DBO 5 , la DCO et le carbone organique total (ZELLA, 1991). Les eaux usées épurées doivent présenter une DBO de 10 à 20 mg/l, une DCO de 30 à 60 mg/l (BINNIE et PARTENERS, 1983). Selon ces normes l'eau de notre étude présente des valeurs de DBO5 (14,38 mg/l) et de DCO (40,3 mg/l) acceptables.

e. Matières en suspension

La perméabilité d'un sol peut être affectée par la présence de matières en suspension et de graisse dans l'eau d'irrigation qui peuvent colmater en surface les pores du sol

(SEGURET, 1994). Si l'eau usée épurée contient une teneur en (mes) > à 10 mg/l, il faut prévoir un curetage périodique de la surface de contact pour éviter une diminution trop rapide de l'infiltration (BINNIE et PARTNERS, 1983). Cette recommandation est valable dans notre cas car l'eau épurée présente une teneur moyenne assez élevée en matières en suspension (41,35 mg/l).

3. Les analyses effectuées sur le sol

Avant la mise en place de l'essai, 12 échantillons de sol ont été prélevés sur deux horizons différents (0-20 et 20-60 cm) pour une caractérisation physico-chimique (granulométrie, stabilité structurale, densité apparente, pH, CE, azote total, calcaire total, matière organique, phosphore assimilable, potassium assimilable) (Tabl. VI).

Les résultats d'analyses physiques révèlent que le sol est à texture argileuse (53,5%), sa distribution granulométrique est caractérisée par une grande proportion des classes granulométriques inférieures à 1 mm, particulièrement dans la fraction < à 0,1 mm où on obtient le plus haut pourcentage (40,47 %). Ce sol présente donc une faible stabilité structurale, probablement due à la faible teneur en matière organique et les opérations culturales (labour, disage) répétées chaque année.

D'autre part, les analyses chimiques montrent que c'est un sol alcalin à faible conductivité électrique, ayant une teneur moyenne en phosphore et potassium assimilable, faible en azote total, matière organique et calcaire total, mais le C/N est très élevé suite à la faible teneur en azote total.

Tableau VI. Résultats d'analyses physico-chimiques du sol.

Caractéristiques physico-chimiques	Horizon 0-20 cm	Horizon 20-60 cm	Méthodes utilisées
pH	8,13	8,27	pH-mètre (extrait 1/25)
Conductivité électrique (mmhos/cm)	0,19	0,18	Conductimètre extrait 1/10
Calcaire total (%)	2,01	2,21	Calcimètre de Bernard
Phosphore assimilable (ppm)	93,41	37,41	Olsen
Potassium assimilable (ppm)	230,3	130	Acétate d'ammonium
Carbone (%)	0,95	0,77	Anne
C/N	14,6	13,5	
Matière organique (%)	1,63	1,32	
Azote total (%)	0,065	0,057	Kjeldhal
Granulométrie			
Argile (%)	53,5	53,5	Pipette de Robinson
Limon (%)	28,5	28,5	
Sable (%)	12,5	12,5	
Densité apparente	1,47		
Stabilité structurale			
Fraction >2 mm %	1,64		Le Bissonais
Fraction 2-1 mm %	3,77		
Fraction 1-0,5 mm %	26,73		
Fraction 0,5-0,2 mm %	13,46		
Fraction 0,2- 0,1 mm %	14,07		
Fraction < 0,1 mm %	40,4		

A la fin de l'expérimentation, une deuxième analyse chimique du sol a été faite sur deux horizons (0-20 cm et 20-60 cm), afin de suivre l'impact des eaux usées traitées sur les propriétés chimiques du sol (pH, CE et la teneur en N, P, K). Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau VII.

Les résultats obtenus révèlent, une augmentation considérable de la teneur des horizons de surface en phosphore et potassium assi-

milables, pour les traitements (ET, EC, ET+E, EC+E) par rapport aux parcelles irriguées avec l'eau de forage.

Les concentrations d'azote trouvées au niveau des sols ayant reçu les fertilisants (NPK) ont augmenté de la même manière pour tous les traitements par rapport à la teneur initiale (avant la mise en place de la culture), mais elles restent toujours faibles.

Tableau VII. Résultats d'analyses chimiques du sol après la récolte.

Paramètres	Horizon	EF	ET	EC	EF+E	ET+E	EC+E
pH	0 - 20 cm	7,5	7,53	7,56	7,48	7,48	7,56
	20 -60 cm	7,63	7,66	7,73	7,58	7,65	7,66
CE (mmhos/cm)	0 - 20 cm	0,15	0,15	0,14	0,18	0,19	0,13
	20-60 cm	0,1	0,110	0,12	0,12	0,12	0,11
Phosphore assimilable (ppm)	0-20 cm	66,66	98,33	105	115	146,66	121,66
	20-60 cm	31,66	41,63	43,33	36,66	51,66	50
Potassium assimilable (ppm)	0-20 cm	296	332,13	294,5	268,5	302,36	297,66
	20-60 cm	176,7	250,6	186,43	189,56	184,86	191,13
Azote Total (%)	0-20 cm	0,016	0,017	0,017	0,16	0,17	0,15
	20-60 cm	0,015	0,015	0,016	0,16	0,13	0,14

Par contre la teneur d'azote total dans tous les horizons des traitements EF, ET, EC a diminué à la suite d'une éventuelle exportation par les plantes et le ressuyage du sol par les eaux de pluie, la quantité ainsi disparue n'a pas été restituée car les eaux d'irrigation en contiennent de très faibles doses.

Effectivement, durant la période de l'essai (du repiquage à la récolte), il y a eu une abondance de pluies (tabl. VIII) qui a permis une lixiviation des sels solubles malgré leur concentration importante dans les eaux usées traitées.

Tableau VIII. Précipitations cumulées (mm) pendant la période d'essai (laboratoire bioclimatologie I.N.R.A.A).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
Précipitations cumulées mm	10,5	15,3	19,7	22,1	54,2	00	00

4. Caractérisation de la croissance de la plante

Au repiquage (mars), et à différents stades végétatifs, les plants du poivron ont été mesurés pour déterminer l'impact des diffé-

rentes eaux sur l'évolution et la croissance de la culture. Les résultats obtenus montrent que la plante durant tout son cycle a suivi une croissance normale et la différence entre les traitements est non significative (fig. 1).

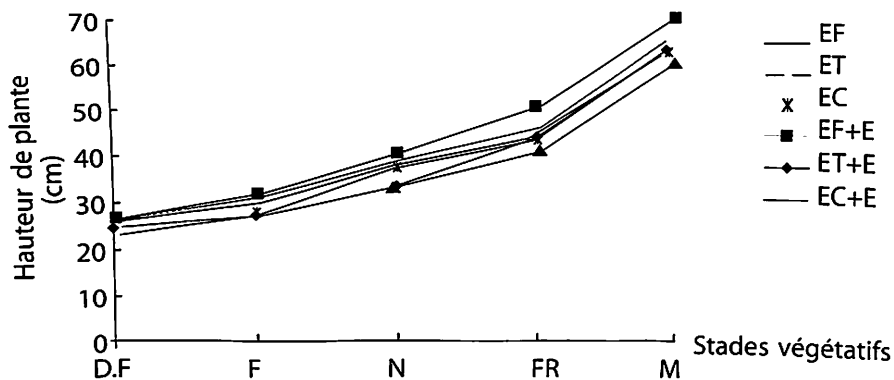


Figure 1 : Effets des traitements sur la hauteur de la plante à différents stades végétatifs.

DF = début de floraison F = floraison N = nouaison FR= fructification M = maturité

5. Estimation des rendements

Quatre récoltes ont été réalisées durant la

campagne. Les rendements cumulés obtenus sont présentés dans la fig 2 .

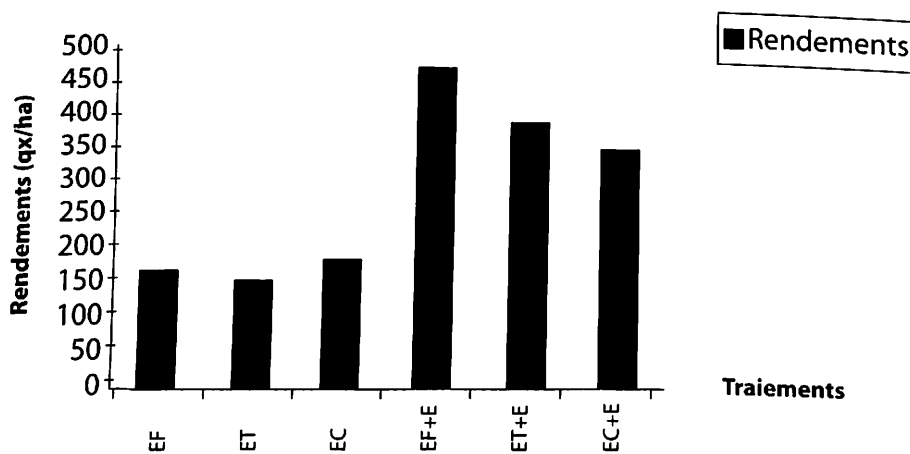


Figure 2 : Effets des traitements sur les rendements.

L'analyse de la variance a permis de mettre en évidence une différence très hautement significative entre les traitements avec l'engrais minéral (NPK) et les traitements sans ($p= 0,0000$). En effet, nous avons obtenu de très bon rendements sur les parcelles ayant reçu l'engrais minéral et qui sont en moyenne, 463.98, 400.3 et 351.13 qx / ha

respectivement pour les traitements (EF+E, ET+E et EC+E). La différence est non significative entre (EF+E et ET+E) et entre (ET+E et EC+E) par contre, elle est hautement significative entre (EF+E et EC+E) et se manifeste par un gain de rendement de 112,85 qx / ha. (Tabl. IX et X).

Tableau IX. Analyse de la variance.

	S.C.E.	DDL	CM	Test F	Proba	E.T	C.V
Var. Totale	303275,06	17	17839,71				
Var. Facteur 1	282839,47	5	56567,89	30,40	0,0000		
Var. Blocs	1830,56	2	915,28	0,49	0,6297		
Var. Résiduelle 1	18605,03	10	1860,50			43,13	15,2 %

Tableau X. Moyennes des groupes homogènes.

Traitements	Moyennes q/ha	Groupes homogènes	
EF+E	463,98	A	
ET+E	400,3	A	B
EC+E	351,13		B
EC	182,60		C
EF	156,32		C
ET	152,28		C

En revanche, les rendements obtenus sur les parcelles non fertilisées par l'engrais minéral ternaire NPK 20-25-25 sont nettement plus inférieurs que ceux donnés par les parcelles fertilisées. La fertilisation minérale a permis l'obtention de meilleurs rendements, ce qui confirme la nécessité de corriger l'eau usée traitée par des apports d'éléments fertilisants.

CONCLUSION

Sur les base des résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau usée traitée de la station d'épuration des eaux de Baraki, sa qualité globale a été évaluée. Il s'agit d'une eau caractérisée par :

- Une faible teneur en azote sous toutes ses

formes. Ce qui donne à l'eau une faible valeur fertilisante en cet élément nutritif d'une part, et d'autre part un faible pouvoir polluant par les nitrates.

- Une teneur moyenne en phosphore et potassium qui peut répondre aux besoins de la culture, si la quantité d'eau apportée durant le cycle végétatif de la plante est suffisante pour accumuler la quantité nécessaire demandée par le végétal.
- Une forte teneur en matières en suspension qui pose le problème de colmatage si des précautions ne sont pas prises au préalable.
- Une faible teneur en métaux lourds.
- Une teneur élevée en sels solubles et un faible S.A.R (sodium adsorption ratio), les risques de dispersion des argiles et d'imperméabilité sont faibles, mais la salinisation du

sol peut avoir lieu après des irrigations répétées.

Sur la base de ces données, la réutilisation des eaux usées traitées de cette station serait favorable sur les propriétés chimiques du sol et sur le comportement de la plante. En effet les rendements obtenus sur les parcelles irriguées avec l'eau usée traitée sont très proches de ceux des témoins. Il faut noter également que les meilleurs rendements ont été obtenus au niveau des parcelles ayant reçu une fumure minérale.

Plus globalement ce travail montre que le comportement du végétal n'a pas été affecté de façon négative par l'irrigation à l'eau usée traitée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

• **AIT HAMOU R., BOULAHBAL O. ET HERMOUCH M., (1999)** : Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture. Revue "Recherche Agronomique", édition N° 4 I.N.R.A.A

• **BINNIE ET PARTNERS, (1983)** : Schéma d'aménagement des ressources en eau dans la région d'Alger - Sebaou. Rapport N° B2 . Potent. Des Ress. Vol. 4. Réutilisation des eaux usées.

• **BISWAS ASIT K., (1993)** : Wastewater reuse, environment and health. Advanced short course on sewage: Treatment-Practices-Management for agriculture use in the Mediterranean countries pp 251-271, volume 1.

• **BUTLER J.E., (1993)** : The reuse of sewage for agriculture and the role of gravel bed hydroponics. Advanced short course on sewage : Treatment-Practices- Management for agriculture use in the Mediterranean countries pp75-102, volume 1.

• **FABY J. A. ET BRISSAUD F. , (1997)** : La réutilisation des eaux usées épurées dans les

schémas directeurs d'assainissement et dans certains cas, pour économiser l'eau. Environnement et techniques / infos - déchets Juillet- Août 1997 . N° 168.

• **F.A.O , (1988)** : Qualité de l'eau en agriculture, Rome 1988

• **GODEFRING J. M ET VAN BLADEL R. , (1990)**: Influence du pH sur l'adsorption du cuivre et du zinc par les sols. Sci. Sol. 28, 15-26.

• **MOGUEDET G., DUBOST D., (2000)** : Traitement et valorisation des eaux usées dans les Oasis du Sahara Tunisien. Rapport de mission en Tunisie du 28 janvier au 4 février 2000.

• **O.I.E. , (1999)** : L'utilisation des eaux . Eaudoc plus - Etudes pp 71-132

• **O.M.S., (1989)** : L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture: Recommandation à visées sanitaires.

• **SEGURET F., (1994)** : Réutiliser les eaux usées en irrigation. Office international de l'eau, Juin 1994.

• **VILAIN M., (1997)** : la production végétale: La maîtrise technique de la production. 2^{ème} édition

• **ZELLA L. , (1991)** : La réutilisation des eaux usées épurées en micro - irrigation. Thèse de magistère, 246 p.

REMERCIEMENTS

Ce présent travail a été réalisé avec la collaboration technique de :

F. AZZIEZ , M. GHAZALI