

Irrigation d'un sudangrass avec des eaux usées traitées. I. Effet fertilisant

S. Réjeb

La réutilisation des eaux usées est considérée actuellement comme une solution nécessaire dans bon nombre de pays arides et semi-arides pour faire face au déficit hydrique, aggravé par un déséquilibre croissant entre ressources et besoins, le développement industriel et agricole de ces pays augmentant leurs besoins. Ainsi, la réutilisation agricole des eaux usées connaît un grand essor en Tunisie.

L'épandage des eaux usées concerne plusieurs types de cultures ; la priorité est donnée aux cultures fourragères et industrielles. Outre l'apport d'eau qu'elles représentent, ces eaux peuvent être considérées comme de nouvelles sources d'éléments fertilisants (N, P, K et oligo-éléments). Mais, en même temps, elles contiennent des éléments polluants d'origine biologique et chimique qui peuvent limiter leur utilisation : hormis le risque sanitaire, un risque de contamination chimique est présent. Cette contamination peut être due à un excès de fertilisants, une salure importante ou la présence de micro-éléments.

Dans le but d'apporter une contribution à l'étude des effets des eaux usées sur le comportement du végétal, nous avons étudié plus particulièrement deux aspects : leur effet fertilisant et le risque de contamination par les microéléments qu'elles représentent. Dans un premier article, nous nous proposons d'aborder la

MOTS CLÉS

Azote, eau usée traitée, efficacité, fertilisation, phosphore, potassium, sudangrass.

KEY-WORDS

Efficiency, fertilization, nitrogen, phosphorus, potassium, sudan-grass, treated waste water.

AUTEUR

Centre de Recherches de Génie Rural, BP 10, Ariana 2080, Tunisie.

valeur fertilisante de ces eaux sur une culture de sudangrass, en particulier en déterminant leur répercussion sur la composition en azote, phosphore et potassium du sudangrass dans les conditions tunisiennes. Dans un second article, nous tenterons d'évaluer le risque de contamination du sorgho par les éléments chimiques potentiellement toxiques.

On note généralement, en présence d'eaux usées, une amélioration de la production végétale attribuée à leur richesse en éléments fertilisants (DAY et al., 1979, 1981 et 1982 ; PAPAPOPOULOS et al., 1986 ; RICHARD et al., 1987...). Cependant, il ne faut pas sous-estimer la variabilité de la réponse fertilisante en fonction de l'origine des eaux, des traitements appliqués et des conditions agro-climatiques.

Matériel et méthode

L'expérimentation est conduite en plein champ dans la station de la Soukra, à proximité de Tunis. L'effet de l'irrigation avec les eaux usées traitées sur le comportement du végétal est comparé à celui de l'irrigation avec l'eau de nappe prise comme témoin.

L'expérimentation a été réalisée au cours de deux campagnes de culture qui correspondent respectivement à la première et à la quatrième année d'épandage (soit après 4 années successives d'épandage sur cultures variées). Mais dans cette note, tous les résultats exposés concernent la première campagne. La deuxième campagne, également menée sur sudangrass, a pour but de suivre un éventuel effet des micro-éléments dû à un épandage répété des eaux usées sur une même parcelle.

L'essai comporte 6 répétitions. La taille des parcelles élémentaires est de 100 m² et leur surface utile est de 64 m². La disposition des parcelles (voisines sans être contiguës) est conçue pour éviter tout risque de contamination lors de l'irrigation.

Le sol de la parcelle est sableux, pauvre en matières organiques, son niveau de fertilité est présenté tableau 1.

Le sorgho fourrager (*Sorghum sudanense*) est une plante annuelle à croissance estivale (saison chaude). Le nombre de coupes réalisé varie selon la période de semis et la texture du sol ; il est généralement de 3 si les conditions sont favorables. La variété étudiée est Piper.

Les 2 années d'expérimentation, les semis ont été effectués respectivement en juillet et juin, ce qui correspond à un semis tardif : dans les conditions tunisiennes, la période de semis la plus favorable se situe en mai.

L'apport d'eau d'irrigation est de 700 mm pour chacun des deux traitements. La culture est irriguée par planche. Les eaux de nappe proviennent d'un puits situé sur la parcelle expérimentale tandis que les eaux usées traitées proviennent de la station d'épuration de la Charguia (région de Tunis). Elles sont d'origine urbaine et ont subi un traitement biologique à boues activées.

Les eaux d'irrigation sont analysées périodiquement au cours de la campagne de culture ; leur composition moyenne est indiquée tableau 2. Les eaux usées traitées se distinguent des eaux de nappe par leurs teneurs relativement élevées en N, P et K. L'azote est présent essentiellement sous forme de nitrates pendant la saison estivale. Les nitrites sont présents en faible concentration. Le phosphore, principalement sous forme soluble inorganique, est donc directement assimilable par les plantes.

Profondeur (cm)	pH	Conductivité électrique (ds/m)	-----					
			C	N	C/N	P total	P ₂ O ₅ assimilable	K*
			(% terre fine)					
0 - 20	7,8	1,11	4,2	0,35	12	0,64	0,22	2,3
20 - 40	7,8	0,77	4,5	0,30	15	0,63	0,21	1,7

* extrait de pâte saturée

TABLEAU 1 : Caractéristiques physicochimiques du sol de la parcelle d'essai (analyse réalisée par le Laboratoire de chimie du Centre de Recherche du Génie Rural).

TABLE 1 : *Physico-chemical characteristics of the soil in the trial plot (analysed by Chemical Laboratory of C.R.G.R.).*

	Eau usée traitée	Eau de nappe
pH	7,6	7,6
Conductivité électrique (ds/m)	2,97	2,61
Résidu sec (g/l)	1,82	1,71

N total	31,5	21,0
P total	4,1	0,02
K	36,5	3,0

TABLEAU 2 : Composition chimique moyenne des eaux usées traitées et des eaux de puits (en mg/l ; analyse réalisée par le Laboratoire de chimie du Centre de Recherche du Génie Rural ; d'après BAHRI, 1986).

TABLE 2 : *Mean chemical composition of treated waste water and water from wells (mg/l ; analysed by Chemical Laboratory of C.R.G.R. ; after BAHRI, 1986).*

Durant la période de végétation (jusqu'en octobre), la culture a été fauchée 2 fois : en début de floraison, 8 semaines après le semis, et la deuxième coupe, 1 mois et demi plus tard. Les prélèvements de plantes ont été effectués au moment des coupes pour les différents traitements et sur toutes les répétitions. Seule la partie aérienne a été prélevée à la 1ère coupe, pour éviter de perturber les rendements, alors qu'à la deuxième coupe (fin de culture), la plante a été entièrement prélevée (feuilles, tiges et racines). Les systèmes racinaires extraits ont été débarrassés soigneusement des particules de terre adhérentes par lavage au jet et trempages répétés dans de l'eau puis égouttés rapidement avec du papier filtre. Les échantillons prélevés ont ensuite été séchés à 80°C jusqu'à obtention de poids constants pour la détermination des masses de matière sèche, puis ils ont été broyés finement pour l'analyse chimique.

Méthodes analytiques : la poudre végétale obtenue a été minéralisée en vue des différents dosages :

— Dosage de l'azote par la méthode Kjeldahl. La minéralisation à l'acide sulfurique est suivie d'une distillation au Büchi. Les ions ammonium sont récupérés dans l'acide borique puis titrés avec de l'acide chlorhydrique N/20.

— Dosage du phosphore : la poudre végétale est minéralisée par une attaque nitro-perchlorique. Le dosage est effectué par colorimétrie après coloration au vanadomolybdate.

— Dosage du potassium : le potassium est dosé par photométrie de flamme sur le même minéralisat nitro-perchlorique.

Interprétation des résultats : par analyse de variance en calculant le rapport F de Fischer ; le seuil de signification choisi est de 5%.

Résultats

La détermination des teneurs du sudangrass en N, P et K a permis d'évaluer d'une part les exportations en N, P et K et d'autre part l'efficacité d'utilisation de ces éléments.

• Teneurs en N, P, K

Les eaux usées traitées augmentent les teneurs en azote de la plante, notamment dans les feuilles et les tiges au cours de la première coupe (figure 1a). Les différences enregistrées entre les deux traitements sont significatives au seuil 5% pour la première coupe.

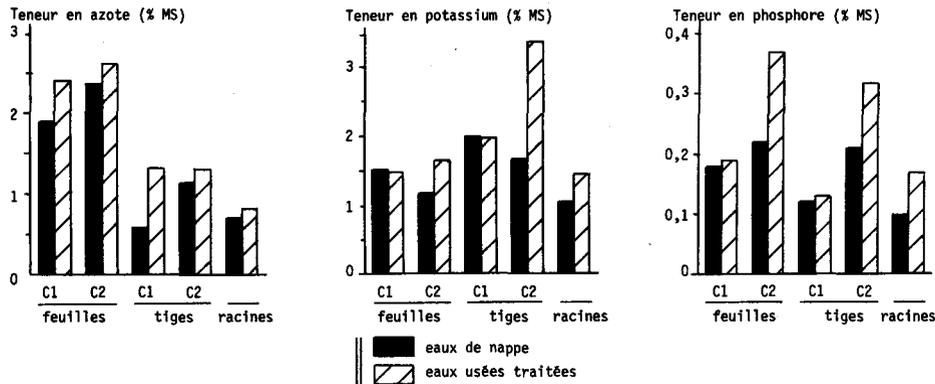


FIGURE 1 : Effet des eaux usées traitées sur les teneurs en N, P et K dans les différents organes du sudangrass, aux premières (C1) et secondes (C2) coupes.

FIGURE 1 : Effect of waste water on N, P and K contents in various parts of sudangrass, for the first (C1) and second (C2) cut.

Le même effet était observé pour le potassium et le phosphore à l'exception de la première coupe (figures 1b et 1c). En effet, au cours de la deuxième coupe, les teneurs en phosphore et potassium obtenues en présence d'eaux usées traitées sont significativement plus importantes au seuil 5 % que celles obtenues avec l'eau de nappe.

• Exportations de N, P, K

D'autre part, nous avons évalué les exportations de N, P, K effectives, c'est-à-dire sorties du champ par les parties aériennes du sudangrass. Etant donné que la culture est entreprise en dérobée au mois de juillet, les rendements obtenus (respectivement 4,04 t MS/ha et 5,76 t MS/ha pour les traitements "témoin" et "eaux usées" en 2 coupes ; BOUZAÏDI, CHERIF, 1986) sont faibles par rapport à ceux obtenus en date normale. De plus, le sol est sablonneux, pauvre en matière organique, et la baisse de température du mois d'octobre (18,9°C en moyenne) a fortement limité la production de la deuxième coupe (par comparaison, au mois de juillet, la moyenne des température était de 26,4°C avec un maxima de 33,8°C).

On note (tableau 3) qu'en présence d'eau usée, le sorgho fourrager exporte des quantités de N, P₂O₅ et K₂O supérieures à celles du traitement témoin (eau de nappe). Mais, face aux quantités d'éléments apportées par les eaux usées, les quantités exportées sont très faibles, notamment pour l'azote et le potassium. Ainsi, les quantités importantes de N, P et K résiduels peuvent présenter un risque et une contrainte, surtout dans le cas de l'azote. En effet, sous forme de nitrate très

mobile, cet élément peut être entraîné en profondeur et contaminer la nappe. Quant au phosphore et au potassium, les quantités résiduelles ne présentent qu'un risque minime, au moins à court et à moyen terme : contrairement à l'azote, le phosphore et le potassium sont facilement fixés sur le complexe absorbant du sol.

	Quantités apportées par les eaux (kg/ha)		Quantités exportées par la culture* (kg/ha)	
	Eau de nappe	Eau usée	Eau de nappe	Eau usée
N	147,0	220,5	49,2	99,2
P₂O₅	0,35	65,8	15,1	25,9
K₂O	27,1	305,9	84,9	138,4

* Le rendement total (2 coupes) du sudangrass déterminé au cours de la même expérimentation et sur la même culture (valeurs d'après Bouzaïdi et Cherif, 1986) correspond à 4,04 t MS/ha pour le traitement témoin (eau de nappe) et à 5,76 t MS/ha pour le traitement avec les eaux usées traitées.

TABLEAU 3 : Quantités apportées par les eaux d'irrigation et exportées par la culture de sudangrass.

TABLE 3 : Amounts carried by irrigation waters and removed by the sudan-grass.

• **Efficacité d'utilisation de l'azote, du phosphore et du potassium**

Pour mieux comprendre la réponse de la plante à l'apport d'eaux usées, nous avons essayé d'examiner les effets de l'absorption de N, P et K sur la croissance de la plante en utilisant la notion d'efficacité des éléments fertilisants (Eu) définie, selon GLASS et PERLEY (1980), ANDERSON (1985) et REJEB (1990), comme la masse de matière sèche produite par gramme d'élément absorbé :

$$Eu = \frac{\text{Masse de matière sèche produite (g/plant)}}{\text{Quantité d'élément absorbée (g/plant)}}$$

Dans nos calculs, nous avons considéré la masse totale produite par plante, soit la masse des parties aériennes des 2 coupes plus la masse racinaire estimée à la 2ème coupe.

Nous pouvons noter tableau 4 que les eaux de nappe permettent une meilleure utilisation de N, P et K que les eaux usées : les efficacités d'utilisation du traitement "eaux usées" sont nettement inférieures à celles du traitement "eaux de nappe". Cette moindre efficacité dans le traitement "eaux usées" est à associer aux

fortes doses de N, P ou K absorbées (consommation de luxe) : le sudangrass irrigué avec les eaux usées a absorbé des quantités en N, P et K doubles de celles du témoin pour une augmentation de matière sèche peu importante (figure 2). Ainsi l'augmentation de matière sèche observée en présence des eaux usées est inférieure à l'augmentation escomptée si l'efficacité des éléments N, P et K absorbés avait été la même que celle avec les eaux de nappe.

	Eau de nappe	Eau usée traitée
N	83,6	60,2
P	637,8	506,7
K	60,9	50,8

TABEAU 4 : Efficacité d'utilisation de N, P et K par le sorgho fourrager (en g MS produite par la plante entière par g d'élément N, P ou K absorbé).

TABLE 4 : Efficiency of N, P and K use by sudan-grass (g DM produced by whole plant per g N, P or K absorbed).

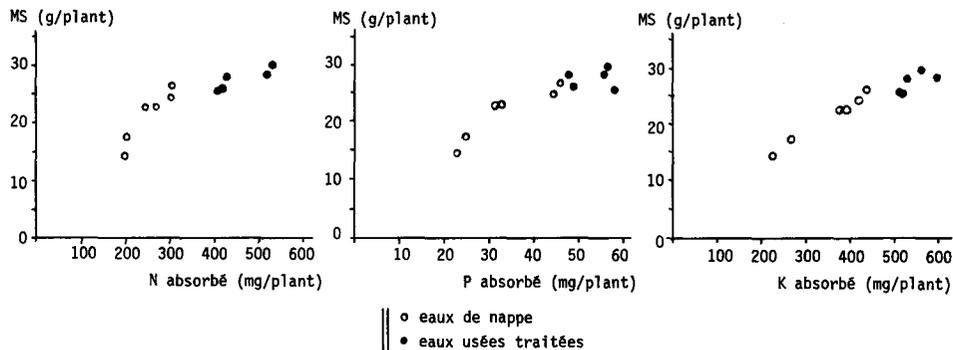


FIGURE 2 : Relation entre matière sèche produite par le sudangrass et quantités de N, P et K absorbés.

FIGURE 2 : Relationships between sudan-grass dry mater and amounts of N, P and K absorbed.

Conclusion

Par rapport à l'eau de nappe prise comme témoin, l'eau usée traitée améliore la croissance et la nutrition en N, P et K du sudangrass. Cependant, il faut noter que les efficacités de l'azote, du phosphore et du potassium absorbés sont inférieures à celles observées en présence d'eaux de nappe.

Dans le but d'économiser l'eau d'une part et les fertilisants d'autre part, l'irrigation avec les eaux usées traitées s'avère sans conséquence néfaste, au moins à court terme ; seul le risque dû à la quantité potentielle d'azote résiduel est à prendre en compte. Toutefois, il convient d'être prudent : les conclusions tirées à partir d'une année de résultats dans des conditions peu favorables pour la culture peuvent ne pas être définitives. Une étude plus approfondie tenant compte des dates de semis, de la conduite de la culture et des caractéristiques physico-chimiques du sol sera entreprise ultérieurement.

Accepté pour publication, le 5 mars 1992

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDERSON W.K. (1985) : "Differences in response of winter cereal varieties to applied nitrogen in the field. II. Some factors associated with differences in response", *Field Crops Res.*, 11, 369-385.
- BAHRI A. (1986) : *Essai d'évaluation de la valeur fertilisante et de la charge polluante des eaux usées traitées et des boues résiduaires*, Séminaire maghrébin sur la réutilisation des eaux usées après traitement en agriculture, Tunis, 23-26 avril, 22 p.
- BOUZAI A., CHERIF B. (1986) : *Effet des eaux usées traitées et des boues résiduaires sur le rendement du sorgho fourrager et du piment*, Séminaire maghrébin sur la réutilisation des eaux usées après traitement en agriculture, Tunis, 23-26 avril, 22 p.
- DAY A.D., MCFADYEN J.A., TUCKER T.C., CLUFF C.B. (1979) : "Commercial production of wheat grain irrigated with municipal waste water and pump water", *J. Environ. Qual.*, 8, 3, 403-406.
- DAY A.D., MCFADYEN J.A., TUCKER T.C., CLUFF C.B. (1981) : "Effects of municipal waste water on the yield and quality of cotton", *J. Environ. Qual.*, 10, 1, 47-49.
- DAY A.D., SWINGLE R.S., TUCKER T.C., CLUFF C.B. (1982) : "Alfalfa hay grown with municipal waste water and pump water", *J. Environ. Qual.*, 11, 1, 23-24.
- GLASS A.D.M., PERLEY J.E. (1980) : "Varietal differences in potassium uptake by barley", *Plant Physiol.*, 65, 160-164.
- PAPADOPOULOS I., STYLIANOU Y. (1986) : *L'expérience chypriote dans le domaine de la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture*, Séminaire Maghrébin sur la réutilisation des eaux usées après traitement en agriculture, Tunis, 23-26 avril, 27 p.
- REJEB S. (1990) : *Effets des eaux usées traitées et des boues résiduaires sur la croissance et la composition chimique de quelques espèces végétales*, thèse 3ème cycle, Faculté des Sciences de Tunis, 165 p.
- RICHARD G.B., BAHMAN S., ROBIN P.C., COOPER R.C., RIRIE D. (1987) : "Reclaimed water for irrigation of vegetables eaten raw", *California Agric.*, july-august, 4-7.

RÉSUMÉ

Afin d'étudier les possibilités de réutilisation des eaux usées traitées en agriculture, une expérimentation (irriguée) en plein champ a été engagée sur 4 ans pour mettre en évidence les effets de ces eaux (d'origine urbaine) sur la croissance et la composition chimique d'un sudangrass. L'irrigation avec des eaux de nappe sert de témoin. Par rapport aux eaux de nappe, l'irrigation par les eaux usées accroît les teneurs en N, P et K du sudangrass ainsi que les exportations de N, P et K. Mais face aux apports d'éléments fertilisants par les eaux usées, les exportations par la culture sont très faibles, créant un risque dû à l'azote résiduel. Le raisonnement en terme d'efficacité de N, P et K absorbés montre que avec les eaux usées, malgré une production de matière sèche supérieure, les efficacités d'utilisation de N, P et K sont moindres, ce qui est à associer aux fortes doses de N, P et K absorbées.

SUMMARY

Irrigation of a sudan-grass field with treated waste water. I- Fertilizing effect

The utilization of treated waste water in irrigation in open field was studied concerning its effect on the chemical composition of sudan-grass ; the use of treated waste water and of water from wells were compared.

The results observed showed a significant increase of N, P and K in plant tissues under treatment with waste water. In addition, the amounts of N, P and K removed by the sudan-grass plants were greater in waste water treatment than in well water treatment ; nevertheless, the residues of the fertilizing elements in the waste water were still present after removal by the crop. The efficiency of N, P and K use was lower in the waste water treatment than in well water treatment ; this should be related to the greater amount of N, P and K absorbed.