

# Valorisation du pouvoir fertilisant des eaux usées en irrigation maraîchère au Burkina Faso

---

M. SOU<sup>1,2</sup>, H. YACOUBA<sup>3</sup> et A. MERMOUD<sup>4</sup>

## Résumé

La présente étude vise à quantifier les éléments fertilisants (N, P et K) contenus dans des eaux usées traitées d'origine domestique et à déterminer leurs influences sur le rendement de différentes cultures maraîchères. Trois types de cultures sont testées : la laitue (*Lactuca sativa*), l'aubergine européenne (*Solanum melongena*) et la carotte (*Dacus carota*). Les parcelles sont disposées selon un modèle split-plot, composé de trois répétitions de blocs randomisés, correspondant à trois traitements principaux : (1) eaux usées traitées, (2) eaux usées traitées + engrais aux doses recommandées et (3) eaux de barrage comme traitement témoin. Au sein de chaque bloc, trois parcelles randomisées de 6 m<sup>2</sup> chacune représentent les traitements secondaires que sont les trois types de cultures. L'ensemble du site expérimental compte 27 parcelles. Les rendements des traitements (1) et (2) sont statistiquement similaires pour chacune des trois cultures testées. D'autre part, les rendements de ces deux premiers traitements sont très nettement supérieurs à ceux du traitement (3) pour les cultures de carotte et d'aubergine. Les résultats montrent également que l'apport d'urée au traitement (2) est superflu pour les trois cultures. Cela atteste de la valeur fertilisante des eaux usées étudiées, dont la teneur en azote a suffi pour répondre aux besoins des cultures testées.

**Mots-clés** : Eaux usées traitées, irrigation, maraîchage, fertilisants, rendements.

## Treated wastewater recycling in crop irrigation: assessment of their fertilizer value

### Abstract

The aim of the present study is to quantify domestic wastewater fertilisers and assess their influence on different crops yield. Three types of crops were tested: lettuce (*Lactuca sativa*), eggplant (*Solanum melongena*) and carrot (*Dacus carota*). The experimental plots were organised according to split-plot design, with three repetitions of randomized blocs, corresponding to three treatments: (1) treated wastewater (2) treated wastewater with synthetic fertilizers at recommended doses and (3) and dam water as reference treatment. Inside each bloc, three small plots of 6 m<sup>2</sup> ones, were randomly disposed and represent the three different crops. The whole experimental plots count 27 small plots. The yields of treatment (1) and (2) are statistically similar for the three crops and those treatments yields are very higher than yields of the reference treatment (3) for carrot and eggplant. The results also show that nitrogen applied in treatment (2) was useless for the three crops tested. It emphasize the fertilizer value of the wastewater studied and highlight that their nitrogen content was enough to overcome the three different crops needs.

**Keywords:** wastewater, irrigation, market-gardening, fertilizer, crop yield.

---

<sup>1</sup> Doctorante 2IE, inscrite à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne - Ecole doctoral EDEN, Suisse.

<sup>2</sup> Auteur pour correspondance : Tel : + 226 70 18 18 82 mariam.sou@epfl.ch, mariam.sou@2ie-edu.org

<sup>3</sup> Enseignant chercheur au 2IE, 01 BP 594, Ouagadougou, 01, Burkina Faso.

<sup>4</sup> Professeur, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH 1015 Suisse.

## Introduction

Selon la révision 2000 des perspectives mondiales des Nations Unies, la ville de Ouagadougou, qui comptait 1,13 millions d'habitants en 2000, passera à 2,55 millions en 2015, soit 13,8 % de la population totale du Burkina Faso (United Nations, 1999). Face à une telle explosion démographique, la problématique de l'assainissement en général, surtout celle de la gestion des eaux usées en particulier, devient une préoccupation majeure qui doit être résolue en parallèle avec l'accessibilité à l'eau potable. Si l'on s'intéresse aux secteurs les plus consommateurs d'eau, plus de 80 % des eaux de surface au Burkina Faso sont utilisées dans le domaine agricole. Il est donc crucial d'envisager dans quelle mesure les eaux usées peuvent servir à réduire la demande en eau de ce secteur. En effet, plusieurs études ont démontré que les eaux usées avaient le double avantage de servir à la fois de source d'eau alternative, disponible toute l'année gratuitement, mais également de source de nutriments indispensables à la croissance des cultures (SHENDE et CHAKRABARTI, 1987 ; XANTHOULIS *et al.*, 2002 ; XANTHOULIS et FONDER, 2003). Il convient également de souligner que l'usage agricole des eaux usées est déjà une pratique courante sur l'ensemble du continent africain, notamment dans les grandes villes de la zone sahélienne où de petites exploitations maraîchères et horticoles se sont considérablement développées pour aboutir au concept d'agriculture urbaine et périurbaine.

La communauté scientifique africaine manifeste un intérêt croissant tant pour la valorisation agronomique (2003) que pour les aspects sanitaires et environnementaux (AMOAHA *et al.*, 2005 ; AMOAHA *et al.*, 2006) relatives à la réutilisation des eaux usées en agriculture. En effet, si l'usage des eaux usées traitées en agriculture constitue une voie privilégiée tant pour économiser de l'eau que pour valoriser des éléments fertilisants, cette pratique peut néanmoins occasionner des maladies, notamment en l'absence d'un minimum de précaution pour garantir la qualité sanitaire des cultures irriguées.

La présente étude vise (i) à évaluer le pouvoir fertilisant des eaux usées traitées par l'étude comparative des rendements de trois cultures maraîchères et (ii) à évaluer l'apport des nutriments contenus dans les eaux usées, en rapport avec les besoins des cultures testées.

## Matériels et méthodes

### Localisation du site expérimental et principe méthodologique

Le site expérimental est situé en aval de la station de traitement des eaux usées de l'Institut international d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE) de Ouagadougou. L'expérimentation consiste à irriguer trois cultures maraîchères différentes selon les trois traitements suivants : (1) eaux usées traitées - EUT -, (2) eaux usées traitées + engrais aux doses recommandées (D'ARONDEL DE HAYES et TRAORÉ, 1990) - EUT + ENG - et (3) eau témoin, - ET - provenant du barrage de Loumbila, situé à 15 km au nord-est de Ouagadougou. Cette eau est utilisée par l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) du Burkina Faso pour l'alimentation en eau potable de la ville de Ouagadougou. La conduite d'aménée de l'ONEA (de Loumbila à Ouagadougou) permet un branchement direct vers le site expérimental. Les eaux usées utilisées pour les traitements (1) et (2) sont issues de la station de lagunage à microphytes du 2IE. Elles sont pompées à la sortie de la station et acheminées vers un réservoir de 3 m<sup>3</sup>, situé à proximité des parcelles.

## Matériel végétal

Trois cultures maraîchères ont été retenues pour cette étude. Il s'agit de la laitue (*Lactuca sativa*), de la carotte (*Dacus carota*) et de l'aubergine européenne (*Solanum melongena*). Les deux premières cultures sont parmi les plus répandues dans les exploitations maraîchères de la ville de Ouagadougou, puisque 96 % à 100 % des maraîchers de Tanghin et de Boulmioughou cultivent la laitue plusieurs mois dans l'année et 30 % à 36 % cultivent la carotte (SANFO, 2005). Les variétés retenues sont : la Blonde de Paris pour la laitue, la Nantaise Tim Tom pour la carotte et la F1 Kalenda pour l'aubergine. Il s'agit également des variétés les plus couramment utilisées dans la région.

## Dispositif expérimental et conditions de culture

Les parcelles expérimentales sont disposées selon le modèle Split-plot où les trois traitements sont considérés comme traitements principaux et les trois cultures, leurs traitements secondaires. Chaque traitement principal fait l'objet de trois répétitions, organisées en blocs randomisés (soit 9 grandes parcelles). Chaque grande parcelle est ensuite subdivisée en trois petites parcelles randomisées de 6 m<sup>2</sup>, correspondant aux trois traitements secondaires ce qui représente au total 27 petites parcelles sous culture.

## Irrigation et entretiens des cultures

Les besoins en eau des cultures sont évalués sur la base de la compensation de l'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>), conformément aux recommandations de la FAO (1986).

Pour protéger les plantes contre les insectes et les maladies, les parcelles ont été traitées avec des produits phytosanitaires dont les agents actifs sont la cyperméthrine, le manèbe, le carbofuran et le diméthoate. Les traitements ont été effectués avant semis pour la carotte et avant le repiquage des plants de laitue et d'aubergine. L'arrosage des cultures a été fait manuellement avec des arrosoirs métalliques de 10 litres, conformément aux usages les plus fréquents sur les sites maraîchers de la ville de Ouagadougou.

## Méthodes d'analyse physico-chimiques

### Analyse initiale du sol

Des échantillons composites, représentatifs de l'ensemble des parcelles expérimentales, ont été prélevés dans les horizons 0-20, 20-40 et 40-60 cm avant culture. Les paramètres mesurés sont : la granulométrie sur les trois horizons et les teneurs en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O et en sodium échangeable sur l'horizon 0-20 cm. Les analyses ont été effectuées au laboratoire du Bureau National des Sols de Ouagadougou (BUNASOL).

### Analyse des eaux d'irrigation

Les eaux d'irrigation ont fait l'objet d'un suivi hebdomadaire pour évaluer le pH, la conductivité et les teneurs en éléments minéraux (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O). L'azote minéral comprend les nitrates (NO<sub>3</sub>) et l'ammonium (NH<sub>4</sub>). Les mesures de pH et de conductivité électrique sont effectuées *in situ* avec un pHmètre/conductimètre de terrain. Le phosphore analysé est la forme minérale (orthophosphates), directement assimilable par les plantes. Les nitrates et les orthophosphates

sont analysés par spectrophotométrie HACH DR 2000 respectivement, selon les méthodes 8039 et 8114. L'ammonium est analysé par acidimétrie après distillation, selon la norme NF T 90-015 d'août 1975. Le potassium est analysé par spectrométrie de flamme JENWAY PFP7.

Une mesure des éléments traces métalliques suivants : cadmium (Cd), zinc (Zn), chrome VI (Cr), cuivre (Cu), bore (B), plomb (Pb), arsenic (As), manganèse (Mn), fer (Fe), nickel (Ni), cobalt (Co) et mercure (Hg) a également été effectuée au laboratoire du Bureau des Mines et de la Géologie du Burkina (BUMIGEB) par ICP-MS.

Les concentrations moyennes en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O des eaux d'irrigation ont été converties en kg ha<sup>-1</sup> d'éléments fertilisant apportés selon la formule suivante :

$$X = [X] V$$

[X] est la concentration en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O en kg m<sup>-3</sup> dans l'eau d'irrigation concernée (eau usée ou eau ) et V, le volume total d'eau d'irrigation en m<sup>3</sup>, apporté par hectare pour un cycle de culture donné.

Un bilan des différents apports en éléments fertilisants (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O) a également été réalisé pour chaque traitement (EUT, EUT + ENG ou ET) et chaque type de culture. Ce bilan prend en compte les différents apports extérieurs (eaux d'irrigation et engrais synthétique) en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O sur l'ensemble du cycle de croissance. La totalité des apports est exprimée en pourcentage par rapport aux besoins de la culture.

### **Méthode de collecte et d'analyse des données**

A la récolte des trois cultures (laitues, carottes et aubergines) deux paramètres ont été mesurés :

- le rendement, en pesant la récolte sur chaque petite parcelle (6 m<sup>2</sup>) et en rapportant le résultat à l'hectare ;
- la biomasse, en prélevant un poids connu de culture considérée, qui est ensuite séchée pendant 48 heures à l'étuve à 105 °C. Cette valeur est utilisée pour déterminer le pourcentage de matériel végétal sec par rapport au poids de la culture à l'état frais.

Le traitement statistique des données de rendement a comporté une analyse de variance à 3 facteurs (EUT, EUT + ENG et ET). La comparaison des moyennes a été effectuée par le test REGWQ du logiciel XLSTAT, avec un intervalle de confiance à 95 %.

## **Résultats**

### **Caractéristiques physico-chimiques du sol**

Les sols sont limoneux entre 0 et 60 cm de profondeur selon la norme de classification des sols de la FAO (1994). Dans l'horizon 0-20 cm, les teneurs en phosphore assimilable et potassium échangeable sont très faibles, respectivement de 3 mg kg<sup>-1</sup> et 0,7 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>. La teneur en azote total est également faible, avec une valeur 0,04 %.

Le pourcentage de sodium échangeable (EPS), 0,86 %, est très nettement inférieur au seuil de 15 %, caractéristique des sols salés.

Il convient de préciser que les sols utilisés n'avaient pas été cultivés durant plusieurs années.

## Qualités physico-chimique et nutritive des eaux d'irrigation

Les eaux usées traitées sont moyennement salées, avec une conductivité électrique moyenne de  $619 \mu\text{S cm}^{-1}$  et un pH moyen de 7,8. Les concentrations en éléments traces métalliques de ces eaux sont inférieures aux normes FAO (2003), relatives aux eaux d'irrigation. Les eaux témoins ont une salinité 10 fois plus faible que celle des eaux usées traitées, avec une conductivité électrique moyenne de  $65 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Leur pH moyen est de 7. Le tableau I résume les teneurs en N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  et  $\text{K}_2\text{O}$  des eaux d'irrigation. Il montre que les eaux usées traitées sont riches en azote minéral et potassium et relativement pauvres en phosphore assimilable. Les eaux témoins de Loumbila sont très pauvres en éléments nutritifs et constituent de fait une référence de choix pour cette étude.

**Tableau I.** Teneur en N, P, K des eaux d'irrigation.

	N ( $\text{mg l}^{-1}$ )		$\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )		$\text{K}_2\text{O}$ ( $\text{mg l}^{-1}$ )	
	Moyenne	Min-Max	Moyenne	Min-Max	Moyenne	Min-Max
Eaux usées traitées	32	20 - 48	13	7 - 24	31	19 - 56
Eaux témoins	3	0,4 - 7,9	0,4	0,1 - 0,7	4	3 - 6,3

Le tableau II résume le bilan des apports en éléments fertilisants, traduit en excédents ou déficits en N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  et  $\text{K}_2\text{O}$ , par rapport aux besoins de la culture.

**Tableau II.** Excédent ou déficit des apports NPK par type de traitement (% des besoins recommandés).

Traitement	Laitue			Carotte			Aubergine		
	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$	N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
EUT	+20	- 68	- 23	+120	- 31	- 17	+ 245	+ 9	+ 157
EUT +ENG	+120	+32	+78	+220	+ 69	+83	+ 345	+ 109	+ 257
ET	- 89	- 99	- 90	- 80	- 98	- 89	- 68	- 98	- 67

Le bilan met en évidence des apports toujours excédentaires en éléments fertilisants, notamment en azote, pour le traitement EUT + ENG. Le traitement EUT est également excédentaire en azote, même sur un cycle de culture relativement court comme celui de la laitue où l'apport des eaux usées dure à peine 5 semaines. Cependant, l'irrigation exclusive avec des eaux usées, sur les cultures de carottes et de laitues, se traduit par des déficits en phosphore et potassium.

Les graphiques de la figure 1 reprennent les bilans en N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  et  $\text{K}_2\text{O}$  de chaque culture (représentés par les points) ainsi que les rendements moyens (en histogramme) des trois répétitions selon le type de traitement. Les graphiques (b) et (c) représentant respectivement les données sur la laitue et la carotte illustrent les déficits en phosphore assimilable et potassium pour les traitements EUT et ET. Il en résulte des rendements inférieurs au rendement du traitement EUT + ENG, où ces deux éléments ne sont pas déficitaires. Le phosphore et le potassium sont donc des facteurs limitants, pouvant expliquer un rendement plus faible sur le traitement EUT par rapport au traitement EUT + ENG de ces deux cultures.

Les besoins en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O des aubergines sont totalement fournis par les apports en eaux usées du traitement EUT (cf. figure 1 (a)). On remarque que le rendement de l'aubergine est plus élevé pour le traitement EUT que pour le traitement EUT + ENG, sans doute grâce à l'apport en continue des trois éléments nutritifs sur un cycle de croissance relativement long.

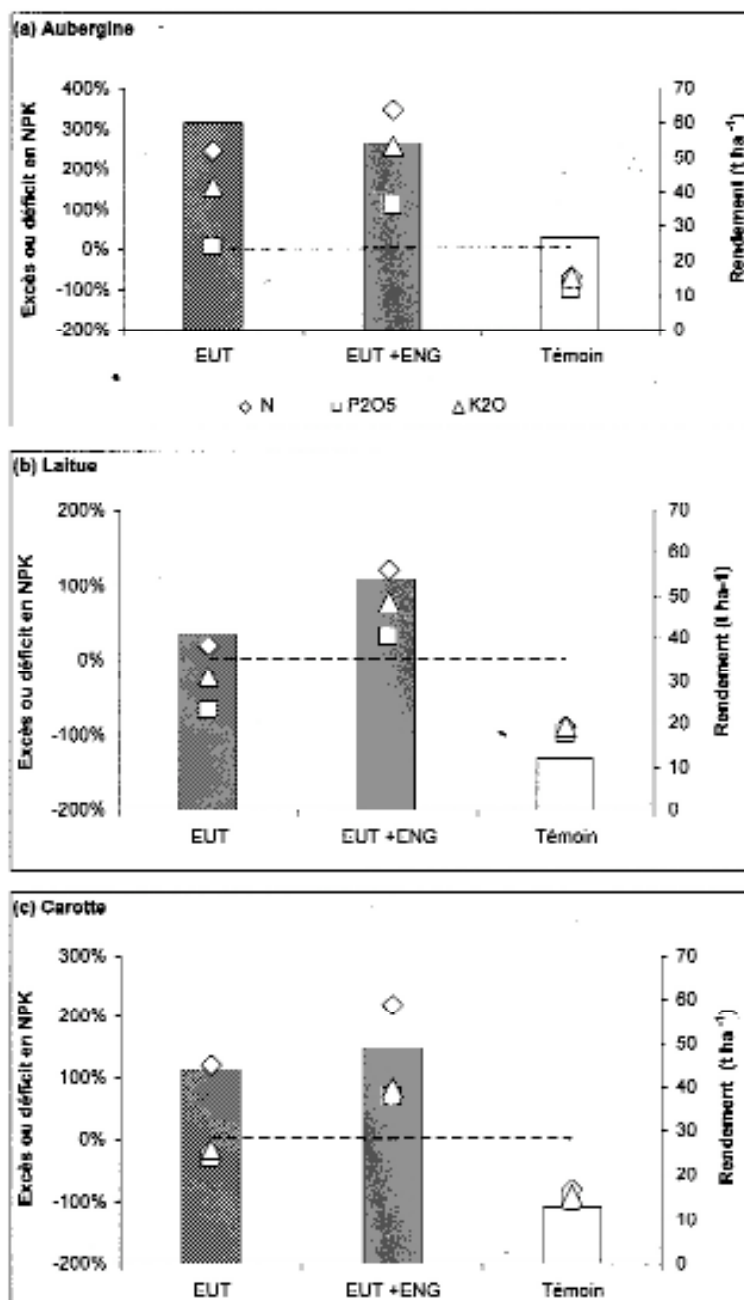


Figure 1. Rendements des cultures et bilan des apports en éléments fertilisants.

Le tableau III reprend les quantités, en t ha<sup>-1</sup>, des éléments fertilisants (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O) apportés par les eaux d'irrigation (eaux usées traitées et eaux témoins) et donne une estimation financière, en équivalent engrais apporté par les eaux usées.

On remarque que les apports en éléments fertilisants, provenant des eaux témoins, sont négligeables par rapport aux besoins des cultures. En revanche, les fertilisants issus des eaux usées traitées sont en quantités importantes et constituent une source totale ou partielle des besoins recommandés, selon le type de culture.

La valeur financière des eaux usées en tant que source de fertilisants minéraux est évaluée à 43 \$ US/1000 m<sup>3</sup>, sur la base du prix des engrais synthétiques à Ouagadougou (indices des prix TTC de 2006).

**Tableau III.** Valeur fertilisante des eaux usées traitées et de l'eau témoin.

	Besoin en NPK			Eaux usées traitées			Eaux de barrage		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Apport total (kg ha <sup>-1</sup> )									
Laitue*	80	120	120	96	39	93	9	1,2	12
Carotte**	70	90	180	154	62	149	14	2	19
Aubergine***	140	180	180	484	197	469	45	6	60
Valeur financière FCFA (U.S Dollars)/1000 m <sup>3</sup>				9600 (19\$)	2600 (5\$)	9300 (19\$)			

\*3000 m<sup>3</sup> d'eau/ha

\*\* 4800 m<sup>3</sup> d'eau/ha

\*\*\* 15125 m<sup>3</sup> d'eau/ha

### Rendements des cultures

Comme cela a été commenté au paragraphe précédent, les histogrammes de la figure 1 représentent les rendements moyens des cultures, selon les trois traitements testés. Sur l'ensemble des cultures, les rendements des traitements EUT + ENG et EUT sont comparables et très nettement supérieurs à ceux du traitement ET.

Le test de comparaison des rendements moyens de la laitue, présenté dans le tableau IV, indique une différence non significative entre les trois traitements. Ce résultat, *a priori* surprenant, notamment en ce qui concerne le rendement du traitement ET, peut se justifier par la grande variabilité des rendements à l'échelle parcellaire sur l'ensemble des trois traitements, avec un effet sol non contrôlé (cf. figure 2, (a)).

**Tableau IV.** Comparaison des rendements moyens sur la laitue.

Traitement	Moyenne t ha <sup>-1</sup>
EUT + ENG	55 <sup>a</sup>
EUT	41 <sup>a</sup>
ET	12 <sup>a</sup>

Les valeurs d'une même colonne dont les lettres sont identiques ne diffèrent pas significativement (P < 0.05).

On remarque sur la figure 2 (a) des similarités de rendement d'un traitement à un autre qui ne concordent par avec les traitements appliqués aux différentes parcelles (A1L - EUT et C3L -EUT, comparable à B3L - EUT + ENG ou alors B2L - EUT comparable à A2L-EUT + ENG et C1L EUT + ENG). Ceci pourrait expliquer l'absence de différences significatives entre les traitements mise en évidence au tableau IV. Cette hypothèse est confortée par les résultats d'une seconde campagne (figure 2 (b)) effectuée 4 mois plus tard, dans les mêmes conditions expérimentales (LAKTÉ, 2006). En effet, bien que les rendements soient tous inférieurs à ceux de la première campagne, les valeurs relatives d'un traitement à l'autre gardent les mêmes proportions et reproduisent les mêmes variabilités.

Les indications figurant au dessus des histogrammes représentent les noms des petites parcelles de culture.

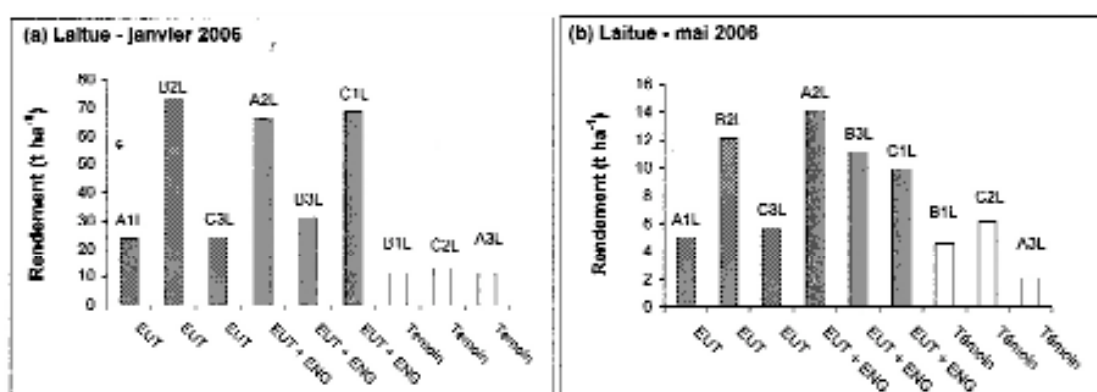


Figure 2. Rendements de laitue par parcelles, sur deux campagnes de mesures successives.

La comparaison des rendements moyens de carottes et d'aubergines (cf. tableaux V et VI) indique une différence significative entre le traitement ET et les traitements EUT et EUT + ENG. Le résultat le plus encourageant demeure cependant la différence non significative entre les traitements EUT et EUT + ENG. Ce résultat démontre que l'azote minéral contenu dans les eaux usées suffit à obtenir des rendements comparables à ceux obtenus avec un apport d'engrais azoté aux doses complètes, cela malgré des apports limités ou insuffisants en phosphore et potassium.

Tableau V. Comparaison des rendements moyens sur la carotte.

Traitement	Moyenne t ha <sup>-1</sup>
EUT + ENG	49 <sup>a</sup>
EUT	44 <sup>a</sup>
ET	12,5 <sup>b</sup>

Les rendements d'une même colonne, dont les lettres diffèrent, sont statistiquement différents (P < 0.05).



**Tableau VI.** Comparaison des rendements moyens sur les fruits d'aubergine.

Traitement	Moyenne t ha <sup>-1</sup>
EUT + ENG	60 <sup>a</sup>
EUT	54 <sup>a</sup>
ET	27 <sup>b</sup>

Les rendements d'une même colonne, dont les lettres diffèrent, sont statistiquement différents ( $P < 0.05$ ).

Les résultats démontrent également, dans le cas spécifique de ces variétés de carotte et d'aubergine, que l'apport d'engrais synthétiques est superflu sur le plan agronomique et excessif sur le plan environnemental. Les excès, notamment en nitrates, sont susceptibles d'être lessivés vers la nappe phréatique.

### Production de biomasse sèche

La biomasse sèche des fruits d'aubergine est de 10, 10,5 et 9 % de la biomasse fraîche, respectivement pour les traitements EUT, EUT + ENG et ET. Elle est de 12, 13 et 16 % pour les racines de carottes et de 6, 5 et 10 % pour les feuilles de laitues. Ces résultats révèlent que le pourcentage de biomasse sèche du traitement ET est comparable, voire nettement supérieur (pour la laitue et la carotte) à ceux des traitements EUT et EUT + ENG.

Les graphiques de la figure 3 reprennent les rendements des cultures, en présentant en deux fractions séparées, la matière sèche d'une part et l'eau contenue dans les cultures d'autre part.

Ces graphiques suggèrent que l'irrigation avec les eaux usées entraîne une baisse de production de la biomasse sèche, notamment sur les cultures racinaires (carotte) et les légumes feuillus (laitue). Les importants rendements totaux, observés sur les traitements EUT et EUT + ENG par rapport au traitement ET, sont surtout le fait de teneurs en eau très élevées. Ainsi, la laitue irriguée avec les eaux usées, produit en moyenne deux fois moins de biomasse sèche que lorsqu'elle est irriguée avec l'eau témoin.

### Discussion

Les eaux usées traitées de la présente étude répondent à la typologie des eaux usées domestiques généralement rencontrées dans la littérature. Elles s'apparentent ainsi, en termes de valeurs fertilisantes, aux eaux usées de la station de traitement de Nabeul en Tunisie qui présentent des valeurs en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O respectivement de 38,4, 3,4 et 53,8 mg l<sup>-1</sup> (XANTHOULIS *et al.*, 2002).

Les résultats de rendements montrent que trois types de cultures différentes (laitues, carottes et aubergines), irriguées avec des eaux usées, produisent 2 à 4 fois plus, en terme de rendement global, que lorsqu'elles sont irriguées avec des eaux de barrage.

Des études similaires ont été menées à proximité du site expérimental de la présente étude par YACOUBA *et al.* (2003), avec une culture d'aubergine. Les rendements ont également été supérieurs pour le traitement EUT avec des productions de 45,8 t ha<sup>-1</sup> d'aubergines récoltées, contre 21,7 t ha<sup>-1</sup> pour le traitement ET. La variété d'aubergine, les propriétés des eaux usées et de l'eau témoin et la nature du sol étaient identiques dans les deux études.

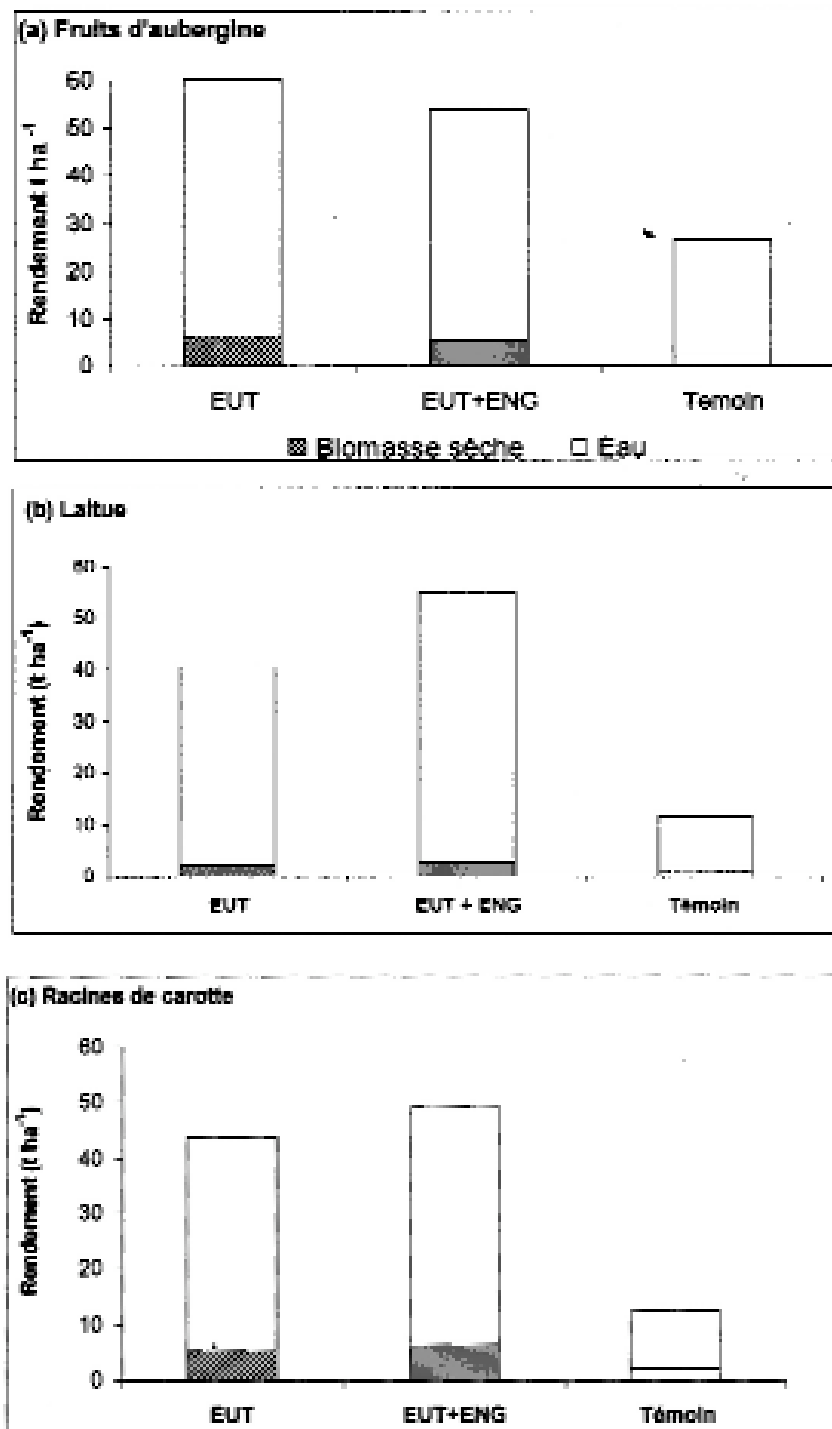


Figure 3. Rendement en biomasse sèche et teneur en eau (en t ha<sup>-1</sup>) des cultures pour les trois traitements.

Une autre étude, menée par Al-NAKSHABANDI *et al.* (1997) sur des cultures d'aubergines irriguées avec des eaux usées traitées en Jordanie a abouti à des rendements quasi similaires à ceux obtenus dans la présente étude, à savoir 56,3 t ha<sup>-1</sup> de fruits d'aubergine irrigués avec les eaux usées, contre 28,5 t ha<sup>-1</sup> pour le traitement témoin (eau conventionnelle + engrais). La variété d'aubergine utilisée n'est pas indiquée par les auteurs, mais ils précisent que les importants rendements obtenus avec les eaux usées traitées s'expliquent par deux facteurs : des sols jamais cultivés auparavant et des teneurs élevées en minéraux fertilisants dans les eaux usées, ce qui est également le cas dans cette étude.

Les résultats de GAYE et NIANG (2002) sur les rendements de laitues irriguées avec les eaux usées traitées de Dakar, font état de valeurs plus faibles, à savoir 26,40 t ha<sup>-1</sup> pour le traitement « eaux épurées sans engrais », 25,92 t ha<sup>-1</sup> pour le traitement « eaux épurées avec engrais » et 27,36 t ha<sup>-1</sup> pour le traitement « eaux de ville avec engrais ». La variété de laitue utilisée pour ces essais diffère de celle utilisée dans notre étude et le précédent cultural du sol n'est pas précisé par les auteurs. Ces derniers indiquent néanmoins une différence non significative des rendements obtenus sur les trois types de traitements, ce qui leur a également permis de mettre en évidence la valeur fertilisante des eaux usées, qu'ils estiment concurrencer le traitement témoin, « eaux de ville + engrais ». Leurs résultats concordent avec ceux trouvés sur les trois cultures de la présente étude.

La valeur financière des eaux usées testées dans cette étude a également été évoquée. Son estimation en équivalent engrais est de 43\$ US/1000 m<sup>3</sup> d'eaux usées. Cela représente une réelle valeur ajoutée et une économie substantielle pour les maraîchers de la ville de Ouagadougou. C'est une estimation comparable à celle trouvée en Inde, 75 \$ US (Al-NAKSHABANDI *et al.*, 1997), si l'on interprète ces valeurs proportionnellement aux PIB par habitant des deux pays (252,1 \$US au Burkina Faso, contre 588,4 \$US en Inde (Banque mondiale, 2005)).

La présente étude a toutefois mis en évidence une réduction du pourcentage de matière sèche sur les cultures irriguées avec les eaux usées vs l'eau témoin, traduisant ainsi des teneurs en eau relativement importantes. De telles teneurs en eau pourraient avoir des conséquences négatives sur la fermeté et la durée de conservation des cultures. SZOGI *et al.* (2000) et XANTHOULIS *et al.* (2003) ont trouvé des résultats similaires sur le haricot et l'aubergine. Ils ont attribué cette baisse de production en matière sèche à la teneur excessive en azote, notamment l'azote ammoniacal contenu dans les eaux usées. Il a également été démontré que l'usage exclusif des eaux usées comme eau d'irrigation entraîne à moyen terme une baisse de rendement (DA FONSECA *et al.*, 2007). Les solutions préconisées dans les études citées sont, d'une part, l'utilisation combinée des eaux usées avec des eaux conventionnelles, pauvres en éléments nutritifs, pour réduire les apports azotés et, d'autre part, l'ajout de compléments minéraux phosphatés et potassiques, sous forme d'engrais, pour garantir une fertilisation suffisante sur le long terme.

## Conclusion

L'évaluation du pouvoir fertilisant des eaux usées traitées, établie à partir du bilan des apports en NPK, a permis de mettre en évidence une quantité notable d'azote apportée par ces eaux. Sur trois cultures testées (laitues, carottes et aubergines), l'azote minérale fournit par les eaux usées suffisait, voire excédait les besoins des cultures, rendant superflu tout apport supplémentaire d'engrais azoté. Toutefois, le bilan a également montré que l'irrigation exclusive avec les eaux

usées traitées aurait dû être complétée par un amendement en engrais phosphaté et potassique, afin d'assurer les besoins totaux des laitues et des carottes en ces deux éléments.

L'étude des rendements a montré des différences non significatives entre les traitements EUT et EUT + ENG sur les trois cultures. Sur les cultures de carottes et d'aubergine, un écart significatif de rendement est apparu entre les traitements EUT et EUT + ENG et le traitement ET. Ces résultats illustrent le pouvoir fertilisant des eaux usées traitées sur différents types de cultures maraîchères et concordent avec des études similaires effectuées dans des contextes géographiques et climatiques différents.

La richesse en azote ammoniacal des eaux usées traitées s'est néanmoins avérée contre-productive sur la biomasse sèche, notamment pour les cultures racinaires (carottes) et les légumes feuillus (laitues). L'excès d'ammonium semble augmenter la teneur en eau des ces légumes, au dépend de la production de biomasse, ce qui est susceptible d'influer à terme leur qualité et leur durée de conservation.

L'ensemble de ces résultats mettent en évidence la nécessité d'avoir des données précises sur les besoins en NPK des cultures irriguées et sur l'historique des sols, afin d'accompagner l'irrigation par une gestion efficace des fertilisants apportés par les eaux usées. Ceci passe, d'une part, par une réduction des apports azotés, en diluant les eaux usées avec des eaux conventionnelles, pauvres en azote et, d'autre part, si nécessaire, par un complément d'engrais phosphoré et potassique pour pallier d'éventuels déficits.

## Références bibliographiques

**AL-NAKSHABANDI G. A., SAQQAR M. M., SHATANAWI M. R., FAYYAD M. et AL-HORANI H., 1997.** Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. *Agricultural Water Management*, 34, 81-94.

**AMOAH P., DRECHSEL P. et ABAIDOO R. C., 2005.** Irrigated urban vegetable production in Ghana: sources of pathogen contamination and health risk elimination. *Irrigation and Drainage*, 54(S1), S49-S61.

**AMOAH P., DRECHSEL P., ABAIDOO R. C. et NTOW W. J., 2006.** Pesticide and pathogen contamination of vegetables in Ghana's urban markets. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 50, 1-6.

**BANQUE MONDIALE, 2005.** PIB par Habitant (US. \$), Vol. 2008, Perspective- Université de Sherbrooke., <http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/stats/0/2005/fr/2/carte/NY.GDP.PCAP.KD/x.html>

**D'ARONDEL DE HAYES J. et TRAORÉ G., 1990.** Cultures maraîchères en zone soudano-sahélienne, recueil de fiches techniques. CIRAD-IRAT et CNRST-INERA Ouagadougou, Burkina Faso. 79 p.

**DA FONSECA A. F., HERPIN U., DE PAULA A. M., VICTORIA R. L. et MELFI A. J., 2007.** Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. *Scientia Agricola*, 64(2), 194-209.

**FAO, 1994.** Directive pour la description des sols. 3<sup>e</sup> édition (révisée), Rome. 75 p.

**FAO, 2003.** L'irrigation avec des eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. 50 p.

**FAO, 1986.** Les besoins en eau des cultures. 198 p.

**GAYE M. et NIANG S., 2002.** Epuration des eaux usées et agriculture urbaine. Enda dakar, Dakar. 130 p.

**LAKTÉ A., 2006.** Etude du pouvoir fertilisant des eaux usées traitées en cultures maraîchères. Groupe des Ecoles EIER ETSHER, Ouagadougou, Mémoire de fin d'étude d'ingénieur de l'équipement rural. 166 p.

**SANFO L., 2005.** Typologie des productions maraîchères dans les grands centres urbains : cas de la ville de Ouagadougou. Centre de recherches environnementales, agricoles et de formation de Kamboinsé, Ouagadougou, Burkina Faso Rapport de stage. 20 p.

**SHENDE G. B. et CHAKRABARTI C., 1987.** Optimum utilization of municipal wastewaters as a source of fertilizer. *Resource and Conservation*, 13, 281-290.

**SZOGI A. A., HUNT P. G. et HUMENIK F. J., 2000.** Treatment of swine wastewater using a saturated-soil-culture soybean and flooded rice system. *Transactions of the Asae*, 43(2), 327-335.

**XANTHOULIS D. et FONDER N., 2003.** Optimisation de la fertilisation azotée de cultures légumières sous irrigation avec des eaux usées. In *Réutilisation des eaux usées traitées et des sous-produits de l'épuration : Optimisation, valorisation et durabilité*. Tunis. 24 - 25 Septembre 2003.

**XANTHOULIS D., REJEB S., KHELIL F., CHAABOUNI Z., FRANKINET M. et DESTAIN J., 2002.** Optimisation de la reutilisation des eaux usées traitées en irrigation. Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Belgique/Tunisie Rapport de synthèse. 60 p.

**YACOUBA H., AKPONIKPE P. B. I., WIMA K. et MERMOUD A., 2003.** Impact de la réutilisation des eaux usées épurées par le lagunage à macrophytes flottants sur la culture d'aubergine. (*Solanum Melongena*). *Annales de l'Université de Ouagadougou - série C -*, 001, 86-105.