



L'essentiel de l'information
scientifique et médicale

www.jle.com

Le sommaire de ce numéro

http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/sommaire.md?type=text.html



Montrouge, le 07/12/2009

M.S. Laouali

Vous trouverez ci-après le tiré à part de votre article en format électronique (pdf) :

Valorisation des eaux usées épurées pour la production du bois-énergie et du fourrage au Niger

paru dans

Sécheresse, 2009, Volume 20, Numéro 4

John Libbey Eurotext

Ce tiré à part numérique vous est délivré pour votre propre usage et ne peut être transmis à des tiers qu'à des fins de recherches personnelles ou scientifiques. En aucun cas, il ne doit faire l'objet d'une distribution ou d'une utilisation promotionnelle, commerciale ou publicitaire.

Tous droits de reproduction, d'adaptation, de traduction et de diffusion réservés pour tous pays.

© John Libbey Eurotext, 2009

Valorisation des eaux usées épurées pour la production du bois-énergie et du fourrage au Niger

Mahamane Sani Laouali¹
 Sanoussi Atta²
 Harouna Abdoulaye¹
 Zoubeyrou Alzouma¹
 Germaine Ibro³
 Dahiratou Marafa^{1,4}
 Mamane Saadou¹

¹ Université Abdou Moumouni
 Faculté des sciences
 Département de chimie
 10662 Niamey
 Niger
 <sanicrobi@yahoo.fr>
 <mayao67@yahoo.fr>
 <alzoumazoub@yahoo.fr>
 <saadou_mahamane@yahoo.fr>
² AGHRYMET
 Centre régional AGRHYMET
 BP 11011
 Niamey
 Niger
 <atta13@yahoo.fr>
³ Inran
 BP 429
 Niamey
 Niger
 <gibro@yahoo.fr>
⁴ École normale supérieure
 BP 10963
 Niamey
 Niger
 <dahiratou@yahoo.fr>

Résumé

Une station d'épuration d'une capacité de 60 m³/jour a été construite sur le site expérimental de la faculté des sciences de l'université de Niamey, dans le but de traiter et valoriser les eaux usées de la cité des étudiants, pour la production forestière et fourragère. La technique d'épuration utilisée est le lagunage naturel suivi d'une filtration par lit de gravier. Les analyses effectuées sur les différents échantillons indiquent que les eaux épurées sont exemptes de métaux lourds. Elles ont une concentration moyenne de 32 mg/L en matières en suspension, 45 mg/L en azote ammoniacal et 7,2 mg/L en orthophosphates. Un abattement moyen de 4,5 unités logarithmes a été obtenu sur les germes de contamination fécale. Nous avons déterminé, au bout de 32 mois d'essais, les rendements en bois-énergie et en fourrage de trois espèces forestières irriguées par ces eaux usées épurées. Il s'agit d'*Acacia angustissima*, d'*Acacia crassicaarpa* et de *Gliricidia sepium*. La première coupe, réalisée après 2 ans de croissance, a permis d'obtenir des rendements en fourrage de 1 655 kg de matière sèche (MS)/ha pour *G. sepium*, 2 630 kg MS/ha pour *A. angustissima*, et 9 200 kg MS/ha pour *A. crassicaarpa* et des rendements en bois, respectivement de 48 stères, 76 stères et 80 stères. La seconde coupe, réalisée trois mois après la première, a permis d'obtenir des rendements en fourrage de 1 015 kg MS/ha pour *A. angustissima*, 2 455 kg MS/ha pour *G. sepium* et 2 950 kg MS pour *A. crassicaarpa* et des rendements en bois respectivement de 8,92 stères, 12,94 stères et 6,96 stères.

Mots clés : bois-énergie, eau usée, fourrage.

Abstract

Optimising the use of purified wastewaters to irrigate fast-growing forest species for fuelwood and fodder production in Niger

A wastewater station with a capacity of 60 m³ per day was built at the experimental site of the Faculty of Sciences, University of Niamey, in order to treat and optimise wastewater from the student city to produce fuelwood and fodder. The wastewater was purified using the naturally aerated lagoon system followed by filtration through a bed of gravel. The results indicated that purified wastewaters were free of heavy metals. Furthermore, they had a mean concentration of 32 mg/L of suspended matter, 45 mg/L of ammoniacal nitrogen and 7.2 of orthophosphates. In addition an abatement of 4.5 log units for fecal coliforms was recorded. We studied fuelwood and fodder yields for three forest species (*Acacia angustissima*, *Acacia crassicaarpa* and *Gliricidia sepium*) irrigated with the wastewaters. Yields were measure after a two-year period and then three months after the first pruning. After the 2-year growth, fodder yields were approximately 1,655 kg of dry matter/ha, 2,630 kg/ha, and 9,200 kg/ha and corresponding fuelwood yields of 48 steres, 76 steres and 80 steres for *G. sepium*, *A. angustissima* and *A. crassicaarpa*, respectively. The second pruning was carried out three months after the first and produced

Tirés à part : M.S. Laouali

1,015 kg of dry matter/ha, 2,455 kg/ha and 2,950 kg/ha for *A. angustissima*, *G. sepium* and *A. crassicaarpa* with 8.92 steres, 12.94 steres and 6.96 steres respectively in terms of fuelwood.

Key words: fuelwood, fodder, wastewater.

Au Niger, le bois-énergie constitue plus de 90 % de la consommation énergétique des ménages [1]. Le niveau de consommation en bois est particulièrement élevé dans les villes où l'accélération du processus d'urbanisation a engendré une surexploitation des ressources forestières. C'est ainsi que la consommation en bois-énergie de la ville de Niamey, qui avait une population de 750 000 habitants en 2001, était estimée à environ 200 000 tonnes [2]. L'approvisionnement en bois-énergie et en bois d'œuvre, qui se limitait dans les années 1960 à la collecte individuelle du bois mort à proximité des habitations, nécessite actuellement des parcours de plusieurs dizaines de kilomètres en zones rurales et de plus de 100 kilomètres en zones urbaines [3]. Face à cette pression constante sur les écosystèmes de plus en plus fragilisés, il est unanimement reconnu et accepté que le devenir des forêts nigériennes est conditionné par les capacités techniques, matérielles et humaines de l'État à susciter, organiser et animer leur gestion durable par les populations locales et les collectivités territoriales. C'est ainsi que de nombreuses solutions sont envisagées à travers une approche intégrée afin de réduire l'abattage des arbres, freiner l'avancée du désert et régénérer les ressources forestières. C'est dans ce cadre que la valorisation des eaux usées pour l'irrigation des essences forestières peut constituer une proposition intéressante pour un pays comme le Niger. En effet, l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation des espèces forestières à croissance rapide permettra de produire du bois de chauffe et/ou du fourrage à tout moment et en divers endroits avec par ailleurs une économie substantielle d'eau pour ce pays sahélien où la pluviosité est très aléatoire. Ce qui contribuera à préserver de façon durable le potentiel ligneux du pays au profit des générations futures.

Plusieurs études menées par des chercheurs de différents pays, ont montré que l'irrigation à l'aide des eaux usées améliore de façon significative la croissance de la biomasse ligneuse. Le gain en croissance des plantes arrosées avec les eaux usées peut, dans certains cas, dépasser de deux à trois fois celui des plantes ayant reçu les eaux naturelles [4]. Cependant l'utilisation des eaux usées, même épurées, présente toujours un certain nombre de risques pour les hommes et pour l'environnement. Pour

assurer une sécurité totale, un certain nombre de précautions doivent être prises, dont, entre autres :

- un choix judicieux d'une technique d'épuration des eaux usées ;
- une sélection de techniques d'arrosage convenables ;
- une utilisation d'espèces végétales appropriées.

L'objectif de cette expérimentation est d'étudier les avantages de l'utilisation des eaux épurées pour la production du bois de chauffe et du fourrage au Sahel à partir d'une technique efficace d'épuration, une méthode fiable d'arrosage et des espèces végétales à croissance rapide. Nous présentons les résultats obtenus après 32 mois d'expérimentation étalés de mars 2005 à octobre 2007.

Matériel et méthode

L'essai a été réalisé sur le site expérimental de la faculté des sciences de l'université Abdou Moumouni de Niamey. Les eaux usées utilisées proviennent de la résidence des étudiants ; il s'agit donc d'eaux usées essentiellement domestiques.

Traitement des eaux usées

Les eaux usées ont été épurées par la technique du lagunage naturel suivie d'une filtration par lit de gravier. C'est une technique qui a fait ses preuves au Niger et qui a permis de réduire jusqu'à 99 % les germes de contamination fécale contenus dans les eaux usées [5]. En outre, elle permet de produire des eaux épurées, très riches en éléments fertilisants susceptibles d'accélérer la croissance des plantes. L'épuration des eaux usées est assurée par une station composée de trois bassins :

- un décanteur-digester primaire en forme de trapèze, d'une profondeur de 3 m pour 10 m de long et 5 m de large. Les parois du bassin forment une pente de 45° par rapport à la verticale ; ce qui permet une bonne répartition des effluents dans le bassin et limite les zones mortes ;
- un bassin facultatif avec des parois verticales, d'une profondeur de 1 m pour 7 m de long et 4 m de large ;
- un bassin tertiaire en forme de trapèze, de 3 m de profondeur pour 30 m de long et 10 m de large. La surface du plan d'eau est d'environ 250 m². Les parois de ce

bassin forment un angle de 45° par rapport à la verticale. Le bassin est rempli au 2/3 de gravier sur une hauteur de 2 m. Une lame d'eau de 50 cm en moyenne est toujours maintenue au-dessus du gravier.

La station d'épuration est alimentée à raison de 60 m³ d'eaux usées par jour.

Matériel végétal

Il est composé de trois espèces de légumineuses tropicales à croissance rapide, choisies pour leur aptitude à la production du bois et du fourrage. Il s'agit d'*Acacia angustissima*, d'*Acacia crassicaarpa* et de *Gliricidia sepium*. Les semences de ces trois espèces proviennent de la société *AgroForester Tropical Seeds*¹.

Les espèces ont d'abord crû en pépinière avant d'être plantées.

• Mise en place de la pépinière

Les semences des trois espèces d'arbres ont été désinfectées à l'alcool à 90°, puis rincées à l'eau stérilisée. Elles ont ensuite séjourné dans l'acide sulfurique concentré pendant respectivement 5 minutes (*G. sepium*) et 30 minutes (*A. angustissima* et *A. crassicaarpa*) avant d'être rincées à l'eau distillée. Puis 100 graines par espèce ont été mises en germination sur support buvard dans des boîtes de Pétri contenant de l'eau distillée, à raison de 10 graines par boîte. La germination est intervenue au bout de 2 jours pour l'ensemble des espèces. Les jeunes plants ont ensuite été transférés dans des pots noirs en plastique de 2 litres, le 30 mars 2005, puis arrosées avec de l'eau usée épurée. La dose d'irrigation était de 2 litres/pot/jour fractionnés le matin et l'après-midi.

Le sol de la pépinière était constitué de sable tamisé provenant du site expérimental de la faculté des sciences mélangé au fumier dans les proportions de 10/1. Ce sol a ensuite été réparti dans les pots disposés sur des palettes en bois afin d'être isolés du sol (figure 1).

• Mise en place de la plantation

Après deux mois de croissance en pépinière, les arbres ont été plantés sur le site expérimental de la faculté des sciences, le 25 mai 2005. Pour chaque espèce d'arbres, 4 rangées de 4 arbres ont été plantées. La densité de plantation était de

¹ P.O Box 428, Holualoa, H196725 États-Unis.



Figure 1. Pépinière sur le site expérimental.

Tableau 1. Caractéristiques des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

Paramètres mesurés	Eaux usées brutes	Eaux usées épurées
Demande biochimique en oxygène (DBO5 : mg/L)	378	75
Demande chimique en oxygène (DCO : mg/L)	768	108
Matières en suspension (MES : mg/L)	426	32
Azote Kjeldhal (NTK : mg/L)	104	64
Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺ : mg/L)	68	45
Orthophosphates (PO ₄ ³⁻ : mg/L)	8,6	7,2
Nitrates (NO ₃ ⁻ : mg/L)	1,4	2,6
Nitrite (NO ₂ ⁻ : mg/L)	0,3	1,08
Calcium (Ca ²⁺ : mg/L)	65	48
Magnésium (Mg ²⁺ : mg/L)	28	13
Sodium (Na ⁺ : mg/L)	114	86
Potassium (K ⁺ : mg/L)	32	24
Cr (Cr : mg/L)	< 0,008	< 0,008
Cadmium (Cd ²⁺ : mg/L)	< 0,02	< 0,002
Coliformes totaux (UFC/100 mL)	6,8.10 ⁷	1,3.10 ³
PH	7,62	8,02

UFC : unités formant colonie.

1 mètre entre les lignes et de 2 mètres entre les arbres sur la même ligne, soit 50 000 arbres à l'hectare.

L'alimentation en eau de la plantation a été réalisée avec des eaux usées épurées à travers un système d'irrigation de type goutte à goutte. Ce système offre l'avantage d'une irrigation localisée et limite les contacts avec les hommes. Les orifices du tuyau d'irrigation sont régulièrement espacés de 20 centimètres. Les eaux usées

épurées sont aspirées par une pompe commandée par une électrovanne puis envoyées dans une rampe principale. Les tuyaux goutte à goutte sont disposés le long des lignes d'arbres perpendiculairement à la rampe. La dose d'irrigation était de 6 litres d'eau/arbre/jour pendant toute la durée de l'expérimentation. Cependant, cette dose a été doublée pendant la période de mars à avril correspondant aux fortes chaleurs.

Méthodes d'étude

- Prélèvement et analyse des eaux usées
Les résultats sur les paramètres physico-chimiques des eaux usées, proviennent des analyses effectuées sur des prélèvements réalisés une fois toutes les deux semaines à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration. Concernant les paramètres microbiologiques, les prélèvements sont réalisés une fois tous les deux mois. Toutes les analyses sont faites selon les spécifications de la norme française Afnor [6]. Les prélèvements sont réalisés de façon instantanée dans des flacons en plastique et conservés au frais jusqu'au moment des analyses. Le *tableau 1* donne les caractéristiques des eaux à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration.

- Mesures de la croissance et de la production des arbres

Après plantation, des mesures mensuelles du diamètre et de la hauteur de chaque arbre ont été réalisées pendant une année, de juin 2005 à mai 2006.

Dans le but de déterminer la production du bois et du fourrage des différentes espèces plantées, les arbres ont été coupés à 0,5 mètre au-dessus du sol, le 11 juillet 2007. Après un temps de séchage de 14 jours au soleil, la matière sèche des feuilles et du bois de chaque arbre a été déterminée. Le volume du bois en stères (mètres cubes) a aussi été estimé sur la base de l'équivalence 1 stère = 250 kg. Une seconde coupe est intervenue 3 mois après la première, afin de mesurer la capacité de régénération en bois et en fourrage des trois espèces d'arbres.

Résultats et discussion

Fonctionnement et performances du système de traitement des eaux usées

- Élimination des matières en suspension (MES)

De l'entrée à la sortie des effluents, 92,5 % des MES ont été éliminés, ce qui est bien au-delà des valeurs fixées par les directives européennes 91/271/CEE relatives au traitement des eaux usées urbaines². La concentration moyenne en MES des eaux épurées est de 32 mg/L. L'eau est très limpide et ne présente aucun risque de colmatage pour le système d'irrigation et du sol.

Une part très importante des matières en suspension est éliminée dans le premier bassin, avec en moyenne 42 % d'abattement.

² Normes européennes : www.eurpa.eu.int/water/water-urbanwaste/index_en.html

Ce bassin est caractérisé par une formation de croûte à la surface, d'où la nécessité de le racler périodiquement. Ce phénomène indique que le bassin joue bien son rôle de décanteur-digester où la matière organique en suspension est éliminée au fond du bassin par précipitation. Une partie de cette matière organique est décomposée par voie anaérobie. Le gaz ainsi produit entraîne en surface une partie de la matière décantée. Des résultats analogues ont été observés par Charbonnel [7].

Le bassin de filtration est constitué d'une lame d'eau d'environ 50 centimètres au-dessus d'un lit de gravier de 2 mètres d'épaisseur. Des lentilles d'eau se sont naturellement développées sur environ la moitié de la surface, ce qui a pour effet de limiter la prolifération du phytoplancton, source principale de colmatage de ce type de système.

- Élimination de la demande chimique en oxygène (DCO) et de la demande biochimique en oxygène (DBO5)

Le tableau 1 indique 86 % d'abattement moyen sur la DCO et 80 % sur la DBO5. Or les directives européennes fixent les normes à 75 % de réduction minimum de la DCO, ce qui montre que le système est performant pour l'élimination de la matière organique malgré la forte charge appliquée à l'entrée.

- Élimination de l'azote et du phosphore

Contrairement à la pollution organique, l'abattement sur les composés azotés et phosphorés est relativement faible : 34 % sur l'azote ammoniacal et seulement 16 % sur les orthophosphates, valeurs qui se situent en dessous des normes fixées par les directives européennes. Lorsque les effluents sont rejetés dans les cours d'eau, la réduction de l'azote et du phosphore est d'une importance capitale pour éviter le phénomène d'eutrophisation. Mais dans notre cas, où les effluents sont destinés à l'irrigation, la présence de l'azote ammoniacal et du phosphore constitue une source importante d'engrais, directement utilisable par les plantes. Notre système peut donc être un bon exemple de configuration de station d'épuration des eaux usées destinées à être utilisées pour l'irrigation des plantes.

- Abattement des germes de contamination fécale

L'abattement en coliformes fécaux est en moyenne de 4,5 unités logarithmes. Ce résultat est intermédiaire entre celui obtenu par Koné à Ouagadougou au Burkina Faso [8] et Niang à Dakar au Sénégal [9]. Les eaux épurées à la sortie de notre système sont caractérisées par une valeur moyenne en coliformes fécaux de

$1,3 \cdot 10^3$ pour 100 mL. Ces résultats répondent bien aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui préconisent la valeur de $2 \cdot 10^3$ pour l'irrigation restrictive.

Bien que les eaux épurées n'aient pas été utilisées pour l'arrosage des plantes destinées à l'alimentation humaine, nous avons tenu à effectuer un contrôle de métaux lourds (chrome et cadmium). Le tableau 1 montre que nos effluents en sont exempts.

Croissance et production des espèces

- Croissance en diamètre et en hauteur

Les figures 2 et 3 montrent l'évolution mensuelle de la croissance respectivement en diamètre et en hauteur des trois espèces d'arbres au cours d'une année. Les résultats indiquent des différences significatives

au niveau de la croissance en diamètre des trois espèces. C'est ainsi qu'au cours des quatre premiers mois de mesure, la plus forte croissance en diamètre a été enregistrée chez *Gliricidia sepium* : environ 6 mm en septembre (figure 2). Les deux autres espèces ont une croissance en diamètre identique, mais nettement plus faible, de l'ordre de 4 mm. À partir du mois d'octobre, il n'existe pas de différences significatives du diamètre des arbres de *Gliricidia sepium* et de ceux de *A. crassicaarpa* qui varie de 7 mm en octobre à 22 mm en février. Le diamètre des arbres de *A. angustissima* subit une croissance plus faible pendant cette période : de 5 à 14,6 mm. À partir du mois de mars, *A. crassicaarpa* enregistre la plus forte croissance en diamètre et *Gliricidia*, la plus faible. *A. angustissima* est intermédiaire. Au bout de 12 mois de croissance,

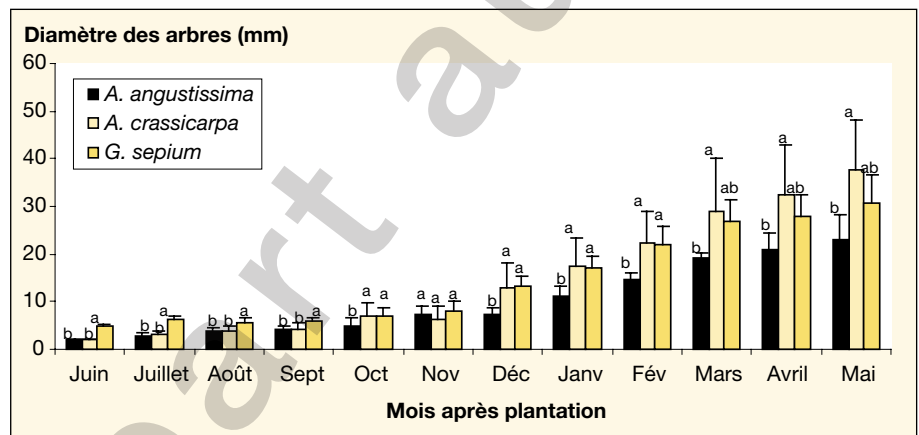


Figure 2. Évolution mensuelle de la croissance en diamètre de trois espèces d'arbres de juin 2005 à mai 2006.

Pour un mois donné, les moyennes suivies des mêmes lettres (a et/ou b) ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

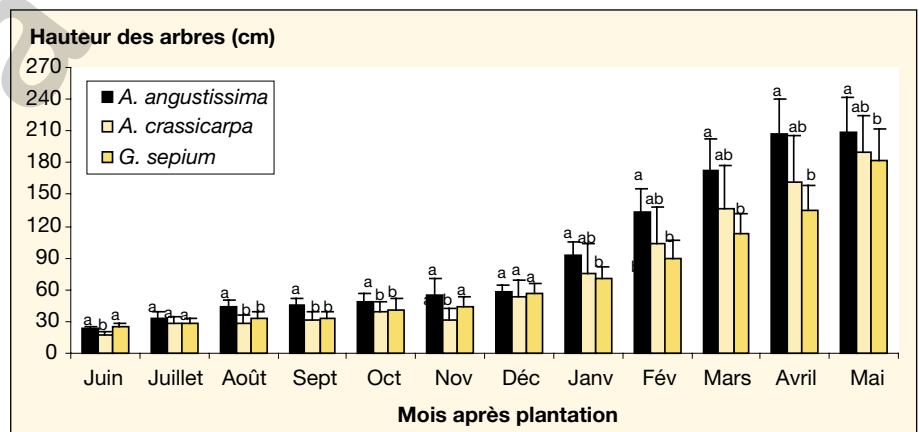


Figure 3. Évolution mensuelle de la croissance en hauteur de trois espèces d'arbres de juin 2005 à mai 2006.

Pour un mois donné, les moyennes suivies des mêmes lettres (a et/ou b) ne sont pas statistiquement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

le diamètre moyen au collet des arbres était respectivement de 37,61, 22,94 et 30,75 mm.

Des différences importantes existent également entre les trois espèces au niveau de la croissance en hauteur des arbres (figure 3). Cependant cette croissance s'effectue différemment par rapport à ce qui a été précédemment observé pour le diamètre. C'est ainsi que les arbres de *A. angustissima* qui ont le plus petit diamètre pendant toute la période de mesure sont en revanche de plus haute taille. Leur hauteur est passée de 23,7 à 209 centimètres en une année. Les arbres de *Gliricidia sepium* sont de plus petite taille, avec une hauteur qui a varié de 25,23 à 182,4 centimètres. Ceux de *A. crassicaarpa*, qui ont le plus fort diamètre, ont cependant une hauteur intermédiaire. L'augmentation de la hauteur des arbres est particulièrement importante à partir du septième mois pour l'ensemble des trois espèces étudiées (figure 4). C'est ainsi qu'on a

observé un triplement de cette hauteur au cours des cinq derniers mois de l'année (figure 3).

• Production en fourrage et en bois

Au bout de 2 ans de croissance, les arbres ont été coupés à une hauteur de 0,5 mètre au-dessus du sol afin de déterminer leur production en bois et fourrage. Le tableau 2 donne les rendements obtenus après la coupe. Les résultats indiquent des différences significatives de rendement aussi bien en fourrage qu'en bois entre les trois espèces. *Acacia crassicaarpa* a produit le rendement en fourrage le plus élevé, 9 200 kg de matière sèche (MS)/ha. Le plus faible rendement (1 655 kg de MS/ha) a été enregistré chez *G. sepium*. Quant à *Acacia angustissima*, il a un rendement intermédiaire de 2 630 kg de MS/ha. La quantité de bois produite par les trois espèces d'arbres semble être liée à celle du fourrage. C'est ainsi que *A. crassicaarpa* et *A. angustissima*

qui ont produit les meilleurs rendements en fourrage ont également donné les rendements en bois les plus élevés, respectivement 19 900 kg/ha et 18 900 kg/ha. Estimées en volume, ces quantités correspondent respectivement à 80 stères/ha et 76 stères/ha. *Gliricidia sepium* a produit le plus faible rendement en bois, 12 100 kg/ha, soit 48 stères/ha.

Trois mois après cette coupe, une seconde coupe a été réalisée afin de mesurer la capacité de régénération en bois et en fourrage des trois espèces. Les résultats montrent que les quantités produites, qui varient suivant les espèces, sont très importantes (tableau 2). C'est ainsi que le meilleur rendement en fourrage (2 950 kg de MS/ha) a été obtenu chez *A. crassicaarpa*, et le plus faible (1 015 kg de MS/ha) chez *A. angustissima*. Avec un rendement de 2 455 kg de MS/ha, *Gliricidia sepium* occupe une position intermédiaire. Des variations existent également entre espèces pour le rendement en bois. En effet, ce rendement varie pratiquement du simple (1 740 kg/ha correspondant à 6,96 stères/ha pour *A. crassicaarpa*) au double (3 235 kg/ha correspondant à 12,94 stères/ha pour *G. sepium*). *Acacia angustissima* a enregistré un rendement en bois intermédiaire de 2 230 kg/ha (8,92 stères/ha). On observe que pour *A. crassicaarpa*, il n'y a pas de correspondance entre la quantité de fourrage produite (2 950 kg de MS/ha) et celle de bois (6,96 stères/ha). En effet, l'arbre a réagi à la première coupe en émettant une touffe de petites branches portant de nombreuses feuilles, contribuant ainsi à une production importante de fourrage.

Conclusion

Dans le contexte actuel du Niger, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des plantes destinées à la production du bois d'énergie et du fourrage constitue une bonne opportunité. En effet, le Niger est caractérisé par des sécheresses récurrentes un taux d'accroissement de la population très élevé, avec pour conséquence une pression accrue sur les ressources forestières afin de satisfaire les besoins



Figure 4. *Acacia angustissima* en pleine croissance.

Tableau 2. Rendement en fourrage et en bois des trois espèces de légumineuses après deux coupes successives.

Espèces	Coupe 1 : après 2 ans de plantation		Coupe 2 : réalisée 3 mois après coupe 1	
	MS fourrages (kg/ha)	MS bois (kg/ha) [stères/ha]	MS fourrages (kg/ha)	MS bois (kg/ha) [stères/ha]
<i>A. angustissima</i>	2 630	18 900 [76]	1 015	2 230 [8, 92]
<i>A. crassicaarpa</i>	9 200	19 900 [80]	2 950	1 740 [6, 96]
<i>G. sepium</i>	1 655	12 100 [48]	2 455	3 235 [12, 94]

MS : matière sèche.

énergétiques des ménages. Les eaux usées produites dans nos grandes villes constituent à n'en point douter une ressource intéressante aussi bien dans l'atténuation du déficit hydrique que dans l'apport en éléments nutritifs directement assimilables par les plantes. Mais la réutilisation de ces eaux usées doit être effectuée nécessairement avec des effluents dont la qualité physico-chimique et microbiologique est en adéquation avec l'usage. Le procédé d'épuration que nous avons utilisé constitue une alternative efficace pour le traitement des eaux usées destinées à l'irrigation dans les pays du Sahel. Il permet d'obtenir des effluents dont les qualités répondent aux normes exigées pour cet usage, minimisant ainsi les risques sanitaires.

Les trois espèces que nous avons testées aux cours de notre expérience, à savoir *A. angustissima*, *A. crassicaarpa* et *G. sepium*, ont bien répondu à l'arrosage par les eaux traitées. Elles ont permis une production très significative de bois et du fourrage. Mais nous avons remarqué qu'en termes de rendement, la production du bois n'est pas liée à celle du fourrage.

La première coupe peut intervenir un an après la plantation et les autres coupes à des intervalles de deux à trois mois.

Remerciements

Nous remercions la CEE pour le financement de cette étude dans le cadre du projet INCO-DC, UBENEFIT (ICA4-CT-2002-10017). ■

Références

1. Alio H. *État des lieux de la stratégie énergie domestique au Niger*. Document de consultation. SI : PREDAS-CILSS, 2004.
2. Seybou Y. *Diagnostic du secteur bois-énergie. Étude sur la stratégie nationale des énergies domestiques*. Document de consultation. SI : Cima International, 2005.
3. Laouali EM. *Le bois-énergie au Niger : connaissances actuelles et tendances*. www.fao.org/DOCREP/004/X6798F/X6798F00.HTM

4. Laouali G, Delisle CE, Vincent G. Étude préliminaire de la réutilisation des eaux usées pour l'arrosage des pépinières au Niger. *Sécheresse* 1995 ; 6 : 201-5.

5. Laouali MS, Idder T, Seidel M, Kouliadiati J, Legma JB. Épuration des eaux usées urbaines par lagunages à microphytes et à macrophytes en région tropicale : la station expérimentale de Niamey-Niger. *Tribune de l'eau* 2005 ; 58 : 23-8.

6. Afnor. *Eaux : méthodes d'essais ; recueil de normes françaises*. Paris : Afnor, 1990.

7. Charbonnel Y. *Manuel de lagunage à macrophytes en régions tropicales*. Paris : ACCT, 1989.

8. Koné D, Cissé G, Seigneur C, Holliger C. Le lagunage à laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) à Ouagaougou : une alternative pour l'épuration des eaux usées destinées à l'irrigation. *Cah Agric* 2002 ; 11 : 39-43.

9. Niang S, Diop BS, Mbéguéré Mb, Radoux M. Épuration des eaux usées urbaines par des techniques extensives en région sahélienne : la station expérimentale de Cambérenne. *Vecteur Environnement* 1996 ; 28 : 31-6.