

Traitement des eaux usées par lagunage : Evaluation de la production et du pouvoir épurateur du bourgou (*Echinochloa stagnina*)

A. M. Moustapha⁹, A. Sanoussi¹⁰, L. M. Sani¹¹ et Y. Alfazazi⁹

Résumé

La ville de Niamey est confrontée depuis plus d'une décennie à un problème de gestion des eaux usées domestiques et industrielles. Plusieurs projets pilotes de gestion des eaux usées ont été initiés, puis abandonnés compte tenu de la complexité du dispositif d'épuration. L'adoption des systèmes d'épuration à faible coût et facile à mettre en œuvre s'avère plus que nécessaire. Cette étude s'inscrit dans ce cadre et vise d'une part à épurer les eaux usées par une technique simple basée sur un filtre de gravier planté de bourgou, et d'autre part à déterminer le rendement, la composition chimique et la valeur fourragère du bourgou en fonction de la filière d'épuration des eaux usées. Le bourgou (*Echinochloa stagnina*) est une graminée aquatique appréciée par les animaux. Les essais ont été conduits sur le site expérimental de la station d'épuration de la Faculté des Sciences de l'Université Abdou Moumouni de Niamey. Les eaux usées utilisées pour ces expérimentations proviennent de la cité universitaire des étudiants. Les résultats obtenus après un suivi de deux mois et demi de croissance du bourgou dans deux filières distinctes de traitement des eaux usées montrent que la croissance du bourgou dépend non seulement de l'apport des éléments nutritifs donc de la nature des eaux usées, mais aussi de l'oxygénation des plantes. Les différentes analyses ont permis également de déterminer la composition chimique du bourgou en fonction de la filière d'épuration des eaux usées. Les résultats de cette étude constituent une avancée dans les techniques de traitement des eaux usées dans les pays pauvres.

Mots clés : Eaux usées, filière, bourgou, jacinthe, anaérobie, Niger

Wastewater stabilization ponds: Evaluation of production and the purifying capacity of bourgou (*Echinochloa stagnina*)

Abstract

The town of Niamey is confronted since more than one decade with a problem of management of domestic and industrial wastewater. Several pilot projects of management of wastewater were initiated, then abandoned taking into account the complexity of the device of purification. The adoption of the systems of purification at low cost and easy to implement proves more than necessary. This study take place in this frame and aims on the one hand at purifying the wastewater by a simple technique based on a planted gravel filter of bourgou, and on the other hand to determine the yield, the chemical composition and the fodder value of the bourgou according to the series of wastewater treatment. The bourgou (*Echinochloa stagnina*) is an aquatic graminaceous appetite by the domestic animals which one finds in a wild state along the Niger River. The tests were carried out on the pilot-scale wastewater treatment station of the Faculty of Science of the University Abdou Moumouni of Niamey. The wastewater for these experiments comes from the student campus. The results obtained after a follow-up two months and half of growth of the bourgou in two dies distinct from water treatment worn show that the growth of the bourgou depends not only on the contribution of the nutritive elements thus of the nature of waste water, but also of the oxygenation of the plants. The various analyses also made it possible to determine the chemical composition of the bourgou according to the path of purification of waste water.

Key words: Used water, series, bourgou, hyacinth, anaerobe, Niger

⁹ Dr MOUSTAPHA Adamou Mahaman, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP 10.960, Niamey, Tél. : (+227) 96884232, E-mail : moustapha_a@yahoo.com, adamou@refer.ne, République du Niger

Ir. Younouss Alfazazi, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP 10.960, Niamey, Tél. : (+227) 20 31 52 37, E-mail : ayounouss@yahoo.fr, République du Niger

¹⁰ Dr Atta Sanoussi, Centre Régional AGRHYMET, BP 11.011, Niamey, Tél. : (+227) 96994280, E-mail : atta13@yahoo.com, République du Niger

¹¹ Dr Laouali Mahaman Sani, Faculté des Sciences, Université Abdou Moumouni, BP 10.662, Niamey, Tél. : (+227) 96995041, E-mail : sanicrobi@yahoo.fr, République du Niger

INTRODUCTION

A l'échelle mondiale, les eaux usées sont la principale source de pollution terrestre. Les déversements d'eaux usées provenant des pays en développement sont en augmentation du fait de l'urbanisation rapide, de l'accroissement de la population et du manque de mesures d'aménagement et de financement de système d'évacuation des eaux usées et d'usines de traitement de l'eau (PNUE-GEO, 2002). A l'image des grandes villes africaines, la ville de Niamey, capitale du Niger, est confrontée à cette forte croissance démographique qui s'est accélérée depuis les années 1980. Cet accroissement rapide de la population, conjugué à une implantation croissante des unités industrielles le long du fleuve Niger ont affecté l'environnement de la ville et surtout suscité des interrogations sur les conséquences futures de la pollution sur la santé de la population (Adamou, 2010). En effet, les eaux usées domestiques et industrielles sont rejetées sans traitement adéquat dans le fleuve Niger, qui constitue la principale source d'approvisionnement de la ville de Niamey en eau potable et pour les cultures maraîchères.

Les résultats des études menées par le Projet de Réhabilitation des Infrastructures Urbaines (PRIU) en 1999 et l'Agence Japonaise de la Coopération Internationale (JICA) en 2001, sont très illustratifs du phénomène de pollution du fleuve Niger à Niamey. En effet, parmi les 14 établissements objets de l'étude du PRIU, aucun ne respecte les normes nationales ou internationales de rejet des eaux usées. Les valeurs de la demande biologique en oxygène (DBO) mesurées étaient de 1 à 125 fois supérieures aux valeurs nationales admises et celles de la demande chimique en oxygène (DCO) de 1 à 1.200 fois. La plupart des techniques d'épuration des eaux usées (boues activées, lits bactériens, bio disques, réacteur anaérobie à flux ascendant, etc.) utilisées aujourd'hui, bien qu'efficaces en termes de rendements épuratoires (Vuillet et Boutin, 1987 ; Seidel, 1976), sont coûteuses à mettre en œuvre. En effet, ces méthodes sont gourmandes en matériel électromécanique, en énergie fossile et en personnel qualifié : leur pérennité n'est donc pas assurée dans les pays en développement.

La ville de Niamey compte deux (2) stations expérimentales de traitement des eaux usées. La station d'épuration USAB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) de Gountou Yéna qui a démarré ses activités en 2001, est en arrêt de fonctionnement depuis juin 2005. Quant à la station de traitement de «JYOKASO» installée dans l'école primaire de Bandabari, elle est en fonctionnement ralenti. Une des techniques les plus simples et appliquées depuis plusieurs décennies dans les pays en voie de développement est le lagunage naturel à l'aide des plantes aquatiques (Amadou *et al.*, 2006 ; Niang *et al.*, 1996). En effet, la présence de plantes dans les eaux usées permet d'améliorer de manière générale l'élimination des polluants (Tanner, 2001 ; Akrotos et Tshrintzis, 2007 ; De Feo, 2007 ; Brisson et Chazarenc 2009 ; Stefanakis et Tshrintzis, 2012) et ceci semble une voie intéressante à explorer pour optimiser l'efficacité du système de traitement des eaux usées et des boues de vidange. Plante endogène et aquatique présente dans les eaux usées, le bourgou (*Echinocloa stagnina*) est un fourrage riche en nutriments appréciée par les animaux (Sharshar et Haroon, 2009).

Sur le plan pratique, cette technique présente de nombreux avantages qui la rendent facilement applicable dans un pays en voie de développement comme le Niger. Il s'agit d'un procédé rustique qui, à l'opposé des techniques classiques, ne nécessite aucun appareillage sophistiqué. L'apport d'énergie nécessaire au déroulement du processus épuratoire est assuré par le rayonnement solaire. L'oxygène est fourni principalement par l'activité photosynthétique des algues. Ses avantages peuvent être multiples car en plus de l'épuration des eaux, ce procédé offre la possibilité de valoriser les divers sous produits de l'épuration. Par conséquent, le recours à cette technique de lagunage dans ce travail vise à déterminer le pouvoir épurateur et la productivité du bourgou sur les effluents domestiques.

MATERIELS ET METHODES

SITE D'ETUDE

L'étude a été réalisée à la station pilote d'épuration des eaux usées de la Faculté des Sciences de l'Université Abdou Moumouni de Niamey au Niger. Cette station traite les eaux résiduelles provenant du campus universitaire située sur la rive droite du fleuve Niger. Elle est composée de 4 bacs et 18 bassins dont une fosse anaérobie et 17 bassins coniques de forme identique recouverts d'une bâche en géo-membrane, résistante aux rayons UV.

Le climat de la ville de Niamey est de type sahélien, caractérisé par une saison des pluies qui s'étale de juin à septembre et une saison sèche d'octobre à mai. Le cumul pluviométrique en 2008 a été de 473 mm, les mois de juillet et août étant les plus pluvieux (Figure 1). Les températures maximales les plus élevées ont été observées en avril et mai (autour de 40 °C) et plus faibles au mois d'août (33 °C).

Quant aux températures minimales, elles ont été faibles en décembre, janvier et février, période durant laquelle l'amplitude thermique journalière peut atteindre 18 °C (Figure 2).

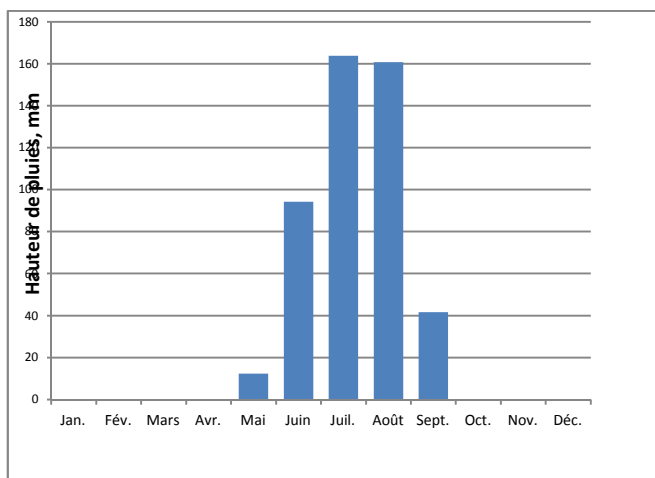


Figure 1. Pluviométrie à Niamey en 2008

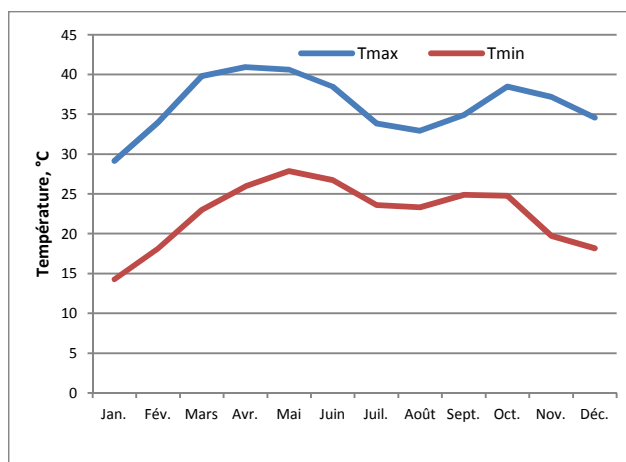


Figure 2. Températures minimales et maximales à Niamey en 2008

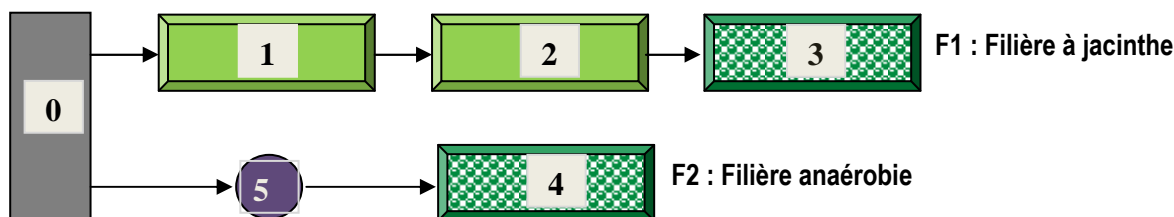
Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué par l'espèce *Echinochloa stagnina* (Bourgou), qui est une graminée à rhizome rampant. Le bourgou est une plante hydrophile qui se développe dans les zones semi-arides de type sahélien. Il est réputé comme le meilleur pâturage naturel de part sa productivité élevée et de sa valeur fourragère qui lui offre une grande appétence (Séguin, 1986 ; Soltner, 1990). Les boutures de bourgou utilisées dans le cadre de cette étude ont été fournies par la station expérimentale de l'Institut des Radio-Isotopes de l'Université Abdou Moumouni. Elles ont une longueur de 15 cm environ et portent au moins un nœud.

Méthodes

Dispositif expérimental

Les essais ont été réalisés avec les eaux usées domestiques provenant de la cité universitaire de l'Université Abdou Moumouni. Le dispositif expérimental était en split plot avec deux filières de traitement (Figure 3) : Filière 1 (Filière à Jacinthe) : l'épuration a été assurée par deux (2) bassins contenant de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) suivis du bassin à bourgou ; Filière 2 (Filière anaérobie) : composée d'un bassin anaérobie et du bassin à bourgou. Dans chaque bassin, 48 boutures de bourgou ont été repiquées à une densité de 40 cm x 40 cm.



Légende : 0 : Cuve d'homogénéisation des eaux usées provenant de la cité universitaire ; 1 et 2 : Bassins plantés de jacinthe d'eau ; 3 et 4 : Bassins à filtre plantés de bourgou ; 5 : Fosse anaérobie

Figure 3. Schéma des filières d'épuration des eaux usées

Le bourgou de la filière anaérobie (bassin 4) a été alimenté par les eaux usées provenant de la fosse anaérobie (fosse 5) et celui de la filière à jacinthe (bassin 3) a reçu les eaux ayant transité par deux bassins contenant la jacinthe d'eau (bassin 1 et 2). Les bassins ont été alimentés deux (2) fois par semaine de manière à maintenir une lame d'eau constante d'environ 10 cm dans les bassins plantés en bourgou. Au cours de l'expérimentation, les lemna ont été enlevés au fur et à mesure de leur apparition dans les bassins afin d'éliminer leur influence dans le cycle de reproduction du bourgou. En effet, la couche formée à la surface de l'eau empêche les échanges d'oxygène entre l'eau du bassin et l'atmosphère, ce qui peut entraîner un ralentissement de la croissance des plants de bourgou.

Paramètres et méthodes de mesure

Concentration en ions minéraux des eaux usées

Des mesures hebdomadaires de la concentration en ions minéraux ont été effectuées sur des prélèvements ponctuels réalisés à l'entrée et à la sortie de chaque bassin planté de bourgou. Ces prélèvements ont été réalisés dans des flacons en PVC entre 7 h et 8 h le matin et conservés à une température de 4 °C. Les analyses ont été effectuées dans les 12 h qui suivent les prélèvements. Les paramètres analysés et les méthodes utilisées ont été présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Méthode de détermination des ions minéraux

Paramètres	Méthode de détermination
Ions NH ₄ ⁺	AFNOR NF T 90-015, 1986
Ions PO ₄ ³⁻	AFNOR NF T 90-033, 1986
Ions NO ₂ ⁻	AFNOR NF T 90-013, 1986
Azote (NTK)	Méthode de Kjeldahl, 2001 donnez

Paramètres de croissance du bourgou et analyses statistiques des données collectées

Les paramètres dendrométriques (hauteurs et diamètres) ont été mesurés une fois par semaine sur un échantillon de 30 pieds de bourgou dans chaque bassin. La mesure de la hauteur a été réalisée avec une règle et a porté sur toute la longueur de la plante y compris la partie submergée. Le diamètre a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse. La mesure est effectuée au dessus du premier nœud à la surface de l'eau. L'expérience a démarré le 03 août 2008, avec le repiquage des boutures du bourgou dans les deux bassins des deux filières. Deux coupes ont été réalisées, le 20 septembre et le 08 novembre. Le faucardage a eu lieu au bout de 48 jours à l'aide d'un ciseau. La coupe a été effectuée au dessus du premier nœud à la surface de l'eau. Le bourgou faucardé a été conditionné en sacs et apporté au laboratoire où il a été procédé au pesage de la matière fraîche. La matière sèche a été ensuite évaluée après séchage puis dessiccation à 105 °C pendant une nuit. Les statistiques descriptives des variables ions et des valeurs dendrométriques ont été faites avec le tableur Excel 2003.

RESULTATS

Evolution des ions ammoniums (NH₄⁺), des nitrites NO₂ et des sels nutritifs dans les différents bassins

La concentration en ions NH₄⁺ a augmenté dans la filière anaérobie par rapport à celle dans la filière à jacinthe où cette dernière a assimilé une partie de ces éléments minéraux. Dans les deux filières (Figures 4 et 5), la concentration des ions ammoniums à la sortie des filières a été inférieure à celle de l'entrée, ce qui témoigne de l'assimilation de ces ions par le bourgou.

Les figures 6 et 7 donnent pour les deux filières d'épuration, l'évolution des orthophosphates de l'effluent à l'entrée et à la sortie des bassins à bourgou. La concentration des effluents de la filière à jacinthe en orthophosphates a diminué par rapport à la filière anaérobie. C'est la preuve que la jacinthe a consommé une partie des sels au cours du transit des effluents. Les fluctuations observées sont dû au temps de séjour dans les bassins à jacinthe car plus le temps de séjour est long plus la jacinthe assimile une quantité importante. Les taux d'élimination des orthophosphates a été de 80,5% en moyenne. Dans la filière anaérobie, les concentrations en orthophosphates à l'entrée du bassin à bourgou ont varié entre 1,1 mg/litre et 1,8 mg/litre. A la sortie du bassin, ces concentrations vont de 0,81 mg/litre à 0,13 mg/litre, soit un taux moyen d'élimination de 43,3%.

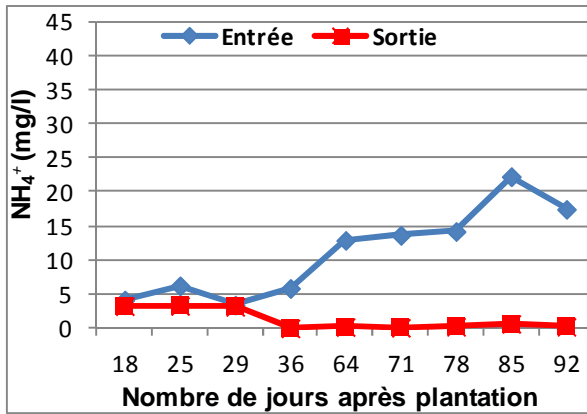


Figure 4. Evolution de NH₄ dans la filière à jacinthe

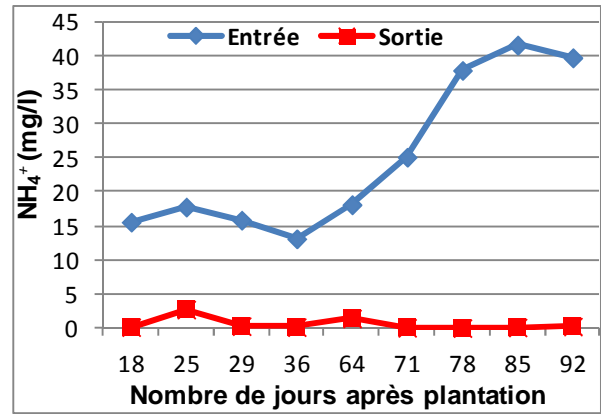


Figure 5. Evolution de NH₄ dans la filière anaérobique

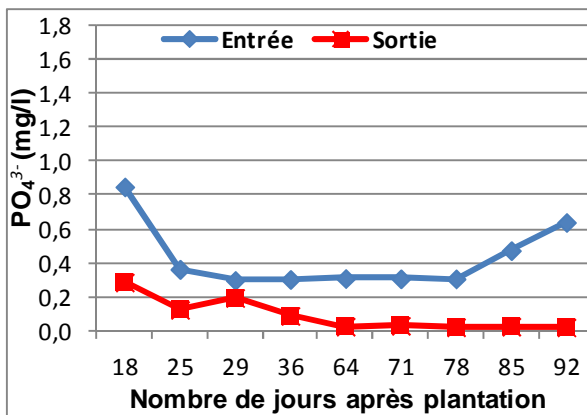


Figure 6. Evolution de PO₄ dans la filière à jacinthe

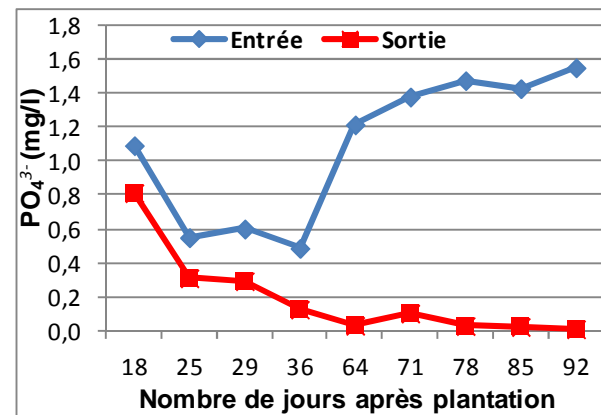


Figure 7. Evolution de PO₄ dans la filière anaérobique

Les concentrations des nitrites à l'entrée et à la sortie des filières sont représentées par les figures 8 et 9. Les bassins qui précèdent ceux plantés de bourgou (bassin anaérobique pour la filière anaérobique et bassins plantés de jacinthe pour la filière à jacinthe) ont joué le rôle de tampon. En effet, quelque soit le bassin considéré, les concentrations en nitrites sont situées entre 0,01 et 0,06 mg/litre alors que des concentrations entre 0,1 et 0,33 mg/litre ont été enregistré au niveau des effluents bruts. L'assimilation des nitrites a été extrêmement faible du fait de l'absence d'oxygène en quantité suffisante.

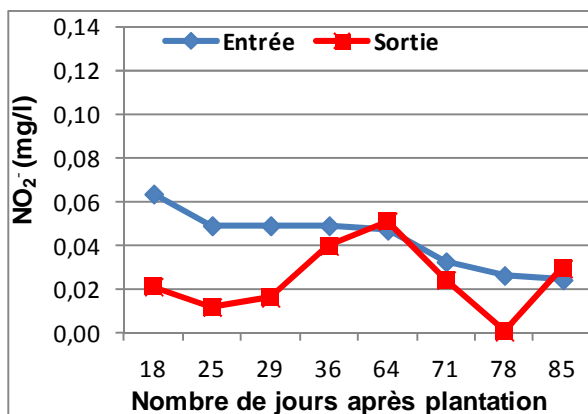


Figure 8. Evolution de NO₂ dans la Filière à jacinthe

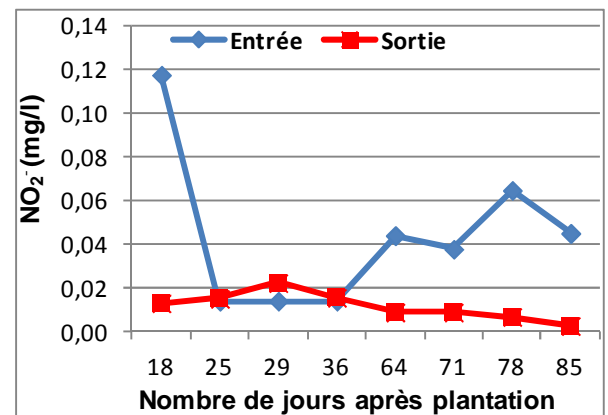


Figure 9. Evolution de NO₂ dans la Filière anaérobique

Les quantités d'eau apportées dans les bassins à bourgou ont été respectivement de 4,166 m³ et 9,716 m³ pour la filière anaérobique et celle à jacinthe. Le tableau 2 donne l'apport des eaux usées en sels rapporté à l'hectare. La concentration des sels minéraux apportés a été plus élevée dans le bassin à bourgou de la filière anaérobique que celui de la filière à jacinthe. Cela s'explique par le fait que

le bassin à bourgou de la filière anaérobie 4 a reçu l'eau des bassins contenant la jacinthe d'eau, donc une partie des sels minéraux a été assimilée par la jacinthe d'eau. La quantité des sels minéraux apportés dans la filière anaérobie a été supérieure à celle à jacinthe. Ceci est dû au fait que la quantité d'eau apportée dans la filière à jacinthe a été plus importante compte tenu du développement plus rapide du bourgou de la filière anaérobie entraînant une forte évapotranspiration.

Tableau 2. La quantité des sels minéraux apportés dans les bassins

Filières	Paramètres		
	NH ₄	PO ₄	NO ₂
Jacinthe	20,14 mg/litre	1,54 mg/litre	0,04 mg/litre
Anaérobie	40,59 mg/litre	3,52 mg/litre	0,06 mg/litre

Evolution des paramètres dendrométriques et du rendement dans les filières

L'évaluation de la productivité du bourgou (Photos 1 et 2) a été réalisée à travers le suivi des paramètres ci-après : le taux de reprise des boutures ; la croissance de la plante ; la quantité de matière fraîche ; le poids de matière sèche.



Photo 1. Reprise du bourgou dans les bassins



Photo 2. Bourgou en pleine croissance

Taux de reprise, évolution de la hauteur, évolution du diamètre et nombre de bourgeons du bourgou

Cinq (5) jours après le repiquage, le taux de reprise des boutures a été de 100% aussi bien dans les bassins que dans les deux filières de traitement. La figure 10 a montré la croissance du bourgou en hauteur. Les courbes étaient rectilignes et identiques au niveau des deux filières et uniformes sur les deux coupes comme suit : du repiquage à la première coupe : la croissance en longueur a été relativement rapide avec une hauteur de $157,1 \pm 18$ cm pour la filière anaérobie et $139,33 \pm 24,22$ cm pour la filière à jacinthe ; après la première coupe, la reprise du bourgou a été plus rapide dans la filière anaérobie $162,13 \pm 27,6$ cm contre $97,73 \pm 40,65$ cm dans la filière à jacinthe, soit une différence de 64,4 cm.

L'évolution du diamètre de la tige principale des plants de bourgou a été rectiligne dans les deux filières (Figure 11). Comme pour la hauteur, le diamètre a été plus important dans la filière anaérobie ($9,35$ cm \pm $1,14$ à la première coupe et $10,47$ cm \pm $1,15$ à la deuxième coupe) que dans la filière à jacinthe ($9,03$ mm \pm $0,7$ à la première coupe et $7,59$ mm \pm $2,02$ à la deuxième coupe). Cette différence de développement s'explique par l'importance en éléments minéraux des eaux de la filière anaérobie.

Le nombre de bourgeons est resté constant et identique (4 bourgeons) dans les deux bassins jusqu'au 03/09/08 (Figure 12). A partir de cette date, une lente augmentation de bourgeon a été observée jusqu'à la première coupe pour atteindre 7,33 bourgeons \pm 2,35 dans la filière anaérobie et 4,33 bourgeons \pm 1,4 dans la filière à jacinthe. Après la première coupe, le nombre de bourgeons a augmenté rapidement entre le 20/09 et le 08/10/08 jusqu'à 16 dans la filière anaérobie et 10 dans la filière à jacinthe. Il est demeuré relativement constant dans la filière à jacinthe ($11,0 \pm 4,66$) alors qu'il a subi une augmentation sensible dans la filière anaérobie pour atteindre $19,43 \pm 6,01$ à la date 08/11/08. Le nombre élevé de bourgeon dans la filière anaérobie s'explique par le fait que le bassin à bourgou de cette filière a reçu plus d'éléments nutritifs.

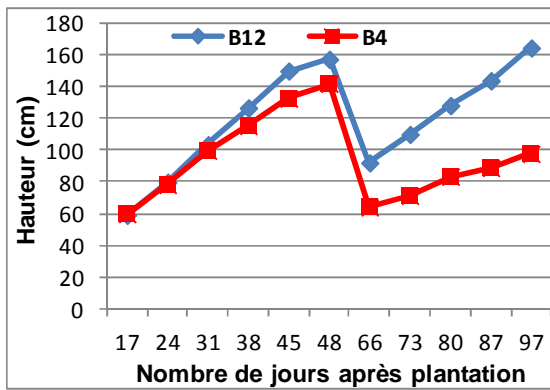


Figure 10. Evolution de la hauteur de la tige principale du bourgou

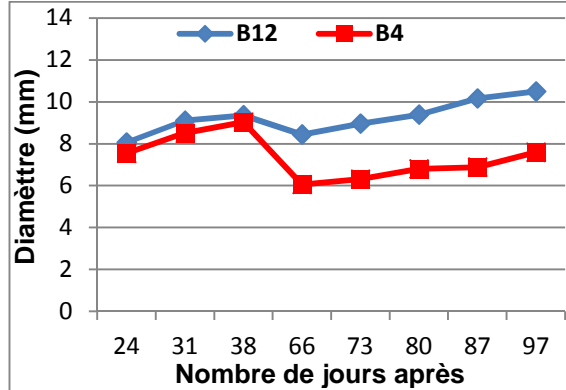


Figure 11. Evolution du diamètre de la tige principale du bourgou

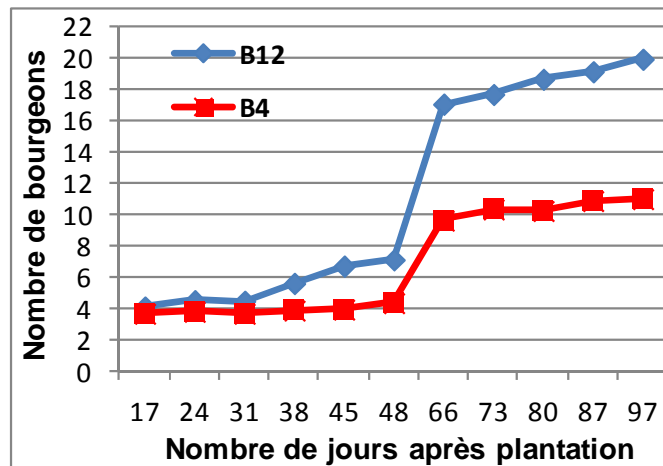


Figure 12. Evolution du nombre moyen de bourgeons

Rendement et azote total du bourgou

La production du bourgou (matières fraîche et sèche) obtenue dans les deux filières en fonction des coupes a été présentée dans le tableau 3. Les rendements en matière fraîche et sèche de bourgou ont été plus élevés dans la filière anaérobie que dans la filière à jacinthe. C'est ainsi qu'ils sont respectivement de 6,11 t/ha et 0,74 t/ha pour la filière anaérobie contre 3,9 t/ha et 0,57 t/ha pour la filière à jacinthe. A la seconde coupe les rendements obtenus ont été encore plus élevés que ceux enregistrés précédemment. Les rendements en matière fraîche ont été de 18,6 t/ha pour la filière anaérobie contre 4,13 t/ha pour la filière à jacinthe. Les rendements en matière sèche ont été respectivement de 4,03 t/ha et 0,8 t/ha. Le tableau 4 a présenté l'azote total contenu dans le bourgou séché. Les résultats obtenus ont montré une valeur azotée élevée du bourgou, surtout dans le bassin de la filière à jacinthe. Cela s'explique par le fait que le développement du bourgou dans cette filière a été lent.

Tableau 3. Rendement en matière fraîche et sèche du bourgou en fonction des coupes

Paramètres	1 ^{ère} coupe		2 ^{ème} coupe	
	Filière à jacinthe	Filière anaérobie	Filière à jacinthe	Filière anaérobie
Nombre de bourgeon	4,33 ± 1,4	7,33 ± 2,35	11 ± 4,66	19,43 ± 6,01
Matière fraîche (t/ha)	3,9	6,11	4,13	18,6
Matière sèche (t/ha)	0,57	0,74	0,80	4,03

Tableau 4. Valeur azotée du bourgou ajouter les écart types ou CV

Période de coupe	1 ^{ère} coupe de la Filière		2 ^{ème} coupe de la Filière	
	à jacinthe		anaérobie	
Filières	à jacinthe	anaérobie	à jacinthe	anaérobie
Valeur de l'azote en % de Matière sèche	23,87	23,03	28,35	25,55

DISCUSSION

Propriétés physico-chimiques

Les concentrations en sels minéraux sont plus importantes dans la filière anaérobie. C'est ainsi que sur la période du 20/09/08 au 08/11/08, durant laquelle il n'y a pas eu de dilution par les eaux de pluie, les concentrations de NH_4 , PO_4 et NO_2 sont respectivement de 40 mg/litre, 3,52 mg/litre et 0,06 mg/litre pour la filière anaérobie et de 20,14 mg/litre, 1,54 mg/litre et 0,04 mg/litre pour la filière à jacinthe. Les quantités apportées de sels minéraux au cours de cette période rapportées à l'hectare sont de 379,2 kg/ha de NH_4 , 32,88 kg/ha de PO_4 et 0,56 kg/ha de NO_2 pour la filière anaérobie et de 80,67 kg/ha de NH_4 , 6,16 kg/ha de PO_4 et 0,16 kg/ha de NO_2 pour la filière à jacinthe. Ces valeurs sont largement supérieures à celle apportée par Seguin (1986) qui a cultivé le bourgou en irrigué. A titre d'exemple, il a apporté avant chaque repiquage une dose 30 kg d'azote et 30 kg de phosphore au bourgou comme fumure de fond.

Production

Taux de reprise des boutures et Croissance du bourgou

Les taux de reprise des boutures obtenues montrent la bonne capacité de reprise de bouture de bourgou dans les eaux usées. Mais le principal facteur variant est le taux d'humidité du sol au jour du repiquage. En effet, une bonne reprise des boutures nécessite une irrigation convenable car, une submersion entraîne la pourriture des boutures. De ce fait, une dose d'irrigation permettant de satisfaire juste les besoins en eau de la culture, doit être déterminée. Le bourgou est une plante à croissance rapide. Ceci lui offre une productivité importante de matière verte. Les croissances obtenues dans la filière anaérobie confirment le résultat obtenu par Seguin (1986) qui est d'un (1) mètre par mois. En 48 jours, le bourgou de la filière anaérobie a une croissance en hauteur moyenne de 160 cm. Les hauteurs obtenues dans la filière à jacinthe sont inférieures à celles obtenues par Seguin (1986). De même, la vitesse de croissance dans la filière anaérobie est plus rapide que dans la filière à jacinthe. La hauteur et le nombre de bourgeon conditionne une bonne productivité de biomasse. Ce fort taux de réussite peut s'expliquer par le bon état des boutures et l'humidité des bassins, favorable au bon développement du bourgou.

Productivité et Valeur azotée

Le bourgou est une plante fourragère à développement rapide et à grande productivité. Les résultats obtenus à travers cette expérimentation sont une confirmation des études menées à la Faculté d'Agronomie et à l'Aménagement Hydro-agricole de Kirhissoye par Seguin (1986) et par Nouhou (1991). Le résultat obtenu de la deuxième coupe dans la filière anaérobie est de 4,03 tonnes de matière sèche à l'hectare en quarante huit (48) jours est proche de celui réalisé par Seguin en 1986 à Kirhissoye avec une production de 4,8 tonnes par hectare de matière sèche en deux mois de culture. Par contre, la productivité de la filière anaérobie (2^{ème} coupe) est supérieure à celle obtenue par Nouhou (1981) qui est de 3,075 t/ha de matière sèche en une coupe de 50 jours. Les résultats obtenus de la première coupe dans la filière anaérobie (0,80 t/ha) et ceux des première et deuxième coupes de la filière à jacinthe (0,54 et à 0,74 t/ha) sont inférieurs à ceux de Seguin (1986) et Nouhou (1991). La valeur azotée du bourgou sec des deux filières (entre 23,03% et 28,35%) est supérieure à celle obtenue par Boudet (1991) qui est de 16,9 %. Les résultats de la filière à jacinthe sont supérieurs à ceux de la filière anaérobie.

CONCLUSION

Le Niger est une zone d'élevage où le principal problème rencontré est celui de la disponibilité fourragère en toute saison. Ce problème est plus crucial pour les éleveurs périurbains. Ces derniers, quand ils sont nantis achètent le fourrage à des prix exorbitants. Les éleveurs à faible revenu font conduire leurs troupeaux dans les champs périphériques des centres urbains où on y trouve quelques résidus de cultures. La technique de filtre planté de bourgou est une technique simple qui permet de résoudre deux problèmes : (i) l'épuration des eaux usées domestiques et (ii) la production du fourrage pour les animaux domestiques.

Somme toute, le bourgou dispose d'un bon pouvoir épuratoire et garde son potentiel productif même en lagunage. La productivité du bourgou est plus importante dans la filière à anaérobie. Cependant, quel que soit le dispositif d'épuration, il est nécessaire d'assurer une oxygénation de l'eau pour une meilleure croissance du bourgou.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adamou M.M., A.S.D. Alpha, M.S. Laouali, A. Balla, 2010 : Caractérisation des rejets des eaux usées dans la communauté urbaine de Niamey. *Annales des sciences agronomiques du Bénin* 13 (1), 73-87.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1986 : Eaux-méthodes d'essai. Recueil de normes françaises. 3^{ème} édition, 250-279.
- Akratos, C.S., Tsihrintzis, V.A., 2007. Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering* 29 (2), 173-191.
- Boudet, G., 1991 : Pâturages tropicaux et cultures fourragères. 4^e édition, Ministère de la coopération et du développement, France, 266 p.
- Brisson, J. et Chazarenc, F., 2009 : Maximizing pollutant removal in constructed wetlands: should we pay more attention to macrophyte species selection? *Science of the Total Environment* 407 (13), 3923-3930.
- Cranhac, I., 1988 : Le bourgou (*Echinochloa stagnina*). Techniques culturales et analyse chimique. Rapport de stage. Ecole Nationale de Lyon, France, 34 p.
- De Feo, G., 2007. Performance of vegetated and non-vegetated vertical flow reed beds in the treatment of diluted leachate. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* 42 (7), 1013-1020.
- Guillaume P., 2001 : Mode opératoire pour le dosage de l'azote Kjeldahl du laboratoire. Rapport de stage. Institut Universitaire de chimie de Le Mans, France, 32 p.
- Maïga, A.H., Y. Konaté, J. Wethe, K. Denyigba, D. Zoungrana, L. Togola, 2006 : Performances épuratoires d'une filière de trois étages de bassin de lagunage à microphytes sous climat sahélien : cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER. *Sud Sciences et Technologies*, N°14 – janvier 2006, 4-12.
- Müller, J.V., 2005: Ephemeral Vegetation at Shorelines of Sahelian Seasonal Lakes. *Systematics and Geography of Plants*; Vol. 75, No. 2 (2005), 239-257.
- Niang, S., B.S.D.M. Mbéguerre, M. Radoux, 1996 : Epuration des eaux usées urbaines par des techniques extensives en régions sahéliennes : la station expérimentale de Cambérène (S.E.G.) – Dakar-Sénégal. *Vecteur Environnement*, 29, (5), 31-36.
- Nouhou, M., 1991 : Le bourgou (*Echinochloa stagnina*) dans l'alimentation animal : cas de la station de Kirkissoye. Rapport de stage du cycle d'ingénieur de technique agricole troisième année productions animales, Université Abdou Moumouni, Niamey. 30 p.
- Ouattara, L., 2002 : Diagnostique Agro-Ecologique des "bourgoutières" et étude des droits et règles d'usage. Mémoire de DESS. Centre Régional d'enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA) de Niamey, Niger, 65 p.
- PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), 2002 : L'avenir de l'environnement mondial. État de l'environnement et politiques suivies de 1972 à 2002. Rapport de l'équipe GEO, 192 p.
- Seguin, A., 1986 : Contribution à l'étude du bourgou (*Echinochloa stagnina*). Thèse de doctorat vétérinaire de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, France, 108 p.
- Seidel K., 1976: Macrophytes and water purification. In : *Biological control of water pollution*, J. Turbier and R.W. Pierson (Eds.), University of Pennsylvania Press, Philadelphia, PA, 109-120.
- Sharshar, K.M., Haroon, A.M., 2009: Comparative investigations on some biological and biochemical aspects in freshwater crayfish (*Procambarus clarkii*) Fed on *Eichhornia crassipes*, *Echinochloa stagnina* L. and *Polygonum tomentosum* L. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 5 (4), 579-589.
- Soltner D., 1990 : Alimentation des animaux domestique. Collection Science et Techniques Agricoles. 19^e édition, 55 p.
- Stefanakis, A.I., Tsihrintzis, V.A., 2012: Effects of loading, resting period, temperature, porous media, vegetation and aeration on performance of pilot-scale vertical flow constructed wetlands. *Chemical Engineering Journal* 181-182 (0), 416-430.
- Tanner, C.C., 2001: Plants as ecosystem engineers in subsurface-flow treatment wetlands. *Water Science and Technology* 44 (11-12), 9-17.
- Vuillet, M., Boutin, T., 1987 : Epuration des eaux usées domestique par filtre plantés de macrophytes. Version n° 1. Agence de l'eau. Rapport Interne, 44 p.