

Performances des filtres plantes de *Echinochloa pyramidalis* dans l'épuration des eaux usées de distillerie en Afrique subsaharienne

T. Fonkou¹, M.F. Fonteh², M. Djousse Kanouo² & Amougou Akoa³

Keywords: Vegetated beds- Effluent from distillery- *Echinochloa pyramidalis*- Cameroon

Résumé

Des essais d'épuration des effluents d'une distillerie au Cameroun produisant 432 m³/jour d'eaux usées ont été menés en station expérimentale avec les compartiments suivants: une structure de neutralisation, un bassin de pré-décantation, un décanteur digesteur et deux filtres à écoulement horizontal en sous-surface. La vinasse a été appliquée à des charges hydrauliques tests de 4,10⁻² m.jour⁻¹, 3,10⁻² m.jour⁻¹ et 2,10⁻² m.jour⁻¹. Les performances du filtre planté de *E. pyramidalis* et du filtre non planté, tous soumis à 2,10⁻² m.jour⁻¹ ont ensuite été comparées à partir des caractéristiques physico-chimiques de la vinasse dans les différents compartiments. Les résultats obtenus montrent que l'utilisation d'un filtre à écoulement horizontal permettrait de réduire la charge polluante de la vinasse, et de la rendre compatible avec le potentiel auto-épuration de la rivière réceptrice voisine. La présence de *E. pyramidalis* dans le filtre contribue effectivement à l'épuration puisque des abattements de 80% pour la conductivité, 90% pour la couleur, 79% pour les MES, 60% pour la DCO, 90% pour la DBO₅, 79% pour la teneur en azote total et 50% pour la teneur en phosphore total ont été obtenus, abattements dans l'ensemble supérieurs à ceux obtenus dans le filtre non planté.

Summary

Performances of Vegetated Beds with *Echinochloa pyramidalis* in the Purification of Wastewater from Distillery in Sub-Saharan Africa

Trials were made in a yard scale subsurface flow wetland system for the treatment of wastewater from a distillery in Cameroon producing 432 m³.d⁻¹ of effluent. The system comprises a neutralizing element, a pre-decantation basin, a digester and two horizontal subsurface flow wetlands. The system was submitted to experimental HLR of 4.10⁻² m.day⁻¹, 3.10⁻² m.day⁻¹ and 2.10⁻² m.day⁻¹. The performance of the system submitted to the HLR of 2.10⁻² m.day⁻¹ was then evaluated through monthly measurements of several physicochemical parameters. Results showed that a horizontal subsurface flow bed system can be used to reduce the pollution load of the effluent to be compatible with the self-purification capacities of the nearby river where it is discharged. The plant *E. pyramidalis* effectively contributed to the nutrient removal, since percentage reductions of 80%, 90%, 79%, 60%, 90%, 79% and 50% were obtained respectively for the water conductivity, colour, Suspended solids, BOD₅, total nitrogen and total phosphorus. These percentages are higher than those recorded in the control bed.

Introduction

La concentration humaine dans les villes implique des effets néfastes sur la qualité des eaux par la production des déchets domestiques et industriels dont les rejets se font très souvent dans les écosystèmes naturels sans traitement préalable. Dans les pays en voie de développement, cette situation s'empire à cause de la multiplicité des installations urbaines provisoires et très souvent inachevées, et du manque de structures appropriées d'assainissement des eaux usées. Compte tenu des mauvaises performances des structures conventionnelles et de leur inadaptabilité aux contextes de ces pays, beaucoup d'intérêt a été porté ces dernières décennies sur la phytoépuration des eaux usées. Les technologies développées exploitent les capacités d'adaptation des systèmes racinaires aux fortes charges polluantes et aux conditions

d'anoxie ou d'hypoxie du substrat, entraînant des relations symbiotiques entre les microorganismes et les racines qui favorisent l'élimination des polluants (17).

Dans la technologie les filtres plantés, des espèces connues de la flore sont organisées et structurées artificiellement de manière à exploiter efficacement leurs potentialités de rétention des différents paramètres de pollution (3, 9, 21, 25). Cette technologie se présente aujourd'hui comme la plus appropriée, compte tenu de la diversité des espèces végétales pouvant être utilisées, les faibles coûts d'installation et les bonnes performances (3, 10, 13, 18). Son application en zone tropicale est favorisée par l'activité biologique intense dans les écosystèmes et la productivité de plantes tout au long de l'année (18).

¹Université de Dschang, Laboratoire de Botanique Appliquée, BP 377, Dschang, Cameroun. Tél: +237 77570991, Email: tfonkou@yahoo.fr

²Université de Dschang, Faculté d'agronomie, Département de Génie Rural.

³Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Physiologie Végétales.

Reçu le 23.12.09 et accepté pour publication le 08.04.10.

Au cours des deux dernières décennies, des études ont démontré le rôle joué par plusieurs espèces de plantes de marécage dans le processus d'épuration, ainsi que l'efficacité des filtres plantés dans cette écotechnologie (24). Des espèces ont été testées parmi lesquelles *Typha latifolia* et *Phragmites australis* (7, 19). Ces plantes filtrent les particules en suspension et servent de substrat pour la fixation d'organismes divers constitués de microalgues, de bactéries et de champignons. Elles produiraient également au niveau de leurs racines certaines substances qui activent le métabolisme rhizobactérien et absorberaient les produits de la biodégradation (12, 20, 26).

Des travaux récents sur la phytoépuration des eaux usées par lagunage à macrophytes au Cameroun, ont montré que cette écotechnologie donne des résultats acceptables en ce qui concerne l'amélioration de la qualité des eaux (1, 15, 16). Néanmoins, elle nécessite un travail manuel régulier de maintenance et d'entretien du système, rendant sa gestion quotidienne pénible (24).

Certaines plantes des marécages sont capables d'absorber et de concentrer dans leurs tissus d'importantes quantités de nutriments, de xénobiotiques et d'éléments toxiques tels que les métaux lourds, dans leurs milieux naturels (8). Des macrophytes proliférant dans des marécages pollués au Cameroun ont été identifiés et des essais de leurs cultures dans des filtres expérimentaux effectués (8). Cette étude a pour objectif principal de dimensionner un système de filtre planté de *E. pyramidalis* pour l'épuration de la vinasse produite par une distillerie, African Distilling Company (ADIC) au Cameroun. Les rejets liquides de cette agro-industrie sont caractérisés par des mesures de paramètres physicochimiques. Des essais sont ensuite effectués dans le but de déterminer la meilleure charge hydraulique applicable aux filtres expérimentaux. Les performances du système soumis à cette charge sont évaluées pendant une campagne d'activité de l'agro-industrie.

Matériels et méthodes

1. Site d'étude

African Distilling Company (ADIC) est une unité

agroindustrielle située dans la ville de Mbandjock au Cameroun. Son fonctionnement est tributaire de celui de la Société Sucrière du Cameroun (SOSUCAM), seule, fournissant la mélasse qui est la matière première.

2. Caractérisation des rejets liquides

Des échantillons prélevés à la sortie de l'usine et à trois sites dans la rivière Mengoré pendant la campagne d'activité et en période d'inter-campagne ont été caractérisés par des mesures de paramètres physicochimiques. Dans la Mengoré, dix prélèvements ont été effectués au point de rejet de la vinasse et à deux points situés à 500 m respectivement en amont et en aval. La température, la conductivité et les solides dissous totaux ont été mesurés sur le site grâce au TDS/Conductivimètre Hach™. Les teneurs en azote total, en phosphore total en matières en suspension (MES) ainsi que la couleur, la turbidité et la demande chimique en oxygène (DCO) sont mesurées grâce au spectrophotomètre DR2500 en suivant les procédures décrites par HACH (11). La demande biochimique en oxygène a été déterminée par respirométrie à l'incubateur grâce au BODTrak Hach™.

3. Mise en place de station expérimentale

La station expérimentale construite en parpaings bourrés de béton, comporte une structure de neutralisation de la vinasse, un décanteur-digesteur, et deux lits de traitement possédant chacun une structure amovible permettant de maintenir le niveau d'eau en dessous de la surface du substrat (Figure 1).

L'étanchéité dans ces structures est assurée grâce à un revêtement interne constitué du mélange de ciment CIMENCAM™ et de Sikalite™. Compte tenu du caractère acide de la vinasse, des essais avec de la soude au laboratoire ont permis de dimensionner la structure de neutralisation. Les composantes de la station expérimentale ont été dimensionnées en prenant en compte le temps de rétention et la charge hydraulique. Le tableau 1 résume les dimensions des différentes composantes de la station.

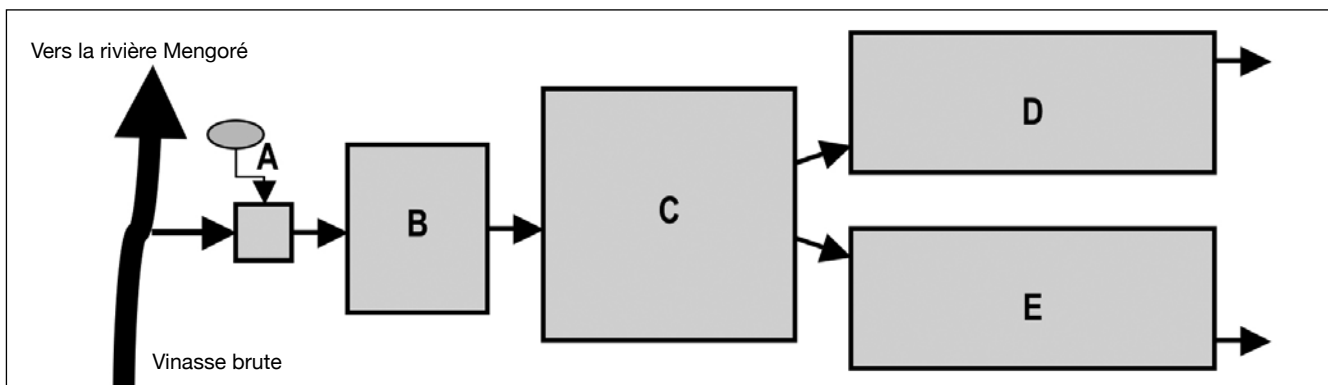


Figure 1: Plan de masse de la station expérimentale mise en place dans le site de ADIC (Mbandjock). A, dispositif de neutralisation de la vinasse; B, bassin d'égalisation et de prédécantation; C, décanteur-digesteur; D, filtre planté; E, filtre témoin.

Tableau 1
Dimensions des composantes de la station expérimentale

Composantes	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Surface (m ²)	Volume (m ³)
Bassin d'égalisation	1	1	0,80	1	0,68
Décanteur – digesteur	1,5	1	2,1	1,5	3,15
Lit de traitement	4	2	0,6	8	4,8

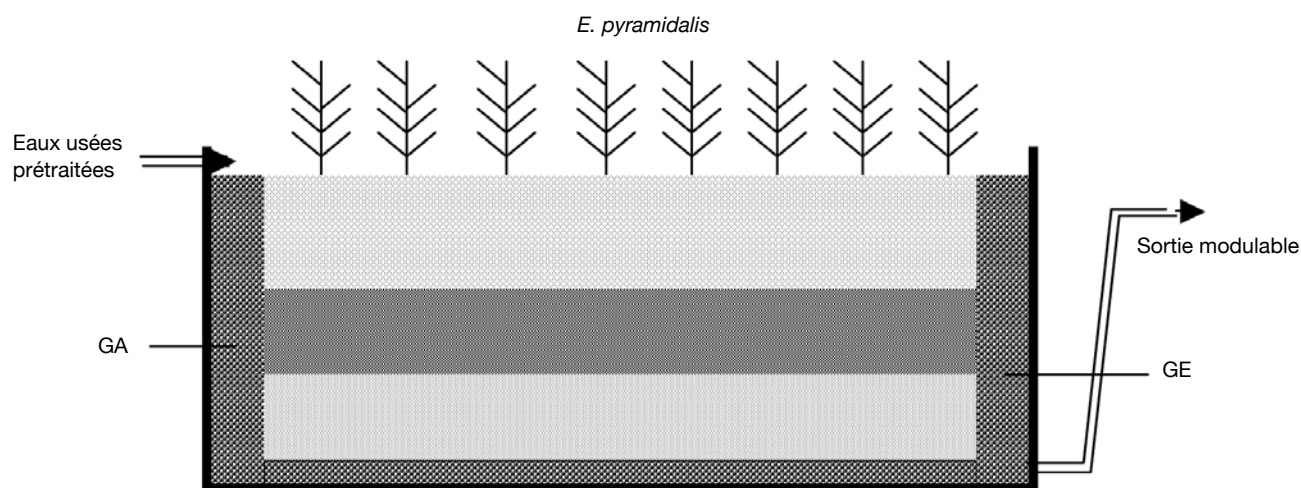


Figure 2: Coupe transversale du lit de traitement. GA, gabion d'alimentation; GB, gabion d'évacuation.

Un substrat de 55 cm d'épaisseur a été introduit dans chacun des deux lits de traitement. Il s'agit successivement d'une couche de 20 cm de sable au fond, 15 cm d'un mélange de caillasse de basalte et de sable, et de 20 cm d'un mélange de sable et de gravier. Des gabions d'alimentation et d'évacuation de 25 cm d'épaisseur et constitués de galets de granite, sont disposés à l'entrée et à la sortie de chaque lit de traitement afin d'assurer une application des eaux usées en sous-surface (Figure 2).

E. pyramidalis a été choisie pour les essais d'épuration de la vinasse, compte tenu de son abondance dans les zones marécageuses polluées ou non et des résultats obtenus préalablement lors des essais de domestication. La conception des différentes structures de la station expérimentale a été guidée d'une part par les caractéristiques de la vinasse et d'autre part par les résultats obtenus au cours des essais de culture des macrophytes. Pour cette expérimentation, le débit maximal journalier d'eau à traiter par lit filtrant a été fixé à 640 litres.

Des jeunes éclats de souche de *E. pyramidalis* ayant une hauteur de $30,5 \pm 5,3$ cm et possédant entre 2 et 3 feuilles avec un système racinaire long de $5,8 \pm 3,7$ cm ont été récoltés dans un marécage voisin de l'usine, et repiquées dans un des deux filtres sous la densité de 50 éclats de souche par mètre carré. Le second filtre est resté non planté pour servir de témoin.

Trois charges hydrauliques ont été expérimentées: celle de 0,04 m/jour; celle de 0,03 m/jour et celle de 0,02 m/jour, correspondant respectivement à des débits de 640 l/jour, 480 l/jour et 320 l/jour. Pour chaque charge,

des analyses sont effectuées sur des échantillons prélevés à la sortie du digesteur, à la sortie du filtre non planté et à la sortie du filtre planté. Les paramètres mesurés sont: DCO, DBO_5 , pH, température, turbidité, solides dissous totaux, matières en suspension, couleur, conductivité, azote total et phosphore total. Ces analyses physico-chimiques sont effectuées une fois par semaine pendant deux mois par les méthodes décrites par Hach (11).

Durant une campagne d'activité à ADIC (décembre à juillet), la station a été soumise à la charge hydraulique de 0,02 m/jour, soit un débit de 320 l/jour. Les performances de chaque composante ont été évaluées mensuellement en calculant pour chaque paramètre, le rendement épuratoire,

$$TA = \frac{Pe - Ps}{Pe} \times 100$$

(Pe, valeur du paramètre à l'entrée; Ps, valeur du paramètre à la sortie). Après l'analyse des variances et le test de Bartlett pour l'égalité des variances, le test de comparaison multiple de Newman-Keuls a été utilisé pour comparer les données des diverses composantes du marécage, grâce au logiciel Prim 3.0 sous Windows.

Résultats et discussion

1. Caractéristiques des rejets liquides de ADIC

Dans les conditions optimales de fonctionnement, le débit horaire des rejets liquides à ADIC Mbandjock est de 18 m³, soit 432 m³/jour. La production horaire optimale d'alcool est évaluée à 1500 litres pour les trois colonnes de distillation que comporte l'usine, soit 12 litres de vinasse par litre d'alcool. La température

moyenne à la sortie des colonnes de distillation est de 103 °C contre 58 °C dans le canal d'évacuation. La conductivité de 3740 µS/cm obtenue est révélatrice de la présence de nombreux ions dans l'effluent. Les valeurs de la couleur et de la turbidité sont respectivement de 45167 PtCo et 4750 NTU, tandis que le pH est de 4,3 en moyenne. Les concentrations en azote et en phosphore dans la vinasse sont respectivement de 748 mg/l et 360 mg/l. Quant à la DCO, la DBO₅ et les MES, les valeurs obtenues ont été respectivement de 29600 mg/l, 7220 mg/l et 3720 mg/l.

Une forte dilution de la vinasse s'opère lors du mélange avec les eaux de la Mengoré impliquant inéluctablement une importante variation des caractéristiques naturelles de ce cours d'eau. En effet au contact de la vinasse, la qualité des eaux de la Mengoré est sensiblement détériorée, mais seulement 500 mètres plus loin dans son parcours, on observe une amélioration sensible des caractéristiques de ce cours d'eau (Figure 3).

2. Productivité de *E. pyramidalis* dans le filtre
 Deux cents jeunes pousses de *E. pyramidalis* ont été

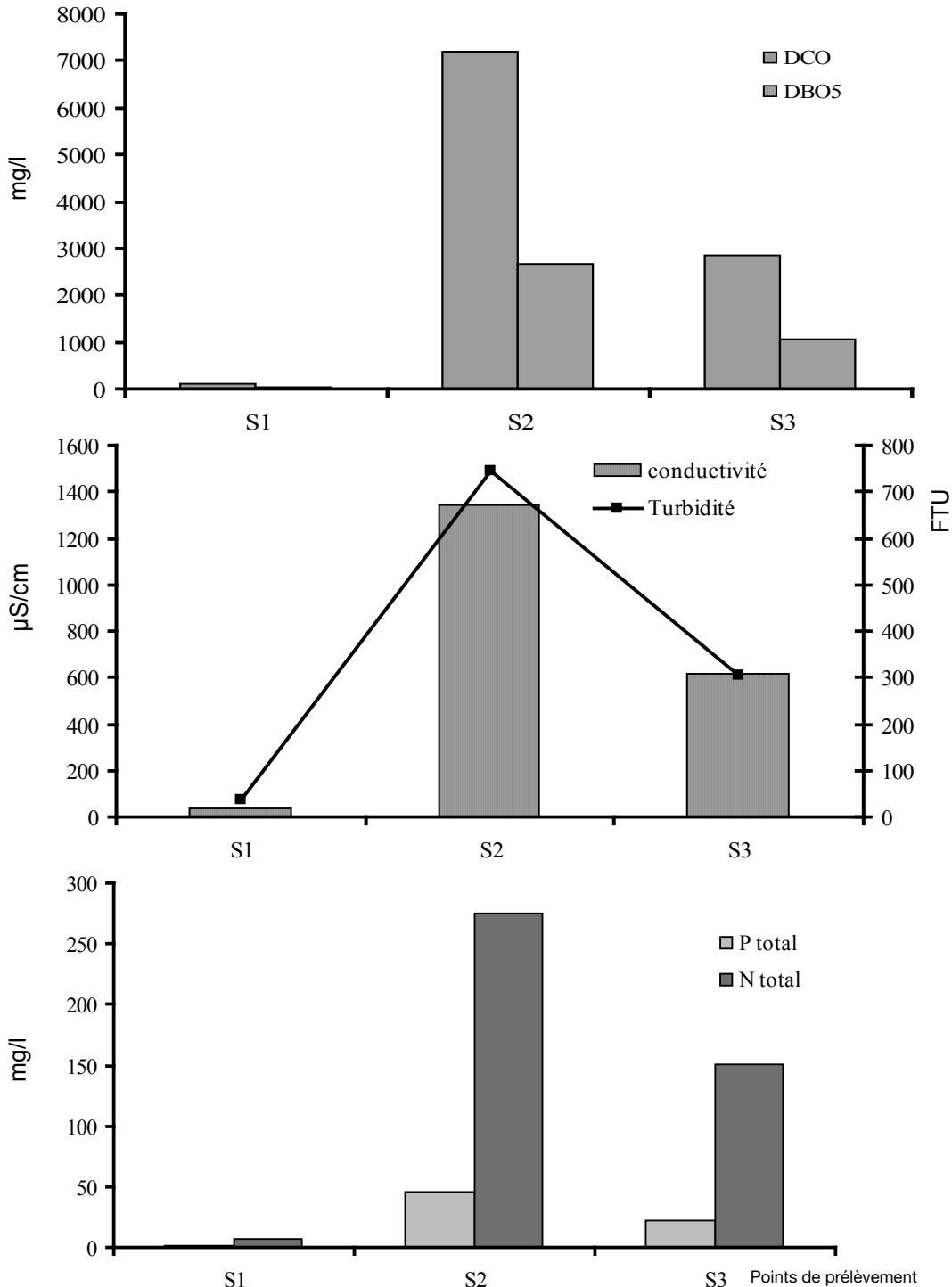


Figure 3: Influence des rejets liquides de ADIC sur la qualité des eaux et autoépuration de la Mengoré. S1, Eaux de la Mengoré; S2, Eau de la Mengoré au point de mélange avec la vinasse; S3, Eau de la Mengoré 500 m après le mélange.

ensemencées dans l'un des deux filtres et suivies pendant deux mois au cours desquels, l'alimentation en eau usée s'est faite de façon continue. Au bout de cette période, environ trois cent nouvelles plantes ont été produites avec une hauteur moyenne de la végétation dépassant 1 m. Sur un échantillon de 16 plantes récoltées, la longueur moyenne des racines était de 22,5 cm; soit environ quatre fois supérieure à celle des jeunes pousses. La végétation à ce stade a été considérée comme étant dans la phase de croissance, caractérisée par une production importante de jeunes pousses, optimale pour son implication dans les processus d'épuration. A cause du dessèchement précoce des feuilles observé lorsque le niveau d'eau dans le filtre était proche de la surface du substrat (2 à 3 cm), ce niveau a été maintenu à 5-7 cm pendant l'expérimentation.

3. Choix de la charge hydraulique applicable au système

Le traitement de la vinasse nécessite une neutralisation préalable à cause de son pH acide, dont la moyenne se situe autour de 4,3. Les essais en laboratoire avec une solution de NaOH 2 M ont permis de déterminer pour chaque charge hydraulique, le débit de la soude nécessaire pour ramener le pH de la vinasse à une valeur moyenne de 7,4 favorable au développement des microorganismes. Quelle que soit la charge appliquée, la conductivité et les solides dissous totaux augmentent à la sortie du digesteur, tandis que la variation de pH de l'effluent n'est pas significative. Par contre lorsqu'on considère les autres paramètres tels que la DCO, la DBO et les MES, des abattements dans l'ensemble supérieurs à 40% ont été obtenus. De plus, ces performances sont améliorées nettement avec la diminution de la charge hydraulique. C'est ainsi que pour les MES et la DCO par exemple, des abattements respectifs de 54% et de 40% ont été obtenus sous la charge hydraulique de $4,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$, tandis que pour les charges de $3,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ et de $2,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$, ces abattements sont respectivement de 62% et

Tableau 2
Performances du digesteur soumis à différentes charges hydrauliques

Paramètres	% d'abattement à différentes charges hydrauliques		
	$4,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$	$3,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$	$2,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$
Température (°C)	59	60	61
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	- 405	- 271	- 97
SDT (mg/l)	- 392	- 250	- 146
Turbidité (FTU)	59	78	86
Couleur (PtCo)	26	43	61
MES (mg/l)	54	62	72
DCO (mg/l)	40	55	65
DBO ₅ (mg/l)	36	45	65
N total (mg/l)	14	30	54
P total (mg/l)	57	63	78

54%, et de 72% et 64% (Tableau 2). Les meilleurs pourcentages de réduction des paramètres dans le digesteur sont donc obtenus avec une charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$.

Des abattements respectifs de 19%, 8%, 4% et 11% pour la DCO, la DBO₅, l'azote total et le phosphore total sont obtenus dans le filtre planté (FP) du système soumis à la charge hydraulique de $4,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$, tandis qu'ils sont de 28%, 16%, 14%, 20% et de 28%, 48%, 61%, 50% respectivement dans le filtre planté des systèmes soumis aux charges $3,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ et $2,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$. La même tendance est observée dans le filtre non planté (FT), où des abattements de la DBO₅ de 6%, 14% et 46%, ont été obtenus respectivement sous les charges $4,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$, $3,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ et $2,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$. Lorsque le filtre planté est soumis à une forte charge polluante, les plantes ont tendance à dégénérer, limitant de ce fait ses performances. Quoique dans les systèmes soumis aux charges $2,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ et $3,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ les performances des filtres plantés soient meilleures que celles des filtres non plantés, il est à noter que les performances du système soumis à la charge $2,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ sont nettement plus élevées (Tableau 3).

Tableau 3
Performances du filtre planté (FP) et du filtre témoin (FT) soumis à différentes charges hydrauliques

Paramètres	% d'abattement à différentes charges hydrauliques					
	$4,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$		$3,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$		$2,10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$	
	FP	FT	FP	FT	FP	FT
Température (°C)	16	16	13	13	9	9
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	3	11	4	4	63	64
SDT (mg/l)	4	16	-2	-5	63	66
Turbidité (FTU)	60	59	47	43	59	56
Couleur (PtCo)	14	22	6	5	72	76
MES (mg/l)	6	- 7	4	9	66	76
DCO (mg/l)	19	7	28	9	28	15
DBO ₅ (mg/l)	8	6	16	13	48	46
Azote total (mg/l)	4	4	14	6	61	45
Phosphore total (mg/l)	11	25	20	17	50	34

4. Performances du système soumis à la charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$

Quelques caractéristiques de la vinasse ainsi que les performances des divers compartiments du système soumis pendant la période d'activité de l'usine, à la charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$ ont été mesurées. Au début des analyses, le filtre planté avait une végétation installée depuis quatre mois, avec une taille moyenne de 1,5 mètres.

La contribution du décanteur-digesteur dans l'épuration de la vinasse apparaît importante, avec des abattements de l'ordre de 80%, 66% et 30% respectivement pour l'azote total, les MES et la DCO. Pour ce qui est des filtres, des abattements de l'ordre de 80%, 60%, 79%, 80% et 50% ont été ainsi obtenus respectivement pour la conductivité, la DCO, les MES, l'azote total et le phosphore total. Néanmoins en comparant les performances du filtre planté à celles du filtre non planté pendant cette période, des différences significatives au seuil de 5% ont été obtenues pour la DCO, l'azote total et le phosphore total, indiquant que la présence des macrophytes dans le filtre améliorerait ses performances.

Discussion

La variation de la température de la vinasse est imputable aux fluctuations du débit d'eau de refroidissement et du nombre de colonnes en fonctionnement. L'eau de refroidissement influence aussi toutes les autres caractéristiques de la vinasse par l'effet de dilution et par l'apport considérable de certains éléments tels que le calcium et le magnésium. L'acidité de la vinasse est essentiellement due à l'utilisation de fortes quantités d'acide sulfurique concentré (360 litres/jour) lors de la préparation des différents jus de fermentation. Les valeurs élevées de la couleur et de la turbidité, et la richesse de l'effluent en azote et en phosphore seraient liées à la nature de la mélasse, matière première issue de la caramélisation du jus de canne à sucre, ainsi qu'à l'utilisation de grandes quantités d'urée (72 kg/j) et de phosphate diammoniaque (156 kg/jour) lors de la préparation des mous pour la nutrition des levures responsables de la fermentation alcoolique. L'autoépuration de la rivière Mengoré est certes importante, mais la qualité des eaux reste fortement détériorée, avec probablement des conséquences néfastes sur sa diversité biologique. Il serait en effet probable que certaines espèces sensibles aux fortes charges polluantes disparaissent au profit des espèces tolérantes ou résistantes, et réduirait le nombre d'espèces peuplant le cours d'eau.

L'augmentation de la conductivité à la sortie du digesteur pour les trois charges hydrauliques, est une conséquence de la minéralisation de l'effluent. Le digesteur apparaît ainsi comme une composante essentielle du système, puisque c'est à ce niveau que débutent les processus de dégradation et

de liquéfaction des particules et substances biodégradables, sous l'action des microorganismes anaérobies. Il assure donc la principale partie du traitement, puisque les bonnes performances des filtres sont liées à son bon fonctionnement.

Les pourcentages d'abattement obtenus dans les filtres sont dans l'ensemble inférieurs à ceux du digesteur, quelle que soit la charge polluante considérée. Les réductions des paramètres indicateurs de la charge organique (DCO, DBO_5 , azote total et phosphore total) sont plus importantes dans les filtres plantés que dans les filtres non plantés. En effet, en plus des processus de biodégradation et de minéralisation dans les filtres, les relations symbiotiques au niveau de la rhizosphère favoriseraient l'absorption des nutriments dans les filtres plantés. De plus, on observe une augmentation de ces performances avec la diminution de la charge hydraulique appliquée. Des abattements de l'ordre de 80%, 60%, 79%, 80% et 50% ont été ainsi obtenus au cours du suivi du système soumis à la charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$.

Les comparaisons des performances du filtre planté à celles du filtre témoin ont montré des différences significatives, surtout en ce qui concerne les abattements du phosphore total et de l'azote total. Ces résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs (3, 4, 13, 17, 21, 22, 23). L'élaboration de la nouvelle biomasse végétale peut en effet être corrélée aux capacités des macrophytes à absorber et bio-concentrer des nutriments, et dans certains cas des substances xénobiotiques tels que les métaux lourds, les résidus de pesticides et même des radioéléments (2, 6). Ces performances sont sans doute liées aux mécanismes biologiques complexes parmi lesquelles la symbiose entre les racines et les microorganismes a été largement élucidée. Les analyses physico-chimiques effectuées sur la Mengoré montrent que ce cours d'eau recevant la vinasse jouerait un rôle important dans la dilution de la vinasse, et l'abattement au cours de son trajet de la plupart des paramètres de pollution. Cette dilution contribue à elle seule à des réductions de 87%, 63%, 65%, 75%, 63% et 75% respectivement pour le phosphore total, l'azote total, le TDS, la DCO, la DBO_5 et la couleur.

En considérant les performances de la station expérimentale et les capacités épuratoires obtenues au niveau des divers compartiments, quelques paramètres physico-chimiques de la vinasse traitée seraient de: conductivité, 2860 $\mu\text{S/cm}$; DCO, 11350 mg/l; couleur, 13480 PtCo; azote total, 9,5 mg/l et phosphore total, 190 mg/l. Si ces caractéristiques sont prises comme objectif d'assainissement des rejets liquides de l'unité agroindustrielle, un système comportant les structures suivantes dont les estimations des dimensions ont été faites par extrapolation des résultats obtenus expérimentalement en appliquant la charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$, devrait être mis en place:

- Un dispositif de neutralisation de la vinasse débitant la soude 2 M à 22 cm³.mn⁻¹, soit environ 32 litres par jour. Celui-ci sera connecté au premier regard d'arrivée de la vinasse dans le système d'épuration.

- Un bassin d'égalisation et de pré-décantation d'une capacité de 864 m³, pour un temps de rétention de 2 jours.

- Un bassin de décantation et de digestion anaérobie, d'une capacité de 4250 m³, correspondant à un temps de rétention de 9,8 jours.

- Un filtre planté de *E. pyramidalis*, et couvrant une surface totale de 4,32 ha.

Si cette station de marécage est mise en place, la Mengoré aurait les caractéristiques suivantes lorsqu'on tient compte de la dilution de la vinasse: DCO 3500 mg/l, conductivité 300 µS/cm, MES 175 mg/l, azote total 3,5 mg/l; phosphore total 14 mg/l. En prenant en compte l'autoépuration, ce cours d'eau aura les caractéristiques suivantes après 500 m de parcours: DCO 1435 mg/l, conductivité 140 µS/cm, MES 52 mg/l, azote total 2 mg/l et phosphore total 7 mg/l. Cette qualité positionne cette rivière dans la classe 5 selon l'échelle de Bontoux (5), mais il est à noter que les teneurs en substances eutrophisantes (azote et phosphore) sont très basses. Si cette tendance autoépuration se poursuit dans le cours d'eau, il serait probable que sa qualité après une distance plus ou moins longue respecte des normes prescrites pour les

eaux de surface. En plus, la classification proposée par Bontoux (5) concerne les eaux des régions tempérées, et serait difficilement extrapolable aux eaux tropicales, compte tenu de la grande diversité biologique de ces dernières et les possibilités d'autoépuration.

Conclusions

Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation d'un marécage artificiel à écoulement horizontal en sous surface permettrait de réduire la charge polluante de la vinasse, à un niveau compatible avec les possibilités d'autoépuration de la rivière Mengoré réceptrice des effluents de la distillerie. La charge hydraulique qui permet d'obtenir les meilleurs résultats pour le traitement de la vinasse avec ce système est de 0,02 m/j. Avec cette charge, les abattements ont été de 80% pour la conductivité, 90% pour la couleur, 79% pour les matières en suspension, 60% pour la demande chimique en oxygène, 90% pour la demande biochimique en oxygène, 79% pour la teneur en azote total et 50% pour la teneur en phosphore total.

Remerciements

Les auteurs remercient la Fondation Internationale pour la Science (FIS, Stockholm, Suède) pour la bourse de recherche n° 3782-1 octroyée à Dr T. Fonkou.

Références bibliographiques

- Agendia P.L., Fonkou T., Sonwa D. & Kengne I., 1998, The appearance of two duckweed species in sewage effluents in Yaoundé (Cameroon) and their possible use for sewage treatment and feed production. Bulletin of the Geobotanical Institute ETH, 64, 63-68.
- Allstock M.S., Norman C.M. & Bushmann P.J., 2001, Common reed *Phragmites australis*: control and effects upon biodiversity in freshwater nontidal wetlands. Tellus B, 55,3, 137-138.
- Ayaz S.C. & Akça L., 2001, Treatment of wastewater by natural systems. Environment international, 26, 189-195.
- Bachand P.A.M. & Horne A.J., 2000, Denitrification in constructed free water surface wetlands. I. Very high nitrate removal rates in a macrocosm study. Ecological Engineering, 14, 9-15.
- Bontoux J., 1993, Introduction à l'étude des eaux douces: eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition CEBEDOC, Liège. 168 p.
- Cheng S., Grosse W., Karrenbrock F. & Thoenenssen M., 2002, Efficiency of constructed wetlands in decontamination of water polluted by heavy metals. Ecological Engineering, 18, 317-325.
- Clarke F. & Baldwin A.H., 2002, Responses of wetland plants to ammonia and water level. Ecological Engineering, 18, 257-264.
- Fonkou T., Agendia P.L., Kengne I.M., Akoa A., Focho D.A., Nya J. & Dongmo F., 2005, Heavy metals concentrations in some biotic and abiotic components of the Olezoa wetland complex (Yaoundé, Cameroon, West Africa). Water Quality Research Journal of Canada, 40, 4, 457-461.
- Gschlössl T., Steinmann C., Schleyden P. & Melzer A., 1998, Constructed wetlands for effluent polishing of lagoons. Water Research, 32, 9, 2639-2645.
- Haberl R., Perferler R. & Mayer H., 1995, Constructed wetlands in Europe. Water Science and Technology, 32, 305-315.
- Hach, 2004, The handbook. DR/2500 laboratory spectrophotometer. Hach Company®, Be Right™ Loveland, Colorado, USA. 1309 p.
- Ingersoll T.L. & Baker L.A., 1998, Nitrate removal in wetland microcosms. Water Res. 32, 677-684.
- Ji G., Ticheng S., Qixing Z., Xin S., Shijun C. & Peijun L., 2002, Constructed subsurface flow wetland for treating oil-produces water of the Liaohe oilfield in China. Ecological Engineering, 18, 459-465.
- Kadlec H.R., 1995, Overview of surface flow constructed wetlands. Water Science and Technology, 32, 1-2.
- Kengne I.M.F., Brissaud F., Akoa A., Atangana R.E., Nya J., Alomba N.E. & Fonkou T., 2003, Mosquito development in a macrophyte-based wastewater treatment plant in Cameroon (Central Africa). Ecological Engineering, 21,1,53-61.
- Kengne I.M.F., Nya J., Akoa A., Atangana R.E., Ndikeyfor A., Fonkou T. & Brissaud F., 2005, Microphyte and macrophyte-based lagooning in tropical regions. Water, Science and Technology, 51,12, 267-274.
- Kern I. & Idler C., 1999, Treatment of domestic and agricultural wastewater by reed bed systems. Ecological Engineering, 12, 13-25.
- Kivaisi A.K., 2001, The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing counties: a review. Ecological Engineering, 16, 545-560.
- Lee A.A. & Bukaveckas P.A., 2002, Surface water nutrient concentration and litter decomposition rates in wetlands impacted by agriculture and mining activities. Aquatic Botany, 160,1-13.
- Liu J., Qiu C., Wiao B. & Cheng Z., 2000, The role of plants in channel-dyke and field irrigation systems for domestic wastewater treatment in an integrated eco-engineering system. Ecological Engineering, 16, 235-241.
- Lüderitz V. & Gerlach F., 2002, Phosphorus removal in different constructed wetlands. Acta Biotechnology, 22,1-2, 91-99.
- Lüderitz V., Eckert E., Lange-Weber M., Lange A. & Gersberg R.M., 2001, Nutrient removal efficiency and resource economics of vertical flow and horizontal flow constructed wetlands. Ecological Engineering, 18, 157-171.
- Shutes R.B.E., 2001, Artificial wetlands and water quality improvement. Environment International, 26, 441-447.
- Verhoeven J.T.A. & Meuleman A.F.M., 1999, Wetlands for wastewater

- treatment: Opportunities and limitations. *Ecological Engineering*, 12, 5-12.
25. Vrhovsek D., Kukanja V. & Bulc T., 1996, Constructed wetlands (CW) for industrial wastewater treatment. *Water Research*, **30**,10, 2287-2292.
26. Wetzel R.G., 2000, Fundamental processes within natural and constructed wetland ecosystems: Short-term Vs long-term objectives. *In: Wetlands systems for water pollution control*. Lake Buena Vista, 1, 3-11.
-

T. Fonkou, Camerounais, PhD, Enseignant/Chercheur, Chargé de cours, Université de Dschang, Faculté des Sciences, Département de Biologie végétale.

M.F. Fonteh, Camerounais, PhD, Enseignant/Chercheur, Maître de Conférences, Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département de Génie rural.

M. Djousse Kanouo, Camerounais, Ing. Agronome, Génie rural, Etudiant/Chercheur, Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département de Génie rural.

Amougou Akoa, Camerounais, Doctorat D'Etat, Enseignant/Chercheur, Professeur, Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Physiologie Végétales.