

COMPARATIVE PERFORMANCE OF SAND AND COCONUT SUBSTRATE IN URBAN WASTEWATER TREATMENT

PERFORMANCES COMPAREES DU SABLE ET DU SUBSTRAT DE COCO EN TRAITEMENT D'EAUX RESIDUAIRES URBAINES

**Martine Koné^{1*}, Gilles Comtes², Madjélia Somé¹, Inoussa Zongo¹,
Pierre Joly²**

¹*Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST),
03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso*

²*Université Claude Bernard Lyon 1, 43, Boulevard du 11 nov. 1918, 69622
Villeurbanne, France*

*Corresponding author: koneba2003@yahoo.fr

Received: January, 07, 2015

Accepted: March, 24, 2015

Abstract: Urban wastewater has been treated by infiltration-percolation on sand and on coconut substrate, in order to highlight their comparative performance. The pilots were fed to the hydraulic loading rate of $40 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ during three days a week and kept at rest the next four days. Parameters are measured on an average sample of 24 hours taken on the output of each pilot at the end of the third day of treatment. The average removal efficiencies of chemical oxygen demand (COD) were respectively, 94.8 and 39.61 % with the sand and the coconut substrate while the average yields of biochemical oxygen demand (BOD_5) were 99.01 and 98.12 %. The results showed that the average removal efficiencies of fecal coliform bacteria were respectively, 98.8 and 91 %. Conductivities have increased by an average of 39.88 % with the sand and 4.65 % with coconut substrate.

Keywords: *coconut substrate, conductivity, DBO_5 , sand, treatment, urban wastewater*

INTRODUCTION

Le Burkina Faso, à l'instar d'autres pays en développement, est confronté au manque d'infrastructures d'assainissement. Pour atteindre les objectifs visant à rehausser le taux d'accès des populations à un système d'assainissement, il a choisi une approche par l'exécution de plans stratégiques d'assainissements dans les grandes villes et les villes secondaires, consistant en la réalisation d'un réseau public séparatif de collecte des eaux usées des quartiers centraux et des unités industrielles, destinées à un traitement par lagunage à microphytes, tandis que pour les quartiers périphériques et les zones rurales, il est fait la promotion de l'assainissement individuel par des ouvrages de collecte sans traitement à l'aval. L'assainissement individuel préconisé n'étant pas accompagné de mesures concrètes pour la prise en charge des matières de vidange, en aval du système, n'y a-t-il pas risque d'une pollution diffuse à grande échelle de l'environnement et des ressources naturelles liée aux dépotages sauvages de boues de vidange ? La conséquence, ne serait-elle pas la perte du bénéfice de l'assainissement à l'échelle familiale par un retour de la pollution avec son corollaire de risques sanitaires pour les populations ? Pour apporter une contribution à la recherche de solutions idoines, ce projet de recherche entend apporter les réponses par la proposition de technologies alternatives à moindre coût [1] en termes d'assainissement semi collectif destinées aux collectivités de tailles moyennes.

C'est ainsi qu'une étude expérimentale sur pilotes, de procédés biologiques que sont les lits d'infiltration-percolation sur sable et sur substrat de coco, a été menée afin d'évaluer les performances épuratoires comparées de ces matériaux de filtration.

MATERIEL ET METHODES

Le dispositif expérimental

La Figure 1, présente le dispositif expérimental fait de fût cylindrique présentant un diamètre intérieur de 0,54 m et une hauteur d'1 m.



Figure 1. Les pilotes d'infiltration-percolation

Le pilote d'infiltration-percolation sur sable contient de bas en haut :

- 10 cm de granite de diamètre 10 à 25 mm servant de couche de drainage des eaux ;
- 10 cm de granite 3 à 8 mm qui sert de couche de transition pour éviter la migration du sable au sein de la couche de drainage ;
- 65 cm après tassement de sable moyen destiné à la filtration des eaux.

La Figure 2, donnant la courbe de répartition granulométrique du sable indique les caractéristiques suivantes :

La taille effective D10 qui correspond au diamètre des mailles de tamis qui laisse passer 10 % en masse du sable est de 0,30 mm tandis que l'ouverture de maille de tamis laissant passer 60 % en masse des particules, le D60 vaut 0,80 mm. Les fines de diamètre inférieur ou égal à 80 μm représentent 0,6 %. Nous avons ainsi un coefficient d'uniformité $D_{60} / D_{10} = 2,66$. Les caractéristiques du sable sont déterminantes pour la qualité du traitement [2, 3].

Le pilote d'infiltration-percolation sur substrat de coco présente les mêmes épaisseurs de matériaux, à la différence du précédent pilote, le sable est remplacé par 65 cm de substrat de coco après tassement.

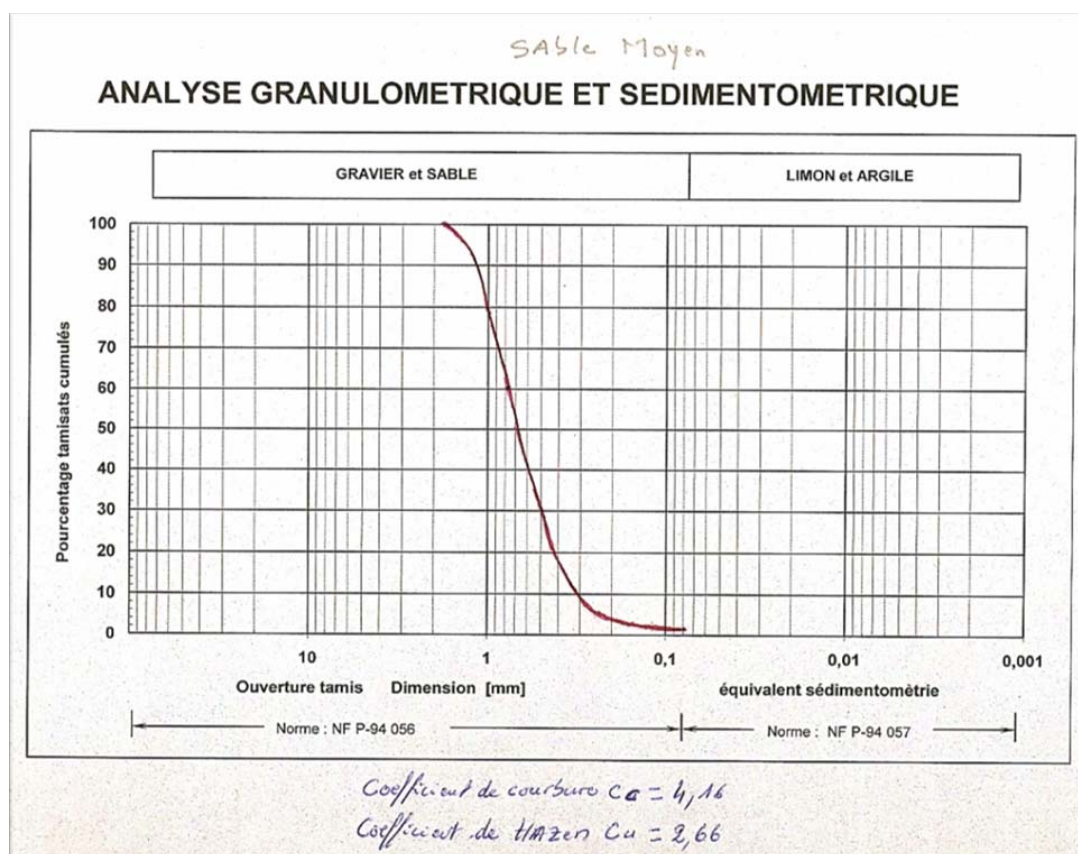


Figure 2. Courbe granulométrique du sable

Nous avons utilisé le substrat de coco constitué de la coque entière entourant la noix (enveloppe externe et bourre), du fait de la difficulté à séparer les fibres de l'ensemble (Figure 3). La bourre peut renfermer jusqu'à 35 % de fibres encore appelées coir [4].



Figure 3. *Substrat de coco*

Selon les résultats de travaux antérieurs [4, 5], le substrat de coco présente un fort taux de lignine qui explique sa grande stabilité du point de vue de la structure. La porosité de la matière de l'ordre de 95 % en volume, assure une bonne aération du massif et la teneur en air augmente avec la teneur en fibres, alors que la capacité de rétention d'eau dépend de la proportion de fines. Le substrat de coco est très riche en sels minéraux dont les chlorures, le sodium et le potassium, ce dernier pouvant atteindre des teneurs de $3500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ d'extrait de substrat [6]. Dans tous les cas les caractéristiques du substrat dépendent de son origine.

Les coques entières de coco importées de la Côte d'Ivoire ont donc été réduites en morceaux de diamètre moyen de 5 mm et macérées dans de l'eau renouvelée régulièrement pendant un mois, afin d'en extraire les sels à l'origine d'une augmentation de la conductivité du filtrat [6, 7] mais aussi et surtout les composés phénoliques qui colorent intensément le filtrat. A l'issue de cette phase de macération le massif constitué a été lavé à l'eau claire pendant une semaine pour réduire la teneur en fines et améliorer l'extraction des substances colorantes avant l'alimentation par les eaux usées.

Les pilotes inclinés de 10 % par rapport au plan horizontal présentent un trou unique de 4 cm de diamètre sur le fond pour servir de sortie des eaux traitées.

Les abréviations des appellations des pilotes sont les suivantes :

FS : Le pilote d'infiltration-percolation sur sable

FC : Le pilote d'infiltration-percolation sur substrat de coco

Brute : effluent d'alimentation issu du bassin anaérobie de lagunage des eaux résiduaires urbaines (ERU) de Ouagadougou.

Rythme et mode d'alimentation des pilotes

L'effluent d'alimentation est prélevé dans un bassin anaérobie de la station de lagunage à microphytes qui reçoit les eaux usées domestiques des quartiers centraux, d'une brasserie et de l'abattoir frigorifique de la ville. Ces eaux de typologie domestique font un séjour moyen de cinq jours en anaérobiose, ce qui assure un premier abattement sur la pollution carbonée et les MES. Le Tableau 1 donne les caractéristiques des eaux usées à la sortie du bassin anaérobie où elles sont prélevées. On note que ces eaux ont un caractère très biodégradable puisque le rapport des valeurs moyennes $\text{DCO}/\text{DBO}_5 < 1,5$.

Tableau 1. Valeurs caractéristiques des paramètres mesurés pour l'effluent d'alimentation issu du bassin anaérobie de lagunage à microphytes

Paramètres	Nombre d'échantillons	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne	Ecart type
DCO (mg O ₂ ·L ⁻¹)	18	800	1130	905,94	94,53
DBO ₅ (mg O ₂ ·L ⁻¹)	18	500	884	657,92	145,26
CE (μS·cm ⁻¹)	18	1066	1737	1282,1	210,18
CF (UFC / 100 mL)	10	396000	2784000	1139333	908838

Les pilotes sont alimentés en deux bâchées à 8 heures et 14 heures 30 minutes, trois jours par semaine et laissés au repos les 4 jours suivants, au débit de 40 L·m⁻²·j⁻¹ et ce pendant 5 mois.

Pendant la période d'expérimentation, sous climat de type soudano-sahélien ensoleillé, chaud et sec la majeure partie du temps, les températures moyennes mensuelles ont varié entre 17,2 °C et 39,9 °C.

Prélèvements et analyse des échantillons

Les analyses ont été effectuées sur l'effluent d'alimentation utilisé le dernier jour et sur les prélèvements moyens de 24 heures, correspondant à l'issue du traitement, et ce, à la sortie de chaque pilote. Les paramètres concernés sont la DCO, la DBO₅, la conductivité électrique, le pH et les coliformes fécaux (CF). Le Tableau 2 indique les caractéristiques des filtrats des deux pilotes à l'issue du traitement, le troisième jour.

Tableau 2. Valeurs caractéristiques des paramètres mesurés avec les filtrats issus de FC et FS

Paramètres	Pilotes	Nombre d'échantillons	Valeur minimale	Valeur maximale	Moyenne	Ecart type
DCO (mg O ₂ ·L ⁻¹)	FS	18	15	84	45,66	16,88
	FC	18	357	897	544,77	132,93
DBO ₅ (mg O ₂ ·L ⁻¹)	FS	18	2	10	6,46	2,72
	FC	18	6	20	12,07	3,77
CE (μS·cm ⁻¹)	FS	18	1107	1296	1165,11	58,17
	FC	18	518	867	734,11	124,21
CF (UFC / 100 mL)	FS	10	0	36000	7333	14403
	FC	10	34000	206000	74333	65719

La DCO est déterminée par oxydation au dichromate de potassium en milieu acide conformément à la norme AFNOR T-90-101. La lecture de la valeur de l'absorbance est faite par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 600 nm ou 420 nm selon la gamme de DCO choisie.

La DBO₅ est déterminée par la méthode manométrique avec des manomètres Oxitop WTW, selon la norme NF 90-103.

La conductivité électrique et le pH sont mesurés avec le multimètre multi 340 i de WTW.

Après une filtration sur membrane et une mise en culture gélose ("Chromocult Agar ES") le dénombrement des coliformes thermotolérants est fait conformément à la norme NF EN ISO 9308-1 (Septembre 2000).

La teneur en Ca^{2+} a été dosée par titrimétrie par la détermination du titre hydrotimétrique total, puis du titre hydrotimétrique calcique. De ces deux mesures, on en déduit le titre hydrotimétrique magnésium (TH Magnésium) et partant la teneur en Mg^{2+} . Il s'agit d'une méthode complexométrique conforme à la norme NF T 90-003.

Nous avons utilisé le logiciel STATISTICA version 6 pour analyser les résultats. La performance comparée des filtres plantés FPA et FPV est testée avec un niveau de significativité de 0,05 par utilisation du test de Wilcoxon pour échantillons appariés.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Elimination de la pollution carbonée

La demande chimique en oxygène

Les Figures 4a et 4b présentent l'évolution comparée de la DCO au niveau des pilotes FS et FC aux charges hydrauliques de $20 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ et $40 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$.

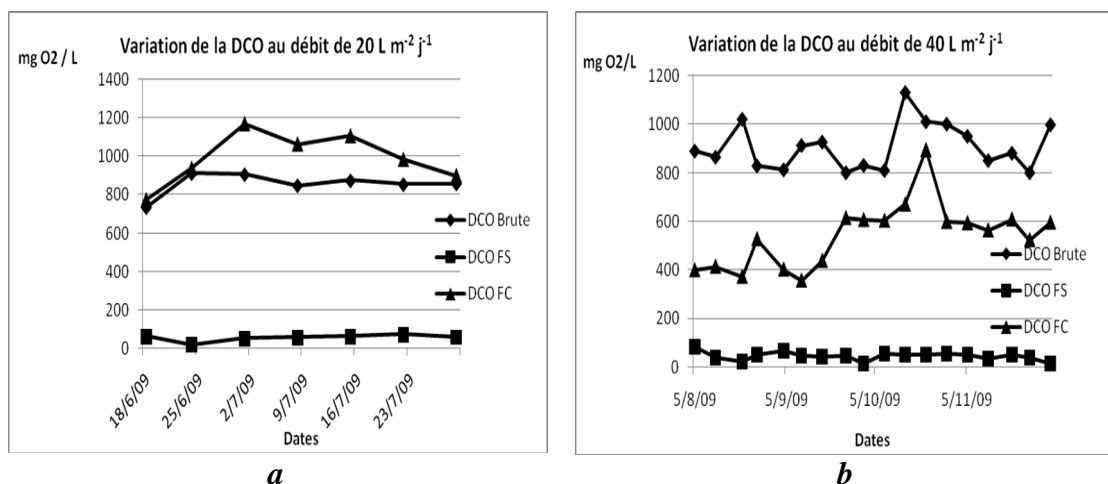


Figure 4. Evolution temporelle de la DCO aux différents débits
(a. $20 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$; b. $40 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)

La charge hydraulique de $20 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ a été utilisée dès la mise en œuvre des pilotes et elle intervient dans un souci de comparaison avec des résultats obtenus en particulier pour ce qui est de FC. Les abattements sur la DCO restent importants avec le réacteur d'infiltration-percolation sur sable pour des rendements moyens de 93,45 % au débit $20 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ et 94,89 % à celui de $40 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$. On note une évolution de la DCO presque régulier dans le temps lorsque le débit passe de 20 à $40 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ s'agissant du réacteur FS. Par contre avec le deuxième réacteur biologique le rendement moyen sur l'élimination de la DCO est négatif au débit de $20 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ (- 15,92 %), alors que les rendements restent positifs durant toute la période où le débit est porté à $40 \text{ L} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ avec des abattements variant entre 11,18 et 63,43 %.

L'analyse statistique des variables donne une différence significative entre les performances de FS et FC avec $p < 0,05$.

Le comportement de FC dénote une extraction de la matière à partir du substrat de coco en dépit du lessivage préalable avant la mise en œuvre du pilote. Si cette extraction de matière est observable par la coloration du filtrat nous l'avons confirmée par l'analyse des composés phénoliques dont la bourre de coco est réputée être riche [4, 8]. La quantité de phénols totaux des échantillons s'exprime en mg d'équivalent acide gallique par gramme de substrat (EqAG / g). Sur un filtrat obtenu après cinq macérations renouvelées chaque semaine de 5 g de substrat dans 200 mL d'eau distillée, l'analyse révèle une teneur de 0,119 mg EqAG / g alors que dans les mêmes rapports, substrat de coco brut/eau distillée la teneur en composés phénoliques est de 0,313 mg EqAG / g après seulement 24 heures d'extraction.

Ces valeurs confirment l'extraction de composés phénoliques dont les tanins et ce en dépit du lessivage par macération. Ce sont ces composés très peu biodégradables qui confèrent par ailleurs au substrat de coco sa grande résistance à la putréfaction (dégradation biologique) [4, 9] qui sont à l'origine de la DCO ajoutée au niveau de FC. L'amélioration des performances de ce pilote pourrait s'expliquer par l'épuisement progressif des réserves de composés phénoliques mais également par la réduction du temps de contact entre le substrat et les eaux usées par l'augmentation de la vitesse de percolation avec le débit qui a doublé [10].

Lee et ses collaborateurs [11] ont noté un rendement moyen de 80 % sur un effluent synthétique d'élevage de porc en utilisant comme support de culture des fibres de coco.

La demande biochimique en oxygène

La Figure 5 qui rend compte de l'évolution temporelle de la DBO_5 montre des abattements importants sur ce paramètre, puisque les teneurs moyennes relevées sont respectivement de $6,46 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ et $12,07 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ à la sortie des pilotes FS et FC alors que la teneur moyenne en DBO_5 de l'effluent d'alimentation était de $658 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Le test de Wilcoxon pour échantillons appariés donne une différence significative entre les performances de FS et FC avec $p < 0,05$.

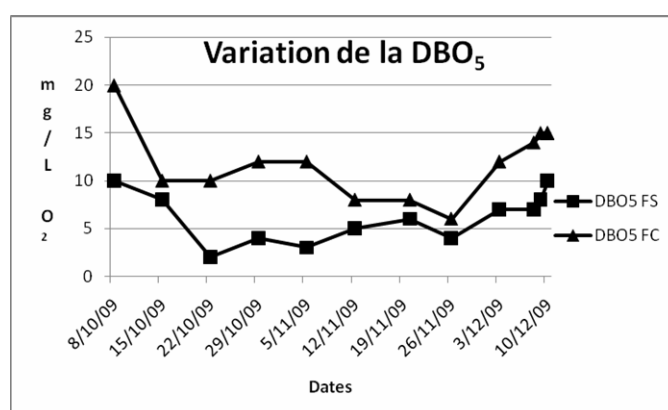


Figure 5. Evolution temporelle de la DBO_5 des filtrats issus des pilotes FS et FC

Quand on analyse l'évolution de la DBO_5 , la thèse précédente se confirme. En effet, les abattements sur la pollution biodégradable sont quasi équivalents entre FC et FS avec des rendements moyens respectifs de 98,12 et 99,01 % alors que l'analyse statistique

des variables donne une différence significative avec $p < 0,05$. Cette performance sur la DBO_5 montre que le substrat de coco peut être considéré comme un bon support de culture pour les bactéries d'autant plus qu'en termes de diffusion de l'oxygène il présente une structure poreuse pouvant atteindre 95 % du volume, plus importante comparativement à celle du sable [4, 6]. Martin et Anderson, rapportent des rendements d'élimination de la DBO_5 de l'ordre de 98 % aussi bien avec de la tourbe que du sable, en traitement des eaux usées domestiques par infiltration-percolation [12].

L'élimination de la pollution carbonée biodégradable étant favorisée par la bonne aération du massif [13], l'alimentation en deux bâchées assure une bonne oxygénation du massif par diffusion de l'oxygène dissous et par convection de l'oxygène atmosphérique emprisonné à travers le support, lequel oxygène est indispensable au métabolisme des bactéries anaérobies qui interviennent dans le processus de biodégradation de la matière. Le taux de transfert d'oxygène par convection est plus important que celui diffusif [10]. En outre, la succession de phases d'alimentation et de repos permet une autorégulation par respiration endogène et par dessiccation de la biomasse réduisant ainsi les risques de colmatage du massif tout en assurant la ré-oxygénation du massif pendant les phases de repos [14].

La conductivité et le pH

Comme l'indique la Figure 6, on a une baisse notable de la conductivité avec FC contrairement à FS dont les valeurs restent proches de celles de l'effluent brute. En effet, l'analyse statistique des variables montre une différence significative entre FS et FC avec $p < 0,05$, tandis que nous relevons une différence non significative s'agissant de FS et l'effluent brut. En termes de rendements moyens sur ce paramètre FC assure 39,88 % d'abattement sur les sels minéraux contre seulement 4,65 % pour FS qui présente quelques fois des rendements négatifs atteignant - 8 %.

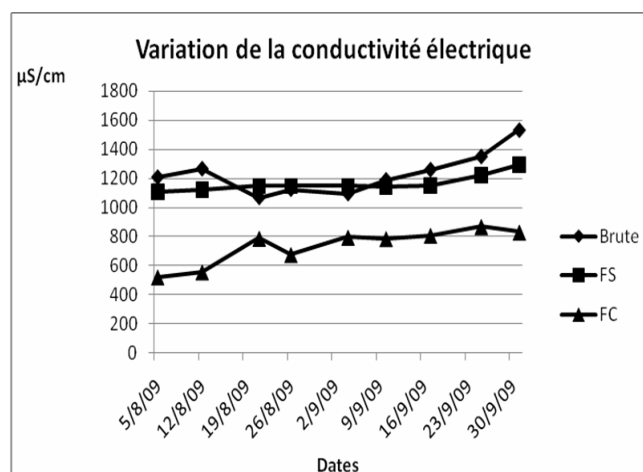


Figure 6. Evolution de la conductivité électrique des filtrats en rapport avec les teneurs de l'effluent d'alimentation

S'agissant du pH, la Figure 7 indique que les filtrats ont présenté une tendance générale et continue à l'alcalinisation avec des pH moyens respectifs de 8,58 et 8,30 pour FS et FC pour des pH proches de 7,57 quant aux eaux usées d'alimentation. Par ailleurs le test

de Wilcoxon pour échantillons appariés montre une différence non significative avec $p > 0,05$ entre les valeurs de pH relevées avec les filtrats issus des deux pilotes.

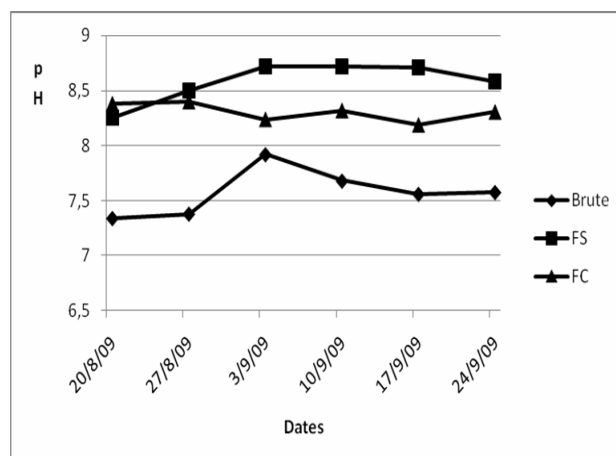
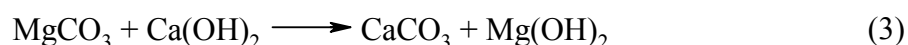


Figure 7. Evolution du pH des filtrats à l'issue du traitement par FS et FC comparativement aux valeurs de pH l'effluent d'alimentation

Du rendement relevé sur la conductivité avec FC, on en déduit un avantage du substrat de coco sur le sable quant à l'élimination des sels minéraux à l'origine de la forte conductivité de l'effluent d'alimentation.

En effet, l'effluent reçu à la station est essentiellement de typologie agroalimentaire, quand on sait que les eaux usées provenant de l'abattoir frigorifique et celles domestiques issues du centre-ville constituent moins de la moitié des charges hydrauliques entrantes, ce alors que la brasserie rejette des eaux salines générées essentiellement par le processus d'adoucissement de l'eau utilisée pour la fabrication de la bière. Cela consiste en une décarbonatation par élimination d'ions hydrogénocarbonates de calcium et de magnésium.

Les réactions d'adoucissement par décarbonatation sont données ci-dessous :



En outre, nous avons constaté que l'effluent d'alimentation, en dépit du séjour en bassin anaérobie, demeure riche en ces ions puisque les concentrations en Ca^{2+} et Mg^{2+} relevées sont respectivement de $32 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ et $9,72 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ avec un titre hydrotimétrique de 12°F , dénotant ainsi le caractère « dure » des eaux à l'entrée. Ces ions sont adsorbés sur le massif filtrant au fil du temps avec une saturation des sites d'adsorption par la suite et un relargage de ces ions avec pour conséquence une augmentation de la conductivité [15].

La présence des ions carbonates et hydrogénocarbonates explique également l'alcalinisation du milieu filtrant aussi bien avec FS qu'avec FC. Ouattara et ses collaborateurs ont relevé des résultats contraires par utilisation d'un filtre à sable

donnant un filtrat de pH acide et en baisse par rapport à ceux de l'effluent brut, avec cependant des eaux usées domestiques [16].

S'agissant de l'évolution temporelle de la conductivité, avec le substrat de coco, les valeurs sont plus faibles que celles des eaux usées d'alimentation contrairement au massif de sable qui a présenté des conductivités proches de celles des eaux usées brutes. Ce phénomène pourrait s'expliquer par le fait que le substrat de coco est naturellement riche en sels minéraux [6] qui sont éliminés par lessivage laissant ainsi des sites inoccupés. Ces derniers seront progressivement occupés par les ions provenant des eaux usées, avec une plus grande capacité d'adsorption comparativement au sable. Du reste la Figure 6 montre bien des rendements d'élimination plus importants avec FC, avec cependant des valeurs de conductivité en hausse au fil du temps. L'occupation plus importante et progressive des sites d'adsorption du substrat de coco est mise en exergue par une valeur moyenne de conductivité de $332 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, relevée avec le débit $20 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ contre $734 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ à $40 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$. A l'inverse de nos résultats sur le filtre à sable, Ouattara et collaborateurs font état d'une baisse systématique de la conductivité, mais plus marquée avec un lit témoin non planté comparativement à un lit planté de *Panicum maximum* [16].

Le test de Wilcoxon pour échantillons appariés a donné, comme cela était prévisible, une différence significative quant aux performances entre FC et FS avec des rendements d'élimination respectifs de 39,88 et 4,65 % et $p < 0,05$, il en va autrement pour l'analyse comparée des variables concernant FS et le brute ou la différence n'est pas significative avec $p > 0,05$.

La faible performance de FS pourrait s'expliquer essentiellement par sa moindre capacité à adsorber les ions comparativement à FC, mais également par la saturation plus rapide des sites d'adsorption des ions et un relargage possible par la suite puisqu'avec les débits successifs ci-dessus donnés nous avons relevé des conductivités moyennes de 828 et $1165 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ respectives. Par ailleurs, en occultant pas l'impact de l'évaporation sous climat soudano-sahélien non négligeable en cette période de l'année, associé à la rétention d'eau par le massif par imbibition, on se rend compte que ces facteurs n'ont pu induire une grande différence de comportement entre le substrat de coco et le sable, puisque les débits restitués à l'issue du traitement sont respectivement de 88,88 % et 84,22 % avec FC et FS. Pour corroborer ces résultats, Koné et collaborateurs ont relevé des comportements similaires avec un filtre à sable aéré comparativement à un filtre à fibres de coco aéré [8]. En outre, une étude similaire menée par Martin et Anderson sur différents matériaux de filtration dont le sable et la tourbe qui joue le même rôle que le substrat de coco, a mis en évidence une saturation progressive du sable alors que la tourbe n'a présenté aucune tendance à la saturation après 17 mois de fonctionnement [12].

Les coliformes fécaux

Les résultats d'analyses montrent que le filtre à sable assure un abattement de plus d'1 Ulog supplémentaire en comparaison de FC. En effet, l'élimination des coliformes fécaux, germes indicateurs de pollution fécale est plus importante avec FS pour un abattement de 2,84 Ulog pour un rendement épuratoire de 98,98 %, alors que le substrat de coco pour un rendement moyen de 90,51 % assure un abattement de 1,25 Ulog et l'analyse statistique des variables donne une différence significative avec $p < 0,05$ entre

les performances des deux réacteurs biologiques. L'abattement sur les CF est inhérent à la rétention physique par les massifs filtrants, à leur adsorption sur le support et à l'élimination par la compétition entre espèces vivant dans le milieu.

Des travaux similaires ayant portés sur un lit planté de macrophytes et un lit témoin non planté, font état de rendements épuratoires sur *Escherichia coli*, de 98 et 90 % respectivement [16]. L'infiltration-percolation d'eaux usées issues de fosses septiques, sur sol en place et sur sable a permis à Harrison et ses collaborateurs de dégager des abattements de 91 et 99,8 % sur l'élimination des CF [17]. Quant à Gnagne et Brissaud ils ont montré l'impact du temps de repos sur la qualité du traitement relativement aux conditions climatiques. C'est ainsi qu'ils ont rapporté des abattements sur les CF de 94 % pour un temps de repos d'un jour par semaine contre 89 % pour 5 jours de repos par semaine, en traitement d'eaux usées d'abattoir très chargées, dans les mêmes conditions climatiques que les nôtres, quand en France la durée de la phase de repos préconisée est en moyenne le double de celle de la phase d'alimentation. Ces résultats laissent entrevoir que contrairement au climat tempéré, celui sahélien exige un temps de d'alimentation supérieur au temps de repos comme phases d'alternance pour une efficacité de traitement [18].

D'autres travaux similaires réalisés avec du sable comme support de culture font état de rendements comparables sur l'élimination de *Escherichia coli* [16, 17] tandis que sur *Clostridium perfringens*, les rendements d'élimination plus faibles sont de 86,2 et 87,7 % avec les mêmes milieux de filtration [16].

CONCLUSIONS

Au terme de cette étude nous pouvons tirer les conclusions principales qui suivent.

Le substrat de coco à l'image du sable peut être utilisé avantageusement dans le traitement d'eaux résiduaires urbaines avec des rendements tout aussi importants sur l'élimination de la pollution biodégradable (DBO_5). Cependant, pour éviter une augmentation de la DCO par l'extraction de composés phénoliques issus du substrat de coco, il importe de mettre en œuvre un moyen de lessivage poussé de ces substances avec pour avantage l'amélioration concomitante des performances de ce support de filtration en termes d'abattement sur les sels minéraux, par la libération grâce au lessivage des sites d'adsorption des ions. Cependant pour pallier cet inconvénient, l'utilisation de coques mures d'une part et la séparation de la bourre de l'enveloppe dure externe d'autre part, pourrait aider à un lessivage rapide quand on sait que le fruit non mur est plus riche en composés phénoliques et que par expérience, après 32 mois de fonctionnement, l'extraction de ces substances est toujours importante rendant le filtrat rouge brun.

De façon générale, les pH ont connu une hausse du même ordre de grandeur au sein des supports de culture eu égard à la spécificité des eaux usées qui ont un caractère « dure ». Aussi pensons-nous qu'avec des eaux usées purement domestiques, sans apport industriel, le milieu ayant montré des propriétés oxydantes avec l'élimination par oxydation de la pollution carbonée, la tendance sera à l'acidification avec les deux matériaux de filtration. En somme, le substrat de coco, en tant que support de filtration dans le traitement des eaux usées, présente un intérêt certain dans l'élimination de la pollution.

REFERENCES

1. Maunoir, S., Philip, H., Rambaud, A.: Small wastewater treatment plants in mountain areas: combination of septic tank and biological filter, *Water Sciences and Technology*, **2007**, 56 (10), 65-71;
2. Corsin, P., Mauguin, G., Villain, N.: Le sable de filtration, *L'Eau, l'Industrie, les Nuisances*, **2005**, 278, 41-44;
3. Kouamé, Y.F., Gnagne, T., Konan, K.F., Yéo, T.M., Houenou, P.V., Brissaud, F.: Choix du matériau poreux pour l'épuration des boues de vidange des fosses septiques par lit de séchage à écoulement non saturé (LSENS), *Tribune de l'Eau*, **2007**, 60 (642), 15-24;
4. FALIENOR: Nouvelle normalisation européenne des supports de culture et amendements, *Substrats (La lettre d'information Falienor-Terreux de France)*, **2003**, 11 (1-2), http://www.falienor.com/pages/actualites/pdf/substrat/substrats_11.pdf;
5. FALIENOR: La fibre de coco : matière première à part entière, *Substrats (La lettre d'information Falienor-Terreux de France)*, **2006**, 17 (3-4), http://www.falienor.com/pages/actualites/pdf/substrat/substrats_17.pdf;
6. Morel, Ph., Poncet, L., Rivière, L.-M.: *Les supports de culture horticoles : les matériaux complémentaires et alternatifs à la tourbe*, INRA Editions, Paris, **2000**, 87 p.;
7. Koné, M., Bonou, L., Koulidiati, J., Joly, P., Sodrè, S., Bouvet, Y.: Traitement d'eaux usées urbaines par infiltration percolation sur sable et sur substrat de coco après un bassin anaérobie de lagunage sous climat tropical, *Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science*, **2012**, 25 (2), 139-151;
8. Gonzalez, M.H., Araújo, G.C.L., Pelizaro, C.B., Menezes, E.A., Lemos, S.G., Batista de Sousa, G., Nogueira, A.R.A.: Coconut coir as biosorbent for Cr(VI) removal from laboratory wastewater, *Journal of Hazardous Materials*, **2008**, 159 (2-3), 252-256;
9. Naasz, R.: *Flux couplés d'eau et d'oxygène dans les supports de culture organiques : Analyse et modélisation*, Thèse de Doctorat, Institut National d'Horticulture d'Angers, France, **2005**, 367 p.;
10. Wanko, A., Mose, R., Sadowski, A.: Simulation des transferts réactifs multi-constituants au sein des lits d'infiltration percolation – évaluation des capacités d'oxygénation, *Revue des Sciences de l'Eau / Journal of Water Science*, **2006**, 19 (3), 199-212;
11. Lee, S., Lee, H., Lee, S., Chitapornpan, S., Chiemchaisri, C., Polprasert, C., Ahn, K.: Media configuration and recirculation of upflow anaerobic floating filter for piggery wastewater treatment, *Korean Journal of Chemical Engineering*, **2007**, 24 (6), 980-988;
12. Martin, D.G., Anderson, B.C.: Performance evaluation, comparison and modeling of passive wastewater treatment systems, *Journal of Environmental Engineering and Science*, **2007**, 6, 691-702;
13. Molle, P., Lienard, A., Boutin, C., Merlin, G., Iwema, A.: Traitement des eaux usées domestiques par marais artificiels : état de l'art et performances des filtres plantés de roseaux en France, *Ingénieries - Eau Agriculture Territoires*, **2004**, (n° spécial - Assainissement, marais artificiels et lagunage : retours d'expérience en Europe), 23-32;
14. Alexandre, O., Boutin, C., Duchène, P., Lagrange, C., Lakel, A., Liénard, A., Orditz, D.: *Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités* (Document technique FND AE n° 22), Cemagref-Editions, Lyon, **1998**, 96 p., <http://www.fndae.fr/documentation/PDF/Fndae22web.pdf>;
15. Morani, F., Giardini, L.: Municipal wastewater treatment with vertical flow constructed wetlands for irrigation reuse, *Ecological Engineering*, **2009**, 35 (5), 643-653;
16. Ouattara, J.-M.P., Coulibaly, L., Manizan, P.N., Gourene, G.: Traitement des eaux résiduaires urbaines par un marais artificiel à drainage vertical planté avec *Panicum Maximum* sous climat tropical, *European Journal of Scientific Research*, **2008**, 23 (1), 25-40;
17. Harrison, R.B., Turner, N.S., Hoyle, J.A., Krejzl, J., Tone, D.D., Henry, C.L., Isaksen, P.J., Xue, D.: Treatment of septic effluent for fecal coliform and nitrogen in coarse-textured soils: Use of soil-only and sand filter systems, *Water, Air, and Soil Pollution*, **2000**, 124 (1-2), 205-215;
18. Gnagne, T., Brissaud, F.: Etude des limites de l'épuration par infiltration sur sable des eaux usées fortement chargées en matières oxydables de l'abattoir de Ouagadougou au Burkina Faso, *Sud Sciences et Technologies*, **2002**, 2, 34-41.