

POSSIBILITE D'ELIMINATION DES POLLUANTS DES EAUX USEES URBAINS SOUS CLIMAT ARIDE PAR FILTRE PLANTE DU *CYPERUS PAPHYRUS*

LEILA MIMECHE⁽¹⁾, MAHMOUD DEBABECHE⁽²⁾, NORA SEGHAIRI⁽³⁾, NASSIMA BENAMEUR⁽⁴⁾

^(1,2,3,4)Laboratoire de Recherche en Génie Civil, Hydraulique, Développement Durable et Environnement. Université de Biskra. mimeche@yahoo.fr

RESUME

Dans les pays en développement, l'utilisation d'espèces végétales comme les plantes émergentes dans les zones aride peuvent ajouter des avantages économiques pour traiter les eaux usées. Dans ce travail, *Cyperus Papyrus*, une plante aquatique, émergente a été utilisée dans un filtre pour épuration des eaux usées urbains sous un climat aride. Plusieurs paramètres de la qualité de l'eau ont été évalués à l'entrée et à la sortie du pilote expérimentale. Les résultats obtenus pour l'élimination des polluants étaient significatives pour la plupart des polluants. Une élimination moyenne de plus de 80% pour la DBO (demande biochimique en oxygène) et la DCO (demande chimique en oxygène); 82% pour les MES (matière en suspension), 72,2% pour le NH_4^+ (ammonium), 50% pour les PO_3^- (phosphate), 59% pour les NO_3^- (nitrates) et 96,9% pour les CT (coliformes totaux). Les rendements d'élimination de polluants étaient semblables aux résultats obtenus dans de nombreuses études sur les macrophytes. La plante a survécu à la période de 12 mois d'expérimentation. Cela suggère qu'il est possible d'utiliser le *Cyperus Papyrus* comme une plante épuratrice des eaux usées urbaines sous un climat semi-aride.

MOTS CLES: Effluents, traitement, *Cyperus Papyrus*, Zone aride, lits plantés.

ABSTRACT

In developing countries, the use of plants as emergent plants in wetlands can add economic benefits to treat wastewater. In this work, an aquatic plant *Cyperus Papyrus* emerging planted in a filter has been used for the treatment of domestic wastewater in an arid climate. Several parameters of water quality were evaluated at entry and exit system pilot scale. The results for the removal of pollutants were significant for most pollutants. A mean elimination of over 80% for BOD (biochemical oxygen demand) and COD (chemical oxygen demand), 82% for the SST (suspended solids total), 72.2% for NH_4^+ (ammonium), 50% for total P (phosphate) and 96.9% for TC (total coliforms). The removal efficiencies of pollutants were similar to the results obtained in many studies on macrophytes. The plant has survived the 12-month period of experimentation. This suggests that it is possible to use as a plant *Cyperus Papyrus* purifying urban wastewater.

KEYWORDS: Effluent, treatment, *Cyperus Papyrus*, arid area, planted filter.

1 INTRODUCTION

L'utilisation des filtres plantés pour traitement des eaux usées est en augmentation partout dans le monde, aux Etats-Unis, ainsi que dans l'Europe. Dans les USA existe autour de 8000 installations, tandis qu'en Allemagne l'estimation est d'environ 50.000 (Vymazal, 2005a). Donc ces systèmes sont devenus de plus en plus populaire et actuellement ils font l'objet de recherches intensives, principalement en Europe, afin d'optimiser leurs paramètres de conception de base (Wand et al, 2007;. Brix et Arias, 2005). Il est bien

documenté que ce type de système est très efficace non seulement pour l'abattement de la DBO, de la DCO et MES, mais aussi pour la nitrification, (Arias et al, 2005; Prochaska et al., 2007) parce qu'ils sont inondés par intermittence permettant à l'air de remplir les pores du substrat dans le lit (Prochaska et Zouboulis, 2006) et à l'amélioration, de cette manière, de transfert d'oxygène de l'atmosphère vers le système.

Dans les pays en développement l'utilisation des filtres plantés est certainement inférieure par rapport à leur utilisation en Europe ou aux États-Unis, malgré le potentiel

énorme et la grande nécessité de ces pays à mettre en œuvre des systèmes de traitement à faible coût. Le climat chaud et la richesse de la biodiversité dans la plupart des pays en développement autorisent l'utilisation de ce système. Dans ce travail, l'objectif est d'évaluer l'efficacité des filtres plantés de *Papyrus Cypurus* pour l'élimination des polluants des eaux usées urbaines de la ville de Biskra situé dans une zone aride (sud algérien).

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Description du pilote expérimental

Cette étude a été réalisée à la station de la phytoépuration de l'université de Biskra. La ville de Biskra, située au sud-est de l'Algérie, est caractérisée par un climat aride avec un été très chaud, sec et un hiver doux. Le protocole expérimental est constitué des bacs de 40 l de capacité, remplis avec des couches en superposition de gravier de plus gros en bas vers le diamètre le plus petit en haut. La couche basale est constituée de gravier de diamètre moyen de 4 cm avec une épaisseur variante de 3 à 4 cm, la couche suivante est de 20 mm de diamètre et de 7 cm d'épaisseur, suivit par la troisième couche remplis sur une épaisseur aussi de 7 cm avec 10 mm diamètre. La quatrième et dernière couche est de 5 mm de diamètre remplissant une épaisseur de 3 à 4 cm. Pour s'assurer de la fiabilité des essais, il a été prévu deux répétitions. Chaque bac est planté de 10 jeunes tiges de *Papyrus cypurus* et alimenté par 15 l d'eau usée d'un rejet municipal dit Chaâbat Rouba, situé à 4 km de l'aire expérimentale.

Le papyrus (*Cyperus papyrus*) de la famille des cypéracées, est une plante qui pousse notamment dans les milieux gorgés d'humidité. Aujourd'hui, elle est considérée comme une plante d'ornement, elle est constituée d'une tige ligneuse de section triangulaire supportant des feuilles disposées en étoile à son sommet. Elle peut atteindre plusieurs mètres de haut. Son feuillage est de couleur vert jade, longs, fins, persistants, avec des épillets bruns. Ses racines sont constituées de gros rhizomes raides (Fig.1).

2.2 Mesure des paramètres de qualité de l'eau

Le système d'épuration a commencé à fonctionner, au début d'octobre 2013, il a été autorisé à se stabiliser pendant trois mois. Après cette période, une série d'échantillonnage a commencé au mois de janvier et s'est poursuivi pendant 12 mois pour la plupart des paramètres. Le temps de séjour proposé est de cinq jours. Les échantillons des eaux usées sont pris directement du rejet alors que ceux des eaux traitées sont pris du fond des bassines. Les paramètres physico chimique et bactériologique sont mesurés comme décrit dans les méthodes standard des eaux usées: les matières en suspension (MES) par filtration sur disque filtrant en fibres de verres GF/C (AFNOR, T90-23); la demande biochimique en oxygène (DBO) par dilution et ensemencement; la demande chimique en oxygène (DCO)

par oxydation par excès de dichromate de potassium en milieu sulfurique à ébullition; les nitrates (NO_3^-) par spectrométrie au fluoro-phénol après distillation; les phosphates (PO_4^{3-}) par spectrométrie et enfin l'ammonium (NH_4^+) par acidimétrie après distillation.

En outre, les analyses bactériologiques ont été réalisées par ensemencement dans de différents milieux de cultures et d'enrichissement de bactéries, et après incubation de ces échantillons, on effectue l'identification biochimique par galeries (API 20 E). Pour l'identification des coliformes totaux, on a utilisé la technique de numération des microorganismes (ISO: International Organization for Standardization).



Figure 01: Feuilles et racines de *Papyrus Cypurus*

3 RÉSULTAT ET DISCUSSION

3.1 L'efficacité du système pour l'élimination des polluants

Les résultats d'analyses de l'eau effectués sur l'affluent et les effluents du système, sont présentés dans les figures 2 à 9. Les paramètres sont représentés en moyenne mensuels (pour chaque mois quatre séries d'analyse sont réalisées).

3.1.1 Demande biochimique en oxygène

Comme prévu, une efficacité d'élimination de la DBO dans le filtre planté est observé (Fig.2). Le rendement d'élimination est compris dans la plage de résultats trouvés dans la littérature pour des systèmes similaire et ils peuvent être considérés comme modérément élevé (Vymazal, 2007; Vymazal, 2005a). Ces résultats coïncident avec ceux trouvés par Cristina et al. (2015) qui ont montré que les filtres plantés avec une variété d'espèces ou avec une seule espèce permettent un traitement efficace des eaux usées. Très probablement, la présence d'une espèce fournit une répartition plus efficace des racines et un habitat plus propice qui favorise le développement d'une grande diversité des communautés microbiennes. En outre, l'intensité et la diversité des racines retardent le passage des eaux usées dans le système ce qui augmente le temps de rétention, et en conséquence, les rendements d'élimination.

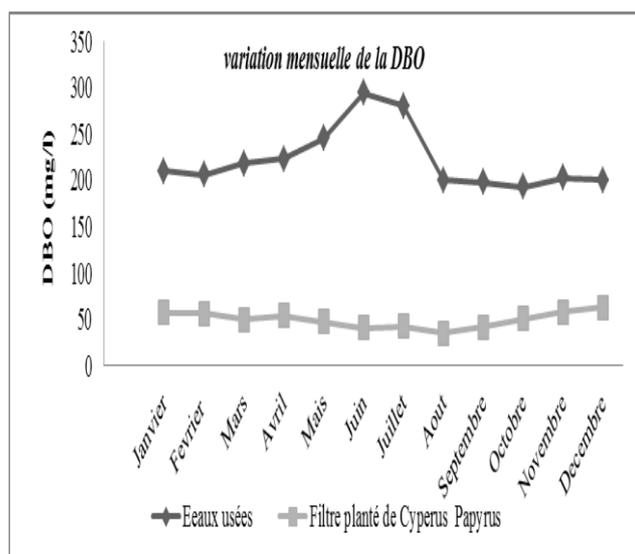


Figure 02: Concentration de la DBO dans le pilote expérimentale de janvier 2014 à décembre 2014

3.1.2 Demande chimique en oxygène

Comme les résultats de DBO, le rendement global moyen de la DCO est très élevé (plus que 80%) (Fig.3). Le filtre planté de *Papyrus Cypurus* était efficace dans le traitement des eaux usées utilisés. Ces résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs Vymazal, J., 2007, Brix, et Arias, 2005 et Bensmina.Mimeche et al., 2013.

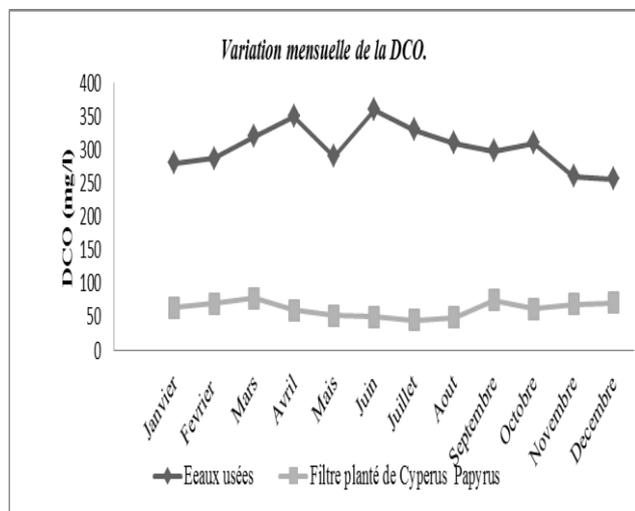


Figure 03: Concentration de la DCO dans le pilote expérimentale de janvier 2014 à décembre 2014

3.1.3 Matière en suspension

En contraste avec les résultats obtenus pour la DBO et la DCO, l'enlèvement de MES est important dans le bac planté de *Payrus Cypurus*. Dans les zones humides artificielles, les MES sont enlevés principalement par les processus physiques tels que la sédimentation et la filtration (Cristina, et al., 2015) suivie de la dégradation microbienne aérobie ou anaérobie à l'intérieur du substrat (Zurita. et al.,

2006). Ces processus sont obtenus lorsque les eaux usées passent par le système à une vitesse faible en raison de la présence de la végétation et le substrat (Cristina, et al.,2015). Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que les conditions requises pour une bonne sédimentation et la filtration ont été atteints, conduisant à une plus faible concentration de MES dans les eaux traitées (Fig. 4). Les moyennes globales d'élimination sont semblables à celles trouvés par d'autres auteurs, par exemple, les résultats obtenus par Cristina, et al., (2015) et Bensmina-Mimeche et al., (2010) fait état d'une fourchette de valeurs de 81,4 à 95% d'enlèvement.

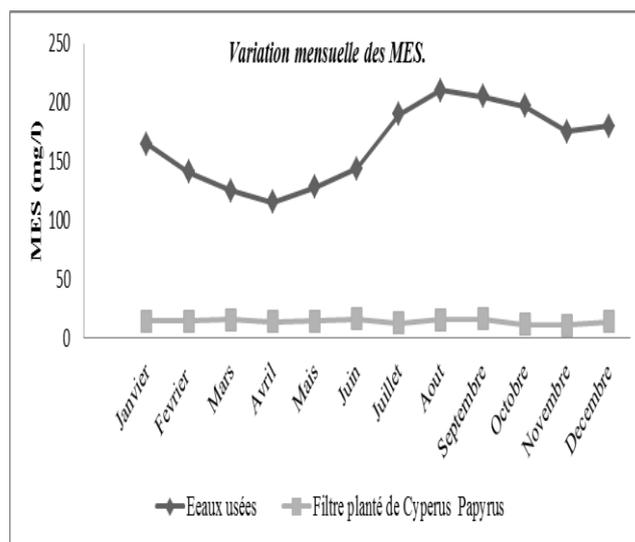


Figure 04: Concentration de la MES dans le pilote expérimentale de janvier 2014 à décembre 2014

3.1.4 Ammonium

Bien que l'élimination de l' NH_4^+ était faible au cours des deux premiers mois de la période d'étude (Fig. 5), le transfert moyen de NH_4^+ tout au long de l'étude était plus élevé que ceux signalés comme des valeurs moyennes dans d'autres pays, tels que, du Nord Amérique, 24,6%

(Cristina, et al., 2015), la République tchèque, 42,7% et au Danemark, 32,9% (Vymazal, 2007). En ce qui concerne le déménagement de NH_4^+ dans les filtres plantés, ils étaient plus de 80% au cours du premier deux mois, mais baisse au cours des trois derniers mois (Fig. 5), probablement, pendant ce temps la suppression de NH_4^+ est assuré par le biais de leur adsorption.

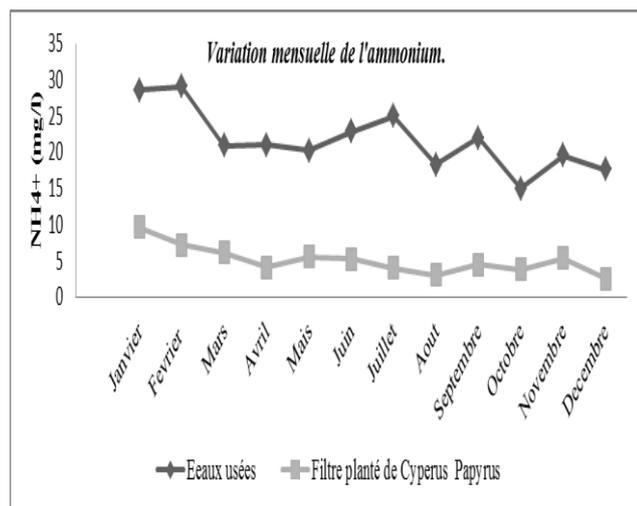


Figure 05: Concentration de l'ammonium dans le pilote expérimentale de janvier 2014 à décembre 2014

3.1.5 Nitrate

L'élimination des nitrates est satisfaisante dans le filtre planté de Papyrus Cypurus qui est probablement due, en partie, à une bonne nitrification; résultat confirmé par les travaux de (Vymazal, 2007) et Bensmina-Mimeche et al., (2013). La concentration finale de nitrate était sensible à la nitrification parce que la concentration en NH_4^+ était plus élevée que la concentration de NO_3^- (Fig.5, Fig.6). Dans le filtre planté, l'ensemble des taux moyens de l'élimination des nitrates ont été significatives.

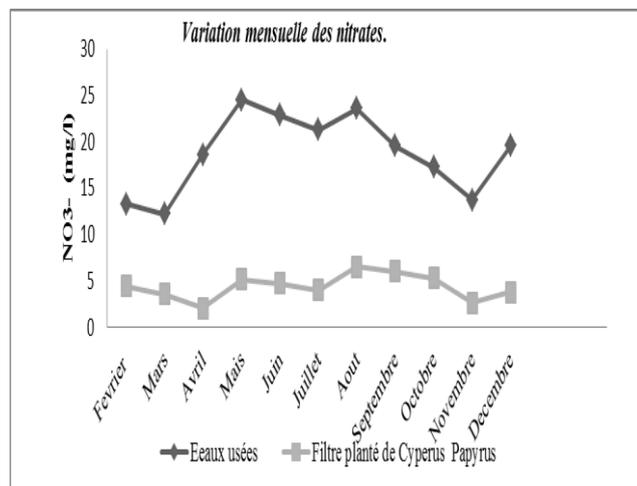


Figure 06: Concentration de l'ammonium dans le pilote expérimentale de janvier 2014 à décembre 2014

3.1.6 Phosphate

Depuis le début de l'expérience, le filtre planté était plus efficace pour l'élimination du phosphate (Fig.7). Les résultats moyens ont été plus élevés en comparaison avec d'autre travaux (Bensmina-Mimeche. et al., 2013 et

Brix et Arias, 2005). Ces résultats étaient plus proches de la vitesse d'élimination de 45% constaté par Prochaska et Zouboulis (2006) qui a utilisé un mélange de sable de rivière et de calcaire dolomitique. Ces résultats confirment la bonne capacité du substrat sélectionné pour l'élimination du phosphate.

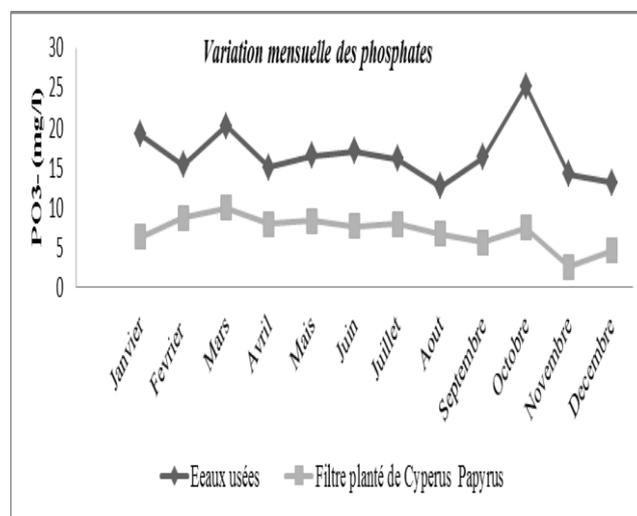


Figure 07: Concentration du phosphate dans le pilote expérimentale de janvier 2014 à décembre 2014

3.1.7 Les coliformes Totaux

Le filtre planté de Papyrus Cypurus est efficace à réduire les coliformes totaux (Fig. 8) qui est du à la concentration en oxygène plus élevée, ainsi qu'une température légèrement plus élevée. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Cristina et al. (2015) qui a trouvé une réduction importante des CT dans les filtres plantés. Différent travaux ont montrés que les conditions anaérobies prolonge la survie des coliformes dans les zones humides artificielles (Bensmina-Mimeche et al., 2010) et en revanche, les conditions aérobies, telles que celles qui prédominent dans les filtres plantées sont favorables pour les conduire à une efficacité d'élimination plus élevés (Bensmina-Mimeche. et al., 2010). Plusieurs auteurs suggèrent que ces résultats sont dus à l'abondance des prédateurs dans des conditions aérobies (Vacca et al, 2005; Wand et al, 2007).

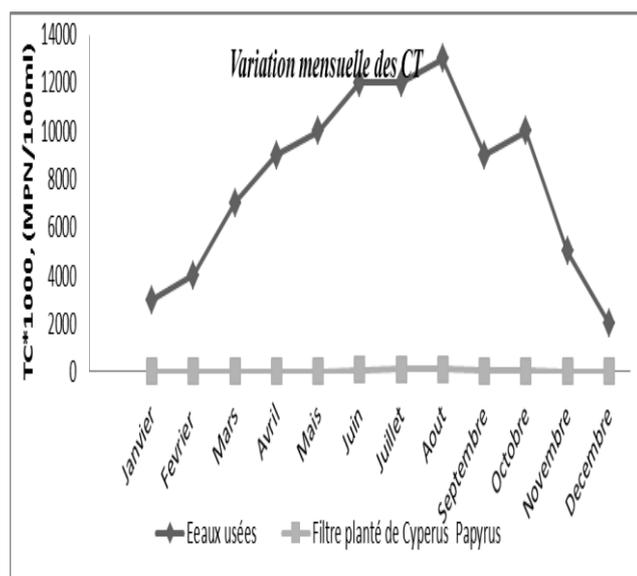


Figure 08: Concentration des CT dans le pilote expérimentale de janvier 2014 à décembre 2014

En plus, avec la diminution de la température, les coliformes survivent pendant de longues périodes de temps (Edwards et al., 2006) dans l'environnement des zones humides construites, parce que toutes les réactions sont ralenties (Bensmina-Mimeche. et al., 2010). Les rendements globaux de démantèlement moyens étaient similaires à ceux trouvés dans d'autres études (Bensmina-Mimeche. et al., (2013)) et Vymazal (2005b) ont signalé un enlèvement des C.T qui a atteint 91,0 à 97,3%.

4 CONCLUSIONS

Comme prévu, le taux d'élimination des polluants dans les filtres plantés de macrophytes dépendait du climat et du temps de rétention. Pour tous les polluants, les rendements d'élimination étaient élevés dans le filtre planté de *Papyrus Cypurus*, en tant que résultat d'une meilleure oxygénation qui est sensible principalement par la nitrification des eaux usées et la concentration plus élevée d'oxygène dissous dans les effluents. Les rendements d'élimination étaient dans la gamme signalée dans les zones humides construites pour les eaux usées urbaines. Le type de végétation a influencé le taux d'élimination de certains polluants (DBO, DCO, MES, nutriments et CT). Pour ces polluants, le système planté avec *Papyrus Cypurus* était efficace, ce qui indique que la présence des plantes fournit une grande efficacité qui est due à la distribution du système racinaire et aux agents microbiens. Ces résultats suggèrent qu'il est possible d'utiliser les filtres plantés de *Papyrus Cypurus* comme une plante épuratrice pour augmenter l'efficacité du système de traitement dans les zones arides. Ce résultat est très important pour la l'application des zones humides de traitement dans les pays en développement. En plus la recherche est nécessaire sur ce sujet, y compris l'étude de ces systèmes de traitement dans un environnement contrôlé et l'évaluation de la performance pendant une période plus longue.

REFERENCES

- [1] ARIAS, C.A., BRIX, H., et MARTI, E.,(2005) Recycling of treated effluents enhances removal of total nitrogen in vertical flow constructed wetlands. *J. Environ. Sci. Health* 40, 1431–1443.
- [2] BRIX, H., et ARIAS, C.A.,(2005) The use of vertical flow constructed wetlands for onsite treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. *Ecol. Eng.* 25, 491–500.
- [3] BENSMINA-MIMECHE, L. DEBABECHE, M. SEGHAIRI, N. BENAMEUR. N. (2013) : Capacité de filtres plantés de macrophytes pour l'épuration des eaux usées dans le climat semi-aride. *Courrier de savoir* N°17.
- [4] BENSMINA MIMECHE LEILA HALIMA MANCERMAHMOUD DEBABECHE (2010). Analyse du Pouvoir Epuratoire D'un Filtre Implante de *Phragmite Australis* Pour le Traitement des Eaux Usées Sous Climat Sem - Aride - Region de Biskra-*Journal International Environmental Conflict Management*, Santa Catarina – Brazil, 1(1), pp. 10-15, Dez. 2010.
- [5] BENSMINA MIMECHE LEILA, BEN AMEUR NASSIMA, BOUZIANE TOUFIK ET DEBABECHE MAHMOUD (2010):Utilisation de filtres plantés de l'espèce *Typha latifolia* pour le traitement des eaux usées urbaines de la ville de Biskra, Algérie. *Tunisian Journal of Medicinal Plants and Natural Products* www.TJMPNP.com/TJMPNP 4, (2010), 58-61.
- [6] CRISTINA S.C. CALHEIROS, VÂNIA S. BESSA, RAQUEL B.R. MESQUITA, HANS BRIX, ANTÓNIO O.S.S. RANGEL, PAULA M.L. CASTRO (2015):Constructed wetland with a polyculture of ornamental plants for wastewater treatment at a rural tourism facility. *Ecological Engineering* Volume 79, June 2015, Pages 1–7.
- [7] PROCHASKA, C.A., et ZOUBOULIS, A.I., (2006) Removal of phosphates by pilot vertical-flow constructed wetlands using a mixture of sand and dolomite as substrate. *Ecol. Eng.* 26, 293–303.
- [8] PROCHASKA, C.A., ZOUBOULIS, A.I., et ESKRIDGE, K.M., (2007). Performance of pilot-scale vertical-flow constructed wetlands, as affected by season, substrate, hydraulic load and frequency of application of simulate urban sewage. *Ecol. Eng.* 31, 57–66.
- [9] VACCA, G.,WAND, H., NIKOLAUSZ, M., KUSCHK, P., et KÄSTNER,M.,(2005) Effect of plants and filter materials on bacteria removal pilot-scale constructed wetlands. *Water Res.* 39, 1361–373.
- [10] VYMAZAL, J., (2005a) Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetland systems for wastewater treatment. *Ecol. Eng.* 25, 478–490.
- [11] VYMAZAL,J., (2005b) Removal of enteric bacteria in constructed treatment wetlands with emergent macrophytes: a review. *J. Environ. Sci. Health* 40, 1355–1367.
- [12] VYMAZAL,J.,(2007) Removal of nutrients in various

- types of constructed wetland. *Sci. Total Environ.* 380, 48–65.
- [13] WAND, H., VACCA, G., KUSCHK, P., KRÜGER, M., et KÄSTNER, M., (2007) Removal of bacteria by filtration in planted and non-planted sand columns. *Water Res.* 41, 159–167.
- [14] ZURITA, F., DE ANDA, J., et BELMONT, M.A., (2006) Performance of laboratory-scale wetlands planted with tropical ornamental plants to treat domestic wastewater. *Water Qual. Res. J. Can.* 41, 410–417.