

CAPACITE DE FILTRES PLANTES DE MACROPHYTES POUR L'EPURATION DES EAUX USEES DANS LE CLIMAT SEMI-ARIDE.

L. BENSMINA-MIMECHE, M. DEBABECHE, N. SEGHAIRI, N. BENAMEUR

Laboratoire de Recherche en Génie Civil, Hydraulique,
Développement Durable et Environnement.
Université de Biskra.
l.mimeche@yahoo.fr

RESUME

Les eaux usées urbaines peuvent conduire à une pollution de l'environnement si elles sont rejetées dans la nature sans traitement préalable, en particulier en raison de leur charge organique élevée.

Dans cette étude le pilote expérimental est constitué de trois bacs: le premier planté avec *Typha Latifolia*, le deuxième avec *Phragmites Australis*, et le troisième laissé sans végétation. Le remplissage se fait régulièrement avec des eaux usées urbaines de la ville de Biskra (rejet de Chetma) avec une fréquence d'une fois chaque (5) cinq jour. L'étude de performance épuratoire du système montre que ce dernier assure une élimination importante de la DBO₅ (75,69% pour le *Phragmites Australis* et 71,60% pour le *Typha latofilia*), de la DCO (66,75% pour le *Phragmites Australis*, 79% pour le *Typha Latifolia*) et diminue d'une manière considérable les MES (95% pour le *Phragmites Australis* et 92% le *Typha Latifolia*). Les résultats obtenus montrent aussi une diminution importante de l'ammonium NH₄⁺ (68%), du phosphate PO₄³⁻ (59%) et des nitrates NO₃⁻ (62%). Il a été noté également que l'élimination des micro-organismes pathogène est importante (varie entre 98% à 100%).

MOTS-CLES: filtres plantés, phytoépuration, eaux usées, *Phragmites Australis*, *Typha latifolia*.

ABSTRACT

The urban wastewater can lead to pollution of the environment if discharged into the wild without prior treatment, especially because of their high organic load. In this paper the experimental pilots composed of three tanks: the first planted with *Typha latifolia*, the second with *Phragmites australis*, and the third one left without vegetation. The filling is done regularly with urban wastewater from the city of Biskra (wastewater discharge Chetma) with a frequency of once every (5) five days. The study of purification performance of the system proves that it insures a significant removal of BOD₅ (75.69% to 71.60% *Phragmites australis* and *Typha* for *latofilia*), COD (66.75% for *Phragmites australis*, 79% for *Typha latifolia*) and a significant decrease TSS (95% for *Phragmites australis* and *Typha latifolia* 92%). The results show also a significant decreases of NH₄⁺ (68%), the PO₄³⁻ (59%) and NO₃⁻ (62%). It was also noted that the elimination of pathogenic microorganisms is important

KEYWORDS: consructed wettland, phyto-purification, wastewater, *Phragmites Australis*, *Typha Latifolia*. (98% à 100%).

1 INTRODUCTION

Les filtres plantés à macrophytes peuvent être utilisés pour le traitement primaire, secondaire ou tertiaire des eaux usées urbaines, domestiques, des eaux pluviales, des eaux usées agricoles et des eaux usées industrielles (Kadlec et al., 2000). Les rejets des eaux usées domestiques peuvent provoquer de graves problèmes environnementaux en raison de leur forte demande en oxygène et la concentration élevée en azote et en phosphate. Les systèmes classiques de

traitement des effluents posent des problèmes fréquents en raison du fait qu'ils travaillent souvent au-dessus de leur capacité en raison d'une mauvaise conception du à la variation de la charge à traiter. Dans ces situations, les filtres plantés de macrophytes peuvent être potentiellement utilisé pour améliorer la performance globale ou peuvent être une alternative au traitement biologique conventionnel. Le choix des plantes est un enjeu important dans les filtres plantés à macrophytes, car ils doivent survivre aux effets

toxiques potentiels des eaux usées et de leur variabilité (Bensmina-Mimeche et al., 2009). La conception la plus largement utilisée en Europe est le système à écoulement subsuperficiel (SSP) avec le roseau commun (*Phragmites Australis*) (Vymazal, 2005), bien que d'autres espèces végétales, comme les quenouilles (*Typha spp.*), *Juncus (spp Scipus.)* et le roseau alpiste (*Phalaris Arundinacea*) ont été utilisés tant pour le traitement des eaux usées domestiques qu'industrielle. La présente étude vise à tester le pouvoir épurateur de deux filtres plantés de macrophytes (*Phragmite Ausralis* et *Typha Latofilia*) en vue de les utiliser dans les stations de phytoépuration dans les climats semi-aride.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 Préparation Du Dispositif Experimental

Le pilote expérimental est constitué de trois bacs placés à l'air libre et remplis d'un substrat composé des graviers. Un premier bac est planté avec *Typha Latifolia*, un deuxième avec *Phragmites Australis*, et un troisième laissé comme témoin pour contrôle de l'efficacité des filtres plantés. Les diamètres du gravier formant le substrat varient entre 3 et 6 mm.

La matière des bassines utilisées est en plastique traité avec une hauteur de 0.90m et la surface du lit est de 0,95m². Le bac est rempli de substrat alluvionnaire. La première couche est de 0.17m (0.05m une couche de gravier grossier disposée au niveau du robinet de distribution afin de faciliter le passage de l'effluent et 0.12m une couche de diamètre qui de 5 à 6 mm) et la deuxième couche de 0.42m remplis de substrat fin (Fig.1).

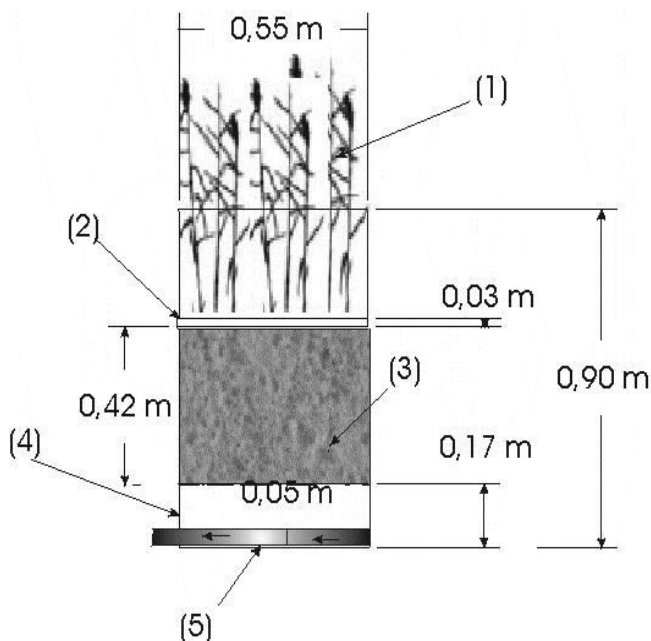


Figure 1: Schéma général du filtre expérimentale.

1 : Macrophytes

2 : Niveau d'eau

3 : Substrat

4 : Le filtre planté

5 : Une couche de gravier grossier

2.2 Échantillonnage et analyse des eaux usées

Les plantes utilisées sont des jeunes tiges. Au début elles sont surveillées pour une période d'adaptation de trois mois, après cela, l'échantillonnage a commencé pour une période de 6 mois avec un temps de rétention de 5 jours.

Au moment du remplissage le niveau du liquide dans les unités est maintenu à environ 0.03 m au dessous de la surface, afin d'éviter la propagation de l'odeur. Les échantillons d'eau sont régulièrement prélevés à la sortie des filtres.

Le protocole d'analyse physicochimique utilisé est basé sur les méthodes suivantes : le potentiel Hydrogène (pH) par méthode électrométrique; les matières en suspension (MES) par filtration sur disques filtrant en fibres de verres GF/C (AFNOR T90-23), la demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) par dilution et ensemencement; et la demande chimique en Oxygène (DCO) par Oxydation par excès de dichromate de potassium en milieu sulfurique à ébullition; les nitrates (NO₃⁻) par spectrométrie au salicylate de sodium; les phosphates (PO₄³⁻) par spectrométrie (λ= 76 nm); et enfin l'ammonium (NH₄⁺) est évalué par méthode turbidimétrique au colorimétrie.

Les analyses bactériologiques ont été réalisées par ensemencement en milieu liquide et détermination du NPP (nombre le plus Probable) pour identification des coliformes totaux / fécaux et les spectrocoques fécaux (AFNOR). Pour l'identification des germes on a utilisé la technique de numération des microorganismes (ISO : International Organization for Standardization).

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Caractérisation des eaux usées

Les échantillons prélevés à la sortie du rejet et des trois bassines ont été caractérisés par des mesures de paramètres physicochimiques et bactériologiques. Les eaux usées sont prélevées directement du rejet urbain de la ville de Biskra et après décantation de deux heures sont mis dans les bacs d'essai. Les concentrations moyennes annuelles des eaux usées du rejet de Chetma (Biskra) sont consignées au tableau 1.

Tableau 1: Concentration moyenne des eaux usées du rejet de Chetma (ville de Biskra).

Paramètres	(C ₁)	Paramètres	(C ₁)
pH	8.23	NO ₃ ⁻ (mg N L ⁻¹)	18.77
CE (µs/cm)	2130.00	PO ₄ ³⁻ (mg P L ⁻¹)	25.68
MES (mg L ⁻¹)	122.00	Germes. Tot. (UFC/100ml)	4,32 10 ⁵
DCO (mg O ₂ L ⁻¹)	293.77	Colifo. Tot. (UFC/100ml)	2,34 10 ⁴
DBO (mg O ₂ L ⁻¹)	181.00	Colifo. Féca. (UFC/100ml)	1,23 10 ⁴
NH ₄ ⁺ (mg N L ⁻¹)	71.60	Streptocoque (UFC/100ml)	5,10 10 ⁴

3.2 Détermination Du Pouvoir Epurateur Des Bassines Filtrantes

Le pouvoir épurateur est déterminé selon la relation suivante :

$$PE (\%) = 100 (C_1 - C_F) / C_1$$

PE = pouvoir épurateur

C₁ = Concentration du paramètre considéré des eaux usées brutes.

C_F = Concentration du paramètre considéré après épuration.

Les concentrations moyennes des paramètres physicochimiques des eaux usées et des eaux collectés à la sortie des bassines filtrantes sont représentées sur les figures 2, 3, 4, 5, 6 et 7 et les résultats bactériologiques sont consignés dans le tableau 2.

3.3 Interprétation des résultats

Les Figure 2, 3, 4, 5, 6 et 7 présentent la variation temporelle de la DBO, la DCO, les MES, les NO₃⁻ les PO₄³⁻ et les NH₄⁺ des effluents traités à la sortie des lits. On observe une diminution importante dans le filtre implanté de *Phragmites Australis* et de *Typha Latofilia* par rapport au filtre nu; l'efficacité d'élimination maximale en termes de DCO est de 75,69 % dans le bac implanté de *Phragmites Australis* et 71,60% pour celui planté de *Typha Latofilia* (Fig.2), résultat confirmé par (Tiglyene et al., 2005), qui a obtenu une élimination moyenne de la DCO de 74% pour le système planté, ce qui conforme nos résultats. Aussi (Daniel, 2001) a signalé que pour le roseau et avec un

temps de rétention de traitement de cinq jours, un abattement de 80 % a été obtenu en matière de la DCO.

Une élimination de 75% de la DBO₅ est assurée dans le bac implanté de *Phragmites Australis* et 71% dans celui planté de *Typha Latofilia* (Fig.3).

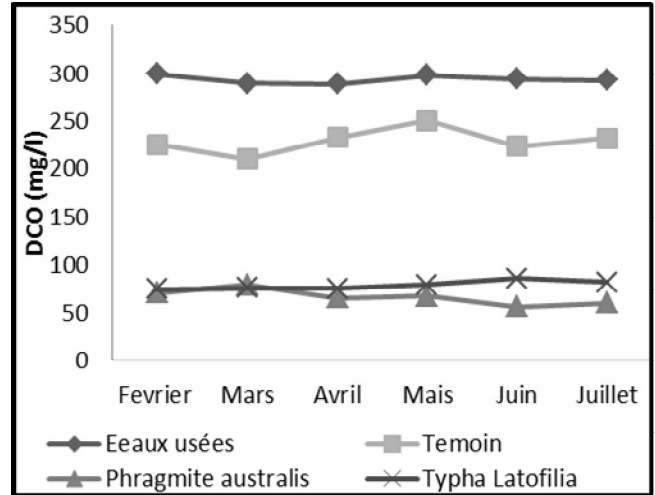


Figure 2: variation de la DCO et de son taux d'abattement à travers le système.

En effet Les résultats montrent un abattement très important de la DBO₅ dans les deux filtres par rapport au filtre nu; résultats confirmés par (Bensmina-Mimeche., et al 2010) et (Garcia et al., 2005) qui expliquent que cette décroissance est assurée par le bon fonctionnement du système. Les plantes, à travers la photosynthèse, ont donc favorisé les phénomènes d'aérobies, et la structure du massif filtrant choisi a permis d'assurer la diffusion facile de l'oxygène atmosphérique, et par conséquent l'oxygène dissous dans l'eau; qui est un facteur très important pour une bonne épuration des effluents.

En effet La diminution importante de la DBO₅ et de la DCO montre que le système est bien oxygéné.

On remarque un abattement très important de la MES des eaux récupérées des filtres plantés par rapport aux eaux usées brutes (95% pour le filtre planté de *Phragmites Australis* et 92% dans le filtre planté de *Typha Latifolia*) (Fig.4), Ces importants résultats sont expliqués par le fait que le massif implanté par un macrophyte permet une bonne élimination des matières en suspension et matières organiques dégradé par l'activité bactérienne au niveau des racines (Vymazal, 2005).

L'abattement du phosphate, de l'azote ammoniacal et du nitrate a atteint des valeurs qui varient respectivement entre 59% (Fig.7), 68% (Fig.6) et 62% (Fig.5). Ces nutriments sont utilisés par la plante pour la croissance de ses tissus (García et al 2005), ils peuvent être emmagasinés dans les racines et rhizomes, les tiges et les feuilles (Kucuk et al., 2003) ce qui explique leur diminution dans les deux filtres plantés .

Les plantes peuvent contribuer à des processus d'épuration dans un certain nombre de façons, comme le règlement de matières en suspension, ou en fournissant à la surface des micro-organismes

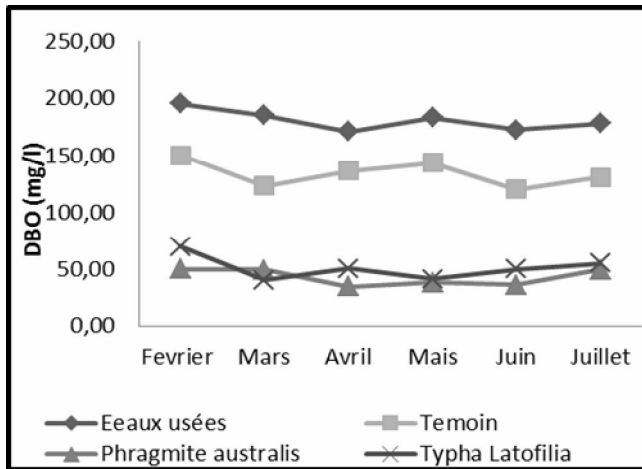


Figure 3: variation de la DBO5 et de son taux d'abattement à travers le système.

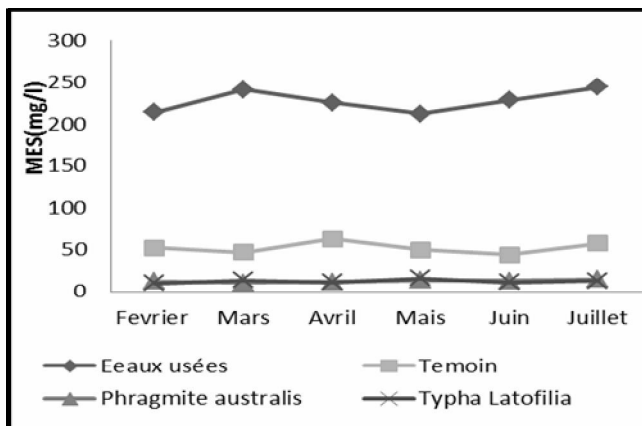


Figure 4 : variation des MES et de leur taux d'abattement à travers le système.

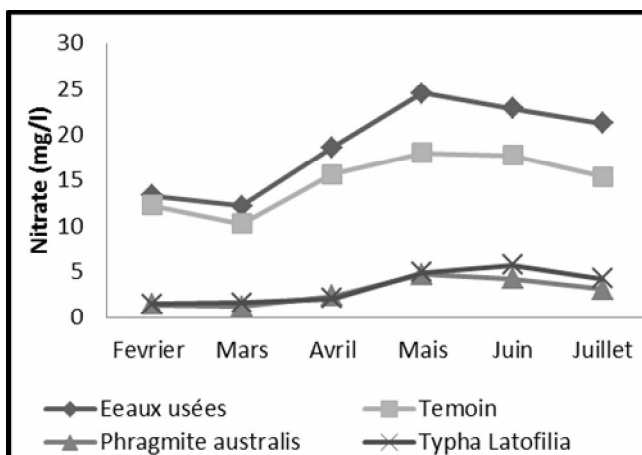


Figure 5: variation des nitrates et de leur taux d'abattement à travers le système.

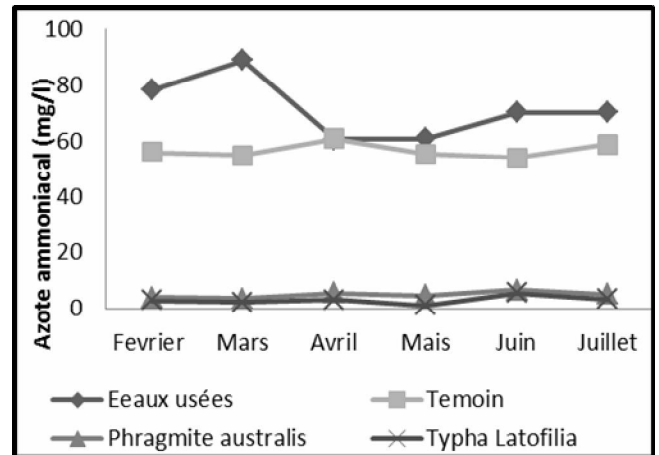


Figure 6: variation de l'azote ammoniacal et de son taux d'abattement à travers le système.

ce qui augmente l'absorption des nutriments et oligo-éléments et peuvent permettre aussi la libération d'oxygène (Kadlec et al., 2000; Bensmina-Mimeche et al., 2009 et Brix, 1997).

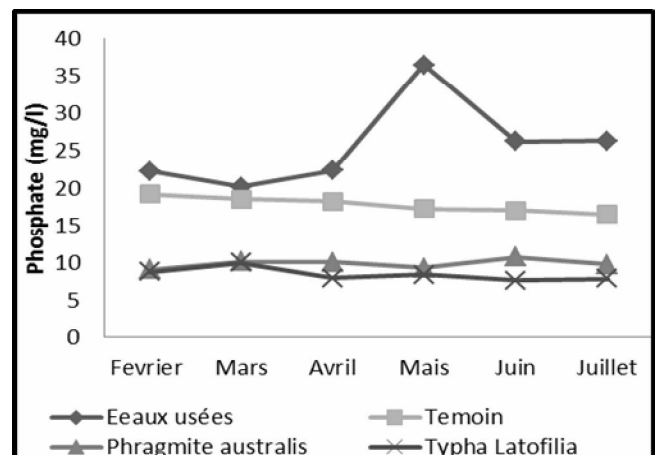


Figure 7 : variation des phosphates et de leur taux d'abattement à travers le système.

Par ailleurs, les résultats d'analyses montrent un abattement très important de la teneur en bactérie après traitement des eaux usées par un filtre planté de macrophytes.

En effet, il a été constaté que la charge pathogène en germe totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux se présentent en quantité très importante dans les eaux usées.

L'enlèvement des germes totaux peut atteindre 99% ; des coliformes totaux, jusqu'à 99%; les coliformes fécaux de 98% et celui des Streptocoques fécaux est de 100% Tab.2) pour les deux filtres plantés respectivement avec *Phragmite Australis* et *Typha Latofilia*. Resultats confirmé par (Duggan et al, 2001).

Donc on peut conclure que l'abattement est significatif et respecte les normes et les recommandations de l'OMS de

1998 concernant l'irrigation non restrictive (≤ 1000 CF/100 ml)

Tableau 2: Composition moyenne bactériologique à la sortie des unités pilotes.

Paramètres	Germ. tot/100ml	Colifo. tot/100ml	Colifo. fêca/100ml	Strepto coque/100 ml
Témoin	$32 \cdot 10^4$	$19 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^4$
PE %	26	18,8	26,01	39,21
Ph.Australis	$3,5 \cdot 10^3$	$5,20 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$	950
PE %	99,18	97,78	98,86	98,13
Th. latofilia	$9,5 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^2$	$2,410^2$	100
PE %	97,80	99,05	98,04	99,8

(Vymazal., 2005) a observé dans des dispositifs de petite échelle (1 m^2) une meilleure élimination dans des filtres plantés que dans des filtres non plantés. Même résultats confirmé par une étude sur l'influence des végétaux aquatiques sur l'élimination des polluants réalisé en Tunisie par (Oueslati. et al, 2000).

4 CONCLUSIONS

Dans cette étude, il a été question d'analyser le pouvoir épurateur de deux filtres plantés l'un de *Phragmites Australis* et l'autre avec *Typha Latofilia*. Les résultats obtenus montrent que les valeurs du DBO_5 , DCO, MES, azote, phosphate, et nitrite sont bien éliminés par les deux filtres plantés. En effet, ils ont assuré un bon abattement de la DCO (66,75% pour le *Phragmites Australis*, 79% pour le *Typha latofilia*), de la DBO_5 (75,69% pour le *Phragmites Australis* et 71,60% pour le *Typha latofilia*), MES (95% pour le *Phragmites Australis* et 92% le *Typha Latifolia*) ainsi que les nutriments tels que les phosphates (59%), l'azote ammoniacal (68%) et les nitrates (68%).

On constat aussi que la charge pathogènes en germe totaux, coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux se présente en quantité très importante dans les eaux usées. Les résultats d'analyses montrent un abattement très important de la teneur en bactéries après traitement des eaux usées par les filtres plantés de *Phragmite Australis* et de *Typha Latofilia*.

Les résultats obtenus dans cette étude permettent de confirmer la performance des filtres plantés de *Phragmite Australis* et de *Typha Latofilia* à traiter les eaux usées sous climat semi-aride. Malgré la variation des concentrations, liée à la nature même des eaux usées, et à l'absence de prétraitement qui, parfois, réduit les concentrations de quelques paramètres (jusqu'à 30%), le traitement par

filtres plantés à macrophytes semble être une alternative efficace et assez bien adapté aux eaux usées à charge polluante variable. Les résultats obtenus permettront de confirmer le pouvoir épurateur de deux plantes étudiées en vue de leur réutilisation dans une station de phytoépuration dans les régions semi-aride.

REFERENCES

- [1] Bensmina-Mimeche, L., Debabeche, M., Mancer, H., 2010 - Analyse du Pouvoir Epuratoire d'un Filtre Implanté 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.
- [2] Bensmina-Mimeche L., Debabeche, M., Mekaoussi S., 2009- épuration des eaux usées domestiques par les macrophytes dans un milieu semi aride; séminaire international d'hydraulique El oud.
- [3] Brix, H., 1997- Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Water Sci. Technol.* 35 (5), pp. 11–17.
- [4] Daniels, R., 2001- Enter the root-zone: green technology for the leather manufacturer, part 1, *World Leather* 14 (2001) (4), pp. 63–67.
- [5] Duggan, J. Batesm.P. and Phillips C.A., 2001- The efficacy of subsurface flow reed bed treatment in the removal of *Campylobacter* spp., faecal coliforms and *Escherichia coli* from poultry litter, *Journal of Environmental Health Research* 11, 168–180
- [6] García, P., Aguirre, J., Barragán, R., Mujeriego, V., Matamoros and J.M. Bayona., 2005 - Effect of key design parameters on the efficiency of horizontal subsurface flow constructed wetlands, *Ecol. Eng.* 25, pp. 405–418.
- [7] Kadlec, R.H., Knight, R.L., Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P., Haberl, R., 2000- Constructed wetlands for pollution control—processes, performance, design and operation. *IWA Scientific and Technical Report No. 8. IWA Publishing, London, UK.*
- [8] Kucuk, O.S., Sengul, F., and Kapdan, I.K., 2003- Removal of ammoniam from tannery effluents in a reed bed constructed wetland, *Water Sci. Technol.* 48 (11–12), pp. 179–186.
- [9] Oueslati.M.A., Hadad.M., Charbonnel. Y., 2000 - Etude physico-chimique des eaux usées domestiques traitées par des végétaux aquatiques. Première expérience tunisienne. *Sud Sciences & Technologies.*
- [10] Tiglyene,S., Mandi, L. et A.E. Jaouad., 2005 - Enlèvement du chrome par infiltration verticale sur lits de *phragmites australis* (Cav), *Rev. Sci.Eau.* p177-198.
- [11] Vymazal, J., 2005 - Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment, *Ecol. Eng.* 25 pp. 478–490.