LE LAGUNAGE NATUREL : UNE SOLUTION POUR L'EPURATION DES EAUX USEES DANS LES REGIONS ARIDES

N.HARRAT[1], A. HACHEMI[1], M.BEN SAID[1], T. BENZAOUI[1] et L.DJABRI [2]

[1]CRSTRA - Division Gestion des Ressources en Eau et en Sol dans les Régions Arides

[2]Université Badji Mokhtar Annaba / Chercheur associé au CRSTRA

RESUME

La présente étude consiste à tester les potentialités du roseau à épurer une eau usée urbaine de la ville de Touggourt sous un climat aride. Le pilote expérimental est constitué d'un grand bac de 3 m^3 de capacité ; utilisé comme un réservoir ou une station de relevage, deux bacs de 1 m^{3,} remplis sur une épaisseur de 5 cm de gravier et de 20 cm de sol sont plantés de jeunes tiges de roseau et deux autres bacs de la même capacité non plantés sont pris comme témoins. Le suivi des performances épuratoires du système à roseau montre que ce dernier assure une élimination importante de la charge organique (DBO_5 : 80%, DCO : 60%). Il fournit des eaux épurées, claires et limpides. Ces résultats sont comparables à ceux du lit non planté. En général, la présence du roseau dans le système planté assure une nette amélioration de l'abattement de la charge organique et minérale par rapport au système non planté.

Mots clés : Eaux usées, climat aride, épuration, roseaux, pollution

ABSTRACT

The present study consists of testing the efficiency of an helophyte Arundo donax to treat urban effluent under an arid climate and assess the suitability of the treated effluent for irrigation purposes. Experimental pilot consists of large storage tank (3m^3); the latter is used as a pumping station and four other Reservoirs; two tanks of 1 m^3, were filled to a depth of 5 cm of gravel and 20 cm with soil are planted with saplings reeds. Tow unplanted plots of the same capacity served as a control. Over the whole experimental period, results revealed significant performances of reed for organic load reduction (DBO_5 : 80%, DCO : 60%). This system provides clean water, clear and limpid. These results are comparable to those of unplanted system. The results showed that the presence of reeds can indeed improve the removal efficiencies in planted plots than the unplanted one.

Key-words: Wastewater, treatment, arid climate, reeds, pollution

I.INTRODUCTION

Les eaux d'égout domestiques doivent être épurées avant leur rejet dans le milieu naturel: ruisseaux, rivières et lacs. Cette épuration se fait dans des stations d'épuration à l'aide de bactéries qui détruisent les eaux polluées avant qu'elles ne soient rejetées. Elles transforment cette pollution en un sous-produit appelé « boues » qui sont ensuite épandues peut être comme engrais et matière organique sur les terrains agricoles (CEMAGREF. SATESE, ENSP, AGENCE DE L'EAU, 1997).

Les stations d'épuration classiques que l'on rencontre dans les villes nécessitent une forte technicité et une exploitation complexe qui induit des coûts de personnel et d'énergie élevés. En particulier, l'évacuation régulière des boues est une contrainte forte qui, si elle n'est pas respectée, peut conduire au dysfonctionnement de l'installation et donc à un rejet de la pollution mal traitée.

Les stations d'épuration conçues selon le principe des « lagunes d'épuration » ou des « marais artificiels » constituent une solution intéressante pour le milieu rural et sont adoptées depuis plusieurs dizaines d'années par de nombreuses collectivités CEMAGREF. SATESE, ENSP, AGENCE DE L'EAU, 1997).

Les potentialités épuratoires des plantes aquatiques et plus particulièrement du roseau ont été mises en évidence par Seidel dés 1946 pour traiter des effluents industriels contenant des substances chimiques tels que les phénols, les chlorophénol et les métaux lourds. Depuis, cette nouvelle technologie extensive a été exploitée avec succès par plusieurs auteurs (FINLAYSON et CHICK, 1983 ; BIDDLESTONE et al., 1991 ; BRIX, 1993)pour le traitement de plusieurs types d'effluents. En général, que les systèmes plantés sont plus efficaces que ceux non plantés (RADOUX et KEMPS, 1988 ; WATHUGALA et *al*., 1987). Le roseau, en particulier, s'adapte facilement à divers types de milieux et il est doué d'une grande productivité aérienne facilement valorisable (HASLAM, 1972).

En comparaison avec les systèmes conventionnels, les systèmes plantés ont plusieurs avantages. Ils sont moins couteux à construire et à exploiter, peuvent être construits sur le site de production des eaux usées, nécessitent peu d'équipement mécanisés et sont moins sensibles aux variations de charges polluantes (BRIX, 1993).

La région de Touggourt connaît un développement urbain et une dynamique agricole ce qui accroit la demande en eau des différents secteurs utilisateurs et notamment l'agriculture. Il s'en suit des rejets de volume d'eau usée non négligeable qui sans traitement préalable constitue une menace environnementale et sanitaire.

Dans ce sens le présent travail et consiste en un essai de lagunage à la région de Touggourt, motivé à la fois par la disponibilité des espaces et d'une source énergétique renouvelable abondante « le solaire ».

II. ZONE D'ÉTUDE

Touggourt est la capitale historique de la région de l'oued R'igh comprise entre le grand Erg Oriental, au Sud-est et la zone des chotts, au Nord. D'un point de vue administratif, la daïra de Touggourt appartient actuellement à la wilaya d'Ouargla. Elle est située à 650 Km au sud-est d'Alger dans le Sahara Nord oriental entre le grand Erg oriental et le massif des Aurès.

La région de Touggourt est située entre les latitudes nord 32° 54'et 34° 9' et les longitudes Est 5° 30' et 6° 20'. L'altitude est proche de 70 m. Cette région, peuplée d'environ 173.000 habitants, couvre une superficie de 1334 km^2. La figure 01 montre la situation géographique de la région étudiée.

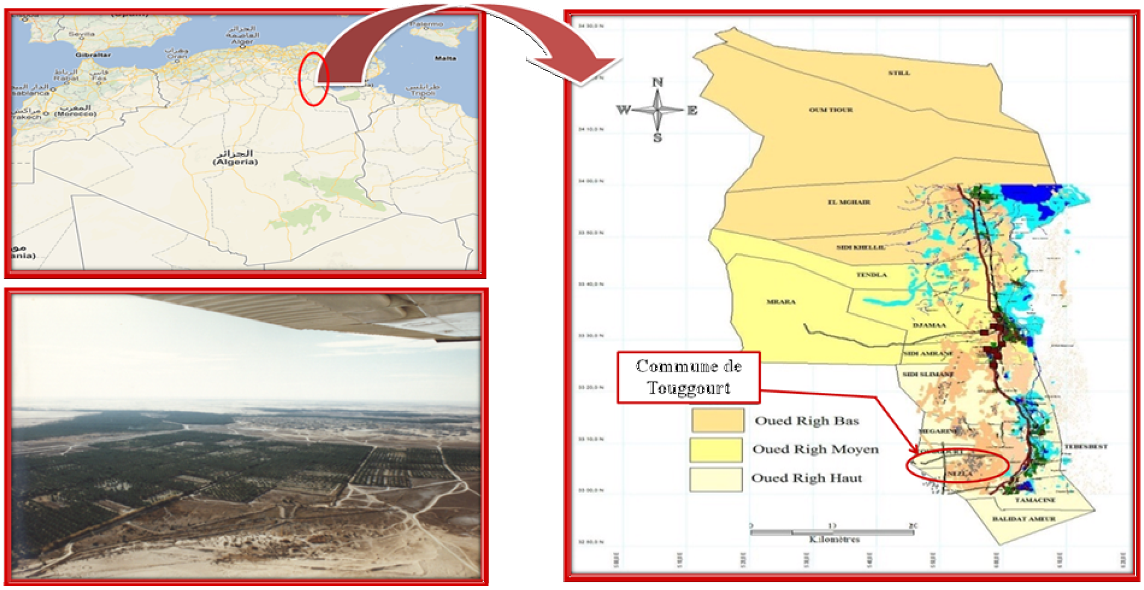

Figure 01 : Carte de la zone d'étude et périmètre agricole de création récente

III.MATÉRIELS ET MÉTHODES

III.1. Description et fonctionnement du système pilote

Le pilote expérimental est constitué :

- D'un grand bac de 3 m^3 de capacité, ce bac est utilisé comme un réservoir de collecte des eaux usées (station de relevage) et joue aussi le rôle de décantaire primaire des matières en suspensions MES et des grandes particules…

- Deux bacs de 1 $m^{3,}$ remplis sur une épaisseur de 5 cm de gravier et de 20 cm de sol sont plantés de jeunes tiges de roseau. C'est une plante à rhizome horizontal et vertical qui pousse de façon spontanée dans le milieu naturel et forme des champs mono spécifiques. C'est une espèce très productive qui s'adapte facilement à diverses conditions. Les jeunes tiges utilisées ont été prélevées dans le milieu naturel de Touggourt.

- Deux autres bacs de la même capacité non plantés sont pris comme témoins (Figure 02).

L'alimentation du système se fait exclusivement par des eaux usées urbaines en bâchées de **0.4 m^3/jour** a partir du citerne de l'office national d'assainissement l'ONA de Touggourt. L'écoulement se fait en percolation, cette dernière est récupérée au moyen des drains placé à la sortie des derniers bacs.
La figure 02 montre le plan de la station pilote implantée à la région de Touggourt et la figure 03 montre les photos réelles de cette station.

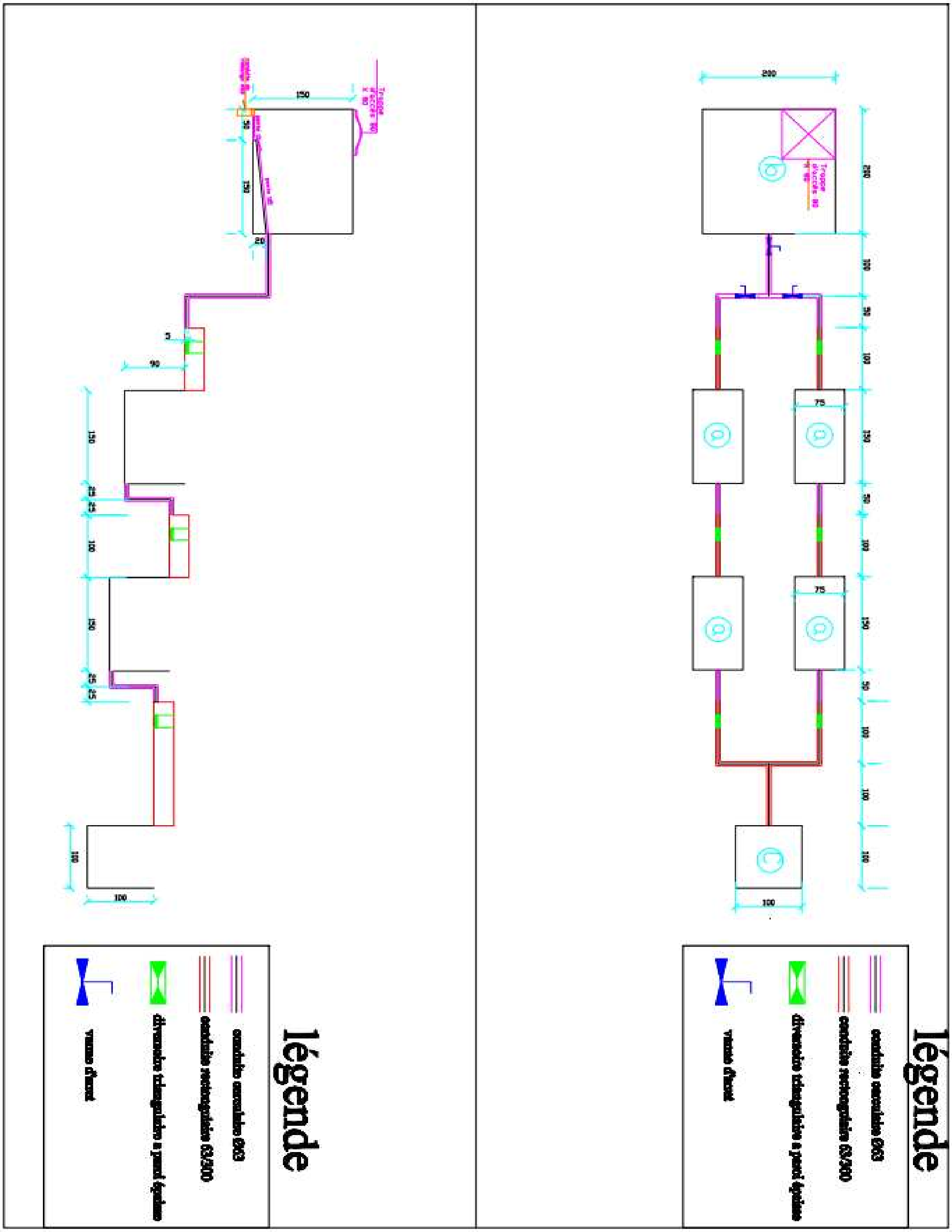

Figure 02 : Plan de la station pilote implantée à Touggourt.

Figure 03 : photos réelles de la station pilote implanté à Touggourt.

La première période du projet (2009 – 2011) est réservée aux investigations du terrain (observation des sites de rejet, échantillonnage, analyse des eaux…). Une phase intermédiaire est consacré à la réalisation du prototype expérimental (cf. figures 02 et 03). L'expérimentation proprement dite est réalisée entre Mai 2012 et Mars 2013 ce qui couvre pratiquement les différentes saisons en raison de l'importance des facteurs climatiques dans le processus d'épuration.
Les essais ont été effectués sur trois prélèvements d'eaux brutes et épurées à l'entrée et à la sortie de la station pilote avec un temps de séjours de 7 jours. Le tableau 01 montre les dates et les heures de prélèvement.

Tableau 01: Dates et heures de prélèvement des échantillons d'eaux usées brutes et épurées de la station pilote proposée

Echantillon	*Date*		*Heure*	
	Eau usée brute	*Eau usée épurée*	*Eau usée brute*	*Eau usée épurée*
Echantillon 1	04/06/12	11/06/12	14H30	15H00
Echantillon 2	01/10/12	07/10/12	15H30	14H00
Echantillon 3	24/03/13	31/03/13	14H20	13H40

Tout au long de cette période d'étude, le fonctionnement du pilote expérimental a été contrôlé par la mesure des paramètres physico-chimiques et organiques au niveau du laboratoire central du CRSTRA (tableau 02).

III.2. Paramètres physico-chimiques, organiques et minérales

Les eaux usées à épurer sont celle de la ville de Touggourt avec une importante concentration de population, d'administration, d'hôtels…, en plus d'une partie de la zone industrielle. Le tableau 02 montre les caractéristiques physico-chimiques et organiques des eaux usées brutes à épurer.
Les paramètres physico-chimiques tels que pH, conductivité, salinité et température sont mesurés in-situ par la valise multi-paramètre type Multi 350i SET WTW.
Les éléments minéraux sont mesurés à l'aide des testes en cuve sur DR 5000.
Les paramètres organiques :
- DBO_5 est mesuré par DBO mètre.
- DCO est mesuré par DCO mètre.

Tableau 02 : Caractéristiques physico-chimiques et organiques des eaux usées brutes et épurées par le système planté et non planté.

Paramètres	**Valeur moyenne sur toute la période d'essai (juin 2012 – Mars 2013)**		
	eaux usées brute	***Système non planté***	***Système planté***
pH	7.55	7.8	7.85
Conductivité (ms/cm)	3.68	5.01	6.91
Température (°C)	40.1	36.7	36.7
Salinité (g/l)	2.23	2.7	3.8
Zinc (mg/l)	0.06	0.005	0.005
Sulfate (mg/l)	32.66	24.5	20.5
Phosphate (mg/l)	7.22	3.93	3.01
Nickel (mg/l)	0.16	0.11	0.068
Chlorure (mg/l)	82.56	57.2	42.2
Chrome (mg/l)	0.38	0.043	0.031
Ammonium (mg/l)	0.64	0.35	0.30
DBO_5 (mg O_2/l)	168	89	77
DCO (mg O_2/l)	1076	521	419

IV.RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Performances épuratoires du pilote expérimental

- **pH :** Le pH à la sortie des deux systèmes (planté et non planté) présente une légère variation par rapport à celui des eaux usées brutes. Le pH moyen à l'entrée est de 7.55. a la sortie des deux systèmes, le pH est de 7.88 et 7.85.
- **La conductivité électrique:** La conductivité électrique des eaux usées épurées par le lit planté est supérieure à celle des eaux usées épurées par le lit non planté et celle des eaux usées brutes. Cette augmentation est plus accentuée durant la période estivale.

  La présence du roseau intervient certainement dans cette augmentation de la conductivité. Un résultat similaire est obtenu par FINLAYSON et CHICK (1983) pour une plantation de Typha latifolia. Ils ont associé cette augmentation de la conductivité au phénomène d'évapotranspiration qui tend à concentrer davantage l'effluent.
- **La salinité :** Vue les résultats obtenus, la charge saline des eaux usées épurées par le système planté augmente considérablement surtout durant la période estivale. Par conséquent, des problèmes éventuels de salinité doivent être pris en considération dans le cas où les eaux épurées sont réutilisées en irrigation.
- **Les éléments minéraux :** D'après les résultats obtenus concernant la concentration des éléments minéraux, nous pouvons constater que le rendement d'abattement de ces élément est apparait appréciable surtout ce qui concerne les eaux usées épurées par le lit planté. La présente étude a montré que le système planté présente un bon pouvoir d'élimination des éléments minéraux.
- **La charge organique :** Vue les résultats obtenus on peut constater que le rendement d'élimination de la charge organique est appréciable (figure 04), la présence du roseau dans le système assure une nette amélioration de l'abattement de la charge organique par rapport au système non planté.

  Les taux d'abattements ou rendements d'éliminations en pourcent , sont calculés à partir des concentrations des eaux à l'entrée et à la sortie de chaque système, sans tenir compte des modifications de volume (précipitation et évapotranspiration) qui ont pu intervenir.

$$\text{RENDEMENT :} \; \frac{\text{charge entrante (mg/l)} - \text{charge sortante (mg/l)}}{\text{charge entrante (mg/l)}}$$

D'après les résultats de la figure 04, nous pouvons constater que le rendement d'élimination des éléments minéraux et organiques est appréciable surtout ce qui concerne le bassin planté.

La charge organique des eaux usées brutes présenté en DBO5 et en DCO présentent respectivement des valeurs moyennes de 168 mg O2/l et 1076 mg O2/l. les deux systèmes planté et non planté permettant une réduction de presque la totalité de la DBO5 (80% et 72% respectivement) et presque la moitie de la DCO (60% et 44% respectivement). De même et d'après les résultats que nous avons obtenue, on peut constater que le rapport DCO/DBO5 et inférieur à 6 ce qui indique une dégradation importante de la matière organique. Dans l'ensemble, les eaux usées épurées sont de qualité nettement meilleure par rapport aux eaux usées brutes.

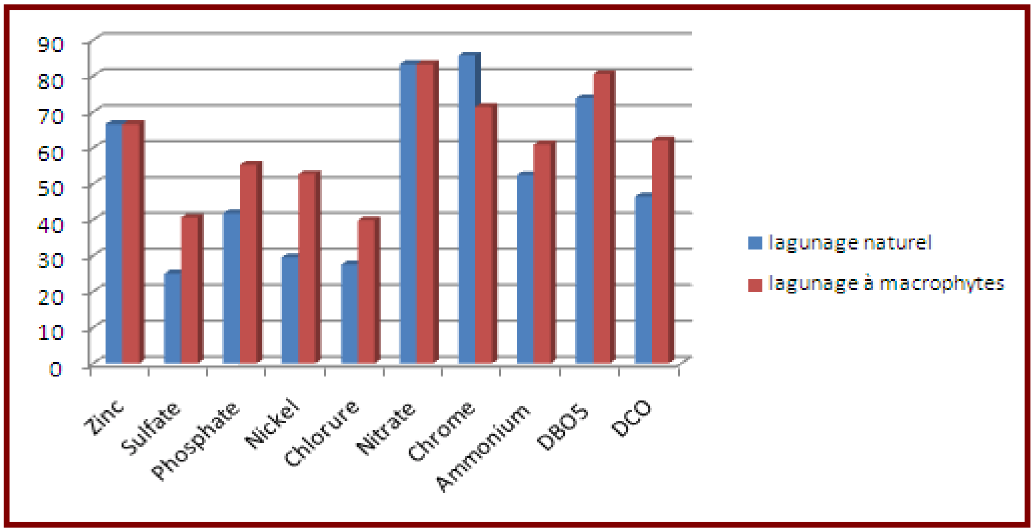

Figure 04 : Rendements d'épuration des eaux usées en pourcent dans les deux systèmes plantés à macrophytes et non planté.

CONCLUSION

L'objectif du présent travail est de tester les procédés de lagunage des eaux usées sous un climat aride. L'intérêt est porté plus particulièrement sur la comparaison d'un pilote planté par le roseau avec un système pilote non planté.

Après les essais, l'abattement des éléments minéraux et de la matière organique est appréciable. Les deux systèmes permettent une réduction de presque la totalité de la DBO_5 et de la moitié de la DCO.

Malgré les temps de séjour relativement courts, les deux systèmes fournissent des eaux épurées claires et limpides avec une charge organique réduite par rapport à celle des eaux usées brutes

L'élimination de la charge organique par les deux systèmes se fait surtout par des processus biologiques associés à la flore bactérienne et à la présence des roseaux et sans consommation d'énergie électrique ce qui prend un intérêt particulier.

La qualité des eaux usées traitées dépend de celle des eaux usées brutes qui présentent également un taux non négligeable en sels. En conséquence, des problèmes de salinité sont à considérer et il est nécessaire de prendre des précautions à l'égard du choix de la culture et du mode d'irrigation. En suivant ces recommandations, cette ressource en eau peut être d'un grand bénéfice, si elle trouve une valorisation adéquate.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **BRIX H. (1993).** Macrophyte-mediated oxygen transfer in wetlands: Transport mechanismes and rates. Reprint from constructed wetlands for water quality improvement (G.A. Moshiri, Editor). Lewis publishers. Boca Raton, Ann Arbor, London Tokyo.

2. **BIDDLESTONE A.J., JOB G.D., (1991).** Treatment of dairy farm wastewaters in engineered reed bed systems. Process Biochemistry, 26, 265-268.

3. **CEMAGREF. SATESE, ENSP, AGENCE DE L'EAU, (1997).** Le lagunage naturel, les leçons tirées de 15 ans de pratique en France. Codition : Cemagref Edition, Agence de l'eau Loire Bretagne, 46p. + annexes.

4. **FINLAYSON et CHICK., (1983).** Testing the potential of aquatic plants to treat abattoir effluent. Wat. Res., 17,(4), 415-422.

5. **HASLAM S.M., (1972).** Biological flora of the British Isles. The journal of ecology, 60, (2), 585-609.

6. **RADOUX et KEMPS, (1988).** Epuration comparée des eaux usées domestiques par trois plantations hélophytiques et par un lagunage à macrophytes sous un même climat tempéré. Acta Oecologia Applic., 9, (1), 25-38.

7. **WATHUGALA A.G., SUZUKI T., KURIHARA Y. (1987).** Removal of nitrogen, phosphorus and COD from wastewater using sand filtration system with Phragmithes australis. Wat 21, (10), 1217-1224.