



## CONTRIBUTION A LA CARACTERISATION PHYSICO- CHIMIQUE DES EAUX DE PLUIE DE LA REGION DE TIZI-OUZOU TRAITEMENT PAR FILTRES PLANTÉS

*BENREJDAL F., GHOUALEM H.*

Laboratoire d'Electrochimie-Corrosion, Métallurgie et Chimie Minérale  
Faculté de Chimie, U.S.T.H.B, BP 32, El Allia-Bab-Ezzouar, Alger, 16111

hghoualem@usthb.dz; haghoualem@yahoo.fr

### RESUME

L'eau est un élément vital pour tout être vivant. Il est important de l'avoir à long terme en quantité suffisante et en qualité garantissant une vie saine et sans danger.

Dans le cadre de notre travail, une attention particulière est donnée aux eaux de pluie. Lors des précipitations, l'eau de pluie par lessivage et ruissellement mobilise la pollution accumulée par temps sec.

L'objectif de ce travail est, de contribuer à la caractérisation des eaux de pluie puis, d'appliquer un procédé de traitement biologique aérobie par filtres plantés de roseaux.

La caractérisation a porté sur l'analyse des paramètres physico-chimiques tels que le pH, la conductivité, les MES et les ions  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Les résultats de l'analyse ont montré que la teneur de certains paramètres dépasse la norme de potabilité.

Certains paramètres tels que les ions  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , la turbidité et les MES ont atteint après traitement des rendements d'élimination de l'ordre de 64,82, 62,77, 62,28 et 51,63% respectivement. Ce procédé de traitement peut être envisagé pour l'amélioration de la qualité des eaux de pluie récupérées après ruissellement sur les toits et utilisées comme source d'eau potable dans les régions où cette ressource peut être d'une grande importance.

**Mots clés :** Eaux de pluie, caractérisation physico-chimique, traitement biologique filtres plantés.

## ABSTRACT

Water is vital to all living things. It is important to have in long-term in sufficient quantity and quality to ensure a healthy and safe life.

In this work, a particular attention is given to rain waters and their re-use. During precipitations, rainwater by scrubbing and streaming mobilize the pollution accumulated in dry weather.

The aim of this study was, in a first time, to investigate the characteristic of rainwaters.

In a second time, a treatment by an aerobic biological process by planted filters of reeds is studied.

The physical and chemical parameters analyzed were: pH, conductivity, TSS and the ions  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . The results obtained of the physical and chemical analysis of the parameters showed that the content of certain parameters exceeds the standards of potability.

The results of physical and chemical analysis of the parameters after treatment showed an elimination of: 64.82, 62.77, 62.28 and 51.63% respectively for  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_4^+$ , turbidity and TSS. This technique of treatment can be considered for improvement of the quality of rainwater recovered after streaming on roofs and used as source of drinking water in areas where this resource can be of great importance.

**Keywords:** Rainwater, physical and chemical characterization, biological treatment planted filters.

## INTRODUCTION

L'existence de toute sorte de vie est liée à la présence de l'eau. L'insuffisance de l'eau est l'un des problèmes les plus cruciaux auquel l'homme est confronté. L'eau de pluie a été souvent considérée comme une eau pure dépourvue de tout effet néfaste sur l'environnement. Seule la lutte contre les risques d'inondation était prise en considération. Le domaine des eaux de pluie ne relevait que d'une vision purement quantitative. Il est apparu depuis quelques années que les rejets urbains par temps de pluie constituent le problème numéro un en matière de pollution des eaux. En effet, l'eau de pluie par lessivage et ruissellement mobilise la pollution accumulée par temps sec, les matières en suspension, les micropolluants organiques et métalliques (Dubois, 1994 ; Santos et al., 2011). Il est nécessaire de traiter les eaux de ruissellement et de pluie qui se chargent en polluants au cours de leur cycle au contact de l'atmosphère (Santos et al., 2011). Les eaux de pluie sont susceptibles de perturber l'équilibre des milieux récepteurs et de causer des problèmes sanitaires comme la contamination des eaux de surface et souterraines. Une certaine dépollution est assurée par les sols,

les rivières et autres systèmes hydriques, mais la capacité de cette autoépuration est largement dépassée (Benyahya et al., 1998).

Les techniques d'épuration dont le traitement par les plantes héliophytiques bénéficient d'une attention croissante. Les héliophytes intéressants dans le domaine de la phyto-épuration sont assez nombreux, parmi lesquels le roseau qui fait l'objet de cette étude. Les potentialités épuratoires des plantes aquatiques et plus particulièrement du roseau ont été mises en évidence par SEIDEL dès 1946 pour traiter des effluents industriels contenant des substances chimiques tels que les métaux lourds (Poulet et al., 2004).

Une caractérisation physico-chimique des eaux de pluie a été effectuée afin d'utiliser un type de traitement adéquat permettant de réduire la pollution. Le procédé de traitement biologique aérobie par filtres plantés de roseaux est étudié. Ce type de traitement dont le coût d'investissement est largement inférieur à celui d'une station d'épuration classique contribue à la protection de l'environnement et à la santé humaine (Kouakou, 2008).

## **MATERIEL ET METHODES**

Les échantillons sont récupérés de la région de Tizi-ouzou dans des cuves en période de temps de pluie puis transportés à Alger (117km) dans des jerricans qui au préalable sont rincés à l'eau distillée puis à l'eau à analyser. Les analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire d'Electrochimie, Corrosion, Métallurgie et Chimie Minérale de la Faculté de Chimie (U.S.T.H.B) et au laboratoire de l'A.N.R.H. Les mesures du pH ont été effectuées à l'aide d'un pH mètre de marque BASIC20 CRISON, celles de la conductivité à l'aide d'un conductimètre de type BASIC30, celles de la turbidité avec un turbidimètre de terrain 2000 NTU et celles de la DCO avec un DCO-mètre de marque: Spectroquant TR 320 MERCK. Les ions  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  ont été déterminés avec un spectrophotomètre visible de marque JASCO V-63.

Les analyses des éléments Cl,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  ont été effectuées par volumétrie, et spectrophotométrie de flamme.

La méthode de Zambelli a été utilisée pour déterminer les ions  $\text{NO}_2^-$ , celle de Nessler pour l'ion  $\text{NH}_4^+$ , la méthode au salicylate sodium pour les ions  $\text{NO}_3^-$ , à l'acide ascorbique pour les ions  $\text{PO}_4^{3-}$  et pour les ions  $\text{SO}_4^{2-}$ , la méthode au polyvinyl-pyrrolidone 25% (Rodier, 2006).

Les paramètres physico-chimiques ont été analysés selon les protocoles normalisés AFNOR et ISO.

Le dispositif expérimental utilisé pour traiter les eaux de pluie est composé de deux bacs remplis de couches successives de gravier et de sable. Les deux bacs sont plantés de jeunes tiges de roseaux. Le roseau, est le plus souvent utilisé dans ce type de traitement (Xanthoulis, 2004), pour sa résistance aux conditions rencontrées (longue période submergée du filtre, périodes sèches, fort taux de matières organiques) et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes.

L'alimentation du système se fait exclusivement par les eaux de pluie par un système de tuyauterie d'irrigation goutte à goutte posé sur la couche de sable. Les eaux sont filtrées à travers le substrat grossier composé de sable, de gravier et de plantes aquatiques servant de support aux micro-organismes. L'épuration est réalisée selon le principe de l'épuration biologique majoritairement aérobie dans des milieux granulaires fins à grossiers.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Caractérisation des eaux de pluie

D'après les données météorologiques (précipitation et température) de la région de Tizi-Ouzou allant de 2000 à 2011 et en utilisant le diagramme de Gaussen (Figure 1), le climat de la région se caractérise par une période sèche estivale allant de juin à septembre et par une saison humide qui s'étale de septembre à juin. Des évaluations qualitatives des eaux de pluie ont été effectuées.

Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux de pluie comparés aux normes de potabilité sont portés dans le tableau 1.

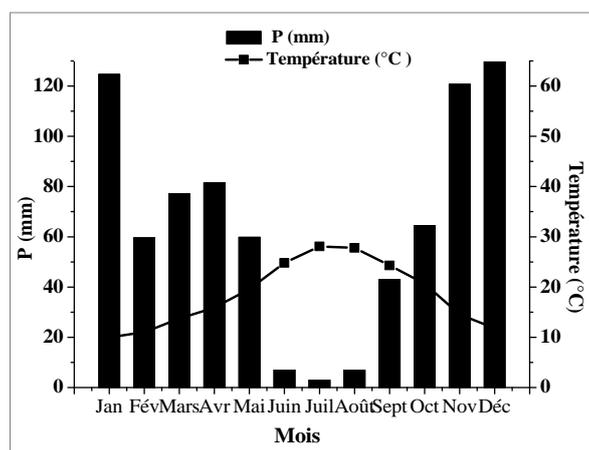
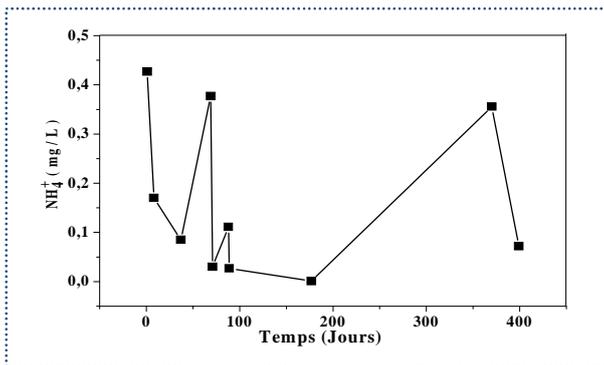


Figure 1 : Répartition des précipitations et températures en fonction des mois (2000-2011)

**Tableau 1 :** Caractéristiques des eaux de pluie.

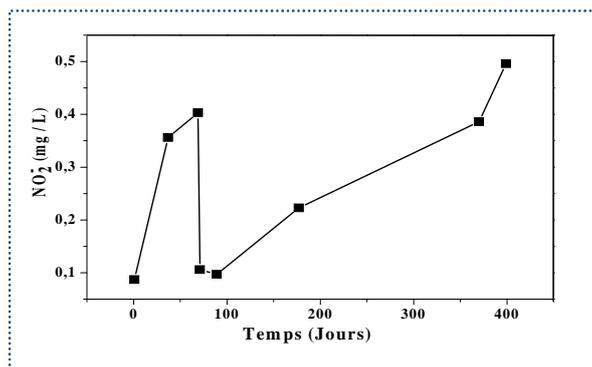
Paramètres	Composition moyenne	Normes de potabilité
pH	6,2	6,5-9
Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	15,8	1000 à 20°C
Turbidité (NTU)	5,6	0,5
MES (mg/L)	16,36	25
DCO (mg O <sub>2</sub> /L)	11,2	30
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg /L)	0,153	0,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	1,803	50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	0,240	0,05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	0,045	0,4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	7,154	250
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	8,241	250
Na <sup>+</sup> (mg/L)	7,375	150
K <sup>+</sup> (mg/L)	0,75	12
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	0	50
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	10,08	200

La teneur en ions NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Figure 2) varie de 0,001 à 0,427 mg/L avec une moyenne de 0,153 mg/L. La concentration des ions NO<sub>2</sub><sup>-</sup> portées sur la figure 3 varie de 0,087 à 0,496 mg/L avec une moyenne de 0,240 mg/L. Ces deux valeurs dépassent la norme de potabilité qui est respectivement de 0,1 et 0,05 mg/L.



**Figure 2 :** Evaluation des ions NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en fonction du temps.

Au cours de sa chute, l'eau de pluie traverse l'atmosphère (des zones cultivées) et se charge de manière plus riche en pesticides (pesticides gazeux) (Mucig, 2010) et en matières en suspension et en matières organiques azotées. L'ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> se produit alors par ammonification. Les MES contenant des bactéries nitrifiantes sont responsables de la nitrification des ions ammonium pour produire les ions nitrites.



**Figure 3 :** Evaluation des ions NO<sub>2</sub><sup>-</sup> au cours du temps.

La turbidité (Figure 4) varie de 2,9 à 15,4 NTU avec une moyenne de 5,6 NTU. Cette valeur qui dépasse la norme de potabilité (0,5 NTU) nous permet de conclure que l'eau de pluie est légèrement trouble. La turbidité est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, grains de silice et des matières organiques transportées par les eaux de pluie.

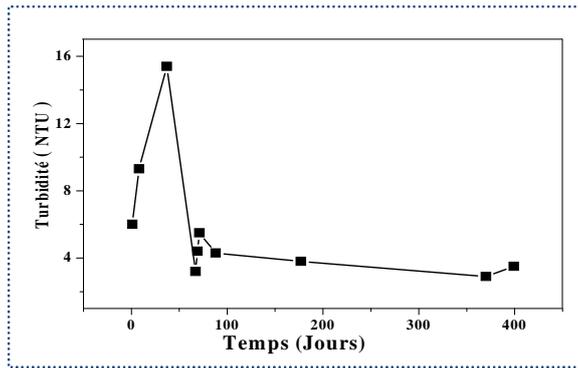


Figure 4: Evaluation de la turbidité en fonction du temps

## Traitement

L'utilisation des filtres plantés de roseau fait intervenir des réactions épuratoires pouvant être complexes. Mais le principe de base reste l'infiltration d'un effluent brut à travers des lits composés d'un mélange sable-gravier plantés de macrophytes (roseaux communs).

Le suivi de l'efficacité du traitement a été effectué en procédant à un certain nombre d'analyses des paramètres physico-chimiques.

Les résultats obtenus ont montré une diminution de la turbidité (Figure 5), cette diminution est expliquée par la filtration sur sable et l'élimination de MES qui sont retenues par la couche de sable lorsque le diamètre des particules solides est supérieur au diamètre du sable.

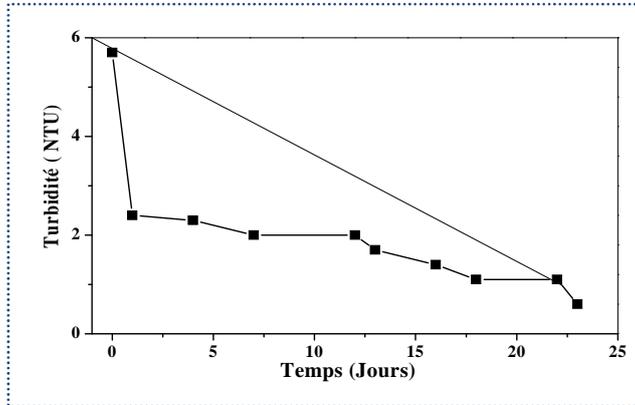
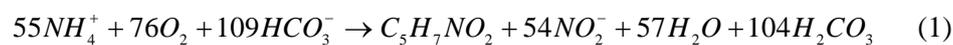


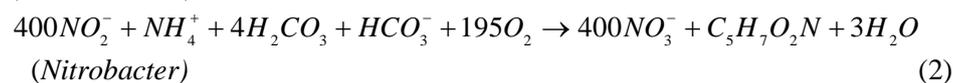
Figure 5 : Evolution de la turbidité en fonction du temps

Les principaux mécanismes d'épuration s'appuient sur la combinaison de plusieurs processus en condition aérobie, qui se déroulent successivement sur

deux étages de traitement. En condition aérobie et un pH élevé, l'ion  $\text{NH}_4^+$  subit la nitrification par les bactéries nitrifiantes *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*. Le processus de la nitrification traduit l'oxydation biologique de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) par des micro-organismes adaptés (Ibnoussina., 2006). Ce processus s'effectue en deux étapes où les ions nitrites sont formés comme ions intermédiaires (Lee et S. Dar Lin., 2007) selon l'équation suivante:



(*Nitrosomonas*)



(*Nitrobacter*)

L'azote nitrique peut être utilisé pour oxyder la matière organique si tout l'oxygène est absent ou déjà consommé, c'est la dénitrification (Biomepur, 2002). Ce qui explique la diminution des ions  $\text{NH}_4^+$  (Figure 6) au cours du traitement.

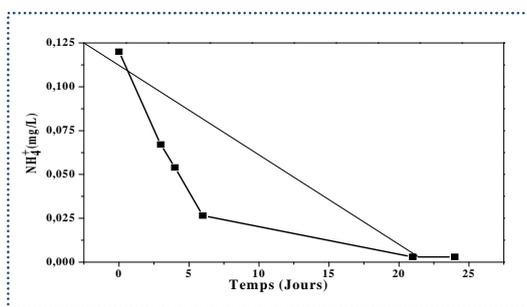
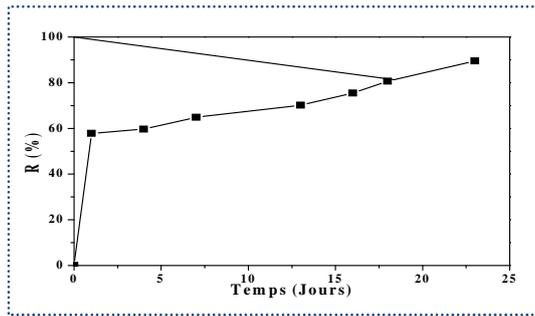


Figure 6 : Evolution des ions  $\text{NH}_4^+$  en fonction du temps.

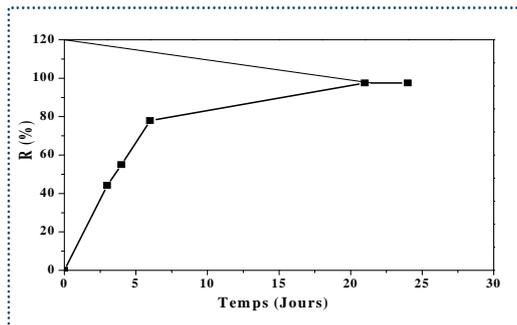
Afin d'étudier l'efficacité du traitement les rendements d'élimination ont été calculés.

La présence de roseau dans le système favorise une nette amélioration de l'abattement de la charge organique des MES et la filtration sur sable favorise l'élimination des matières en suspension par le dépôt de ces dernières dans le substrat sableux. Ce qui explique l'élimination importante de la turbidité (Figure 7) où le rendement d'élimination est de l'ordre de 62,28%.



**Figure 7:** Taux d'élimination de la turbidité en fonction du temps

Les mécanismes biologiques sont dus aux bactéries libres ou fixées. Ils permettent la dégradation de la matière organique et la nitrification en zone aérobie. L'épuration biologique se fait par des processus aérobie près de la surface de l'eau. Le développement d'algues fixées ou en suspension dans l'eau (phytoplancton) apporte l'oxygène par la photosynthèse. Cette présence d'oxygène est nécessaire aux bactéries épuratrices aérobies (Kouakou., 2008), ce qui favorise la nitrification de l'ion  $NH_4^+$  par les bactéries nitrifiantes (*Nitrosomonas* et *Nitrobacter*). Cette nitrification conduit à l'élimination des ions  $NH_4^+$  au cours du traitement. La diminution de ces dernières explique le meilleur rendement des ions ammonium (Figure 8) qui est de l'ordre de 98%.



**Figure 8 :** Taux d'élimination des ions  $NH_4^+$  en fonction du temps

Le meilleur rendement d'élimination pour les ions nitrites est de l'ordre de 45,95% (Figure 9). Une nitrification autotrophe aérobie, correspondant à l'oxydation des ions ammonium en ions nitrites. Les ions nitrites sont ensuite oxydés en ions nitrates par les micro-organismes *Nitrobacter* (Casellas et al., 2002), donc la diminution des ions nitrites est due à l'oxydation des ions nitrites en ions nitrates (Rehm et Reed, 1999) selon l'équation suivante:



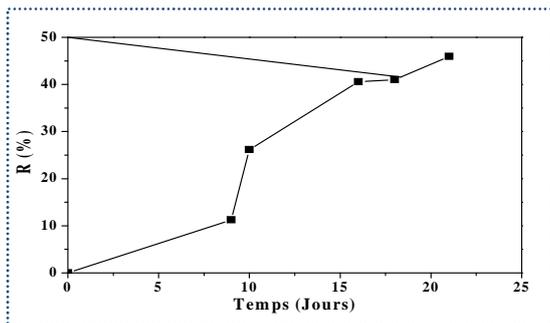


Figure 9: Taux d'élimination des ions  $\text{NO}_2^-$  en fonction du temps

Le taux d'élimination le plus important enregistré dans ce type de traitement est celui des ions phosphates, où le rendement peut atteindre 90% avec une moyenne de 64,82% (Figure 10). La diminution du phosphore à long terme est généralement limitée par la capacité d'absorption du substrat y compris la litière. Il s'effectue également une adsorption du phosphore inorganique dissous par la plante aquatique (Kouakou, 2008). L'ion  $\text{PO}_4^{3-}$  est retenu dans le gravier suite à des réactions de précipitation où il forme des composés peu solubles avec le calcium. Les phosphates précipitent généralement sous forme hydroxylapatite  $(\text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  (Kida et al., 1999).

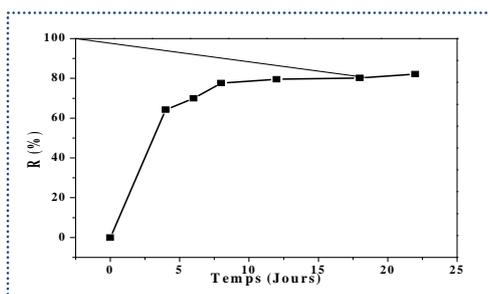


Figure 10: Taux d'élimination des ions  $\text{PO}_4^{3-}$  en fonction du temps.

## CONCLUSION

Durant ce travail nous avons étudié le degré de pollution des eaux de pluie ainsi que la faisabilité d'un traitement biologique aérobie par filtres plantés de roseaux (plantes aquatiques).

L'installation des plantes aquatiques dans un substrat entièrement minéral irrigué par les eaux de pluie permet d'obtenir leur épuration autour des rhizomes des plantes où vivent des micro-organismes. Le substrat permet la rétention d'une partie des polluants par tamisage la rétention des ions orthophosphates et

les MES avec un meilleur rendement de l'ordre de 90 et 95% respectivement. Les plantes contribuent à l'épuration des eaux par l'enlèvement des nutriments tel que l'élimination des ions  $\text{NH}_4^+$  avec un meilleur rendement de l'ordre 98% contenus dans les eaux et par l'apport d'oxygène au niveau des rhizomes où se trouvent les micro-organismes.

Au vu des différents résultats obtenus, cette technique de traitement peut être envisagée pour l'amélioration de la qualité des eaux de pluie récupérées après ruissellement sur les toits et utilisées comme source d'eau potable dans les régions où cette ressource peut être d'une grande importance.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- BENYAHYA M., BOHATIER J., LAVERAN H., SENAUD J., ETTAYEBI M. (1998). Les Virus des Eaux Usées et leur Elimination au Cours des Traitements des Effluents Pollués, L'Année Biol., Vol. 37, Issue 2, 95-105.
- BIOMEPUR (2002). Epuration biologique tertiaire d'eaux usées sur filtre végétal de taillis à très courte rotation, Projet Biomepur, Rapport final, Laboratoire d'Ecologie des Grandes Cultures, 65p.
- CASELLAS M., DAGOT C., BAUDU M. (2002). Stratégies d'élimination de l'azote d'un effluent urbain dans un réacteur discontinue séquentiel, Rev. Sci. Eau, Vol. 15, n°4, 749-765.
- DUBOIS C. (1994). La Maîtrise du Ruissellement par Temps de Pluie dans le Bassin de la Somme, Agence de l'Eau Artois Picardie, 61p.
- IBNOUSSINA M., HAROU M.E., MASLOUHI A. (2006). Expérimentation et Modélisation de la Lixiviation de l'azote Nitrique dans un Sol Sableux, Comptes Rendus Geoscience, Vol 338, Issue 11, 787-794.
- LEE C.C., DAR LIN S. (2007). Handbook of Environmental Engineering Calculations, 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill, New York.
- KIDA K. MORIMU S., MOCHINAGA Y., TOKUDA M. (1999). Efficient removal of organic matter and  $\text{NH}_4^+$  from pot ale by a combination of methane fermentation and biological, denitrification and nitrification Process Biochemistry, Vol. 34, Issues 6-7, 567-575.
- KOUAKOU J. (2008). Développement d'une Zone Humide Simulée Plantée avec Amaranthacea et Capri: Aridacea pour le Traitement des Eaux Usées Domestiques, African Technology Policy Studies Network (ATPS), Paper Series N°50.
- MUCIG C. (2010). Au Vue des Risques Sanitaires, Quels Usages des Eaux de Pluie en France et aux Etats Unis- Bilan et Evolutions Possibles, EHESP, Bulletins Electroniques.
- POULET J.B., TERFOUS A., DAP S., GHENAIM A. (2004). Stations d'épuration à lits filtrants, Plantes de Macrophytes, Courrier du Savoir, N°5, 103-106.

- REHM H.J., REED G. (1999). *Biotechnology*, 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley-Vch Verlag GmbH, Vol. 1 la, Germany.
- RODIER J., (1996). *L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*, 8<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris.
- SANTOS P.S.M., OTERO M., SANTOS E.B.H., DUARTE A.C. (2011). Chemical composition of rainwater at a coastal town on the southwest of Europe: What Changes in 20 Years? *Science of The Total Environment*, Vol.409, Issue 18, 3548-3553.
- XANTHOULIS D. (2004). *Systèmes d'Épuration de Petites Tailles. Présentation*, Asbl Epuvaleau, *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 365/366, 259-280.