

Utilisation d'une plante aquatique pour l'épuration des eaux de pluie de la région d'Alger. Traitement biologique par filtres plantés de macrophytes

F. Benrejda, H. Ghoualem¹

¹ Laboratoire d'Electrochimie-Corrosion, Métallurgie et chimie Minérale. Faculté de chimie, U.S.T.H.B, El Alia-Bab-Ezzouar Alger 16111, Algérie.

*Corresponding author: hghoualem@usthb.dz

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 10/12/2016

Accepted : 24/11/2017

Key Words:

Rainwater; physicochemical analysis; treatment, plants.

Mots clés :

Eau de pluie; analyse physico- chimique; traitement; végétaux.

ABSTRACT/RESUME

Abstract: The use of plants in purification of water is a process which takes again the natural techniques of purification and contributes to environmental protection and human health. In this work, we were interested to test the potentialities of reed to purify rainwater recovered on a catchment in the area of Bab-Ezzouar. The various parameters taken into account during the characterization of physicochemical parameters of pollution are: pH, turbidity, conductivity, TSS, COD and NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻, Cl⁻ and SO₄²⁻ ions. Analysis were carried out by UV-Visible, Atomic absorption, Continuous Flow Analysis. The follow-up of evolution of the various parameters during the treatment showed an improvement for abatement of the organic load and nutrients, this improvement for the nutrients is much more significant.

Résumé: L'utilisation des végétaux dans l'épuration des eaux est un procédé qui reprend les techniques naturelles d'auto épuration et contribue à la protection de l'environnement. Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à tester les potentialités d'un du roseau afin d'épurer une eau de pluie récupérée dans la région de Bab-Ezzouar. La caractérisation physico- chimique a porté sur l'analyse des paramètres de pollution suivants : pH, turbidité, conductivité, MES, DCO et les ions NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻, Cl⁻, SO₄²⁻. Les analyses ont été effectuées par UV-Visible, absorption atomique, analyse à flux continu. Le suivi de l'évolution des différents paramètres durant le traitement a montré une amélioration de l'abattement de la charge organique et des nutriments, cette amélioration pour les nutriments est beaucoup plus importante.

I. Introduction

L'eau de pluie était considérée comme une eau pure dépourvue de tout effet néfaste sur l'environnement. Seule la lutte contre les risques d'inondation était prise en compte, ce en quoi le domaine des eaux de pluie ne relevait que d'une vision purement quantitative. Or, il est clairement apparu que les rejets urbains par temps de pluie constituent le problème numéro un en matière de pollution des eaux [1]. Par lessivage et ruissellement

l'eau de pluie mobilise la pollution accumulée par temps sec [2, 3].

La réutilisation [4, 5, 6] des eaux est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement à l'échelle mondiale. Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative à moindre coût permettant de limiter les pénuries d'eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau.

Notre travail a pour objectif d'étudier le degré de pollution des eaux de pluie ainsi que la faisabilité d'un traitement en utilisant une plante aquatique. Dans un premier temps, on a procédé à une caractérisation physico-chimique des paramètres de pollution tels que la DCO, la DBO, les MES et les ions NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} et SO_4^{2-} . Dans un deuxième temps un système adéquat a été utilisé pour la réduction de cette pollution en effectuant un traitement sur filtres plantés de roseaux.

II. Matériel et méthodes

Les échantillons sont récupérés dans des cuves en plastique rincées initialement à l'eau distillée, puis placés dans des jerricans qui au préalable sont rincés à l'eau distillée puis à l'eau à analyser. Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire d'Electrochimie, Corrosion, Métallurgie et Chimie Minérale de la Faculté de Chimie (USTHB) et au laboratoire des eaux de l'ANRH d'Alger.

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH mètre de marque Basique 20 CRISON, celle de la turbidité avec un turbidimètre de terrain 2000 NTU, celle de la DCO avec un DCO-mètre de marque: Spectroquant TR 320 MERCK et celle des ions: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- et PO_4^{3-} avec un spectrophotomètre visible de marque JASCO V-630. Ces paramètres physico-chimiques ont été analysés selon les protocoles normalisés AFNOR et ISO (Jean Rodier., 2009).

Les méthodes utilisées pour l'analyse des ions sont : la méthode de Nessler pour l'ion NH_4^+ , de Zambelli pour l'ion NO_2^- , de salicylate de sodium pour les ions NO_3^- et la méthode d'acide ascorbique pour les ions PO_4^{3-} .

Le traitement est effectué sur un pilote expérimental constitué de deux récipients remplis de couches successives de gravier et de sable. Les deux bacs sont plantés de jeunes tiges de roseaux. L'alimentation du système se fait exclusivement par les eaux de pluie par un système de tuyauterie d'irrigation goutte à goutte qu'est posé sur la couche de sable. Les eaux sont filtrées à travers le substrat grossier composé de sable et de gravier qui, de même que les racines des plantes servent de support aux micro-organismes.

III. Résultats et discussion

III.1. Caractérisation des eaux de pluie

L'analyse des paramètres de pollution tels que la turbidité, la DCO, les MES et les ions NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- et PO_4^{3-} a montré que certains d'entre eux dépassaient les normes de potabilité admissibles. Les résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques sont portés dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des eaux de pluie

Paramètres	Min	Max	Moy	Ecart-type	Variance	Normes
pH	6,42	7,34	6,80	0,33	0,109	6,5-9
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	50,9	187,8	138,5	46,39	2152,32	1000
Turbidité (NTU)	9,9	139,8	53,1	44,31	1963,67	0,5
MES (mg/L)	11	96	29,33	30,52	931,22	25
NH_4^+ (mg/L)	0,026	0,375	0,199	0,127	0,016	0,1
NO_3^- (mg/L)	4,116	10,328	6,631	1,967	3,869	50
NO_2^- (mg/L)	0,129	2,645	1,237	0,956	0,914	0,05
PO_4^{3-} (mg/L)	0,026	0,222	0,117	0,071	0,005	0,4
SO_4^{2-} (mg/L)	7,864	19,025	14,099	4,52	20,427	250
Cl^- (mg/L)	2,13	4,13	2,233	0,856	0,732	250
Na^+ (mg/L)	1,38	5	2,48	1,228	1,508	150
Ca^{2+} (mg/L)	9	14,33	12,22	2,165	4,689	200

Au cours de sa chute, l'eau de pluie traverse l'atmosphère (des zones cultivées) et se charge de manière plus riche des pesticides gazeux [7, 8] et en matières en suspension et organiques azotées. L'ion NH_4^+ se produit alors par ammonification de cette dernière. Les MES contenant des bactéries qui sont responsables de la nitrification [9] des ions ammonium pour produire les ions nitrites [10].

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.

La poussière mobilisée par la pluie lors de sa chute est le polluant représentatif des matières en suspension.

Les réactions chimiques sous l'effet du rayonnement solaire, entre les oxydes d'azote émis lors des combustions (chaudières, moteurs...), les composés organiques volatils et le monoxyde de carbone sont responsables de la formation des nitrates [11].

III.2. Analyse de corrélation

Plusieurs corrélations significatives ont permis de montrer la bonne corrélation entre les paramètres (tableau 2).

Les ions SO_4^{2-} sont fortement corrélés avec les ions NO_3^- (0,68) et PO_4^{3-} (0,81), quand l'ion Ca^{2+} est fortement corrélé avec les ions PO_4^{3-} (0,67) et

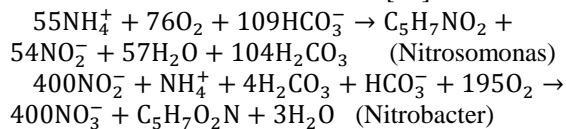
les MES (0,50) tandis que l'ion NO_2^- est fortement corrélé avec la conductivité (0,59), l'ion NO_3^- (0,51) et la turbidité (0,89), mais aussi la turbidité a une bonne corrélation avec les ions: NH_4^+ (0,58) et les ions Na^+ sont bien corrélés avec le pH (0,53), les MES (0,90) et les ions Cl^- (0,78).

Tableau 2. Matrice de corrélation

	pH	MES	CE	Tur	SO_4^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	NO_2^-	PO_4^{3-}	Ca^{2+}	Na^+	Cl^-
pH	1											
MES	0,49	1										
CE	0,39	-0,14	1									
Tur	-0,61	-0,50	0,30	1								
SO_4^{2-}	0,43	0,34	0,45	0,21	1							
NO_3^-	-0,06	-0,24	0,21	0,32	0,68	1						
NH_4^+	-0,94	-0,50	-0,41	0,58	-0,22	0,36	1					
NO_2^-	-0,33	-0,64	0,59	0,89	0,34	0,51	0,37	1				
PO_4^{3-}	-0,40	0,37	0,04	0,02	0,81	0,45	-0,30	0,08	1			
Ca^{2+}	0,41	0,50	-0,51	-0,56	0,38	0,3,	-0,19	-0,55	0,67	1		
Na^+	0,53	0,90	0,11	-0,44	0,15	-0,53	-0,66	-0,56	0,13	0,13	1	
Cl^-	0,22	0,47	0,13	-0,3	-0,40	-0,88	-0,51	-0,43	-0,41	-0,38	0,78	1

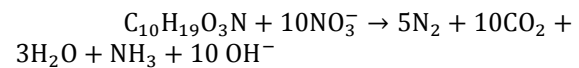
III.3. Traitement par Filtrés Plantés

L'épuration est réalisée selon le principe de l'épuration biologique majoritairement aérobie dans des milieux granulaires fins à grossiers. 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 au minimum. En condition aérobie et un pH élevé, l'ion NH_4^+ subit la nitrification par les bactéries nitrifiantes Nitrosomonas et Nitrobacter. Le processus de la nitrification traduit l'oxydation biologique de l'ammonium (NH_4^+) en ions nitrates (NO_3^-) par de micro-organismes adaptés [12]. Ce processus s'effectue en deux étapes où les ions nitrites sont formés comme ions intermédiaires [10] :



L'azote nitrique peut être utilisé pour oxyder la matière organique si tout l'oxygène est absent ou déjà consommé, c'est la dénitrification. Ce qui explique la diminution des ions NH_4^+ au cours du traitement. La concentration en ions nitrates, plus faible à la sortie du système, peut s'expliquer en partie par l'utilisation de ce nutriment, à la fois, pour la croissance des plantes et par les processus bactériens de dénitrification en condition anoxique [13]. La litière des plantes produite peut favoriser

cette dénitrification [14]. La dénitrification peut produire principalement N_2 [15]. D'après Paul Lessard, la dénitrification est donnée par l'équation suivante:



Une nitrification autotrophe aérobie, correspondant à l'oxydation des ions ammonium en ions nitrite. Les ions nitrites sont ensuite oxydés en ions nitrates par les micro-organismes Nitrobacter [8], donc la diminution des ions nitrites est due à l'oxydation des ions nitrites en ions nitrates selon l'équation suivante [16]: $2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^-$

Afin d'étudier l'efficacité de notre pilote nous avons calculé les rendements d'élimination de chaque paramètre au cours de la période de traitement (tableau 3).

Tableau 3. Rendement d'élimination

Paramètres	Rendement (%)
Turbidité	79,26
MES	77,31
NH_4^+	67,48
NO_3^-	60,84
NO_2^-	62,82
PO_4^{3-}	62,92
Cl^-	5,92
Na^+	22,73
Ca^{2+}	38,12

IV. Conclusion

Les résultats obtenus montrent que les eaux de pluie sont faiblement minéralisées, pauvres en matières organiques, mais aussi présentent des concentrations importantes en azote ammoniacal ainsi qu'en ions nitrites.

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 par les micro-organismes. Le substrat permet la rétention d'une partie des polluants par tamisage et les plantes contribuent à l'épuration des eaux par l'enlèvement des nutriments 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 pluviales ou de ruissellement urbaine qui indiquent un degré de pollution non négligeable selon A.Taebi et al pour son utilisation comme source d'eau potable dans les régions où cette ressource peut être d'une grande importance et limiter leur impact sur le milieu récepteur

V. Bibliographie

1. P. Hartemann. (2004); Water Contamination in Working Place EMC-Toxicologie Pathologie 1, 63–78.
2. C.Dubois. (1994); la maîtrise du ruissellement par temps de pluie dans le bassin de la Somme, Agence de l'Eau Artois Picardie, 61p.
3. P.S.M. Santos, M.Otero, E.B.H. Santos, A. C. Duarte. (2011); Chemical Composition of Rainwater at a Coastal Town on the Southwest of Europe:What changes in 20 years?, Science of the Total Environment 409, 3548–3553.
4. C. Boutin , Alain Héduit, J-M.Helmer .(2009) ; Technologies d'Épuration en Vue d'une Réutilisation des Eaux Usées Traitées (REUT) ONEMA – Direction de l'Action Scientifique et Technique.
5. V.Lazarova and F.Brissaud. (2005); Intérêt, Bénéfices et Contraintes de la Réutilisation des Eaux Usées en France, l'Eau, L'industrie, Les Nuisances - N° 299.
6. A.Beaupoil, C.Le Borgne, A.M.Atto, C.Mucig, A.Roux. (2010); Risque Sanitaire Liés à La Réutilisation D'eau Traitées pour L'Aéropersion des Espaces Verts, EHESP Persan.
7. C.Mucig. (2010); Au Vu des Risques Sanitaires, Quels Usage des Eaux de Pluie en France et aux Etats Unies, EHESP.
8. M.Casellas, C.Dagot, M.Baudou. (2002); Stratégies d'Élimination de l'Azote d'Effluent Urbain dans un Réacteur Discontinu Séquentiel, Rev.Sci.Eau, 749-765.
9. M.C.Peltre, A.Dutartre, J. barbe,J. Haury, S. Muller, M.Ollivier.(2002); Les Proliférations Végétales Aquatiques en France :Caractères Biologiques et Ecologiques des Principales Espèces et Milieux Propices, Impact sur les Ecosystèmes et Intérêt Pour le Contrôle des Croliférations, Bull. fr. Pêche Piscic 365/366 :259-280.
10. C.C.Lee and S.Dar Lin. (2007); Handbook of Environmental Engineering Calculations, 2nd Edition, McGraw-Hill Companies.
11. Elichegaray, C. B. (2010). Etatbet Evolution de la Pollution Atmosphérique, Revue Française d'Allergologie 50, 381-393.
12. M.Ibnoussina, M-E.Haroui, A.Maslouhi. (2006); Expérimentation et Modélisation de la Lixiviation de l'azote Nitrique dans un Sol Sableux, C. R. Geoscience 338 787–794.
13. S.Dandelot, R.Matheron, J.Le Petit, R.Verlaque et A.Cazaubon.(2005); Variations Temporelles des Paramètres Physicochimiques et Microbiologiques de Trois Ecosystèmes Aquatiques (Sud-Est de la France) Envahis par des Ludwigia, C. R. Biologies 328, 991–999.
14. M.Abissy & Mand. (1999); Utilisation des Plantes Aquatiques Enracinées pour le Traitement des Eaux Usées Urbaines: Cas du Roseau, Revues des Science de l'Eau, 285-315.
15. J.Kern & Ch. Idler.(1999); Treatment of Domestic and Agricultural Wastewater by Reed Bed Systems, Ecological Engineering 12 ,13–25.
16. H.-J. Rehm & G. Reed. (1999); Biotechnology, 2nd Edition, Wiley-Vch Verlag GmbH, Vol 1 la, Germany.

Please cite this Article as:

Benrejda F., Ghoualem H., Utilisation d'une plante aquatique pour l'épuration des eaux de pluie de la région d'Alger. Traitement biologique par filtres plantés de macrophytes, *Algerian J. Env. Sc. Technology*, 3:3-B (2017) 528-531