

Contribution à l'épuration des eaux usées industrielles par un procédé biologique (*Lemna minor*), cas de l'oued Mebouja.

Bedouh Yazid et Boumedris zine dine.

Laboratoire de Toxicologie Cellulaire, Département de Biologie, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar BP 12, Annaba 23000, Algérie.

E-mails: y_bedouh@yahoo.fr

Résumé— Le présent travail vise à évaluer l'efficacité de *Lemna minor* (lentille d'eau) dans l'épuration des eaux usées d'origine industrielle et de vérifier la possibilité d'utiliser cette plante dans un système d'épuration à base de macrophytes. Pour cela, nous avons simulés un système épurateur type marais filtrant dans le laboratoire, ce système est constitué de 4 bacs dans les quels nous avons immergé des plantes de *Lemna minor* dans l'eau d'oued Mebouja (effluent du complexe ISPAT).

Une analyse physicochimique des eaux usées a été également réalisée, avant et après l'épuration concernant les paramètres suivants: pH, MES, conductivité électrique, DBO₅, DCO, nitrates et nitrites.

Les analyses physicochimiques des eaux effectuées avant l'épuration des eaux usées par le système d'épuration, ont mis en évidence: une forte pollution qui caractérise les eaux de l'oued Mebouja. Les valeurs moyennes trouvées en MES, DBO₅ et DCO permettent d'avancer que la charge polluante est essentiellement organique. Nous constatons par ailleurs que les valeurs de la conductivité électrique sont élevées. Après l'épuration, les analyses physicochimiques ont montré une amélioration apparente des différents paramètres globaux de pollution (pH, MES, DBO₅, DCO et conductivité électrique) ainsi qu'une élimination presque totale de nitrates et nitrites. Le traitement des eaux usées par le procédé biologique peut être une solution à la fois peu onéreuse et efficace.

Mots clés— Eau usée industrielle, oued Mebouja, *Lemna minor*, la phytoépuration, paramètres physicochimiques.

I. INTRODUCTION

La disponibilité et l'approvisionnement en eau est un des enjeux majeurs pour les prochaines décennies. Il est même à craindre que ponctuellement ou de façon plus chronique aucun pays ne sera épargné par ce problème [1]. Cependant, l'Algérie a connu ces dernières décennies une forte croissance démographique, une urbanisation massive et un développement des activités industrielles qui ont généré une production importante d'eaux usées, surtout dans les centres urbains. Le volume des eaux usées évacuées à travers les réseaux d'assainissement est estimé à près de 660 millions de m³ par an, dont à peine 18% subissent un processus d'épuration partiel [2].

Face à cette situation, la réutilisation des eaux usées apparaît comme la solution la plus adaptée. Elle permet d'une part, de fournir des quantités d'eau supplémentaires, d'autre part d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et la

protection de l'environnement [3].

Cependant, la filière d'épuration qui s'appuie sur le pouvoir épurateur des végétaux aquatiques : algues, hydrophytes (plantes d'eau libre) et héliophytes (plantes qui bordent les eaux) ont démontré leurs performances avec multiples avantages. En effet, les macrophytes agissent comme catalyseurs des réactions d'épuration en augmentant la diversité des environnements dans la zone racinaire et en favorisant une variété de réactions chimiques et biochimiques qui accroissent l'épuration [4].

La généralisation de cette technique peut améliorer le rendement de l'épuration sans dépenser beaucoup de matériel et avec des coûts raisonnables. La phytoépuration est donc une voie prometteuse pour les pays en voie de développement tel que l'Algérie [5].

Le présent travail se veut une contribution à la mise en valeur des techniques d'épuration des eaux usées par lits plantés de macrophytes. Pour atteindre ce but nous avons mis en place un système épurateur dans le laboratoire, semblable au marais filtrant, ce système est constitué de 4 bacs dans les quels des *Lemna minor* ont été plantées. Nous avons choisis de travailler sur les eaux d'oued Mebouja en raison de leur forte pollution issue du complexe ISPAT. L'objectif est de mettre en évidence la capacité de réutiliser ces eaux en irrigation agricole.

II. MATERIEL ET METHODES

Nos prélèvements ont été effectués au niveau de l'oued Mebouja situé à proximité du lieu dit « Pont Bouchet » à une profondeur de 50 cm environ. Nous avons prélevé loin des obstacles naturels comme le recommande Rodier [6]. Les eaux potables ont été t prélevées directement du robinet.

La région de Mebouja est connue essentiellement pour sa vocation agricole depuis une vingtaine d'années. C'est une vallée qui a connu un développement industriel important, ce qui a engendré des rejets abondants, non traités dans les milieux naturels. Ces rejets non contrôlés ont généré une pollution de l'eau des oueds. Les cartes de vulnérabilité montrent que les eaux de la Mebouja sont très polluées [7].

Pour la mise en place des dispositifs expérimentaux : Nous avons simulés un système d'épuration type marais filtrant dans des conditions in vitro et cela en utilisant deux

bacs sombres. On place dans le premier de l'eau usée et dans le deuxième bac de l'eau de robinet qui sert de témoin. Dans chaque bac nous immergeons une quantité équivalente de lentille d'eau qui séjournera une quinzaine de jours [8].

Les paramètres étudiés sont regroupés dans le tableau I; ils ont été déterminés par des méthodes standardisées selon le guide général pour la conservation et la manipulation

Tableau I: Méthodes, unités et références d'analyse des différents paramètres.

Paramètres	Unités	Références
pH	-	Rodier (1996) [6]
Conductivité (C.E)	µs/cm	N. Afnor T 90-031 [9]
MES	mg/l	Rodier (1996) [6]
DCO	mg/l O ₂	Rodier (1996) [6]
DBO ₅	mg/l O ₂	Rodier (1996) [6]
Nitrites (NH ₃)	mg/l	ISO 6777: 1984 [10]
Nitrates (NH ₂)	mg/l	N. Afnor NF T 90-012 [9]

III. RÉSULTATS

Les variations du pH des eaux durant la période d'essai sont illustrées sur la fig (1). Les valeurs enregistrées varient entre 7,8 et 6,7. D'après nos résultats nous constatons une légère diminution du pH après le 4^{ème} jour qui va jusqu'à un pH neutre.

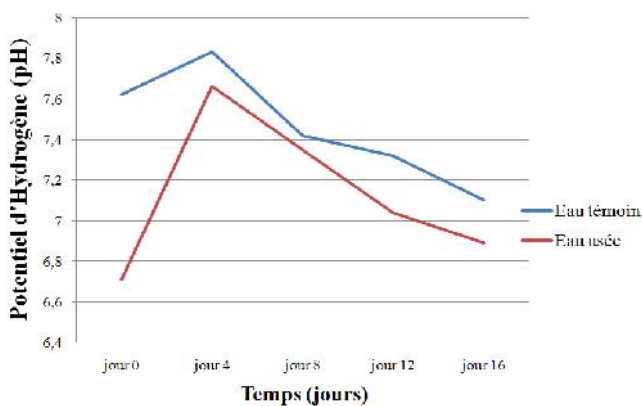


Figure 1: Variation du pH des eaux en fonction du temps.

L'évolution des matières en suspensions, est représentée dans la fig (2).

Ainsi nous constatons une diminution très apparente de la teneur des eaux usées en matières en suspensions, après l'implantation de *Lemna minor*, Jusqu'au 12^{ème} jour. Les différences sont de l'ordre de 40.1% et 72.7% respectivement pour 8^{ème} et 12^{ème} jour, après le douzième jour on remarque une augmentation de la matière en suspension de l'ordre de 32.2 mg/l.

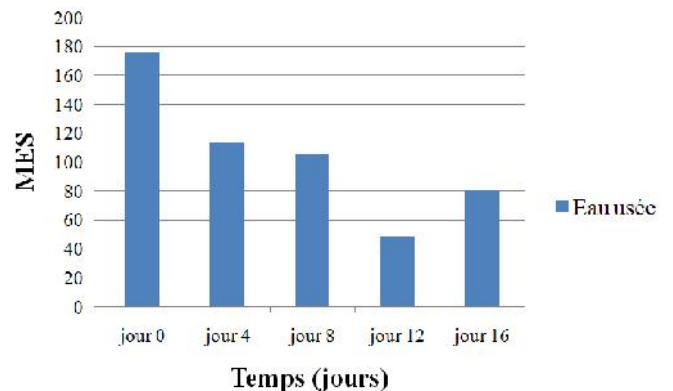


Figure 2: Évolution des MES des eaux usées.

Les valeurs de la conductivité électrique des eaux durant notre expérimentation sont illustrées sur la fig (3). On constate une diminution apparente de la conductivité électrique des eaux usées après le séjour de la plante. A partir du 4^{ème} jour, la C.E diminue d'environ 14% par rapport aux eaux n'ayant pas été en contact avec les plantes. La conductivité électrique a continué sa diminution jusqu'au 16^{ème} jour, ou on constate une baisse proche de 45%.

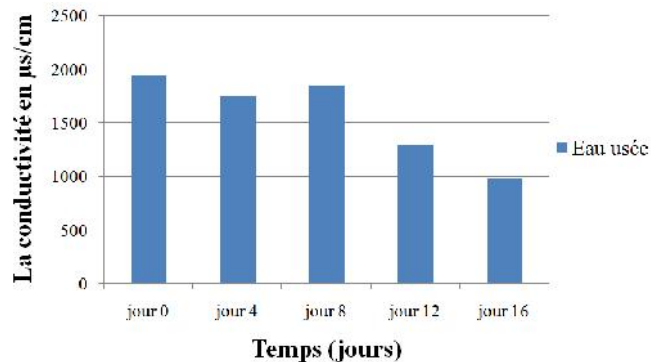


Figure 3: Variations de la C.E des eaux usées.

La figure (4) montre que les abattements de la DCO et de la DBO₅ sont très élevés et de toute façon plus importants que ceux obtenus à la fin de la période d'essai au 16^{ème} jour.

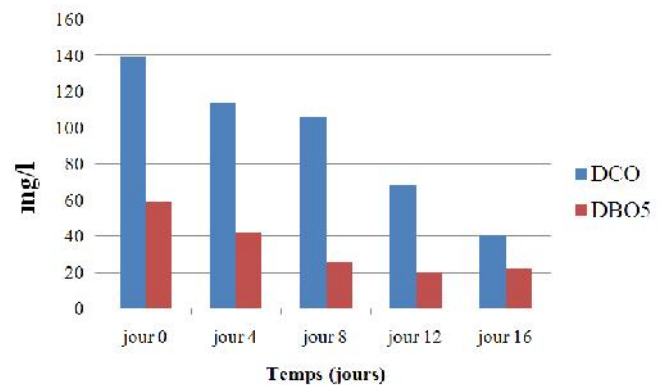


Figure 4: Évolution de la DCO et la DBO₅ des eaux usées.

Les variations des teneurs en nitrates et nitrites dans les eaux usées avant et après séjour des lentilles d'eaux sont illustrées sur la fig (5). Cette figure montre que l'abattement de nitrates est de 85% et encore de 93% pour les nitrites.

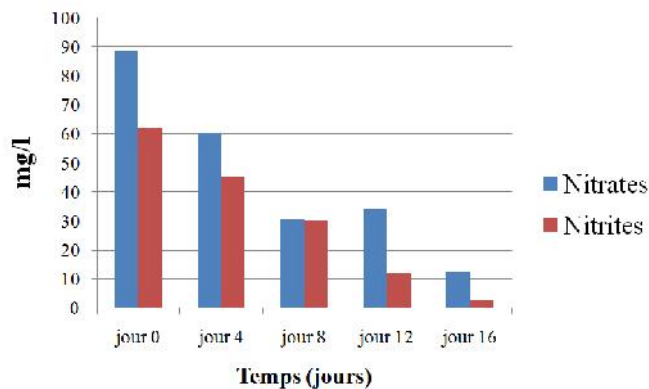


Figure 5: Évolution des nitrates et nitrites dans les eaux.

IV. DISCUSSION

De l'ensemble des analyses physicochimiques réalisées avant l'épuration, il ressort que plupart des concentrations enregistrées ne répondent pas aux valeurs limites maximales des paramètres de rejet fixées par la république Algérienne pour les déversements des installations industrielles [11]. Ce que reflète le niveau extrêmement élevé de la pollution qui caractérise l'oued Mebouja.

Les analyses physicochimiques des eaux effectuées après l'épuration des eaux usées par le système d'épuration, ont mis en évidence:

- Une amélioration du pH après le 4^{ème} jour, (environ une unité) qui va jusqu'à un pH neutre. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette baisse de pH. D'abord, l'accumulation des ions H⁺ suite à l'activité des bactéries nitrifiantes, ou à la production d'ions H⁺ par la plante pour compenser le prélèvement de certains cations (nutrition minérale) [12]. D'un autre côté, l'accumulation de CO₂ due au métabolisme des plantes ou à la dégradation de la matière organique par les bactéries hétérotrophes [13] et [14]. Ainsi que, la production d'ions H⁺ par la plante pour compenser le prélèvement de certains cations (nutrition minérale) et la sécrétion d'exsudats (acides organiques) au niveau des racines des plantes [12].

- En ce qui concerne l'évolution des matières en suspensions nos résultats montrent une diminution très apparente de ce paramètre dans les eaux après séjour de *Lemna minor*, Jusqu'au 12^{ème} jour. Avec une efficacité de 72.7%. L'élimination de la matière organique dans les bassins à macrophytes flottants est basée sur une relation symbiotique plantes-bactéries, dans laquelle les bactéries utilisent l'oxygène fourni au milieu par les plantes pendant la photosynthèse pour dégrader le carbone organique. En retour, les sous-produits de cette réaction tels que NH₄⁺ et le CO₂ sont utilisés par la plante [15].

- Pour la conductivité électrique, les résultats révèlent

une diminution de ce paramètre dans les eaux usées après séjour de la plante. La C.E a diminué en rétrogradation jusqu'au 16^{ème} jour, où on constate une baisse proche de 30%. Cette baisse durant l'expérimentation peut s'expliquer par la reproduction rapide des plantes qui vont limiter la concentration des sels dissous par déminéralisation excessive. La diminution de la conductivité est plutôt liée l'absorption des minéraux de l'eau et à la diminution de la matière organique. Dans notre cas, il est probable que les trois processus combinés interviennent. D'autres travaux ont montré par contre qu'il n'y a aucune tendance dans le changement de la conductivité électrique [16].

- Le contrôle de la DCO et la DBO₅ des eaux usées pendant l'expérimentation a montré des valeurs élevées avant l'épuration. Cependant, cette valeur diminue après le séjour des roseaux dans l'eau polluée. Ceci concorde avec les résultats de Sankar [17], Kadlec et Knight [18] qui montrent que les macrophytes possèdent des sites dans leurs zones racinaires qui favorisent la croissance bactérienne et permettent ainsi la dégradation de la matière organique et donc la diminution de la DCO et la DBO₅. Mill et Payton [19], ajoutent que la diminution de la DBO₅ après séjours des roseaux peut être due à la température qui favorise la croissance des ceci a été constaté aussi dans les travaux de Copper [20] sur le traitement des eaux usées domestiques.

- Concernant les taux de nitrates et nitrites, nos résultats révèlent que après séjours des plante de *Lemna minor* dans les eaux usées les valeurs ont diminué d'une façon très significative, cette baisse est de l'ordre de 85% pour les nitrates et de 93% pour les nitrites. Ceci est dû probablement à un phénomène de nitrification bactérienne comme le stipule Sun *et al.*, [21]. Selon Brix [22], certaines plantes consomment une quantité importante de composés azotés et du phosphore lors de leur croissance. Elles peuvent emmagasiner celui-ci dans les racines et rhizomes, les tiges et les feuilles. Une forte proportion d'azote et de phosphore est emmagasinée par les plantes émergentes dans leurs racines lors de la fanaison.

V. CONCLUSION

D'après les résultats des analyses physicochimiques effectuées, il apparait clairement que la pollution de nos oueds n'est pas une fatalité. Les différents systèmes d'épuration offrent des solutions prometteuses et efficaces. La phytorestauration des eaux usées au travers de filtres plantés des lentilles d'eaux semble être une bonne alternative aux stations d'épuration classique au moins pour les petites collectivités. De nombreux avantages les caractérisent et leurs inconvénients s'effacent à côté.

Ce système épurateur peut assurer une élimination importante de la charge organique. En effet, les MES ont été enlevées avec une efficacité près de 73% par rapport à la teneur initiale, cette élimination a provoqué une amélioration de la conductivité électrique. Pour l'abattement des nitrates, nitrites, la DCO et la DBO₅ varie entre : 70% et 93%.

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à adresser nos remerciements les plus sincères au Pr Djebbar Mohamed Reda pour avoir dirigé ce travail et m'avoir permis de la réaliser dans les meilleures conditions. Nos remerciements s'adressent ensuite à M^{me} Bouadila Soulef pour son soutien sans failles et ses conseils durant la mise en place de l'expérience, sans oublier M^{me} Bedouh Besma pour l'aide inconditionnelle qu'elle nous a apportée durant la phase finale du travail.

REFERENCES

- [1] Ménard C. (2001). Enjeux d'eau : La dimension institutionnelle. Tiers-Monde (ed.), 42(166), 259-274.
- [2] Bouziani M, (2000). L'eau, de la pénurie aux maladies. Ed: Ibn-Khaldoun., 223 p.
- [3] Ouanouki B., Abdellaoui N. and Ait Abdallah N. (2009). Application in Agriculture of Treated Wastewater and Sludge from a Treatment Station. European Journal of Scientific Research., 27(4), 602-619.
- [4] AREHN. (2002). L'épuration des eaux usées par les plantes « Connaître pour agir ». Publication de l'Agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie., 4 p.
- [5] Morel M.A., Kane M. (1998). Le lagunage à macrophytes, une technique permettant l'épuration des eaux usées pour son recyclage et de multiples valorisations de la biomasse. (ed.)Sud-Sciences et Technologies., 1, 5-16.
- [6] Rodier J. (1996). Analyse de l'eau naturelles, eaux résiduaires et eaux de mers. Edition Duno., 461p.
- [7] Djabri L. (1991). Mécanisme de la pollution et vulnérable des eaux de la Sybouse, origine géologique industrielle agricole et urbaine. Thèse de Doctorat, E.S Université de Annaba.
- [8] Geneviève T. (2002). L'épuration industrielle ou groupée par lagunage. Extrait du bulletin communal de Septembre 2002.
- [9] Association Française De Normalisation (A.F.N.O.R). (1979). Recueil de normes françaises. Eaux : méthodes d'essais., 342 p.
- [10] Rejsek F. (2002). Analyse de l'eau : Aspects et règlementaire et technique, .Ed CRDP d'Aquitaine .France., 358 p.
- [11] JORA. (2006). Valeurs limites des paramètres de rejets difflluents liquides industriels. Journal Officiel de la République Algérienne, 23 Avril 2006, Algérie., 27 p.
- [12] Bowes G. and Beer S. (1987). Physiological plant processes: photosynthesis. Aquatic plant for water treatment and resource recovery. Reddy, Smith, W. H. Orlando, Magnolia Publishing Inc., 311-335.
- [13] Attionu A.H. (1976). Some effects of water lettuce (*Pistia stratiotes*. L) on its habitat. Hydrogeologia., 50(3), 245-254.
- [14] Jedicke A., Furch B., Saint-Paul U. and Schlfiter U.B. (1989). Increase in the oxygen concentration in Amazon water resulting from the root exudation of two notorious water plants, *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) and *Pistia stratiotes* (Amceae). Amazoniana., 11(1), 53-70.
- [15] Polprasert, C., Khatiwada, N. R. and Bhurtel, J. (1998). A design model for COD removal in constructed wetlands based on biofilm activity, J. Env. Eng. Div., ASCE., 124(9), 838-843.
- [16] Rivera F., Warren A., Curds C.R., Robles E., Gutierrez A., Gallegos E. and Calderon A. (1997). The application of the root zone method for the treatment and reuse of high strength abattoir waste in Mexico. Water Sci. Technol., 35, 271-278
- [17] Sankar U. (2000). Economic analysis of enviroennemental problems industries. UNDP. Report Chennai madras School of economies allies Publishers. New Delhi.
- [18] Kadlec R.H. and Knight R.L. (1996). Treatment wetlands. CRC Press/Lewis Publishers, Boca raton, Florida, USA., 893p.
- [19] Kleche M., Berrebbah H., Souiki L., Grara N. and Djebbar M.R. (2012). Tolerance and Accumulation of Xenobiotic By *Phragmites Australis* Worms Of New Methods Of Bio-Depollution. Advances in Environmental Biology, 6(8), 2236-2248.
- [20] Cooper A. B., (1996). Reed beds and constructured wetlands for water treatment. WRC / seven Trent Water Workshop june 19- 21.
- [21] Sun G., Gray K.R. and Biddlestone A.J. (1998). Treatment of agricultural wastewater in downflow reed beeds : exploying recirculation, environ technol., (19), 529-536.
- [22] Brix M. and Scheirup M.M. (1989). The use of aquatic macrophytes in Water pollution control. Ambio., (18),100-107.