

ELIMINATION DU CUIVRE PRESENT DANS LES EAUX USEES INDUSTRIELLES SUR UN FILTRE PLANTE DE TAMARIX

***N. SEGHAIRI, *L. MIMECHE, *M. DEBABECHE, ** A. HAMZAOU**

* Laboratoire de Recherche en Génie Civil, Hydraulique,
Développement Durable et Environnement. Université de Biskra.

**Ingenieur en hydraulique, Université de Biskra
nora_ba2000@yahoo.fr

RESUME

La pollution des eaux usées par les métaux lourds demeure à l'heure actuelle l'un des problèmes majeurs à résoudre dans les pays industrialisés. Diverses méthodes classiques sont utilisées pour éliminer les métaux lourds des eaux usées existant. Elles sont basées sur des phénomènes de précipitation chimiques, d'échanges d'ions, de biosorption ou d'adsorption.

Le traitement par les plantes (la phytoépuration) consiste à un traitement naturel par une série d'écosystèmes aquatiques ou semi aquatiques organisés et structurés artificiellement de manière à optimiser leur capacité de rétention pour les différents paramètres de pollution. Nombreuses études visent à accroître le prélèvement des métaux lourds par les plantes pour dépolluer les eaux usées.

L'objectif de la présente étude est de mettre en évidence les potentialités des tamarix à épurer les eaux usées industrielles avec des concentrations en cuivre de la zone industrielle de Biskra.

MOTS CLÉS: Phytoépuration, Tamarix, Eaux usées, Cuivre

ABSTRACT

Wastewater pollution by heavy metals remains today one of the major problems to solve in industrialized countries. Various conventional methods are used to remove heavy metals from the existent wastewater. They are based on chemical precipitation phenomena, ion exchanges, adsorption or biosorption.

The treatment plants (phytopurification) is a natural treatment for a variety of aquatic or semi aquatic artificially organized and structured to maximize their holding capacity for various pollution parameters. Many studies aim to increase the removal of heavy metals by plants to clean up wastewater. The objective of this study is to highlight the potential of Tamarix to purify industrial wastewater with concentrations of copper in the industrial area of Biskra.

KEY WORDS: Phytopurification, Tamarix, Wastewater, Copper

1 INTRODUCTION

La plus part des pays en développement sont confrontés à d'énormes problèmes environnementaux notamment ceux liés au traitement des eaux résiduaires urbaines, constituent toujours une menace pour l'environnement et les populations. Ces systèmes sont inadaptés à cause de leur complexité et leur coût d'exploitation et d'entretien onéreux, qui peut être assuré à long terme. La pollution des eaux usées par les métaux lourds demeure à l'heure actuelle l'un des problèmes majeurs à résoudre dans les pays industrialisés. Les méthodes classiques utilisées pour

éliminer ces métaux sont basées sur des procédés chimiques (de précipitation, d'échange d'ions et procédé membranaire) (Ghouch M. 1998), et des procédés biologiques (phénomène de biosorption). Ces procédés sont très coûteux surtout si les concentrations des métaux sont de l'ordre de 1 à 100 ppm en métaux dissous.

Les filtres plantés à macrophytes, largement utilisés pour le traitement des eaux usées, deviennent aujourd'hui une alternative intéressante pour le traitement des eaux usées vues les grands avantages qu'ils présentent (Brix, 1997). Par ailleurs l'utilisation des végétaux locaux à intérêt

économique et environnemental sur ces systèmes. Comme les phragmites Australis les rend plus captivant (Brix, 2005 ; Vymazal, 2007). La phytoépuration c'est une technologie fiable, simple d'exploitation facilitant grandement la gestion des boues. Plusieurs travaux ont prouvés leur aptitude à exploiter efficacement les eaux usées municipaux (Abissy et Mandi, 1999 ; Molle, 2005 et Mimeche et al, 2010), des effluents industriels (Benameur, 2010 ; Ghaouch, 1998 ; Tiglyène, 2005).

L'utilisation du papyrus pour le traitement des métaux lourds dans les eaux usées a montré une capacité importante dans la rétention des métaux spécialement pour le Cu, Zn et Fer. Ces plantes ont retenu de 80% à 90% des métaux (Ghaouch, 1998 ; Seghairi et Debabeche, 2011). Les métaux absorbés par ces plantes sont accumulés au niveau des racines pour le cuivre et dans les feuilles pour le Zn et le Fer. En présence de phragmites australis, une élimination de 87 % en chrome total est obtenue par (Begg et al, 2001) et un abattement de 99% (Tiglyènes et all, 2005).

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les potentialités des tamarix à épurer les eaux usées industrielles avec des concentrations en cuivre. C'est dans ce contexte que cette étude se propose d'analyser d'abord les paramètres physico chimiques des eaux, en suite le dosage du cuivre présent dans l'eau usée à épurer par le biais de la spectrophotométrie d'absorption atomique. Notre étude consiste à contrôler le pouvoir épurateur du tamarix durant le passage des eaux usées à travers ces filtres.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 Mise en place des dispositifs expérimentaux

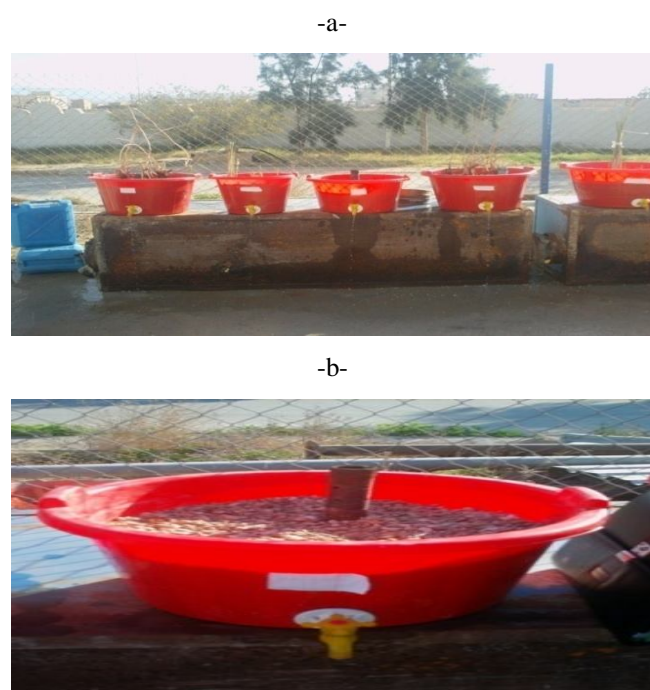


Figure 1 : a- Pilote expérimental, b- Filtre témoin.

Les essais expérimentaux ont été réalisés dans la station du département d'hydraulique à l'université de Biskra, dont la ville est caractérisée par un climat semi aride avec une pluviométrie moyenne estimée à 135,5mm/an et une température qui varie annuellement entre un maximum de 41,60°C et un minimum de 6,45 °C. Le pilote est constitué de quatre bacs, remplis par des couches de gravier. Trois bacs sont plantés de jeunes tiges de tamarix (Fig. 1 et 2), le quatrième est nu et pris comme témoin. Le remplissage est réalisé avec des eaux usées industrielles de la zone de Biskra, avec une fréquence régulière d'une fois par semaine pendant un mois. Les eaux se percolent à travers les filtres et sont récupérées au fond des bacs après un temps de séjour imposé.

2.2 La plante de Tamarix

Le tamarix est un arbuste ou un petit arbre fréquent dans les régions Méditerranéennes, ou il peut être spontané ou cultivé, il appartient à la famille des **Tamaricacées**. On en connaît divers espèces. Les feuilles sont très petites, alternées et écailleuses. Le fruit est une petite capsule triangulaire. IL pousse dans tous les terrains drainés et légers (figure 2).



Figure 2 : a- Filtre planté de Tamarix, b- Plante tamarix

2.3 Technique de dosage des métaux lourds (cuivre)

On a utilisé pour le dosage du Cu le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme de type A.A-6200 (Atomic- Absorption Flamme Cuission) de marque Shimadzu5.

2.3.1 Principe de fonctionnement

La solution à étudier est pulvérisée dans une flamme où elle est transformée en vapeur atomique. On envoie sur ces vapeurs une radiation caractéristique des atomes à doser (longueur d'onde de la raie de résonance la plus souvent) qui est produite par la source qui est généralement une lampe à cathode creuse contenant l'élément à doser. La radiation est absorbée par les atomes non excités sur le trajet de la lumière. Pour chaque type de métal il y a une lampe cathodique correspondante. Ainsi les résultats s'affichent sur l'écran sous forme graphique et données (absorbances et concentrations). En pratique, on compare les absorbances obtenues pour des solutions étalons et la solution à doser dans les mêmes conditions. L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer Lambert

2.3.2 Méthode de dosage cuivre (Cu)

2.3.2.1 Préparation de la solution mère de cuivre

Nous avons préparé les solutions mère de 1000 mg Cu+2 /l dans l'eau bidistillée en utilisant les sels solubles Cu(NO₃)₂·3H₂O de masse molaire 241,59 g/mole.

La solution mère étalon à 1g/l de cuivre est préparée comme suit :

Sel de cuivre	3,801g
Acide nitrique	30ml
Eau bidistillé	500ml

2.3.2.2 Etablissement de la courbe d'étalonnage du cuivre

Les concentrations résiduelles en cuivre sont déterminées à des longueurs d'onde $\lambda=324,45\text{nm}$. L'étalonnage est répété avant chaque série d'essais. Nous présentons sur le tableau 1 et la figure 3 un exemple d'étalonnage.

Tableau 1 : Etalonnage du cuivre en eau bi distillée

Concentration C (mg/l)	Absorbance (A°)
0	0.0029
2	0.1696
4	0.3288
6	0.4858
8	0.6204
15	1.033
20	1.6195

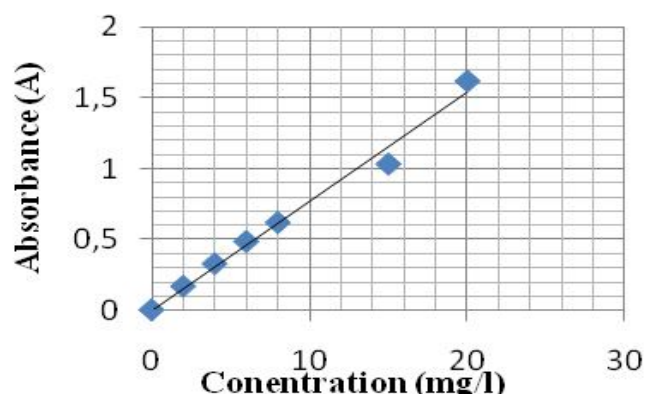


Figure 3: Courbe d'étalonnage du cuivre

2.4 Caractéristiques physico-chimiques des eaux usées industrielles

2.4.1 Rejet industriel de la zone industrielle de Biskra

La zone industrielle de Biskra est située au sud du chef lieu et occupe une superficie de 155 ha. C'est un important pôle d'activité industriel où se localise essentiellement les deux importantes unités de productions, l'unité TIFIB issue de la restructuration de l'entreprise mère SONITEX et l'unité de production de câblage UNICAB. Elles sont caractérisées par un rejet principalement industriel, c'est notre point de prélèvement des eaux usées industrielles pour les tests expérimentaux.

2.4.2 Les caractéristiques physico-chimiques des eaux usées

Les échantillons d'eau ont été collectés chaque semaine pendant la période d'étude. Les échantillons d'eau, à l'entrée et à la sortie de chaque filtre ont fait l'objet d'une mesure de pH, conductivité électrique, demande chimique en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène (DBO₅), Matières en suspension (MES) et teneur en cuivre (Cu).

Tableau 2: Caractéristiques physico chimiques d'une eau usée industrielle

T (C°)	pH	Cond μS/cm	Fe mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l
21,1	7,01	2100	1,195	7,450	0,107
PO ₄ ⁻³ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	MES mg/l	DCO mg/l	DBO ₅ mg/l	Cu mg/l
2,30	110,1	105	200	60	2,507

L'eau usée prévue pour l'irrigation des hélophytes, implantés dans le substrat, a été prélevée d'un rejet d'origine industrielle, dont les caractéristiques physico-chimiques sont regroupées dans le tableau 2 ci-dessus.

La différence entre la DCO et la DBO₅, représente la charge en matières organiques peu ou pas biodégradable.

Rapport DCO / DBO₅ > 2.5

Pour les eaux usées domestiques le rapport est de 1,5 à 2. Ce qui correspond à une biodégradation facile. Il peut atteindre 2,5 à 3 sans inconvénient très sensible. La DCO sera toujours supérieure à la DBO₅ (sauf conditions particulières). (Moll D, 2005). Les eaux usées prélevées représentent un rapport égal à 3,33 ; donc c'est une eau à caractère industrielle.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'eau usée industrielle à la sortie des filtres plantés de tamarix

3.1.1 Evaluation du potentiel hydrogène pH

Le suivi du pH peut renseigner sur le déroulement de l'épuration. Si l'installation fonctionne correctement, le pH sera proche de la neutralité (compris entre 7,4 et 7,8), c'est le pH le plus favorable à l'activité bactérienne. Il apparait assez nettement que la vitesse de la nitrification est influencée par le pH. D'après (Franck.R., 2002), pour le processus d'épuration aérobie, la biomasse a besoin d'un pH proche de la neutralité pour réaliser son activité épuratrice.

Le pH des eaux usées traitées à la sortie des filtres plantés de tamarix augmente, il varie entre 7,35 et 7,51 respectivement pour un temps de séjour de 7 jours et de 15 jours. Nos résultats ont similaires à ceux obtenus par (Benameur, 2010) et (Tiglyéne et al, 2005).

3.1.2 Paramètres globaux de pollution organique

Au vu de ces résultats, nous constatons que le rendement varie avec l'accroissement du temps de séjour. L'élimination est meilleure pour un temps de séjour de 15 jours pour tous paramètres étudiés.

La réduction de la DCO, MES et la DBO₅ présentée sur la figure 3, fait intervenir des phénomènes physiques, de filtration et de phénomènes biologiques, de dégradation et de décomposition de la matière organique associée à la flore bactérienne et à la présence des plantes.

Le pourcentage d'élimination de ces paramètres est calculé sur la base des concentrations initiales et finales par l'équation suivante :

$$100 (C_e - C_f)/C_e$$

Avec :

C_e : Concentration à l'entrée du filtre

C_f : Concentration à la sortie du filtre

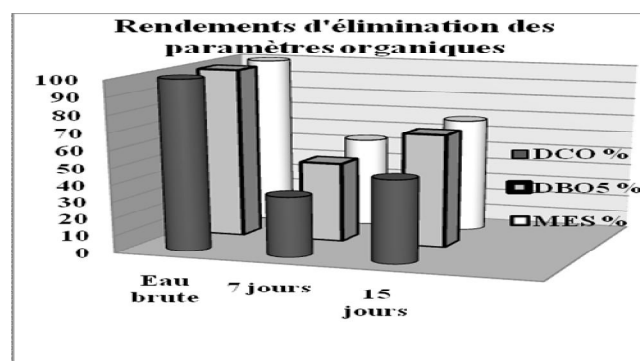


Figure 3: Les rendements d'élimination des paramètres organiques à l'entrée et à la sortie du filtre

Concernant les paramètres organiques mesurés, une diminution importante est observée dans le filtre planté de tamarix par rapport au filtre nu (le témoin).

Le tableau 3, récapitule les résultats obtenus. La diminution importante des paramètres organiques, montre que le système est bien oxygéné, un des paramètres d'estimation du carbone organique biodégradable dans une eau. Le carbone est utilisé par les bactéries comme source d'énergie et pour la synthèse de nouvelles cellules.

Tableau 3 : Le pouvoir épuratoire du filtre implanté et du témoin

Paramètres	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)
Eau brute	105	200	60
Témoin	88	176.25	47.28
Rendements %	16.19	11.87	21.20
Tamarix	34	102.80	20.00
Rendements %	67.62	48.60	66.66

3.2 Rendements d'élimination du cuivre sur le filtre planté de tamarix

Pour une concentration de 2,50 mg/l en cuivre le filtre planté de tamarix a montré une capacité de rétention élevée de 75,96 % après un temps de séjour de 15 jours. Le pourcentage d'élimination du cuivre décroît de 67,59 % à la sortie du filtre après 7 jours. Les résultats obtenus montrent bien l'efficacité des plantes choisies à absorber le cuivre (figure 4).

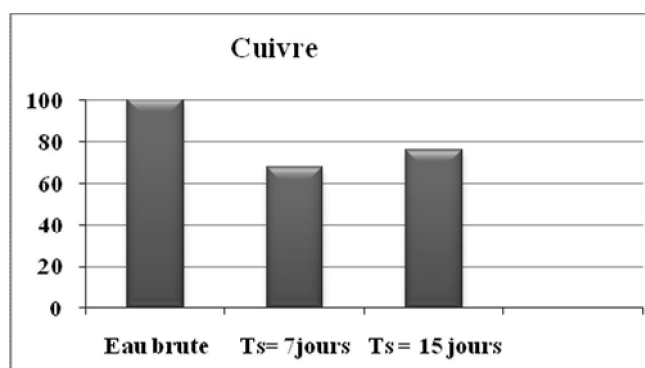


Figure 4: Influence du temps de séjours sur l'abattement de cuivre à l'entrée et à la sortie du filtre planté de tamarix

Les métaux ainsi fixés peuvent exercer un effet toxique sur les processus microbiens du sol. Cependant, plusieurs micro-organismes sont capables de développer une stratégie de résistance aux métaux lourds (Boularbah, 1996). Les micro-organismes peuvent jouer un double rôle dans la mobilisation des métaux. Ils peuvent affecter leur biodisponibilité en fixant les éléments et les libérer en décomposant la matière organique (Herman et al., 1995).

4 CONCLUSION

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence les potentialités du tamarix à épurer l'effluent de la zone industrielle de Biskra. Concernant les paramètres physico-chimiques des eaux usées à l'entrée et la sortie des filtres, une élimination importante est observée dans le filtre de tamarix. Cette élimination peut atteindre 67,62 % pour les matières en suspensions, 48,60 % pour la DCO et 66,66 % pour la DBO₅. L'importante diminution de ces paramètres montre que le système est bien oxygéné. La présence des filtres assure une efficacité importante pour la rétention du cuivre contenu dans les eaux usées industrielles à épurer avec un abattement de 75,96 % pour un temps de séjour de 15 jours. Ces résultats permettent de confirmer la performance du système étudié à traiter les rejets des eaux sous des conditions expérimentales adoptées.

REFERENCES

- [1] ABISSY, M., MANDI, L. (1999). Utilisation des plantes aquatiques enracinées pour le traitement des eaux usées urbaines : cas du roseau, Rev. Sci. Eau, 12,3, 285-315.
- [2] BEGG, J.S., Lavigne, R.L., VENEMAN, P.L.M. (2001), Reed beds: Constructed wetlands for municipal wastewater treatment plant sludge dewatering. Wat. Sci. Tech., 44,11-12, 393-398.
- [3] BENAMEUR, N. (2010). Analyse des microorganismes présents dans les lits à macrophytes lors de la phytoépuration des eaux usées, Mémoire de magister, Université de Biskra.
- [4] BOULARBAH, A. (1996). Interactions entre métaux lourds et bactéries : conséquences sur la mobilité des métaux et sur le diagnostique des sols pollués. Th. Doct. Univ Marrakech, 101 p.
- [5] BRIX, H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed wetlands systems, Wat. Sci. and Technology, 35,5,11-17.
- [6] BRIX, H. (2005). Wastewater treatment in constructed wetlands: System design, removal processes, and treatment performances. In G. A. Moshiri (org), constructed wetlands for water quality improvement.
- [7] FRANCK, R. (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaire et techniques. Edition CRDP Aquitaine décembre.
- [8] GHAOUCH, M. (1998). Détermination des métaux lourds dans les eaux usées, épuration par des polymères d'origines naturelles et test sur les végétaux, Mémoire de DEA. Agence universitaire de la Francophonie- France.
- [9] HERMAN, D.C., ARTIOLA, J.F., MILLER, R.M., (1995). Removal of cadmium, lead and zinc from soil by a Rhamnolipid Biosurfactant. Environmental Science and Technology, 29, (9) ,2280-2285.
- [10] MIMECHE, L., MANCER, H., DEBABECHE, M. (2010). Analyse du pouvoir épuratoire D'un filtre implanté de Phragmites Australis pour traitement des eaux usées sous climat semi aride – région de Biskra, Tunisian Journal of Medicinal Plants and Naturel Products, 4, 1(1), pp. 10-15.
- [11] MOLL, D. (2005). Les normes de rejet des eaux et les paramètres d'analyses de la pollution (Grenoble eau pure rapport).
- [12] SEGHAIRI, N., DEBABECHE, M. (2011). Possibilités de rétention du cuivre et du zinc sur un filtre planté de papyrus, Communication orale, 3^{ème} Edition du Congrès International sur Eau, Déchets et Environnement- Fès- Maroc.
- [13] TIGLYENE, S., MANDI, L. et JAOUAD, A.E. (2005). Enlèvement du chrome par infiltration verticale sur lits de Phragmites australis (Cav.), Rev. Sci. Eau . p177-198.
- [14] VYMAZAL, J. (2007). The use of sub- surface constructed wetlands for wastewater treatment in the Crezch Republic: 10 years experience. Ecologies Engineering, 18, 633-646.