

# TRAITEMENT DES EFFLUENTS URBAINS ET INDUSTRIELS : ORIGINALITÉ ET PERFORMANCE

MERZOUKI Mohammed,  
FADEL Hanane,  
BENLEMLIH Mohamed  
Laboratoire de  
Biotechnologie, Faculté  
des Sciences Dhar El  
Mahraz, Fès, Maroc

## Résumé

Notre travail de recherche s'est focalisé sur la recherche des procédés de traitement des effluents industriels riches en matière organique et en métaux lourds, tels que les effluents de dinanderie et des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville de Fès. Ces procédés que nous avons choisis sont à faible coût d'investissement et d'exploitation et ont révélé une performance élevée en termes d'abattement de la pollution chimique et microbiologique. Les résultats ont montré que le traitement des lixiviats par filtration sur les matrices d'argile, cendres volantes et sables marins a permis un taux d'abattement de la  $DBO_5$  et des coliformes fécaux qui dépasse 96%.

**Mots clés :** effluents industriels, lixiviats, SBR, filtration sur colonne

## INTRODUCTION

Les quantités et les caractéristiques des eaux usées urbaines et industrielles de plus en plus importantes sont très variées et constituent un danger croissant pour le milieu naturel. Ils provoquent des altérations du milieu environnant à cause de leurs charges en matières en suspension et en polluants organiques dissous qui sont toxiques et peuvent être persistants. Devant la croissance

démographique, l'amélioration de la qualité de vie et la grande densité des zones urbaines, de nouvelles formes de pollution des eaux sont générées. En effet, l'enfouissement et le stockage des déchets solides doit permettre non seulement une gestion efficace des déchets mais aussi le traitement après drainage et récupération des deux effluents qui sont les biogaz et les lixiviats.

## Matériel et méthodes

### I/ Site d'étude : décharge publique contrôlée

La décharge publique contrôlée de

la ville de Fès se situe au Sud-Est de la ville de Fès, à 11 km du centre ville, dans la commune de Ain Bida sur la route de Sidi Harazem comme c'est indiqué sur la photo 1 , elle

s'étale sur une superficie de 120 hectares.



Photo 1. Décharge publique contrôlée de la ville de Fès

### I-1/ Traitement des lixiviats par SBR couplé au système de coagulation floculation

Dans cette étude, nous avons couplé le système de traitement par coagulation-floculation avec celui du traitement biologique par SBR (Sequencing Batch Reactor) (Photo 2). Le lixiviat

brut a été traité par coagulation floculation. Après décantation du coagulât, le surnageant résultant a été entraîné dans le réacteur SBR pour qu'il soit traité par la boue activée. À la fin du cycle de traitement, l'eau soutirée doit être conforme aux normes de rejet en vigueur.

Dans ce procédé de traitement du

lixiviat, nous avons effectué des analyses microbiologiques et physico-chimiques pour quatre types de lixiviats :

- Lixiviat brut ;
- Lixiviat coagulé ;
- L'entrée du coagulât à l'SBR ;
- Sortie du SBR.



Photo 2 : Procédé du SBR couplé au système de coagulation-floculation

## I-2/ Traitement des lixiviats par filtration sur colonne

Notre dispositif expérimental est constitué d'une colonne de verre de 6 cm de diamètre et de 50 cm d'hauteur. La hauteur effective du lit filtrant est de 36 cm, 14 cm est utilisée pour le lixiviat à filtrer, qui est maintenu constante le long des expériences afin de garder la même charge du lixiviat sur le lit filtrant. Notre lit filtrant est formé de 5 couches de sables marins bien choisis et le substrat S<sub>3</sub> avec quelques graviers au fond de la colonne. Les 5 couches de sables sont placées dans la colonne selon l'ordre croissant de leurs coefficients d'uniformité. Lors de l'étude comparative des filtrations des lixiviats et afin de choisir la

meilleure matrice filtrante, nous avons utilisé plusieurs substrats à savoir les trois types de sols argileux désignés par A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> et A<sub>3</sub>, les cendres volantes, les cendres de foyer (mâchefer) et un sable choisi d'une manière arbitraire.

## II/ Caractérisation physico-chimiques et microbiologiques des effluents de dinanderies et des lixiviats

### II-1/Analyses physico-chimiques

Les paramètres suivants ont été analysés : température, pH, conductivité électrique, DBO<sub>5</sub>, DCO, phosphore total, orthophosphate, ammonium, nitrate, nitrite, azote kjeldhal, matière en suspension (MES) et les métaux lourds.

## II-2/Analyses microbiologiques

Le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale, des coliformes, les staphylocoques, les streptocoques, les champignons et les levures a été effectué aux effluents testés avant et après traitement.

## Résultats et discussion

### I/ Traitement des lixiviats par SBR couplé au système de coagulation floculation

Le tableau 1 représente les résultats des analyses physico-chimiques du lixiviat avant et après traitement par le système combiné, coagulation-floculation suivie du SBR.

Tableau 1 : Résultats des analyses physico-chimiques avant et après traitement par le système combiné

Paramètres	taux lixiviat coagulé	taux d'abattement du traitement physico-chimique		taux d'abattement du traitement par SBR (%)		taux d'abattement du système combiné (%)	Normes Marocaines de rejets indirects (mg/L)
		Entrée SBR	Sortie SBR	Entrée SBR	Sortie SBR		
Oxygène dissous	0,86	-	5,23	1	-	-	-
DCO <sub>T</sub>	9751	81,67	7886,6	1026,6	86,99	98,07	1000
DBO <sub>5</sub>	14166	29,17	5166	166,6	96,77	99,16	500
Orthophosphates	14,6	12,1	3,22	2,04	36,64	87,71	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,35	43,98	1,24	0,093	92,5	96,14	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,8	13,27	4,84	2,28	52,89	79,82	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	2,07	30,76	0,57	0,08	85,96	97,32	-
MES	2866,66	47,88	4833,33	600	87,58	89,09	600

Le taux d'abattement de la DBO<sub>5</sub> est plus important que celui de la DCO<sub>T</sub>, il prend la valeur de 99,16 %. La valeur moyenne à la sortie du SBR est de 166,6 mg/L, cette concentration est très inférieure à celle de la norme des rejets indirects (500 mg/L). La valeur de la DCO<sub>T</sub> obtenue est de 1026,6 mg/L, légèrement supérieure à la norme (1000 mg/L).

La concentration de l'ammonium à l'entrée du SBR de 1,24 mg/L diminue jusqu'à la concentration de 0,093 mg/L. Le taux d'abattement

prend la valeur de 92,5 %. La diminution de la concentration de l'ammonium après le traitement par le SBR peut être expliquée par le phénomène de nitrification. La concentration moyenne des nitrates présente dans le lixiviat à l'entrée du SBR est de 4,84 mg/L, après le traitement, cette concentration baisse à 2,28 mg/L avec un taux d'abattement est de 52,89 %.

### II/ Traitement des lixiviats par filtration sur colonne

Le tableau 2 représente les résultats obtenus après passage du lixiviat

brut à travers le lit de matériaux filtrant formé de 5 couches de sables marins choisis. A la surface du lit se forme une mince couche appelée "membrane biologique" ou "biofilm". Cette mince couche superficielle est essentielle, car c'est là que le processus d'épuration se déroule. Les résultats révèlent la réduction des différents paramètres physico-chimiques avec des concentrations largement inférieures aux normes marocaines de rejets indirects.

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques des lixiviats avant et après filtration sur sables marins

Paramètres (mg/L)	Lixiviat Brut	Filtrat	Taux d'abattement (%)	Normes Marocaines de rejets indirects (mg/L)
DCO <sub>T</sub>	5200	1120	78,46	1000
DBO <sub>5</sub>	1375,12	53,12	96,13	500
MES	430	42	90,23	600
P <sub>T</sub>	0,65	9,51x10 <sup>-3</sup>	98,53	-
NTK	3146,5	1736	44,82	-
Conductivité électrique (mS/cm)	37,9	7	81,53	-

La forte réduction de la DCO et de la DBO<sub>5</sub> pourrait s'expliquer par :

- \* La dégradation par la biomasse épuratoire fixée sur les grains de sable ;
- \* La faible granulométrie des sables ne dépassant pas 160 µm ce qui a permis d'augmenter la surface spécifique d'adsorption ;
- \* Les sables marins comme l'argile et les cendres volantes contiennent une importante teneur en silice, allant jusqu'à 61% pour les sables ; 46,27% pour l'argile et 57% pour les cendres volantes, c'est un fort adsorbant présentant une forte polarité électrique et les ions ferreux (Fe<sup>3+</sup>). Ces derniers contribuent à la neutralisation des charges négatives des matières organiques contenues dans les lixiviats ;
- \* Les propriétés d'adsorption importantes des minéraux argileux.

On constate également une réduction maximale des matières en suspension jusqu'à 90,23%, avec une concentration de 42 mg/L, fortement inférieure à la norme Marocaine de rejet indirect (600 mg/L). Cette élimination des MES pourrait être expliquée par les

caractéristiques physiques des sables filtrants ayant un CU < 1,5 ce qui permet de réduire les pertes de charge et d'obtenir une rétention en profondeur des matières en suspension (Corsin et al., 2001).

Nous remarquons aussi qu'il y'a une réduction presque totale du phosphore total (P<sub>T</sub>) à 98,54 %, avec une concentration de 9,51 x 10<sup>-3</sup> mg/L dans le lixiviat filtré. Cette forte réduction s'explique par la richesse en oxydes de fer, en oxydes d'aluminium et en chaux présents dans les sables marins (avec un taux dépassant les 20% pour chaque sable), dans les cendres volantes (%  $\sum$  CaO + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 47,4%) et dans le sol argileux (dépassant les 30%) et qui sont considérés comme précipitants pour l'élimination physico-chimique du phosphore en donnant des précipités insolubles de phosphates métalliques.

La réduction de l'azote kjeldahl s'estime à 44,82 % avec une concentration de 1736 mg/L dans le lixiviat filtré. Cette réduction de l'azote s'explique par la nitrification directe de l'azote ammoniacal grâce à la biomasse nitrifiante fixée sur les grains des sables et localisée principalement dans les trentes

premiers centimètres du lit filtrant, cette biomasse nitrifiante qui peut être de la classe des  $\gamma$ -Protéobactéries retrouvées spécifiquement dans les milieux marins (Jettin et al., 1997). Cette réduction de l'azote Kjeldahl est expliquée aussi par une oxydation de l'azote organique en azote oxydé (NO<sub>x</sub>). Une dénitrification conjointe peut se produire simultanément dans des zones du lit filtrant devenues anoxiques (Déronzier et al., 2001). Cette dénitrification est stimulée d'avantage par la chaux (CaO) présente dans les sables.

Les résultats du tableau 3 montrent que le traitement des lixiviats par ce procédé de filtration sur les cinq échantillons de sables marins choisis réduit davantage les métaux lourds avec des concentrations inférieures aux normes Marocaines de rejets directs.

Les ions Fe qui présentaient la plus forte concentration dans les lixiviats bruts sont maintenant efficacement réduits avec le taux d'abattement le plus important de 99,32% et une concentration inférieure à 0,1 mg/L, largement inférieure à la norme (3 mg/L).

**Tableau 3.** Analyse des métaux lourds des lixiviats avant et après filtration sur sables marins

Métaux lourds (mg/L)	Lixiviat brut (mg/L)	Filtrat (mg/L)	% d'abattement	Normes Marocaines de rejets directs (mg/L)
<b>Al</b>	3,245	0,5	84,6	10
<b>Cd</b>	0,028	< 0,1	-	0,2
<b>Cr</b>	4,554	< 0,1	> 97,8	2
<b>Cu</b>	0,428	0,1	76,63	0,5
<b>Fe</b>	14,65	< 0,1	99,32	3
<b>Mn</b>	2,002	< 0,1	> 95	1
<b>Ni</b>	0,841	< 0,1	> 88,1	0,5
<b>Pb</b>	0,215	< 0,1	> 53,49	0,5
<b>Zn</b>	1,663	< 0,1	> 93,98	5

Après filtration, les teneurs en métaux lourds des lixiviats répondent efficacement aux normes de rejets directs. En effet, les carbonates des sables peuvent incorporer des cations métalliques dans leur maille cristalline (Corsin et al., 2001). Avec la richesse des substrats filtrant en Silice, des groupements hydroxyles de surface se forment par hydratation, cela permet l'adsorption de cations métalliques (Bourg, 1983).

L'analyse bactériologique des lixiviats bruts montre que les coliformes fécaux (CF) et les streptocoques fécaux (SF) sont présents à des concentrations plus au moins élevées d'un ordre respectif de  $1,65 \times 10^4/100$  mL et  $1,39 \times 10^4/100$  mL. La survie de ces bactéries fécales dans ces eaux peut

atteindre plusieurs mois (Filip et al., 1988 ; Bogosian et al., 1996). Les taux d'abattement des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux sont respectivement de 96% et de 92,80%. Le nombre moyen des CF est de 660 bactéries par 100 mL, cette faible teneur reflète une bonne qualité bactériologique des lixiviats traités, du fait qu'une eau contenant  $4,3 \times 10^5$  CF dans 100 mL atteint la qualité bactériologique requise pour une irrigation non restrictive (WHO, 1989). Le nombre moyen des SF a également montré une importante baisse avec 1000 bactéries par 100 mL dans le lixiviat traité, mais comme dans la plupart des cas, la mortalité des CF était supérieure à celle des SF ce qui est en accord avec les résultats d'autres travaux (Jawson et al., 1982 ;

Howell et al., 1995). Cependant, le rapport CF/SF peut apporter des informations sur l'origine de la contamination fécale (Geldreich, 1976 ; Baxter-Poter and Gilliland, 1988) bien que la signification de ce rapport soit parfois contestée (Baxter-Poter and Gilliland, 1988). Les filtres à sables permettent la réduction des germes de contamination fécale, ceci concorde les résultats obtenus par Mouhir et al. (2001), qui ont traité des eaux usées domestiques par infiltration-percolation à travers des filtres à sables. En effet, le sol a un pouvoir épurateur important que ce soit sur le plan physico-chimique ou microbiologique (Longe, 1989 ; Powelsson et al., 1990).

## Conclusion

Les résultats de cette étude ont mis en évidence le degré de pollution généré par les lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès et les performances du traitement chimique, physique et biologique.

Les lixiviats bruts présentent une forte teneur en DCO avec une moyenne de 41 374 mg/L et en DBO<sub>5</sub> avec une moyenne de 10 300 mg/L, dont la matière polluante est assez faiblement biodégradable. La concentration en nitrites est de 116,63 mg/L, la valeur moyenne des MES est de 5500 mg/L. Le traitement des lixiviats par système combiné : coagulation-floculation suivie de SBR donne des résultats pertinents pour atteindre

1026,6mg/L pour la DCO; 166,6 mg/L pour la DBO<sub>5</sub> et 600 mg/L pour les MES, répondant aux normes marocaines de rejets indirects qui sont de l'ordre de 1000 mg/L pour la DCO, 500 mg/L pour la DBO<sub>5</sub> et 600 mg/L pour les MES. Pour les germes de pollution fécale, le taux d'abattement atteint 100%.

Cette étude basée aussi sur l'évaluation des performances épuratoires de filtration des lixiviats à travers un filtre à sables marins, nous a permis d'arriver aux résultats suivants :

\* Réduire efficacement la pollution physico-chimique répondant ainsi aux normes marocaines de rejets indirects, allant jusqu'à 78 ,46% d'abattement de la DCO<sub>T</sub> ; 96 ,13% pour la DBO<sub>5</sub> ;

90,23% pour les matières en suspension (MES) ; 98,54% pour le P<sub>T</sub> ; 81,53% pour la conductivité électrique ; 44,82 % pour les NTK ; 97,80% d'abattement pour la coloration et une odeur très faible eu égard à l'environnement ;

\* Réduire efficacement les concentrations en métaux lourds (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb et Zn) des lixiviats avec des teneurs fortement inférieures aux valeurs limites de rejets directs ;

\* Un abattement des germes témoins de contamination fécale à savoir les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux avec des taux d'abattement respectifs de l'ordre de 96% et de 92,80%.

## Références bibliographiques

Baxter-Poter W.R and Gilliland W. (1988) Bacterial pollution in runoff from agricultural lands. J. Environ.Qual. 17: 27-34.

Bogosian G., Sammons L.E., Morris P.J.L., O'Neil J.P., Heitkamp M.A and Weber D.B. (1996) Depth of the Escherichia coli K-12 strain W3110 in soil and water : Applied and Environmental Microbiology, 62,4114-4120.

Bourg, A.C.M. (1983) Modélisation du comportement des métaux traces à l'interface solide - liquide dans les systèmes aquatiques, *Thèse de doctorat*, Université Bordeaux 1. France, 171 p.

Corsin P., Mauguin G., Villain N. (2001). Le sable de filtration. N° 278. Revue l'eau, l'industrie, les nuisances.

Déronzier G., Schétrite S., Racault Y., Canler J.P., Liénard A., Héduit A and Duchène P. (2001) Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique

des petites collectivités. Document technique FNDAE n° 25. P19.

Filip Z., Kaddu-Mulindwa D and Milde G. (1988) Survival of some pathogenic and facultative pathogenic bacteria in groundwater. Water Science and Technology. 20(3), 227-231.

Geldreich E.E. (1976) Fecal coliform and fecal streptococcus density relationships in waste discharges and receiving waters. Crit. Rev. Environ. Control 6, 349-369.

Howell J.M., Coyne M.S., and Cornelius P.L. (1995) Faecal bacteria in agricultural waters of the bluegrass region of Kentucky. J. Environ. Qual. 24: 411-419.

Jawson M.D., Elliott L.F., Saxton K. E., and Fortier D.H. (1982) The effect of cattle grazing on indicator bacteria in runoff from a Pacific northwest watershed. J. Environ. Qual., Vol. 11, n° 4, 1982, p.621-627.

Jetten M.S.M., Logemann S., Muyzer G., Robertson L.A., de Vries S., van Loosdrecht M.C.M. and Kuenen J.G. (1997) Novel principles in the

microbial conversion of nitrogen compounds. Antonie van Leeuwenhoek, 71: 75-93.

Longe E.O. (1989) Epuration des eaux usées par infiltration, mécanismes de décontamination et protection des eaux souterraines. Th. Doct. Académie de Montpellier. Univ.Sci.et Tech. du Languedoc, 353 p.

Mouhir L., Choukrallah R., Serghini A., Fekhaoui M and Fadli D. (2001) Performances épuratoires d'un système de traitement par infiltration percolation et dénitrification en milieu semi-aride au Maroc.

Powellson D.K., Simpson J.R and Gerba Ch.P. (1990) Virus transport and survival in saturated and unsaturated flow through soil columns. J. Environ. Qual., 19, 396-401.

World Health Organization (WHO). (1989) Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Technical report series 778. World Health organization, Geneva 1989.