

Problématiques du chrome et du plomb dans les lixiviats des décharges publiques des villes de Mohammedia et de Fès

Souabi S.¹, Touzar K.¹, Chtioui H.², Khalil F.², Digua Kh.¹, Tahiri M.³

1. Laboratoire de Génie de l'Eau et de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Mohammedia

2. Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie, Fès

3. Faculté des Sciences, Université Hassan II-Ain Chock, BP 5366 Maarif, 20100 Casablanca

Pour toute correspondance : s_souabi@yahoo.fr

Résumé

Cette étude porte sur l'évaluation des rejets de chrome et plomb dans les lixiviats produits par les décharges des villes de Mohammedia et de Fès. Les lixiviats présentent une importante concentration en chrome qui peut atteindre 5 mg/l dans le cas de la ville de Mohammedia et 9 mg/l pour la décharge de Fès. Le Pb atteint 2,1 mg/l pour le lixiviat de la décharge de Fès et 0,7 mg/l pour celle de Mohammedia. Par ailleurs, les concentrations en Cr et en Pb détectées dans les sédiments prélevés au niveau de la rivière Oued El Maleh. (décharge de Mohammedia) atteignent 0,7 mg/g. Les sédiments prélevés près de la décharge de Fès contiennent également des concentrations importantes en Cr et Pb. Ceci témoigne d'une pollution en métaux lourds provenant des décharges de Mohammedia et de Fès.

Dans le cas de la décharge de Mohammedia, l'analyse du Cr et du Pb en amont et en aval de la rivière montre sa contamination, conséquence de la décharge. En outre, une étude de la bio-accumulation du chrome par deux espèces de poissons (*Mugil cephalus* et *Diplodus sargus*) pêchés à l'embouchure de l'Oued El Maleh montre que l'accumulation est fonction de chaque espèce de poisson et du type d'organe analysé.

L'étude de l'impact du rejet de lixiviat sur les eaux prélevées sur les puits de la ville de Mohammedia proches ou loin de la décharge a aussi montré une contamination au Pb.

Mots clés : déchets solides, lixiviats, impact, eaux de surface, eaux souterraines, sédiment

Problématique

Les déchets urbains constituent un des importants défis auxquels sont confrontées nos sociétés. La combinaison d'un ensemble de facteurs allant de l'accroissement démographique à l'expansion urbanistique, au développement des activités socio-économiques et de production ainsi qu'aux mutations des modes de vie et de consommation engendre un accroissement et une complexification des déchets produits. Ce problème est particulièrement aigu dans les sociétés en développement. La dynamique de développement et d'accroissement de la consommation est confrontée aux conséquences de la production des déchets sur l'environnement et la santé publique, alors que les modes de gestion n'ont pas encore assez pris en compte les évolutions.

Cette question des déchets constitue dès lors un élément clé de la stratégie de développement. On assiste de plus en plus à l'émergence de signes prometteurs d'une prise de conscience de la nécessité d'une gestion plus rationnelle des déchets. Cela se traduit par l'élaboration de cadres juridiques et réglementaires et par la mise en œuvre effective, par différents acteurs, d'expériences pilotes dont l'objectif est d'explorer certaines options de gestion et certaines technologies de traitement adaptées aux contextes locaux et régionaux. Néanmoins, l'opérationnalisation de ces efforts et la concrétisation de ces orientations nécessitent une stimulation de cette conscience par une véritable réflexion sur le choix des options à adopter et sur leur adaptabilité aux contextes des pays du Sud.

Une grande partie des déchets est encore mise en décharge sauvage, ce qui constitue une réelle et permanente menace pour l'environnement (Deneuvy 1987 ; Perrodin 1988 ; Elkhamli et al. 1997 ; Gloaquin 1997 ; Grodzinska-Jurczak 2001 ; Lobina 2002 ; Kaschl et al. 2002). La fermentation de ces déchets et leur contact avec les eaux pluviales génère une grande quantité de lixiviats pouvant contenir des polluants. Un lixiviat peut contenir beaucoup de matières organiques (biodégradables, mais aussi réfractaires à la biodégradation) constituées dans la majeure partie des cas par des substances humiques (Khattabi et al. 2001, Kang et al. 2002) ainsi que par de l'azote ammoniacal, des métaux lourds, des organochlorés et des sels inorganiques (Wang et al., 2002). La diversité des déchets reçus par la décharge a pour conséquence un risque de toxicité des lixiviats.

Ces déchets doivent être caractérisés pour évaluer les impacts sur l'environnement. Les données sur la composition des déchets en fonction de l'évolution des modes de vie peuvent permettre d'apporter des réponses concrètes aux multiples questions que pose la mise en œuvre d'une gestion intégrée et durable des déchets solides, adaptée aux spécificités des pays en voie de développement. Pour une gestion durable, il est nécessaire de mettre en place des filières de tri à la source, de valorisation et de recyclage. En outre, la mise en décharge des déchets ultimes doit être contrôlée pour respecter les normes environnementales. Enfin, le choix d'une technique de traitement doit être fait en se basant sur plusieurs paramètres parmi lesquels on peut citer : la qualité des déchets à traiter, les impacts, le coût, la facilité à mettre en œuvre...

L'examen de la situation actuelle du secteur des déchets au Maroc fait apparaître des dysfonctionnements au niveau des services de collecte, du transport, du traitement et de l'élimination.

L'étude présentée ici a pour objectifs :

- la quantification de la pollution des lixiviats et des sédiments produits par la décharge publique de la ville de Fès et par celle de la ville de Mohammedia,
- la contribution à la création d'une base de données relatives à la pollution des lixiviats des décharges publiques.

Cas de la décharge de Mohammedia

Les lixiviats de la décharge se concentrent dans le lac créé dans le point bas du site. A partir de là, ils s'écoulent vers l'Oued El Maleh avec un débit variant autour de 20 m³/jour ou s'infiltrent dans le sol. Nous avons choisi les points de prélèvement de façon à ce que l'échantillonnage soit représentatif par rapport aux sources de pollution :

- au niveau de l'Oued El Maleh, en amont de la décharge publique (à 300 mètres environ) ;
- au niveau de l'oued El Maleh, en aval de la décharge (à 500 mètres environ) ;
- au niveau du lixiviat : échantillons d'eau et de sédiments ;
- au niveau de plusieurs puits, proches ou éloignés de la décharge.

Cas de la décharge de Fès

Dans le cas de la décharge de Fès, les lixiviats s'écoulent aux alentours de la décharge sous forme de petits ruisseaux avant de se mélanger en aval de la décharge dans le point bas du site. L'écoulement se poursuit vers l'Oued Fès avec un débit variant autour de 30 m³/jour. Une grande partie du liquide finit généralement par s'infiltrer dans le sol ou par s'évaporer avant d'atteindre l'Oued. Cependant, en période pluviale, le lixiviat peut atteindre les eaux de l'oued. Nous avons choisi les points de prélèvement de façon à ce que l'échantillonnage soit représentatif du milieu suivant sa situation par rapport aux sources de pollution.

Techniques d'analyse

Les différents paramètres physico-chimiques (DCO, DBO₅, pH, oxygène dissous, NTK, NO₃⁻, O₂...) sont déterminés par les méthodes normalisées (LAQ, Normes AFNOR 1999).

Les teneurs en éléments métalliques dans le lixiviat et dans les boues prélevées dans le lac formé par le lixiviat en bas de la décharge ont été analysées par absorption atomique après minéralisation : une masse de 2 g de l'échantillon séché, et de granulométrie inférieure ou égale à 50 µm, a été mise en contact avec 15 ml de HNO₃. Le mélange est chauffé pendant 20 min, puis on ajoute 7 ml de HCl et on chauffe presque à sec et on complète à 100 ml par HCl à 25 %. La minéralisation des échantillons biologiques est effectuée suivant la méthode de Cossa et Bourget (1980) dans des bombes en Téflon (Savillex Corp, spécifique à la digestion pour la détermination des métaux traces) sur une prise d'essai préalablement lyophilisée de 0.2 g, par attaque à l'acide nitrique suprapur (4mlp.a Merck) à température ambiante pendant au moins 1 heure, puis minéralisée à chaud au four à micro-onde. Le minéralisat est complété après refroidissement à 50 ml par de l'eau Milli-Q. L'analyse des éléments métalliques dans les lixiviats, les eaux de surface, les eaux de puits et les sédiments a été réalisée par ICP alors que les métaux accumulés par les deux espèces de poissons ont été analysés par absorption atomique après minéralisation.

Résultats et discussions

Caractérisation physico-chimique des lixiviats

Les paramètres physico-chimiques déterminés sont rapportés ci-dessous.

Tableau 1 : Variation des paramètres physico-chimiques dans les eaux de lixiviats de la décharge publique de la ville de Mohammedia

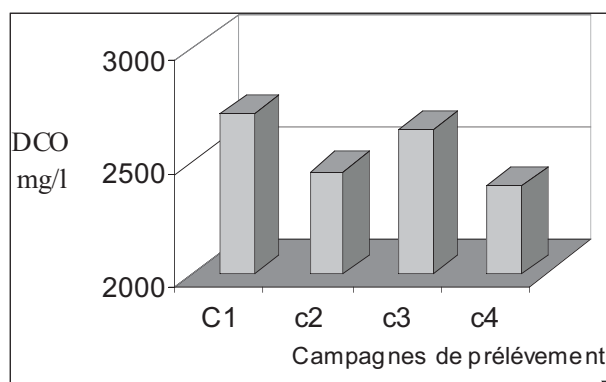
Date de prélèvement	DCO mg/l	DBO ₅ mg/l	pH	O ₂ mg/l	Cond ms/cm	NTK mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	Turb. NTU	DCO/DBO ₅
25/03/00	2750	456	7.9	0.9	50,2	1386	61	-	192	6
10/08/02	2386	321	8.3	0	31,7	1289	38	1.3	152	7.4
04/05/04	2707	-	8.15	-	33.2	1314	-	-	192	-
25/05/04	2301	-	7.99	-	35.2	1330	-	-	125	-

Tableau 2 : Variation des paramètres physico-chimiques dans les eaux du lixiviat de la ville de Fès (point bas du site en aval de la décharge) ville de Fès

	Intervalle de fluctuation	Moyenne
Turbidité (NTU)	78 - 280	168
pH	7.6 - 7.9	7.76
χ (ms/cm)	23.06 - 52	38.03
O ₂ (mg/l)	0 - 0.1	0.06
DCO (mg/l)	2 423 - 4 644	3 385
NO ₃ (ppm)	9.2 - 11.5	10.33
NO ₂ (ppm)	1.02 - 2.3	1.66
NTK (mg/l)	1 163 -- 1 401	1 271

Les variations de la composition chimique du lixiviat sont importantes au cours du temps. Ceci est en accord avec les résultats obtenus par Tatsi et Zouboulis (2002) qui ont montré qu'un lixiviat présente des variations considérables aussi bien en débit qu'en composition chimique. Les résultats de la teneur en DCO pour les quatre campagnes de prélèvement sont illustrés sur la figure 1.

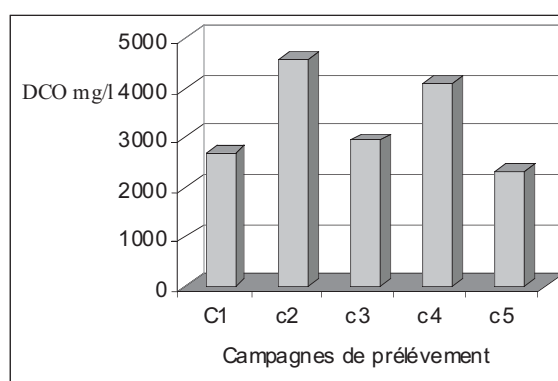
Figure 1 : Variation de la teneur en matière polluante en DCO en



mg/l (décharge de Mohammedia)

La variation de la teneur en DCO pour le prélèvement effectué durant cinq campagnes au point bas en aval de la décharge est illustrée sur la figure 2.

Figure 2 : Variation de la concentration en DCO en mg/l pour cinq campagnes de prélèvement pour le point bas de la décharge de la



En tenant compte du débit et de la teneur en DCO, nous avons estimé les charges polluantes en DCO pour les décharges de Mohammedia et de Fès (tableau 3). Ces charges sont pratiquement proportionnelles aux quantités des déchets reçus par les décharges et aux nombres d'habitants de chaque ville.

Tableau 3 : Charges polluantes en DCO en kg/j

Campagnes	Décharges de Fès Charge polluante kg/j	Décharge de Mohammedia Charge polluante kg/j
C1	101 (valeur moyenne)	55
C2	72,7-139,3 (intervalle de fluctuation)	47
C3		54
C4		46

La charge polluante produite par les rejets de lixiviats varie au cours du temps. En effet, Tatsi et Zouboulis (2002) ont montré qu'un lixiviat présente des variations considérables aussi bien en débit qu'en composition chimique. Les valeurs de la DCO obtenues durant cette étude varient entre 2 300 et 2 750 mg/l pour la décharge de Mohammedia. Le rapport DCO/DBO₅ varie entre 5 et 7.5 (décharge de Mohammedia), ce qui montre que le lixiviat n'est pas facilement biodégradable et peut donc avoir des impacts sur les eaux de surface (Oued El Maleh) déversées en mer. Il a été montré par Mizier (1998) que le rapport DCO/DBO₅ du lixiviat étudié varie autour de 7, ce qui reste très supérieur au rapport déterminé par Trebouet et al. (1995) au cours de l'étude réalisée sur le lixiviat d'un centre d'enfouissement technique d'ordures ménagères et industrielles (DCO/DBO₅ < 0.1). Selon le même auteur la nature des déchets stockés influence fortement les caractéristiques physico-chimiques du lixiviat et la biodégradabilité des matières organiques. La concentration en azote Kjeldahl (NTK) est très importante et varie entre 1 290 et 1 400 mg/l pour Mohammedia et entre 1 160 et 1 400 mg/l pour la décharge publique de Fès.

Les résultats d'analyse du Cr et du Pb dans le lixiviat de la décharge de la ville de Mohammedia sont rapportés dans le tableau 4. La teneur en chrome varie entre 0.1 et 4.7 mg/l et reste inférieure à la concentration maximale (9 mg/l) détectée dans le lixiviat de la décharge de Fès (tableau 5)

Tableau 4 : Analyse du Chrome et du Pb dans le lixiviat de la ville de Mohammedia

Date de prélèvement	Cr (mg/l)	Pb (mg/l)
13/4/98	1.1	-
17/4/98	0.6	-
08/5/98	0.9	-
10/11/98	1.6	< 0.1
20/7/99	4.7	0.3
14/9/99	3.4	0.25
9/11/99	0.53	0.69
11/1/00	2.7	< 0.1
25/03/00	0.1	0.48
10/8/02	4.2	0.3
6/10/06	5,1	0,5
17/4/07	3,2	0,38

Ces résultats restent supérieurs à la concentration en chrome (0.05 mg/l) détectée dans les eaux de lixiviats durant l'étude réalisée par Mizier (1998). Ceci peut fortement influencer la biodégradabilité des matières organiques contenues dans les lixiviats. Cette pollution au chrome provient des déchets rejetés par les unités industrielles sans aucun traitement préalable ou de déchets collectés avec les ordures ménagères comme l'avait montré El M'Ssari (1993) durant l'analyse des éléments métalliques dans des papiers-cartons et du bois (Cr total = 25 mg/g de papier et 80 mg/g de bois).

Le tableau 6 montre une étude comparative des teneurs en DCO, en Cr et en Pb dans différents lixiviats au niveau d'autres décharges. Les concentrations en Cr et en Pb varient d'un lixiviat à l'autre, ce qui peut être lié aux types de déchets reçus par les décharges.

Les teneurs en DCO, en Cr et en Pb détectées dans le lixiviat des décharges des villes de Fès et de Mohammedia sont très supérieures à celles déterminées dans les lixiviats des autres décharges publiques (tableau 6). Ceci montre que les deux décharges reçoivent tout type de déchets sans contrôle suffisant.

Tableau 5 : Analyse du chrome dans le lixiviat de la ville de Fès (P5)

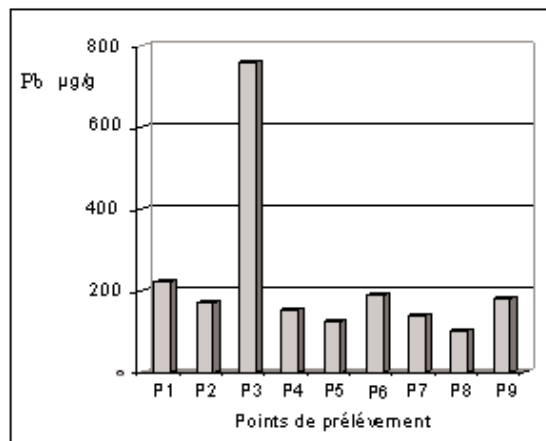
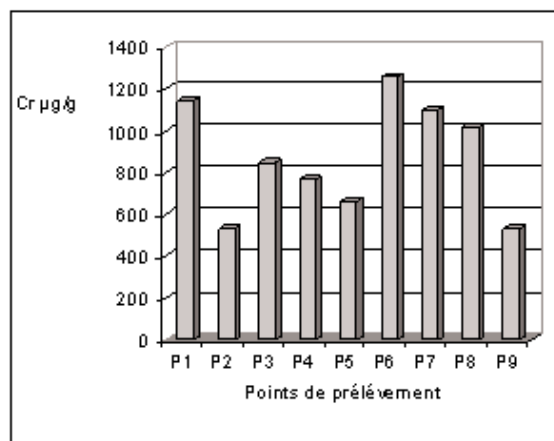
	Cr (mg/l)	Pb (mg/l)
P1	1.5 - 3.7	1.4
P2	3.5 - 8.2	-
P3	3.5 - 5.7	-
P4	3.2 - 5.2	2.1
P5	6.2 - 9.0	-
P6	6.7 - 8.5	-
P7	5.7 - 8.2	1.6
P8	1.0 - 1.7	-
P9	3.6 - 4.2	-

Tableau 6 : Etude comparative des concentrations en chrome, en plomb et de la DCO dans différents types de lixiviats

C µg/l	Décharge El Jadida	Décharge Rabat	Décharge Oujda	Décharge Mohammedia	Décharge Fès	Décharge Alger	Décharge Tiarit	Décharge d'Etueffont, France
Cr	156,3	517		600 - 5100	100 - 9000	500	300	270
Pb	-	-	270	250 - 690	1400 - 2100	-	-	-
DCO mg/l	1005	-	2514 - 5126	2301 - 2750	2423 - 4644	780 - 1230	780 - 1230	-
Auteurs	Chofqi (2007)	Amhoud (1997)	El Kharmouz et al. (2006)	Présente étude	Présente étude	Kherbachi et Belkacem (1994)	Mehdi et al. (2007)	Khatabi (2002)

Les résultats d'analyse des éléments Cr et Pb accumulés par les sédiments des différents points de prélèvement de lixiviat de la décharge de la ville de Fès sont illustrés sur la figure 3.

Figure 3 : Variation des concentrations du Cr et Pb dans les sédiments prélevés sur les neuf points de prélèvement (décharge de Fès)



La teneur maximale du Cr a été obtenue au point de prélèvement P6 alors que pour le Pb, la concentration maximale a été obtenue sur le point P3. Ceci rend difficile les interprétations des valeurs observées le long des différents points de prélèvement. Ceci peut être lié à l'accumulation de lixiviat avec un temps de séjour assez long favorisant la précipitation des oxydes métalliques, ce qui permet d'enrichir les sédiments par les métaux précipités. Les analyses des éléments Cr et Pb accumulés dans les sédiments prélevés en bas de la décharge de Mohammedia (point de rejet de lixiviat) sont rapportées dans le tableau 7.

Tableau 7 : Accumulation du Cr et Pb par les sédiments du point de prélèvement de lixiviat

Date de prélèvement	Cr µg/g	Pb µg/g
10/8/02	0,49	0,67

La quantité du Cr et du Pb accumulée est considérable, ce qui témoigne d'une forte pollution du lixiviat par ces éléments métalliques. Ces derniers s'accumulent dans les boues par précipitation ou par adsorption selon le pH du lixiviat.

La concentration en Chrome (0.5 mg/g) dépasse les normes de rejets. Sa présence est due aux déchets solides rejetés par les unités industrielles de la ville sans aucun traitement préalable.

Par ailleurs, les résultats de l'analyse du chrome dans les sédiments de la rivière Oued El Maleh montrent une accumulation qui varie entre 22.1 et 562 mg/g.

Impact des eaux de lixiviats sur les eaux de surface

L'étude comparative de la concentration en Cr et en Pb dans les eaux de l'Oued El Maleh en amont et en aval de la décharge et dans le lixiviat est donnée sur le tableau 8.

Tableau 8 : Impact du lixiviat sur la teneur en Cr et en Pb des eaux de l'Oued El Maleh et dans le lixiviat

Métal (mg/l)	Cr	Pb
Amont	< 0.1	< 0.1
Lixiviat	3.4	0.25
Aval	0.16	0.13

Il apparaît d'après ces résultats que les teneurs en Cr et Pb détectées en aval de l'Oued El Maleh restent légèrement supérieures à celles analysées en amont de la décharge, ce qui est lié aux rejets de lixiviats chargés en Cr et Pb. Pour compléter cette étude, nous avons étudié l'impact du lixiviat sur l'accumulation des polluants toxiques par des poissons pêchés à l'embouchure de l'Oued El Maleh. Ces espèces sont des capteurs de polluants en général et de métaux lourds en particulier, en combinant un grand facteur de bio-concentration et de bio-amplification.

L'étude a porté sur deux espèces de poissons à savoir : le mulot *Mugil cephalus* et le sar *Dilpodus sargus*. L'échantillonnage a été effectué au niveau de l'embouchure de l'Oued El Maleh par notre équipe (Bouthir et al. 2004). Les résultats obtenus (tableau 9) sont exprimés en fonction de chaque espèce de poisson étudiée et du type d'organe analysé afin de déterminer les éventuelles influences de ces paramètres sur les niveaux de contamination des produits de la pêche.

Tableau 9 : Teneurs en chrome (en $\mu\text{g/g PS}$) chez deux espèces de poissons *Mugil cephalus* et *Diplodus sargus* pêchés à la canne le long de l'embouchure de l'Oued El Maleh. Moyen - écart type muni des minima et maxima durant la période d'étude (Bouthir 2004)

	M. Cephalus	D. Sargus
Muscle	2.48 \pm 0.28 (2.21 ; 2.76)	1.84 \pm 0.11 (1.77 ; 1.97)
Branchie	3.59 \pm 0.78 (2.72 ; 4.22)	2.56 \pm 0.11 (2.44 ; 2.65)
Masse viscérale	26.76 \pm 0.81 (26.08 ; 27.63)	3.74 \pm 1.93 (2.04 ; 5.84)

Les concentrations en métaux lourds étudiés chez les deux espèces de poissons varient énormément suivant l'espèce et l'organe analysée. Alors que les concentrations en chrome dans les muscles dépassent rarement 2.5 ppm PS, elles atteignent couramment plusieurs ppm PS dans la masse viscérale (foie rein, gonades et viscères) chez le mullet. Ainsi, l'ordre d'accumulation des organes pour le chrome est le suivant :

masse viscérale > branchies > muscle

Cet ordre est beaucoup plus accentué au niveau du mullet, dénotant de ce fait une différence notable entre les deux espèces de poissons étudiées. Cette accumulation dépend de plusieurs paramètres tels que la concentration du chrome, de la forme sous laquelle il se trouve, de la saison de prélèvement... (Bouthir 2004).

Impacts de lixiviats sur les eaux souterraines

L'analyse du Cr et du Pb dans des eaux de puits proches de la décharge (P1 et P2) et des puits au sein ou proches des unités industrielles de la ville de Mohammedia (P3, P4, P5, P6, P7, P8 P9 et P10) est rapportée dans le tableau 10. Les résultats de l'analyse des eaux de 10 puits montrent que les paramètres de conductivité (Cond.), matière organique (MO), pH et nitrates varient d'un puits à l'autre. La conductivité, la matière organique et la concentration en nitrates dépassent les normes de potabilité de l'eau.

Tableau 10 : Caractérisation physico-chimiques des eaux de 10 puits

Métal (mg/l)	Cr	Pb	Cond. $\mu\text{s/cm}$	MO mg/l	pH	NO_3^{2-} mg/l
P1	< 0.1	< 0.1	2 700	3,1	7,2	55
P2	< 0.1	< 0.1	3 600	4,05	6,9	59,2
P3	-	7.1	2 921	3,1	7	61,4
P4	-	25.6	3 150	4,3	7,12	70
P5	-	11.1	3 050	2,1	7,3	40,1
P6	-	20.04	1 950	5	6,8	39
P7	-	25.07	2 930	-	7	46,5
P8	-	21.26	3 120	-	7,3	59,3
P9	-	10.02	2 230	3,9	6,95	68
P10	-	17.27	2 150	4,21	7	-

Pour les paramètres physico-chimiques analysés dans les eaux des puits P1 et P2, on observe une conductivité (2 700 à 3 600 $\mu\text{s}/\text{cm}$) qui dépasse les normes. La matière organique pour P1 et P2 est respectivement de 3,1 et 4,05 mg/l. La concentration en nitrates est légèrement supérieure à la norme (50 mg/l). Les concentrations du Cr et du Pb déterminées durant l'étude restent inférieures à la limite de détection dans le cas de P1 et P2, alors que la concentration en Pb pour les autres points (P3-P10) atteint des valeurs élevées. Ceci peut être lié au fait que les puits choisis pour l'étude sont proches ou situés au sein des unités industrielles. Les concentrations en Cr n'ont pas été analysées car inférieures à la limite de détection. Une étude de la qualité physico-chimique des eaux souterraines se trouvant près de la décharge de Casablanca (Fekri et al. 2004) a décelé des teneurs élevées non seulement en éléments majeurs mais aussi en éléments métalliques émanant des lixiviats de la décharge, qui atteignent la zone saturée et affectent l'aquifère. Une étude hydro-chimique combinée aux données géologiques peut permettre d'expliquer l'évolution spatio-temporelle du front de la pollution.

Une autre étude d'impact d'une décharge publique en Algérie (Mehdi et al. 2007) sur les eaux de puits a montré que la concentration en Cr varie entre 10 et 780 $\mu\text{g}/\text{l}$ alors que le Pb varie entre 30 et 340 $\mu\text{g}/\text{l}$. Ces concentrations restent supérieures aux teneurs détectées durant notre étude (cas de la ville de Fès et Mohammedia).

Conclusion

Les résultats de cette étude ont mis en évidence la pollution générée par les lixiviats de décharge qui affecte les eaux de surface et les eaux souterraines. L'analyse des métaux lourds dans les lixiviats a montré une importante concentration en chrome qui peut atteindre 5 mg/l dans le cas de la décharge de Mohammedia et 9 mg/l de celle de Fès, alors que le Pb atteint une concentration maximale de 2,1 mg/l pour la décharge de Fès et de 0,7 mg/l pour la décharge de Mohammedia.

La présence des éléments métalliques détectés dans les lixiviats indique certainement que les ordures ménagères sont mélangées avec des rejets industriels. Ceci peut constituer un vrai danger pour l'environnement : les concentrations du Cr et du Pb en aval de la décharge (dans les eaux de l'Oued El Maleh qui est le milieu récepteur des lixiviats) sont supérieures à celles mesurées en amont de la décharge.

L'analyse du Cr et du Pb dans les sédiments a également montré des teneurs importantes de ces éléments, ce qui témoigne d'une accumulation de la pollution.

L'évaluation de l'impact de ces rejets sur le milieu marin a permis de quantifier leur ampleur chez deux espèces de poissons pêchés le long de l'embouchure de l'Oued El Maleh. La situation ainsi caractérisée appelle des mesures urgentes pour maîtriser efficacement les impacts des deux décharges étudiées.

Bibliographie

1. Amhoud S., 1988, Apports de la géologie et de l'hydrogéologie d'Oued Akrech sur les ressources en eau. Thèse 3^e cycle, Université Mohamed V, Rabat, Maroc.
2. Bouthir FZ., 2004. Evaluation de la contamination métallique le long du littoral de la wilaya du grand Casa, au niveau des différents compartiments (moules, algues, poissons et sédiments : étude d'impacts des apports anthropiques). Thèse de doctorat nationale. Faculté des Sciences et Techniques, Mohammedia, Maroc.
3. Chofqi A., Younsi A., Lhadi E., Mania J., Mudry J. et Veron A., 2007. Lixiviat de la décharge publique d'El Jadida (Maroc) : caractérisation et étude d'impact sur la nappe phréatique, Déchets Sciences et Techniques, n° 46, avril-mai-juin 2007.
4. Chtioui. H., Khalil. E., Souabi. S., 2008. Contribution à l'évaluation de la pollution générée par les lixiviats de la décharge publique de la ville de Fès, Déchets Sciences et Techniques, n° 49, janvier-février-mars 2008.
5. Chtioui. H., Khalil E., Souabi S., Aboulhassan M.A., Zakarya D., 2005. Contribution à l'évaluation de la pollution générée par les lixiviats de la décharge de la ville de Mohammedia et son impact sur l'environnement, L'Eau, l'Industrie, les Nuisances, 58, 282.
6. Cossa D., Bourget E., 1980. Trace Metallic Element in Mytillus Edulis L; from the Estuary and Gulf of St Lawrence, Canada, Lead and Cadmium Concentrations . Environ. Pollut. Ser.A. 23:1-8.
7. Crawford J.F., Smith P.G., 1985. Landfill Technology. Butterworths, London.
8. Deneuvy J.-Ph., 1987. Les lixiviats de décharge, approche méthodologique de leur toxicité aiguë en fonction des différents modes de traitement. Thèse ENTPE. INSA Lyon, 341 p.
9. Ehrig H.J., 1984. Treatment of Sanitary Landfill Leachate: Biological Treatment. Waste Manage. Res. 2:131-152.
10. Elkhamlichi M.A., Lakranbi S., Kabbaj M., Jabri E., Kouhen M., 1997. Etude d'impact de la décharge d'Akrach sur la qualité des ressources en eau. Revue marocaine de génie civil. 68:17-30.
11. El Kharmouz M., Sbaa A.M., Chafi I., Rodriguez A., Vanclooster M., Saadi S., 2006. Evolution spatio-temporelle de la composition physico-chimique des lixiviats d'une décharge située sous un climat semi-aride (Cas de la décharge publique de la ville d'Oujda, Maroc oriental), Colloque International sur les rejets liquides et solides. Faculté des Sciences, Oujda, Maroc.

12. M'Ssari El., 1993. Elaboration d'une méthodologie de caractérisation des ordures ménagères et du compost de l'usine de Salé. Thèse DES. Faculté des Sciences, Méknès.
13. Fekri A., Wahbi M., Ben Bouzian A., Souabi S., Marrakchi M., 2004. Etat de la qualité des eaux souterraines en aval de la décharge de Mediouna (Casablanca Maroc). The First International Symposium on the Management of Liquid and Solid Residue (MALISORE). Mohammedia, Maroc.
14. Gloaquin A., 1997. Diagnostic des déchets ménagers et des déchets professionnels de la commune de Mohammedia (Maroc). TSM. 4.
15. Grodzinska-Jurczak M. 2001. Management of Industrial and Municipal Solid Wastes in Poland. 32:85-103.
16. Kang K.H., Shin H.S., Park H., 2002. Characterization of Humic Substances Present in Landfillleachates with Different Landfil Ages and its Implications. Water Res. 36 (16):4023-4032.
17. Kaschl A., Römheld V. and Chen Y., 2002. The Influence of Soluble Organic Matter from Municipal Solid Waste Compost on Trace Metal Leaching in Calcareous Soils. The Science of the Total Environment. 29:45-57.
18. Khattabi H., Aleyai L. et Lovy C., 2001. Évaluation de l'impact des lixiviats d'une décharge d'ordures ménagères sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'un ruisseau de Franche-Comté, Mania, Déchets, Sciences et Techniques, 4^e trimestre, n° 24, 3-6.
19. Khattabi H., 2002. Intérêt de l'étude des paramètres hydrogéologique pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement de lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etefont (Belfort, France), Doc. Univ. Sci. Techn. Env., Franche-Comté, Besançon, France, 171 p.
20. Kherbachi R., Belkacemi M., 1994. Caractérisation et évolution des lixiviats de la décharge d'Oued Smar à Alger, TSM, L'eau, n° 11, 615-618.
21. LAQ. 1999. La qualité de l'eau. AFNOR, Paris.
22. Lauret J.M., Prud'Homme E. et Salam Ph., 1988. Recherche sur le traitement biologique des lixiviats de centre d'enfouissement technique. Journée internationale de l'environnement, Université de Poitiers, France.
23. Lobina G Palamuleni. A, 2002. Effect of sanitation facilities, domestic solid waste disposal and hygiene practices on water quality in Malawi's urban poor areas: a case study of south lunzu township in the city of blantyre. Physics and Chemistry of the Earth. 27:845-850.
24. Millot N., 1986. Le lixiviat de décharge contrôlée. Thèse. INSA de Lyon.
25. Mizier M.O., 1998. Les lixiviats de décharge : des effluents difficiles à traiter. L'Eau, l'Industrie, les Nuisances. 217:35-40.
26. Morier F., Bauchot M., Avert Le Grand., 1998. L'osmose inverse met en synergie le traitement des lixiviats et l'usine. L'Eau, l'Industrie, les Nuisances. 217: 41-43.
27. Navarro A., Veron J., 1992. Impact polluant des lixiviats de décharge : les stratégies de traitement. Journée internationale de l'environnement . Poitiers, France.
28. ONEP (Office National de l'Eau Potable), 1998. Caractérisation physico-chimique et bactériologique du lixiviat de la décharge d'Akreuch. Rapport sur la décharge d'Akreuch, Rabat, Maroc.
29. Perrodin Y., 1988. Proposition méthodologique pour l'évaluation de l'écotoxicité des effluents aqueux. Thèse. INSA Lyon, 131 p.
30. Tatsi A., Zouboulis A., 2002. A Field Investigation of the Quantity and Quality of Leachate from a Municipal Solid Waste Landfill in a Mediterranean Climate (Thessaloniki, Greece). Adv. Environ. Res. 6:207-219.
31. Tribouet D., Maleriat J.P., Jaouen P. et Quemeneur E., 1995. Caractérisation et traitement des jus générés par un centre d'enfouissement technique d'ordures ménagères et industrielles, p. 105-109. comptes rendus du Colloque international sur l'environnement et la catalyse. EST Fès, Maroc.
32. Wang Z.P., Zhang Z., Lin Y.J., Deng N.S., Tao T., Zhuo K., 2002. Landfill Leachate Treatment by a Coagulation-Photooxidation Process. J. Hazardous Mater. 95(1/2):153-159.

DÉCHETS SCIENCES & TECHNIQUES,

REVUE FRANCOPHONE D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE

SAP - 9, rue de l'Arbre Sec - 69281 LYON CEDEX 01

Mèle : olivier.guichardaz@pro-environnement.com

**Service abonnement : SAP/DPE - Service abonnement - 9, rue de l'Arbre Sec - 69281 LYON CEDEX 01-
Tél. : 04 72 98 26 69 - Fax : 04 72 98 26 80**

N° de commission paritaire : 0307 T 88295 - N° ISSN : 0753-3454. - Photocomposition SAP

Principaux associés : DPE