

Evaluation de la charge polluante des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville d'Essaouira (MAROC)

[Evaluation of the pollution load of leachates from the landfill in the city Essaouira (MOROCCO)]

Hamid CHIGUER¹, Fatiha EL KHAYYAT¹, Omar EL RHAOUAT¹, Redouane RIFKI², Adnane BENSALID², Khadija EL KHARRIM¹, and Driss BELGHYTI¹

¹Laboratoire d'Environnement et Energies renouvelables, Centre des Etudes Doctorales, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 133, code postale 14000, Kenitra, Maroc

²Société GMF Pompage et Assainissement, 82 Bis, Av. Lalla Yacout, Casablanca, 20000, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The management of leachate flow is a challenge for the operation of landfills in Morocco. This Essaouira which started in 2001, received in 2014, 72 tons of waste as daily average. This buried tonnage generates between 6 and 8 m³/d leachate

The objective of this study is to follow the evolution of the physico-chemical composition of leachate stored and therefore assess the purification performance of the adopted treatment system. To do this, leachate samples were collected and analyzed during the period from 2012 up to 2015. The analysis results show that despite the long stay in the leachate storage basin, the pollution organic and inorganic filler, is significant and almost stable over time.

The organic pollutant load is expressed as COD varying between 6106 and 13939 mgO₂/L with a mean of 10361mgO₂/L. It also resulted in BOD₅ which is between 207 and 851 mgO₂/L, with an average of 631 mgO₂/L. Therefore the ratio of BOD₅/COD is between 0.03 and 0.08 with an average of 0.06. This shows that the leachate studied are old and characterized by complex organic load and nonbiodegradable.

Mineral pollution is also present and marked by a high electrical conductivity which reached an average value of 39983µs/cm. The values of this organic and inorganic pollution, far beyond the limits of direct discharge into the receiving environment.

The metal composition of leachate is typical of landfills for household dominant. In fact the values obtained during this monitoring does not exceed the thresholds set by the Moroccan standard rejection besides chromium (avg=1720 mg/l) which has a much higher concentration than other discharges and which exceeds Moroccan standards rejection (avg=200µg/l).

KEYWORDS: Landfill, leachate, pollution load, Essaouira, Morocco.

RESUME: La gestion des flux de lixiviat, constitue un défi pour l'exploitation des décharges contrôlées au Maroc. Celle d'Essaouira qui a démarrée en 2001, a reçu en 2014, 72 tonnes de déchets comme moyenne journalière. Ce tonnage enfoui, génère entre 6 et 8 m³/j de lixiviat.

L'objectif de cette étude est de suivre l'évolution de la composition physico-chimique de lixiviats stockés et par conséquent, évaluer les performances épuratoires du système de traitement adopté. Pour ce faire, des échantillons de lixiviat ont été prélevés et analysés pendant la période allant de 2012 jusqu' à 2015. Les résultats d'analyses montrent que malgré le long séjour de lixiviat dans le bassin de stockage, la charge polluante organique et minérale, est importante et presque stable dans le temps.

La charge polluante organique est exprimée par la DCO qui varie entre 6106 et 13939 mgO₂/L avec une moyenne de 10361mgO₂/L. Elle est aussi traduite par la DBO₅ qui est comprise entre 207 et 851 mgO₂/L avec une moyenne de 631 mgO₂/L. Donc le rapport DBO₅/DCO oscille entre 0,03 et 0,08 avec une moyenne de 0,06. Cela montre que les lixiviats étudiés sont vieux, stables et caractérisés par une charge organique complexe et non biodégradable.

La pollution minérale est aussi présente et elle est marquée par une forte conductivité électrique qui atteint une valeur moyenne de 39983µs/cm. Les valeurs de cette pollution organique et minérale, dépassent largement les valeurs limites de rejet direct dans le milieu récepteur.

La composition métallique de lixiviats est typique des décharges contrôlées à caractère ménager dominant. En effet les valeurs obtenues au cours de ce suivi ne dépassent pas les seuils fixés par la norme marocaines de rejet à part le chrome (moy =1720 µg/l) qui présente une concentration très supérieurs à celles des autres décharges et qui dépasse les normes marocaines de rejet (mo.=200µg/l).

MOTS-CLEFS: Décharge contrôlée, lixiviat, charge polluante, Essaouira, Maroc.

1 INTRODUCTION

Avec une tendance de consommation toujours plus grande, la production de déchets ne cesse d'augmenter en quantité et en diversité engendrant ainsi d'énormes risques sur la santé publique et l'environnement. Au Maroc, on estime la production à plus de 18000 tonnes de déchets ménagers par jour [1-4].

La gestion rationnelle saine et pérenne des déchets est l'un des défis majeurs que l'humanité est appelée à relever aujourd'hui et dans le futur. Devant cette situation, le gouvernement marocain a lancé un programme ambitieux en matière de gestion des déchets solides qui est le Programme National de gestion des Déchets Ménagers et assimilés (PNDM).

Parmi les objectifs de ce programme à l'horizon de 2020, la création des décharges contrôlées des déchets ménagers et assimilés au profit de tous les centres urbains et la réhabilitation de toutes les décharges spontanées existantes et leur fermeture [4].

Au Maroc, le mode de traitement des déchets prédominant, est la mise en décharge. Ce mode de traitement, engendre entre autres, le lixiviats dont les conséquences sont néfastes pour l'environnement et la santé publique. En effet, ces lixiviats sont générés à des volumes importants et à des charges polluantes très complexes de nature organique et inorganique. Leur rejet à l'état brut et sans aucun traitement préalable engendre les impacts environnementaux suivants : pollution des sols, contamination des eaux souterraines et de surface et par conséquent l'atteinte à la santé humaine, ... [5].

La première décharge contrôlée aménagée au Maroc est celle de la ville d'Essaouira. C'est un centre d'enfouissement technique qui a démarré en 2001 et qui traite la totalité des déchets produits par la ville d'Essaouira et ses centres avoisinant. Elle est située à 14 km de la ville sur la route régionale N°207 menant vers la ville de Marrakech et s'étend sur une superficie totale de 29 hectares dont 5.58 hectares sont dédiés à l'enfouissement des déchets. Les installations de stockage des déchets, sont équipées d'un dispositif d'étanchéité et d'un système de drainage pour la récupération et l'évacuation du lixiviat vers un bassin de stockage d'une capacité de 17000m³ [6]. Ce bassin de stockage sert aussi comme lagune de traitement par évaporation naturelle.

L'objectif principal de ce travail consiste à une caractérisation physico-chimique des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville d'Essaouira afin d'évaluer les performances épuratoires du système de traitement pratiqué. Par ailleurs, une comparaison des résultats trouvés avec ceux d'autres décharges à l'échelle nationale et internationale a été effectuée afin d'évaluer le degré de la pollution engendrée par cette décharge.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 SITUATION ET LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA DECHARGE

La ville d'Essaouira est située dans la zone synclinale d'Essaouira –Haouz, il s'agit d'une large dépression allongée suivant une direction Nord-Sud.



Figure 1 : Situation de la ville d'Essaouira et de la zone de l'étude [7]

2.2 DESCRIPTION DE LA DÉCHARGE

Le Centre de stockage des déchets de la ville d'Essaouira est aménagé premièrement sur une superficie de 12,6 ha avant d'être apportée à 29 ha après extension. Il est situé à 10 Km à vol d'oiseau de la ville et à 14 km du centre de la ville sur la route régionale 207 Essaouira/Marrakech (figure 2). Les casiers sont équipés de géomembranes et d'une couche drainante pour récupérer les lixiviats. Les drains de chaque casier se convergent vers un regard qui achemine les percolats vers le bassin de stockage des lixiviats. Ce bassin est étanchéifié lui aussi par une géomembrane en polypropylène. Ce site ne pose aucun impact sur la population et ses effets néfastes sont minimes.

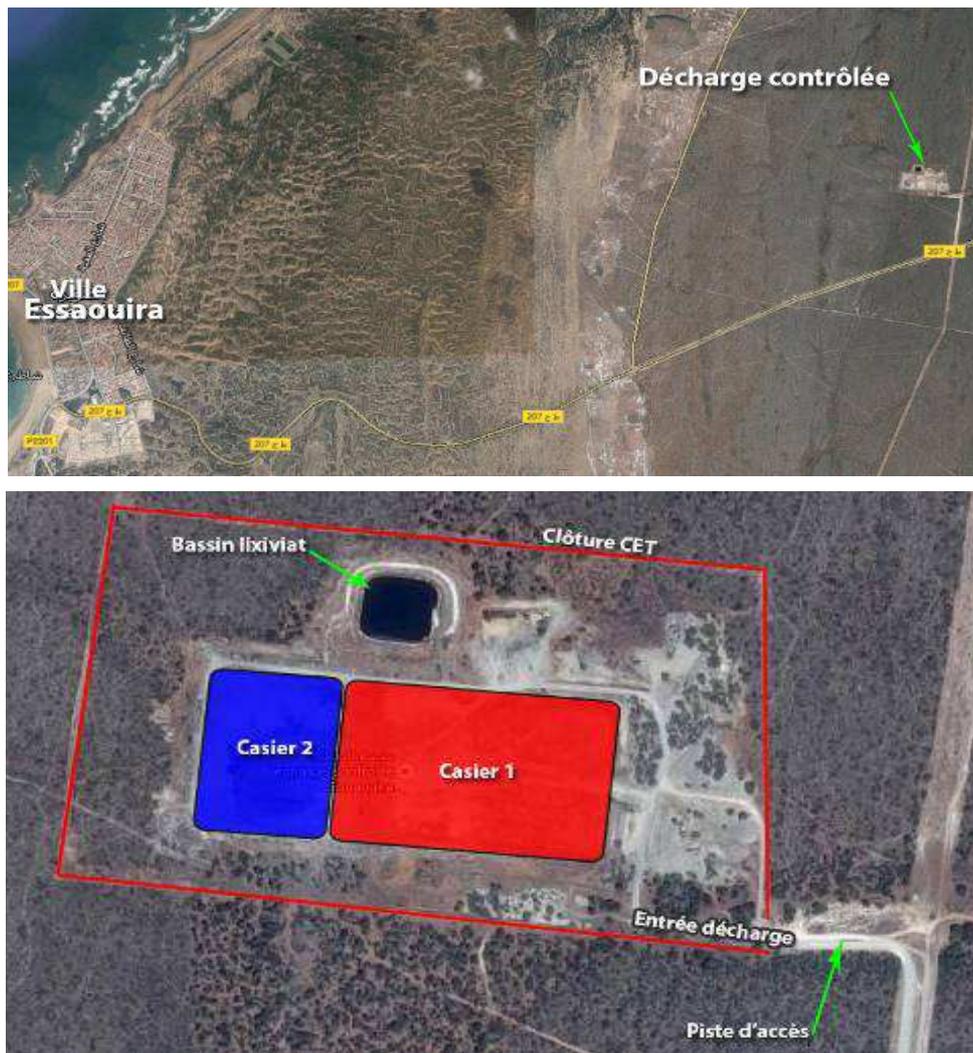


Figure 2 : Situation et vue en plan de la décharge contrôlée d'Essaouira (Google Earth Juin 2010) [8]

Avant la construction de l'actuelle décharge contrôlée, l'évacuation des déchets de la ville d'Essaouira était effectuée vers la décharge sauvage d'Azlef située à moins de 8 km à partir du centre de la ville.

D'après la législation marocaine [9], la décharge contrôlée d'Essaouira est de classe 1. Il s'agit d'un centre de réception et de stockage des déchets **Ménagers et Assimilés** de la ville d'Essaouira et des centres avoisinants. Les travaux de construction de ce centre ont démarré en 1999 et la première mise en décharge des déchets a eu lieu le 1^{er} mars 2001.

Les premiers équipements et aménagements réalisés au niveau de la décharge sont [10] :

- Un casier n°1 de 3,88 ha subdivisé en quarts alvéoles de 7 000 m² de surface utiles ;
- Un bassin de stockage de lixiviat d'une capacité de stockage d'environ 3 060 m³ ;
- Un bassin de stockage des eaux pluviales d'une capacité d'environ 1 300 m³ ;
- Un pont bascule de 50 tonnes de capacité ;
- Un portail et une clôture de 1969m de longueur et de 2m de hauteur ;
- Un poste de contrôle, des locaux techniques et un piézomètre ;
- Voies d'accès et de circulation et autres infrastructures.

En 2006, une extension de la décharge a été réalisée par l'aménagement d'un deuxième casier (casier n°2) sur une superficie de 1,7 ha et d'un nouveau bassin de stockage de lixiviat d'une capacité de 17 000 m³. L'exploitation et l'enfouissement dans le deuxième casier a démarré le 15/01/2010.

L'exploitation de la décharge après son extension en 2006, est subdivisée en quatre grandes phases ayant chacune une localisation géographique et une logique d'exploitation propre. Ces quatre phases sont récapitulées comme suit :

- 1^{ère} phase = casier n°1 : mesures d'urgence visant à résorber les dysfonctionnements observés dans l'exploitation au niveau des alvéoles n° 1 et 2 du casier 1 ;
- 2^{ème} phase = casier n°2 : Exploitation du casier 2 jusqu'à la cote 117 NGM ;
- 3^{ème} phase = casiers 1 et 2 : rechargement des zones déjà exploitées et fusion des deux casiers jusqu'à la cote 121 NGM ;
- 4^{ème} phase : Phase finale de profilage du dôme, réaménagement et végétalisation du site.

La durée de l'exploitation dans la décharge après son extension et la mise en place du plan de la mise à niveau de la décharge en 2006 est de l'ordre de 10 à 12 ans. En effet la durée de vie totale de la décharge est estimée entre 15 à 18 ans.

2.3 MÉTHODES D'ÉTUDE

La décharge d'Essaouira est munie d'un système de collecte et de drainage des lixiviats qui après accumulation au fond des déchets, ils sont drainés vers un bassin de stockage et de traitement par évaporation, (Figure 3).



Figure3 : Bassin de stockage des lixiviats

A partir de ce bassin, le lixiviat a été prélevé et analysé sur une période allant de 2012 jusqu'à 2015. La caractérisation a porté sur la charge organique, minérale et métallique.

Ces échantillons de lixiviat ont été envoyés au Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes (LPEE-CEREP) dans des glacières en respectant les conditions de conservation exigées par les normes afin de ralentir les processus biologiques, chimiques et physiques.

La conductivité (CE) et le pH ont été mesurés « in situ » à l'aide d'un conductimètre (HANNA EC 214) et d'un pH-mètre (NFT 90-008). Les concentrations des chlorures (Cl^-), sulfures (S^{2-}). Les hydrocarbures totaux (HCT) et la teneur en matières en suspension (MES) ont été déterminées par la méthode de centrifugation. La Demande Biochimique en oxygène (DBO_5) a été mesurée à l'aide d'un oxymètre (538WTW/DBO-mètre : TS606/2) NFT 90-103. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) a été mesurée à l'aide d'un DCO-mètre type thermo-réacteur (Behr TRS300). Les métaux lourds : Cadmium, Chrome et le Plomb, ont été mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre à torche plasma ICP.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'évolution du niveau de vie et le développement démographique de la ville, sont à l'origine de l'augmentation de la production des déchets entre 2001 et 2014 (Figure 4). Elle est passée de 14 691 en 2001 à 26 226 tonnes en 2014 [1]. La moyenne annuelle sur la période étudiée (2001-2014) est de 23 326 tonnes et la moyenne journalière est de 65 tonnes par jour.

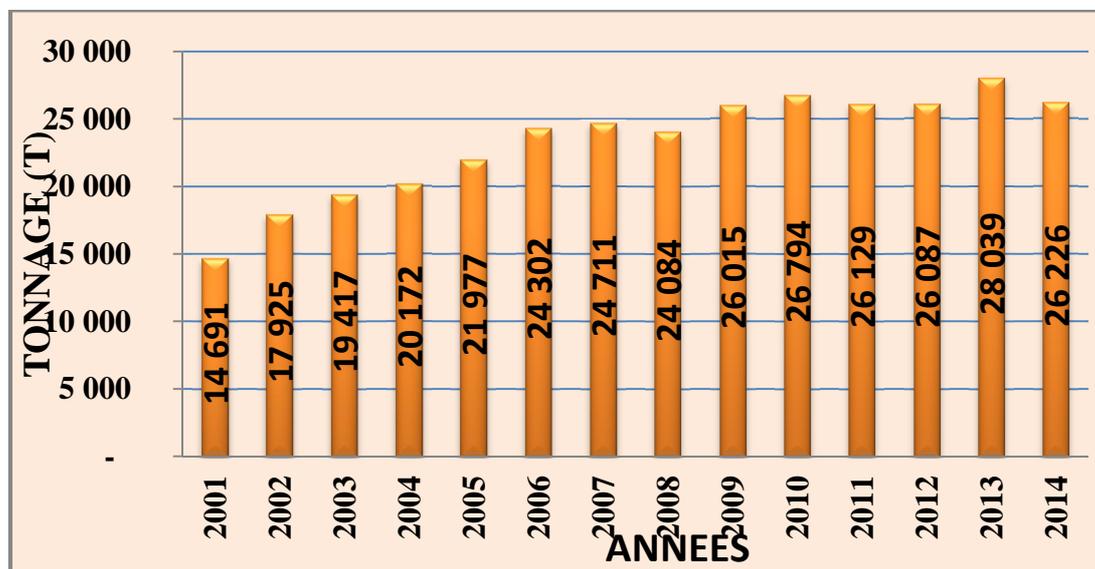


Figure 4 : Evolution du tonnage de déchets enfouis à la décharge d'Essaouira entre 2001 et 2014

La figure 4, illustre l'évolution de la variation annuelle de la quantité des déchets traités. Cette évolution est marquée par une augmentation de la quantité des déchets au cours de la période étudiée. En plus de l'accroissement démographique, cette évolution est expliquée par l'importance et l'abondance de l'activité touristique.

3.1 COMPOSITION DES DÉCHETS ENTRANT À LA DÉCHARGE

Les principales composantes d'une poubelle ménagère et des déchets urbains solides (DUS) en général restent celles répertoriées dans la norme française XP X 30-408 [11]. Il s'agit des putrescibles, du papier, du carton, des textiles, des textiles sanitaires, des plastiques, des combustibles non classés, des incombustibles non classés, du verre, des métaux, des spéciaux et des fines.

Pour notre étude, la composition des déchets de la ville d'Essaouira, objet des travaux de caractérisation qui ont été réalisés pendant le mois de Janvier et Avril 2014, est présentée dans la figure 5.

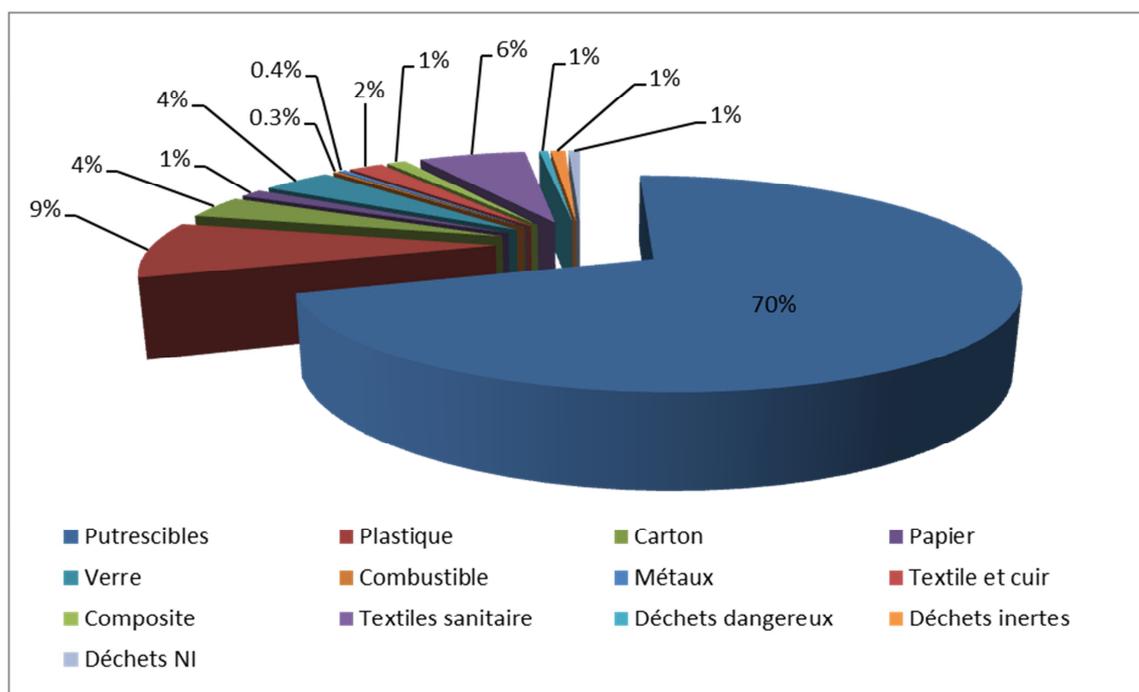


Figure 5 : Pourcentage de la composition des déchets en poids humide de la ville d'Essaouira [12]

Les déchets solides de la ville d'Essaouira entrant à la décharge (Figure 5), se caractérisent par :

- La prédominance de la fraction organique, environ 70% du poids total humide ;
- Un taux d'humidité très élevé avec une moyenne de 70% ;
- Une forte teneur en plastique qui avoisine les 9% ;
- Une teneur non négligeable des déchets dangereux (textiles sanitaires) qui présentent une vraie menace de contamination pour les récupérateurs et pour l'environnement en générale.

En comparaison avec d'autres travaux de caractérisation similaires effectués sur les déchets de la ville de Targuist située au nord du Maroc [13], la matière organique représente 71.53%, le plastique 10.86%, le papier et le carton 7.4%, le verre 4.29%, les métaux 1.2% et le textile se trouve à 4.73%.

D'après [5], les déchets entrant à la décharge contrôlée pour enfouissement technique, contiennent autres que les déchets ménagers et assimilés, une part non négligeable des déchets dangereux (1.2% à 2,5%). Ces derniers sont constitués principalement des déchets hospitaliers et des déchets ménagers contaminés par les déchets hospitaliers.

Cette situation de non-conformité, se répercute négativement sur la complexité de la charge polluante du lixiviat générés par le compactage et l'enfouissement des déchets et aussi, elle suscite plusieurs questions quant à la salubrité et aux risques de contamination, surtout pour le personnel travaillant à la décharge et aux récupérateurs des matériaux recyclables.

3.2 COMPOSITION ET ÉVOLUTION DU LIXIVIAT DE LA DÉCHARGE D'ESSAOUIRA

Le lixiviat est le « jus de la décharge », c'est-à-dire l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant chimiquement en substances minérales et organiques [14], [15]. Sa composition dépend de nombreux facteurs : la composition des déchets, le bilan hydrique, le mode d'exploitation de la décharge, les conditions climatiques, l'épaisseur de la couche de déchets, la nature de la couverture, l'âge de la décharge [16], [17], [18]. Il en résulte qu'un lixiviat peut être variable d'une décharge à l'autre mais aussi au sein même d'une décharge en fonction du temps et des modes d'exploitation et d'enfouissement des déchets.

Les résultats de ce suivi sont récapitulés dans les figures ci-après :



Figure 6 : Evolution de la DBO₅ et la DCO

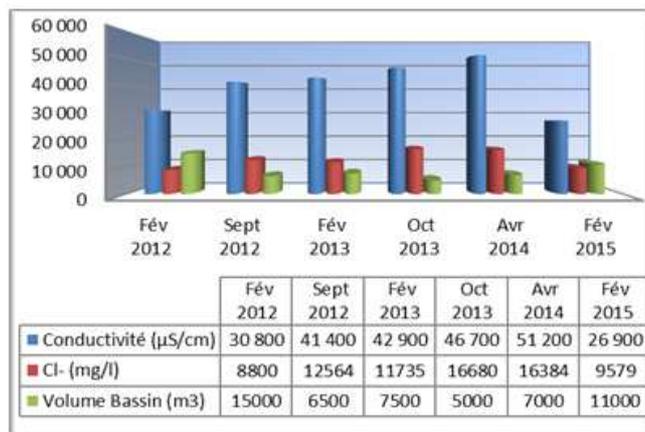


Figure 7 : Evolution de la conductivité et des chlorures

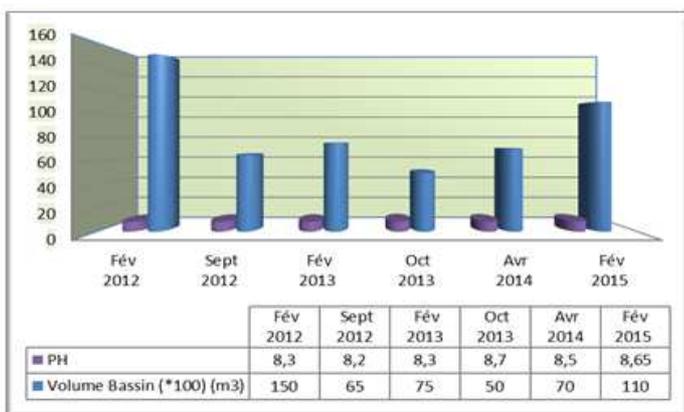


Figure 8 : Evolution du pH

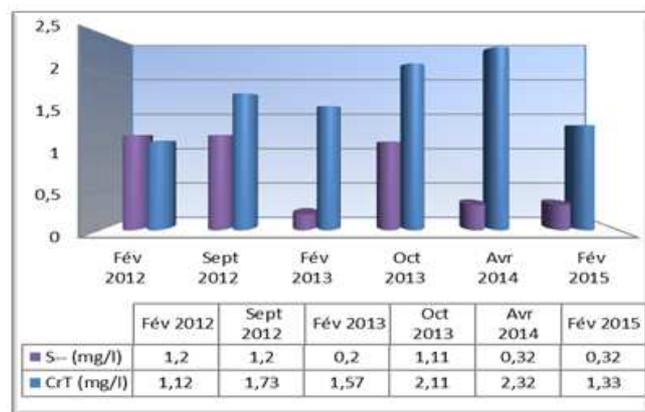


Figure 9 : Evolution des chromes et des sulfures

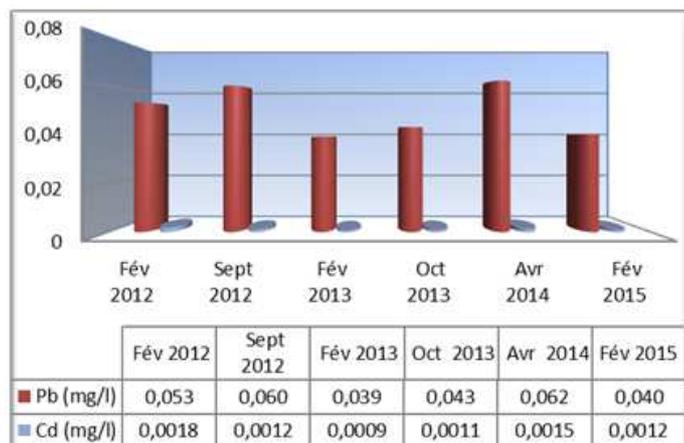


Figure 10 : Evolution du Plomb et du Cadmium

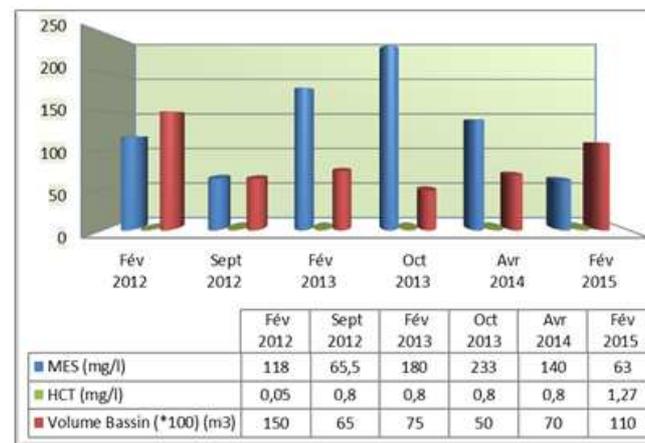


Figure 11 : Evolution de la MES et des HCT

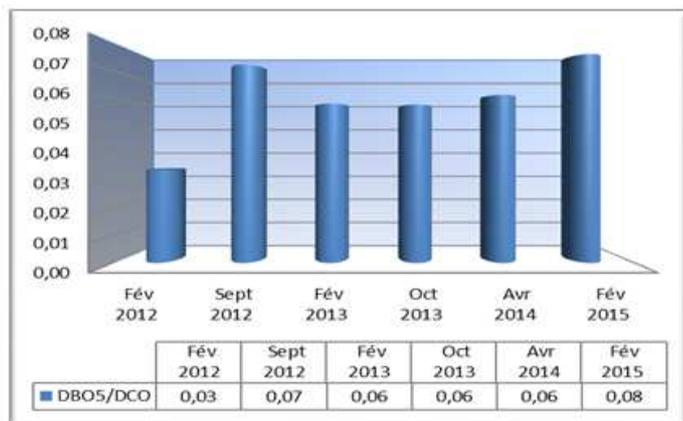


Figure 12 : Evolution du rapport DBO_5/DCO

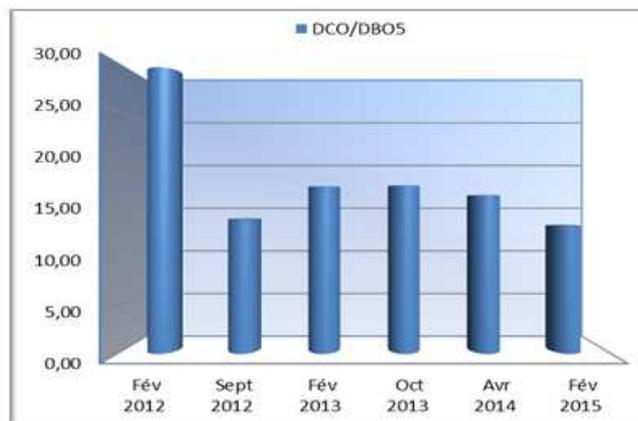


Figure 13 : Evolution du rapport DCO/DBO_5

Le lixiviat de la décharge d'Essaouira est basique. Les valeurs du pH de lixiviat enregistrées varient de 8,15 à 8,7 avec une moyenne de 8,44 (Figure 8). L'évolution du pH au cours de ce suivi montre une augmentation du pH en fonction du temps de séjour du lixiviat dans le bassin et aussi en fonction du vieillissement de la décharge.

La valeur moyenne du pH de la décharge d'Essaouira est supérieure à celles soulevée au niveau des décharges d'Agadir (6,2), [19], de Mohammedia (6.75), [20], et de Fès (7.23) [21].

La conductivité électrique, traduit la minéralisation de l'échantillon analysé. Elle permet d'évaluer la minéralisation globale et d'estimer la totalité des sels solubles dans l'eau [22].

Les valeurs de la conductivité électrique enregistrées au cours de ce suivi fluctuent entre un minimum de 26900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistrée en Février 2015 et un maximum de 51200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré en Avril 2014 (Figure 7). Cette variation de la concentration, dépend directement du volume de lixiviat dans le bassin.

La valeur moyenne de la conductivité électrique pour les lixiviats analysées est de 39983 $\mu\text{S}/\text{cm}$, elle est largement supérieure à 27000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, considérée comme valeur limite de rejet direct dans le milieu récepteur [23]. Cette valeur moyenne est supérieure à celle enregistrée dans la décharge de Kénitra (22792 $\mu\text{S}/\text{cm}$) [22] et de Tanger (moy=32445 $\mu\text{S}/\text{cm}$) [24]. Par contre, elle est largement inférieure à celles enregistrés dans la décharge d'Agadir (64650 $\mu\text{S}/\text{cm}$), [19].

Les résultats obtenus mettent en évidence une minéralisation importante du lixiviat de la décharge publique de la ville d'Essaouira. Cette minéralisation est confirmée par les concentrations des ions chlorures mesurés dans ces lixiviats et qui oscillent entre 8800 et 16680 mg/l avec une moyenne de 12623 mg/l (Figure 7). Elle est expliquée par l'enfouissement des déchets du port de la ville d'Essaouira qui renferment un taux très élevé en sels minéraux.

La DBO_5 est un indicateur de la pollution organique. Elle exprime le niveau de biodégradabilité de l'effluent [25]. Elle est variable au cours de notre période d'études et se situe entre 207 et 851 mg/l avec une moyenne de 632 mg/l (Figure 6). Ces valeurs enregistrées dans cette décharge sont supérieures à 100 mg/l, considérée comme valeur limite de rejet direct. Cependant la moyenne de la DBO_5 enregistrée, est inférieure à celles de la décharge d'Agadir (795 à 878 mg/l), [19] et beaucoup plus inférieure à celles des décharges de Fès (8400 mg/l), [21] et de Mohammedia (29151 mg/l), [20].

La DCO représente la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables chimiquement contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques et des sels minéraux oxydables [25]. Les teneurs de la DCO enregistrée dans notre étude sont variables dans le temps et sont comprises entre 6106 et 13939 mg/l avec une moyenne de 10361 mgO_2/L , (Figure 6). Cette valeur moyenne est 20 fois plus supérieure à la valeur limite de rejet direct (500 $\text{mg O}_2/\text{L}$).

Les valeurs élevées de la DCO indiquent une charge organique élevée et sont supérieures à celles rapportées par [2] dans la décharge d'Akouedo à Abidjan (entre 310 et 2495 mg/l), et par [27] dans la décharge de Tيارت en Algérie (1048 mg/l), et aussi par [19] dans la décharge d'Agadir (6220 à 7640 mg/l).

Elles sont en revanche très inférieures à celles obtenues par [26] dans la décharge d'Oujda au Maroc, (68036 mg/l). Aussi, elles sont beaucoup plus inférieures à celles de la décharge de Mohammedia (51456 mg/l), [20].

Les valeurs du rapport DBO_5/DCO allant de 0,03 à 0,08 avec une moyenne de 0.06 (Figure 12) et la moyenne du rapport DCO/DBO_5 qui est de 17.91 (Figure 13), montrent qu'il s'agit bien d'un lixiviat stable et a une biodégradabilité très faible.

Les concentrations en matière en suspension (MES), sont comprises entre 65.5 et 233 mg/l, et elles sont proportionnelles au volume du lixiviat stocké au niveau du bassin (Figure 11). La teneur moyenne de la MES au niveau du bassin de stockage est de l'ordre de 146 mg/l. Ces valeurs enregistrées dans cette décharge sont inférieures à celles trouvées dans les décharges de Mohammedia (660.5 mg/l), [20] et de Fès (450 mg/l), [21] et elles sont beaucoup plus inférieures à celles trouvées dans la décharge d'Agadir (3000 à 4800 mg/l), [19].

On ce qui concerne la pollution organique toxique représentée par les hydrocarbures totaux (HCT), la valeur moyenne de la concentration en HCT pour toutes les campagnes de mesure est de 0.75 mg/l, avec un maximum de 1.27 et un minimum de 0.05 mg/l, (Figure 11). Elle est beaucoup plus inférieure à celle trouvée dans la décharge d'Agadir (183g/l), [19].

La présence de ces concentrations, est due principalement aux anomalies de fonctionnement des véhicules et les fuites des huiles survenues dans les zones d'enfouissement technique des déchets. Cette teneur en HCT est largement inférieure à la norme marocaine des rejets directs (10 mg/l).

Le suivi de la pollution métallique du lixiviat de la décharge d'Essaouira dévoile l'existence d'une charge métallique relativement importante. Le Chrome Total (CrT) est le métal le plus abondant avec des valeurs comprises entre 1120 et 2320 $\mu\text{g/l}$ et une moyenne de 1720 $\mu\text{g/l}$, (Figure 9). Sa concentration est plus supérieure à celle de la décharge d'Agadir (110 $\mu\text{g/l}$) [19], de la décharge de Meknès (107.2 $\mu\text{g/l}$) [28], de la décharge de Mohammedia au Maroc (477 $\mu\text{g/l}$), [20] et de la décharge de Tiaret en Alger (300 $\mu\text{g/l}$) [27].

Les valeurs révélées de ce métal, sont beaucoup plus supérieure à la norme marocaine pour les eaux destinées pour l'irrigation (100 $\mu\text{g/l}$).

Le Plomb (Pb) et le Cadmium (Cd), présentent aussi des teneurs moyennes non négligeables qui sont respectivement de 40 et 1,3 $\mu\text{g/l}$, (Figure 10). Les concentrations enregistrées pour les deux éléments sont inférieures à la norme marocaine pour les eaux destinées pour l'irrigation, qui est de 5000 $\mu\text{g/l}$ pour le Pb et de 10 $\mu\text{g/l}$ pour le Cd.

Les ions sulfures proviennent de la réduction des sulfates lors des premières phases de dégradation anaérobie par les micro-organismes anaérobiques, [29]. Les concentrations enregistrées varient entre 0.2 et 1.2 mg/l avec une moyenne de 0.73 mg/L, (Figure 9).

La composition métallique de lixiviat de la décharge contrôlée d'Essaouira est typique d'une décharge à caractère ménagère dominant. En effet les valeurs obtenues au cours de ce suivi sont comparables à celles trouvées dans d'autres décharges réservées pour les déchets ménagers et assimilés et ne dépassent pas les normes de rejet marocaines à part le chrome qui présente une concentration très supérieure à celles d'autres décharges et qui dépasse les normes de rejet marocaines.

4 DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Ces lixiviats présentent des concentrations en ions chlorure et des valeurs en conductivité élevées. Il s'agit d'un caractère commun à toutes les décharges d'ordures ménagères [16], [17] et [3]. Ces deux paramètres présentent les mêmes évolutions annuelle et interannuelle car la conductivité est déterminée principalement par la concentration des ions chlorures cette relation étroite entre les teneurs en chlorures et la conductivité est déterminée par [16] sur le site d'Etueffont en 2002. L'évolution croissante de ces deux paramètres peut être expliquée par une activité reminéralisatrice des bactéries.

Les faibles teneurs en sulfures peuvent être expliqués par la faible activité réductrice. Ces ions sont parmi les gaz responsables des mauvaises odeurs dégagées par les décharges [16].

Le suivi de La composition métallique (Cr, Cd et Pb) de lixiviat montre une charge importante surtout pour le chrome. Malgré que cette composition soit typique d'une décharge à caractère ménagère dominant, il ne faut pas oublier que ces éléments métalliques présentent des nuisances pour la santé et l'environnement même à des faibles concentrations à cause de leurs caractéristiques cumulatives et leurs toxicités.

La pollution organique est également importante : la DCO peut atteindre 11500,86 mg O_2/L . De plus, les concentrations en ces polluants sont supérieures à celles généralement rencontrées dans d'autres décharges marocaines d'ordures ménagères. On trouve 51456 mg O_2/L à la décharge de Mohammedia [20] et 20468 mg O_2/L à la décharge de Fès [21]

Les valeurs du rapport DBO_5/DCO , allant de 0,03 à 0,4 indiquent que les lixiviats étudiés sont riches en matières organiques non biodégradables. Par ailleurs, la valeur moyenne du rapport DCO/DBO_5 est de 15,71. L'ensemble des résultats

montre qu'outre la méthanogénèse, est active dans la décharge et que cette décharge est une décharge vieille. Le caractère basique du pH de ces lixiviats reflète bien cette phase d'évolution biologique. Nous pouvons conclure que le lixiviat de la décharge d'Essaouira est un lixiviat vieux, stabilisé et caractérisé par une faible et difficile biodégradabilité et une charge organique très complexe.

Les résultats de ce travail de recherche, montrent que malgré le long séjour de lixiviat dans le bassin de stockage, la charge polluante organique et minérale, est importante et presque stable dans le temps.

REFERENCES

- [1] COMMUNE URBAINE D'ESSAOUIRA, GMF POMPAGE ET ASSAINISSEMENT, MAROC (2014). Rapport annuel de l'exploitation des services de propreté de la ville d'Essaouira. Rapport. 120p.
- [2] KOUADIO, G., DONGUI, B., TROKOUREY, A. (2000). Détermination de la pollution chimique des eaux de la zone de la décharge d'Akouedo (Abidjan- Cote d'Ivoire). *Revue des Sciences et Technologie, ENS-CI. Série A-01.* pp.34- 41.
- [3] OZZANE, F., (1990). Les lixiviats de décharge, les points de connaissance. TSM-Eau, juin 1990. pp.289-312.
- [4] MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT-MAROC, (2010). Etat de l'environnement du Maroc. Rapport. 52p.
- [5] ZALAGHI, A et MERZOUKI, M., (2013). Caractérisation physico-chimique de lixiviats du centre d'enfouissement technique de la ville d'Essaouira (Maroc). ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 131122. 15p.
- [6] ONEP., et FAO., (2003). Office National de l'Eau Potable, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. «Gestion des déchets solides à Essaouira ». Etude d'avant-projet détaillé, deuxième partie : mise à niveau et extension de la décharge contrôlée. N°35/DI/FAO/2003. 215p.
- [7] RAOUL, G. (2003). Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) MAROC. Gestion contrôlée des déchets solides à Essaouira. Rapport. 235p.
- [8] GOOGLE EARTH, Juin 2010. Vue aérienne de la ville d'Essaouira, Carte satellitaire.
- [9] MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT (MAROC), 2006. Loi n° 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination ». BO n° 5480 du 7 décembre 2006. 15p.
- [10] BETURE ENVIRONNEMENT (BET), (2006). Pour le compte de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP) et la commune Urbaine d'Essaouira (MAROC). Centre de stockage des déchets ménagers de la commune d'Essaouira – manuel d'exploitation. Rapport N/Réf : 205AT06. 180p.
- [11] AFNOR, (1996). Déchets : Caractérisation d'un échantillon de déchets ménagers et assimilés ; Eds AFNOR. 24p.
- [12] CHIGUER, H., EL RHAOUAT, O., EL KHAYAT, F., BENSaid, A. EL KHARRIM, KH., BELGHYTI, D., (2015). Caractérisation physique des déchets solides urbains de la ville d'Essaouira, (Maroc). Sciencelib Editions Mersenne : Volume 7, N ° 150603. 18p.
- [13] HABOUBI, Kh., ALOUANE, H., ANDALOUSI, K., (2015). Contribution à la caractérisation des déchets d'une décharge publique non contrôlée : cas de la décharge de la ville de Targuist au nord du Maroc, Science Lib., Editons Mersenne, Vol. 7, n° 150506, ISN 211-4706. 9p.
- [14] NAVARRO, A. BERNARD, D. et MILLOT, N. (1988). Les problèmes de pollution par les lixiviats de décharge. *Techniques Sciences et Méthodes*, pp.541-545.
- [15] CALLACE, N. (2001). Characteristics of different molecular weight fractions of organic matter in landfill leachate and their role in soils sorption of heavy metals, *Environmental Pollution*, 113, pp.331–339.
- [16] KHATTABI, H., 2002. Intérêt de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France). Thèse de doctorat, Institut des sciences de l'environnement, France. 167p.
- [17] CHRISTENSEN, T.H., KJELDEN, P., BJERG, P.L., JENSEN, D.L., CHRISTENSEN, J.B., BAUN, A., ALBRECHTSEN, H.J., HERON, G. (2001). Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied Geochemistry*, 2001. 16. pp.659-718.
- [18] MAHLER, C., FERREIRA, M.A., GÜNTHER, W. (2005). Studies of landfill leachate in Brazil. Sardinia 2005-Tenth International Waste Management and Landfill Symposium.
- [19] COMMUNE URBAINE D'AGADIR ET LABORATOIRE INTERFACE MATERIAUX ENVIRONNEMENT (LIME) DE LA FACULTE DES SCIENCES AIN CHOCK - CASABLANCA, MAROC, (2010). Bulletin d'analyse de lixiviat à la décharge contrôlée du grand Agadir – Maroc. 16-10-2010. 5p.
- [20] COMMUNE URBAINE DE MOHAMMEDIA ET LABORATOIRE PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES (LPEE), MAROC (2013). Bulletin d'analyse de lixiviat de la décharge contrôlée interprovinciale de Mohammedia et Benslimane – Maroc. 24-04-2013. 6p.
- [21] COMMUNE URBAINE DE FES ET PUBLIC D'ESSAIS ET D'ETUDES (LPEE), MAROC, (2014). Bulletin d'analyse de lixiviat de la décharge contrôlée de la ville de Fès– Maroc. 21-02-2014. 6p.

- [22] EI MARKHI, M., SADEK, S., EL KHARRIM, K., BEN EL HARKATI, F., DAKIR, Z., BELGHYTI, D., (2013). Caractérisation physico-chimique du lixiviat de la décharge d'ouled berjal, (Kenitra, Maroc). ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 130203. 9p.
- [23] MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'URBANISME, DE L'HABITAT ET DE L'ENVIRONNEMENT (MAROC), (2002). La grille de qualité des eaux de surface. Bulletin officiel N° 5062 du 30 ramadan 1423 (05 décembre 2002).3p.
- [24] INGENIEURGESELLSCHAFT PROF. CZURDA AND PARTNER MBH (ICP), (2004). Assistance technique pour l'amélioration des conditions d'exploitation de la décharge de Tanger. Rapport. GTZ : Programme de Gestion et de Protection de l'Environnement (PGPE), Tanger, Maroc. 83p.
- [25] MAKHOUKH, M., SBAA, M., BERRAHOU, A., VAN CLOUSTER, M. (2001). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental), Larhys journal, ISN 112-3680, n° 09. pp.149-169.
- [26] SAADI S., SBAA M., EL KHARMOUZ M. (2013). Caractérisation physico- chimique de lixiviats du centre d'enfouissement technique de la vile d'Oujda (Maroc oriental), Science Lib., Editons Mersenne, Vol. 5, n° 130517, ISN 211-4706. pp.1-12.
- [27] MEKAIKIA, M, M; BELABBED, B, E; DJABRI, L; HANI, A; LAOUR, R., (2007) : caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraine. Courrier du Savoir – N°08, Juin 2007. pp.93-99.
- [28] TAHIRI, A. (2013). L'impact environnemental produit par les déchets de la décharge de la ville de Meknès (Meknès, Maroc). ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 130701. 9p.
- [29] BERTHE, C., 2006. Etude de la matière organique contenue dans des lixiviats issues de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés. Thèse Doctorat, Université de Limoges, Facultés des sciences et techniques, France. 320p.