



REHABILITATION DE LA DECHARGE SAUVAGE DE MÉDIOUNA : CARACTERISATION DU BIOGAZ ET TRAITEMENT DU LIXIVIAT

REHABILITATION OF MÉDIOUNA WILD LANDFILL: CHARACTERIZATION OF BIOGAS AND TREATMENT OF LANDFILL LEACHATE

*IOUNES N.¹, SASSIOUI I.¹, AIT OUADI A.², BASSOU M.², NAMOUSSI S.¹,
MERBOUH CH.¹, MESTAGHANMI H.³, EL AMRANI S. ^{*1}*

¹ Laboratoire d'Ecologie et d'Environnement, Faculté des Sciences Ben M'Sik,
Université Hassan II-Casablanca. Avenue Cdt Driss El Harti,
B.P.7955 Sidi Othmane. Casablanca.

² Société ECOMED

³ Laboratoire de Physiopathologie et Génétique Moléculaire. Faculté des Sciences Ben
M'Sik, Université Hassan II-Casablanca. Avenue Cdt Driss El Harti,
B.P.7955 Sidi Othmane.Casablanca.

selamrani_1999@yahoo.fr

RESUME

La décharge de Médiouna est en phase de saturation et en voie de réhabilitation. Dans le cadre du projet de sa réhabilitation, notre travail consiste à caractériser et étudier la qualité du biogaz généré par la décharge ainsi que son débit pour le valoriser. Notre étude vise aussi à appliquer une méthode de traitement aux lixiviats afin d'aboutir à un produit répondant aux normes de rejets marocaines.

Les résultats obtenus révèlent un débit important du biogaz de l'ordre de 180Nm³/h au niveau du casier étudié et l'estimation de la production d'électricité totale de la décharge (60 ha) est de 10 Mgw/h, pouvant servir à alimenter Casablanca pendant 24 h.

Les lixiviats de la décharge révèlent une très grande charge en matières organiques oxydables (DCO= 6968 mg/l). Le procédé choisi est l'électrocoagulation (EC) qui nous a permis d'avoir un abattement très

important de la DCO (84%). Pour améliorer ce rendement, on fait subir aux lixiviats traités par EC, un traitement chimique au sulfate d'aluminium permettant d'atteindre un abattement total de 89%. Avec ces deux traitements, on aboutit à un produit traité à 712 mg/l de DCO, valeur proche des normes marocaines de rejets directs dans le milieu naturel (500 mg/l).

Mots clés : Décharge sauvage Médiouna, biogaz, caractérisation, lixiviat, électrocoagulation.

ABSTRACT

The overloaded Mediouna's landfill is being rehabilitated. As part of its rehabilitation project, our job is to characterize and evaluate the quality of biogas generated by the discharge and its flow to value it. Our study also seeks to apply a method of treatment for leachate in order to achieve a product meets Moroccan releases standards. The results reveal an important flow of biogas in the order of 180Nm³/h at the level of the studied locker and the estimation of discharge (60 ha) total electricity production is 10 Mgw/h, which can be used to supply Casablanca for 24 hours. Landfill leachate reveals a very large load in oxidizable organic matter (COD = 6968 mg.L⁻¹). The process chosen is the electrocoagulation (EC) which we were allowed to have a deduction very important COD (84%).

To improve this performance, we do to leachates treated by EC, a chemical aluminium sulfate treatment to achieve a total reduction of 89%. With these two treatments, results in a product treated to 712 mg/l COD, value close of Moroccan standards for direct discharges into the natural environment (500 mg/l).

Keywords: wild landfill Médiouna, leachate, biogas, characterization, electrocoagulation.

INTRODUCTION

Le Maroc doit faire face à une augmentation continue du volume de ses déchets qui ont un impact direct sur l'environnement (Hafidi, 2015). Avant la création des centres d'enfouissement techniques, ces déchets ont été déversés dans des décharges sauvages sans aucun traitement préalable ni préparation des sites. La décharge de Médiouna constitue l'une des 300 décharges réparties sur le territoire marocain. C'est un dépotoir sauvage qui a été ouvert depuis 1986. Elle

reçoit quotidiennement 3000 tonnes de déchets solides produits par la population de Casablanca (Ajir, 2002). Elle a un impact négatif sur la santé des riverains et sur tous les compartiments de l'environnement (air, eau et sol) par les lixiviats et les biogaz générés (Fekri et al., 2006, Fekri et al., 2012). Pour réduire ces impacts, la décharge doit être fermée et réhabilitée. Dans le cadre de la réhabilitation de cette décharge, le but de notre travail est de caractériser le biogaz afin de le valoriser et de traiter les lixiviats afin de répondre aux normes de rejet marocaines dans le milieu naturel.

Par ailleurs, l'électrocoagulation (EC) est une technique prometteuse dans le traitement des eaux usées et présentant de nombreux avantages (Mollah et al., 2001, Mollah et al., 2004, Chaturvedi, 2013). Elle a montré son efficacité pour le traitement d'une large gamme de polluants solubles ou colloïdaux tels que les nitrates, les fluorures, les métaux. Elle a prouvé également son efficacité dans le traitement des lixiviats des décharges (Ben Abbou et El Haji, 2014, Bouaouine et al., 2015). Comme c'est une technique facile à réaliser et peu onéreuse (Mollah et al., 2001, Chaturvedi, 2013), nous l'avons appliquée dans le traitement des lixiviats de la décharge de Médiouna.

DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE

La décharge de Médiouna est située à 10 km au SE de Casablanca sur la route principale (R.P. 315) reliant Casablanca à Marrakech (figure 1). Elle est installée sur d'anciennes carrières dont on exploitait les calcarénites en laissant à nu les quartzites aquifères (Fekri et al., 2012). Le site est constitué de 13 excavations avec un volume d'environ 3 millions de m³ sur une superficie de 78 hectares dont 60 hectares attribués à la décharge. Aucune opération d'étanchéité du fond ou d'installation de système de collecte de lixiviats ou de biogaz, n'ont été réalisées avant l'exploitation du site.

Sur le plan géologique, le site appartient au domaine structural de la meseta côtière bordée par l'océan atlantique et les plaines massives du centre du Maroc (Piqué, 1994). Le substratum est constitué de formations primaires (Cambro-Ordovicien) ayant subies l'orogénèse Hercynienne (Destombes et Jeannette, 1956). Ces formations sont composées de schistes verts Acadiens et de psammites, le tout est surmonté par des quartzites (Ruhard, 1975). L'ensemble est plissé, faillé et immergé.

Sur le plan hydrologique, la Province de Médiouna dispose de ressources hydriques constituées par une nappe phréatique (de 35m à 45m de profondeur)

et 13 sources qui débitent vers Oued Hassar avec un débit total de 200L/s (période humide) (Province de Médiouna, 2007).

Le climat de la région est de type océanique tempéré. La température moyenne varie entre 13 et 23°C. La moyenne annuelle des précipitations pluviométriques est estimée à 362mm (Province de Médiouna, 2007).

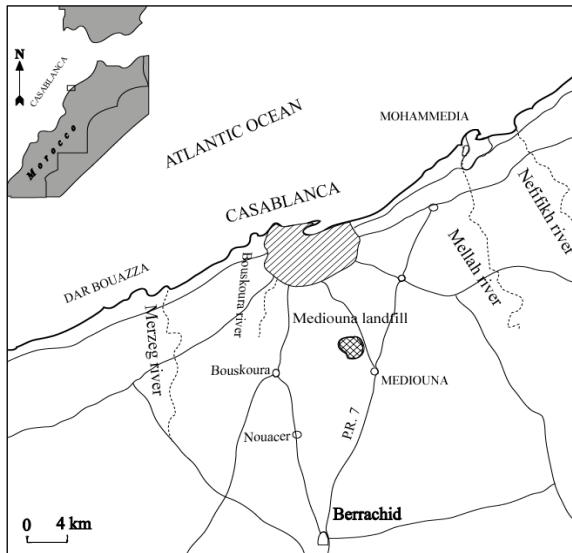


Figure 1 : Site de la décharge (Fekri et al. 2012)

MATERIELS ET METHODES

La qualité du biogaz a été déterminée à l'aide d'un appareil d'extraction et d'analyse des gaz des décharges de marque GEM 2000 en mode GEM pour les puits et en mode GA pour les piézomètres. Parmi les gaz analysés on cite le méthane et le dioxyde de carbone vu leur importance dans la composition des gaz émis par les déchets municipaux (RECORD, 2009).

Les paramètres recherchés pour le suivi de la qualité du lixiviat sont : la température (T), le pH, l'oxygène dissous, le potentiel redox [(ORP) Oxydation-Reduction-Potentiel] et la conductivité électrique (CE) qui ont été mesurés *in situ* à l'aide d'une sonde multi paramètres de marque HACH type HQ40d. La demande chimique en Oxygène (DCO) a été mesurée par un DCO mètre de marque HACH type DR 2800.

Les lixiviats ont été d'abord traités par électrocoagulation selon le principe décrit par Mollah *et al.* (2001) et Chopra *et al.* (2011). Pour se faire, nous avons monté un bassin d'un volume de 1200 L comportant 26 plaques d'aluminium. Les électrodes sont de 0,9m² de surface et la distance inter électrodes est de 2,5 cm. Nous avons appliqué un courant continu de 270A avec une densité de 300A/m².

Ensuite les effluents traités ont subis un deuxième traitement chimique à base d'un coagulant qui est le sulfate d'aluminium à 40 g/l. Pour chaque prélèvement de 250 ml, on a préparé 5 échantillons de 50 ml auxquels on a ajouté le sulfate d'aluminium (de 1 à 5 ml) tout en respectant un temps de 24h de décantation nécessaire pour la stabilisation de la solution. Les rendements de traitement ont été calculés par la formule suivante (Khattabi *et al.*, 2002):

$$X = \left[\frac{C_0 - C_f}{C_0} \right] 100$$

Avec X : rendement de traitement (en %) ; C₀: concentration de l'élément chimique avant traitement ; C_f: concentration de l'élément chimique après traitement.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

La valorisation du biogaz des décharges est un concept relativement nouveau et une solution à la fois écologique et économique. Il est donc indispensable et obligatoire de récolter ce biogaz car l'action du méthane sur l'effet de serre est 20 fois plus importante que celle du CO₂ (Gascard, 2005).

L'analyse des résultats montre un débit du biogaz important (180 Nm³/h) malgré l'âge de la décharge et l'hétérogénéité de ses déchets. En outre, la composition du biogaz en méthane dépasse les 60% et varie entre 30 et 40% de CO₂ pour la majorité des puits et piézomètres (Figure 2).

Des travaux effectués au centre d'enfouissement technique d'Oum Azza, une des communes de la wilaya de Rabat, ont révélé que la quantité du méthane dans le biogaz varie entre 66% et 82% avec une moyenne de 71% (Sadek, 2015). Cette valeur est plus élevée par rapport à celle qu'on a trouvée sur la décharge de Médiouna. Ceci peut être lié à différents paramètres (quantité des matières organiques, les éléments nutritifs, le niveau d'humidité, température, pH...) qui influencent la qualité du biogaz. Farquhar et Rovers (1973) ont développé une représentation schématique des facteurs qui influent sur la production des gaz dans des décharges.

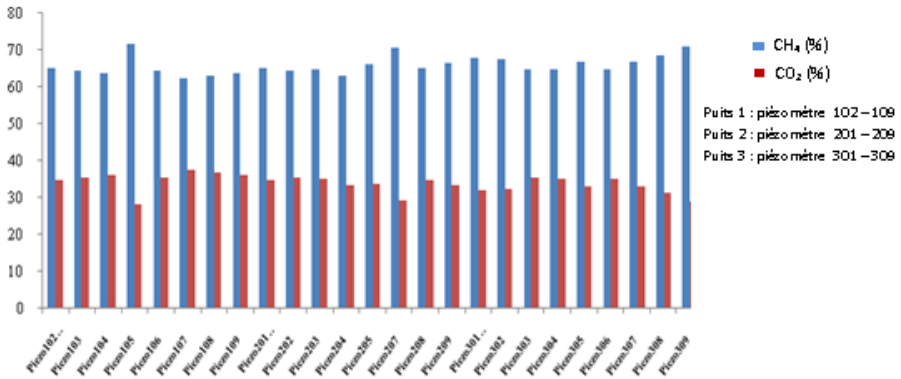


Figure 2 : Evolution du méthane et du dioxyde carbone entre piézomètres

Comme le biogaz présente une bonne qualité en matière de sa richesse en méthane, il sera converti en électricité qui sera utilisée pour les besoins de la décharge à savoir l’alimentation des moteurs d’aération des bassins de traitement des lixiviats et l’armoire d’électricité servant au traitement du lixiviat par électrocoagulation et éventuellement pour d’autres utilisations.

Pour ce qui est de la caractérisation du lixiviat brut, les résultats obtenus (Tableau 1) montrent que cet effluent liquide est très chargé en matières oxydables (DCO égale à 6968 mg/l) ce qui est en accord avec les résultats rapportés par Idlahcen *et al.* (2014) pour les lixiviats de la décharge de Mohammedia et par Khalil *et al.* (2015) pour ceux de la décharge de Fès. Ces lixiviats ont eu des impacts sur la nappe phréatique puisque Fekri *et al.* (2012) ont apporté une DCO de 150 mg/l et une conductivité dépassant les 7000 μ S/cm dans les puits situés à proximité de la décharge.

En analysant les résultats obtenus après traitement des lixiviats par électrocoagulation, nous constatons que les paramètres physicochimiques étudiés subissent des évolutions variables. Ainsi, après un traitement d’électrolyse d’une durée de 20 minutes, le taux d’abattement de la DCO atteint 57% (Tableau 1). Il passe à 73% après 30 minutes pour atteindre 84% au bout de 60 minutes de traitement.

L’abattement de la conductivité électrique (CE) est d’environ 60% après 20 minutes de traitement mais par la suite, le temps de traitement ne montre pas d’influence remarquable sur ce paramètre qui reste globalement dans l’intervalle des 29,7 et 29,3 mS/cm (Tableau 1). Ainsi, le potentiel de neutralisation des charges ioniques du lixiviat est atteint après 20 minutes de traitement et le système d’électrocoagulation ne peut plus faire baisser la conductivité électrique.

Tableau 1 : Caractérisation du lixiviat traité par électrocoagulation

| | Lixiviat brut | Lixiviat traité par EC | | | | | NMRD |
|------------------------------|---------------|------------------------|-------|------|------|------|---------|
| | | Ech1 | Ech 2 | Ech3 | Ech4 | Ech5 | |
| Temps de séjour (min) | | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | |
| DCO (mg d'O ₂ /l) | 6968 | 2900 | 1863 | 1778 | 1139 | 1087 | 500 |
| Abattement (%) | | 57 | 70 | 73 | 82 | 83 | |
| Conductivité (mS/cm) | 73,4 | 29,7 | 29,7 | 29,6 | 29,3 | 29,3 | 2,700 |
| pH | 8,84 | 8,42 | 8,61 | 8,67 | 8,69 | 8,71 | 5.5-9.5 |
| ORP (Mv) | - 118 | - 115 | - 107 | - 98 | - 94 | - 90 | |

Le potentiel redox (ORP) augmente au cours du temps de traitement ce qui indique un effet d'oxydation croissant du milieu (Tableau 1). En revanche le pH du lixiviat traité ne semble pas subir de variation remarquable après traitement par électrocoagulation et reste légèrement basique et compris entre 8,42 et 8,71 pour les différents échantillons. Ces valeurs du pH sont proches des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation (S.E.E.E., 2007) et des valeurs limites préconisées par les normes marocaines de rejets directs (NMRD) comprises entre 5,5 et 9,5 (M.D.M.E.M.E.E., 2014).

L'analyse des résultats du traitement chimique des lixiviats par le sulfate d'aluminium (Tableau 2 et Figure 3) montrent que la DCO diminue en parallèle avec l'augmentation de la quantité de sulfate d'aluminium et le temps de réaction. Le meilleur taux d'abattement de la DCO par rapport au traitement par électrocoagulation (34%) est obtenu pour une quantité de 5 ml de sulfate d'aluminium à 4 g/l pour 60 minutes de traitement.

Tableau 2 : Evolution de la DCO (mg d'O₂/l) en fonction du sulfate d'aluminium et du temps

| Echantillons | DCO après traitement EC | 1 ml | 2 ml | 3 ml | 4 ml | 5 ml |
|-------------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| Concentration du Sulfate d'Al (g/l) | - | 0,8 | 1,6 | 2,4 | 3,2 | 4 |
| E1 (20min) | 2900 | 2649 | 2400 | 2200 | 2104 | 2020 |
| E2 (30min) | 1863 | 1801 | 1768 | 1621 | 1449 | 1338 |
| E3 (40min) | 1778 | 1710 | 1665 | 1613 | 1337 | 1257 |
| E4 (50min) | 1139 | 1085 | 1043 | 1030 | 1020 | 863 |
| E5 (60min) | 1087 | 1005 | 952 | 967 | 867 | 712 |

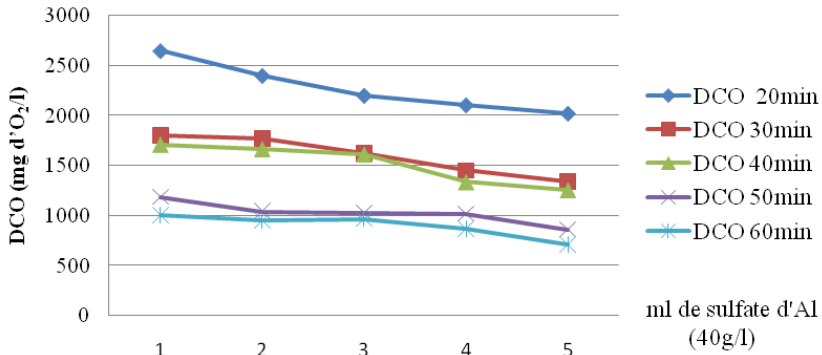


Figure 3 : Evolution de la DCO en fonction du temps

Globalement par rapport aux teneurs très élevées de la DCO des lixiviats bruts, l'abattement de ce paramètre est passé de 84% après traitement par électrocoagulation pour atteindre 89% suite au traitement chimique par le sulfate d'aluminium. Ainsi la DCO est passée de 6968 mg/l au niveau des lixiviats bruts à 712 mg/l au niveau des lixiviats traités, teneur proche de la valeur limite des 500 mg/l préconisée par les normes marocaines de rejets directs (NMRD) (M.D.M.E.M.E.E., 2014) dans le milieu récepteur.

En comparant nos résultats à ceux rapportés par Fekri (2007), on remarque que notre taux d'abattement de la DCO reste supérieur au sien soit 67% obtenu suite à un traitement chimique au sulfate d'aluminium à 5 g/l avec ajustement du pH. Le procédé d'électrocoagulation, appliqué dans notre cas, a prouvé son efficacité pour le traitement des polluants colloïdaux très fins par comparaison à la coagulation chimique classique. En outre, des travaux effectués sur les lixiviats de la décharge non contrôlée de la ville de Taza ont abouti à un abattement de 98,7% de la DCO suite à un traitement des lixiviats par électrocoagulation-filtration (Ben Abbou et El Haji, 2014). Alors que le traitement biologique des lixiviats de la décharge publique de la ville de Mohammedia ne s'avère pas très efficace pour réduire la charge polluante des lixiviats stabilisés comparé aux procédés physicochimiques (Madinzi et al., 2014). En effet, la DCO est passée de 2240 à 1154mg/l et à 1062mg/l avec un rendement d'élimination de 48% et 52% respectivement pour l'aération en continue et en discontinue (Madinzi et al., 2014).

D'autres travaux effectués par Bouaouine et al. (2015) sur les lixiviats de la décharge contrôlée de Fès montrent que la turbidité diminue avec l'augmentation du temps d'électrolyse. La diminution optimale de la turbidité est obtenue à 60 mn avec un rendement d'élimination de 98%. L'évolution de la turbidité au cours du temps montre un abattement de plus de 99% après 3h de

décantation. Selon les mêmes auteurs Bouaouine et al. (2015), le temps de décantation est en effet très utile à la détermination des conditions optimales de traitement en matière de coût et d'efficacité. Ainsi, l'exploitation de nos résultats et de ceux de Bouaouine et al. (2015) montre que le temps d'électrolyse et le temps de décantation influencent le taux d'abattement de la pollution organique puisque nous avons atteint un abattement de la DCO de l'ordre de 84% après 60min de traitement par électrocoagulation alors que Bouaouine et al. (2015) ont atteint 99% d'abattement de la turbidité après un temps d'électrolyse de 60min et 3h de décantation prouvant, encore une fois, la fiabilité et la grande efficacité de cette technique de traitement.

CONCLUSION

La décharge de Médiouna, objet de notre étude, compte parmi les plus grandes décharges sauvages existantes au Maroc. Ses impacts et ses nuisances sont multiples et variés et leur éradication nécessite beaucoup de moyens ainsi que des connaissances dans le domaine de traitement du biogaz et des lixiviats générés par ses déchets.

A cet effet, la caractérisation du biogaz de la décharge de Médiouna a révélé une bonne qualité calorifique avec plus de 60% de méthane, 30 à 40% de CO₂ et avec un débit de 180 Nm³/h. Ce biogaz s'apprête bien à son exploitation et sa valorisation. Quant aux lixiviats bruts, ils paraissent très chargés en matières oxydables (DCO égale à 6968 mg/l). Après traitement par électrocoagulation, la DCO subit un abattement très important de l'ordre de 84% et sa conductivité passe de 73,4 ms/cm à 29,3 ms/cm. Enfin, la qualité des lixiviats a été légèrement améliorée par le traitement chimique à l'aide du sulfate d'aluminium.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AJIR A. (2002). Gestion des déchets solides au Maroc : Problématique et approche de développement. Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management, Tunis (EPCOWM, 2002), pp.740-747.
- BENABBOU M. et ELHAJI M. (2014). Traitement des Lixiviats de la décharge non contrôlée de la ville de Taza par électrocoagulation-filtration et leur réutilisation dans la germination du Sorgho et de la luzerne. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 9, n°1, pp.355-366.

- BOUAOUINE O., KHALIL F., CHTIOUI H., ZAITAN H., HARRACH A. (2015). Traitement par électrocoagulation des lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès (Maroc). *Larhyss Journal* n°23, pp.53-67.
- CHATURVEDISATICH. I. (2013). Electrocoagulation: A Novel Waste Water Treatment Method. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, vol. 3, pp. 93-100.
- CHOPRA A.K., ARUNKUMARSHARMA, VINODKUMAR (2011). Overview of Electrolytic treatment: An alternative technology for purification of wastewater. *Archives of Applied Science Research*. Vol.3, n°5, pp.191-206.
- DESTOMBES J. et JEANNETTE A. (1956). Etude Géotechnique de la Région de Casablanca, Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, no 130, pp.178.
- FARQUHAR G.J. and ROVERS F.A. (1973). Gaz production during refuse decomposition. *Water, Air and Soil Pollution*, n° 2, pp.483-495.
- FEKRI A., PINEAU J. L., WAHBI M., BENBOUZIANE A. et MARRAKCHI C. (2006). Les lixiviats de la décharge de déchets urbains de la ville de Casablanca (Maroc), une pollution annoncée. *Déchets-Revue Francophone d'Écologie Industrielle*, n° 42, pp.4-6.
- FEKRI A. (2007). Impact de la décharge de Médiouna sur les ressources en eaux souterraines. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Université Hassan II de Casablanca, Maroc. 159p.
- FEKRI A., ELMANSOURI B., ELHAMMOUMI O., MARRAKCHI C. (2012). Impact of Casablanca municipal landfill on ground water resources. *International Water Technology Journal*. Vol. 1, n° 3, pp.210-216.
- GASCARD A. (2005). La valorisation du biogaz de décharge et le traitement du biogaz par la trigénération. *Revue scientifique des ISILF*, n°19, pp.173-183.
- HAFIDI M. (2015). L'impact et la gestion des déchets solides. *Konrad-Adenauer-Stiftung E.V.* 104p.
- IDLAHCEN A., SOUABI S., TALEB A., ZAHIDI K. et BOUEZMARNI M. (2014). Evaluation de la pollution générée par les lixiviats de la décharge publique de la ville de Mohammedia et son impact sur la qualité des eaux souterraines. *Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, vol.15, n°1, pp.35-50.
- KHALIL F., BOUAOUINE O., CHTIOUI H., SOUABI S., ABOUHASSAN M.A., OUAMMOU A. (2015). Traitement des lixiviats de décharge par coagulation-floculation. *J. Mater. Environ. Sci.* Vol.6, n°5, pp.1337-1342.
- KHATTABI H., ALEYA L. et MANIA J., (2002). Lagunage naturel de lixiviat de décharge. *Revue des Sciences de l'Eau*, Vol.15, n° 1, pp.411-419.
- MADINZI A., ABOUHASSANE M. A., ASSOU M., FAKIDI H., BAHLAOUI M.A., SOUABI S. et HAFIDI M. (2014). Traitement biologique des lixiviats stabilisés produits par la décharge publique de la ville de Mohammedia (Maroc). *Scientific*

- Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry, St. Cerc.St. CICBIA, vol. 15, n°2, pp.155-167.
- M.D.M.E.M.E.E (2014). Royaume du Maroc, Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie des Mines de l'Eau et de l'Environnement chargé de l'Eau. Préservation de la qualité des ressources en eau et lutte contre la pollution, 25p.
- MOLLAH M. YOUSUF. A., SCHENNACH R., PARGA J. R., COCKE D. L. (2001). Electrocoagulation (EC) science and applications. Journal of Hazardous Mater. Vol. 84, n°1, pp.29-41.
- MOLLAH MOHAMMAD Y. A., MORKOVSKY P, GOMES J. A.G., KESMEZ M., PARGA J., COCKE D. L. (2004). Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. Journal of Hazardous Mater, Vol.114, issues 1-3, pp.199-210.
- PIQUE A. (1994). Géologie du Maroc. Les domaines régionaux et leur évolution structurale, PUMAG Edition, Marrakech. 284p.
- PROVINCE DE MADIOUNA (2007). Monographie de la province de Médiouna. pp.58.
- RECORD (2009). Techniques de production d'électricité à partir de biogaz et de gaz de synthèse. Etude RECORD n°07-0226/1A, 253p.
- RUHARD J.P. (1975). Chaouia et plaine de Berrechid, Ressources en eau du Maroc, tome II, Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, no231. 197 p.
- SADEK A. (2015). Contribution à la mise en place d'un système de collecte, de traitement et de valorisation du biogaz, dans le CET Oum Azza dans le cadre d'un projet MDP, mémoire Master, Faculté des Science Ben M'Sik, Université Hassan II-Casablanca, Maroc, 57p.
- S.E.E.E. (2007). Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement Normes de qualité: Eaux destinées à l'irrigation, 2p.