



Détermination du degré de contamination du site de la décharge, non contrôlée, de la ville de Tanger par quelques métaux lourds (Determination of the contamination degree of landfill uncontrolled from Tanger by some heavy metals)

Ikram Chaer^{1*}, Asmae El Cadi², Asmaa Lanjri Fakh¹, Mohamed Khaddor², Jamal Brigui¹

¹Laboratoire des Matériaux et Valorisation des Ressources, Faculté des Sciences et Techniques de Tanger

²Laboratoire Physico-chimique des Matériaux, Substances Naturelles et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques de Tanger

* Corresponding Author: E-mail: chaerikram@yahoo.fr; Tel: 0614872656.

Résumé

Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont souvent à l'origine d'une grande production des déchets dans les grandes villes marocaines. Ces déchets ont des impacts néfastes sur la santé humaine et l'environnement. Les déchets solides mis en décharge ne sont que très rarement inertes, de nombreuses réactions physico-chimiques et biologiques interviennent entre les déchets et le milieu récepteur (sol). Ce travail porte sur l'évaluation du degré de pollution de site de décharge publique des ordures ménagères à Tanger. Les échantillons sont prélevés à la surface en huit points de la décharge. Les paramètres physico-chimiques (humidité, pH, matière organique,...) ont été déterminés sur ces échantillons de même que les teneurs de cinq métaux lourds (Pb, Cd, As, Cr et Zn). Les résultats des analyses des sols de décharge ont montré la présence des teneurs des métaux lourds en quantité non négligeable, ainsi les taux de matière organique.

Mots clés: Déchet, décharge, ordures ménagères, matière organique, métaux lourds.

Abstract

The population, economic and urban growths are often the big cause of a large waste production in major Moroccan cities. This waste has harmful impacts on human health and the environment. Solid wastes land filled are rarely inert, numerous physico-chemical and biological reactions occur between the waste and the receiving environment (soil). This study deals with the evaluation of the degree of public landfill site pollution in Tanger. Samples are taken from the surface at eight points of discharge. The physico-chemical parameters (moisture, pH, organic matter...) were determined on these samples as well as the contents of five heavy metals (Pb, Cd, As, Cr and Zn). The findings analysis of landfill soil showed that the presence of heavy metals are present in significant quantities, thus for the levels of organic matter (vary between 0.172 and 24 %).

Keywords: Waste, landfill, garbage, organic matter, heavy metals.

Introduction

Durant ces dernières décennies, les sites de décharge constituent une source potentielle de contamination, qui peut provoquer un impact négatif sur l'environnement, due à l'accumulation des métaux lourds et des produits organiques transformés [1]. Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont souvent à l'origine d'une grande production des déchets.

Actuellement, les problèmes causés par les métaux lourds sont devenus de plus en plus préoccupants, ils sont pour la plupart très dangereux lorsque ceux-ci parviennent à contaminer les eaux de surface et les eaux souterraines [2]. Leur accumulation peut se répercuter sur la santé des animaux et des êtres humains [2,3].

Notre étude a pour objectif l'identification de la matière organique pour évaluer son degré de transformation, et la connaissance du risque de contamination du sol par les métaux lourds issus des déchets solides au niveau de la décharge incontrôlée de Tanger, où les déchets sont déversés directement sans aucun tri ni prétraitement préalable. Les métaux lourds retenus dans cette étude sont le cadmium, le plomb, le cadmium, l'arsenic, chrome et le zinc, ainsi certains paramètres physico-chimiques, tel que l'humidité, le pH, la matière organique ont été également déterminés.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description du site d'étude

La décharge publique de Tanger a été mise en exploitation au début des années 1970. Le site de la décharge appartient au domaine privé de l'Etat. Elle est située au sud-est de la ville à 5 km du centre de la ville sur la route (R.N.2) allant vers Tétouan. L'Occupation actuelle du terrain s'étend sur un replat de 20 ha, Les collines sont fortes atteignant 40% sur les versants nord et s'accroissant vers l'est et l'ouest. Le réseau hydraulique est constitué de deux oueds autour de la décharge : Mghogha et M'lale [4].

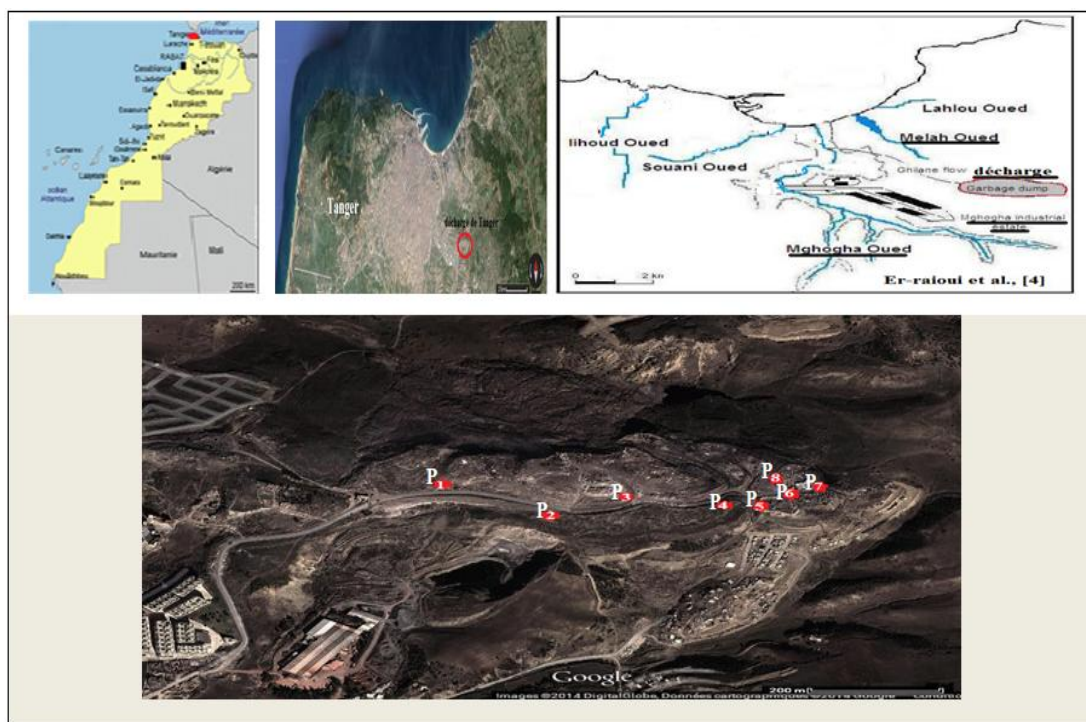


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

La visites de terrain ont permis de distinguer une décharge sauvage à l'air libre. Les analyses porteront sur les formations superficielles et permettront d'évaluer les caractéristiques des sols et mesurer leur aptitude à favoriser ou non les divers processus d'approvisionnement des eaux courantes de décharge. Cette caractérisation des propriétés des sols se fera à travers la détermination des paramètres physico-chimiques des 8 prélèvements du sol ces prélèvements ont été effectués en huit (8) points différents de la décharge et ils sont prélevés dans le début de mois de juin. Ces points de prélèvement sont notés P_i avec i caractérisant les points de prélèvement. Avec P_6 et P_7 issu d'un sol + déchet brûlés, P_8 et P_5 issu d'un sol + déchets fraîche, P_1 et P_2 sol de debut de decharge et P_3 (sol de ancien petit lac ou du trou a séchés), Les échantillons utilisés ont été prélevé dans l'horizon de surface (0-10) du sol de décharge publique de Tanger (Figure 1). Au laboratoire, les échantillons sont tamisés avec un tamis de 2mm, séchés à 40°C et broyés afin d'obtenir des poudres bien homogènes.

2.2. Analyses physico-chimiques

La Matière Organique se fait par incinération au four pendant 5h à 550°C et la mesure du Carbone Total Organique (COT) a été réalisée à l'aide d'un analyseur Analytikjena TOC/TNb2100S. L'acidité active (pH-eau) a été mesurée avec un pH-mètre selon la norme NF X 31-103 avec un rapport sol/eau 1/2,5. L'acidité potentielle pH-KCl a été mesurée par pH-mètre après la mise en contact le sol avec une solution de KCl, La conductivité électrique (CE) a été mesurée en faisant le sol en suspension dans l'eau avec un rapport sol/eau égal à 1/5. Le calcaire total (Carbonate) a été déterminé à l'aide de calcimètre de Bernard selon la norme internationale NF ISO 10693, le calcaire actif (CaCO_3 Actif) a été déterminé à travers l'extraction des cations échangeables par l'acétate d'ammonium 1N, l'azote organique total (N) a été mesurée par la méthode Kjeldha [5] et la porosité (calculée par la formule suivante: $P (\%) = (1 - \text{Da}/\text{Dr}) \times 100$) avec (Da) Densité apparente (déterminée par la méthode de paraffine), (Dr) Densité réelle (déterminée par la méthode du pycnomètre).

Les teneurs des métaux lourds totaux sont déterminées par spectromètre d'Emission Atomique-Plasma Couplé d'Induction (ICPAES) au niveau du Centre Nationale pour la Recherche Scientifique et Technique (CNRST). Le rapport (Q_{465}) est déterminé à partir de la mesure des absorbances à 465nm et 665nm (à l'aide d'un spectrophotomètre) des solutions humiques diluées [6,7]. L'extraction des substances humique a été réalisée selon un protocole mis en point par l'IHSS (Société Internationale des Substances Humiques).

3. Résultats et discussions

Le tableau 1 présente les principales caractéristiques physico-chimiques, La mesure de la conductivité électrique (CE) des sols est une propriété qui s'est imposée comme une des méthodes de mesure de la salinité des sols [8]. Pour notre sol, il présente une conductivité forte indiquant qu'il est salé ; les valeurs de CE sont vairée entre 0,1282 S/cm en S_5 et 5,91ms/cm en P_1 . Ces valeurs sont relativement élevées par apport à l'EC de sol cultivé [9] et similaire aux valeurs de compost des ordures ménages [6,7]. Le rapport C/N est donc un indicateur de la dynamique du carbone et de l'azote [10], les quantités de carbone, d'azote et de matière organique sont relativement faibles. Les prélèvements de sol de décharge sont pauvre en azote, varie entre 0,08à 0,73 % de la matière sèche, Le rapport C/N n'excède pas 15 dans la plus part des prélèvements sauf les P_5 , P_6 et P_8 , la valeur maximale (27,77) est observée dans l'échantillon P_5 (sol +déchets fraiche). Ces valeurs sont du même ordre que celles signalées dans le compost d'ordure ménager, il se situe entre 25 et 45 pour les ordures ménagères hétérogènes [11,12], la matière organique stabilisée est plus polymérisée et donc plus riche en carbone que les matières organiques contenues dans les déchets fraiche.

Tableau1:Caractéristiques physico-chimiques de sols étudiés

Echantillons	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
H%	3,14	36,25	1,6	0,3	3,53	3,26	3,17	3,6
pH _{eau}	7,4	7,77	7,51	7,65	7,60	8	9,07	7,5
Ph _{KCl}	7,94	7,86	7,30	7,52	6,60	8,32	8,77	7,56
EC ms/cm	5,91	4,81	3,94	3,77	0,128	3,65	3,33	3,97
CaCO_3 % totale	29,50	28,40	25,20	26,40	15,90	17,30	24	25,50
CaCO_3 % actif	14,2	11,75	9,12	10,35	3,25	5,3	8,5	10,75
Mo %	3	0,172	7	3,57	12,41	24	5,4	12,33
COT %	1,76	0,1	2,83	4,96	7,5	14,94	4,02	10,06
NOT %	0,19	0,008	0,19	0,38	0,27	0,73	0,30	0,50
C/N	9,26	12,5	14,89	13,05	27,77	20,46	13,4	20,12
DA (g/cm3)	1,17	1,2	1,2	1,1	0,91	1,18	0,95	-
DR (g/cm3)	1,11	2,04	1,79	2,30	1,43	-	2,37	-
Porosité %	9,9	41,29	47,82	38,5	35,7	-	59,9	-
$Q_{465/665}$	10,20	12,1	9,9	6,74	4,26	4,87	11,14	8,25

Le pH se situe vers la neutralité sauf P₆ et P₇ qui est basique, donc le milieu est neutre-basique, l'augmentation de pH induit souvent la formation d'espèces précipitées qui peuvent limiter la solubilité et la biodisponibilité de toutes les espèces ioniques [13]. Théoriquement, à la pression atmosphérique, le pH des solutions du sol augmente avec la présence d'un excès de carbonate [14] et la présence de calcaire dans un sol, provoque une augmentation de la teneur en matière organique totale. Le calcaire total est présent en des proportions variables avec des valeurs pouvant être parfois élevées, avec une teneur comprise entre 15,90 et 29,50%. Les proportions 15,90 et 17,3% (P₅ et P₆) sont modérément calcaires, mais la plus part des valeurs sont fortement calcaire (selon la norme internationale NF ISO 10693). Pour le calcaire actif, les teneurs du sol sont moyennes (entre 5 et 10 %) sauf les prélèvements P₁ et P₂ qui présentent des teneurs élevées. Le taux de CaCO₃ est abondant dans les sols de décharge, donc il faut contrôler le taux du calcaire dans les sols pour éviter le risque de blocage des éléments tels que le phosphore [15].

La matière organique dans les sols de décharge provient de plusieurs types de catégories de déchets, que sont les fermentescibles, les composés dégradés, les papiers cartons..., et d'autres composés difficilement dégradables tels que les plastiques qui représentent des sources importantes en matière organique. En effet, la teneur en matière organique est le paramètre qui présente une très bonne corrélation avec le pouvoir de rétention des polluants organiques et métalliques par le sol [16]. Le pourcentage de la matière organique varie d'un site à autre (0,172% à P₂ vers 24% à P₆).

Les substances humiques représentent une fraction importante de la matière organique [17]. Le rapport (Q_{4/6}) a été utilisé dans ce travail pour caractériser la degré de humification de différent prélèvements de sol, la valeur basse du rapport Q_{4/6} = 4,26 de P₅ caractérise le degré de condensation du noyau aromatique des substances humiques. Il est caractérisé aussi des molécules de haut poids moléculaire [17], par contre les valeurs >5 sont caractérisées par une grande quantité d'acide fulvique et par un faible poids moléculaire.

La porosité obtenue présente des valeurs importantes au niveau des différents points de prélèvements varient entre 9,9 et 59,9%.

En ce qui concerne les métaux lourds, les concentrations des métaux lourds de la décharge de Tanger sont supérieures aux valeurs autorisées dans le sol de décharge des autres décharges mondiales. Ces valeurs élevées de métaux lourds dans les sols pourraient être attribuées à la nature et à la composition des déchets. La pollution métallique des déchets enfouis est un problème à long terme, Les métaux se répartissent dans les sols sous des formes variées. On les trouve sous forme échangeable entre les argiles et la matière organique ou sous forme de complexes ou associés à des molécules organiques. Nous avons déterminé dans les échantillons prélevés au niveau du sol de la décharge de Tanger, les teneurs en matière sèche de cinq (5) métaux lourds les plus cités en littérature (Pb, Cd, As, Cr et Zn). Les résultats montrent que les teneurs moyennes dans les différents prélèvements varient entre 1,286 et 4,414mg/kg pour le Cadmium; 4,47 et 7,30 mg/kg pour l'Arsenic ; 85,72 et 340,84 mg/kg pour le Chrome; 44,44 et 298,36 mg/kg pour le Plomb; 488,9 et 16117,7 mg/kg pour le Zinc. Les résultats sont donnés sur le tableau 2.

Tableau 2 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes de la décharge de notre étude avec les normes et d'autres décharges mondiales exprimées en (mg/kg)

Décharge de	As	Cd	Cr	Pb	Zn
Tanger Maroc	4,47-7,30	≤1,286-4,414	85,72-340,84	44,44-298,36	488,9-16117,7
Akouédo Abidjan (Côte d'Ivoire) [1]	-	1 - 11,5	27,7 - 125	10,3 - 1500	18,6 - 1163,7
Al Ain (Emirats Arabes Unis) [1]	-	0,043	19,1	13,7	117
Mal(NewJersey)[1]	-	0,55-4,6	6-1260	-	13,2-1008
France [16]	-	2	150	100	300
Canada [18]	12,00	1,4	64,00	70,00	200,00
India [19]	51,70	-	127,90	206,4	122,30
Ahfir-Saidia(Maroc)[19]	33,96	-	75,74	656,46	62,87

La concentration moyenne du Pb détectée dépasse largement la norme AFNOR NF U 44-041 (Tableau 2) [18], mais inférieure au seuil préconisé par les autres décharges dans le monde. Le plomb est toxique et est l'un des éléments métalliques les moins mobiles dans le sol. Il est fréquemment retrouvé dans les ordures ménagères des pays en développement à cause de son utilisation comme élément constitutif des piles [2]. Le cadmium peut être généré par les accumulateurs mais aussi par les plastiques, les verres et les métaux [2]. La moyenne totale du Cd dans le sol de décharge est supérieure à la norme AFNOR. Parmi les métaux lourds étudiés, le zinc a de très fortes teneurs dans les sols de la décharge. Ceci est en accord avec Aulin [19], qui estime que les concentrations en Zn, sont de 5 à 127 fois plus élevées dans les décharges que dans les sols naturels. Cela est lié à son utilisation compte tenu de son importance dans le monde [2]. La concentration de zinc dans notre étude dépasse largement les seuils préconisés par la norme AFNOR (300 mg/kg). Ainsi, la concentration moyenne du Cr détectée dans la profondeur 0-20 cm est plus élevée que celle trouvée par CCME (64 mg/kg) [20]. Par contre elle est très faible par rapport aux normes d'AFNOR (Tableau 2) sauf P₅ (340,836 mg/kg). La forte concentration du Cr peut être expliquée par son origine anthropique dans les déchets solides [21,22]. La concentration d'As dans le sol de notre décharge est très faible par rapport à celle trouvée par CCME [20] et par d'autre décharge (Tableau 2). La présence des métaux lourds dans la décharge n'est pas uniforme. Cela serait dû non seulement à l'hétérogénéité des déchets mais aussi à une dégradation non uniforme de ces déchets [2].

Le forte concentration de Cr et de Zn se trouve dans le site de prélèvement P₅. Le site de prélèvement P₇ présente des teneurs élevées de Pb et Cd, sauf le P₁ qui présente un faible teneur par rapport les autres prélèvements (44,45 ppm) (figure 2). Les résultats des teneurs moyennes des métaux lourds des différents prélèvements du sol de décharge de Tanger sont donnés sur la figure 2.

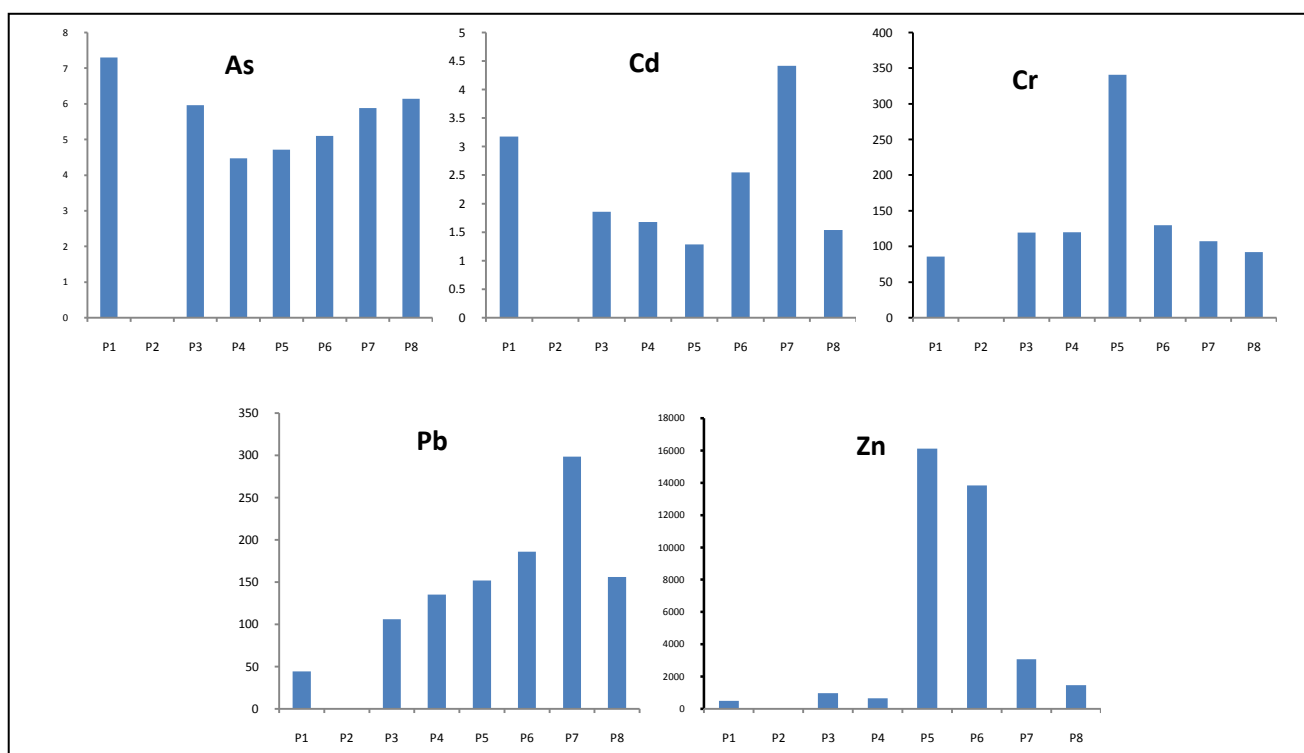


Figure 2: Teneurs moyennes des métaux lourds des différents prélèvements avec P₈ non déterminé

Conclusion

La détermination des principaux caractères analytiques des différents sols étudiés permet de distinguer une diversité entre les différents échantillons de sol. Les teneurs en calcaire dans le sol de décharge sont modérément et fortement calcaire et le rapport C/N n'excède pas 15 dans la plus part des prélèvements. Notre sol est très riche en matière organique, la teneur de matière organique a une conséquence directe sur la capacité du sol à retenir les polluants. Ainsi, les résultats de cette étude ont révélé que les sols de la décharge

sont considérablement contaminés par de nombreux métaux (Pb, Zn, Cd, Cr et As) dont les concentrations sont proches ou bien dépassent largement les valeurs seuils recommandées. Dans notre décharge le sol a pu être pollué par le Zinc dont l'origine est forte probablement anthropique. En effet, dans le sol, son adsorption peut se faire par le mécanisme chimisorption puisque le pH varie de 6 à 9 [1].

Ce travail apporte pour la compréhension des différents composants présents dans le sol de décharge, en outre, nos prochaines recherches seront focalisées dans le sens de confirmer ces nouvelles données ainsi que leur traitement.

Référence

1. Kouame I.K., Gone D.L., Savane I., Kouassi E. A., Koffi K., Goula M., Diallo B.T.A., *Afrique SCIENCE* 01 (2006) 39 – 56.
2. Mokhtaria M.M., Eddine B.B., Djabri L., Hani A., Rabah L., *Courrier du Savoir*, 08 (2007) 93-99.
3. Kabbaj H., El Mai H., Galindo-Riño M. D., Stitou M., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (2014) 705-710.
4. Er-Raioui H., Khannous S., Ould Mohamed Cheikh M., Mhamada M., Bouzid S., *The Open Environmental Pollution & Toxicology*, 3 (2012) 23-36.
5. Bremner J.M., Total Nitrogen. Dans: *Methods of soil analysis*, 2e partie. *Am Soc. Agron. Madison Wisconsin* (1965) 1149- 1178.
6. Zbytniewski R., Buszewski B., *Bioresource Techn.* 96 (2005) 471–78.
7. EL Herradi E., Soudi B., Naman F., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (2014) 1382-1389.
8. Zaafour M. D., Thèse de Magister, Université Badji-Mokhtar Annaba (2012) 166.
9. Jemai I., Guirat S.B., Aissa N. B., Jedidi N., Gallali T., *Etude et gestion des sols* (2011) 271 - 285.
10. Giroux M., Audesse P., *Agrosol*. 15 (2004) 107-110.
11. Sadaka S. & EL-Taweel A., *Compost Science & Utilization* 11 (2003) 36-40.
12. Eggen T., Vethe O., *Compost Science & Utilization*, 9 (2001) 19-36.
13. Deneux-Mustin S., Roussel-Debet S., Mustin C., Henner P., Munier-Lamy C., Colle C., Berthelin J., Garnier-Laplace J., Leyval C., *Mobilité et Transfert Racinaire des Eléments en Traces : Influence des Microorganismes du Sol. Editions TEC & DOC: Paris* (2003) 282.
14. Letacon F., *Ann. Sei. Forest* 35 (1978) 165-174.
15. Meddich A., Hafidi M., Ait El mokhtar M., Boumezzough A., *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (2015) 2469-2475.
16. Akpaki O., Koledzi E.K., Segbeaya K. N., Baba G., K. Kili, Tchangbedji G., *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8 (2014) 766-776.
17. Koriko M., Tchegueni S., Koledzi K., Dihéenne D. Bafai, Zonvidey E., Tchangbedji G., Kili A.K., Hafidi M., *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (2013) 1405-1415.
18. AFNOR (Association française de normalisation). *Qualité des sols. Recueil de normes françaises*. 3ème édition. Paris – La défense (1996) 534.
19. Aulin C., Neretnieks I., *Cagliari Italy* (1997) 173-180.
20. CCME. *Interim Canadian environmental quality criteria for contaminated sites*, CCME, Winnipeg (1999).
21. Nhari F., Sbaa M., Vassel J. L., Fekhaoui M., El Morhit M., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (2014) 1477-1484.
22. Jung CH., Matsuto T., Tanaka N., *J. Waste Manage.* 26 (2006) 1337-1348.

(2016) ; <http://www.jmaterenvirosci.com/>