



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Impact d'une décharge urbaine sur la contamination métallique des sols : cas de la décharge de Mbeubeuss (Dakar)

Tidiane DIOP^{1*}, Abdoulaye DIARRA¹, Mouhamadou Abdoulaye DIALLO¹,
Mame Mor DIONE² et Abdoulaye DIOP²

¹Laboratoire de Chimie Minérale et Analytique, Département de Chimie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

²Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire de Chimie Physique Organique et d'Analyse Environnementale (LCPOAE) - UCAD, Dakar, Sénégal.

*Auteur correspondant ; E-mail : tidiane3.diop@ucad.edu.sn

Received: 12-08-2022

Accepted: 22-11-2022

Published: 31-12-2022

RÉSUMÉ

La contamination des sols par des éléments traces métalliques est l'un des problèmes environnementaux les plus pressants. La mise en décharge d'ordures ménagères est une source de cette contamination. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'impact de la décharge urbaine de Mbeubeuss (Dakar) sur la contamination en Éléments traces Métalliques (ETM). La méthodologie consiste à prélever cinq (5) échantillons de sols retenus en fonction de leur proximité au point central de la décharge afin de caractériser les paramètres physico-chimiques (pH et conductivité électriques) et les teneurs en Éléments Traces Métalliques (ETM). Les valeurs des pH, comprises entre 6,5 et 8,1, montrent que les sols sont neutres ou légèrement alcalins avec des conductivités électriques élevées [0,98-0,11 ms/cm]. Les résultats des analyses des teneurs en ETM par XRF montrent que les sols de la décharge de Mbeubeuss sont riches en Cu (16,97-216 ppm), Fe (4250-12500 ppm), Zn (45,04-279,88 ppm), Pb (1d-322,78 ppm), Mn (652,11-803,25 ppm), Cr (37,52 – 67,17 ppm) et Ti (515,4-3753 ppm). L'évaluation de la contamination a été faite en calculant les indices de pollution et de géo accumulation. Cette étude montre une diminution de la pollution au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point central et une accumulation de Zn et Pb à proximité de la décharge.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : ETM, sol, indices de contamination, décharge.

Impact of an urban landfill on soil metallic contamination: case of the Mbeubeuss landfill (Dakar)

ABSTRACT

Contamination of soils with trace metals is one of the most pressing environmental problems. The dumping of household waste is a source of this contamination. The objective of the present study is to evaluate the impact of the urban landfill of Mbeubeuss (Dakar) on the contamination of Trace Metal Elements (TME). The methodology consists of taking five (5) soil samples selected according to their proximity to the central point of the landfill in order to characterize the physico-chemical parameters (pH and electrical conductivity) and the levels of Trace Metal Elements (TME). The pH Values, between 6.5 and 8.1, show that the soils are neutral or

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i6.41>

9185-IJBSC

slightly alkaline with high electrical conductivities [0.98-0.11ms/cm]. The results of XRF analyses of TME content show that the soils of the Mbeubeuss dump are rich in Cu (16.97-216 ppm), Fe (4250-12500 ppm), Zn (45.04-279.88 ppm), Pb (1d-322.78 ppm), Mn (652.11-803.25 ppm), Cr (37.52-67.17 ppm) and Ti (515.4-3753 ppm). The contamination assessment was done by calculating the pollution and geo accumulation indices. This study shows a decrease in pollution as one moves away from the central point and an accumulation of Zn and Pb near the landfill.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: TME, soil, contamination indices, landfill.

INTRODUCTION

Pendant de nombreuses années, la mise en décharge a constitué la principale voie d'élimination des déchets. De grandes quantités d'Éléments Traces Métalliques (ETM) sont présents dans les déchets ménagers (Biau, 2019) et contaminent les sols, eaux de surfaces et souterraines. En général, ces déchets ménagers contiennent des déchets d'équipements électriques et électroniques formés d'éléments traces métalliques (Gbedo, 2010). Parmi ces ETM, certains [le fer (Fe) le zinc (Zn), et le cuivre (Cu)] constituent des oligo-éléments bénéfiques ou toxiques à des concentrations très élevées aux êtres vivants. D'autres par contre [Cadmium (Cd), arsenic (As) et le Plomb (Pb)] sont toxiques à faibles doses pour de nombreuses espèces (Matech et al., 2014). Le phénomène de contamination des sols par les décharges urbaines est plus critique dans les pays en développement qui ont des décharges sauvages (Thonart, 2005). Au Sénégal, la décharge sauvage urbaine de Dakar (Mbeubeuss) accueille 475 000 tonnes de déchets solides ménagers par an (IAGU, 2007 ; IAGU, 2011).

L'objectif de cette recherche est de mettre en évidence l'impact de la décharge urbaine de Mbeubeuss sur la contamination des sols. Pour l'étude d'impact, cinq (5) prélèvements de 500g de sols répartis en fonction de la distance du point focal de la décharge. Ces prélèvements sont effectués au mois d'avril (saison sèche) pour éviter l'effet de dilution des pluies. Après échantillonnage, nous avons fait une caractérisation physico-chimique (pH et conductivité électrique) des sols et enfin évalué les teneurs des ETM par

XRF. Les calculs d'indices de contamination permettront d'apprécier les niveaux de contamination des sols. Dans ce document, nous allons présenter notre méthodologie de travail, les résultats et discussions.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Situation géographique du milieu d'étude

La décharge urbaine de Mbeubeuss est située dans la région de Dakar, précisément entre les villages de Malika et Keur Massar. Le site est une cuvette appartenant à l'écosystème des Niayes. La décharge est aujourd'hui ceinturée au Sud, à l'Ouest et à l'Est par l'habitat urbain et ses limites septentrionales sont en cours d'urbanisation. Cette dynamique est accentuée par le prolongement de la voie de dégagement nord (VDN) qui borde l'Atlantique et dessert Malika, Keur Massar et Tivaouane Peulh à l'Est, ce qui fait que Mbeubeuss se situe aujourd'hui à l'intérieur de l'agglomération dakaroise (IAGU, 2007, 2011) (Figure 1).

La gestion des déchets solides à Dakar repose exclusivement sur l'option de la décharge comme méthode d'élimination. Le site fut à l'origine un lac situé aux rebords de la dépression des Niayes. À 30 kilomètres au Nord-Est de la ville de Dakar, elle est séparée de la plage par un cordon dunaire. Mbeubeuss du nom de l'ancien lac, est un espace extensible d'orientation Sud-Ouest Nord-Est, dont la superficie estimée à 76 ha en 2007 a atteint 175 ha en 2020 et abrite 475 tonnes de déchets par an (Figure 2).

Echantillonnage

Il a été effectué un échantillonnage dans cinq stations (S₁, S₂, S₃, S₄, S₅). Des

échantillons de sol ont été prélevés à l'aide d'une tarière dans un horizon de 0 à 10 cm.

Les échantillons de sols ont été prélevés le lundi 15 novembre 2021 vers 10 heures du matin. Les cinq stations (S₁, S₂, S₃, S₄ et S₅) sont représentées sur la carte d'échantillonnage (Figure 3) et les coordonnées géographiques sur le Tableau 1.

Préparation des échantillons

Les échantillons recueillis sur le terrain ont été émottés à la main. Chaque échantillon a été tamisé, à l'aide d'un tamis à maille carrée (Ø = 2 mm) pour obtenir des matériaux d'un diamètre inférieur à 2 mm, représentant la terre fine. La fraction fine recueillie a servi aux différentes analyses en laboratoire (Tankari dan-badjo, 2013).

Détermination du pH et de la conductivité électrique (C.E)

Dix (10) grammes de terre fine de chaque échantillon, ont été introduits dans un bécher en plastique de 100 ml. Ensuite 20 ml d'eau distillée ont été ajoutés dans le bécher contenant la terre fine, et l'ensemble a été mis en agitation pendant 1h et laisser au repos pendant 24 heures (Bocoum, 2004). Le pH et la conductivité électrique ont été mesuré en plongeant la sonde d'un multi-paramètre HANNA HI 9813-6 dans le surnageant. Enfin, la lecture a été effectuée après la stabilisation de l'affichage digitale du multi-paramètre.

Quantification des Éléments Traces Métalliques (ETM) par spectrométrie de fluorescence-X

La terre fine de chaque échantillon a été tamisé de nouveau à l'aide d'un tamis de maille 63 µm pour obtenir une terre encore plus fine. Une prise d'environ 0,5 g de cette terre fine a été nécessaire pour le dosage des ETM. Les Éléments Traces Métalliques (ETM) ont ensuite été déterminés par Spectrométrie à fluorescence X (XRF) à l'aide d'un spectromètre de type Niton XLT 3t (Naili, 2016).

Indice de pollution

L'indice de pollution est la moyenne des rapports des concentrations en métaux lourds dans les échantillons de sol par rapport aux seuils limites de la norme des métaux lourds. Ici nous avons pris cinq métaux lourds et les limites de FNOR NF U44- 041. Il permet de nous donner une idée sur la pollution globale de chaque échantillon. L'indice de pollution est comparé à l'unité. Si l'indice de pollution est inférieur à l'unité, le milieu n'est pas pollué dans le cas contraire le milieu est pollué. L'indice est calculé selon la formule (1) suivante et présentée dans la Figure 6.

$$\text{Formule 1: } IP = \left(\frac{[Zn]}{300} + \frac{[Cu]}{100} + \frac{[Pb]}{100} + \frac{[As]}{25} + \frac{[Mn]}{300} \right) / 5$$

Indice de pollution supérieur à un (1) correspond à un sol pollué par plusieurs métaux (Smouni, 2010).

L'indice de géo-accumulation

L'indice de géo-accumulation est également utilisé pour évaluer le niveau de contamination des éléments traces métalliques dans le sol. Il est évalué à partir de la formule 2 ci-dessous :

$$\text{Formule 2: } I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right)$$

C_n : Concentration moyenne de l'élément dans le sol examiné

B_n : est la valeur du fond géochimique dans la croute autrement dit la teneur de l'élément (Pb, Cu, Zn, As) de la croute terrestre (Tableau 2).

Les valeurs d'I_{geo} permettent de définir sept classes de niveau de contamination rassemblées dans le Tableau 3 (Müller, 1981).

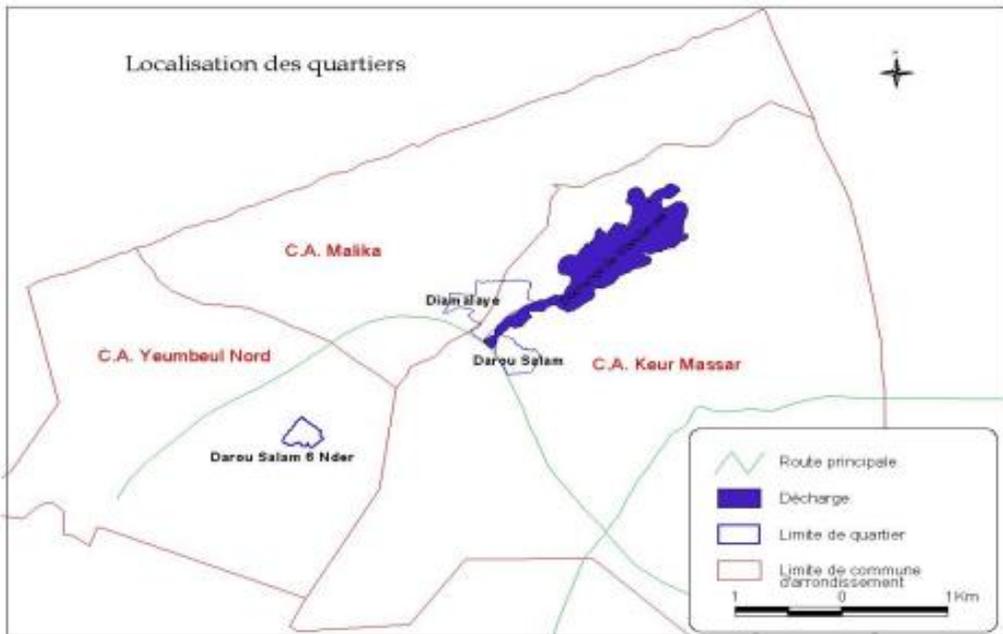


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude (IAGU, 2011).

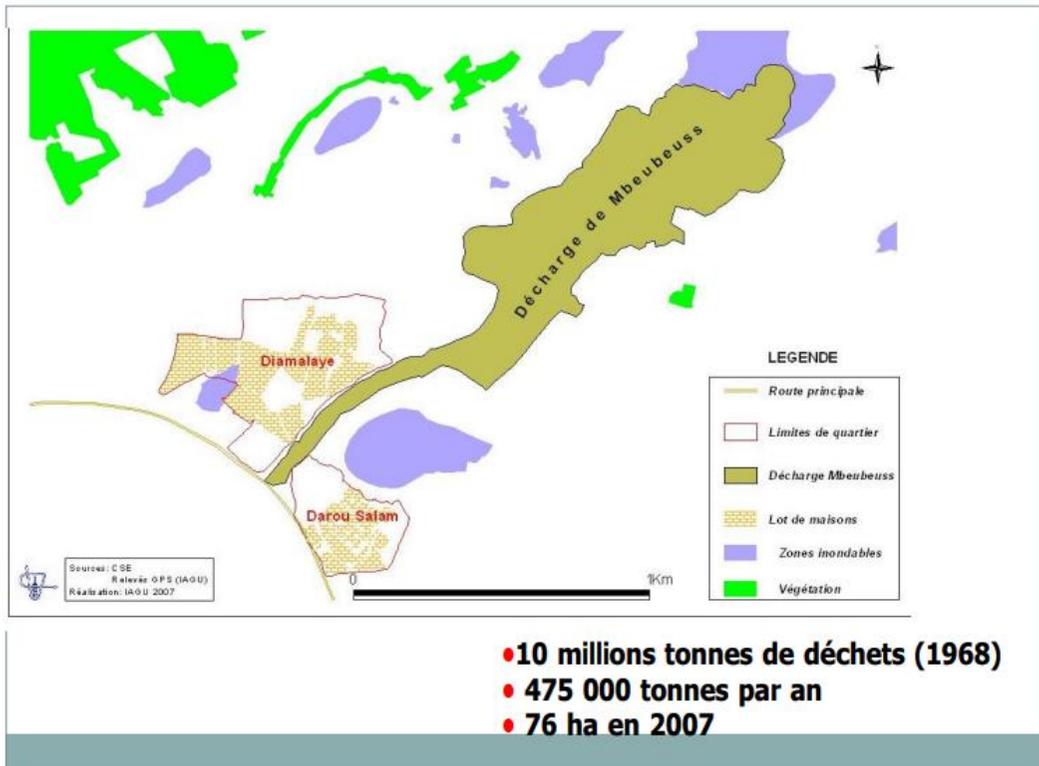


Figure 2 : Décharge d'ordures ménagères de Mbeubeuss (Dakar) (IAGU, 2011).



Figure 1: Localisation des stations de sol aux abords de la décharge de Mbeubeuss

Tableau 1 : coordonnées géographiques des stations de prélèvement.

Coordonnées	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Latitude	14,794773	14,794943	14,794032	14,793694	14,792757
Longitude	-17,323425	-17,323939	-17,32592	-17,327090	-17,328481

Tableau 2 : Teneurs en As, Cu, Pb et Zn dans la croute terrestre (ppm) utilisé pour calculer les $I_{géo}$ (Leperche, 2004 et Brunet, 2015).

Métal	As	Cu	Pb	Zn
Teneur dans la croute terrestre (ppm)	2	52,33	17,8	71,5

Tableau 3 : Différentes classes de Müller (1981).

Classe	$I_{géo}$	Qualité du sol
0	$I_{géo} \leq 0$	Non contaminé
1	$0 < I_{géo} \leq 1$	Non contaminé à moyennement contaminé
2	$1 < I_{géo} \leq 2$	Moyennement contaminé
3	$2 < I_{géo} \leq 3$	Contamination moyenne forte
4	$3 < I_{géo} \leq 4$	Contamination forte
5	$4 < I_{géo} \leq 5$	Contamination forte à très forte
6	$5 < I_{géo}$	Contamination très forte

RESULTATS

Potentiel Hydrogène (pH) et Conductibilité électrique (CE)

Le pH est considéré comme le principal paramètre chimique contrôlant la biodisponibilité des métaux lourds dans le sol (Brallier et al., 1996). Les pH des sols sont compris entre $6,5 < \text{pH} < 8,1$ (Figure 4) avec une basicité plus importante lorsqu'on s'éloigne du point central de la décharge. Pour les stations S1 et S2, les sols sont neutres tandis que les stations S3, S4 et S5 les sols sont légèrement alcalins d'après la légende des séries de sol proposée par le Bureau Pédologie du Sénégal (1992) (Goudiaby, 2009). La conductivité électrique (C.E) des sols étudiés varie entre 110 et 980 $\mu\text{s}/\text{cm}$. On note une diminution de la C.E au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la décharge (Figure 5). Les valeurs de conductivité des échantillons S1 et S2 (980 et 670 $\mu\text{s}/\text{cm}$) montrent un profil salin et les autres S3, S4 et S5 (200, 160, 110 $\mu\text{s}/\text{cm}$) sont légèrement salins (Boccum, 2004).

Évaluations des teneurs des Éléments Traces Métalliques (ETM) dans les sols (Zn, Cu, Fe, Mn, Pb, Cr, Ti et As)

L'ordre d'abondance des ETM dans les échantillons en moyenne se présente comme suit : $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ti} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{As}$ (Tableau 1). Nous avons noté une dynamique latérale des ETM dosés (en ppm) qui diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point central de la décharge. Cette appréciation de la dynamique latérale montre que les stations S₁ et S₂ sont plus concentrés en ETM (Cu, Ti, Fe, Mn, Cr, Zn, Sr, Zr et As) que les stations S₃, S₄ et S₅. Par exemple pour le cuivre nous avons la tendance suivante : 216, 45, 17,1, 16,97 et 19,93ppm pour les teneurs respectifs de S₁, S₂,

S₃, S₄ et S₅. Les concentrations des sols en Cu, Pb et As respectivement égales 216, 121,06 et 17,31 ppm à proximité de la décharge sont élevées comparées aux normes internationales comme FNOR NF U44- 041 (Tableau 4).

Indice de pollution (IP)

Les indices de pollution des différentes stations, calculés selon la formule (1), sont représentés à la Figure 6. L'indice de pollution des sols des stations 1 et 2 sont positifs ($\text{IP}_{\text{S1}} = 1,54$ et $\text{IP}_{\text{S2}} = 1,45$) montrant une pollution des sols en ETM. Pour les autres stations, les valeurs sont faibles et presque égales ($\text{IP}_{\text{S3}} = 0,53$, $\text{IP}_{\text{S4}} = 0,57$ et $\text{IP}_{\text{S5}} = 0,61$). L'analyse de la figure 6 nous révèle que les indices de pollutions diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point central de la décharge.

Indice de géo accumulation ($I_{\text{géo}}$)

Pour les stations 1 et 2, les indices de géo accumulation du zinc ($I_{\text{géo}} = 1,38$ et 1,61 respectivement) montre que les stations sont moyennement contaminées en zinc. Pour le plomb les indices ($I_{\text{géo}}(\text{S1}) = 2,18$ et $I_{\text{géo}}(\text{S2}) = 3,60$) montrent une contamination moyennement forte à forte selon le tableau 3 de Müller. Pour l'arsenic l'indice ($I_{\text{géo}}(\text{S1}) = 2,53$) montre une contamination moyennement forte. Pour le cuivre, les indices de géo accumulation sont négatifs dans toutes les stations. Ces valeurs négatives de $I_{\text{géo}}$ du cuivre pour les différentes stations peuvent être dûes aux tris en amont et en aval de ce métal dans les déchets. Pour les stations 3, 4 et 5 plus éloignées les indices de géo accumulation des ETM sont négatifs à l'exception de l'arsenic ($I_{\text{géo}}(\text{S5}) = 1,15$) montrant des sols des stations S₃, S₄ et S₅ non contaminés en Cu, Pb et Zn (Tableau 5).

Tableau 4 : Teneurs en ETM (Zn, Cu, Fe, Mn, Pb, Cr, Ti et As) dans les stations analysées.

Ech.	Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Cr	Ti	As
S1	279,88	216	12500	803,25	121,06	52,17	3753	17,31
S2	328,18	45	9660	736,11	322,78	37,52	568	< Id
S3	64,65	17,1	4248	652,11	7,21	38,84	515,4	< Id
S4	45,04	16,97	5243	771,78	< Id	46,43	532,3	< Id
S5	82,34	19,93	7890	691,53	< Id	67,17	1458	6,64

Valeurs normales	300 ¹	100 ²	-	300	100 ³	150 ⁴	-	6 ⁵
FNOR NF U44- 041 (ppm)⁶	300	100		300	100	100		25

¹Valeur critique en Zn indiquée par l’OMS (Tomgouani, 2007)

²Niveau tolérable de concentration de Cu dans les sols (NFU 4405)

³Valeur critique en Pb indiquée par l’OMS (Godin, 1982)

⁴Valeur limite en Cr (Baize, 1997)

⁵Moyenne mondiale des sols non contaminés en As (Bowen, 1979)

⁶FNOR NF U44- 041 (ppm) (Baize, 1996)

Tableau 5 : Indice de géo accumulation des ETM (Zn, Cu, Pb et AS).

I _{géo}	S1	S2	S3	S4	S5
Zinc	1,38	1,61	-0,73	-1,25	-0,38
Cuivre	-2,92	-2,96	-2,20	-2,21	-1,98
Plomb	2,18	3,60	-1,90		
Arsenic	2,53				1,15

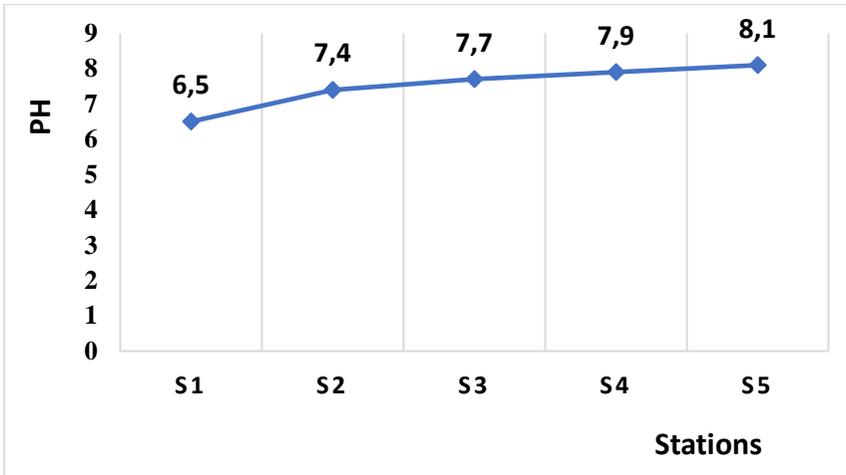


Figure 4 : Variation des pH des sols.

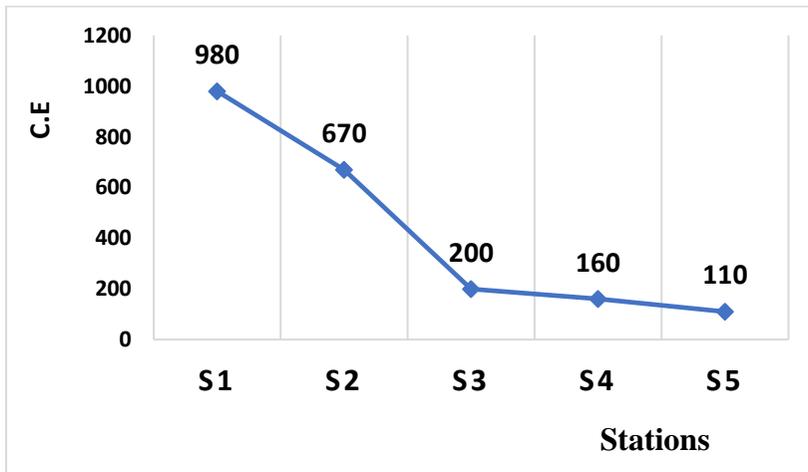


Figure 5 : Variation de la conductivité électrique (C.E) des sols.

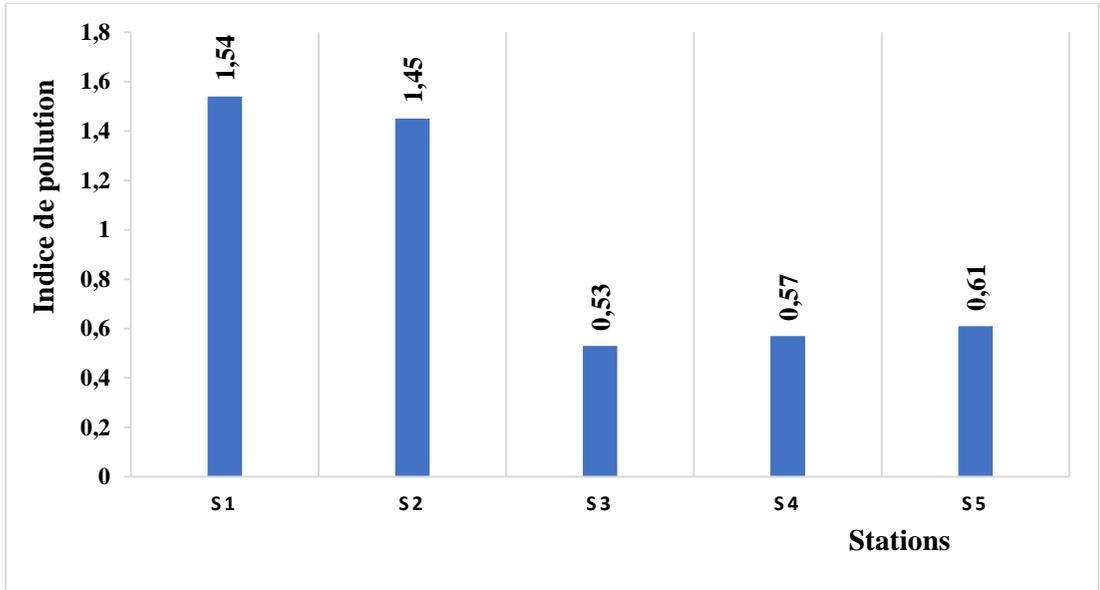


Figure 6 : Variation de l'indice de pollution.

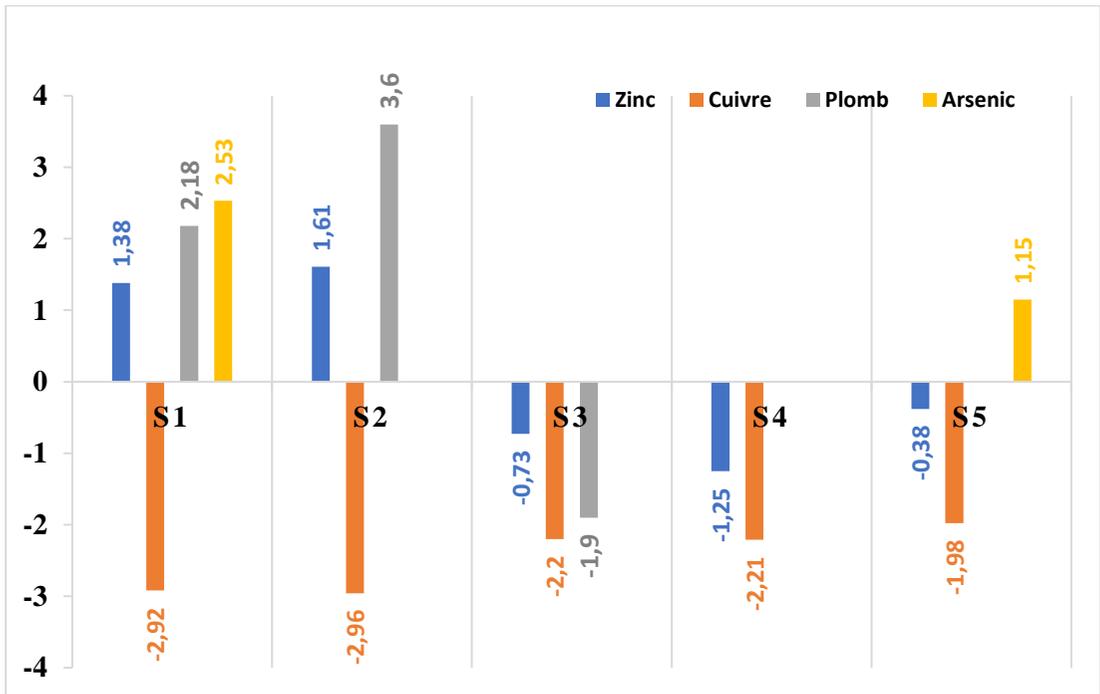


Figure 7 : Variation des indices de géo accumulation.

DISCUSSION

La diminution du pH à proximité de la décharge ($pH_{S1} = 6,5$) est dû aux fortes teneurs des métaux acidogènes comme le fer et le manganèse ($[Fe] = 12500$ ppm ; $[Mn] = 803,25$ ppm). Le pH alcalin limite le passage des Éléments Traces Métalliques de la phase solide à la solution du sol d'où à leurs propagations horizons plus profonds et horizontales. Les valeurs élevées des conductivités électriques montrent une forte minéralisation des sols qui diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du point central. Le cuivre et le titane présentent des anomalies géochimiques selon (Baize, 1996, 2000). Baize fixe les gammes de teneurs géochimiques normaux pour les éléments Cu et Ti, respectivement, 65 à 160 $mg.kg^{-1}$ et 7 à 55 $mg.kg^{-1}$. Le Mn et le Fe sont présents naturellement dans le sol (Baize, 1998) indique la teneur totale seuil de Mn dans les sols français à 300 $mg.kg^{-1}$ or les valeurs dans nos sols vont jusqu'à 803,25 $mg.kg^{-1}$. Les teneurs en Mn sont donc supérieures à la norme Française. Nous pouvons affirmer que la décharge entraîne une contamination des sols en Fe, Mn, Cu et Ti et que cette contamination est locale car les teneurs diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la décharge. La diminution des indices de pollution en fonction des distances du point central montre une faible mobilité horizontale des ETM dans les sols. Cette faible mobilité est limitée par les pH alcalins. Les indices de géoaccumulation positifs du plomb, cuivre et zinc montrent un fort apport anthropique de ces ETM dû à la décharge. Cette contamination est locale et limitée par les pH alcalins.

Conclusion

Dans cette étude, les niveaux de contamination en ETM étudiés des sols à proximité de la décharge de Mbeubeuss ont été évalués. Les résultats ont montré une forte accumulation en métaux toxiques (plomb, arsenic) à proximité de la décharge. On note

aussi une contamination en oligo-éléments (Zn, Fe, Mn, Ti) montrant une contamination anthropique de la décharge. Les résultats de l'étude convergent vers un constat de contamination plus ou moins élevé par les éléments traces métalliques aux environs de la zone de la décharge. Cette diminution de la contamination en fonction de la distance du point centrale de la décharge peut être dû à la nature des pH alcalins des sols. Dans la perspective de cette étude environnementale nous souhaiterions étudier la nature des sols, la qualité des eaux de surface et souterraines, la qualité de l'air pour mieux évaluer les impacts environnementaux de la décharge. Des mesures de remédiation doivent être prises afin d'immobiliser les polluants métalliques et limiter leur transport, responsable de l'extension de la zone contaminée au de la zone de la décharge.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS.

La contribution des auteurs à la réalisation des travaux de laboratoire, à la rédaction et aux différentes corrections s'est établie comme suit : TD a été l'instigateur et le rédacteur principal de cet article. AD, MAD et MMD ont effectué les travaux de collecte et de laboratoire ; AD a contribué par ses critiques avisées et ses conseils.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Institut de Technologie Nucléaire Appliquée (ITNA) de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar pour l'analyse des ETM par fluorescence-X.

RÉFÉRENCES

Baize D. 2000. Teneurs totales en "métaux lourds" dans les sols français Premiers résultats du programme ASPITET. Le

- Courrier de l'Environnement de l'INRA, **22**: 31-46.
- Baize D. 1996. Détection des contaminations modérées en « métaux lourds » dans les sols agricoles. Intérêt et limites de la norme AFNOR U 44-041. /f Symposium international environnement et nouvelles technologies- « Protection des Sols » Bordeaux.
- Baize D. 1998. Interpréter les teneurs totales en micro-polluants minéraux. Fonds géochimiques locaux et contaminations modérées. HT*Rencontres de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de fer. COMIFER-GEMAS. Blois, p. 181-192.
- Baize D, Paquereau H. 1997. Teneurs totales en éléments traces dans les sols agricoles de Seine-et-Marne. *Etude et gestion des sols*, **4**(2): 77-94.
- Biaou CI, Hedible SC, Landeou RC, Boko M. 2019. Impact des Décharges Sauvages des Déchets Solides sur les Sols à Cotonou. *European Scientific Journal*, **15**(30): 94. Retrieved from <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/12526>.
- Bocoum M. 2004. Méthodes d'analyses des sols. Doc de travail. Institut National de Pédologie, Dakar-Sénégal, p. 55.
- Bowen HJM. 1979. *Environmental chemistry of elements*. Academic Press: London p. 333.
- Brunet J-F, Guiet F, Blanc C, Laperche V, Balon P, Aubert N. 2015. Établissement de fonds pédo-géochimiques urbains et industriels en parallèle à l'Opération RTS du ministère du développement durable. Rapport final. BRGM/RP-64845-FR, p. 100.
- Gbedo V. 2010. Problématique de la valorisation des déchets plastiques à Cotonou : approche pour une maîtrise des aspects techniques et socio-économique (Thèse de doctorat). Université d'Abomey-Calavi.
- Godin P. 1982. Source de contamination et enjeu. Séminaire "Eléments traces et pollution des sols" ; 4- 5 Mai (Paris) : 3-12.
- Goudiaby AOK, Diedhiou S, Diouf P, Ndoye I. 2019. Effets de la distance de prélèvement par rapport au pied de *Eucalyptus camaldulensis* dehn sur les paramètres physico-chimiques du sol en zone sud-soudanienne côtière (Sénégal – Base Casamance). *European Scientific Journal*, **15**(6) : 1857 – 7881, 1857- 7431.
- IAGU. 2007. Décharge de Mbeubeuss : analyse des impacts et amélioration des conditions de vie des populations de Diamalaye à Malika dans la banlieue de Dakar.
- IAGU. 2011. Institut Africain de Gestion Urbaine : Villes ciblées-Décharge de Mbeubeuss : Analyse des impacts et amélioration des conditions de vie et de l'environnement à Diamalaye (Malika), Dakar. Rapport final numéro 103 801-01/CRDI. www.iagu.org.
- Laperche V, Mossmann J. 2004. Fond géochimique naturel ou bruit de fond : réflexions sur les applications possibles à la gestion des sites pollués en France.
- Matech F, Zaakour F, Moustarhfer K, Chems Z, Benazzouz I, Saber N. 2014. Concentrations en éléments traces métalliques dans les sols irrigués par les eaux usées versées dans l'oued merzeg (casablanca –maroc). *European Scientific Journal*, **10**(29): 1857-7881
- Müller G. 1981. Die Schwer metall belastungder sediment des Neckars und seiner Nebenflusse : eine Bestandsaufnahme. *Chemical Zeitung*, **105** : 157-164.
- Naili S, Nait Merzoug A, Dénèse G, Merazig H, Lakhehal A. 2016. Détermination des teneurs en éléments traces métalliques

- des sols cultivés dans la région de Constantine par spectrométrie xrf Third International Conference on Energy, Materials, Applied Energetics and Pollution ICEMAEP2016, october 30-31.
- Nhari F, Sbaa M, Vassel JL, Fekhaoui M, El Morhit M. 2014. Contamination des sols d'une décharge non contrôlée par les métaux lourds : cas de la décharge Ahfir-Saidia (Maroc Oriental). *J. Mater. Environ. Sci.*, **5**(5) : 1477-1484.
- Smouni A, Ater M, Auguy F, Laplaze L, Mzibri ME, Berhada F, Filali-Maltouf A, Doumas P. 2010 - Evaluation de la contamination par les éléments traces métalliques dans une zone minière du Maroc oriental. *Cah Agric.*, **19** (4) : 273-279.
- Tankari Dan-Badjo A, Guero Y, Dan Lamso N, Tidjani AD, Ambouta KJM, Feidt C, Sterckeman T, Echevarria G. 2013. Evaluation de la contamination des sols par les éléments traces métalliques dans les zones urbaines et périurbaines de la ville de Niamey (Niger). *Revue des BioRessources*, **2**(2) : 82-95.
- Thonart P, Diabate SI, Hiligsmann S, Lardinois M. 2005. Gestion des déchets ménagers et sites d'enfouissement technique dans les pays du Sud. Guide pratique. Retrieved from www.iepf.org, 04/01/2018.
- Tomgouani K, Khalid EM, Bouzid K. 2007. Evaluation de la pollution métallique dans les sols agricoles irrigués par les eaux usées de la ville de Settat (Maroc). *Sciences de la Vie*, **29** : 89-92.