

LEACHATE OF EL-HARROUCH UNCONTROLLED DISCHARGE: CHARACTERIZATION AND IMPACT STUDY ON WATER QUALITY AND ENVIRONMENT

A. Boubryem, F. Derradji*

Laboratoire de Géologie, Université Badji Mokhtar, BP N° 12, Annaba 23200, Algérie

Received: 22 April 2017 / Accepted: 18 June 2018 / Published online: 01 September 2018

ABSTRACT

The aim of this work is to highlight the impact of the leachate generated by the uncontrolled discharge of El Mechmes in El Harrouch (Skikda) on the quality of water resources and the environment. As part of this work, components in leachate collection of underground and surface water have been carried out monthly since 2011 on nearly 20 points downstream and at the landfill site. The results obtained show a significant pollutant load carried by leachate discharge ($BOD_5 = 880 \text{ mg / l}$), ($COD = 1185.6 \text{ mg O}_2 / \text{l}$), ($pH = 9$), they also show a significant qualitative degradation of water and soil resources.

Keywords: Discharge; Leachate; BOD_5 ; COD; Water resources.

Author Correspondence, e-mail: derradji_d@yahoo.fr

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i3.10>

1. INTRODUCTION

Depuis plus de cinquante ans, la pollution est l'un des plus graves problèmes auxquels est confronté notre monde moderne. On entend par pollution, la présence dans l'environnement de grandes quantités de produits dangereux, généralement créés par l'homme, dont les effets nuisibles peuvent se faire durant de longues périodes sur toute la planète. Cette pollution peut affecter l'eau, l'air, la terre et donc l'être vivant. Les pollutions apparaissent actuellement d'origine, de nature, de forme et d'actions multiples et se révèlent comme un problème majeur de notre temps [1].



La lutte contre la pollution de l'environnement exige le recensement des sources éventuelles de pollution « d'origine industrielle, agricole ou urbaine », la connaissance de la nature et du caractère du polluant (toxique ou nocif), ainsi que sa teneur par rapport aux normes.

2. CADRE GENERAL

2.1 Situation géographique

El-Harrouch est une petite ville jouit d'une situation extraordinaire, car elle se retrouve sur un axe de développement majeur reliant la ville de Skikda et la métropole de Constantine et Annaba, qui est la route nationale N°3 (Bouraoui, 2007).

La commune d'El-Harrouch est située géographiquement au Nord-est du pays et au Sud de la wilaya de Skikda. Sa surface globale est de 101,80 km². Elle est limitée au Nord par la commune d'Emjez Edchich, au Nord-est par la commune de Salah Bouchaour, au Sudest par la commune de Zérdazas, au Sud-ouest par la commune d'Ain Bouziane et au Nord-ouest par la commune de Sidi Mézghiche.

La commune d'El Harrouch est située géographiquement au Nord - est de l'Algérie et au Sud de la wilaya de Skikda (Fig.5).

La décharge publique d'El Mechmes est l'une des nombreuses décharges non contrôlées de l'Algérie et comme toutes les décharges algériennes est un dépotoir sauvage à ciel ouvert situé à 7 Km à l'Est de la ville d'El Harrouch avec une superficie de 20 ha. L'accès au site est assuré par une route secondaire bitumée mais de mauvaise qualité depuis l'année 1999 (fig. 1), la topographie de la zone est caractérisée par un relief montagneux, autour du site choisi, les habitations sont pratiquement absentes, le site est éloigné des zones urbaines et agricoles. Elle reçoit par mois 1200 tonnes et sa capacité d'accueil est 3000 tonnes.



Fig.1. Situation géographique de la région d'El-Harrouch [9]

2.2. Aperçu climatique

Le climat de la zone d'étude est un climat méditerranéen avec un hiver humide et doux et un été sec et chaud, la moyenne annuelle des précipitations est de 757 mm / an.

2.3. Cadre géologique et hydrogéologique :

La structure du bassin d'El Harrouch et sa bordure correspondent à trois phases sont :

- a) Au Sud, le Djebel Deirah est la retombée de substratum paléozoïque de la chaîne calcaire des kefs Sebgoud et M'souma. Il est limité par l'accident décrochant et vertical du col du Kantor qui est responsable de l'escarpement de ligne de faille du Djebel Deirah et de son prolongement vers Koudiat Zouemel.
- b) Le fond de la dépression et les buttes occidentales sont taillés dans les argiles et marnes vanicolores des flyschs mauritaniens.
- c) Enfin le talus septentrional fait partie de la nappe numidienne [9].

Les terrains de la commune d'El Harrouch sont drainés par trois oueds et trois chaabatts et dont les bassins versants s'étendent même à l'extérieur de la commune.

Le plus important cours d'eau, après Oued Safsaf qui passe à la limite Est-nord-est de la commune, est Oued N'ssa. Son bassin versant est de 85,7 Km² de superficie et occupe la plus grande partie de la commune.

- Oued Barous est situé à l'Ouest de la commune avec seulement la moitié du

flanc à sa rive droite dans la commune. Sa surface de tout ce bassin versant est 21.15km^2 .

- Oued Ben hadid est situé à limite Nord-ouest de la commune. La surface du bassin versant qui englobe l'ensemble de ces cours d'eau est de $16,85\text{km}^2$.
- Les chaabatts présentes dans la région sont :
- Chaabatt El mroudj est située au Nord de la commune et traverse le chef lieu d'El Harrouch. La surface de son bassin versant est de $11,25\text{km}^2$.
- Chaabatt M'souna est située à l'Est de la commune. A sa partie avale, un affluent sans dénomination vient s'ajouter pour se jeter à Oued Saf Saf.
- Chaabatt Melha est située au Nord de chaabatt El M'roudj. La surface de son bassin versant est de $3,40\text{km}^2$. Ce cours d'eau est tributaire d'Oued Saf Saf.

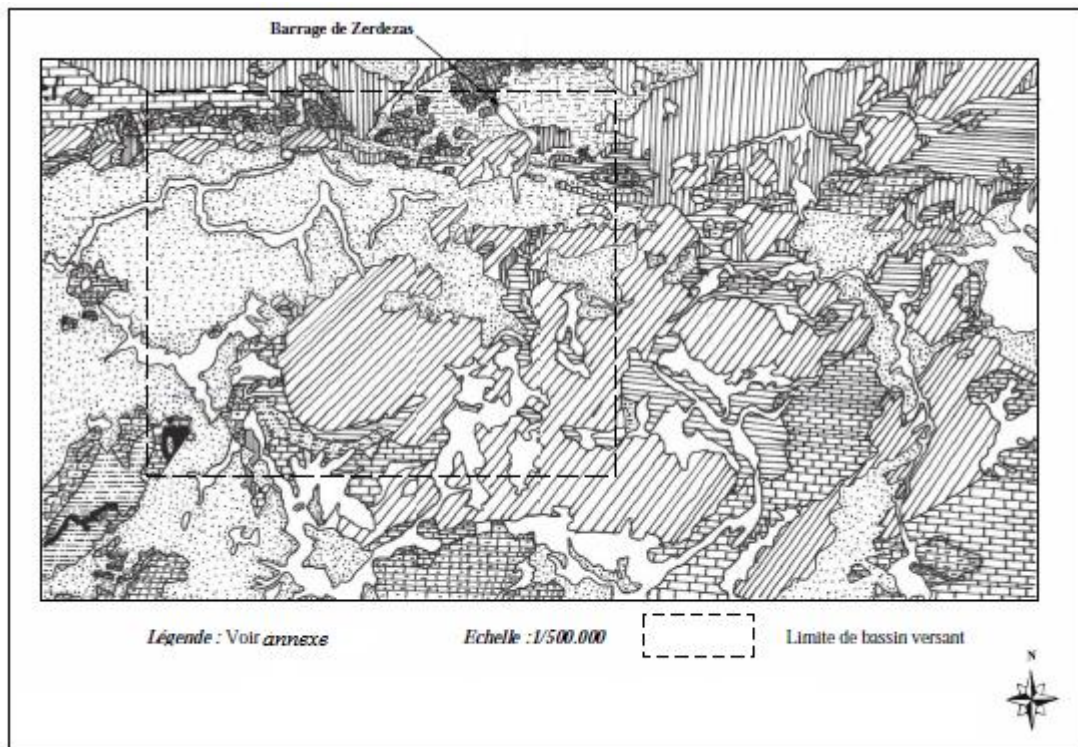


Fig.2. Carte géologique du bassin versant des Zardezas et les terrains avoisinants d'après J.M. Villa (1982)

Les cours d'eau suscités sont à régime exotérique. Leur exploitation pour l'agriculture est au fil d'eau pour les terrains à leur proximité. Pendant les pluies exceptionnelles, ils présentent des risques d'inondations pour les constructions situées sur leur lit majeur [9].

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Caractérisation des déchets urbains

Selon l'enquête effectuée par nos soins depuis 2011 jusqu'à 2015, la ville d'El Harrouch couvre une superficie de 101 km² occupée par 48994 habitants. L'apport mensuel moyen en déchets solides est de l'ordre de 1200 tonnes, Cette décharge est destinée à l'enfouissement des déchets des 10 communes. Les déchets qui aboutissent à la décharge sont tous types de déchets.

3.2 Echantillonnage

L'échantillonnage des lixiviats eaux, sols, a été effectué mensuellement, il a été réalisé au mois d'avril (période des hautes eaux) et septembre (période des basses eaux).

Pour chaque station on a effectué les taches suivantes :

Suivant le cours d'eau le plus proche de la décharge, quatre points ont été choisis :

Le premier, au niveau de la décharge ;

Le second, à 100 m de la décharge ;

Le troisième, à 500 m de la décharge ;

Pour chaque point, on a effectué deux prélèvements :

- Un prélèvement de sol de surface (10 cm de profondeur) ;

Les prélèvements de sol, ont été effectués à l'aide d'une tarière, puis ont fait l'objet d'une description morphologique (texture, structure, couleur...etc.)

- Un prélèvement d'eau superficielle ;

Les prélèvements ont porté sur les métaux lourds, les demandes chimiques et biologiques en oxygène (DCO, DBO5). Les paramètres physiques tels que la température la conductivité électrique, le total des sels dissous et le pH ont été mesurés directement in situ à l'aide appareil multi paramètres de Marque WTW, et les autres échantillons ont été analysés au laboratoire de la direction de l'environnement à Skikda.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour réaliser l'impact de la décharge sur les ressources en eau (Tableau 1 ,2 et 3), nous avons utilisé trois sources d'eau témoins. (Les résultats obtenus (au mois d'avril 2015) sont comparés aux valeurs guides (normes).

Tableau 1. Normes physico – chimiques des eaux souterraines (NA.1992, OMS.1994)

	Unité	Normes O.M.S	Normes Algériennes.	Normes françaises.
Température.	C°.	/	25	25
pH	/	7,85	6,5-9	6,5-9
Conductivité électrique à 20°C (CE).	µs /cm.	/	2800	/
Turbidité.	NTU.	5	5	2
Oxygène dissous.	O ₂ .	5	5	5
Chlorures.	Mg. L ⁻¹	/	500	200
Dureté totale.	Mg. L ⁻¹ en CaCO ₃ .	500	200	/
Calcium.	Mg. L ⁻¹ .	/	200	/
Magnésium.	Mg. L ⁻¹ .	/	150	50
Nitrates.	Mg. L ⁻¹ .	50-100	50	50
Nitrites.	Mg. L ⁻¹ .	/	0,1	0,1

Tableau 2. Résultats d'analyses physico-chimiques des ressources en eau

Paramètres	Source d'eau 1	Source d'eau 2	Source d'eau 3	Normes
pH	6,27	6,72	6,82	4,5-9
T (°C)	18,5	18,9	18,5	-
Conductivité (µs/cm)	591	658	744	2500- 35000
O ₂ dissous (mg/l)	102%	105%	111%	-
Nitrates (mg/l)	5,5	10,5	5,23	50
Nitrite (mg/l)	0,015	0,013	0,012	0,5
DBO ₅ (mg/l)	3	2	2	20-57000
DCO (mg/l)	3	2,5	1	140- 152000
TDS (mg /l)	572	642	728	-
MES (mg /l)	1	3	1	-
SALINITE	0,1	0,1	0,2	0,02-1,5

Tableau 3. Résultats d'analyses chimiques des lixiviats moyenne du mois d'Avril 2015

Paramètres	Lixiviat 1	Lixiviat 2	Lixiviat 3	Normes de rejets algériennes
Pb (mg/l)	0,45	0,45	0,45	1
MERCUE (mg/l)	0,0088	0 ,0092	0,082	0 ,5
Cu (mg/l)	1,2	1,3	1,2	5
Cd (mg/l)	0,1	0, 18	0,15	0 ,2
DBO ₅ (mg/l)	200	543 ,5	880	40
DCO (mg/l)	780,0	1185,6	1700	120

Les lixiviats étudiés, présentent une couleur brunâtre et une odeur fécaloïde indiquant l'influence des déchets sur la qualité des eaux [3].

L'interprétation des analyses montre les différents paramètres de pollution organique des eaux superficielles et donne des résultats sur la contamination ou non des eaux [4].

Les résultats montrent une importante charge polluante véhiculée par les lixiviats (cuivre =1,2 mg /l, DCO= 1700).

Le traitement des résultats montre une dégradation des zones polluées où nous avons observé les valeurs suivantes dans le sol (cuivre =36 mg/kg, plomb = 42,3 mg/kg), ces valeurs dépassent les normes de l'eau potable.

4.1. Les caractéristiques physiques

4.1.1. La température

La température des ressources en eau varie entre 15,2°C et 29,8 °C, et la température de lixiviats varie entre 17,8°C et 31,5°C, le maximum est observé durant le mois d'Août et le minimum durant le mois de février (fig. 2). La température de l'eau et des lixiviats augmente, en général, en passant de février vers octobre.

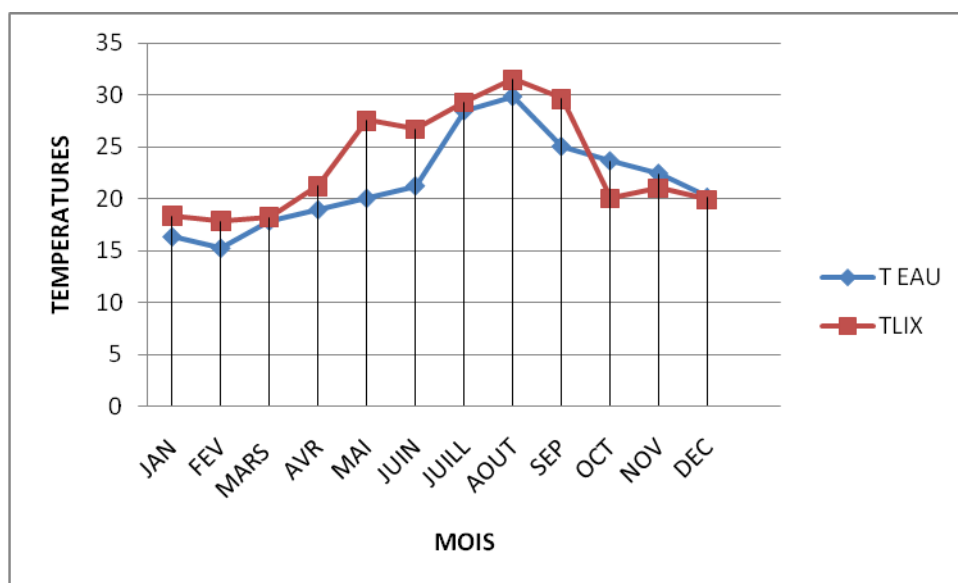


Fig.3. Évolution de la température de l'eau et de lixiviats

4.1.2. Le pH

Les valeurs du pH varient entre 6,21 et 8,33 pour les eaux de la nappe et 8,08- 9,2 pour le lixiviats le pH le plus acide est mesuré pendant le mois d'octobre (fig. 3). Pour le pH des lixiviats, il est trop basique ; le maximum est observé durant le mois de septembre, le minimum en février.

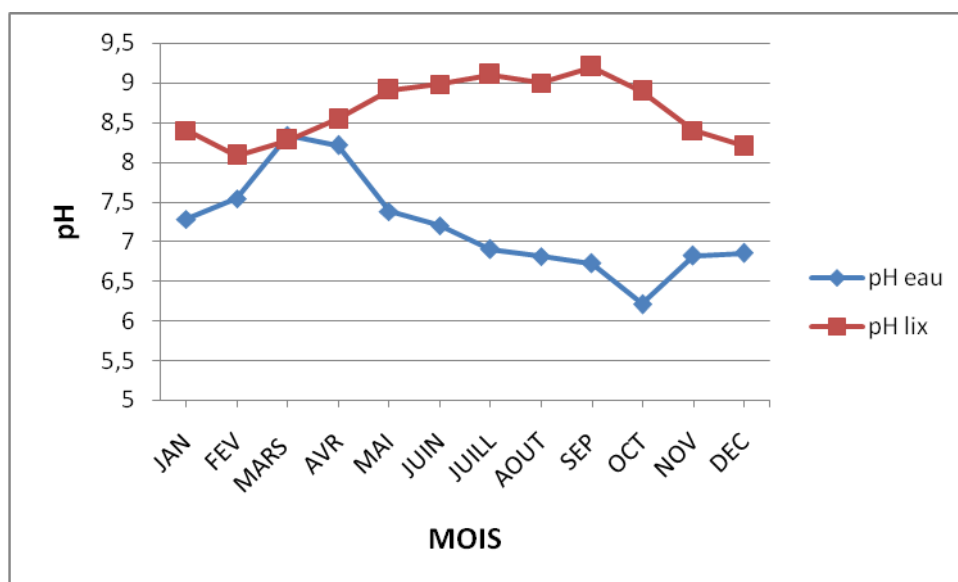


Fig.4. Évolution de pH de l'eau et de lixiviats

4.1.3. La conductivité électrique (CE)

Les valeurs s'échelonnent entre 572 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 728 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans l'eau et 2260 à 9670 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans les lixiviats (fig. 4), les fortes valeurs de lixiviats ont été enregistrées en saison sèche par contre on a constaté qu'à cause du phénomène de dilution, des faibles conductivités ont été obtenues dans la saison sèche.

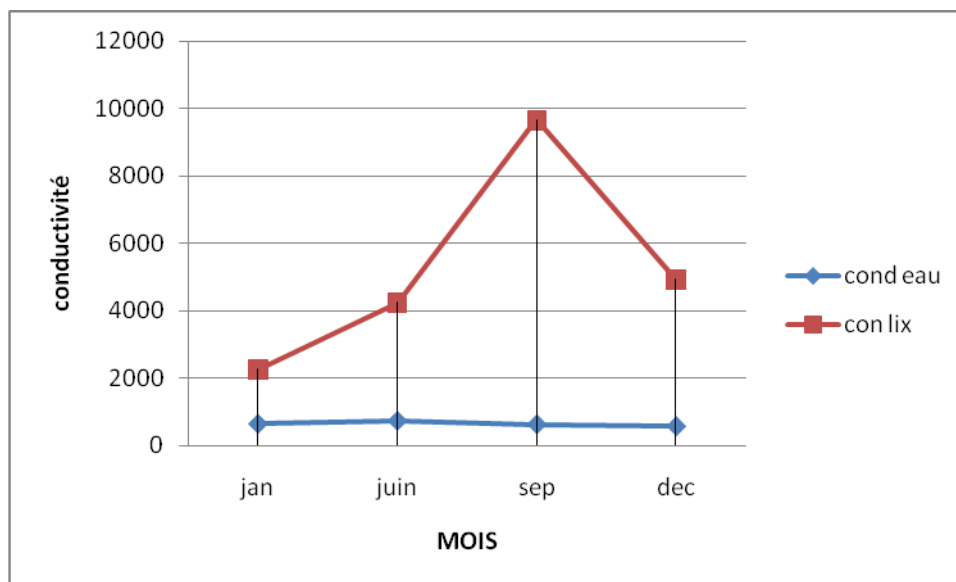


Fig.5. Évolution de la conductivité de l'eau et de lixiviats

4.2. Analyse des sels nutritifs

4.2.1. Nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau [3]. Les valeurs enregistrées oscillent entre 5,23 mg/l et 10,5 mg/l dans l'eau et des valeurs dépassent les normes dans le lixiviat ou la concentration maximale admise par l'OMS est 50 mg/L.

Les nitrites proviennent, soit d'une réduction des nitrates, soit d'une oxydation incomplète des ions ammonium [3]. Les teneurs en NO_2^- des lixiviats sont faibles et sont comprises entre 0,015 et 0,1 mg/l dans l'eau, ces faibles teneurs sont dues aux valeurs faibles de l'oxygène dissous, par contre dans les lixiviats, les valeurs dépassent les normes ou la concentration admise par l'OMS [5] est 0,1mg/l.

4.2.2. L'oxygène dissous

Cet élément s'exprime en mg/l, il est distribué d'une manière irrégulière d'un point à l'autre. La valeur maximale apparaît dans les eaux au mois de décembre 100% = (7mg/l) et maximale au mois de juin 105% = 7,5mg/l (fig.5) par contre dans les lixiviats, la valeur maximale est 21% = 2,1 mg/l dans le mois de septembre et minimale 12% = 1,2mg/l dans le mois de juin (fig.5).

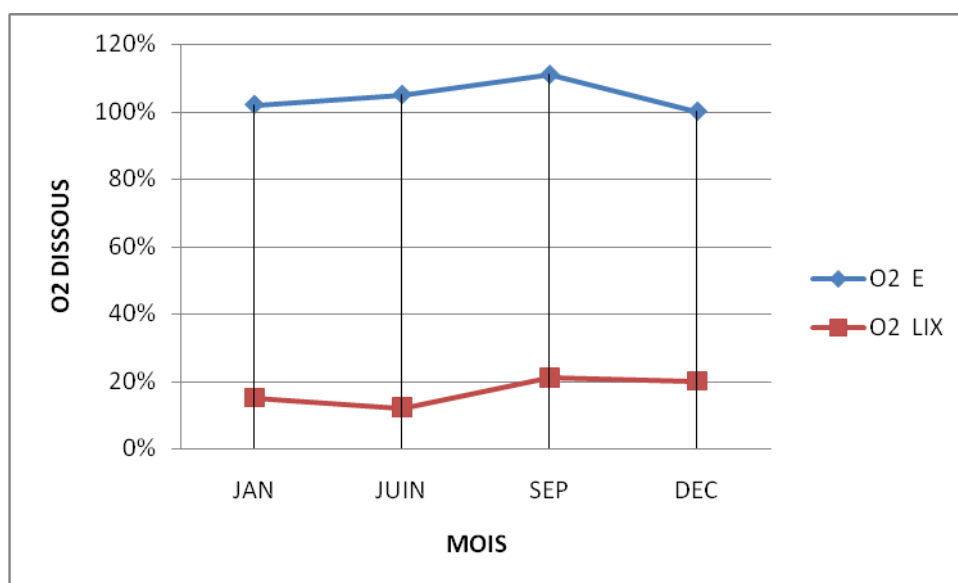


Fig.6. Évolution de l'O₂ dissous de l'eau et de lixiviats

4.3. Analyse des éléments organiques

4.3.1. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

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 [6]. Les valeurs obtenues varient entre 1185,6 mg/l dans la période humide et 1700 mg/l dans la période sèche cela indique qu'il y a une forte charge organique.

4.3.2. Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)

Khattabi a montré qu'il y a une corrélation nette entre l'augmentation de la température et la diminution de la DBO5. En effet, pendant cette période, on note un réchauffement des eaux du lixiviat permettant ainsi une intensification de l'activité des bactéries. Celles-ci vont permettre la dégradation de la matière organique biodégradable présente dans le lixiviat. En hiver, les températures du jus de la décharge commencent à diminuer, constituant ainsi un

facteur limitant des bactéries qui deviennent de plus en plus incapables de transformer cette matière organique biodégradable, ce qui conduit à une augmentation des valeurs de la DBO5 pendant cette période.

A l'opposé de la DBO5, on note une augmentation de la DCO probablement due aux produits des composés de biodégradation incomplète par les bactéries [7].

La DBO5 est un indicateur de la pollution organique des eaux. Elle exprime le niveau de biodégradabilité de l'effluent [6]. Dans la décharge d'El Mechmes, les concentrations en matières organiques biodégradables (DBO5) dans le lixiviat varient entre (543,5 mg/l) dans la période humide et (880 mg/l) dans la période sèche, les valeurs de rapport sont comprises entre 0,45 et 0,51 ; cela montre que le jus de poubelle de cette décharge non contrôlée riche en matière organique biodégradable. Selon [13], le rapport DBO5 / DCO est supérieur à 0,5 pour les lixiviats jeunes et inférieur à 0,1 pour les lixiviats stabilisés.

La valeur de 0,48 et le ph basique (8,66) indique que ce lixiviat est jeune à cause de fortes valeurs de DBO5 et DCO.

4.4. Les éléments métalliques

La toxicité des métaux lourds est fonction de leur concentration : Ils peuvent être indispensables pour la vie à de très faibles doses (micronutriments pour la transformation enzymatique) et devenir inhibiteurs ou des toxiques pour le système biologique au-delà de certain seuil de concentration. Les activités humaines constituent actuellement la source principale de certains métaux qui a l'état de traces sont déjà toxiques pour l'homme. C'est le cas du mercure, du nickel, plomb, chrome, cobalt, cadmium, arsenic [8].

Les métaux peuvent être classés en trois catégories : toxiques couramment rencontrés, toxiques rares et non toxiques, Tableau 4 et 5.

Tableau 4. Classification des métaux dans l'environnement suivant leur toxicité [8]

Toxique courant	Toxique rare	Non toxique
Be, As, Ag, Co, Sb, Hg, Ni,	Ti, Ga, Hf, La, Zr, Os, W,	Ca, No, Sr, K, Al, Rb, Fe,
Bi, Au, Cu, Se, Pd, Zn, Te, Pt,	Rh, Nb, Ir, Ta, Ru, Re, Ba.	Mg, Si.
Cd, Sn, Pb.		

Tableau 5. Effet d'un excès ou d'une pénurie de quelques minéraux sur la santé humaine [10]

Elément chimique	Pénurie	Excès
Chrome (Cr)	Artérioscléreuses	Nécrose tubulaire des reins
Cuivre (Cu)	Anémie, croissance réduite	Cirrhose hépatique D, désordre perte d'élasticité des artérioles du métabolisme du cuivre
Fluor (F)	Ostéoporose Fluorose dentale	ostéoscicrosis
Fer (Fe)	Anémie	Irritation gastro-intestinale
Magnésium (Mg)	Balance d'électrolytes perturbés	Muscles
Phosphore (P)	Faiblesse, mal aux os	Blessures des reins, du foie
Potassium (K)	Hypokaliémie, Muscles	Diarrhée, néphrotoxicité
Zinc (Zn)	Appétit et croissance réduits	Irritabilité

4.4.1. Résultats des analyses du lixiviat

L'examen des résultats montre que les métaux toxiques sont relativement faibles dans le lixiviat :

Le cuivre est le métal le plus abondant dans le lixiviat de l'ordre de 1,2 mg/l dans la période humide au mois de décembre.

Plomb : 0,45 mg/l au mois de décembre ; Cadmium : 0,15mg/l ; Mercure : 0,0088 mg/l.

Dans le sol : le métal le plus abondant est le plomb avec une teneur de 42,3 mg/kg ; le cadmium : 33,2 mg /l ; le cuivre : 36,5 mg/l ; le mercure : 1,5 mg/kg

La charge métallique dans le lixiviat de la décharge, montre que les métaux lourds présentent une variation saisonnière considérable (tableau 3).

4.4.2. Résultats des analyses du sol

Dans le sol le métal le plus abondant est le plomb 42,3 mg/kg puis le cuivre avec 36,5 mg/kg, le cadmium avec 36,5mg /kg et en dernier le mercure avec 1,5 mg/kg.

Tableau 6. Éléments métalliques, matières organiques et sels nutritifs du lixiviat et sols

Paramètres	Unités	Lixiviats Période sèche	Lixiviats période humide	Normes	Sols	Normes
Cadmium	mg/l	0,15 mg/l		0,2	33 ,2mg/kg	3mg/kg
Cuivre	mg/l	1,2 mg/l		1,2	36,5mg/kg	100mg/kg
Mercuré	mg/l	0,0088 mg/l		0,01	1 ,5mg/kg	1mg/kg
Plomb	mg/l	0,45 mg/l		0,5	42, 3mg/kg	100mg/kg

5. CONCLUSION

L'étude des caractéristiques physico-chimiques, métaux lourds a révélé :

- Un pH basique, des fortes valeurs de DCO et DBO5 par rapport aux normes de l'OMS.
- Des valeurs de conductivité très importantes.
- Un rapport DBO5/DCO = 0,48 ; ces résultats montrent qu'il s'agit d'un percolât jeune et instable, véhiculant une importante charge polluante en matières organiques.

L'absence d'un système de récupération des lixiviats, et en présence d'un sol perméable et d'une nappe circulant à de faibles profondeurs donne des percolas, qui après leur génération s'accumulent au fond des déchets et s'infiltrent à travers le sol pour atteindre la nappe sous-jacente, entraînant ainsi sa contamination et la dégradation de sa qualité physico chimique [11].

Selon les normes préconisées par l'OMS, les eaux souterraines de la région sont impropres à la consommation humaine. Elles sont confrontées à un sérieux problème de pollution par les métaux lourds, notamment par le plomb, le chrome et le fer. Ces derniers lorsqu'ils sont présents à des concentrations faibles sont à considérer également à cause des phénomènes de toxicité chronique et des effets d'interaction. Ils représentent ainsi des risques certains pour la santé des populations et pour la qualité des ressources naturelles [12].

Afin d'éviter tout risque d'impact des décharges sauvages il faut :

- L'âge de la décharge amène aux recommandations suivantes :
 - i. Stabilisation du site de la décharge
 - ii. Fermeture de la décharge d'El Harrouch et faire un CET
 - iii. Construction de levée de terre et/ou d'une route périphérique pour délimiter le site et protéger les flancs de la décharge

- iv. Mise en place d'un réseau de drainage des lixiviats et d'un système de drainage des eaux de pluie à l'extérieur du site pour minimiser la production de ces percolas.
- v. Installation de système de récupération des biogaz pour éviter le risque d'incendie ou d'explosion.
- vi. Projeter la réutilisation du site à d'autres fins. [14].

6. REFERENCES

- [1] Berchane F. Problématique des rejets solides au niveau de la région hydraulique de Tensift : diagnostic, impact sur les ressources en eau et proposition de plans d'action. Master es Sciences & Techniques, Université de Marrakech, 2011, 86p.
- [2] Shéma directeur de gestion des déchets solides urbains de la ville d'El Harrouch, 2004, 8p.
- [3] Kouassi A.E., Ahoussi K.E., Koffi Y.B., Kouame I.K., Soro N., Biemi J. Caractéristiques physico- chimiques du lixiviat d'une décharge de l'Afrique de l'ouest cas de la décharge d'Akouedo (Abidjan – Côte D'Ivoire), Larhyss Journal, 2014, 19, 63-74.
- [4] Derradji F., Bousnoubra H., Khérici N., Romeo M., Caruba R. Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le Nord Est algérien, Sécheresse 2007 ; 18 (1) : 23-7.
- [5] O.M.S. Directives de qualité pour l'eau de boisson, Vol. 1, Recommandations. 1993, 2^e édition. *Organisation Mondiale de la Santé*, Genève, Suisse.
- [6] Makhoukh M, Sbaa M, Berrahou A, Van Clooster M. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental), Larhyss Journal, 2011, n° 09, pp. 149-169.
- [7] Khattabi M. Intérêts 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'Etueffont (Belfort, France), 2002, Thèse de Doctorat 3^{em} Cycle, Université de Franche-Comté.
- [8] Boucenna N. Impact de la décharge publique sur la qualité des eaux souterraine : cas de Zef Zef, 2010, Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 92p.
- [9] Ayad Wissam (2016), Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (N.E -Algérie) [Assessment of physico-chemical and bacteriological quality of Well water in the region of El-Harrouch (N.E- Algeria)],156p

-
- [10] Essouli O., F. Impact de la décharge publique de Mbeubeuss sur la ressource en eau de la nappe des sables quaternaire de Thiaroye, 2005, Thèse de Doctorat 3^{ème} Cycle, Université de Dakar.
- [11] Chofqi A, Younsi A, Lhadi K, Mania J, Veron A. Impact environnemental d'une décharge publique non contrôlée sur la population et les eaux souterraines : cas d'El Jadida, Maroc, 2009, Rapport de stage, Université El Jadida, 12p.
- [12] S. Djorfi, A. Foufou, H. Majour, L. Belloulou, A. Hani, L. Djabri. Impact de la décharge publique de Annaba sur la qualité des eaux de la plaine d'Oued Zied, 2010, Communication Science & communication technologie, pp 151-157.
- [13] Amokrane A. Epuration des lixiviats de décharge : prétraitement par coagulation-floculation, traitement par osmose inverse, post-traitement par incinération, 1994, Thèse INSA de Lyon, France
- [14] Mekaikka Mokhtaria, Belabbed Bourhan Eddine (2007), Caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraines, Courrier du Savoir – N°08, Juin 2007, pp.93-99
- [15] Zaafour,M (2012) Impact des décharges sauvages sur les zones humides de la région d'El-Tarf, mémoire magister, université de Annaba, 166p.

Annexe :

Légende :**Roches récentes et cycles postérieurs au Burdigalien :**
 : Q : Quaternaire indifférencié (Villafranchien à actuel)

 : mp : Mol – Pliocène continental.
Socle Calcaire (Chaîne Calcaire) :
 : Om : Oligo – Miocène Kabyle, Olistostromes à flysch resédimentés (y compris le Numidien)

 : D : Chaîne calcaire : Paléozoïque au Lutétien supérieur, des zones internes, médianes et externes

 : Sk : petite Kabylie (Phyllades micaschistes, porphyroïdes, Gneiss et marbre)
Nappes Telliennes :
 : B_u : Priabonien à blocs
Nappes Ultra -Telliennes :
 : U : série typique (Néocomien au Lutétien supérieur) marneuse et marno - calcaire
Nappes Telliennes S. S :
 : T : Yprésien à Priabonien basal
Nappes péni - Telliennes :
 : pt : Cénomanien au Sénonien
Nappes Néritiques constantinoises :

Série entièrement Carbonatée à Sénonien transgressifs

 : N : Cénomanien, Turonien et Sénonien transgressif
Nappe Numidienne :
 : g^N : Grès Numidiens et série mixte
Nappes des Flysch Kabylie :
 : Fm : Flyschs Mauritanien :
Série interne, médiane et externe
Trias Exotique ou Extrusif :
 : T : Trias, Argiles – Gypses broyés – Glaçons et Calcare Dolomitiques

 : Zone d'étude
How to cite this article:

Boubryem A, Derradji F. Leachate of El-Harrouch uncotrolled discharge: characterization and impact study on water quality and environment. J. Fundam. Appl. Sci., 2018, 10(3), 113-128.