

EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE LA PHYSICO-CHIMIE, MICROBIOLOGIE ET ÉCOTOXICOLOGIE DES LIXIVIATS DE LA DÉCHARGE PUBLIQUE D'EL-KERMA (ORAN, ALGÉRIE)

BENNAAMA T.^{1*}, YOUNSI A.², DERRICHE Z.¹, DEBAB A.¹

⁽¹⁾Laboratoire de Physico-chimie des Matériaux, Catalyse et Environnement
Faculté des Sciences, Département de Chimie Industrielle
Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran
BP 1505 El M'Naouar 31000 Oran, Algérie, Email: tbennama@yahoo.fr

⁽²⁾Laboratoire des Géosciences et Techniques de l'Environnement
Département de Géologie, Faculté des Sciences
Université Chouaïb Doukkali BP 20, 24000 El Jadida, Maroc

Résumé- Ce travail s'inscrit dans le cadre de la réhabilitation des décharges publiques. En effet, la décharge publique d'El-Kerma (Oran, Algérie) constitue l'installation centrale de stockage et d'élimination des déchets solides (ménagers, industriels, hospitaliers et autres) de la ville d'Oran. Les quantités énormes de déchets putrescibles rejetés dans cette décharge, génèrent des eaux de lixiviats très polluants, riches en matières organiques (DCO moyenne=14.000 mg d'O₂/l), en sels (CE moyenne=130 mS/cm) et en micro-organismes. La caractérisation physico-chimique de ces lixiviats bruts générés par cette décharge a montré qu'il s'agit de jus de décharge vieux et stabilisés, véhiculant une importante charge polluante (DBO₅/DCO=0,052). L'analyse de la composition en métaux lourds a mis en évidence l'importante charge métallique de ces effluents, dont le fer est le métal le plus abondant (8 mg/l). Les résultats de la caractérisation bactériologique ont indiqué une très mauvaise qualité microbiologique de ces lixiviats. En effet, des taux supérieurs à 18.000 germes par 100 ml de lixiviat ont été enregistrés pour les coliformes totaux et les streptocoques fécaux, considérés comme traceurs de premier rang de la pollution microbienne dans les jus de décharges. Les essais du test d'écotoxicité aigue Toxtracer réalisés sur ces lixiviats ont révélé des taux d'inhibition assez élevés, excédant les 50% pour des dilutions supérieures ou égales à 0,5. Ce qui rend ces effluents extrêmement toxiques et présentent ainsi un danger permanent pour la santé de la population riveraine et l'environnement avoisinant, et nécessitent, par conséquent, un traitement spécifique avant leur rejet dans le milieu récepteur.

Mots clés: Décharge publique, lixiviats, caractérisation, contamination, El-Kerma.

SPATIOTEMPORAL EVOLUTION OF THE PHYSICAL CHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND ECOTOXICOLOGY OF LEACHATE FROM THE ANDFILL OF EL KERMA (ORAN, ALGERIA)

Abstract- This work is part of the rehabilitation of landfills. Indeed, the dump of El Kerma (Oran, Algeria) is the central storage facility and disposal of solid waste (domestic, industrial, hospital and other) of the city of Oran. Huge quantities of waste discharged into the landfill, generate highly polluting leachate waters, rich in organic matter (average COD = 14,000 mg O₂ / l), salt (mean EC = 130 mS / cm) and micro organisms. The physicochemical characterization of raw leachate generated by the landfill showed that these juices and stabilized discharge old, carrying a large pollution load (BOD₅/COD = 0.052). The compositional analysis of heavy metals showed the significant metal loading of these effluents, in which iron is the most abundant metal (8 mg / l). The results of the bacteriological characterization indicated a very poor microbiological quality of the leachate. Indeed, rates of over 18,000 organisms per 100 ml of leachate were recorded for total coliforms and fecal streptococci, considered as tracers of the first rank of microbial pollution in the juice of landfills. Trials of acute ecotoxicity test Toxtracer made on these leachates showed a very high inhibition rate, exceeding 50% for dilutions greater than or equal to 0.5. This makes these effluents extremely toxic and thus presents a continuous danger to the health of local population and surrounding environment. Therefore, these wastes require a specific treatment prior to discharge into the receiving landfills.

Keywords: Public landfill, leachate, characterization, contamination, El Kerma.

Introduction

La gestion environnementale des déchets solides municipaux est parmi les problèmes les plus cruciaux, à l'heure actuelle, qui pèse lourdement sur le développement de la ville. La situation est encore plus alarmante dans les pays en voie de développement.

En Algérie, la situation est aggravée à la fois par la concentration de la population sur la bande littorale, où se trouvent les centres urbains et les zones industrielles, et par les insuffisances des infrastructures existantes qui ne sont pas en mesure de faire face à une prise en charge plus rationnelle de la problématique des déchets.

En effet, la pratique de la technique de mise en décharge contrôlée est inexistante et la décharge sauvage reste la règle dans toutes les villes. L'enquête réalisée par le centre national des déchets [1] a fait état de 30.000 t/j de déchets municipaux, 3.000 décharges sauvages implantées sur tout le pays occupant une superficie de 150.000 hectares ; conséquence parmi d'autres: la contamination des eaux de surface et des eaux souterraines qui a pour cause les décharges sauvages des déchets urbains, entraînant des atteintes graves à la santé publique.

A l'instar des autres grandes villes algériennes, les déchets solides municipaux ont toujours été le problème écologique majeur de la ville d'Oran. Cette ville côtière qui s'étale sur une superficie de 70 km² compte 1.510.984 d'habitants. La quantité moyenne de déchets ménagers produite est estimée à 292.000 tonnes par an, à raison d'un ratio journalier de 0,76 kg/j par habitant [2].

Parmi les 22 décharges sauvages existantes actuellement dans les 26 communes de la wilaya d'Oran, la décharge publique d'El-Kerma est considérée comme le principal dépotoir pour la majorité des déchets produits dans le groupement urbain d'Oran et dans toute la région oranaise. Elle est à l'origine d'effluents liquides contaminés ou lixiviats qui sont caractérisés par une forte charge organique et minérale. Ces effluents ne sont pas drainés et risquent, après accumulation, de s'infiltrer dans le sous-sol et de contaminer la nappe qui s'écoule en cette zone à environ 20 mètres de profondeur. Par conséquent, ils doivent subir un traitement rigoureux avant leur rejet dans l'environnement.

L'objectif majeur de ce travail consiste à l'examen de l'évolution spatio-temporelle des caractéristiques physico-chimique, bactériologique et écotoxicologique des lixiviats de la décharge publique d'El-Kerma (Oran) pour une éventuelle étude d'impact sur les ressources en eau (superficielles et souterraines) et sur la santé de la population riveraine. Par ailleurs, une comparaison des résultats de caractérisation avec ceux d'autres sites de décharges internationales a été effectuée et ce, afin d'évaluer le degré de pollution engendrée par cette décharge.

1.- Situation géographique de la décharge d'El-Kerma (Oran)

La décharge publique d'El-Kerma a été créée en 1986 et s'étend sur une superficie de 4 km². Elle se situe à 15 km de la ville d'Oran et à environ 2 km d'El-Kerma (fig. 1). Elle est limitée à l'Ouest par la grande Sebkhah d'Oran. Cette décharge reçoit quotidiennement environ 1200 tonnes de déchets solides (ménagers, industriels, hospitaliers), à l'état brut et mélangés. Ces déchets arrivent de toutes les localités de la Wilaya d'Oran. Le ratio journalier est de l'ordre de 0,8 kg/j par habitant, dépassant largement la moyenne nationale qui est de 0,5 kg/j par habitant [3]. La composition physique des déchets rejetés dans la décharge d'El-Kerma, montre la prédominance des déchets riches en matière organique, avec un taux dépassant 70%.

C'est une décharge, incontrôlée et à ciel ouvert, qui n'a été précédée par aucune étude géologique, hydrogéologique ou d'impact. Elle constitue une source potentielle de contamination par les lixiviats et par diverses nuisances fréquentes.

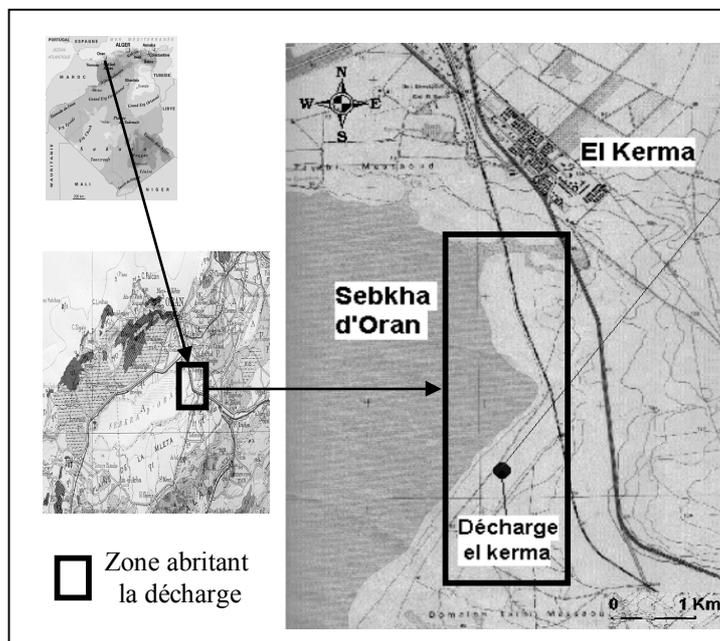


Figure 1.- Situation géographique de la décharge d'El-Kerma

La zone abritant la décharge est caractérisée par un climat de type semi-aride [4], avec une pluviométrie annuelle moyenne de 333 mm, une température moyenne annuelle relativement élevée de 18,5°C et une évapotranspiration réelle annuelle de l'ordre de 349 mm. La région d'El-Kerma est soumise à une période humide de 5 à 6 mois par an, du mois d'octobre au mois de mars. Il est à souligner que la pluie constitue la source principale des lixiviats des déchets, en plus de l'eau initialement présente dans ces déchets, l'eau biologique, etc.

La zone de décharge fait partie du bassin de la grande Sebkha, lui même appartenant au bassin néogène du Bas Cheliff [5]. Elle montre les formations lithologiques suivantes, du bas vers le haut : le Miocène de nature calcaire surmonté par le Pliocène de faciès grés-carbonaté à grés-marneux crayeux, et l'ensemble est coiffé par le Quaternaire. Celui-ci se présente sous forme d'alluvions renfermant des niveaux d'argiles et de limons gypsifères, de sables, de grès et de calcaires. Des vases gypsifères actuelles terminent la série.

Deux types de nappes d'eau souterraine se rencontrent dans la zone de la décharge [6] : une nappe phréatique à surface libre circulant, dans les alluvions quaternaires (grès et sables à perméabilité d'interstice) et une nappe captive s'écoulant dans les calcaires mio-pliocène (perméabilité de fissures). L'écoulement de ces deux nappes s'effectue vers la Sebkha d'Oran, exutoire naturel de ces deux aquifères.

La profondeur moyenne de la nappe phréatique est généralement inférieure à 20 m, ce qui fait de cette nappe, un plan d'eau sensible à la pollution par les lixiviats issus de la décharge d'El-Kerma. Quant à la nappe captive, elle est protégée de cette pollution, vu qu'elle présente un toit imperméable.

2.- Caractérisation des lixiviats de la décharge d'El-Kerma

2.1.- Caractérisation physico-chimique

Plusieurs campagnes de mesures et de prélèvements du lixiviat ont été réalisées pendant les années 2005, 2006 et 2007, à raison de deux campagnes par an. Les mesures in situ ont porté sur la température (thermomètre digital Type GTH 1160), la conductivité électrique (conductimètre PHYWE 13701.93), le pH (pH-mètre METTLER DELTA 350) et la turbidité (turbidimètre type DRT-15CE). Les échantillons ont été conservés dans une glacière et transférés immédiatement au laboratoire où ils ont été placés dans un réfrigérateur, à 4°C et à l'obscurité. Les échantillons de lixiviats destinés à des analyses de cations et d'ions métalliques sont acidifiés, dès le prélèvement, à l'acide nitrique concentré, à raison de 5 ml/l.

Tous les paramètres chimiques des lixiviats ont été déterminés selon les méthodes standards pour l'analyse des eaux usées [7]. La teneur des matières en suspension (MES) a été déterminée par la méthode de filtration. La demande chimique en oxygène (DCO) est analysée à l'aide d'un DCO-mètre type thermoréacteur CR 2010 et la demande biologique en oxygène (DBO₅) est mesurée à l'aide d'un DBO-mètre Model BSB-Meßgerät 1002. Les phénols, nitrites, nitrates, phosphates et sulfates ont été déterminés par spectrophotomètre visible type Perkin Elmer Lambda 20. Le Carbone Organique Total (COT) est analysé grâce à un COT-mètre type Elementar Analyser High TOC II. Les hydrocarbures totaux sont extraits par le tétrachlorure de carbone et dosés par spectrométrie d'absorption infrarouge type SP3_200 IFR-RED. Le potassium et le sodium ont été analysés par spectrophotomètre à flamme Type Jenway PST7. Le calcium et le magnésium ont été dosés par complexométrie avec l'EDTA et les éléments métalliques (Fe, Pb, Cu, Zn, Mn, Cd, Ni, Cr) ont été analysés par absorption atomique type PYE-UNICAM SP9.

2.2.- Caractérisation bactériologique

La caractérisation bactériologique des lixiviats consiste au dénombrement des germes suivants : coliformes totaux et coliformes fécaux selon les normes ISO 9308/2 et ISO 9308/1; streptocoques fécaux selon la norme ISO 7899/1; germes aérobies à 37°C et germes aérobies mésophiles à 22°C selon la norme ISO 6222 : 1998; germes anaérobies sulfito-réducteurs à 46°C selon la norme ISO 6461/1; salmonella selon la norme ISO 6579 [8]. Les échantillons de lixiviats prélevés destinés aux analyses bactériologiques sont conservés dans de flacons en verre de 225 ml, stérilisés par la chaleur à l'autoclave à 120°C pendant 1 heure.

2.3.- Caractérisation éco-toxicologique

Le test de toxicité aiguë "Toxtracer" ou "Microtox" consiste à évaluer l'inhibition de la luminescence produite par des suspensions de la bactérie marine *Vibrio fischeri* au contact d'une gamme de dilutions d'échantillons d'eaux de lixiviats [9,10]. Le critère d'essai est la diminution de la luminescence mesurée après 5, 15 et 30 minutes d'incubation par rapport à un témoin sans échantillon. Si la concentration de l'inhibition est supérieure à 50%, le test de toxicité s'avère positif. L'essai est réalisé avec des organismes lyophilisés du commerce. Le milieu de dilution est de l'eau distillée salée à 20 g NaCl/litre. Une gamme de 8 concentrations de l'éluat dans le milieu de référence est réalisée parallèlement à deux témoins sans éluat. L'essai se déroule en tubes à essais. La salinité des éluat sera évaluée avant l'essai et ajustée à environ 20 g/l par ajout de NaCl le cas échéant.

3.- Résultats et discussion

La composition chimique des lixiviats est spécifique à chaque décharge. Elle varie étroitement avec la nature et l'âge de la décharge, le type de déchets et leur degré de décomposition, la méthode de mise en décharge, la nature du site d'enfouissement et les conditions climatiques, etc. [11,13].

La concentration maximale requise des différents paramètres analysés dans les eaux de lixiviats est référée à la législation algérienne actuelle réglementant les rejets d'effluents liquides industriels [14], étant donné que les jus de décharge ou les lixiviats sont souvent comparables à des rejets industriels complexes contenant à la fois des substances contaminantes : organiques et inorganiques [15].

Les lixiviats de la décharge d'El-Kerma d'Oran sont de couleur noir et d'odeur fécaloïde. L'examen des résultats présentés dans le tableau II montre des concentrations élevées en MES (1206 mg/l), chlorures (3160 mg/l), ammonium (2747 mg/l). La valeur du pH enregistrée est de 7,98 ; marquant le caractère basique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma.

Par ailleurs, le rapport DBO_5/DCO est un indicateur de la biodégradabilité de la matière organique et la maturation des lixiviats [16,17]. Ainsi, pour les décharges jeunes où l'activité biologique correspond à la phase acide de dégradation anaérobie, ce rapport atteint la valeur de 0,83. Il décroît jusqu'à la valeur 0,05 pour les vieilles décharges où l'étape de fermentation ultime, la méthanogenèse, est atteinte [18]. Ce stade de fermentation est caractérisé par la diminution de la DCO et surtout la DBO_5 , un pH basique et de fortes teneurs en ammonium [12,19,21]. Dans notre cas, il semble que la décharge d'El-Kerma est une décharge vieille qui traverse actuellement le stade de la méthanogénèse ($DBO_5/DCO=0,052$). Le pH moyennement basique (7,98), mesuré sur les lixiviats de cette décharge reflète bien cette phase d'évolution biologique. Il en ressort que ces percolats sont considérés comme des lixiviats vieux et stabilisés, caractérisés par une biodégradabilité moindre et une charge organique complexe.

Les lixiviats présentent des valeurs de conductivité, de matières en suspension (MES) et des teneurs en chlorures très importantes. Il s'agit d'un caractère commun à toutes les décharges d'ordures ménagères [22,23]. Les fortes teneurs en chlorures s'expliquent d'une part que pendant la période estivale (maximas des températures), il y a une absence quasi-totale des précipitations qui peuvent induire des phénomènes de dilution du jus de décharge, d'où les lixiviats deviennent de plus en plus riches en chlorures et en MES.

D'autre part, l'élévation de la température semble activer les réactions d'oxydation, d'hydrolyse et de reminéralisation des déchets par les bactéries, et par conséquent, les lixiviats deviennent de plus en plus riches en éléments minéraux tels les chlorures [23].

Les résultats des analyses des lixiviats ont montré aussi qu'il s'agit de percolats très pauvres en nitrates par contre les teneurs en azote ammoniacal et azote organique (NTK) sont relativement importantes pendant la période sèche.

La teneur en sulfates, soit 1740 mg/l, semble faible car en période sèche, les phénomènes de dégradation bactérienne sont très accentués (réchauffement des lixiviats) et les conditions du milieu demeurent très réductrices. Les sulfates sont ensuite réduits en sulfures sous forme de H_2S ; gaz responsable des mauvaises odeurs dégagées par la décharge [12,23].

Comme la plupart des éléments inorganiques, l'évolution des concentrations en sodium, potassium et magnésium dans les lixiviats est en relation avec la teneur en substance organique dissoute [22]. En effet, les fortes concentrations de ces trois éléments est due au fait que durant la période sèche, la matière organique, responsable de la complexation de ces éléments est très faible.

Tableau I.- Caractérisation physico-chimique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma d'Oran (moyenne des années 2005, 2006 et 2007)

Paramètre	Décharge d'El-Kerma	Norme algérienne ^[14]
Température	26,9	30
pH	7,98	6,5-8,5
CE	130	/
Turbidité	751	/
MES	1.206	35
DCO	12.600	120
DBO ₅	650	35
DBO ₅ /DCO	0,052	/
COT	433	/
Azote ammoniacal	2.747	/
Azote organique	1.182	30
Nitrates	0,93	/
Nitrites	44	/
Chlorures	3.160	/
Sulfates	1.740	/
Phosphates	2,11	/
Hydrocarbures totaux	37	20
Phénols	24	0,3
Phosphore total	0,69	10
Sodium	5.216	/
Potassium	10.500	/
Calcium	500	/
Magnésium	4.800	/

Tous les paramètres sont exprimés en mg/l excepté température (°C), pH, conductivité CE (mS/cm), turbidité (NTU) et DBO₅/DCO.

L'analyse de la composition en métaux lourds des lixiviats (tab. II) a mis en évidence l'importante charge métallique de ces percolats. Le fer est le métal le plus abondant (6000µg/l), ce qui n'est pas le cas pour des lixiviats générés par une décharge en phase de méthanisation. Ceci est vraisemblablement dû au fait que la décharge continue toujours à recevoir des déchets renfermant du fer, surtout les déchets industriels qui y sont rejetés à l'état brut et mélangés aux déchets ménagers (zones industrielles d'El-Kerma et d'Es-Sénia). Les métaux toxiques présentent des teneurs relativement importantes : nickel=1260 µg/l; cadmium= 400 µg/l. La composition métallique des lixiviats issus de la décharge d'El-Kerma est typique d'une décharge à caractère ménager dominant [17, 22, 24, 25]. En effet, les concentrations des éléments métalliques des lixiviats étudiés en particulier celles du nickel (1.260 µg/l), cuivre (580 µg/l) et cadmium (400 µg/l) sont supérieures à celles des lixiviats générés par d'autres décharges

d'ordures ménagères (tab. III). La classification des concentrations des métaux lourds de ces lixiviats dans l'ordre croissant est la suivante : Fe>Cu>Zn>Mn et Ni>Cd>Pb>Cr. Par conséquent, la présence des métaux lourds dans les lixiviats de décharge inhibent le développement microbien et interfèrent les résultats représentatifs de la DBO₅.

Tableau II.- Teneurs en métaux lourds de la décharge d'El-Kerma

Concentration (µg/l)	Décharge d'El-Kerma	Intervalle de variation d'une décharge ménagère ^[22]	Norme algérienne
Fer total	6000	$3.10^3-55.10^5$	5000
Plomb	130	$1-5.10^3$	500
Cuivre	580	$5-1.10^4$	500
Zinc	320	$30-1.10^6$	5000
Manganèse	140	$30-14.10^5$	1000
Cadmium	400	$0,1-4.10^2$	200
Nickel	1260	$15-13.10^3$	500
Chrome total	4	$20-15.10^2$	500

La charge métallique présente toutefois un risque énorme pour les eaux souterraines dû à la faible profondeur de la nappe phréatique circulant dans la zone de la décharge, ainsi que la perméabilité modérée de la texture du sol sablo-argileux du site de la décharge qui favorisent les phénomènes d'infiltration et de percolation des lixiviats et de leur charge métallique.

Tableau III.- Comparatif des teneurs en métaux lourds dans différentes décharges

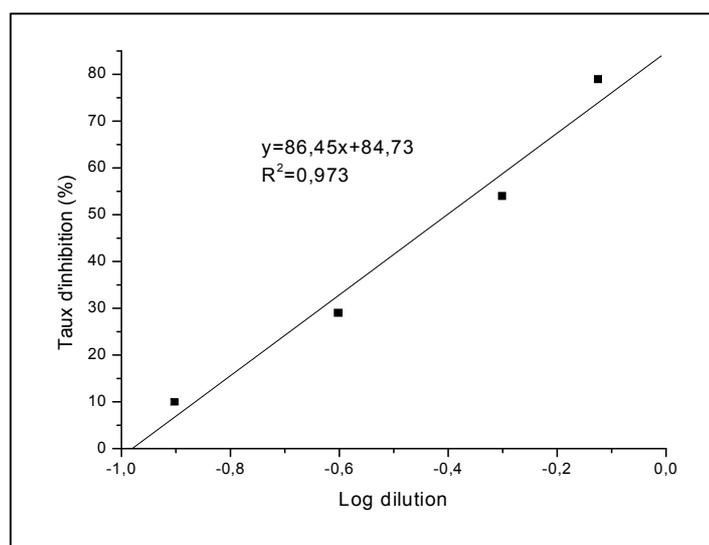
Concentration (µg/l)	Décharge d'El-Kerma d'Oran (Algérie)	Décharge de Oued-Smar d'Alger (Algérie) ^[17]	Décharge d'El Jadida (Maroc) ^[25]	Décharge d'Etueffont (France) ^[23]
Fer total	6000	12300	24000	2630
Plomb	130	200	/	/
Cuivre	580	450	157,8	270
Zinc	320	700	747,2	740
Manganèse	140	400	1256,72	/
Cadmium	400	/	34	10
Nickel	1260	250	133,8	210
Chrome total	4	500	156,33	270

L'examen des résultats de caractérisation bactériologique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma (tab. IV) affichent une très mauvaise qualité microbiologique loin des normes en vigueur vu les taux élevés des coliformes, des streptocoques, des germes totaux, des sulfito-réducteurs et la présence de la salmonella. Ce qui rend ces lixiviats extrêmement toxiques et présentent ainsi un danger permanent pour l'environnement et le milieu aquifère souterrain et qui nécessitent donc un traitement.

Tableau IV.- Caractérisation bactériologique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma (moyenne des années 2005, 2006 et 2007)

Germe	Décharge d'El-Kerma	Norme algérienne ^[26]
Coliformes totaux (germes/100ml)	>18000	20
Coliformes fécaux (germes/100ml)	>18000	<102
Streptocoques fécaux (germes/100ml)	>2000	<10
Germes aérobies à 37°C (germes/ml)	39. 10 ⁵	Absence
Germes aérobies mésophiles à 22°C (germes/ml)	78. 10 ⁵	Absence
Anaérobies sulfito-réducteurs à 46°C (germes/ml)	45	<5
Anaérobies sulfito-réducteurs à 46°C (germes/20ml)	Indénombrables	Absence
Salmonella	Présence	Absence

Les essais du test d'écotoxicité aiguë Toxtracer, effectués sur un échantillon de lixiviats de la décharge d'El-Kerma, ont révélé des taux d'inhibition assez élevés, excédant les 50% pour des dilutions supérieures ou égales à 0,5, avec un coefficient de corrélation R^2 assez satisfaisant (0,973), comme le montre la figure 2 ci-après. Il en ressort que ces effluents liquides sont extrêmement toxiques et présentent un danger permanent pour la santé et l'environnement.

**Figure 2.-** Test de toxicité aiguë Toxtracer

4.- Conclusion

La caractérisation des lixiviats générés par la décharge incontrôlée et à ciel ouvert d'El-Kerma (Oran) a montré qu'il s'agit de lixiviats vieux et stabilisés, véhiculant une importante charge polluante minérale, organique, métallique et des micro-organismes (germes totaux et fécaux). Ces lixiviats à forte charge polluante risquent de contaminer la nappe phréatique qui circule à des faibles profondeurs (environ 20 m), sous un substratum moyennement perméable.

Le caractère basique de ces lixiviats (pH=7,98) et le rapport DBO₅/DCO évalué à 0,052 montre qu'il s'agit d'une décharge vieille traversant actuellement le stade de la fermentation méthanique de la dégradation anaérobie. Les résultats obtenus au niveau de la décharge d'El-Kerma ont été comparés à ceux recueillis au niveau d'autres décharges, et ont montré que la composition métallique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma est typique d'une décharge à caractère ménager dominant.

La méthode de mesure de la toxicité par les bactéries bioluminescentes a révélé que ces effluents sont extrêmement toxiques et présentent ainsi un danger permanent et potentiel pour la santé de la population riveraine et l'environnement avoisinant.

La détermination des caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et écotoxicologiques des lixiviats de la décharge d'El-Kerma permettra ainsi d'orienter la filière de leur traitement pour répondre aux normes de rejet les plus strictes.

Références bibliographiques

- [1].- CND, 2003. Inventaire des décharges sauvages, Centre national des déchets, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Alger.
- [2].- DEO, 2003. Elaboration du schéma directeur de gestion des déchets urbains de la ville d'Oran, rapport de synthèse, Direction de l'environnement d'Oran.
- [3].- MATE, 2003. Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Alger.
- [4].- ONM, 2006. Station de météo d'Es-Sénia, Office national météorologique, Oran.
- [5].- Moussa K., 2007. Etude d'une sebkha : la Sebkha d'Oran (Ouest algérien), thèse de doctorat d'état, université d'Oran, 205p.
- [6].- Hassani M.I., 1987. Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride, le bassin versant de la grande Sebkha d'Oran (Algérie), thèse de doctorat 3^{ème} cycle, université de Grenoble, 304p.
- [7].- Rodier J., 1984. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, Dunod, Paris, 7^{ème} édition.
- [8].- CACQE, 1990. Qualité de l'eau : recherche et dénombrement des germes—Méthodes d'analyse (Norme ISO). Centre algérien du contrôle de la qualité et de l'emballage, Oran.
- [9].- Moletta R., 2006. Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires, Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 2^{ème} édition.
- [10].- Pivato A., Gaspari L. 2006. Acute toxicity test of leachates from traditional and sustainable landfills using luminescent bacteria. Waste management, Vol.26, N°10, 1148-1155.
- [11].- Navarro A., Bernard D., Millot N., 1988. Les problèmes de pollution par les lixiviats de décharge. Techniques, Sciences et Méthodes-L'Eau 3: 541–545.
- [12].- Chofqi A., 2004. Mise en évidence des mécanismes de contamination des eaux

souterraines par les lixiviats d'une décharge incontrôlée (El Jadida-Maroc) : Géologie, hydrogéologie, géoélectrique, géochimie et épidémiologie. Thèse de Doctorat national, Faculté des sciences, Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, 184p.

[13].- Matejka P., 1994. Pollution engendrée par un lixiviat de décharge d'ordures ménagères : bilan hydrique et caractérisation. *Environmental Technology*, vol.15: 313–322.

[14].- JORADP. 2006. Décret exécutif N° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

[15].- Parveaud M., 1993. Le traitement des lixiviats par osmose inverse. *L'eau, L'industrie, Les nuisances* 162, 48–50.

[16].- Kurniawan T.A., Lo W., Chan G., 2006. Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. *J. Hazard. Mater.* B129, 80–100

[17].- Kerbachi R., Belkacemi M., 1994. Caractérisation et évolution des lixiviats de la décharge de Oued-Smar à Alger. *Techniques, Sciences et Méthodes – L'Eau* 11, 615–618.

[18].- Diamadopoulos E., 1994. Characterization and treatment of Recirculation-stabilized leachate. *Wat. Res.* 28, 2439–2445.

[19].- Amokrane A., 1994. Epuration des lixiviats de décharge : Pré-traitement par coagulation-floculation, traitement par osmose inverse, post-traitement par incinération. Thèse de Doctorat, INSA de Lyon, France, 286p.

[20].- Robinson H. D. et Luo M M. H., 1991. Characterization and treatment of leachates from Hong Kong landfill sites. *J.IWEM*, N° 5, 326–335.

[21].- Ehrig H. J., 1983. Quality and quantity of sanitary landfill leachate. *Wast Manage. Res*, vol.1: 53–68.

[22].- Christensen P., 2001. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Application Geochemistry* 16, 659–718.

[23].- Khattabi H., 2002. 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'Etuefont (Belfort, France). Thèse de Doctorat, Université Franche Comté, France, 171p.

[24].- Tatsi A. A., Zouboulis A. I., 2002. A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate Thessaloniki, Greece. *Adv. Environ. Res.* 6, 207–219.

[25].- Chofqi A., Younsi A., Lhadi E., Mania J., Mudry J., Veron A., 2004. Environmental impact of an urban landfill on a coastal aquifer (El Jadida, Morocco). *Journal of African Earth Sciences* 39, 509–516.

[26].- JORADP, 1998. Journal officiel de la république algérienne N°35 du 27 mai 1998 fixant les critères microbiologiques des eaux de rejets.