



## CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DU LIXIVIAT D'UNE DECHARGE DE L'AFRIQUE DE L'OUEST: CAS DE LA DECHARGE D'AKOUEDO (ABIDJAN-CÔTE D'IVOIRE)

**KOUASSI A.E.<sup>1\*</sup>, AHOUSSE K.E.<sup>1</sup>, KOFFI Y.B.<sup>1</sup>, KOUAME I.K.<sup>2</sup>,  
SORO N.<sup>1</sup>, BIEMI J.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université Felix Houphouët Boigny de Cocody-Abidjan, Unité de Formation et de Recherche (UFR) des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement (LSTEE), 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup>Université Nangui Abrogoua, Unité de Formation et de Recherche (UFR) des Sciences de Gestion de l'Environnement (SGE), Laboratoire Géoscience et Environnement, 02 BP 802 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

kevelynas@yahoo.fr

### RESUME

Les déchets urbains produits dans le District d'Abidjan sont composés de plus de 60 % d'ordures ménagères. Ils sont évacués à la décharge publique d'Akouedo (Côte d'Ivoire). Cette décharge est dépourvue d'un dispositif de collecte et de traitement des effluents liquides brunâtre connus sous le nom de lixiviats.

Cette étude a pour but de faire une caractérisation physico-chimique de ces lixiviats. Pour ce faire, nous avons procédé à une série d'échantillonnage, de février à juillet 2012. Au cours de cette période, les analyses physico-chimiques effectuées sur ces échantillons, ont révélé des teneurs élevées en nitrates ( $\text{NO}_3^-$  max = 186,6 mg/L), phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$  max = 148,64 mg/L) et ammonium ( $\text{NH}_4^+$  max = 916,4 mg/L). Cette pollution minérale est traduite par une forte conductivité électrique qui atteint une valeur maximale de 17150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La pollution organique est également présente ; les valeurs de DCO enregistrées varient de 642 à 2739 mg/ $\text{O}_2$ /L avec une moyenne de 1306,25 mg/ $\text{O}_2$ /L. Celles de la  $\text{DBO}_5$  sont comprises entre 300 et 1054 mg/ $\text{O}_2$ /L pour une moyenne de 588,08 mg/ $\text{O}_2$ /L. Les valeurs du rapport  $\text{DBO}_5/\text{DCO}$  oscillent entre 0,37 et 0,74 avec une moyenne de 0,47.

Cela montre que les lixiviats étudiés sont riches en matières organiques biodégradables. Ils se situent dans un état intermédiaire entre les lixiviats jeunes

et stabilisés.

**Mots clés:** décharge, lixiviat, pollution, paramètres physico chimiques, Akouedo, Côte d'Ivoire

## ABSTRACT

Urban solid wastes from the city of Abidjan (Côte d'Ivoire) contain more 60 % of waste household. They have been stockpiled in Akouedo landfill. This landfill devoided of collect and treatment system for leachates.

The present study aims to make physicochemical characterization of the landfill leachate. We have been proceeded to range sampling from february to July 2012. In this period, the physicochemical analysis of sample revealed the high concentrations of  $\text{NO}_3^-$  (186.64 mg/L,  $\text{PO}_4^{3-}$ (148.64mg/L),  $\text{NH}_4^+$ (916.4mg/L). This mineral pollution is translated by hight electric conductivity (CE) which maximum value attains 17150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . In the same way, organic pollution is also present; Chemical oxygen demand (COD) ranged from 642 to 2739  $\text{mg}/\text{O}_2/\text{L}$  with an average of 1306.25  $\text{mg}/\text{O}_2/\text{L}$  and the biological oxygen (BOD<sub>5</sub>) from 300 to 1054  $\text{mg}/\text{O}_2/\text{L}$  with an average of 588,08  $\text{mg}/\text{O}_2/\text{L}$ . The BOD to COD ratio varied from 0.37 to 0.74 with 0.47. It show that leachate contain biodegradable organic matter. They find into intermediate condition between young and old leachate.

**Keywords:** landfill, leachate, pollution, physicochemical parameter, Akouedo, Côte d'Ivoire.

## INTRODUCTION

A l'origine, la mise en décharge constituait la technique d'élimination des déchets la plus utilisée dans le monde, facile à mettre en œuvre et relativement peu coûteuse (Saadi et al., 2013). Dans les pays en développement, il s'agit principalement de décharges non contrôlées et à ciel ouvert, où tous les types de déchets (urbains, industriels hospitaliers et agricoles) sont rejetés à l'état brut et mélangé. L'un des problèmes majeurs associés à cette mise en décharge est la production d'effluents liquides riches en matières organiques et minérales appelés lixiviats ou communément "jus de décharge". Ils proviennent de la percolation des eaux de pluie à travers les dépôts ainsi que les eaux contenues dans les déchets et celles de leur dégradation (Hakkou et al., 2001). En effet, dès la phase de dépôts, les déchets sont soumis à des processus de dégradation liés à des réactions biologiques et physico-chimiques complexes. L'eau s'y infiltre et produit des lixiviats chargés de substances organiques ou minérales qui engendrent une pollution essentiellement de type organique et inorganique, en

relation avec la biodégradation naturelle des déchets confinés. Ces lixiviats constituent une source de contamination des milieux environnants s'ils ne sont pas collectés et traités (Hakkou, 2001).

En Algérie, les travaux de Mokhtaria et al. en 2007 sur la décharge de Tiaret ont montré que les lixiviats renferment de nombreux contaminants organiques et métalliques (Pb, Zn, Cd, Ni, Cr<sup>+6</sup>) supérieures aux normes admises. Ceux de Bennama et al. en 2010 sur la décharge d'El Kerma ont montré des résultats similaires.

Au Maroc, les études menées par Saadi et al en 2013 sur les lixiviats du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de la ville d'Oujda ont révélé de fortes teneurs en matières organiques biodégradables, en métaux lourds, en matières minérales et en suspension.

En Côte d'Ivoire, (Kouadio et al., 2000) ont travaillé spécifiquement sur l'évaluation des paramètres physico-chimique des eaux de surface en aval de la décharge d'Akouédo en vue d'apprécier leur degré de contamination par les lixiviats. Kouamé (2007), à partir de modèle mathématique, a suivi l'évolution des lixiviats de la décharge d'Akouédo et évaluer leur impact sur la qualité des eaux souterraines. Les travaux d'Adjiri (2010) ont permis de caractériser la pollution chimique et microbiologique de l'environnement d'Akouédo afin de quantifier les risques sanitaires afférents à cette pollution.

A cet effet, Cette étude va utiliser les méthodes d'analyses physico-chimiques pour caractériser la charge polluante des lixiviats issus de la décharge d'Akouedo.

## **LOCALISATION DE LA DÉCHARGE**

La décharge non contrôlée d'Akouedo, est située dans la commune de Cocody sur l'axe Abidjan-Bingerville. Construite en 1965, elle a une superficie d'environ 153 ha. Elle occupe un talweg de direction Nord-Sud, dont le drainage naturel se fait vers la lagune Ebrié (Figure 1 et 2).

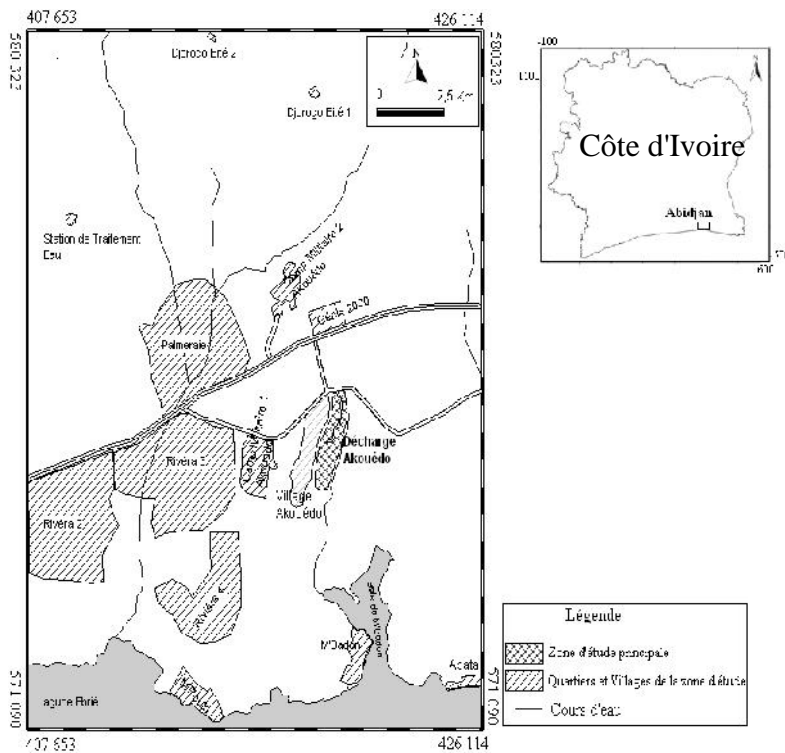


Figure 1 : Localisation de la décharge

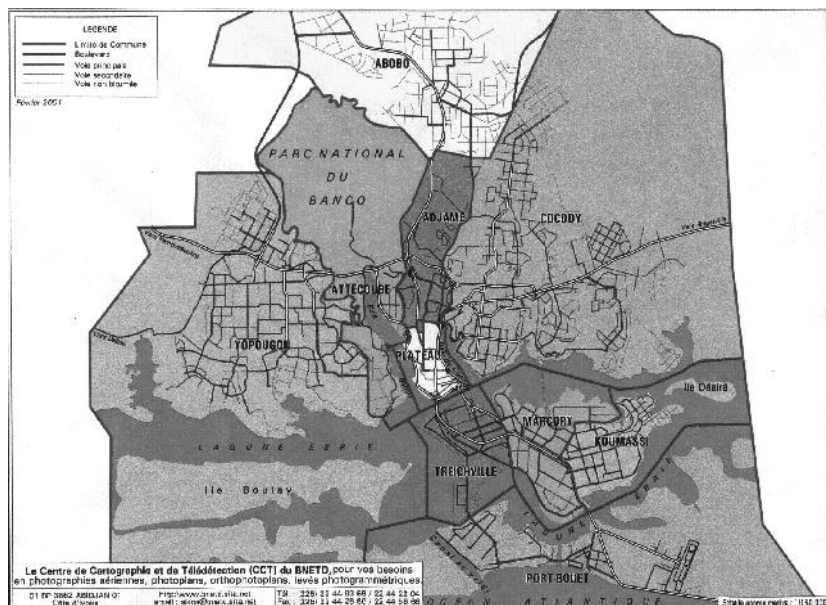


Figure 2 : localisation de la zone d'étude

Cette décharge est destinée à l'enfouissement des déchets des 10 communes d'Abidjan ainsi que des localités telles que Songon, Anyama et Bingerville. Elle reçoit en moyenne 6 000 tonnes d'ordures par an. Sa capacité d'accueil est largement dépassée. Le choix de l'implantation de cette décharge obéit aux critères de l'époque qui se résument brièvement en l'éloignement du site par rapport à la ville. De nos jours, la décharge est rattrapée par celle-ci, du fait de l'urbanisation galopante.

## **MATERIELS ET METHODES**

### **Campagne d'échantillonnage**

Pour réaliser la présente étude, une campagne d'échantillonnage a été effectuée en 2012 à la décharge d'Akouedo (commune de Cocody). Elle a été réalisée en Février (période des basses eaux) et Juillet (période des hautes eaux).

Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un flacon de 500 ml tandis que dans les zones difficiles d'accès nous avons utilisé une perche télescopique, fixé d'un flacon de 500 ml à son extrémité. Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène de capacité 1l, préalablement lavées à l'acide nitrique puis à l'eau distillée.

Sur le terrain, avant le remplissage des bouteilles, celles-ci ont été lavées avec l'échantillon à prélever. Le remplissage des bouteilles a été fait à ras bord puis le bouchon vissé pour éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère. Les échantillons de lixiviats ont été conservés dans une glacière pendant le transport au laboratoire, puis ont été analysés dans les 24 heures qui suivent. Lors de l'échantillonnage, les paramètres physiques ont fait l'objet de mesure in situ. L'appareillage utilisé sur le terrain est constitué d'un conductimètre multiparamètre HACH sension 5 pour la mesure de la conductivité électrique (CE), de la température et de l'oxygène dissous ( $O_2$ ), d'un pHmètre Star 4 pour la mesure du pH et du potentiel redox (Eh). La mesure des éléments nutritifs ( $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $PO_4^{3-}$ ) et organiques (DCO,  $DBO_5$ ) s'est réalisée au laboratoire.

### **Méthode d'analyse au laboratoire**

Les éléments nutritifs ont été dosés en se référant aux méthodes d'analyses chimiques décrites par Rodier en 1996 : Ainsi les ions ammonium ( $NH_4^+$ ) ont été dosés par la méthode au bleu d'indophénol dont le principe consiste au traitement des ions ammonium en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate, par une solution d'hypochlorite de sodium et de phénol. Les lectures se font au colorimètre UV visible à une longueur d'onde de 630 nm.

Les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) réagissent avec le molybdate d'ammonium en formant un complexe phosphomolybdique qui réagit à son tour avec l'acide ascorbique. La forme réduite de coloration bleue, est susceptible d'un dosage colorimétrique à une longueur d'onde de 881 nm.

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) ont été dosés selon la méthode à la sulfanilamide. En milieu acide, les nitrites réagissent avec la sulfanilamide formant un composé diazoïque qui réagit à son tour avec la N-naphtyléthylènediamine donnant ainsi un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage colorimétrique au spectrophotomètre à la longueur d'onde 543 nm.

Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ont été dosés par colorimétrie à une longueur d'onde de 543 nm après réduction des ions nitrates en nitrites. La réduction a été effectuée après passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traitée au cuivre.

L'analyse des éléments organiques a porté essentiellement sur les paramètres DCO et  $\text{DBO}_5$ .

La demande chimique en oxygène (DCO) a été mesurée par la méthode de dichromate de potassium selon la méthode HACH. On prélève 0,2 mL de l'échantillon à analyser et 1,8 mL d'eau distillée dans un tube du réactif DCO. Le tube est fermé hermétiquement puis agité.

On fait le blanc en pipetant 2 mL d'eau distillée pour l'ajouter au réactif DCO du tube. Les tubes sont ensuite chauffés pendant 2 h dans le réacteur DCO. Après refroidissement sur un portoir pendant 20 mn, le blanc et les échantillons de lixiviat sont homogénéisés pendant 2 mn avant de passer à la lecture au DR 2010.

La demande biochimique en oxygène dissous ( $\text{DBO}_5$ ) a été déterminée après application de la méthode par dilution. Un volume de 40 mL de l'échantillon de lixiviat est prélevé dans un flacon  $\text{DBO}_5$  contenant un barreau aimanté puis complété à 160 mL par l'eau distillée. Ensuite une gélule d'hydroxyde de lithium est introduite dans la capsule du flacon. Le flacon est placé sur un  $\text{DBO}$ -mètre type HACH en marche dans un incubateur à 20 °C. Après 5 jours d'incubation, la lecture est faite, la valeur du  $\text{DBO}_5$  est corrigée avec le facteur de dilution.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous. Les lixiviats étudiés, présentent une couleur brunâtre et une odeur fécaloïde indiquant l'influence des déchets sur la qualité des eaux. Les teneurs en éléments chimiques déterminées après analyse sont importantes.

**Tableau 1** : Caractéristiques physico-chimique des lixiviats de la décharge d'Akouedo

Variables	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Unité
pH	7,04	8,76	7,68	0,703	-
T	28,4	32,7	29,8	1,19	°C
CE	2390	17150	7805,42	4280,24	μS/cm
O <sub>2</sub>	0,1	0,68	0,32	0,22	mg/L
Eh	-166	-38,2	-116,94	47,31	mg/L
DCO	642	2739	1306,25	614,54	mgO <sub>2</sub> /L
DBO <sub>5</sub>	300	1054	588,08	198,46	mgO <sub>2</sub> /L
DBO <sub>5</sub> /DCO	0,37	0,74	0,47	0,11	mgO <sub>2</sub> /L
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	70,7	916,4	388,4	298,76	mg/L
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,58	186,6	92,92	60,50	mg/L
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,06	2,3	0,69	0,85	mg/L
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	103,07	148,64	128,74	13,72	mg/L

### Analyses des paramètres physiques

Le pH des lixiviats varie de 7,04 à 8,76 avec une moyenne de 7,68. Les valeurs observées révèlent que le potentiel d'hydrogène est légèrement neutre à alcalin. Ce caractère basique révélé est en conformité avec celui obtenu par Kouadio et al. (2000), Kouamé (2007), sur la même décharge (tableau 2). Ces valeurs sont également de mêmes ordres de grandeur que celles obtenues par El Khamlichi et al. (1997) sur la décharge de Rabat (Maroc).

**Tableau 2 :** Caractéristiques physico-chimiques des lixiviats de la décharge d'Akouedo en comparaison avec quelques données bibliographiques

Para-mètres	Akouedo	Akouedo (Kouadio et al., 2000)	Akouedo (Kouamé, 2007)	Rabat (El Khalmic hi et al., 1997)	Tiaret (Mokht aria et al., 2007)	Oujda (Saadi et al., 2013)
pH	7,04-8,76	9,6-9,8	7,81-8,11	7-8	-	5,59-6,08
T (° C)	28,4-32,7	24,1-28,4	33,70-39,5	-	-	14,90-15,70
Eh (mV)	-166-(-38,2)	-	-68-(-57)	-	-	-
O <sub>2</sub> (mg/L)	0,1-0,68	-	0,10-0,33	-	-	0,41-0,54
CE (µS/Cm)	2390-17150	-	375-7770	23130-74600	-	14,84-37,60
DCO (mg/O <sub>2</sub> /L)	642-2739	310-2495	956,89-2189,30	260-50112	780-1230	68036-89472
DBO <sub>5</sub> (mg/O <sub>2</sub> /L)	300-1054	186-1488	382,76-1150	5-10500	135-200	38188,70-70682,88

Les valeurs de pH obtenues dans les lixiviats pourraient être liées à la faible concentration de composés organiques volatiles. En effet, lors de la fermentation acide, première phase de la décomposition anaérobie des déchets, les percolats jeunes sont riches en composés organiques volatiles. Au cours de cette phase, les valeurs de pH enregistrées sont généralement inférieures à 4 (Tchobanoglous et al., 1993). Au fur et à mesure du vieillissement de la décharge, le lixiviat s'appauvrit en composés organiques volatiles. Ceci va alors entraîner une montée du pH à 7 ou plus (Kjeldsen et al., 2002).

Les valeurs faibles du potentiel redox (Eh) comprises entre -166 et -38,2 mV montrent que ces effluents liquides se trouvent dans les conditions réductrices (baisse de l'oxygène). L'absence d'Oxygène dissous (O<sub>2</sub>) dans les lixiviats et les faibles valeurs du potentiel d'oxydoréduction indique que le phénomène d'anaérobiose est prédominant dans la décharge d'Akouedo. En effet, l'oxygène est fortement sollicité pour la dégradation de la matière organique et l'oxydation des minéraux présents dans l'effluent. Par ailleurs, les



températures enregistrées oscillent entre 28,4 °C et 32,7 °C.

Ces valeurs seraient favorables au maintien de colonies de micro-organismes "mésophiles" qui se développent à une température comprise entre 20 ° C et 40 ° C (Kouamé, 2007).

Quant à la conductivité électrique les valeurs s'échelonnent entre 2390  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 17150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La valeur moyenne est de 7805,42  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les fortes valeurs ont été enregistrées en saison sèche. Par contre les faibles conductivités ont été obtenues en saison pluvieuse . Ces faibles valeurs pourraient s'expliquer par le phénomène de dilution. En effet, pendant la saison des pluies, les lixiviats reçoivent une quantité importante d'eau entraînant une dilution considérable des éléments chimiques en présence (Kouamé, 2007).

### **Analyse des sels nutritifs**

#### ***Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )***

L'azote ammoniacal constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Les teneurs varient entre 70,7 et 194 mg/L en période de pluie et entre 237,5 et 916,4 mg/L en période sèche. Les plus fortes teneurs ont été enregistrées en saison sèche. Les valeurs d'ammonium obtenues en période humide sont nettement inférieures à celles de la période sèche traduisant ainsi l'effet de la dilution. cet élément chimique est le principal agent réducteur dans les lixiviats de décharge et il constitue à long terme un polluant important (Christensen *et al.*, 2001)

#### ***Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )***

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. Les teneurs enregistrées oscillent entre 4,58 et 186,6 mg/L avec une teneur moyenne de 92,92 mg/L. Cette valeur est largement supérieure à la concentration maximale admise par l'OMS (1980) qui est de 50 mg/L,

Les nitrites proviennent, soit d'une réduction des nitrates, soit d'une oxydation incomplète des ions ammonium (Rodier, 1996). Les teneurs en  $\text{NO}_2^-$  des lixiviats sont faibles et sont comprises entre 0,06 et 2,3 mg/L. Ces faibles teneurs sont dues aux valeurs faibles de l'oxygène dissous et du potentiel redox dans le lixiviat.

#### ***Orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )***

L'analyse des résultats montre que les concentrations en  $\text{PO}_4^{3-}$  dans les lixiviats

oscillent entre 103,07 et 148,68 mg/L. Ces valeurs dépassent largement les valeurs limites de référence.

Les teneurs enregistrées sont relativement constantes sur les deux saisons.

### **Analyse des éléments organiques**

#### ***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 (Makhoukh et al., 2011). Les teneurs enregistrées sont comprises entre 642 et 2739 mg/O<sub>2</sub>/L. La teneur moyenne est de 1306 mg/O<sub>2</sub>/L.

Cette teneur est 4 fois supérieure à la valeur de référence (DCO = 300 mg/O<sub>2</sub>/L). La valeur élevée de la DCO indique une charge organique élevée.

Les valeurs obtenues au niveau de la charge polluante exprimée par la DCO, sont comparables à celles rapportées par Kouadio et al. (2000), Kouamé (2007) sur la même décharge et de Mokhtaria et al. (2007) sur la décharge de Tiaret en Algérie (tableau II). Elles sont en revanche très inférieures à celles obtenues par Saadi et al. (2013) à Oujda (Maroc). Cette différence pourrait être liée à l'âge, la nature et la quantité des déchets ainsi que les différents facteurs climatiques tels que la pluviométrie, l'humidité de l'air et la température. En effet, selon Christensen et al. (2001), ces différents facteurs sont à la base de la variabilité des charges polluantes.

#### ***Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)***

La DBO<sub>5</sub> est un indicateur de la pollution organique des eaux. Elle exprime le niveau de biodégradabilité de l'effluent (Makhoukh et al., 2011). Les DBO<sub>5</sub> varient de 300 à 1054 mg/O<sub>2</sub>/L. La valeur moyenne est d'environ 576 mg/O<sub>2</sub>/L. Cette valeur est plus de 5 fois supérieure à la valeur de référence (DBO<sub>5</sub> = 100 mg/O<sub>2</sub>/L).

Les fractions organiques (DBO<sub>5</sub>/DCO) renseignent sur la biodégradabilité des molécules organiques et l'âge relatif des lixiviats étudiés. Les valeurs des rapports DBO<sub>5</sub> / DCO sont comprises entre 0,37 et 0,74 avec une moyenne de 0,47. Ces valeurs nous montrent que les lixiviats de la décharge d'Akouédo sont riches en matières organiques biodégradables. La confirmation est donnée par Sané en 2002 qui a montré que les déchets d'Akouédo sont constitués à plus de 60% d'ordures ménagères.

Ainsi, Selon Amokrane (1994) le rapport DBO<sub>5</sub> / DCO est supérieur à 0,5 pour les lixiviats jeunes et inférieur à 0,1 pour les lixiviats stabilisés. Il est compris entre 0,1 et 0,5 pour les lixiviats intermédiaires. La valeur de 0,47 issue de la moyenne des différents rapports DBO<sub>5</sub> / DCO indique que les lixiviats étudiés

sont des lixiviats intermédiaires de biodégradabilité moyenne. Cela signifie que les molécules organiques contenues dans les lixiviats n'ont pas encore atteint le stade final de leur dégradation. A ce stade, ils sont caractérisés par une phase instable de fermentation méthanique ; ce qui favorise le phénomène d'anaérobiose et le maintient de la décharge dans une phase de dégradation active (Ahel et al., 1998).

## CONCLUSION

La caractérisation des lixiviats générés par la décharge non contrôlée de la ville d'Abidjan a montré qu'il s'agit des lixiviats intermédiaires, véhiculant une importante charge minérale et organique. La charge organique est traduite par les fortes valeurs de la DCO (642 à 2739 mg/O<sub>2</sub>/L) et de la DBO<sub>5</sub> (300 à 1054 mg/O<sub>2</sub>/L). Quant à la pollution minérale, elle est traduite par les valeurs élevées de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (916,4 mg/L), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (186,6 mg/L), PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (148,64mg/L). Les teneurs obtenues en ces polluants restent supérieures aux normes admises indiquant, l'importance des charges minérales et organiques décrites précédemment.

Les résultats obtenus au niveau de la décharge d'Akouedo ont montré que les concentrations en polluants organiques et minéraux sont nettement inférieures à celles généralement rencontrées dans d'autres décharges. Par ailleurs, le caractère basique de ces lixiviats (pH = 7,68) et le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO évalué à 0,47 indique qu'il s'agit d'une décharge ancienne mais pas encore stabilisée.

L'âge de la décharge montre que le suivi des analyses et le contrôle des lixiviats de la décharge d'Akouedo sont nécessaires.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADJIRI O.A., GONE D.L., KOUAME I.K., KAMAGATE B., BIEMI J. (2008). Caractérisation de la pollution chimique et bactériologique de l'environnement de la décharge d'Akouedo Abidjan-Côte d'Ivoire, *International journal of Biological and Chemical Scientific*, Vol. 2, n°4, 401-410.
- AHEL M., MIKAC N., COSOVIC B., PROHIC E., SOUKUP V. (1998). The impact of contaminant from a municipal solid waste landfill (Zagreb, Croatie) on underlying soil, *Water Sci. Technol.*, Vol 37, n°8, 203-210.
- AMOKRANE A. (1994). Epuration des lixiviats de décharges. Prétraitement par coagulation-floculation. Traitement par osmose inverse. Post-traitement par incinération. Thèse de Doctorat, INSA de Lyon, France, 286 p.
- BENNAMA T., YOUNSI A., ZOUBIR D., DEBAB A. (2010). Caractérisation et traitement physico-chimique des lixiviats de la décharge publique d'El-Kerma (Algérie) par adsorption en discontinu sur de la sciure de bois naturelle et activée chimiquement, *Water Qual. Res. J. Can.* Vol 45, n°1, 81-90pp.
- CHRISTENSEN T.H., KJELDSSEN P., BJERG P.L., JENSEN D.L.,

- CHRISTENSEN J.B., BAUM A., ALBRECHTSEN H.J., HERON G. (2001). Biogéochimie de la lixiviation des décharges, *Appl. Geochem.*, Vol 16, 659-718.
- EL KHAMLI M.A., LAKRABNI S., KABBAJ M., JARBY E., KOUHEN M. (1997). Etude d'impact de la décharge d'Akrach (Rabat, Maroc) sur la qualité des ressources en eau, *Revue Marocaine Civil*, n°68, 17-31.
- HAKKOU R. (2001). la décharge publique de Marrakech: caractérisation des lixiviats, étude de leur impact sur les ressources en eau et essai de leur traitement. Thèse de doctorat d'état, université de CAPI AYYAD, Maroc, 150 p.
- HAKKOU R., WAHBI M., BACHNOU A., ELAMARI K., HANICH., HIBTI M. (2001). Impact de la décharge publique de Marrakech (Maroc) sur les ressources en eau, *Bull. Eng. Geol. Env.*, 60, 325-336.
- KJELDSSEN P., BARLAZ M.A., ROOKER A.P., BAUM A., LEDIN A., CHRISTENSEN T.A. (2002). present and long-term composition of MSW landfill leachate, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, Vol. 32, n°4, 297-336.
- KOUAME K.I. (2007).: Pollution physico-chimique des eaux dans la zone de la décharge d'Akouedo et analyse du risque de contamination de la nappe d'Abidjan par un modèle de simulation des écoulements et du transport des polluants. Thèse de Doctorat, Université d'Abobo Adjamé, Côte d'Ivoire, 212 p.
- KOUADIO G., DONGUI B., TROKOUREY A. (2000). Détermination de la pollution chimique des eaux de la zone de la décharge d'Akouedo (Abidjan-Cote d'Ivoire). *Revue des Sciences et Technologie, ENS-CI. Série A-01*, 34-41.
- MAKHOUKH M., SBAA M., BERRAHOU A., VAN CLOUSTER M. (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental), *Larhyss journal*, ISSN 1112-3680, n° 09, 149-169.
- MOKHTARIA M.M., EDDINE B.B., LARBI D., AZZEDINE H., RABAH L. (2007). Caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraines, *Courrier du savoir*, n°8 : 93-99.
- OMS (1980). Nitrates, Nitrites et composés N-nitroso, Genève, 112 p.
- RODIER J. (1996). l'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8<sup>ème</sup> Edition, Dunod, Paris, 1383 p.
- SAADI S., SBAA M., EL KHARMOUZ M. (2013). Caractérisation physico-chimique de lixiviats du centre d'enfouissement technique de la ville d'Oujda (Maroc oriental), *Science Lib.*, Editions Mersenne, Vol. 5, n° 130517, ISSN 2111-4706, 1-12.
- SANE Y. (2002). La gestion des déchets à Abidjan: Un problème récurrent et apparemment sans solution, *AJEAM/RAGEE*, Vol 4, n°1, 13-22.
- TCHOBANOGLOUS G., THEISEN H., VIGIL S. (1993). *Integrated Solid Waste Management*, McGraw-Hill International Edition, New York, 978 p.