

ÉVALUATION DU CARACTÈRE CHIMIQUE DES LIXIVIATS FRAIS DES DÉCHETS SOLIDES URBAINS DES POINTS DE GROUPEMENT DES COMMUNES DU DISTRICT D'ABIDJAN, CÔTE D'IVOIRE

Z. C. LAGOBO^{1,2*}, A. B. P. KOUAKOU², A. F. KOKORA^{1,2},
A. SEKA¹, V. MAMBO¹ et G. DROCHIOIU³

¹ Université Nangui Abrogoua, Laboratoire des Sciences de l'Environnement (LSE), 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

² Université Nangui Abrogoua, Institut de Recherche sur les Energies Nouvelles, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

³ Université Al. I. Cuza de Iasi, Faculté de Chimie, Carol I N^o. 11, Iasi-700506, Roumanie

(reçu le 29 Avril 2022; accepté le 20 Juin 2022)

* Correspondance, e-mail : lagobojeanclaude@gmail.com

RÉSUMÉ

Cette étude fait une analyse descriptive des paramètres chimiques d'un type de lixiviats dont l'âge relativement jeune oscille entre un jour et un mois : le lixiviat frais. Ce type de lixiviat est très rarement mentionné dans la littérature. Pour atteindre ces objectifs, un échantillonnage hebdomadaire a été effectué sur une année sur trente-deux points de groupement (PDG) selon la classification mentionnée par SGDSN (2003). Cependant, la décharge d'Akouédo (avant sa fermeture) a été prise en compte pour des fins de comparaison. Des mesures *in situ* de pH ont été réalisées et des analyses de paramètres chimiques (paramètres azotés (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , DNP), paramètres organiques (DCO, DBO_5), paramètres phosphorés (PO_4^{3-}) et paramètres métalliques (Zn, Fe, Cu, Ni, Hg et Cd) ont été faites au laboratoire. Les données ont été traitées grâce aux logiciels Statistica 7.1 et Matlab 6.0. Les principaux résultats obtenus ont montré que les PDG de marchés et des zones industrielles sont plus concentrés en pollution organique et azoté (DCO, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-), avec des teneurs de l'ordre de 10.000 à 20.000 mg/L de DCO. Au niveau des métaux, les PDG de marchés sont beaucoup plus riches en Zn, Fe, et relativement en Ni et Cu, que ceux des ménages pour toute saison. On note également que le Cd et Hg n'ont pas été détectés dans les lixiviats frais échantillonnés en toute saison. Le DNP a été détecté dans 54 % (70 sur 128) des échantillons de lixiviats frais à hauteur de 0,14 à 4,8 mg/L.

Mots-clés : caractérisation physico-chimique, lixiviats frais, points de groupement, District d'Abidjan.

ABSTRACT

Evaluation of the chemical character of fresh leachate from urban solid waste from the garbage collection points of the District of Abidjan, Côte d'Ivoire

This study makes a descriptive analysis of the chemical parameters of a type of leachate whose relatively young age oscillates between one day and one month : the fresh leachate. This type of leachate is very rarely mentioned in the literature. To achieve these objectives, weekly sampling was carried out over a year at thirty-two assembly points (PDGs) according to the classification mentioned by SGDSN (2003). However, the Akouédo landfill (before its closure) was taken into account for comparison purposes. In situ pH measurements were carried out and analyzes of chemical parameters (nitrogen parameters (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , DNP), organic parameters (COD, BOD_5), phosphorus parameters (PO_4^{3-}) and metal parameters (Zn, Fe, Cu, Ni, Hg and Cd) were made in the laboratory. The data were processed using Statistica 7.1 and Matlab 6.0 software. The main results obtained showed that garbage collection points of markets and industrial areas are more concentrated in organic and nitrogenous pollution (COD, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-), with levels of around 10,000 to 20,000 mg/L of COD. At the level of metals, the garbage collection points of markets are much richer in Zn, Fe, and relatively in Ni and Cu, than those of households for any season. It is also noted that Cd and Hg were not detected in the fresh leachates sampled in any season. DNP was detected in 54 % (70 of 128) of fresh leachate samples at 0.14 to 4.8 mg/L.

Keywords : *physico-chemical characterization, fresh leachate, garbage collection points, District of Abidjan.*

I - INTRODUCTION

La production des déchets est inhérente aux activités socio-économiques et industrielles des hommes. De nos jours, elle augmente de façon significative avec l'accroissement rapide des populations et de l'urbanisation mal maîtrisée [1, 2]. La gestion des déchets demeure toujours un sérieux problème qui engendre la dégradation de l'environnement et impacte négativement la santé des populations [3]. Le groupe de la Banque Africaine de Développement dans son rapport (2019) affirme que près de 25 % des volumes des déchets urbains restent non collectés dans les pays en développement [4]. A ces problèmes de gestion que traînent ces pays, se greffe celui des lixiviats qui suintent de ces déchets urbains [5]. Les lixiviats (ou jus de déchets) des décharges sont produits par une percolation excessive d'eau généralement de pluie dans les

couches de déchets, combinée à des processus physiques, chimiques et microbiologiques favorisant le transfert des polluants des déchets dans l'eau de percolation [6 - 8]. Par ailleurs, vu la charge complexe polluante des lixiviats issus d'une décharge, ceux-ci représentent une menace pour l'environnement et pour la santé humaine [3]. La composition de lixiviat varie d'une décharge à une autre selon la nature et l'âge des déchets, les conditions climatiques et la topographie du site [9]. Ces lixiviats des décharges sont généralement classés en trois catégories selon leur degré de maturité : les lixiviats jeunes, les lixiviats intemédiaires et les lixiviats matures [10]. Parmi ceux-ci seuls les lixiviats matures ou lixiviats stabilisés ont longuement été décrits et font l'objet de nombreuses publications. À côté de ce type de lixiviat, on note des lixiviats dits jeunes dont l'âge de fermentation est inférieur ou égal à deux ans. Cependant, la présente étude va jusqu'à considérer des lixiviats dont la durée de fermentation est comprise entre un jour et un mois dénommés ici lixiviats frais. Ces types de lixiviat sont rarement documentés dans la littérature scientifique et sont donc peu connus. Or ces lixiviats demeurent au quotidien dans l'environnement urbain immédiat des populations. Les émissions de lixiviats frais provenant des décharges associées à leur impact environnemental sont liées à la nature des déchets et à la technologie utilisée pour le stockage de ceux-ci [11, 12].

Or dans les pays en développement les déchets urbains sont stockés à un premier niveau dans des points de groupage (PDG) sans la moindre mesure de tri à la base. Cet état de fait accroît le risque dangereux de ces points de groupage qui présentent des niveaux de pollution divers. La caractérisation de ces lixiviats frais s'impose surtout que plusieurs auteurs ont beaucoup décrit les lixiviats stabilisés des décharges urbaines résultant de plusieurs années de fermentation [13]. Cette étude s'appuie sur une matrice constituée de lixiviats fraîchement produits et/ou dont l'âge est circonscrit entre un jour et un mois, jamais pris en compte en littérature. Trois sources de prélèvement sont considérées reposant sur la méthodologie de la Stratégie de Gestion des Déchets Solides de Nouakchott [14]. On distingue donc les lixiviats des points de groupage des ménages, de marchés et ceux des zones industrielles. Ces lixiviats frais ont été comparés aux échantillons de lixiviats matures prélevés à la décharge d'Akouédo avant sa fermeture. L'objectif visé est d'établir une évaluation chimique et physico-chimique de lixiviats frais, rencontrés dans le milieu urbain. Cette étude complète par un ensemble de connaissances la littérature sur les lixiviats des déchets en général mais plus spécifiquement sur les lixiviats frais des déchets urbains.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les échantillonnages ont été faits de manière hebdomadaire sur une année entière sur trente-deux sites de points de groupage (PDG) comme indiquée par la stratégie de gestion des déchets solides [14]. Cependant, les lixiviats matures provenant de la décharge d'Akouédo ont été pris en compte aux fins de comparaison (**Figure 1**). Au cours de cette étude, le pH a été déterminé *in situ* grâce à un pH-mètre de type WTW 82362. Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés selon les normes Afnor (NO_3^- /AFNOR NFT 90-045 ; NO_2^- /AFNOR NFT 90-013 ; NH_4^+ /AFNOR NF T90-015; PO_4^{3-} /AFNOR NFT 90-023; DCO/CEAEQ, 2003 et DBO_5 /AFNOR NFT 90-103 de 1994) contenues dans les méthodes d'analyse de l'eau compilés par [15]. Les paramètres métalliques ont été dosés après filtration sur papiers filtres Wattman 0,1 μ et analysés au spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA). Les composés à base de dinitrophénols ont été mesurés par la méthode au spectrophotomètre [16].

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. pH

Un pH moyen des lixiviats frais récoltés sur les décharges urbaines est compris entre 6,92 et 7,54 à la saison sèche et la saison humide. Les coefficients de variation (CV) traduisent une homogénéité des mesures sur les 4 saisons et sont respectivement de 9 %, 14 % 10 % et 8,5 % pour GSS, GSP, PSS et PSP. De manière spécifique, les PDG de ménages ont enregistré un pH oscillant entre 6,24 et 8,26, ceux des marchés sont compris entre 5,47 et 9,6 et les PDG des zones industrielles sont compris entre un pH de 6,13 et 10,54. Sur le plan saisonnier, les lixiviats des ménages ont un pH neutre sur toutes les saisons (7,18 ; 7,49) tandis que les PDG de marchés sont tantôt acide (6,69) tantôt basique (7,56) (**Figure 2a**).

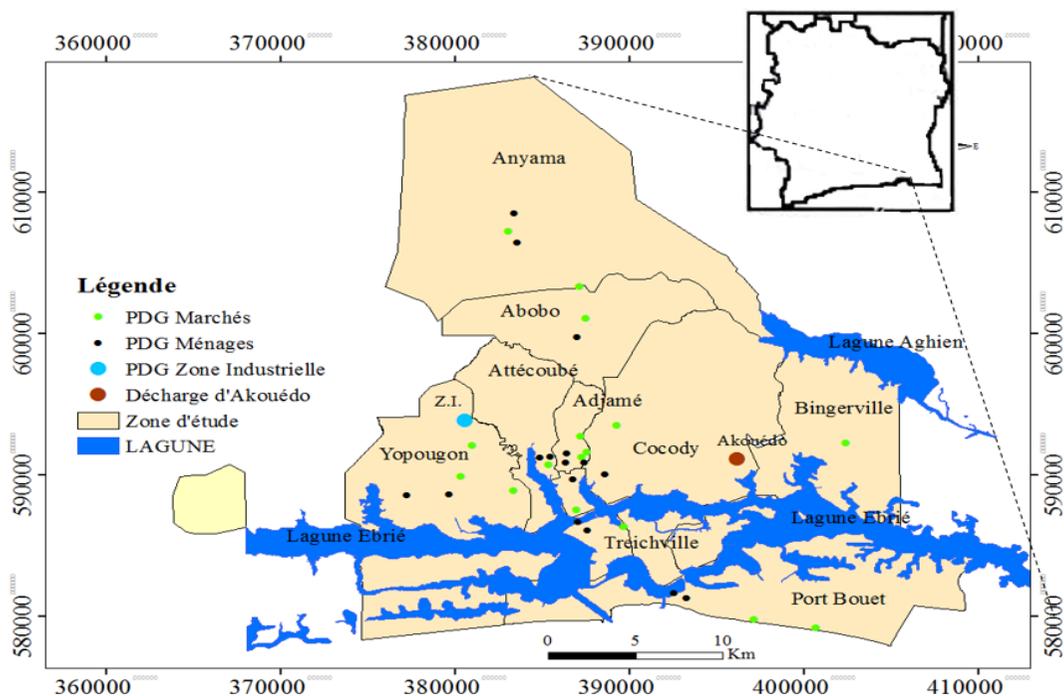


Figure 1 : Sites d'échantillonnage des lixiviats dans le District d'Abidjan

III-2. Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Les lixiviats frais ont une DCO comprise entre 1040 et 32050 mgO₂/L sur toutes les saisons. La DCO moyenne enregistrée est de 7227 mgO₂/L, 7809 mgO₂/L, 8540 mgO₂/L et de 8496 mgO₂/L respectivement pour les GSS, GSP, PSS et PSP. Les PDG ménages varient entre 1750 et 18500 mgO₂/L de DCO. Celle des marchés a une variation similaire, elle est comprise entre 1620 et 17850 mgO₂/L. La DCO la plus élevée a été observée au niveau de la décharge située en zone industrielle de Yopougon (Yop I) avec des valeurs variant entre 30650 et 32050 mgO₂/L sur toutes les saisons. A la décharge d'Akouédo, la DCO est de 1550 mgO₂/L (PSS) et 2300 mgO₂/L (PSP) et de 1800 à 2100 mgO₂/L à la GSS et à la GSP. La DCO des lixiviats frais des déchets urbains est 1,5 à 8 fois supérieure à celle des lixiviats matures de la décharge d'Akouédo (*Figure 2b*).

III-3. Demande Biologique en Oxygène₅ (DBO₅)

La DBO₅ moyenne des lixiviats frais des déchets urbains est de 1643 mgO₂/L pour les déchets de ménages, de 2717 mgO₂/L pour ceux de marchés et de 4935 mgO₂/L pour la zone industrielle. Des pics de DBO₅ ont été obtenus au cours des saisons de GSS, GSP, PSS et PSP aux points AboB₁ et CoA₂ pour

les ménages, aux points AdjD₂ et PltA₄ pour les points de marchés et au point YopI pour les points industriels. La DBO₅ des lixiviats matures de la décharge d'Akouédo est de 550 mgO₂/L, 750 mgO₂/L, 450 mgO₂/L et 850 mgO₂/L respectivement pour les saisons de GSS, GSP, PSS et PSP. De manière générale, les boîtes à moustaches ont présenté presque une similarité de DBO₅ au niveau des ménages et des marchés avec de grands écarts observés dans les décharges industrielles (décharges spéciales).

III-4. Rapport DBO₅/DCO : indice de biodégradabilité

Les lixiviats frais des ménages et de marchés ont un indice de biodégradabilité supérieur à 0,3. Ainsi, les moyennes observées sont de 0,52 pour les PDG de ménages et de 0,33 pour les PDG de marchés, contrairement aux rejets des décharges des zones industrielles dont l'indice est de 0,2 sur les différentes saisons. La biodégradabilité des lixiviats frais des déchets des zones industrielles est faible (0,1). La décharge d'Akouédo a présenté une biodégradabilité comprise entre 0,2 et 0,3 (*Figure 2c*).

III-5. Ammonium (NH₄⁺)

Les teneurs en ammonium dans les lixiviats de marchés sont compris entre 29 et 515 mg/L et ceux des ménages de 8,5 mg/L à 141 mg/L. Les coefficients de variations sont largement supérieurs à 30 % en toutes saisons et en tout point d'échantillonnage. Ce paramètre est donc très hétérogène dans les lixiviats frais des déchets solides urbains. Cependant, les valeurs obtenues dans les zones industrielles et la décharge d'Akouédo sont homogènes avec des coefficients de variation respectifs de 22 % et 29 %. Ainsi ces différentes teneurs sont marquées des boîtes à moustaches de grandes amplitudes surtout pour la décharge d'Akouédo et de moyenne amplitude au niveau des décharges industrielles. Celles-ci sont de 1200 mg/L pour la décharge d'Akouédo et de 700 mg/L pour les zones industrielles. De petites amplitudes caractérisent cependant les PDG de marchés et de ménages avec un maximum atteignant les 300 mg/L au niveau des ménages (*Figure 2e*).

III-6. Nitrates (NO₃⁻)

Les PDG de ménages et de marchés présentent des teneurs moyennes respectives de 14 mg/L et 16 mg/L, contrairement à ceux des zones industrielles dont la concentration moyenne est de 121 mg/L (*Figure 2f*). Les concentrations fluctuent de 38 mg/L à 0,4 mg/L dans les lixiviats frais de déchets de ménages et de 26,25 mg/L et 7,12 mg/L pour les déchets de marchés. Les nitrates sont homogènes dans les lixiviats frais des DSU avec des C.V inférieurs à 30 % pour toute saison et pour tout point d'échantillonnage.

De manière spécifique, c'est la décharge d'Akouédo qui présente de fortes amplitudes entre 50 mg/L à 240 mg/L de nitrates. Les décharges industrielles et les décharges de marchés présentent des teneurs circonscrites avec des boîtes à moustaches aplaties.

III-7. Nitrites (NO_2^-)

Les concentrations moyennes de nitrites sont respectivement de 0,4 mg/L, 1,12 mg/L et 11 mg/L pour les lixiviats frais de ménages, de marchés et de la zone industrielle. Les nitrites de ménages et de marchés varient peu (*Figure 2g*). Les concentrations minimale et maximale au niveau des PDG des ménages et des marchés sont de 0,02 et 0,83 mg/L pour le premier et de 0,22 et 4,75 mg/L pour le second. Dans les lixiviats frais des PDG des déchets industriels, les concentrations varient entre 10,05 mg/L et 12 mg/L et ceux de la décharge d'Akouédo présentent des concentrations plus élevées atteignant 20,24 mg/L. Les NO_2^- présentent un caractère hétérogène d'une saison à l'autre, mais demeurent plus homogènes au sein d'une même saison et d'une même source.

III-8. Orthophosphates (PO_4^{3-})

Il y a une similarité entre le PO_4^{3-} et les paramètres azotés. Cela ressort au travers des boîtes à moustaches de marchés et de ménages qui sont plus aplaties que ceux des décharges industrielles avec des concentrations moyennes respectives de 4 et 8 mg/L et 80 mg/L de P (*Figure 2h*). Les PDG de ménages, de marchés, des zones industrielles et la décharge d'Akouédo, les teneurs en PO_4^{3-} sont circonscrites entre un minimum et un maximum respectifs de 0,45 mg/L à 12,3 mg/L pour le premier, de 0,95 mg/L à 20,94 mg/L pour le second, de 30,98 mg/L à 76,37 mg/L pour le troisième et de 80,58 mg/L à 125,56 mg/L pour le dernier cité. Ces valeurs transparaissent dans les boîtes à moustaches qui sont réduites au niveau des PDG de ménages et de marchés mais sont plus étendues pour la zone industrielle et la décharge d'Akouédo.

III-9. Zinc (Zn)

Les teneurs en zinc dans les lixiviats frais des déchets solides urbains vont de 0,12 mg/L à 0,98 mg/L pour les ménages, de 0,26 mg/L à 1,23 mg/L pour les marchés et de 1,21 mg/L à 2,4 mg/L pour les décharges industrielles. Ces teneurs sont caractérisées par des amplitudes des boîtes à moustaches réduites au niveau des PDG des ménages et des marchés mais sont très étendues pour ceux des décharges des zones industrielles et pour les lixiviats de la décharge d'Akouédo (*Figure 3a*). Les concentrations moyennes en zinc sont respectivement de 0,49 mg/L, 0,69 mg/L et de 1,95 mg/L pour les PDG de ménages, de marchés et des zones industrielles.

III-10. Cuivre (Cu)

Les concentrations en Cu dans les lixiviats frais des DSU sont presque de faibles teneurs de l'ordre de 0,023 mg/L à 0,212 mg/L pour les ménages et les marchés et de 1,05 mg/L à 2,23 mg/L pour les zones industrielles et la décharge d'Akouédo. Le Cu est présent avec une moyenne de 0,056 mg/L dans les déchets de ménages, de 0,067 mg/L pour les PDG de marchés et de 0,96 mg/L pour les décharges industrielles. Les boîtes à moustaches très aplaties pour les PDG de ménages et de marchés indiquent que ces différents lixiviats frais présentent peu de variation aussi bien dans le temps que dans l'espace, contrairement aux lixiviats frais des décharges industrielles où il est prépondérant à de fortes amplitudes (*Figure 3b*).

III-11. Fer (Fe)

Les PDG de ménages et de marchés ont une concentration moyenne de 2,83 mg/L et de 4,54 mg/L nettement en dessous de celles des décharges spéciales industrielles, estimée à 8,17 mg/L. Les lixiviats frais des DSU ont des teneurs en fer assez hétérogènes avec des cv supérieurs à 30 % en toute saison avec des boîtes à moustache assez étendues pour les PDG de ménages, de marchés, celles-ci étant réduites pour ceux des déchets des zones industrielles et pour la décharge d'Akouédo (*Figure 3c*). Les lixiviats de la décharge d'Akouédo sont assez élevées et sensiblement constantes. Elles sont respectivement de 13,32 mg/L, 12,08 mg/L, 13,94mg/L et 15,12 mg/L pour la GSS, GSP, PSS et PSP.

III-12. Nickel (Ni)

Le Nickel est en dessous de la limite de détection (Ldd) dans les lixiviats frais des PDG de ménages mais de teneurs supérieures ($> Ldd$) dans les autres PDG. En effet, les teneurs oscillent entre 0,008 mg/L et 0,052 mg/L pour les PDG de ménages et entre 0,012 mg/L et 0,11 mg/L pour les PDG de marchés. Les PDG de la zone industrielle et la décharge d'Akouédo ont une concentration minimale 0,13 mg/L et maximale de 0,26 mg/L (*Figure 3d*). Les concentrations en nickel au niveau de la décharge d'Akouédo et de la zone industrielle sont élevées par rapport à celles des autres lixiviats frais avec des concentrations respectives de 0,4mg/L, 0,36mg/L, 0,25mg/L et 0,36mg/L pour la GSS, GSP, PSS et PSP.

III-13. Cadmium (Cd)

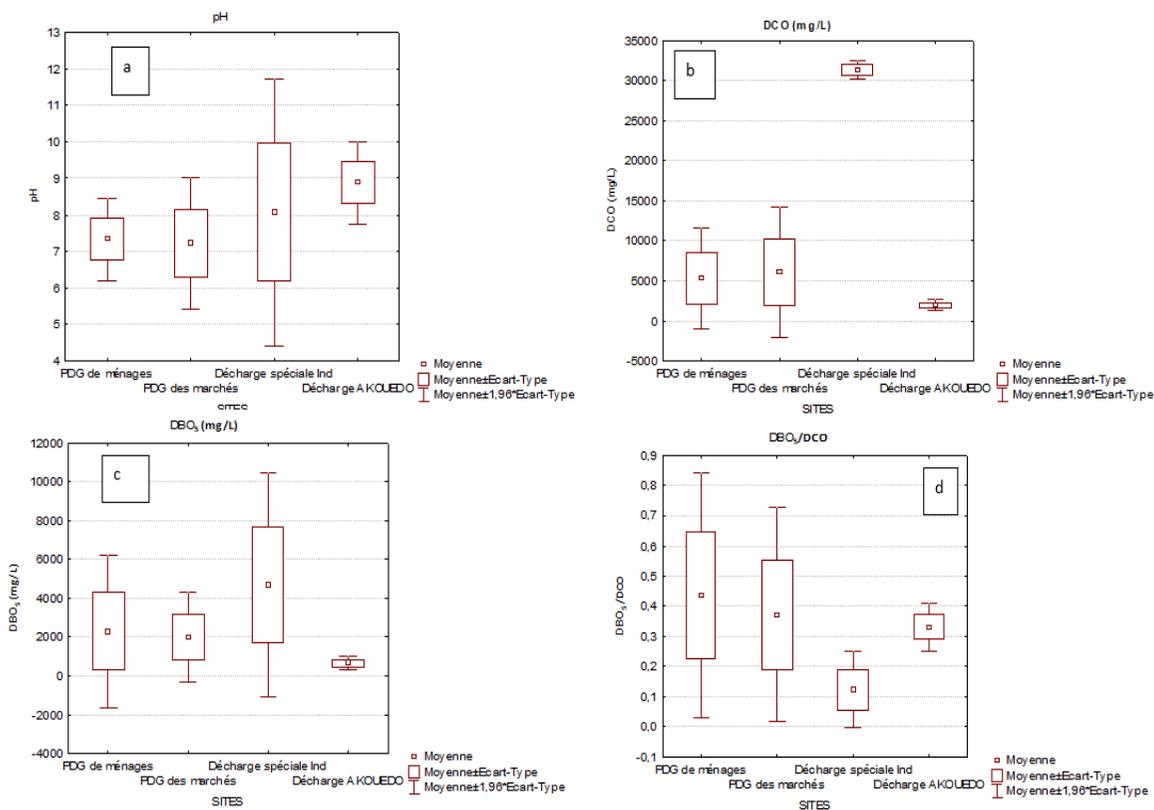
Les teneurs en cadmium des lixiviats des déchets urbains sont restées inférieures à la limite de détection (0,002 mg/L) en toutes saisons et pour tous types de PDG. Le cadmium dans les lixiviats frais des déchets urbains se retrouve sous forme de trace.

III-14. Mercure (Hg)

Le mercure tout comme le cadmium n'a pas été détecté (teneur inférieure à la limite de détection) sur l'ensemble des lixiviats frais des DSU du District d'Abidjan.

III-15. Dinitrophenols (DNP)

La concentration en DNP s'est révélée inférieure à la limite de détection surtout dans les PDG de marchés et de ménages. Les teneurs de DNP observées varient d'un minimum inférieur à la Ldd surtout dans les éluats des PDG de marchés et des zones industrielles, à un maximum de 2,3 mg/L. En effet, les concentrations du DNP vont d'un minimum inférieur à la Ldd à un maximum de 0,5 mg/L dans les PDG de ménages. Au niveau des PDG des marchés, la concentration oscille entre un minimum de 0,24 mg/L à un maximum de 2,3 mg/L au niveau des PDG de marchés et de 0,29 mg/L vers un maximal de 1,5 mg/L pour les PDG des zones industrielles. Les teneurs sont plus étendues au niveau des PDG des marchés et de la zone industrielle que celles des ménages et de la décharge d'Akouédo (*Figure 2g*).



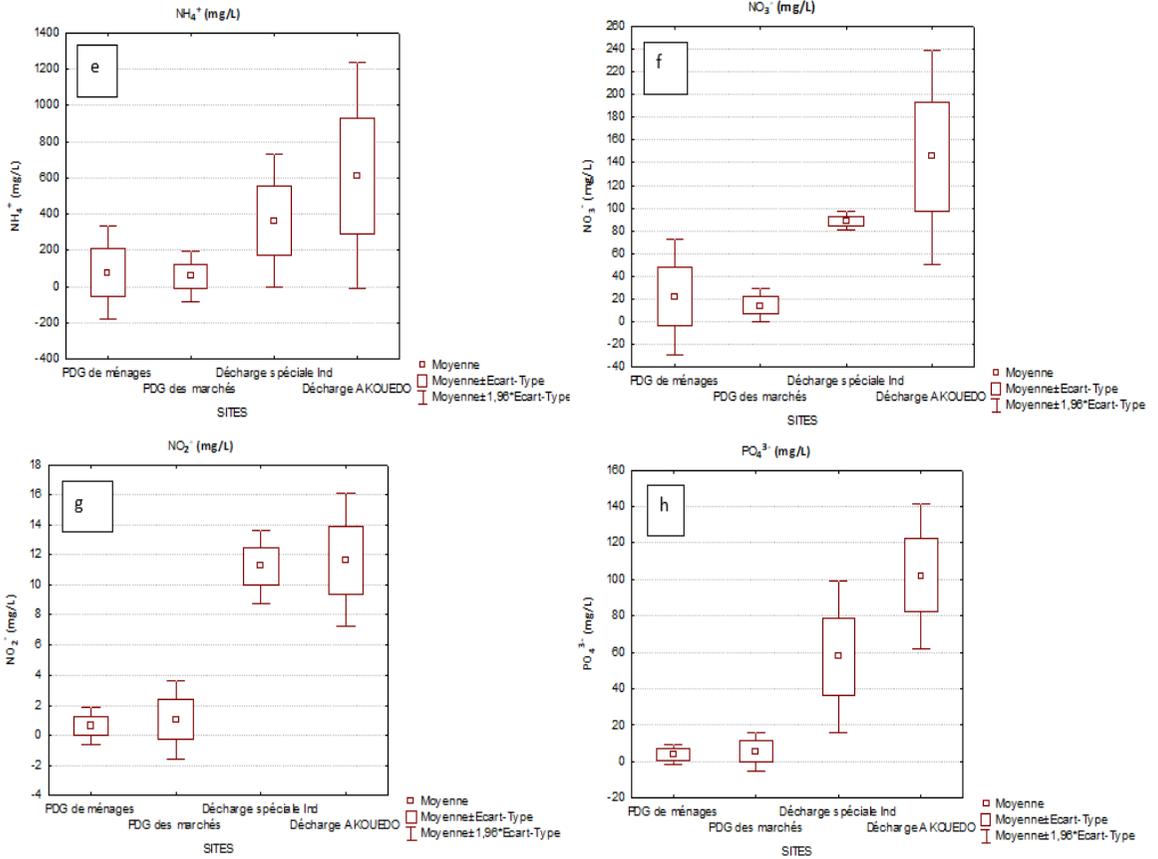


Figure 2 : Variations des paramètres physico-chimiques des lixiviats frais des PDG des déchets urbains

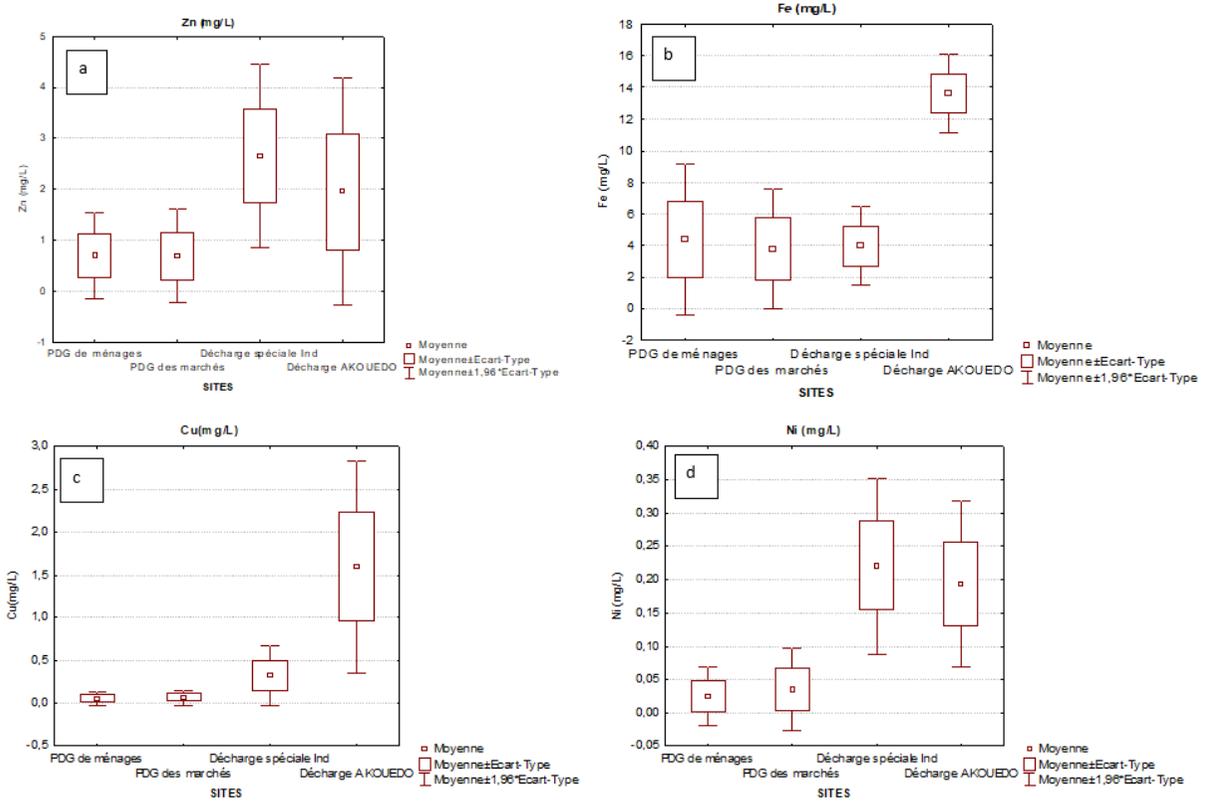


Figure 3 : Variation des paramètres métalliques dans les lixiviats frais des PDG des déchets urbains

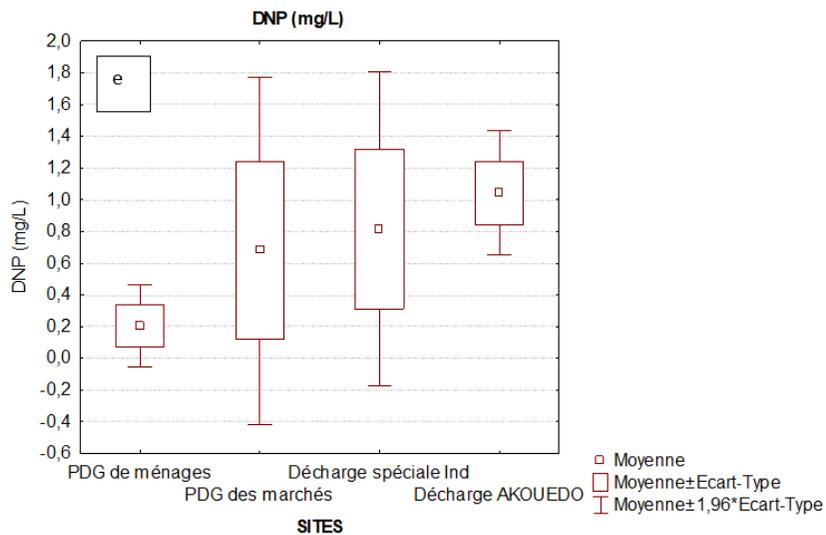


Figure 4 : Variation des DNP dans les lixiviats frais des DSU

IV - DISCUSSION

Nous disposons à ce jour très peu de données sur les lixiviats frais des PDG des DSU comparativement aux données sur les lixiviats matures des décharges urbaines et des centres d'enfouissement techniques (CET). C'est pourquoi, la présente discussion sera menée comparativement aux données dont nous disposons sur l'ensemble des lixiviats des différentes décharges mentionnée dans la littérature.

IV-1. pH

Les valeurs de pH enregistrées dans les lixiviats frais (4,78 - 10,54) s'inscrivent dans un intervalle plus large que celles observées dans la littérature, notamment les valeurs obtenues par [17] qui étaient comprises entre 6,2 et 10 et celles de [18] comprises entre 4,9 et 8,9. Cependant, les travaux de [19] ont révélé des lixiviats dont le pH est compris entre 5,3 et 7 alors que la plupart des lixiviats matures ont un pH compris entre 6 et 8. Aussi, [20], qui travaillaient sur des lixiviats vieux de 5 ans de la décharge de la ville de FES (Maroc) ont relevé des teneurs en pH oscillant entre 7,2 et 8,4 avec une moyenne 7,9. [6] ont classifié de tels lixiviats dans la troisième correspondant à la production de méthane dans les décharges et les centres d'enfouissement techniques. Ces résultats confirment ceux de Pohland et Coupanec avec leurs alliés [21, 22] qui ont travaillé sur des lixiviats de C.E.T de 5 ans avec des pH compris entre 7,6 et 8. Les lixiviats frais des PDG loin du processus de la méthanisation, ont par moment des valeurs de pH semblable à ceux des lixiviats matures de vieilles décharges.

IV-2. Les paramètres azotés

Les paramètres azotés sont caractérisés par des amplitudes assez élevées ce qui denote de leur grande variabilité dans les lixiviats des déchets solides urbains. En effet les auteurs comme [18, 19, 22] ont enregistré respectivement des pics de NO_3^- de 1880 mg/L et 2200 mg/L avec 2154 mg/L pour NH_4^+ avec des minimas de concentrations respectives de 0,1 et 0,9 mg/L. Cependant, avec un pic de 121 mg/L et un minimum de 0,4 mg/L, nos résultats se rapprochent plus de ceux de [17] qui a obtenu des valeurs comprises entre 0,07 et 95mg/L NH_4^+ . [20] ont enregistré des teneurs en NO_3^- plus réduit et des concentrations de l'ordre de 35,64 ppm et de 8,65 ppm en NO_2^- .

IV-3. Orthophosphates

Au niveau de l'orthophosphate, les concentrations moyennes dans les déchets urbains sont 2 à 3 fois supérieures à celles obtenues par [17], et d'autres auteurs [23 - 27] Ces concentrations très élevées pourraient être dues aux

contaminations ponctuelles urbaines dans les lixiviats des PDG et certaines fois de contamination permanente par l'apport de produits industriels comme au point de prélèvement de Yop I.

IV-4. DBO₅ et DCO

Quant à l'évaluation des charges organiques, la DCO et la DBO₅ beaucoup élevées placent les lixiviats dans le domaine d'instabilité conformément à la classification décrite par [8]. En effet selon ces auteurs, la matière organique sous sa forme complexe pourrait s'hydrolyser pour donner des molécules organiques beaucoup plus solubles car les conditions de cette hydrolyse étant complètes avec l'humidité, une pression atmosphérique favorable et une présence d'oxygène atmosphérique. Le pic de DCO au point YopI avec ceux des autres paramètres confirment l'hypothèse d'une contamination ponctuelle en occurrence une contamination due aux produits industriels. De manière générale, la DCO et la DBO₅ ont une tendance élevée dans les lixiviats conformément à la nature des points d'échantillonnage recevant les déchets des ménages ou ceux de marchés [23]. Des proportions identiques avec des pics de 27000 mg/L pour la DCO et de 15000 mg/L pour la DBO₅ et des moyennes de 2100 mg/L pour la DCO et 843 mg/L pour la DBO₅ ont été obtenues par [17]. [18] quant à lui a enregistré des proportions dont les pics étaient estimés à 86000 mg/L de DCO et de 73000 mg/L de DBO₅ dans les lixiviats de décharges. De même [19] a obtenu des proportions de l'ordre de 42860 mg/L pour la DCO et 18000 mg/L de DBO₅. Ce constat est partagé par [24, 25], qui ont remarqué que les lixiviats de décharge sont comparables à des rejets industriels complexes contenant à la fois des substances organiques et inorganiques contaminants. La demande chimique en oxygène (DCO) mesurée dans les lixiviats frais des déchets urbains bien qu'en deçà des valeurs affichées par les lixiviats des décharges à lixiviats stabilisés, dépasse déjà le seuil de l'acceptable (au-delà de 1040 mg/L). En effet, ce seuil est supérieur à la norme moyenne ivoirienne fixée par le Ciapol qui est de l'ordre de 300 mg/l. Quant à la DBO₅, elle oscille entre 300 et 12000 mg/l, alors que la norme de rejet est de 100 mg/l. Ces mêmes observations ont été faites en Algérie par [26] où ces paramètres étaient largement au-dessus des normes fixées.

IV-5. DBO₅ / DCO

L'indice de dégradabilité est en majorité supérieur à 0,3. Cela confirme que les lixiviats frais ont une forte charge organique et une forte instabilité comme l'attestent [8, 17] qui stipulent que ces indices ramènent à des lixiviats jeunes et en occurrence frais. D'autres points de prélèvements confirment l'hypothèse de la contamination par des produits industriels de par leur faible indice de dégradabilité qui sont compris entre 0,1 et 0,3. Ces points ont une dégradabilité

équivalente à celle mesurée par [22] dans leur étude sur les centres d'enfouissement technique. Ces points ne conservant pas ce caractère sur toutes les saisons ou tous les mois et souvent de manière journalière, on peut évoquer que ces points sont sujets à des pollutions ponctuelles et passagères. D'un point de vue générale, les coefficients de variation des mesures de chaque paramètre en chaque point montrent que la variabilité de la quasi-totalité de ces paramètres est hétérogène en toutes saisons et d'un point à un autre à l'exception du pH qui semble plus homogène. Il est donc indispensable de traiter ce jus de décharge pour éviter tout risque de contamination ultérieure du milieu par drainage de ces lixiviats.

IV-6. Eléments traces métalliques (ETMs)

Les éléments traces métalliques indiquent une variation de ces éléments dans les lixiviats des PDG. Le Zn dont les teneurs ont varié dans un intervalle de 0,045 mg/L à 3,54 mg/L est 100 fois plus grandes dans les lixiviats matures dont les teneurs peuvent aller des plus élevées (326 mg/L) à des celles inférieures à la limite de détection [10, 14, 23]. Ces observations sont conformes à ceux de [20] qui ont détecté des pics de 6,3 à 1,1 mg/L dans les lixiviats de l'ancienne décharge de Fès au Maroc. Cependant il arrive que les concentrations en zinc relèvent des microgrammes par litre même dans les lixiviats stabilisés. C'est par exemple les teneurs comme 747,2 µg/L à la décharge d'El Jadida au Maroc [25], de 700 µg/L à la décharge d'Alger [26] et de 740 µg/L à la décharge d'Ettuefont en France [27]. Cependant dans les lixiviats de la décharge d'Akouédo on a enregistré des concentrations moyennes en toutes saisons de 0,45 mg/L de Zn [19]. Ces concentrations sont équivalentes à celle obtenue par [26 - 29]. Le Cu a présenté des concentrations similaires à celles du Zn sur les différentes saisons. En effet, des niveaux de concentration inférieurs à 4 mg/L sont nettement inférieurs à ceux relevés par [17, 18] évalués à 16 mg/L dans les lixiviats de décharges. De leur côté, [12] ont obtenu une concentration de 157,8 µg/L à la décharge d'El Jadida au Maroc alors qu'en Algérie [17] obtenaient une concentration de 450 µg/L à la décharge d'Alger et de 270 µg/L à la décharge d'Ettuefont en France [27]. Ces concentrations sont supérieures à celles obtenues dans les lixiviats frais des DSU surtout aux PDG de ménages et marchés. Ceci pourrait s'expliquer par deux faits à savoir, l'immaturation des lixiviats des DSU des PDG et par la dilution des lixiviats frais sur les PDG. Cependant, les teneurs des lixiviats de la décharge d'Akouédo (1,75 mg/L) sont beaucoup plus supérieures à celles mentionnées par ces auteurs et aussi par [30] en 2008. Les pics de concentration en fer sont restés inférieurs ou égal à 12 mg/L. Ce niveau de fer est largement en dessous de ceux obtenus en France par [18, 19] estimés à 1995 mg/L dans les lixiviats de décharges. De même, la moyenne de fer

(5 mg/L) est aussi nettement en dessous de celle obtenue par ces auteurs qui est de 11,3 mg/L. Les taux de Ni sont en général inférieur à la limite de détection dans les lixiviats frais des DSU. Les concentrations moyennes obtenues sont nettement en dessous de celle rapportées par en France par [18] qui est de 0,14 mg/L. Sa forte présence dans les lixiviats des déchets urbains situés dans la zone industrielle indiquerait une contamination de ceux-ci par des produits industriels [18, 19].

IV-7. Dinitrophénols (DNP)

Les teneurs en DNP des lixiviats frais sont apparues dans 70 échantillons sur les 128 prélèvements opérés. Ce qui pourrait expliquer sa présence ponctuelle et souvent accidentelle dans l'environnement urbain. La présence de cet élément polluant dans les lixiviats frais des DSU, en raison des risques possibles pour la santé des populations et pour les écosystèmes qui l'engendrent, est une grande inquiétude décriée par [31] et donne l'alarme aux procédés d'utilisation domestique des pesticides ou autres produits chimiques en milieu urbain ou utilisés en industrie.

V - CONCLUSION

Les analyses des lixiviats frais des DSU issus des trois sources de PDG: les PDG des ménages, les PDG de marchés et les PDG de zone industrielle ont montré que ceux-ci doivent faire l'objet de surveillance car ne respectant aucune norme de rejet sanitaire. De tous les paramètres analysés, seul leur pH respecte les normes de rejet nationales au niveau des PDG de ménages et de marchés. Les composés azotés, les orthophosphates et les éléments trace métalliques sont des facteurs de pollution environnementale à prendre en compte au niveau des lixiviats frais des déchets urbains. Seuls le mercure et le Cadmium n'ont pas été détectés dans les lixiviats frais des déchets urbains au cours de cette étude.

REMERCIEMENTS

Nous remercions, pour leur totale contribution, le Programme "Eugen Ionescu" de l'Etat de Roumanie et l'AUF, Bucarest.

RÉFÉRENCES

- [1] - BANQUE MONDIALE, L'Urbanisation diversifiée : le cas de la Côte d'Ivoire, ISBN : 978-1-4648-0871-5, (2016) 209 p.
- [2] - R. K. OURA, Extension urbaine et protection naturelle : La difficile expérience d'Abidjan, *Vertigo*, Vol. 12, N° 2 (2012) 12 p.
- [3] - M. R. BANGOURA, Gestion des déchets solides ménagers et ségrégation Socio-Spatiale dans la ville de Conakry (Guinée), Thèse, Université de Toulouse, (2017) 559 p.
- [4] - BANQUE AFRICAINE DE DEVELOPPEMENT, Projet de construction et d'exploitation d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) à Kossihouen pour l'élimination des Déchets Solides Ménagers et Assimilés (DSMA) du District Autonome d'Abidjan (DAA), EIES, (2019) 25 p.
- [5] - Z. C. LAGOBO, Analyse situationnelle des déchets solides urbains et évaluation des charges polluantes des lixiviats issus des points de groupage du district d'Abidjan. Thèse de Doctorat, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, (2016) 155 p.
- [6] - T. H. CHRISTENSEN et P. KJELDSEN, Basic biochemical process in landfill. In Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R. (Eds) : Sanitary landfilling process, technology and environmental impact, Academic press, (1989) 170 p.
- [7] - J. D. VILOMET, Evaluation du risque lié à une décharge d'ordures ménagères : suivi de la qualité d'un aquifère au moyen des isotopes stables du plomb et du strontium. Corrélation avec des polluants spécifiques des lixiviats, Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, (2000) 137 p.
- [8] - J. P. RENOU, J. M. BONNY, L. FOUCAT et A. TRAORE, MRI of a meat-related food system. In Magnetic resonance in Food Science : from Molecules to man, (2007) 72 - 82 p.
- [9] - A. GODFRED, Traitement de lixiviat par voie biologique, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences Tétouan, Maroc, Mémoire, (2017) 71 p.
- [10] - A. AMOKRANE, Épuration des lixiviats de décharge. Prétraitement par coagulation-floculation. Traitement par Osmose inverse. Post-traitement par incinération. Thèse, Institut National des Sciences Appliquées LCPAE Lyon, France, (1994) 286 p.
- [11] - N. MIKAC, C. A. BOZENA, A. SVJETLANA et T. ZDENKA, Assessment of groundwater contamination in the vicinity of a municipal solid waste landfill (Zagreb, Croatia). *Water. Sci. tech.*, Vol. 37, N°8 (1998) 37 - 44 p.

- [12] - A. CHOFQI, A. YOUNSI, E. K. LHADI, J. MAMINA, J. MUDRY et A. VERON, Environmental impact of an urban landfill on a costal aquifer (El Jadia, Morocco). *J. Afr. Earth Sci.*, Vol. 39, issues 3-5, (2004) 509 - 512 p.
- [13] - X. LEFEBVRE, Rôle de l'humidité dans la stabilisation biologique des déchets stockés en décharge. Communications ; Journées scientifiques à Toulouse les 10 et 11 décembre 1998, la gestion de l'humidité dans les centres de stockage de déchets ménagers et assimilés : impacts, méthodes de mesures, moyens d'action et modélisation. Résumés des interventions, (1998) 98 p.
- [14] - SGDSN, Stratégies de gestion des déchets solides à Nouakchott, organization de la filière d'enlèvement des ordures ménagères, volume I, Rapport final, Ministère des Affaires Economiques et du Développement, Programme de Développement Urbain, (2003) 130 p.
- [15] - J. RODIER, B. LEGUBE et N. MERLET, L'Analyse de l'eau (partie 1) 9^{ème} édition, Edition *DUNOD*, (2009) 300 p.
- [16] - Z. C. LAGOBO, V. MAMBO, O. B. YAPO, V. P. HOUENOU et G. DROCHIOIU, Nouvelle méthode de détermination au spectrophotomètre du Dinitrophénol et dérivés dans les aliments et dans l'environnement. *Revue Africaine de Santé et de Production Animales (RASPA)*, Vol. 8, N°S (2010) 67 - 74 p.
- [17] - P. ARRIZABALAGA, Etude des lixiviats de décharges : Approche écotoxicologique, Rapport commission, Groupe de travail de la CIPEL «Déchets», (1997) 23 p.
- [18] - B. CLEMENT, Toxicité aigüe des lixiviats de décharges, apports respectifs et complémentarité des approches biologiques et physico-chimiques. Thèse, Université de Savoie, France, (1994) 323 p.
- [19] - M. MAES, Déchets industriels : mode d'emploi. Technique et documentation, Lavoisier, Paris, (1986) 231 p.
- [20] - H. CHTIQUI, S. SOUABI, M. A. ABOULHASSAN, D. ZAKARYA, Contribution à l'évaluation de la pollution générée par les lixiviats de la décharge de la ville de Mohammedia et son impact sur l'environnement, revue francophone d'écologie industrielle, N° 49 (2005) 5 p.
- [21] - F. G. POHLAND, T. R. SCHAFFER, S. RAVI et W. H. CROSS, The Fate of Selected Organic Pollutants during Landfill Disposal Operations. AD-A180 117, USEPA, Atlanta, U.S.A., (1987)
- [22] - F. L. COUPANNEC, D. MORIN et J. J. PERON, Fractionnement et caractérisation des lixiviats des centres d'enfouissement techniques de déchets ménagers. Intéret de la chromatographie liquide haute performance sur gel d'exclusion stérique, *Revue des Sciences de l'eau* : 12/3 (1999), (1998) 529 - 543

- [23] - M. EL KHARMOUZ, M. SBAA, A. CHAFI, S. SAADI, L'étude de l'impact des lixiviats de l'ancienne décharge publique de la ville d'oujda (maroc oriental) sur la qualité physicochimique des Eaux souterraines et superficielles, *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, N°16 (2013) 105 - 119 p.
- [24] - M. PARVEAU, Le traitement des lixiviats par osmose inverse, L'eau, L'industrie, Les nuisances, N 162 (1993) 48 - 50 p.
- [25] - J. D. KEENAN, R. STEINER, A. FUNGAROLI, Chemical-physical leachate treatment. *Journal of Environnement Engineering*, Vol. 109, N 6 (December 1983) 1371 - 1384 p.
- [26] - R. KERBACHI, M. BELKACEMI, Caractérisation et évolution des lixiviats de la décharge de Oued Smar à Alger. T.S.M- L'eau, N 11 (1994) 615 - 618 p.
- [27] - H. KHATTABI, Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France). Doc. Univ, Univ. Sci. Tech. Env. Franche Comté. Besançon. France, (2000) 171 p.
- [28] - A. A. SILLET, S. ROYER, Y. COQUE, J. BOURGOIS et *O. THOMAS, Les lixiviats de décharges d'ordures ménagères genèse, composition et traitements, *revue francophone d'écologie industrielle*, N° 22 (2015) 7 - 11 p.
- [29] - A. BENGUIT, Post-traitement des lixiviats de compostage et de site d'enfouissement sanitaire par voie électrolytique, Université du Québec, Institut National de la Recherche Scientifique Centre Eau Terre Environnement, mémoire, (2019) 112 p.
- [30] - A. OI ADJIRI, L. GONE DROH, K. I. KOUAME, B. KAMAGATE et J. BIEMI, Caractérisation de la pollution chimique et microbiologique de l'environnement de la décharge d'Akouédo, Abidjan Cote d'Ivoire, Université d'Abobo-Adjamé Int. *J. Biol. Chem. Sci.*, 2 (4) (2008) 401 - 410 p.
- [31] - O. PINTILIE, C. ANDRIES, A. COSMA, M. ZAHARIA, G. DROCHIOIU, V. VASILACHE, I. SANDU, The Influence of Dinitrophenolic Pesticides on the Viability of Plants, *REVUE Roumaine de CHIMIE* (Bucharest), N° 9 (2015) 66 p.