

Quantification et caractérisation physico-chimique du lixiviat des ordures ménagères : étude expérimentale

Kouadio Venance KOFFI, Kokoh Rose EFFEBI* et Amenan Lydie C. MANGOUA-ALLALI

Université Nangui ABROGOUA, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, 02 BP Abidjan 02, Côte d'Ivoire

(Reçu le 19 Novembre 2025 ; Accepté le 30 Janvier 2026)

* Correspondance, courriel : effeb2001@yahoo.fr

Résumé

La quantité des ordures ménagères a connu au cours des dernières décennies un accroissement rapide en raison de l'urbanisation accélérée, la croissance démographique et l'intensification des activités anthropiques. L'objectif de la présente étude est de caractériser le lixiviat des ordures ménagères à l'échelle expérimentale. Des ordures ménagères d'une quantité totale de (6 kg), composées de 01 Kg de chaque constituant (épluchures de fruits, légumes, pommes de terre, ignames, patates et restes d'aliments) ont été mis en tas dans un récipient durant 3 mois. Les méthodes utilisées pour caractériser (les nitrates, les phosphates, les sulfates, les matières en suspension, le phosphore total et l'azote total) du lixiviat sont respectivement (la spectrométrie d'absorption moléculaire, la néphélométrie, la spectrométrie d'absorption moléculaire au molybdate d'aluminium, la filtration sur fibre de verre, la spectrométrie au molybdate d'ammonium et l'azote kjeldahl). Les échantillons ont été prélevés à deux semaines, un mois, deux mois et trois mois de l'expérimentation. Le pH enregistré est acide (5,06). Les valeurs des concentrations exprimées en mg/L au bout de trois mois sont caractérisées par une absence totale du nitrate, 34 pour le phosphate, 960 pour les sulfates, 205 pour les MES, 76 pour le phosphore total, 660 pour l'azote total, 69500 pour la DCO, 22000 pour la DBO₅ avec un rapport DBO₅/DCO de 0,316. Durant 3 mois d'expérimentation le volume total de lixiviat recueilli est de 277 mL. Les résultats obtenus attestent que le lixiviat n'ayant pas subi de dilution des eaux pluviales comme dans les décharges non contrôlées au bout de cette période est un lixiviat intermédiaire avec un indice de biodégradabilité faible.

Mots-clés : *lixiviat, ordures ménagères, paramètres physico-chimiques, quantification.*

Abstract

Quantification and physico-chemical characterization of household waste leachate: experimental study

The amount of household waste has increased rapidly in recent decades due to accelerated urbanization, population growth, and intensified human activities. The objective of this study is to characterize household waste leachate on an experimental scale. A total of 6 kg of household waste, consisting of 1 kg of each component (fruit peelings, vegetables, potatoes, yams, sweet potatoes, and food scraps), was piled in a container for three months. The methods used to characterize (nitrates, phosphates, sulfates, suspended

solids, total phosphorus and total nitrogen) of the leachate are respectively (molecular absorption spectrometry, nephelometry, aluminum molybdate molecular absorption spectrometry, glass fiber filtration, ammonium molybdate spectrometry, and Kjeldahl nitrogen). Samples were taken two weeks, one month, two months, and three months into the experiment. The pH recorded was acidic (5.06). The concentration values after three months were characterized by a total absence of nitrate, 34 for phosphate, 960 for sulfates, 205 for MES, 76 for total phosphorus, 660 for total nitrogen, 69,500 for COD, 22,000 for BOD₅ in mg/L with a BOD₅/COD ratio of 0.316. During the three-month experiment, the total volume of leachate collected was 277 ml. The results obtained show that the leachate, which had not been diluted by rainwater as in uncontrolled landfills at the end of this period, is an intermediate leachate with a low biodegradability index.

Keywords : *leachate, household waste, physico-chemical parameters, quantification.*

1. Introduction

Les quantités de déchets ménagers ont connu au cours des dernières décennies un accroissement rapide en raison de l'urbanisation accélérée, de la croissance démographique et de l'intensification des activités socio-économiques [1, 2]. Cette tendance est particulièrement critique dans les pays en développement, où les infrastructures de gestion des déchets demeurent faibles. La composition de ces déchets, riche à la fois en matières organiques et inorganiques, représente ainsi un risque majeur pour les composantes de l'environnement (air, eau, sol) et pour la santé des populations [3, 4]. Le rapport « What a Waste 2.0 » publié par la Banque mondiale indique que le monde génère environ 2 milliards de tonnes de déchets solides municipaux (DSM) chaque année, dont au moins 33 % ne sont pas gérés de manière écologiquement rationnelle. La quantité de déchets produite dans les pays à faible revenu devrait quant à elle tripler d'ici 2050 [5]. Cette hausse soutenue de la production de déchets met en évidence la nécessité d'un système de gestion efficace et durable. Cependant, plusieurs villes sont confrontées à de nombreux défis dans la gestion des déchets, et environ deux milliards de personnes vivent dans des zones non desservies par la collecte des déchets [6]. Face à cela, la mise en décharge demeure le moyen le plus économique et donc le plus utilisé pour l'élimination des déchets solides. Comparativement à d'autres techniques, elle présente, cependant des risques potentiels de dégradation de la qualité de l'environnement et de l'atmosphère par l'émanation d'odeurs nauséabondes, la production des biogaz et surtout des lixiviats qui véhiculent une importante charge polluante [7, 8]. Ces lixiviats constituent une menace pour les eaux de surface, les eaux souterraines et la nappe phréatique [9, 10]. Leur rejet, sans traitement préalable, engendre la pollution des sols, la contamination des eaux et par conséquent, les risques sanitaires [10, 11]. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que l'insalubrité, est la cause d'environ 20 % des maladies dans les pays en développement contribuant à une mortalité infantile élevée [12]. Force est de constater, malheureusement, que malgré l'importance du problème, la plupart des études existantes sont essentiellement basées sur la caractérisation des lixiviats ou encore sur les procédés de traitement [13, 14]. En revanche, la composition physico-chimique de lixiviat issue des ordures ménagères demeure peu connue et est généralement biaisée par la présence des eaux pluviales. C'est dans ce cadre, que s'inscrit cette étude expérimentale dont l'objectif général est de caractériser le lixiviat produit par les ordures ménagères. De manière spécifique, il s'agira d'analyser les paramètres physico-chimiques, de quantifier le volume de lixiviat généré et d'identifier le type de lixiviat obtenu.

2. Méthodologie

2-1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué d'un récipient d'un volume de 10L. Des ordures ménagères d'une quantité totale de (6kg), composées de 01 Kg de chaque constituant (épluchures de fruits, légumes, pommes de terre, ignames, patates et restes d'aliments) ont été mises en tas dans un récipient durant 3 mois, bien fermé pour maintenir les conditions anaérobies. Un robinet est également fixé sur le récipient, permettant de recueillir le lixiviat issu des ordures ménagères. La **Figure 1** présente le dispositif expérimental. La **Figure 2** montre le mode de prélèvement.

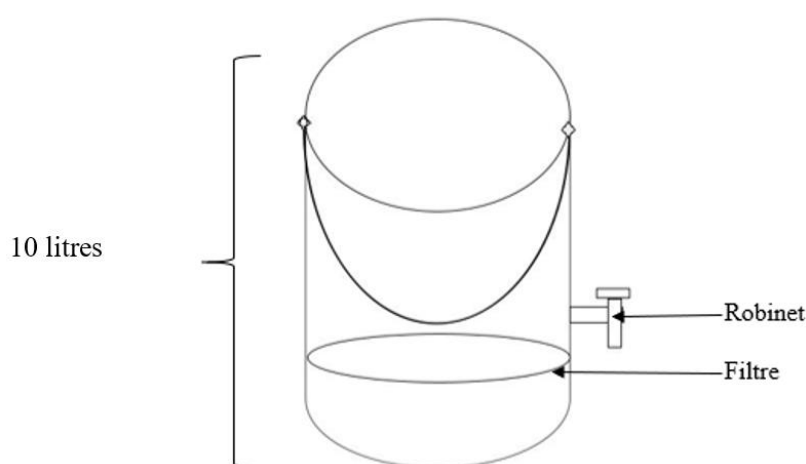


Figure 1 : Dispositif de conservation

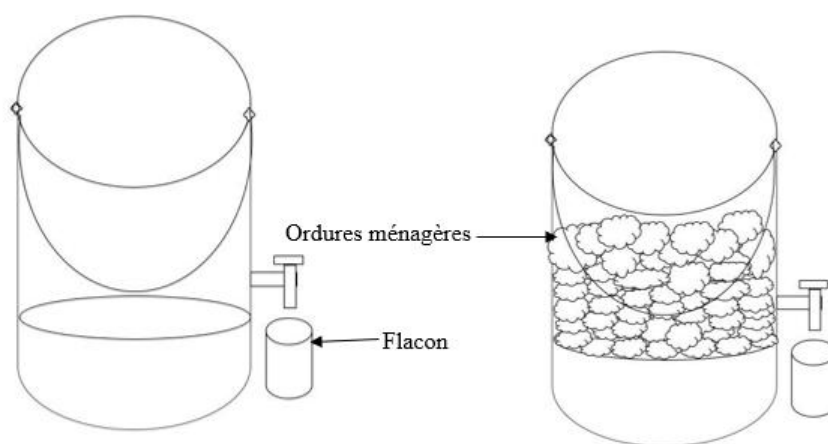


Figure 2 : Mode de prélèvement

2-2. Justification du choix des ordures ménagères

Le choix des types d'ordures ménagères pour cette étude repose sur plusieurs raisons. Tout d'abord, la nature organique et le niveau de biodégradabilité élevé des épluchures. En effet, tous les ingrédients (les épluchures d'orange, de pommes, de concombres, de pomme de terre, d'igname, de bananes et des oignons ainsi que les restes d'aliments) sont des matières organiques hautement biodégradables [15]. Sous l'action des micro-organismes, les épluchures de fruits et de légumes ainsi que les restes d'aliments se décomposent pour produire le lixiviat [16]. Ensuite, ces matières organiques contiennent également des nutriments

(Azote, phosphore, potassium) et des composés organiques dissous (acide organique, sucres et protéines) [17]. Les nutriments et les composés organiques caractérisent la composition typique du lixiviat issus des déchets ménagers [18]. Enfin, les épluchures de fruits et de légumes ainsi que les restes d'aliments se décomposent dans un délai relativement court permettant d'observer la production du lixiviat [19].

2-3. Démarche expérimentale

Le choix de la masse des différentes épluchures a été fonction de la capacité du récipient utilisé mais aussi du temps disposé. Les différentes épluchures utilisées sont découpées en petits morceaux pour faciliter la décomposition de ces ordures sur une courte durée. Ensuite, elles sont mises dans le récipient bien fermé. Après deux semaines de décomposition des ordures stockées, le premier échantillon de lixiviat est obtenu et une collecte régulière est effectuée.

2-4. Prélèvement des échantillons de lixiviat

Pour réaliser cette étude, une série d'échantillonnage a été effectuée du 18 Août 2020 au 24 Novembre 2020 à partir du dispositif expérimental. La fréquence d'échantillonnage est d'un mois allant de la mise en tas jusqu'à l'arrêt de l'expérience (**Tableau 1**). Les prélèvements ont été effectués à l'aide de flacons de 300 mL préalablement lavés à l'eau distillée, puis avec l'échantillon à prélever et enfin remplis. Le remplissage des flacons a été fait à ras bord, puis le bouchon vissé pour éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère. La technique de prélèvement consiste à ouvrir le robinet pour laisser le lixiviat couler pendant le temps de remplissage du flacon. Les échantillons de lixiviat ont été conservés dans une glacière à 4°C et transportés au laboratoire du Centre Ivoirien Anti-Pollution (CIAPOL) où ils ont été analysés.

Tableau 1 : Fréquence d'échantillonnage après la mise en place du dispositif

Échantillons de lixiviat	Fréquence d'échantillonnage
Échantillon 1	Deux semaines
Échantillon 2	Un mois
Échantillon 3	Deux mois
Échantillon 4	Trois mois

2-5. Caractérisation physico-chimique du lixiviat

La caractérisation du lixiviat brut a été réalisée par la détermination des paramètres à travers les méthodes d'analyse mentionnées dans le **Tableau 2**. Les analyses des paramètres pour chaque échantillon ont été dupliquées et les valeurs moyennes ont été retenues.

Tableau 2 : Méthodes d'analyse des lixiviats [20, 21]

Paramètres	Méthodes d'analyses	Norme
DBO ₅	Méthode par dilution	NFT 90 -103
DCO	Mesure par oxydation	CEAEQ, 2003
NO ₃ ⁻	Spectrométrie d'absorption moléculaire	NFT 90 — 045
SO ₄ ²⁻	Néphélométrie	Radier (T90 -048)
PO ₄ ³⁻	Spectrométrie d'absorption moléculaire au molybdate d'Aluminium	NFT 90- 023
MES	Méthode par filtration sur fibre de verre	NF EN 872 :2005 (AFNOR)
pH	Sonde électrochimique	NF T90-006
Phosphore total	Méthode spectrométrique au molybdate d'ammonium	NF EN ISO 6878 : 2005 AFNOR
Azote total	Azote Kjeldahl (NK)	NF EN 25663 1994

3. Résultats

3-1. Caractérisation physico-chimique du lixiviat

3-1-1. pH

Les résultats obtenus (**Figure 3**) montrent une variation du pH au niveau des différents échantillons de lixiviat. Les pH sont dans l'ensemble acides, avec une diminution progressive observée dans le temps. En effet, l'échantillon 1 présente la valeur maximale de pH qui est de 5,68 contrairement à une valeur minimale de 4,8 au niveau de l'échantillon 2.

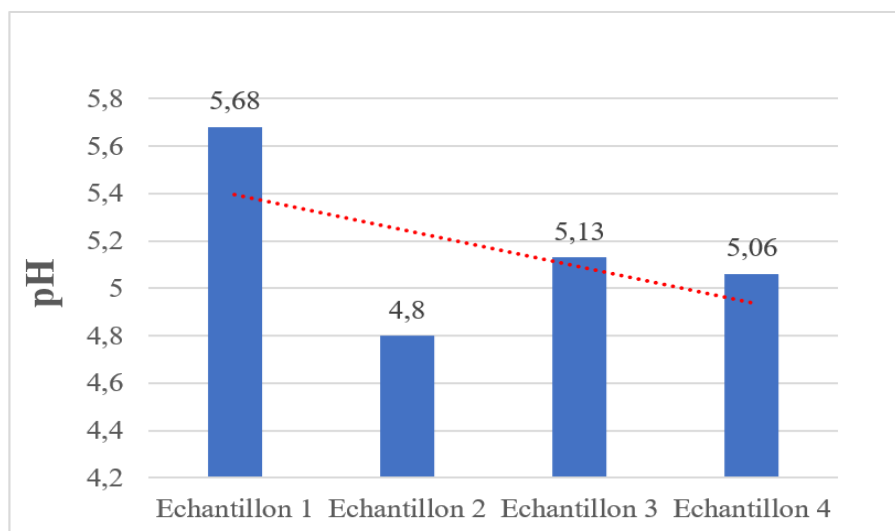


Figure 3 : Variation du pH

3-1-2. Concentration de l'azote total (Nt)

La **Figure 4** présente la teneur de l'azote total des différents échantillons de lixiviat. Il y a une augmentation progressive de la concentration de l'azote total dans le temps avec la maximale de 670 mg/L au niveau de l'échantillon 3 contrairement à une valeur minimale de 435 mg/L au niveau de l'échantillon 1.

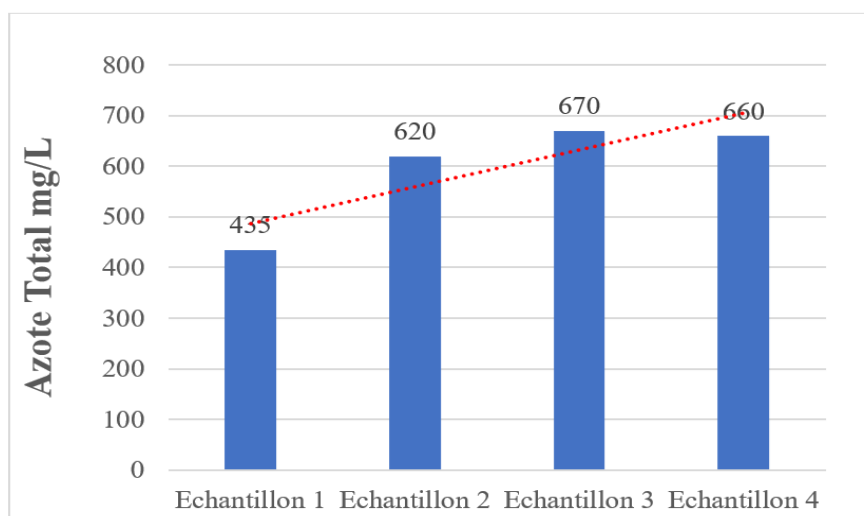


Figure 4 : Concentration de l'azote total (Nt)

3-1-3. Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅)

Les résultats montrent une variation de la concentration de la DBO₅ des échantillons de lixiviat (**Figure 5**). La teneur de la DBO₅ atteint sa valeur maximale de 35000 mg/L dans l'échantillon 2 contrairement à la teneur minimale de 12500 mg/L obtenue dans l'échantillon 1. Il y a une augmentation de la concentration de DBO₅ de l'échantillon 1 (12500 mg/L) à l'échantillon 2 (35000 mg/L), suivie d'une diminution brutale de cette teneur de l'échantillon 2 à l'échantillon 3 (18500 mg/L) avant d'atteindre 22000 mg/L au niveau de l'échantillon 4.

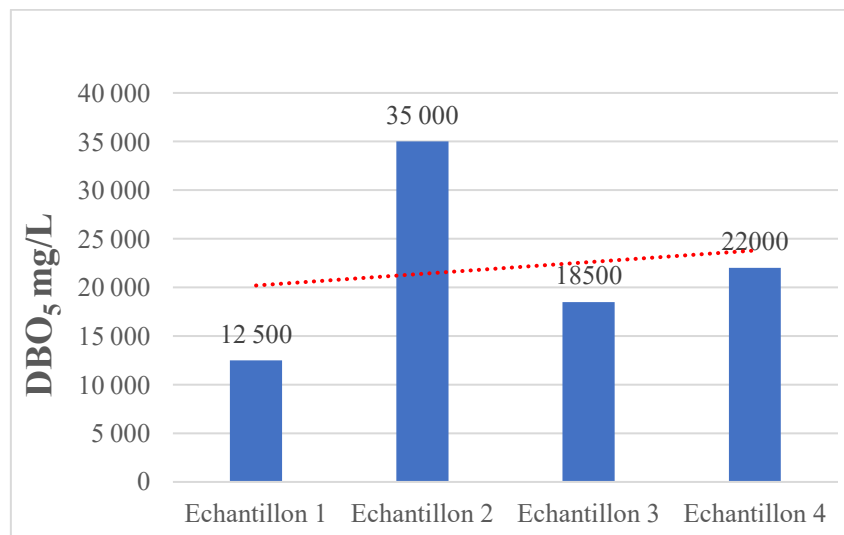


Figure 5 : Concentration de la DBO₅

3-1-4. Demande chimique en oxygène (DCO)

La **Figure 6** présente la variation de la teneur en DCO des différents échantillons de lixiviat. Les résultats montrent qu'il y a une augmentation brutale de la DCO de lixiviat de l'échantillon 1 (20300 mg/L) à l'échantillon 3 (70900 mg/L), suivi d'une légère diminution au niveau de l'échantillon 4. La concentration maximale a été obtenue dans l'échantillon 3 (70900 mg/L), tandis que la minimale est observée dans l'échantillon 1 (20300 mg/L).

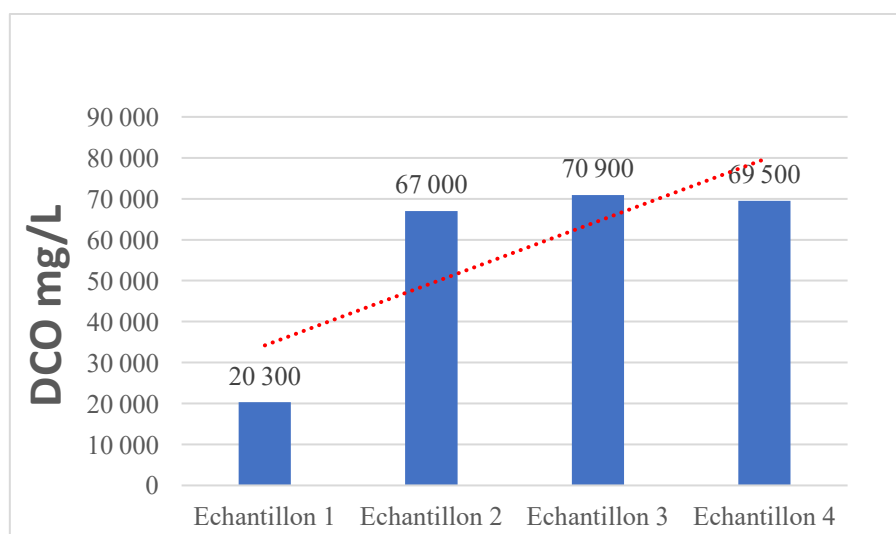


Figure 6 : Concentration de la DCO

3-1-5. Matières en suspension (MES)

La **Figure 7** indique les concentrations des matières en suspension dans les échantillons de lixiviat. En effet la concentration de la matière en suspension augmente progressivement jusqu'à atteindre le seuil de 210 mg/L au niveau de l'échantillon 2 avant de chuter à 118 mg/L au niveau de l'échantillon 3 et augmente à nouveau à 205 mg/L pour l'échantillon 4.

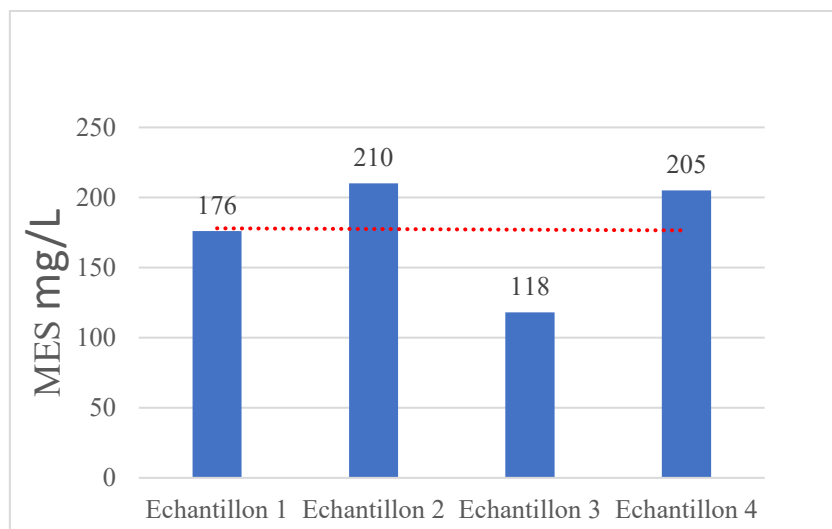


Figure 7 : Concentration des Matières en suspension (MES)

3-1-6. Concentration de l'ion Phosphate (PO_4^{3-})

L'analyse de la **Figure 8** révèle une diminution de la concentration de Phosphate de l'échantillon 1 à 4. La concentration de phosphate de 169 mg/L est plus élevée dans l'échantillon 2, contrairement aux échantillons 1, 3 et 4 respectivement 119 ; 111 et 34 mg/L.

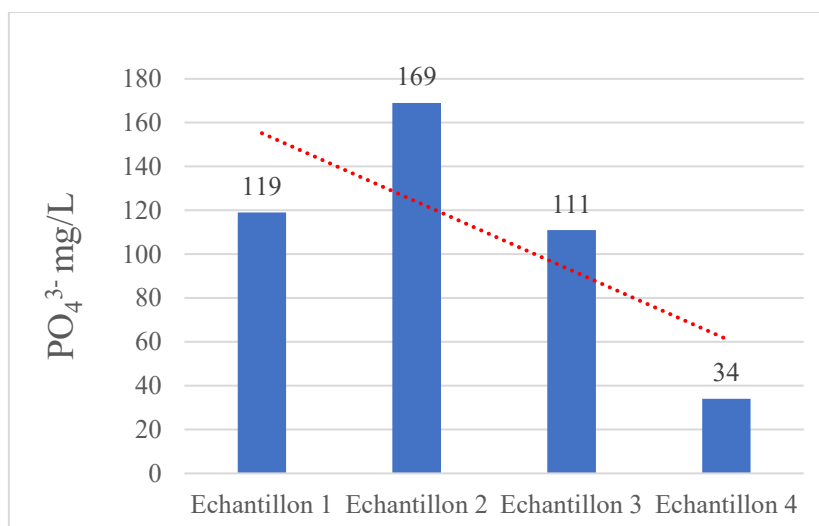


Figure 8 : Concentration de l'ion phosphate

3-1-7. Concentration du Nitrate (NO_3^-)

La **Figure 9** présente la variation de la concentration du nitrate dans les différents échantillons de lixiviat. Il y a une diminution de la concentration du nitrate au niveau des différents échantillons de lixiviat de 1 à 4. La teneur de nitrate des échantillons de lixiviat est maximale au niveau de l'échantillon 1 (60 mg/L) contrairement à une absence totale au niveau de l'échantillon 4.

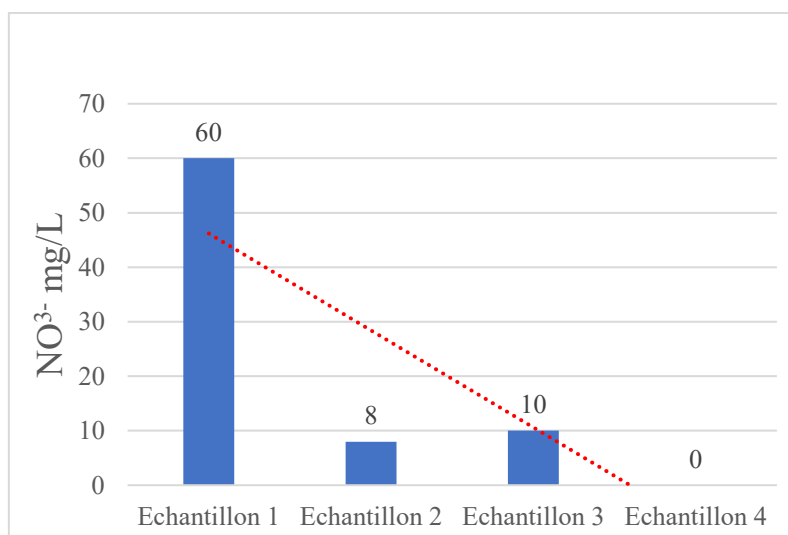


Figure 9 : Concentration du nitrate

3-1-8. Concentration de Sulfate (SO_4^{2-})

La **Figure 10** présente la variation de la concentration de sulfate dans les échantillons de lixiviat. La teneur de sulfate est sensiblement identique au niveau des échantillons 1, 2 et 4 avec respectivement 800 mg/L; 900 mg/L et 960 mg/L. La concentration maximale de sulfate de 900 mg/L est obtenue au niveau de l'échantillon 4, opposée à une valeur minimale de 300 mg/L enregistrée pour l'échantillon 3.

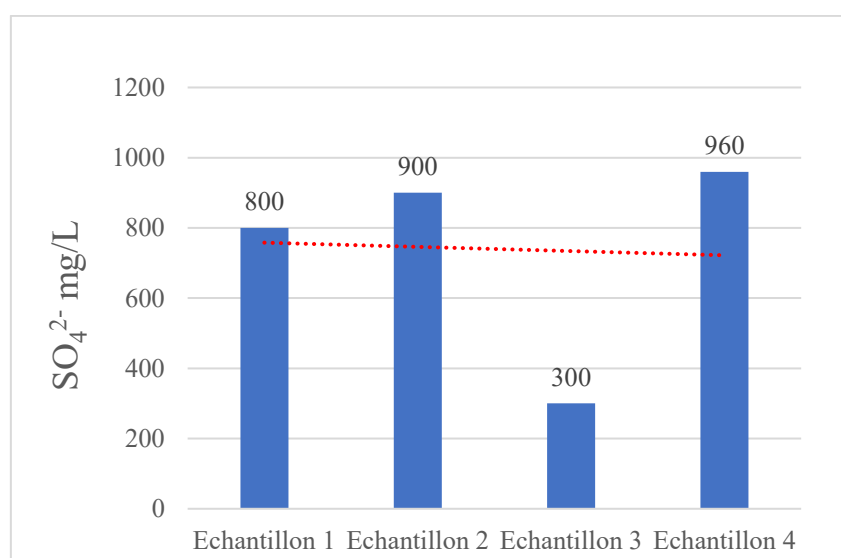


Figure 10 : Concentration de sulfate

3-2. Âge du lixiviat

Selon la concentration de la DCO, le pH et le rapport DBO_5/DCO , différents types de lixiviats peuvent être déterminés. Le **Tableau 3** présente l'état de maturité du lixiviat. L'analyse montre que le pH des échantillons est acide et varie de 4,80 à 5,68. Aussi, une augmentation de la concentration de la DCO et de la DBO_5 dans les différents échantillons est observée. En effet, pour la DCO, les concentrations varient de 20300 à 70900 mg/L. S'agissant des concentrations de la DBO_5 , elles vont de 12500 à 35000 mg/L.

Tableau 3 : État de maturité du lixiviat

	pH	DCO (mg/L)	DBO_5 (mg/L)	DBO_5/DCO	État de maturité
Échantillon 1	5,68	20300	12500	0,615	Lixiviat Jeune
Échantillon 2	4,80	67000	35000	0,522	Lixiviat Jeune
Échantillon 3	5,13	70900	18500	0,260	Lixiviat intermédiaire
Échantillon 4	5,06	69500	22000	0,316	Lixiviat intermédiaire

3-3. Volume de lixiviat durant l'expérimentation

Le **Tableau 4** fait état du volume de lixiviat obtenu durant l'échantillonnage. L'analyse montre une augmentation de la quantité de lixiviat produite les deux premiers mois, suivie d'une diminution le troisième mois.

Tableau 4 : Volume de lixiviat obtenu durant l'échantillonnage

Échantillon de lixiviat	Temps de prélèvement	Volume recueilli (mL)
Échantillon 1	02 semaines	46 mL
Échantillon 2	01 mois	75 mL
Échantillon 3	02 mois	106 mL
Échantillon 4	03 mois	50 mL
Volume total de lixiviat	277 mL	

4. Discussion

4-1. Paramètres d'analyse du lixiviat

Le lixiviat issu du dispositif est de couleur noirâtre et d'odeur fécaloïde. Le pH du lixiviat varie de 4,8 à 5,68. Le lixiviat étudié a donc un pH acide. Ce pH acide montre que les échantillons de lixiviat 1 et 2 issu du dispositif sont des lixiviats jeunes. Les valeurs de pH obtenues dans les lixiviats pourraient être liées à une concentration élevée de composés organiques volatiles. En effet, lors de la fermentation acide, première phase de la décomposition anaérobie des déchets, les lixiviats jeunes sont riches en composés organiques volatiles [22]. Le caractère acide observé s'accorde avec celui rapporté par [23, 24], qui ont étudié la caractérisation des lixiviats issus des déchets ménagers frais de la province de Mohammedia-Benslimane en Algérie. Ces concentrations s'inscrivent dans le même ordre de grandeur que celles mesurées par [25] pour la décharge contrôlée du Grand Agadir au Maroc. En ce qui concerne la concentration de phosphates dans le lixiviat, elle offre une gamme de 34 à 196 mg/L. Les teneurs élevées de phosphates représentent un risque de pollution pour les milieux récepteurs ainsi que pour les organismes qui y vivent. En effet, une concentration de phosphate élevée est à l'origine de l'eutrophisation des milieux aquatiques, contribuant notamment à la turbidité liée au verdissement des eaux. Les phosphates présents dans le lixiviat proviennent principalement de la décomposition de la matière organique [26]. Quant aux nitrates, les teneurs obtenues présentent un

intervalle de 0 à 60 mg/L. Ces concentrations élevées pourraient être le résultat de la présence d'oxygène dissous dans les lixiviats [27], suggérant un phénomène d'anaérobiose prédominant dans le dispositif. Les travaux de [28] ont abouti à des concentrations de nitrate inférieures à (8,71 mg/L) à la décharge publique de la ville de Meknès au Maroc, comparées à celles de la présente étude. Cette différence s'explique probablement par la présence d'oxygène dissous dans le lixiviat issu du dispositif ainsi que par un phénomène de dilution au niveau de la décharge. Les teneurs du phosphate total des différents échantillons de lixiviats varient de 48,25 à 83 mg/L. Les phosphates présents dans le lixiviat pourraient provenir principalement de la décomposition de la matière organique. La teneur de l'azote total est comprise entre 435 et 670mg/L. Ces concentrations en azote total sont majoritairement sous forme minérale avec une faible part organique. Ces concentrations sont supérieures à celles obtenues par les travaux de [29] pour la ville d'Ouèssè-Ouidah au Bénin (205 mg/L à 278 mg/L). Quant à la teneur de sulfate, elle est située dans la fourchette de 300 à 960 mg/L. Celle-ci pourrait résulter principalement de la décomposition des matières organiques, élevée par l'hétérogénéité des déchets et la forte charge du lixiviat en composés sulfurés comme mentionné par les travaux de [30]. Ces résultats dépassent ceux rapportés par [31] pour la décharge non contrôlée de Niamey 2000 (Niamey-Niger). Cette différence s'expliquerait par la présence des eaux pluviales sur la décharge.

4-2. Age des lixiviats

Les valeurs de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) enregistrées se situent dans l'intervalle de 20300 à 70900 mg/L. Les concentrations élevées de la DCO témoignent une forte charge organique, caractérisant les lixiviats de deux semaines et d'un mois comme jeunes tandis que ceux du deuxième mois et troisième mois sont intermédiaires. Ces valeurs indiquent par ailleurs, une faible teneur d'oxygène dans le dispositif. Les valeurs de la charge polluante exprimée par la DCO, présentent des similitudes marquées avec les concentrations rapportées pour les décharges marocaines du Grand Agadir (Maroc) [32], d'Oujda (Maroc) [33] et de la décharge contrôlée de Fès (Maroc) [34]. Elles restent néanmoins nettement inférieures comme le mentionne [35] lors des travaux sur la pollution chimique des eaux de la zone de la décharge d'Akouédo situé à Abidjan en Côte d'Ivoire. Cette différence pourrait être liée à l'âge, la nature et la quantité des déchets mais aussi au phénomène de dilution sur la décharge. En effet, comme le précise [36], ces différents facteurs sont à la base de la variabilité des charges polluantes. La teneur de la DBO_5 présente des valeurs de 12500 à 35000 mg/L. Comme rapporté dans l'étude de [33] pour la décharge de Meknès à Oujda au Maroc, les valeurs obtenues dans la présente recherche se rapprochent de celles rapportées. Elles apparaissent toutefois largement supérieures aux concentrations relevées à la décharge d'Essaouira (632mg/L) par [10] et également supérieurs à celles mesurées dans les décharges de Fès (1700mg/L) au Maroc [34]. Les valeurs maximale et minimale du rapport DBO_5/DCO déterminé à partir des résultats de cette étude sont respectivement de 0,615 et de 0,262. Elles montrent comme le pH que, les lixiviats de deux semaines et un mois sont jeunes et les lixiviats de deux mois et trois mois sont qualifiés de lixiviats intermédiaires. Le rapport observé est similaire à celui documenté par [33] pour la décharge de Oujda au Maroc. Les Matières en suspension (MES) du lixiviat présentent des valeurs qui varient de 118 à 210 mg/L. Cette teneur pourrait être attribuée à la faible concentration en oxygène dissous dans les différents échantillons. L'évaluation réalisée, sur la charge polluante des lixiviats de la décharge contrôlée de Essaouira au Maroc par les travaux de [10] a révélé des concentrations de 146 mg/L, ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans le cadre de la présente étude. Cependant, ces valeurs restent inférieures à celles rapportées par [37], qui a révélé 660,5 mg/L, et nettement plus faibles que celles enregistrées à la décharge d'Agadir au Maroc (12560 mg/L) selon [32]. Cette différence peut être attribuée à la nature et à la quantité des ordures ménagères mises en décharge.

5. Conclusion

L'objectif assigné à la présente étude est de caractériser le lixiviat issu des ordures ménagères. Au terme de l'étude, il ressort qu'avec 6 kg d'ordures ménagères utilisées pour l'expérience au bout de trois mois, 277 mL de lixiviat ont été générés par le dispositif. Ainsi sans apport d'eau de pluie, 1Kg d'ordures ménagères biodégradables produit 41,16 mL de lixiviat. Le pH acide (5,16) est lié à une concentration élevée de composés organiques volatiles. Ce lixiviat est caractérisé par une pollution organique traduite par les valeurs élevées de la DBO₅ (22000 mg/L) et de la DCO (69500 mg/L). Ces observations montrent que le lixiviat étudié est de type intermédiaire. La pollution minérale est représentée par des valeurs élevées en ions SO₄²⁻ (960 mg/L), NO₃⁻ (19,5 mg/L), PO₄³⁻ (108,25 mg/L), ainsi que le phosphore total et l'azote total. La caractérisation du lixiviat brute de cette étude montre qu'il mérite un traitement avant rejet dans la nature. Aussi la pluie qui se mélange au lixiviat n'est qu'un facteur de dilution qui vient alléger les concentrations des lixiviats dans les décharges non contrôlées. Les lixiviats à forte charge polluante constituent un risque de contamination des eaux de surface, souterraines et même de la nappe phréatique. Cela amène à rechercher des méthodes simples de traitement efficace des lixiviats dans les pays d'Afrique en général et en Côte d'Ivoire en particulier.

Références

- [1] - O. ZOUNGRANA et J. C. BAMBARA, " Analyse socio-anthropologique de la gestion des déchets solides ménagers en zone péri-urbaine de Ouagadougou (Burkina Faso) ", *Revue Enclume d'Ivoire*, Tome 3, Vol. 1, N°1 (2025) 492 - 510
- [2] - M. KULISZ, J. KUJAWSKA, M. CIOCH, W. CEL and J. PIZÓN, Comparative Analysis of Machine Learning Methods for Predicting Energy Recovery from Waste. *Applied Sciences*, Vol. 14, N° 7 (2024) 2 - 18
- [3] - J. K. BODOU, V. K. KOUAMÉ, C. F. DOUKOURÉ, D. A. C. YAPI, A. S. KOUADIO, Z. BALLO et T. A. SANOGO, " Risques sanitaires liés aux déchets ménagers sur la population d'Anyama (Abidjan-Côte d'Ivoire) ", *VertigO - la revue internationale en sciences de l'environnement*, Vol. 19, N°1 (2019) 1 - 48
- [4] - L. MRABET, A. LOUKILI, D. BELGHYTI et B. ATTARASSI, "Impact of Leachates from the Landfill in the Kenitra City (Morocco) on the Water Resources ", *International Journal of Applied Environmental Sciences*, Vol. 14, N° 5 (2019) 541 - 553
- [5] - S. KAZA, L. YAO, T. P. BHADA, PERINAZ et W. VAN FRANK, " What a Waste 2.0 : Un aperçu mondial de la gestion des déchets solides à l'horizon 2050", Banque mondiale, (2018) 295 p.
- [6] - D. C. Wilson, L. Rodic, P. Modak, R. SOOS, A. CARPINTERO, K. VELIS, M. IYER et O. SIMONETT, " Global Waste Management Outlook", rapport PNUE, (2018) 346 p.
- [7] - A. M. YATOO, B. HAMID, T. A. SHEIKH, S. ALI, S. A. BHAT, S. RAMOLA et S. KUMAR, " Global perspective of municipal solid waste and landfill leachate: generation, composition, eco-toxicity, and sustainable management strategies", *Environmental Sciences and Pollution Research*, Vol. 31, (2024) 23363 - 23392
- [8] - V. P. GEORGES, " Les émissions de biogaz issues des décharges à ciel ouvert, et la réduction des impacts par un schéma de valorisation et de traitement des déchets solides : Cas particuliers Port-au-Prince, Haïti", Thèse de doctorat, Université des ANTILLES, France, (2020) 205 p.
- [9] - H. MERZOUKI, "Lixiviat jeune de la décharge publique de la ville de Fkih Ben Salah : Caractérisation, Évaluation du risque écotoxicologique et Étude de procédés de traitement physico-chimique et biologique" Thèse de doctorat, Université Sultan Moulay Slimane, Maroc, (2018) 180 p.
- [10] - H. CHIGUER, E. F. KHAYYAT, E. O. RHAOUAT, R. RIFKI, A. BENSALID, E. K. KHARRIM et D. BELGHYTI, "Évaluation de la charge polluante des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville d'Essaouira (MAROC) ", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 14, N°3 (2016) 863 - 874

- [11] - K. K. ACHILLE, P. P. EDMOND, E. L. ETOFO, J. P. KOTA, T. T. TANGO, M. KIFUANI, N. K. TABA et E. M. BIERI, "Dépollution biologique des lixiviats de la décharge des déchets de Mpasa à Kinshasa avec le jus d'Averrhoa carambola (Oxhalinaceae) ", *International Journal of Current Innovations in Advanced Research*, Vol. 1, N° 6 (2018) 107 - 117
- [12] - OMS, "Rapport du Directeur Général de l'OMS, Questions relatives à l'environnement, Stratégie d'assainissement pour les communautés à haut risque", Conseil exécutif, cent unièmes sessions, EB1001/19, (2002) 8 p.
- [13] - R. XIANG, W. WEI, T. MEI, Z. WEI, X. YANG, J. LIANG & J. ZHU, " A Review on Landfill Leachate Treatment Technologies : Comparative Analysis of Methods and Process Innovation", *Applied Sciences*, Vol. 15, N° 7 (2025) 3878
- [14] - Y. M. BURGUETE, M. L. PÉREZ-REA, J. L. GARCÍA, J. C. GUILLÉN, M. A. R. LÓPEZ, C. GUZMÁN et J. A. R. MORALES, "Global Situation of Bioremediation of Leachate-Contaminated Soils by Treatment with Microorganisms : A Systematic Review", *microorganisms*, Vol. 11, N° 4 (2023) 857
- [15] - F. ACHOUR, "Caractérisation de la matière organique dans les ordures ménagères. Recherche d'indicateurs de stabilité", Thèse de doctorat, École Doctorale de Chimie de Lyon, France, (2008) 175 p.
- [16] - A. DIOP, "Mise en œuvre d'un procédé de lixiviation-purification des NMC 811", Mémoire, Université de SHERBROOKE (Québec) Canada, (2025) 101 p.
- [17] - J. TSHALA, A. KITABALA, E. KASONGO et K. L. NYEMBO, "Effets des composts ménagers sur les propriétés du sol et sur la productivité des cultures légumières : cas de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 13, N° 7 (2019) 3411 - 3428
- [18] - N. GUERMOUD et A. ADDOU, "Étude et caractérisation des déchets ménagers de la ville de Mostaganem (Ouest-Algérie) ", *Déchets Sciences et Techniques*, N° 66 (2014) 46 - 50
- [19] - C. FRANCOU, "Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé", Thèse de doctorat, école doctorale ABIES, France, (2003) 290 p.
- [20] - J. RODIER, "Analyse de l'eau. 9ème édition, Dunod, Paris, (2009) 1579 p.
- [21] - CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, "Détermination de l'azote total Kjeldahl et du phosphore total : digestion acide — méthode colorimétrique automatisée", MA. 300 — NTPT 2.0, Révision 2, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, (2014) 16 p.
- [22] - T. A. KURNIAWAN, H. LOW et G. Y. S. CHAN, "Dégradation of récalcitrant compounds from stabilized landfill leachate using a combination of ozone-GAC adsorption treatment", *Bioresource Technology*, Vol. 99, N° 13 (2006) 5981 - 5985
- [23] - N. MILLOT, "Les lixiviats de décharge contrôlée, caractérisation analytique, étude des filières de traitement", Thèse de doctorat, Université de Lyon, France, (1996) 219 p.
- [24] - S. RENOUX, J. C. GIVAUDAN, S. POULAIN, F. DIRASSOUYAN et P. MOULIN, "Landfill leachate treatment: Review and opportunity", *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 150, (1998) 468 - 493
- [25] - S. DAOUD, Y. JIROU, C. HARROUNI et A. ARROUD, "Caractérisation des déchets urbains pour une meilleure gestion de la décharge contrôlée du Grand Agadir" Faculty of Sciences, Ibn Zohr University (Morocco), Vol. 25, (2014) 28 - 50
- [26] - F. B. BETTOUM, "Valorisation des déchets issus des traitements de lixiviat de décharge", mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, (2017) 90 p.
- [27] - R. HAKKOU, "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, Université de CAPI AYYAD Marrakech, Maroc, (2001) 150 p.

- [28] - T. R. BOUKHARI, B. BENZOUAGH, A. BOUCHELTA et H. LEKEHAL, "Lixiviats issus de la décharge publique de la ville de Meknes : Caractérisation et Impact sur les eaux de l'oued Boufekrane", *European Scientific Journal*, Vol. 14, N°29 (2018) 332 - 354
- [29] - R. M. TOKLO, R. G. JOSSE, Y. P. DOSSOU, J. K. FATOMBI, S. F. SENOU et N. TOPANOU, "Corrélation entre les résultats physicochimiques et microbiologiques des lixiviats du lieu d'enfouissement sanitaire (LES) d'Ouèssè/Ouidah et ceux des eaux souterraines et superficielles du milieu", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 10, N°2 (2016) 875 - 883
- [30] - A. A. SHAKER, "Impact des éléments traces métalliques sur le milieu et apport de la cytométrie en flux dans l'étude du fonctionnement des lagunes de la décharge d'Étueffont (territoire de Belfort, France)", Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, France, (2016) 340 p.
- [31] - R. A. W. MOUMOUNI et A. ZANGUINA, "Caractérisation Physico-Chimique Des Lixiviats Des Décharges : Cas De La Décharge Non Contrôlée De Niamey 2000 (Niamey-Niger) ", *European Scientific Journal*, Vol. 16, N°9 (2020) 42 - 54
- [32] - Y. JIROU, M. C. HARROUNT, M. BELATTAR, M. FATMI & S. DAOUD, "Traitement des lixiviats de la décharge contrôlée du Grand Agadir par aération intensive", *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, Vol. 2, N°2 (2014) 59 - 69
- [33] - S. SAADI, K. M. SBAA et M. HAROUZ, "Caractérisation physicochimique de lixiviats du centre d'enfouissement technique de la ville d'Oujda (Maroc oriental) ", *Science libre*, Vol. 5, (2013) 2111 - 4706
- [34] - O. BOUAQUINE, F. KHALIL, H. CHTIOUI, H. ZAITAN et A. HARRACH, "Traitement par électrocoagulation des lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès", *Larhyss Journal*, (2015) 53 - 67
- [35] - G. KOUADIO, B. DONGUI et A. TROKOUREY, "Détermination de la pollution chimique des eaux de la zone de la décharge d'Akouédo (Abidjan-Côte d'Ivoire) ", *Revue des sciences et Technologie*, N°1 (2000) 92 p.
- [36] - J. B. CHRISTENSEN, D. L. JENSEN, C. GRON, Z. FILIP, T.H. CHRISTENSEN, "Characterization of the dissolved organic carbon in landfill leachate polluter groundwater", *Water resources*, Vol. 32, N°1 (2000) 125 - 135
- [37] - D. MOHAMMEDI, "Les risques de la pollution du milieu naturel par les lixiviats des décharges contrôlées. Cas du centre d'enfouissement technique de Tlemcen", Mémoire Master, Université Aboubakr Belkaid Tlemcen, Algérie, (2016) 103 p.