



**FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES APPLIQUEES
DEPARTEMENT DE CHIMIE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER EN CHIMIE**

SPECIALITE : *Chimie*

OPTION : *Chimie durable et environnement*

THEME

***Caractérisation et traitement des lixiviats issu de centre
d'enfouissement technique de la ville de Bouira***

Présenté par : ***M^{lle} : Amarouche Asma***
M^{lle} : Sadi Naima

Soutenu le 06/10/2015

Devant le jury:

Président : LOUNICI.H

Rapporteur : HALOUANE.M

Examineurs : FARHATE.M

Examineurs : TEDJANI.F

REMERCIEMENT

Tout d'abord, nous remercions le bon dieu ALLAH, de nous avoir Aidés pour réaliser ce modeste travail.

Ce travail a été réalisé au niveau du Laboratoire des Sciences et Sciences Appliqué au département de la chimie.

Nous tenons à remercier Mr. HALOUANE.M notre promoteur pour son Soutien et ses conseils considérables.

Nous remercions les membres du jury Pr. Mr. LOUNICLI.H, et Mr FARHATE.M et M^{me} TEDJANI.F de nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner notre travail.

Nous tenons également à remercier toute l'équipe de laboratoires de la station d'épuration d'oued housse, pour leurs accueille et leurs aide inestimable tout au long de ce travail.

Nos sincères remerciements vont aussi à tout le personnel du Centre d'Enfouissement Technique de Ben Abdallah de Bouira Mr Dahmani Raouf pour leurs accueille et leurs aide inestimable tout au long de ce travail.



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail A :

Mes chers parents qui n'ont jamais cessé de m'encourager, pour entreprendre mes études et atteindre mon objectif, qu'ils trouvent dans ce travail une récompense de sacrifices qu'ils ont consenti, que ceci soit pour eux l'expression de ma grande affection et ma gratitude jamais je ne les remercierais assez de m'avoir donné le meilleur de leur même.

A mes chères sœurs et frères.

A toute ma famille.

A mes amis : Saida , Souad, Amel , Kahina

Sadi Naima





DEDICACE

Je dédie ce modeste travail A :

Mes chers parents qui n'ont jamais cessé de m'encourager, pour entreprendre mes études et atteindre mon objectif, qu'ils trouvent dans ce travail une récompense de sacrifices qu'ils ont consenti, que ceci soit pour eux l'expression de ma grande affection et ma gratitude jamais je ne les remercierais assez de m'avoir donné le meilleur de leur même.

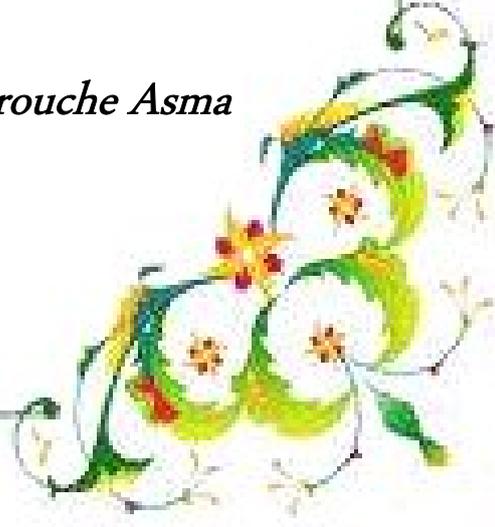
A chère tante et sa fille

A mes chères sœurs et frères.

A toute ma famille.

A mes amis : Samira, Zouina , Wardia, Saousan

Amarouche Asma



RESUME

Lors de l'élimination des déchets ménagers et assimilés en centre d'enfouissement technique (CET), procédé qui est de plus en plus utilisé en Algérie, il se forme des lixiviats liquides qui doivent être traités avant rejet.

L'étude de caractérisation de ces lixiviats a montré que ces derniers présentent une forte charge organique, la DCO mesurée atteint des valeurs très élevées, de l'ordre de 4800-4812 mg O₂/L. Ces lixiviats ont un caractère non biodégradable, des essais de traitement ont été effectués par le procédé de filtration sur colonne.

Les rendements d'abattement relatif à chaque méthode de traitement sont successivement 29.1 à 68 %.

Abstract

When disposing of household and similar waste in the landfill site (CET), a process that is increasingly used in Algeria, forms leachate liquid that must be treated before discharge.

The study of characterization of these leachates showed that they have a high organic load, and mineral nitrogen. COD measured reaches very high values, of about 4800 to 4812 mg O₂ / L. Treatment tests were performed by the process filtration of column. Yields a relative reduction of each treatment method are successively 29.1 and 68%.

Liste des tableaux

Liste des figures

Abréviation

INTRODUCTION GENERALE..... 1

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : Généralité sur les déchets ménagers

Introduction

I.1.Définition du terme « déchet ».....2

I.2. Classification des déchets 2

I.3. Caractères physico-chimiques des déchets ménagers.....3

I.3.1. La composition3

I.3.2. Densité (ou masse volumique).....3

I.3.3. Humidité / Teneur en eau4

I.3.4. Pouvoir calorifique4

I.3.5. Rapport carbone/azote (C/N).....5

I.3.6. Teneur en matière organique5

I.3.7. Teneur en carbone organique6

I.3.8. Teneurs en métaux lourds6

I.4 .Gestion et traitement des déchets ménagers.....7

I.4.1.Gestion des déchets ménagers.....7

I.4.2.Traitement des déchets ménagers.....9

I.4.2.1.Incinération.....9

I.4.2.2.Compostage.....11

I.4.2.3. centre d'enfouissement technique des déchets11

I.7. Flux polluants générés par les Centres de Stockage des Déchets.....16

I.7.1.biogaz16

I.7.2.Lixiviat.....17

Conclusion.....17

CHAPITRE II : Lixiviats

Introduction	18
II.1.Définition des Lixiviat	18
II.2 Types des lixiviats	19
II.3.composition et évolution du lixiviat au cours du temps	20
II.4Types de polluants présents dans les lixiviats	20
II.5.Le processus de formation des lixiviats	20
II.5.1 Les processus chimiques.....	20
II.5.2 Les processus biologiques.....	20
II.6. Gestion des lixiviats	22
II.7.Gestion du biogaz	24
II.8.Analyse des lixiviats.....	24
II.8.1.PH et la conductivité.....	24
II.8.2.L'humidité.....	25
II.8.3.Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	25
II.8.4.Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	25
II.8.5.Analyse des sels nutritifs.....	25
II.8.6. Analyse de Carbone Organique total	25
II.8.7.Analyse des métaux par spectrométrie d'absorption atomique de flamme	26
II.9.Traitement des Lixiviat	27
II.9.1.Traitement physico-chimie des lixiviats	27
II.9.1.1. Coagulation-Floculation.....	27
II.9.1.2.La filtration.....	28
II.9.1.3. l'adsorption.....	28
II.9.1.4. Electrocoagulation(EC).....	29
II.9.1.5. procédé d'oxydation avancé POA.....	30
II.9.2.Traitement biologie.....	31
II.9.2.1Lagunage.....	31

SOMMAIRE

II.9.2.2 L'osmose inverse.....	32
II.10.L'effet de lixiviat sur l'environnement	32
CONCLUSION.....	33
PARTIE II : Etude expérimentale	
Chapitre III : Partie expérimentale	
III.1.Matériels et réactifs utilisés dans cette étude.....	35
III.2.Description de l'Origine des échantillons a étudié.....	35
III.3.Prélèvement de l'échantillon	36
III.4.Caractérisation physico-chimique des lixiviats	37
III.4.1.Mesure du pH et de la température.....	37
III.4.2.Mesure de la Conductivité	37
III.4.3.Mesure de MES par la méthode de filtration	38
III.4.4.Mesure de la Demande Chimique en oxygène DCO.....	38
III.4.5.Détermination de la DBO ₅	40
III.5.Etude d'abattement de la DCO par les différents adsorbants	41
III.5.1.Etude de la filtration de lixiviat sur une colonne.....	41
III.5.2.Mode opératoire de l'étude par filtration	43
III.6.Etude de l'abattement de la DCO en fonction de la masse de l'adsorbant.....	44
Chapitre IV : RESULTAT ET DESCISION	
IV.1.Résultats de la caractérisation physicochimique du lixiviat.....	45
IV.2.Résultats des essais de traitement des lixiviats par filtration sur colonne	47
IV.3.L'étude de l'abattement de la DCO en fonction de la masse de l'adsorbant.....	49
Conclusion.....	50
CONCLUSION GENERALE.....	51
Références bibliographie	
Annexe	

Liste des abréviations

P.C.I. : Pouvoir calorifique inférieur

PCS : Pouvoir calorifique supérieur

CET : Centre d'enfouissement technique

COD : Carbone Organique Dissous

NTK : L'azote Kjeldhal

K : Coefficient de perméabilité

MES : Matières en suspension

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DBO5 : Demande biologique en oxygène

CE : Conductivité électrique

AGV : Acide gras volatil

COT : Carbone Organique total

CSD : Centre de stockage des déchets

CF : Coagulation-Floculation

POA : Procédé d'oxydation avancé

OA : Oxydation anodique

CHAPITRE I

Figure 01 : Les déchets ménagers

Figure 02 : Schéma de principe de l'incinération

Figure 03 : Casier d'un CET

Figure 04 : Principe de CET

CHAPITRE II

Figure 01: Bassin de Lixiviat

Figure 02 : Mécanismes de la fermentation anaérobie.

Figure 03 : Principe de la coagulation floculation

Figure 04: Schéma de procédé de traitement par l'adsorption sur colonne

Figure 05 : Dispositif électrocoagulation

Figure 06 : Schéma de traitement biologique

Chapitre III

Figure 01 : Casier de CET de Bouira

Figure 02 :Thérmoréacteur de la DCO

Figure 03 : Activation du charbon par du NaOH

Figure 04 : Montage de filtration de lixiviat par un adsorbant

Chapitre IV

Figure 1 : Aspect visuel des filtrats de différents adsorbants

Figure 2 : Evolution de la DCO de l'échantillon traité par les différents adsorbants

Figure 3 : Variation de la DCO en fonction de la masse de l'adsorbant (d'argile 01).

Liste des tableaux

CHAPITRE I

Tableau 1 : Quelques exemples de densités des déchets ménagers [1].

Tableau 2 : Variation des constantes d'hydrolyse des déchets

Tableau -3 : Composition physicochimique des ordures ménagères

Tableau 4 : Principales classes de CET (Directives Européennes 31/12/2001 N° 1999/31/CE)

CHAPITRE II

Tableau 05 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides

CHAPITRE IV

Tableau 1 : Caractérisation physico-chimique des lixiviats bruts

Tableau 2 : Abattement de la DCO par différents adsorbants

Tableau 3 : Les valeurs de la DCO en fonction de masse de l'adsorbant

INTRODUCTION GENERALE

L'accroissement de la population d'une part, le développement des techniques industrielles et agricoles d'autre part, ont eu pour effet de produire des déchets en quantités et en qualité engendrant ainsi d'énormes risques sur l'environnement et, par conséquent sur la santé des être humaine. Prenant conscience de la menace que présentent ces déchets à l'environnement, à la santé et la salubrité publique, l'Etat a choisi l'enfouissement technique de ces déchets comme mode de traitement.

En Algérie, la multiplication des décharges sauvages dans et aux abords des villes et les nuisances qui en résultent, en sont la meilleure illustration. Sur le territoire national, 2000 à 3000 décharges sauvages sont répertoriées, parmi lesquelles 350 au niveau de 40 grandes villes du pays. (Ministère de L'environnement, 2007).

Sur une décharge, les lixiviats sont générés par les apports d'eau mis en contact avec les déchets. Il s'agit principalement d'un effluent aqueux à un impact très lourds sur l'environnement : eaux (eaux de surface et souterraines), sols (migration des polluants organiques et minéraux), air (émission des gaz à effet de serre) et donc pollueur de l'écosystème naturel et humain.

Les lixiviats, de part leur nature liquide, sont une source concentrée de polluants. Le plus grand risque lié à la production de lixiviats est la contamination de la nappe phréatique.

Ce mémoire est composé de deux grandes parties :

La première est une synthèse bibliographique qui se décompose en deux chapitres

La seconde partie est La partie expérimentale présente une étude sur la caractérisation des lixiviats et présente leur degré de pollution.

En deuxième lieu, nous présentons les essais de traitement des lixiviats par le procédé de filtration par des adsorbants.

Enfin, la Conclusion générale rend compte des principaux résultats de cette étude.

La production des déchets solides a connu dans notre pays une augmentation substantielle au cours des dernières décennies en raison d'une croissance démographique d'une part, et l'intensification des activités socio-économiques d'autre part. Ainsi la génération des déchets ménagère et assimilé par habitant et par jour est estimée selon le rapport sur la gestion des déchets solide en Algérie à 0.6 kg/j/ha dans les zones rurales et à 0.8 kg/j/h dans les zones urbaines, elle avoisine 9 kg/j/h dans la capitale (Alger) ce qui correspond à 10,3 Millions de Tonnes en 2012.

Le mode de gestion des déchets solides le plus adopté correspond à la mise en décharge. Il s'agit principalement de décharges non contrôlées et à ciel ouvert (60 à 65%), où tous les types de déchets sont rejetés à l'état brut et mélangés : urbains, industriels, hospitaliers et agricoles. 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". Leur rejet à l'état brut, sans aucun traitement préalable, engendre les impacts suivants : pollution des sols, contamination des eaux souterraines et de surface, impacts sur la santé et l'environnement, etc.

Depuis le début des années 2000, la gestion des déchets solides urbains a connu de nets progrès dans notre pays, à travers l'élaboration et la mise en œuvre des mesures réglementaires et un accompagnement de formation et de sensibilisation en direction des services techniques (collectivités locales) et gestionnaires de déchets. Ainsi, l'Algérie est passée de la décharge sauvage à la décharge contrôlée et au centre d'enfouissement technique, traduisant ainsi une réelle prise de conscience pour la protection de l'environnement et la nécessité d'une gestion intégrée des déchets solides urbains. A l'horizon 2018, on prévoit dans le cadre du programme national de la gestion des déchets municipaux, la réhabilitation des plus importantes décharges à travers le territoire (40 décharges sauvages) et la réalisation de 122 CET classe 2, 146 décharges contrôlées, 32 déchetteries, 29 centres de tri et 54 CET classe 3 (pour les déchets inertes). Ceci contribuera à prendre en charge plus de 75% des déchets ménagers et assimilés.

I.1. Définition du terme « déchet »

Au sens de La Loi N°01-19 du 12/12/2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, un déchet est défini comme suit :

Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer.

[1]

I.2. Classification des déchets

La loi algérienne relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, donne la classification suivante des déchets [1].

- ✓ Les déchets spéciaux
 - ✓ Les déchets spéciaux dangereux
 - ✓ Les déchets ménagers et assimilés
 - ✓ Les déchets inertes.
- **Déchets spéciaux**: Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes. »
 - **Déchets spéciaux dangereux** : Tous déchets spéciaux qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement ».
 - **Déchets ménagers et assimilés** : Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et d'autres qui par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers



Figure 01 : les déchets ménagers

- **Déchets inertes** : Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physico- chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et/ou à l'environnement.
- Il y a aussi les déchets ultimes : Ce sont des déchets résultant ou non du traitement d'un déchet et qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions technique et économique du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant et dangereux.

I.3. Caractères physico-chimiques des déchets ménagers

I.3.1. La composition

Il est important de connaître la composition des déchets ménagers pour permettre entre autre, un meilleur choix de matériel de collecte et une évaluation des gisements en matériaux récupérables, dans l'hypothèse d'une collecte sélective.

D'une ville à l'autre, la composition des déchets ménagers peut être sensiblement différente [1].

I.3.2. Densité (ou masse volumique)

La densité met en évidence la relation qui existe entre la masse des déchets ménagers et le volume qu'elles occupent. Sa connaissance est essentielle pour le choix du transport et du stockage. Comme les ordures ménagères sont essentiellement compressibles, leur densité varie au cours des différentes manipulations auxquelles elles sont soumises. Le Tableau.1 donne quelques exemples de densités des déchets ménagers [1].

Tableau 1 : Quelques exemples de densités des déchets ménagers [1].

VILLES	Densité en poubelle	Densité en benne tisseuse	Densité après foisonnement en Décharge
Paris	0,1	/	/
Genève	< 0,1	/	/
Villes Algériennes	0,22 – 0,33	0,45 – 0,55	0,28 – 0,32

I.3.3. Humidité / Teneur en eau :

L'humidité d'un échantillon de déchets donné représente le rapport entre la masse d'eau présente dans cet échantillon et la masse sèche de cet échantillon. Elle s'exprime en pourcentage ; c'est un paramètre utilisé pour caractériser les déchets entrants et les déchets stockés. L'eau étant non seulement indispensable aux réactions biochimiques mais elle permet aussi l'échange de nutriments et de micro-organismes.

L'humidité est donc nécessaire pour la dégradation ; ce paramètre est fortement dépendant de la composition des déchets. L'humidité est de 63% pour les fermentescibles, 40% pour les fines, 30% pour les papiers cartons [2]

Le pourcentage d'eau dans les ordures est d'autant plus élevé qu'elles sont plus riches en matière organique dont l'humidité moyenne est aux alentours de 80%, et que la quantité considérable de déchets de fruits que l'on observe en certaines saisons les rend encore plus humides. [3, 4]

I.3.4. Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique des ordures ménagères représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion de l'unité de poids d'ordures brutes. Il s'exprime en kJoule par kilogramme d'ordures. On distingue le pouvoir calorifique inférieur (P.C.I.) qui ne tient pas compte du changement de phase de la vapeur issue de la combustion.

Cependant, si la vapeur se trouve à l'état condensé, on définit le pouvoir calorifique supérieur (PCS) comme étant la somme de la chaleur de combustion et de l'enthalpie de vaporisation de l'eau, rapportée à l'unité de masse, dans les conditions opératoires. En règle générale, plus la teneur en eau est élevée, plus le PCI est faible. Lorsque les ordures ménagères contiennent plus de 50% d'humidité, elles sont réellement impropres à l'incinération. Tel est le cas des ordures ménagères algériennes. Le PCI tend à augmenter avec leur teneur en cellulose (papier, carton, emballages) et en matières plastiques (2,176 107 J/kg pour le papier, 4,6 107 J/kg pour le polyéthylène). [5]

Pour le choix du mode de traitement du déchet, la connaissance de l'humidité et du PCI est essentielle.

I.3.5. Rapport carbone/azote (C/N) :

Ce paramètre mesure la qualité des ordures ménagères pour leur valorisation en tant qu'amendements organiques, c'est à dire qu'il permet d'apprécier aussi bien l'aptitude des ordures ménagères au compostage que la qualité du composte obtenu.

Un compost est valable à partir du rapport $C/N < 35$ au départ de la fermentation aérobie et contrôlée et en obtenant un rapport de $18 < C/N < 20$

En fin de fermentations pour le cas de l'Algérie le C/N dépasse rarement 15 [6].

I.3.6. Teneur en matière organique

La teneur en matière organique contenu dans les déchets est reliée à l'état de dégradation du déchet. Cette valeur évolue au cours de la dégradation, une partie du carbone étant lixiviée ou transformée en biogaz. La teneur en matière organique évolue avec l'âge du déchet, du fait de la dégradation. Toutefois pour deux déchets de même âge, prélevés sur des sites différents, les valeurs peuvent être très variables. Cette disparité est liée à la nature hétérogène des déchets, aux conditions initiales d'enfouissement, au mode d'exploitation, aux conditions climatiques etc. La connaissance de ce paramètre permet d'apprécier le potentiel polluant de la décharge, ou la charge organique du massif de déchets.

Un déchet ménager est supposé contenir 15%, 55% et 30% respectivement de matière organique facilement, moyennement et lentement biodégradable.

Le tableau 2 présente des valeurs qui ont été utilisées pour la simulation de la production de biogaz sur les décharges.

Le temps de demi-vie représente le temps nécessaire pour dégrader 50% de la matière organique biodégradable initiale.

Tableau 2 : Variation des constantes d'hydrolyse des déchets

. Fraction	Kh (an-1)	T1/2 (an)	Proportion (%)
Rapidement	1,39 à 0,14	0,5 à 5	15
Moyennement	0,20 à 0, 02	3,5 à 30	55
Lentement	0,05 à 0,02	15 à 40	30

La forte variabilité des constantes d'hydrolyse est notable, elle est liée à certains facteurs tels que la surface réactionnelle, la température, l'humidité et même le pH.

L'évolution de la décharge est liée à la dégradation de la matière organique. [7.8]

I.3.7. Teneur en carbone organique :

Comme dans le cas de la matière organique, la teneur en carbone organique est liée à l'état de dégradation du déchet. [7.8]

I.3.8. Teneurs en métaux lourds :

Les décharges sont très chargées en métaux lourds. Leur détermination permet d'évaluer le potentiel métallique du massif et de prendre des mesures pour anticiper les impacts sur l'environnement ; représentent 4,1% de la production globale d'ordures ménagères. L'apport de ces métaux lourds en grande partie est dû aux utilisations de piles, de boîtes de conserve mais surtout aux déchets industriels.

La composition physico-chimique des ordures ménagères est donnée par le tableau-3

Tableau -3 : Composition physicochimique des ordures ménagères [9] (en mg/kg de matière sèche.)

	Toutes ordures ménagères confondues.	Eléments fins.	Combustibles non classés.	Textiles.
Plomb	795	931	184	99
Cadmium	4	4.5	14	0.8
Mercure	3	1.3	0.2	0.5
Arsenic	5	4.3	-	-

I.4 .Gestion et traitement des déchets ménagers**I.4.1.Gestion des déchets ménagers [10]**

Consiste en toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations. À partir de cette définition, plusieurs opérations se distinguent dans le mode de gestion des déchets existant en Algérie :

I.4.1.1 Modes de collecte, d'élimination et de traitement de déchets en Algérie

Deux étapes sont essentielles dans le service des déchets : l'enlèvement et l'élimination. L'enlèvement des déchets compte la pré-collecte et la collecte elle-même. L'élimination fait référence à la mise en décharge, enfouissement, compostage et incinération.

I.4.1.1.1 Collecte et pré-collecte

- **Pré-collecte**

Le concept de pré-collecte sous-entend toutes les opérations qui précèdent la collecte effective des déchets. Elle vise le recueil, le rassemblement et le stockage des déchets par les

habitants d'un foyer, d'un immeuble, d'une cité ou par les personnels d'un organisme ou d'une entreprise, puis les déposer dans des lieux dédiés aux déchets. En Algérie, elle revêt diverses manières selon le type d'habitation et l'accessibilité des équipements

- **Collecte des déchets**

L'opération de la collecte est située au cœur du processus de la gestion des déchets. C'est une opération d'ordre public qui rentre dans le cadre de la protection de la santé des populations ainsi que pour assurer une meilleure qualité de vie. Elle consiste en le ramassage et le regroupement des déchets en vue de leur transport. À l'heure actuelle, il existe en Algérie deux méthodes d'enlèvement :

- le porte à porte, dans lequel le service de la collecte assure un passage régulier pour l'évacuation des DSM

- en apport volontaire, dans lequel le générateur assure le transfert des DMA vers un point de regroupement afin qu'ils soient transportés par le service chargé de l'opération vers un lieu d'élimination ou de traitement. Ce mode d'apport est très adapté à l'opération de tri sélectif [11]. Afin La collecte des déchets signifie toutes les activités de ramassage, de regroupement des déchets qu'ils soient transférés vers un lieu de traitement. Cette collecte est organisée par les communes selon leur taille.

- La collecte sélective, consiste à ramasser séparément une ou plusieurs catégories de déchets dont le verre, les papiers et cartons, la ferraille qui est déjà bien connues du public. La collecte séparée de "déchets verts", constituée essentiellement des déchets de cuisine ou de jardin ne contenant que des résidus organiques est pratique dans certaines régions.

En Algérie, la collecte se fait encore de manière non sélective alors que de nos jours, une gestion environnementale des déchets nécessite la mise en place d'un mode de collecte sélective. Mais sans moyens de collecte spécifiques pour des types de déchets bien déterminés et sans infrastructures de valorisation.

- **Types de récipient**

Le type et la taille des bacs de collecte doivent être choisis selon les besoins des utilisateurs, le système de collecte et les véhicules de collecte.

Pour le système d'enlèvement porte-à-porte, les types de récipients appropriés sont les Suivants :

- Sacs
- Bacs ouverts
- Bacs roulants hermétiques normalisés

- **Types de véhicules de collecte et de transport**
- ✓ Camion de collecte avec benne tasseuse (mécanique ou automatique) : véhicule polyvalent de capacité moyenne. Pour éviter l'éparpillement des ordures durant le trajet, il faut couvrir les ordures d'un filet qui les retient.
- ✓ Camion de collecte avec carrosserie fermée et compression des déchets. Ce type de véhicule est le plus répandu en Algérie, dans le milieu urbain. Il pourra être utilisé pour la collecte de déchets dans des bacs non normalisés et des sacs perdus.
- ✓ Camion de collecte avec équipement hydraulique de chargement et de compression. Il pourra être utilisé pour les bacs roulants normalisés et la collecte hermétique
- ✓ Camion pour collecte sélective muni d'une grue pour l'enlèvement de conteneur spécialisé Camion à caissons amovibles équipés de leviers à vérins servant au transport et à la mise en place des caissons.
- ✓ Tracteur agricole avec remorque à benne.

I.4.2. Tri des déchets

I.4.2.1. La récupération [12]

Quelle que soit la nature des déchets (verre, papier-carton, plastique, textile...) la récupération est envisagée. Elle se définit comme étant la séparation de certains matériaux ou produits des déchets à des fins de réemploi, de réutilisation et de recyclage. Elle peut donc revêtir différentes formes :

- Le recyclage : qui consiste à récupérer un matériau pour en fabriquer une autre identique : c'est le cas des verres, des papiers et des cartons ... ;
- La réutilisation : qui consiste à récupérer un matériau pour en fabriquer un autre différent ;
- Le réemploi : comme son nom l'indique- qui est un nouvel emploi, dans le même état, d'un produit ou d'un matériau récupéré pour un usage donc analogue à sa destination première.

La récupération offre dès lors le moyen d'économiser des ressources naturelles et de contribuer à abaisser le prix de revient du traitement des déchets. De surcroît, il faut bien entendu avoir un marché pour les produits de récupération. A cet effet, il faudrait que se créent des systèmes incitant les industriels, les administrations et les individus à consommer davantage de produits récupérés.

I.4.2.Traitement des déchets ménagers

I.4.2.1.L'incinération

Méthode de traitement thermique des déchets qui consiste en une combustion des matières à éliminer. Les fumées qui se dégagent sont traitées spécifiquement ainsi que les déchets produits (mâchefers, résidus d'épuration des fumées...). La chaleur dégagée par l'incinération fait l'objet de valorisation énergétique (production de chaleur et/ou électricité) dans la plupart des unités. [14]

La combustion des déchets est autoalimentée, c'est-à-dire qu'aucun autre combustible n'est nécessaire au maintien de la combustion. Toutefois, un brûleur (alimenté au gaz ou au fioul la plupart du temps) est toujours nécessaire pour assurer trois fonctions :

1. montée en température jusqu'aux conditions d'incinération (850 °C pendant au moins 2 secondes après la dernière injection d'air)
2. maintien des conditions d'incinération au cas où les déchets seuls ne le permettent pas (rare en France)
3. arrêt du four et descente en température (qui doit être progressive).

Quant à l'installation, elle comporte trois zones principales :

Un hall de réception et une fosse permettent d'homogénéiser les produits et d'alimenter, éventuellement en continu (si les quantités à traiter sont importantes) l'installation. Dans ce dernier cas les fours fonctionnent 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 tandis que la collecte ne s'effectue que 6 demi-journées par semaine ; la reprise se fait au moyen d'un grappin, sous un pont roulant au-dessus de la fosse de réception.

Le four en continu, si la nature des déchets le permet, utilise le seul pouvoir calorifique (PCI) des déchets pour fonctionner ; un brûleur à mazout ou, la plupart du temps, au gaz de ville ou au propane permet le démarrage et occasionnellement un apport calorifique complémentaire lors de l'allumage et pour réduire les imbrûlés ou la formation de composés toxiques (furanes, PCB, goudrons ou diverses formes de dioxines) si la température tombe au-dessous de 850 °C. Il existe des incinérateurs à lit fluidisé, à four rotatif ainsi que de nombreuses variantes permettant l'incinération des déchets industriels ou spéciaux (farines animales, etc.). Une chaudière peut récupérer la chaleur et la valoriser, éventuellement sous forme d'énergie électrique ou pour le chauffage (cogénération). [15]

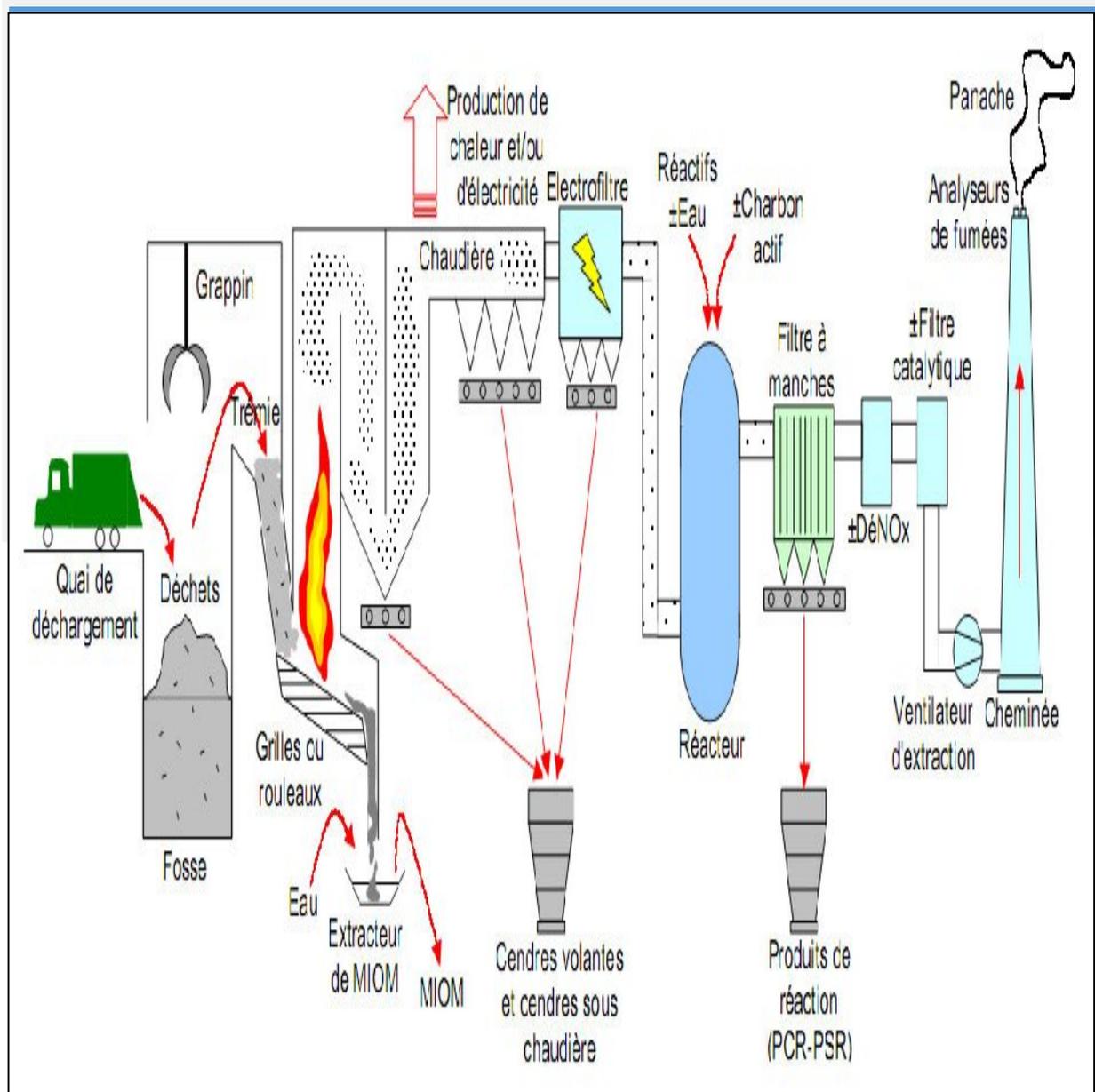


Figure 02 : schéma de principe de l'incinération [16]

I.4.2.2. Compostage

Le compostage est un processus microbologique aérobie de décomposition et de synthèse de la matière organique ; son principal ennemi, et très sérieux inconvénient, étant le plastique. Ces transformations sont dues aux bactéries, aux actinomycètes et aux champignons que renferment les déchets.

I.4.2.3. Centre d'enfouissement technique CET

I.4.2.3.1. Définition d'un centre d'enfouissement technique des déchets CET

Un centre d'enfouissement technique de déchets ménagers et assimilés comme le désigne la réglementation Algérienne, défini aussi comme étant une installation de stockage

des déchets non dangereux par les textes, est un site spécialement aménagé pour stocker les déchets solides urbains sans risques de nuisances pour l'environnement.

L'enfouissement ou le stockage des déchets se traduit par le compactage en un volume réduit d'un ensemble varié de matériaux évolutifs (déchets). Dès la phase de dépôt, ces déchets sont soumis à des processus de dégradation liés à des réactions bio-physico-chimiques complexes. Une partie des produits de la dégradation se retrouve sous phase gazeuse, le biogaz. L'autre est transportée par les eaux de pluie qui s'infiltrent dans le massif des déchets, qui est le lixiviat.

La conception d'une telle installation ou d'un tel centre repose, principalement, sur l'isolement des déchets par rapport au milieu environnant et aussi sur la gestion rigoureuse des résidus issus de la dégradation des déchets stockés tels que le lixiviat et le biogaz.

Le CET est composé de :

Une zone de service ou le contrôle, l'admission et la pesée des déchets se font. Cette zone abrite également les bureaux, vestiaires et autres locaux.

La zone d'enfouissement qui comporte les casiers d'enfouissement et la station de traitement des lixiviats

Un réseau de voiries (bitumé) relie l'ensemble des éléments composant le CET.

IL est également possible d'installer un centre de tri au niveau d'un CET (dans la zone de service), ce qui permettrait :

La réduction des volumes de déchets à enfouir.

La valorisation des fractions récupérables à partir des déchets.

L'amélioration de la qualité des lixiviats qui devront être traités (en absence de piles, batteries et métaux récupérés, les lixiviats seront moins chargés en polluants dangereux et donc plus faciles à traiter). [17]



Figure 03 : casier d'un CET

I.4.2.3.2. Classification des sites de CET :

En France, et dans la plupart des pays européens les CET sont administrativement Classées en trois classes :

Classe 1 : destinée à accueillir les déchets spéciaux

Classe 2 : reçoit les ordures ménagères et déchets assimilés

Classe 3 : reçoit les déchets inertes : terres, gravats, etc.

Ce tableau 04 présente les principales classes de CET selon la base du coefficient de perméabilité K du substrat.

Tableau 04 : Principales classes de CET (Directives Européennes 31/12/2001 N° 1999/31/CE)

Catégorie	Déchets assimilables	Perméabilité K	Caractérisation de sites
Classe I	Déchets spéciaux	K < 10 ⁻⁹ m/s Sur 5m Site imperméable	1. Fond imperméable, 2. Conception de l'alvéole garantissant les écoulements vers un point bas, 3. Implantation d'un ouvrage, de contournement évitant l'entrée des eaux superficielles, 4. Couverture en pente, favorisant le Ruissellement
Classe II	Ordures ménagères et déchets assimilés	10 ⁻⁹ < K < 10 ⁻⁶ m/s Sur 1 m Site semi imperméable	1. Capacité du site à s'assurer une épuration des lixiviats, 2. Infiltrations modérées, écoulements vers un point bas, 3. Protection des eaux souterraines
Classe III	Déchets inertes	Site perméable K > 10 ⁻⁶ m/s Sur 1m	Migration trop rapide des lixiviats constituant un risque élevé de lapollution des nappes phréatiques.

I.4.2.3.3. Fonctionnement d'un site de CET :

Un site de CET permet de stocker les déchets en éliminant leur contact avec le sol et de récupérer les eaux de percolation (lixiviats) en périphérie et au-dessus le biogaz.

La zone de stockage des déchets doit être divisée en plusieurs casiers bien étanchéifiés, exploités successivement, hydrauliquement indépendants et délimités par des digues stables et étanches. La capacité et la géométrie des casiers doivent contribuer à la limitation des risques de pollution des eaux souterraines et des eaux de surface. La hauteur des déchets dans un casier est déterminée de manière à ne pas dépasser la limite de stabilité des digues [18]

Chaque casier est subdivisé à son tour en alvéoles dans le but de limiter la surface et de mieux contrôler les envols, les odeurs et les lixiviats. Elles peuvent être constituées :

- D'une couche drainante de granulat surmontée d'un feutre géotextile
- D'une couche minérale d'étanchéité
- D'une géo membrane de 2 mm d'épaisseur
- D'un géotextile pour la protection de la géo membrane d'éventuelles perforations
- D'une couche drainante constituée de galets avec pose de drains pour récupération des lixiviats
- D'un réseau de captage du biogaz
- D'une couche finale composée d'une membrane géotextile et de plusieurs couches de terre végétale. [17]

Enfin, les déchets sont déversés dans le casier en exploitation où ils vont subir des fermentations aérobie puis anaérobie. Celles-ci sont à l'origine de la production de lixiviats et de biogaz. Le lixiviat chargé en substances organiques polluantes doit subir un traitement avant rejet, le biogaz sera capté et incinéré, avec ou sans valorisation de son contenu énergétique.

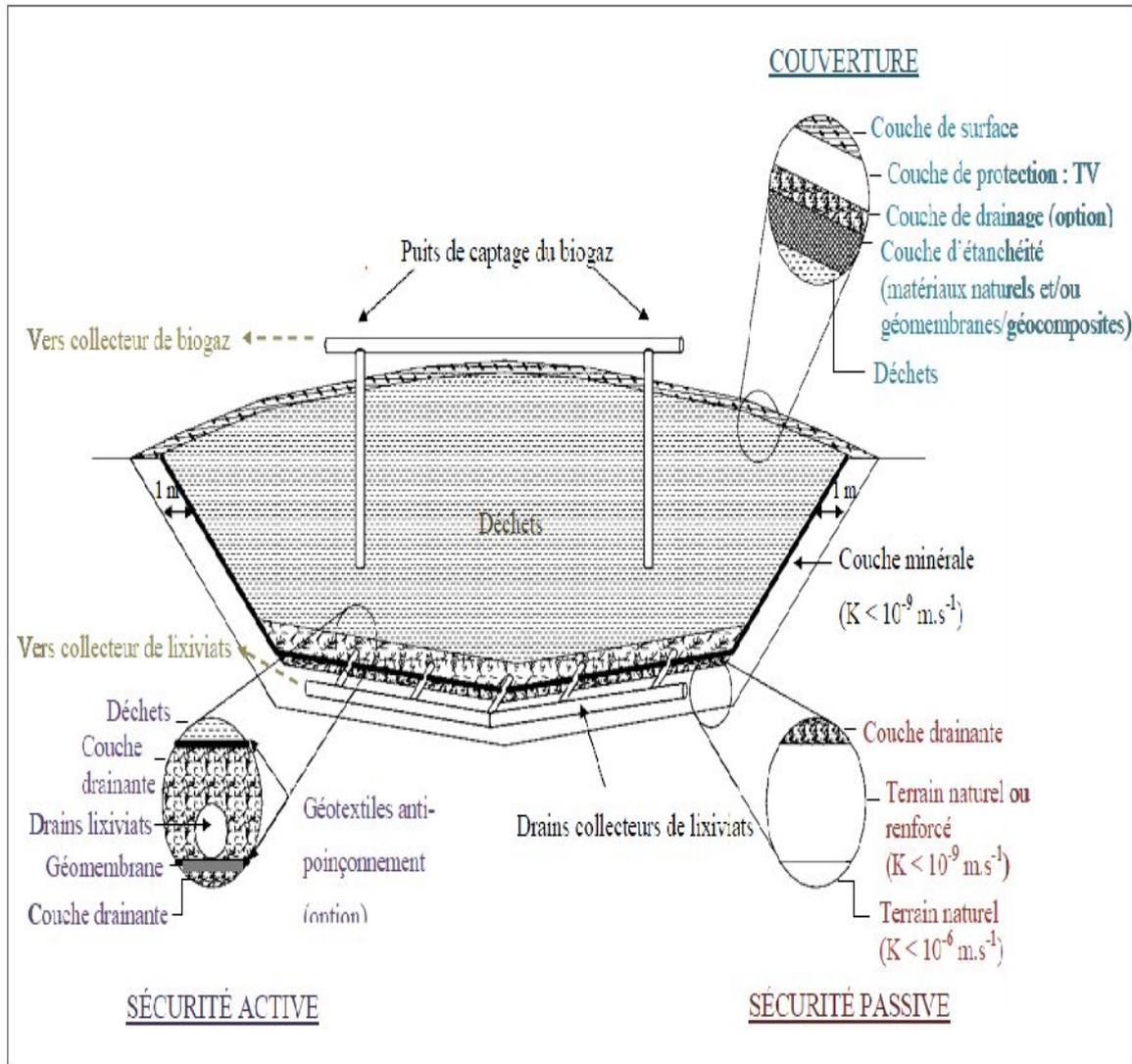


Figure 04 : principe de CET

I.5. Flux polluants générés par les Centres de Stockage des Déchets

I.5.1. Biogaz

Le biogaz est un mélange composé essentiellement de 60-65% de méthane et de 40-35% dioxyde de carbone).

D'autres produits minoritaires sont également présents tels que le sulfure d'hydrogène, les mercaptans et des composés organiques volatils. [19]

La production de biogaz liée à la phase de stabilisation des déchets, en système anaérobie, dépend de plusieurs paramètres dont la nature du déchet, la teneur en humidité, la température, le pH, la disponibilité de nutriments et la présence d'inhibiteurs. [20]

Le biogaz représente une source d'énergie et de chaleur mais il a cependant un impact non négligeable sur l'environnement.

En effet, le méthane participe activement à l'effet de serre et l'émission issue des décharges d'ordures ménagères est l'une des sources anthropogéniques les plus importantes. [20]

La réglementation européenne et française impose, comme pour le lixiviat, la collecte et le traitement du biogaz afin de protéger l'environnement par la réduction des nuisances olfactives et des émissions de gaz à effet de serre, afin d'assurer la sécurité du site en évitant les risques d'explosion liés à l'accumulation de biogaz et afin de réduire les coûts d'exploitation du site par valorisation du biogaz produit[21].

I.5.2. lixiviat

Les principaux paramètres influençant la composition du lixiviat sont la composition des déchets enfouis, leur degré de décomposition, leur taux d'humidité, leur température, le taux d'infiltration de l'eau dans les déchets, les conditions climatiques et l'âge de la décharge [22]. Malgré sa complexité, quatre groupes de polluants caractérisent le lixiviat : [23.24]

- La matière organique dissoute
- Les composés organiques anthropiques (hydrocarbures aromatiques, phénols, composés aliphatiques chlorés...) – concentration inférieure à 1 mg/L
- Les composés minéraux majeurs : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} ...,
- Les métaux lourds (Zn, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb...) – à l'état de traces.

Les principales mesures caractérisant un lixiviat sont la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande Biologique en Oxygène (DBO), le Carbone Organique Dissous (COD), l'azote Kjeldhal (NTK), le pH, la conductivité, les métaux, etc....

Conclusion

L'augmentation de la production des déchets et leur prolifération dans l'espace urbain sont un dilemme pour les responsables locaux confrontés de plus en plus à des demandes croissantes de construction, d'équipement de base et d'assainissement. Malgré l'évolution des mentalités et la progression du recyclage, la production de déchets ne cesse de progresser en raison du développement de nos sociétés et du passage vers le mode de société de consommation

Le stockage en Centre d'enfouissement technique des déchets est devenu, sous l'impulsion des réglementations destinées à protéger l'environnement, une technologie très sophistiquée et les techniques de gestion ont beaucoup progressé. [6]

Introduction

La production des déchets solides est en augmentation constante, suite à la croissance démographique et à l'intensification de l'activité économique[25]; 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 [26].

.II.1.Définition des Lixiviat

Le lixiviat est défini comme étant l'eau qui percole à travers les déchets en rechargeant bactériologiquement et chimiquement des substances minérales et organiques. Ce « jus de décharge » résulte donc de la solubilisation de composés lors de la percolation non uniforme et intermittente de l'eau à travers la masse des déchets [27].



Figure 01 : bassin de collecte du Lixiviat

II.2. TYPES DES LIXIVIATS

Suivant le stade d'évolution biologique des déchets, trois types de lixiviats ont été distingués.

II.2.1. Les lixiviats jeunes

Ces lixiviats se caractérisent par une charge organique élevée biodégradable (seuil de biodégradabilité DBO_5 d'acides gras volatils. Ces lixiviats peuvent être chargés en métaux (jusqu'à 2 g/L leur pH relativement bas ($< 6,5$)[28].

II.2.2. Les lixiviats intermédiaires

Les lixiviats intermédiaires présentent une charge organique un peu moindre avec une biodégradabilité assez faible. En effet, les acides gras volatiles (AGV) ne représentent plus que 20 à 30 % de cette charge, à égalité avec les composés de poids moléculaire élevé et les composés de faible poids moléculaire. De ce fait, le pH est voisin de la neutralité et la charge en acide gras volatile. Ces lixiviats correspondent globalement à la phase méthanogène stable.

II.2.3 Les lixiviats stabilisés (> 10 ans)

Ils sont caractérisés par une faible charge organique, composée essentiellement des substances humiques de hauts poids moléculaire (la DCO dépasse 3000 mg/L) [29,30] qui sont réfractaires à la biodégradation ($DBO_5/DCO < 0,1$). Ces lixiviats stabilisés correspondent à la phase de maturation de la décharge.

II.3. composition et évolution du lixiviat au cours du temps

Le lixiviat est produit tout au long de la dégradation des déchets. D'après Wagner & Vasel (1998), la composition du lixiviat est une photographie de l'état de l'évolution des déchets. Bon nombre d'auteurs ont étudié la composition d'un lixiviat en phases d'acidogènes et de méthanogènes sur des déchets enfouis en CSD classiques et n'ayant subi aucun prétraitement. Lixiviats constituée de

- La matière organique dissoute,
- Les composés organiques anthropiques (hydrocarbures aromatiques, phénols, composés aliphatiques chlorés...) – concentration inférieure à 1 mg/L
- Les composés minéraux majeurs : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} ...
- Les métaux lourds (Zn, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb...) – à l'état de traces.

II.4. Types de polluants présents dans les lixiviats

- **Acides gras**

Les acides gras sont d'importants constituants du monde animal et végétal. Ils se répartissent en grandes familles selon le nombre de double liaisons éthyléniques qu'ils possèdent : les acides gras saturés (aucune double liaison) ramifiés ou non, mono saturés

(une seule double liaison) et polyinsaturés (au moins deux doubles liaisons).

- **Composés ligno-cellulosiques**

Les composés ligno-cellulosiques (cellulose, hémicelluloses et lignine) retrouvés en décharge sont principalement dus aux 12 % de déchets verts (bois, herbe, feuilles) et aux 25% de papiers, cartons et journaux entreposés[31]. Leur présence est un très bon indicateur du règne végétal.

II.5. Processus de formation des lixiviats

Les lixiviats proviennent soit de la percolation des eaux pluviales au travers des déchets enfouis, eaux qui se chargent de divers polluants, soit de la masse de déchets en elle-même (tassement, réactions chimiques). Ces lixiviats sont collectés gravitairement et stockés dans un bassin étanche. L'évacuation des lixiviats par une société spécialisée et les risques qui en découlaient sont aujourd'hui remplacés par un traitement interne des effluents dans la nouvelle unité d'épuration.

II.5.1. Processus chimiques

L'évolution du pH, du pouvoir tampon, de la salinité et du potentiel d'oxydoréduction des percolats est le résultat des mécanismes chimiques de solubilisation, de complexations, et d'oxydoréduction[32].

II.5.2 Processus biologiques

L'évolution de la partie organique des déchets mis en décharge est le résultat d'une évolution biologique. En général, la décomposition de la matière organique des déchets passe par deux phases de dégradation

II.5.2.1 La fermentation aérobie

Les microorganismes aérobies présents dans les déchets amorcent la dégradation aérobie suivant la réaction :



Où $(C_{15}H_{21}O_9N)_n$ représente la formule globale de la matière putrescible des déchets.

La production d'eau métabolique après oxydation totale par voie aérobie atteint environ 330 litres par tonne de matière sèche. Mais cette quantité d'eau est facilement éliminée par évaporation dans la mesure où la température d'équilibre est de 40 à 60 °C[33].

II.5.2.2. La fermentation anaérobie

A ce stade la température diminue et la teneur en gaz carbonique en augmentant, favorise l'apparition de bactéries anaérobies strictes. Cette phase présente l'avantage de produire du méthane (biogaz).

La teneur en CH₄ dans le gaz peut varier entre 40 et 60% en volume. La production du méthane peut durer plus d'une dizaine d'années [34]. En fonction des transformations effectuées par les différentes populations bactériennes anaérobies.

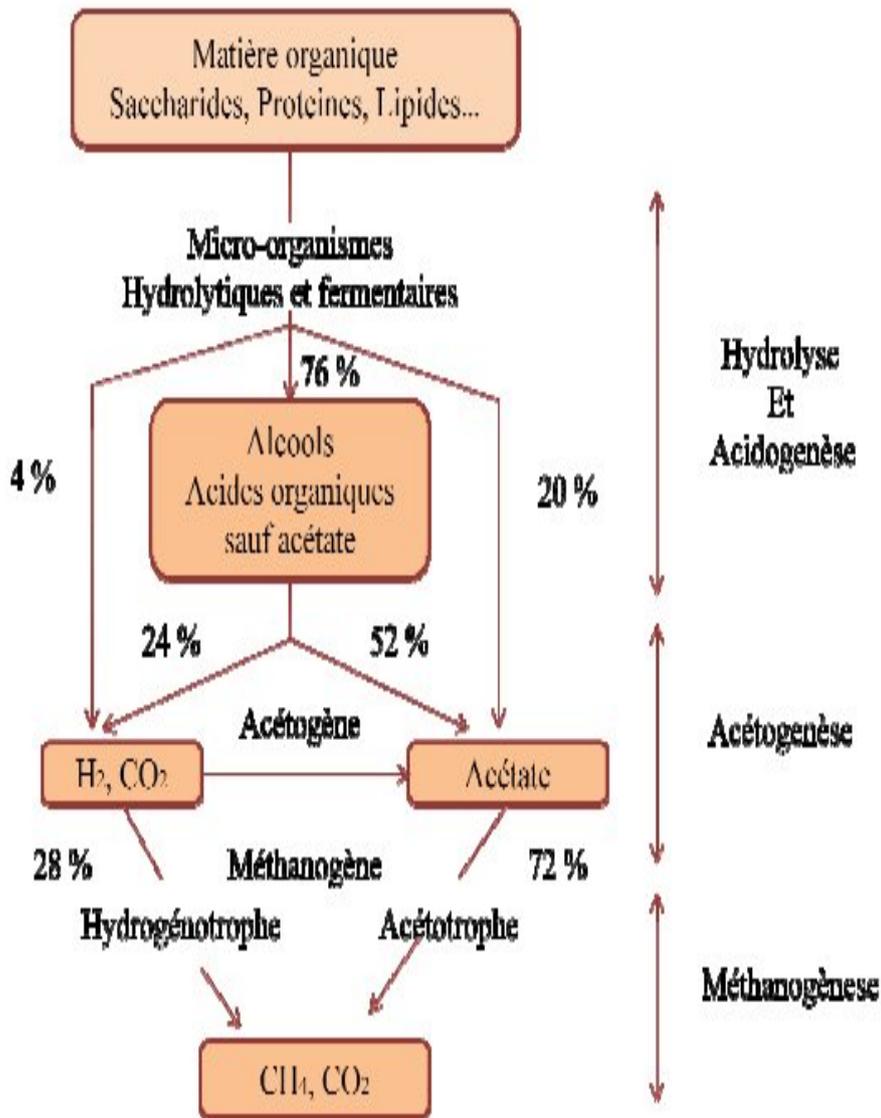


Figure 02 : Mécanismes de la fermentation anaérobie.

II.6. Gestion des lixiviats

La gestion des lixiviats consiste à les collecter, les stocker et les traiter. Toutes les eaux météoriques, de surface, de lavage, feront l'objet d'une collecte spécifique par la réalisation de fossés drainant. Les lixiviats de fond de casiers seront drainés et récupérés dans des bassins de prétraitement dans les parties aval du CET écoulement gravitaires. Et ils nesont

pas abandonnés dans la nature que lorsqu' ils respectent les valeurs suivantes, fixées réglementairement [35].

Dans le cas contraire, les lixiviats sont traités dans une station d'épuration urbaine quand un raccordement est possible.

Les points de rejets dans le milieu naturel sont réduits en nombre pour être surveillés par l'exploitant quand ils ne transitent pas par une station d'épuration.

Si nous prenons l'exemple des déchets ménagers de la ville d'Alger d'un caractère organique prédominant et qui sont enfouis dans une zone bénéficiant d'un climat méditerranéen caractérisé par des pluies abondantes et parfois diluviennes, il en résulte sans doute un flux de lixiviats considérablement important en qualité et en quantité. Ce flux ne doit pas être rejeté dans le milieu naturel s'il ne respecte pas les valeurs limites fixées dans le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 portées au Tableau 06.

Tableau 05 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides [36]

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 – 8,5
MES	mg/L	35
Azote kjeldahl	mg/L	30
Phosphore total	mg/L	10
DCO	mg/L	120
DBO5	mg/L	35
Aluminium	mg/L	3
Substances toxiques	mg/L	0.005
bio cumulables		
Cyanures	mg/L	0.1
Fluor et composés	mg/L	15
Indice de phénols	mg/L	0.3
Hydrocarbures	mg/L	10
Totaux		
Huiles et graisses	mg/L	20
Cadmium	mg/L	0.2
Cuivre total	mg/L	0.5
Mercure total	mg/L	0.01
Plomb total	mg/L	0.5
Chrome total	mg/L	0.5
Etain total	mg/L	2
Manganèse	mg/L	1
Nickel total	mg/L	0.5
Zinc total	mg/L	3
Fer	mg/L	3
Composés organiques chlorés	mg/L	5

II.7. Gestion du biogaz

Une gestion contrôlée du biogaz consiste à empêcher sa diffusion sur toute la surface d'un CET, à le pomper puis à l'analyser pour voir s'il est valorisable ; le cas échéant, ce gaz doit être détruit en torchère avec une température supérieure à 900°C pendant au moins 2 ou 3 secondes [37].

Les installations de valorisation, de destruction ou de stockage de biogaz sont conçues et exploitées afin de limiter les nuisances, risques et pollutions due à leur fonctionnement. Le biogaz peut être traité par combustion dans une torchère (installation de traitement du biogaz par combustion à l'air) ou valorisé de quatre manières :

- Tout d'abord, après épuration, il peut être injecté dans le réseau de gaz naturel. Cependant, ce système pose problème à cause de la présence entre autre de mercure et de chlore.
- Ensuite, il est possible de le transformer en électricité après combustion dans un moteur thermique ou dans des turbines à gaz.
- Le biogaz permet aussi la production de chaleur après combustion dans des chaudières.
- Enfin, il est utilisé comme carburant pour véhicule après épuration [35].

II.8. Analyse des lixiviats

Divers types d'analyses peuvent être réalisés sur les lixiviats récoltés. Certaines mesures sont réalisées, directement au moment du prélèvement pour éviter l'évolution des échantillons; c'est le cas du pH, de l'oxygène dissous, la température et de la conductivité. Les échantillons sont ensuite acheminés au laboratoire où ils sont l'objet des analyses courantes pour les effluents liquides.

II.8.1. PH et la conductivité

Le pH des solutions a été mesuré sous agitation magnétique à l'aide d'un pH mètre muni d'une électrode de verre combinée Ag/AgCl. L'étalonnage est effectué à l'aide de tampons de pH 4 et 7 à 20°C. La précision sur la mesure donnée par le constructeur est de $\pm 0,1$ unité pH.

La conductivité a été mesurée à l'aide d'un conductimètre. mesure intégrée de la température permet une compensation automatique de la valeur de la conductivité en fonction de la température de la solution [38].

II.8.2.L'humidité

Elle est basée sur la différence de poids de la prise d'essai avant et après séchage à 103°C. La teneur en matière sèche est calculée à partir de l'humidité [39].

II.8.3.Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La DCO exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique biodégradable ou non d'une eau à l'aide d'un oxydant fort, le dichromate de potassium sous des conditions données [40].

II.8.4.Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)

La DBO exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau, par le développement de micro-organismes, dans des conditions données [40]. Le rapport DBO5/DCO des différents lixiviats est calculé dans le but de déterminer le caractère biodégradable des molécules et de suivre cette biodégradabilité au cours du temps [41].

II.8.5.Analyse des sels nutritifs

a. Azote ammoniacal (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 [42].

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

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. 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 [43].

II.8.6.Analyse de Carbone Organique Total

La détermination précise du Carbone Organique Total (COT) et du Carbone Organique Dissous (COD) revêt une grande importance dans la compréhension des rôles géochimiques, environnementaux et écologiques de la matière organique en milieu aqueux [44]. .A cause de sa grande diversité, le carbone organique est susceptible d'être oxydé par les procédés chimiques ou biologiques. Le dosage du COT se révèle être très adapté dans le cas où une partie de ce carbone échappe à ses mesures chimiques ou biologiques. La valeur du COT détermine complètement les composés difficilement oxydables chimiquement et non biodégradables qui sont d'une grande importance pour l'évaluation de la pollution de l'eau et des effluents. Pour déterminer la teneur en carbone total, les molécules organiques doivent

être converties en une forme moléculaire susceptible d'être mesurée quantitativement. Cette forme moléculaire est le dioxyde de carbone (CO₂).

II.8.7. Analyse des métaux par spectrométrie d'absorption atomique de flamme

Les métaux de lixiviat (Fe, Pb, Hg et Cu) ont été déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique après une digestion préliminaire avec HNO₃-H₂SO₄ selon la méthode décrite dans Standard méthode (3030 G. Nitrique Acide-Sulfurique Acide Digestion).

Le principe consiste en une digestion de l'échantillon par les acides HNO₃-H₂SO₄ à haute température (200°C) jusqu'à décoloration du minéralisât. Après refroidissement celui-ci est filtré deux fois. La concentration des métaux dans les échantillons a été déterminée par spectrophotométrie d'absorption atomique [45].

II.9. Traitement des lixiviats

Les lixiviats de décharge sont souvent définis en tant qu'eaux usées dangereuses et fortement polluées. Le lixiviat peut contenir de grandes quantités de matière organique biodégradable, mais également réfractaire à la biodégradation. Des lixiviats de décharge ont été identifiés en tant que sources potentielles de contamination d'eaux de surface, ils peuvent aussi s'infiltrer à travers des sols et dessous-sols, causant la pollution des eaux souterraines.

Plusieurs processus, tirés de la technologie d'eau usée et d'eau potable, ont été appliqués pour le traitement des lixiviats de décharge, tels que la dégradation biologique anaérobie et/ou aérobie, de l'oxydation chimique, la coagulation-précipitation, l'adsorption par charbon actif, la photo-oxydation et des processus membranaire. Par conséquent, une combinaison de procédé physico-chimique et biologique est souvent exigée pour le traitement efficace de ces eaux usées fortement polluées [46].

Les lixiviats ne peuvent être rejetés en milieu naturel que s'ils respectent les normes de rejets admissibles, il faut faire traiter les lixiviats dans une station de traitement ou dans une station d'épuration collective, urbaine ou industrielle. Un traitement préalable peut dans le cas échéant être nécessaire.

Les procédés les plus courants dans le domaine du traitement des lixiviats sont:

- Procédés physico-chimiques,
- procédés biologiques.

II.9.1. Traitement physico-chimie des Lixiviat

II.9.1.1. Traitement par Coagulation-Floculation (CF)

L'étude de la coagulation par le chlorure ferrique hydraté (FeCl₃.6 H₂O) pour le traitement des lixiviats consiste en trois phases successives :

- Une phase initiale avec une agitation rapide de 300 tr/min pendant une minute.

- Une phase lente ou la vitesse d'agitation est réduite jusqu'à 50 tr/min pour une vingtaine des minute.
- Et une phase finale qui consiste à laisser décanter pendant une heure.

a) Mécanismes de coagulation

Les colloïdes sont des particules qui ne décantent pas naturellement, et pour lesquelles les phénomènes de surface sont primordiaux. Ces phénomènes régissent la stabilité des suspensions colloïdales. En effet, les colloïdes sont soumis à deux grands types de forces à savoir :

- les forces d'attraction de Van der Waals, liées à la structure et à la forme des colloïdes ainsi qu'à la nature du milieu.
- les forces de répulsion électrostatiques, liées aux charges superficielles des colloïdes.

b) Mécanisme de Flocculation

La flocculation est le processus de grossissement et d'uniformisation des petits flocons formés lors de l'introduction du coagulant. Elle a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération, pour accroître leur volume, leur masse et leur cohésion. Une bonne flocculation est favorisée par

- une coagulation préalable aussi parfaite que possible
- une augmentation de la quantité du floc dans l'eau
- un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau [47].

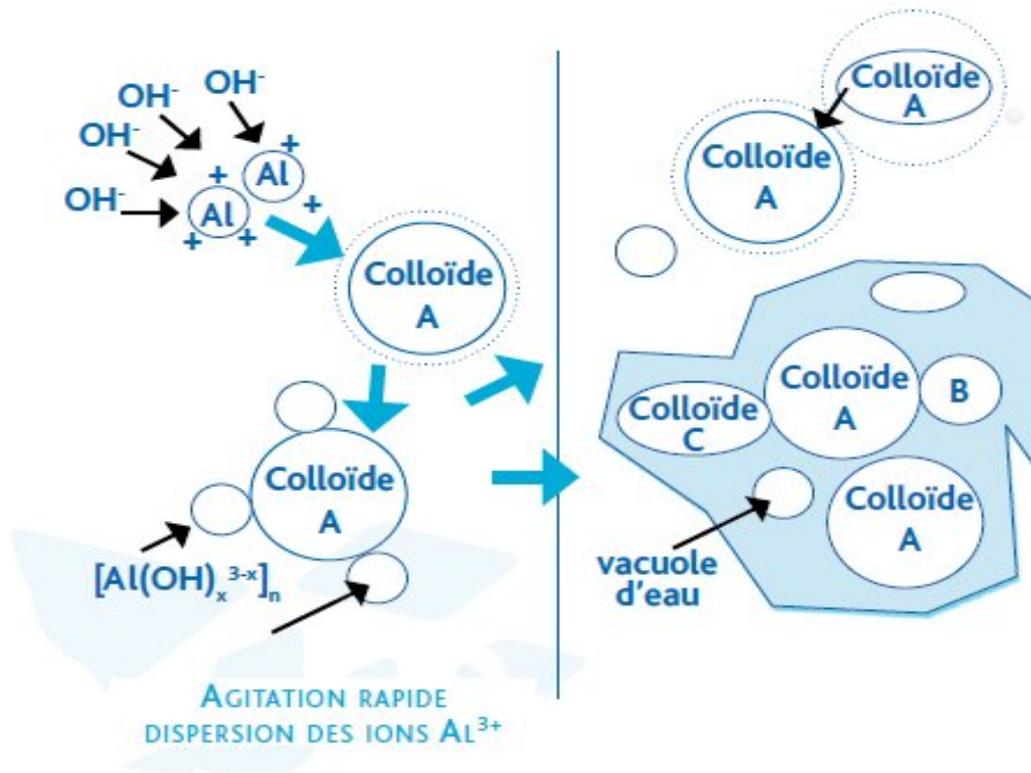


Figure 03: Principe de la coagulation flocculation

II.9.1.2. La filtration

La filtration est un procédé d'épuration consistant à faire passer un liquide chargé en matières en suspension à travers un milieu poreux (filtre) afin de retenir les solides et laisser passer les liquides (filtrats). Il existe deux types de filtration

- **les filtrations sur support** : les particules se déposent sur un support sous forme de gâteau (grille, membrane,).
- **les filtrations en profondeur ou dans la masse (filtrations les plus fréquentes)**: les eaux chargées passent à travers une matrice poreuse (généralement un lit de sable) qui retient les MES ; cette technique est la plus adaptée pour les eaux peu chargées et est par conséquent la plus utilisée pour le traitement des eaux souterraines [48].

II.9.1.3. Traitement par adsorption

L'adsorption des polluants sur charbon actif, en colonne ou sous forme de poudre, donne un bon taux d'abattement de la DCO et d'autres adsorbants comme l'argile, gel de silice et la cellulose ...etc., par rapport aux méthodes chimiques et ce quelle que soit la concentration initiale de la solution en matière organique. Selon plusieurs travaux, le procédé d'adsorption sur charbon actif a été utilisé en conjonction avec des procédés biologiques pour le traitement des lixiviats, Rodriguez et *al.*, ont étudié l'efficacité de différentes résines pour l'élimination de la matière organique bio-récalcitrante et ont montré que le charbon actif

présente la plus forte capacité d'adsorption. Les principaux inconvénients de ce procédé sont la nécessité de régénérer fréquemment les colonnes ainsi que la forte consommation de charbon actif[49].

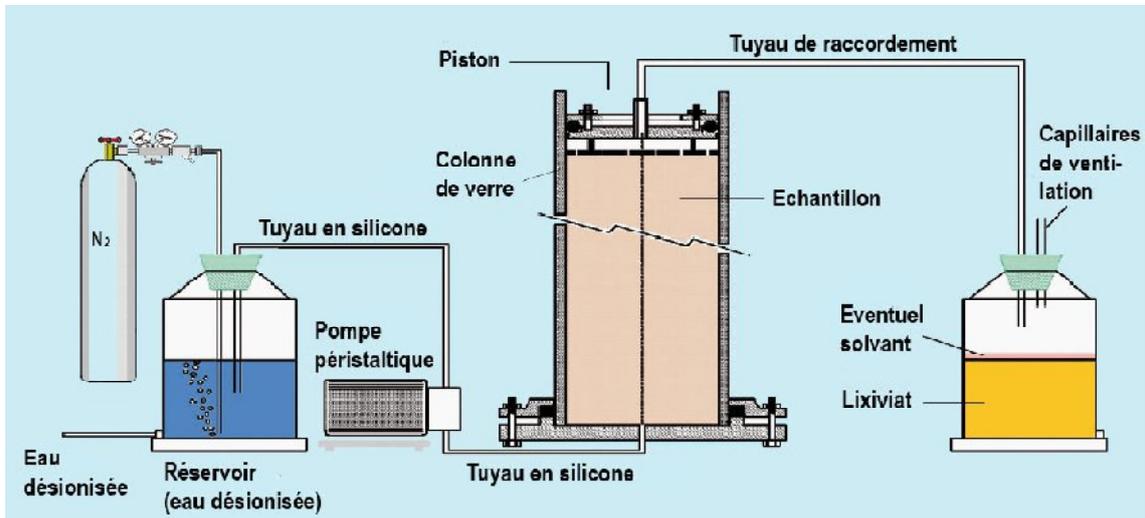


Figure 04 : schéma de procédé de traitement par l'adsorption sur colonne

II.9.1.4. Traitement par Electrocoagulation (EC)

Le procédé d'électrocoagulation est basé sur le principe des anodes solubles. Il s'agit, d'imposer un courant (ou potentiel) entre deux électrodes (fer ou aluminium) immergées dans un électrolyte contenu dans un réacteur pour générer, in-situ, des ions (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) susceptibles de produire un coagulant en solution et de provoquer une coagulation- floculation des polluants que l'on souhaite éliminer. L'électrolyse peut également coaguler les composés solubles [50].

Le dispositif d'électrocoagulation utilisé au cours de cette étude est illustré par la figure 05 consiste en une cellule d'électrocoagulation avec agitation, un générateur électrique et d'un filtre. La cellule d'électrocoagulation est de géométrie cylindrique avec une capacité volumétrique de 1 litre. Le filtre en plastique est introduit dans la cellule permet de piéger les floes formés par mécanisme de flottation au cours de l'électrocoagulation Ce filtre de diamètre 1,5 à 2 mm contribue à l'amélioration de la performance de l'électrocoagulation dans le traitement du lixiviat [51].

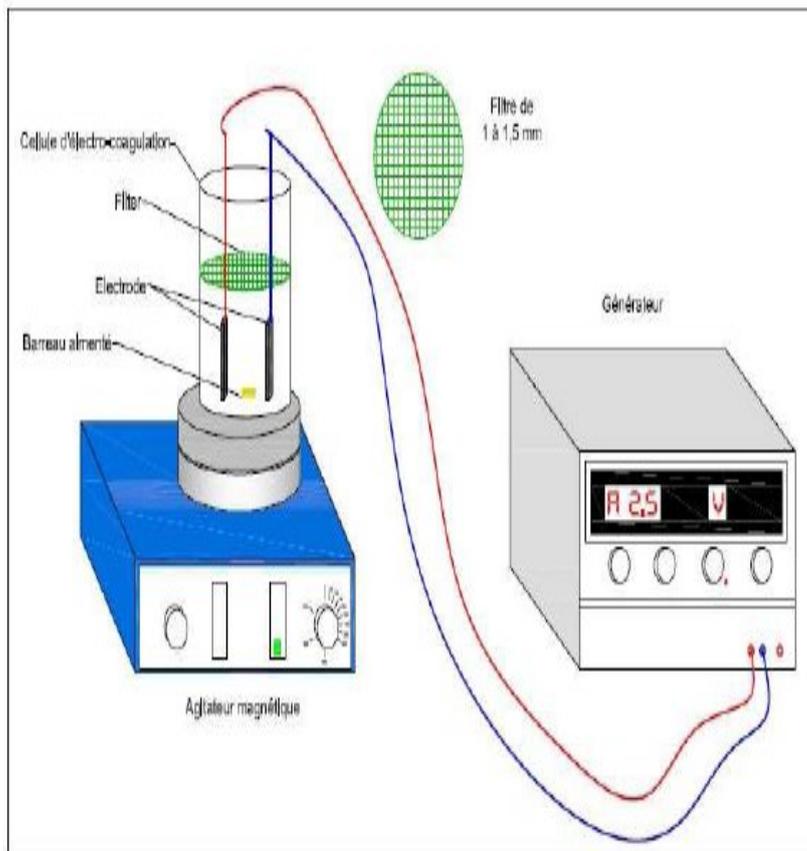


Figure 05 : Dispositif électrocoagulation[52]

II.9.1.5. Traitement des lixiviats par procédé d'oxydation avancé POA

Les POA ont été définis pour la première fois par Glaze et *al.* [52] comme étant des procédés de traitement des eaux opérant à température et pression ambiantes, et qui conduisent à la formation en solution et en quantité suffisante d'oxydants très puissants: les radicaux hydroxyles ($\cdot\text{OH}$). Ces procédés peuvent aussi inclure les procédés électrochimiques basés sur la production des $\cdot\text{OH}$ hétérogènes à la surface d'une anode à haute surtension d'oxygène sous haute densité de courant comme pour le cas de l'oxydation anodique (OA) et l'OA en présence de H_2O_2 (OA- H_2O_2).

II.9.1.6. Traitement des lixiviats par procédé électro-fenton

Le procédé Fenton est un des procédés d'oxydation avancée qui est largement utilisé Comme procédé de prétraitement des lixiviats [53 ,54] Toutefois, le procédé Fenton Classique ne reste toujours pas très efficace lors de l'élimination de la matière organique bio récalcitrante. L'efficacité de ce procédé peut être améliorée en utilisant l'électricité pour une production supplémentaire des radicaux hydroxyles, d'où le procédé électro-Fenton. Ce

procédé combine les avantages des procédés Fenton et l'oxydation électrochimique qui sont deux procédés performants au traitement des rejets. Le procédé électro-Fenton a été largement utilisé au traitement des lixiviats soit en ajoutant le réactif de Fenton à la solution et en utilisant une anode en matériau inerte ayant une haute activité catalytique[55,56] soit en ajoutant seulement H_2O_2 à la solution et les ions ferreux sont apportés à partir de l'oxydation de l'anode en fer [57].

II.9.2. Traitement biologique

Le traitement biologique est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude de micro-organismes sont associés à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi eux, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Cette microflore, extrêmement riche, peut s'adapter à divers types de polluants qu'elle consomme sous forme de nourriture (substrats). Il est ainsi possible d'utiliser cette microflore dans un processus contrôlé pour réaliser l'épuration des lixiviats des décharges dont le principe général s'écrit comme suit :

Lixiviats à traiter + Biomasse épuratrice + $O_2 \rightarrow$ Lixiviats traité + biomasse décantable + CO_2 .

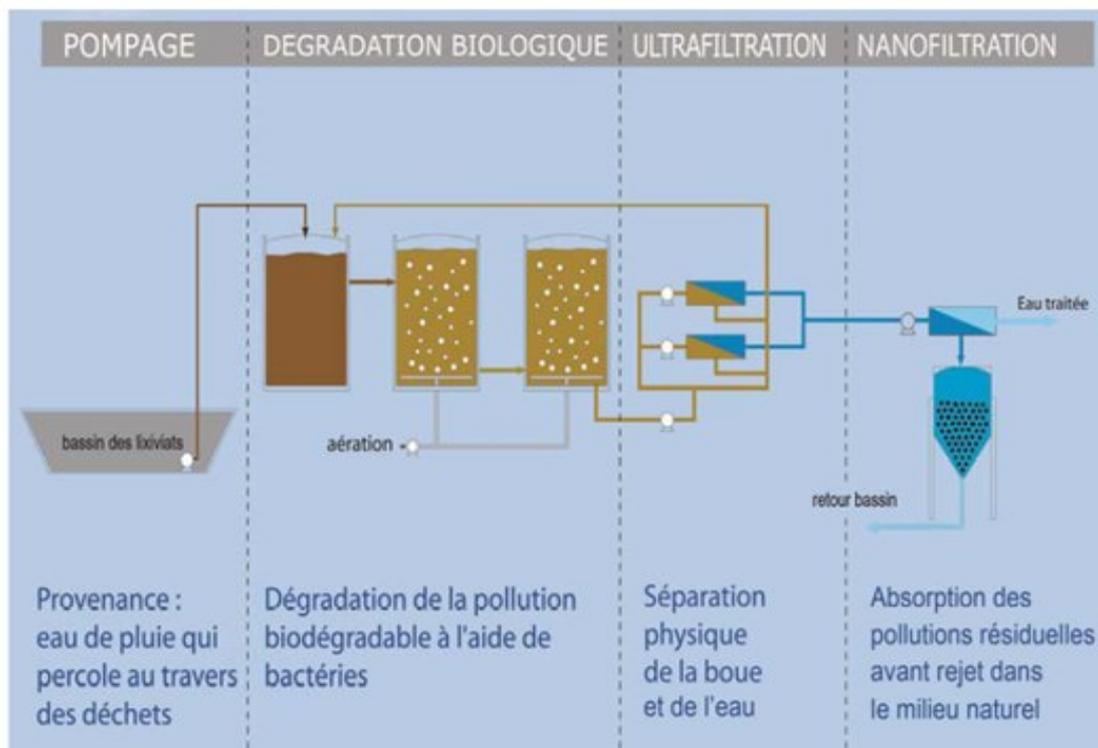


Figure 06 : schéma de traitement biologique[58]

II.9.2.1. Lagunage

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série des bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur.

Le principe général consiste à recréer, dans des bassins, des chaînes alimentaires aquatiques. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques. Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

II.9.2.2. Traitement des lixiviats par L'osmose inverse

L'osmose inverse semble être l'une des méthodes les plus prometteuses dans le traitement des lixiviats. En effet, plusieurs études effectuées à la fois à l'échelle du laboratoire et à l'échelle industrielle ont montré l'efficacité de ce procédé dans l'élimination des contaminants présents dans les lixiviats [59,60]. Les taux d'abattement de la DCO et des métaux lourds sont respectivement supérieurs à 98 et 99%.

II.10. L'effet de lixiviat sur l'environnement

Un des problèmes les plus importants qui concerne la conception du maintien d'un enfouissement des déchets est le lixiviat qui est produit quand l'eau passe dans les déchets. Le lixiviat comprend une masse de composants organiques et inorganiques différents qui peuvent être dissous et/ou suspendus. Indépendamment de la nature des composants, il pose un problème de pollution potentiel sur les terrains locaux et les eaux de surface.

La mise en décharge de déchet, quelle que soit leur nature, s'accompagne de phénomènes complexes relevant des interactions entre les constituants des déchets, les eaux de pluie qui s'infiltrent dans la masse des déchets, et le substrat constitutif du site. La décharge en elle-même doit être considérée comme un milieu en perpétuelle évolution, siège de réactions physico-chimiques et biologiques. Les conséquences directes de ces réactions sont la libération de gaz et la formation de lixiviats.

Ces phénomènes sont à l'origine de deux types de pollution:

- La pollution atmosphérique,
- La pollution hydrique (eaux superficielles, eaux souterraines)[61].

Conclusion

Le type de Lixiviat est défini par leurs caractérisations physico-chimie tel que le pH, la conductivité, la DCO, la DBO₅...etc.

Le traitement des lixiviats de CET est un problème technique délicat auquel doivent faire face les gestionnaires de CET. Les normes de rejet devenant de plus en plus sévères, il devient essentiel pour dimensionner correctement les installations de traitement de caractériser très précisément les lixiviats à traiter.

Diverses techniques (physico-chimie, biologique) peuvent être utilisées à cet effet, elles sont souvent complémentaires [55].

Notre travail est réalisé au niveau du laboratoire de recherche de l'université de Bouira en collaboration avec le laboratoire de la station d'épuration de Oued Housse.

L'objectif du présent travail est la caractérisation physicochimique du les lixiviats issu du centre d'enfouissement technique (CET) de Bouira, ainsi que, l'abattement de la charge organique du lixiviats sur une série d'adsorbants.

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'origine de nos échantillons (Lixiviat) et l'ensemble des dispositifs expérimentaux ainsi que toutes les méthodes d'analyses physicochimiques utilisées pour la caractérisation du lixiviat. Puis, nous présenterons les résultats expérimentaux de l'étude d'abattement de la DCO du lixiviat.

III.1. Matériels et réactifs utilisés dans cette étude

a) Verreries

On a utilisé : des béchers ; des tubes à essai ; pipettes graduées, éprouvettes, la cuve, deux colonnes de filtration ; crusse.

b) Matériels

Conductimètre ; pH-mètre ; plaque chauffante avec agitation magnétique (STUART SB162) ; barreau magnétique, une étuve de type (BINDER300C°) et un Four de type Nabertherm GmbH 1500C° .

c) Réactifs

Dichromate de potassium ($K_2 Cr_2 O_7$) ; Sulfate d'argent ; Acide sulfurique ; Sulfate de fer et d'ammonium (Sel de Mohr); Sulfate ferreux heptahydraté ; Sulfate de mercure et KOH.

III.2. Description de l'Origine des échantillons a étudié

Les échantillons utilisés dans cette étude sont prélevés du première bassin de collecte du lixiviat du centre d'enfouissement technique de ben Abdallah situé à 7 Km de la ville de Bouira et 300 m à vol d'oiseau de l'agglomération secondaire de Ras Bouira, d'une superficie de 13 hectares . Ce CET intercommunal de classe 2, est créé dans le cadre du programme national de la gestion des déchets municipaux. Il reçoit les ordures ménagères et assimilées de six (06) communes : Bouira, Ain Turk, Haizer, Ait Laziz, Taghzou et la Gare Omar.

Le centre est constitué principalement :

- D'un casier d'enfouissement d'une capacité de stockage d'un million de m^3 . La base et les bords du casier sont étanchéifiés par une barrière de sécurité active qui assure le drainage et la collecte des lixiviats. Elle est constituée d'une géomembrane

étanche de type PEHD (1.5 mm) en contact avec la barrière passive, surmontée d'une couche drainante qui est associée à un réseau de drains permettant la collecte des lixiviats et d'un géotextile non tissés en fibre polypropylène (700 g/m²) anti-poinçonnement qui assure la protection de la géomembrane.

- De trois bassins de stockage et de traitement du lixiviat collectés en fond du casier par un dispositif de drainage ancré dans la barrière active.
- D'un air d'extension pour l'extension et la conception des nouveaux casiers.



Figure 1 : Casier de CET de Bouira

III.3. Prélèvement de l'échantillon

Pour réaliser la présente étude, nous avons effectué deux prélèvements à partir du premier bassin de collecte du lixiviat au niveau du CET ben Abdellah de Bouira. La campagne de prélèvements a été réalisée, en mois d'Avril qui représente la période du printemps et en mois de Septembre la saison d'été. 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. Ensuite, les bouteilles fermées hermétiquement ont été conservées dans une glacière et transportés immédiatement au laboratoire.

III.4.Caractérisation physico-chimique des lixiviats

Certains paramètres physico-chimiques comme le pH, la température et la conductivité ont été mesurés sur le site de prélèvement.

Le pH et la température ont été mesurés à l'aide d'un pH-mètre muni d'une sonde de température, et la conductivité électrique (CE) est mesurée par un conductimètre. Les autres paramètres ont été effectués au laboratoire à savoir : DBO₅, DCO et MES. Tous les paramètres chimiques des lixiviats ont été déterminés selon les méthodes standards d'analyse des eaux usées. La teneur de matières en suspension (MES) a été déterminée par la méthode de filtration. La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est analysée à l'aide d'un DCO-mètre type(ECO₆ Thermo réacteur) et la demande biologique en oxygène (DBO₅) est mesurée à l'aide d'un Oxymètre DBO mètre.

III.4.1.Mesure du pH et de la température

Le pH est une notion qui permet de façon commode et précise de désigner le caractère acide, basique ou neutre d'une solution. La mesure de pH de nos échantillons est effectuée à l'aide d'un pH-mètre muni d'une sonde de température. Pour cela nous avons suivi le protocole expérimental suivant :

- Après avoir étalonné le pH-mètre à l'aide des solutions tampons, on lave soigneusement l'électrode et la sonde de température avec de l'eau distillée.
- Ensuite, on les introduit dans le bécher contenant de l'échantillon à analyser, maintenu sous agitation pour déterminer son pH.
- Une fois l'icône du pH arrête de clignoter on lit directement la valeur du pH et de la température de notre échantillon.

III.4.2.Mesure de la Conductivité

La conductivité électrique est en fonction directe avec la concentration ionique de la solution. Sa détermination nous donne une mesure indirecte des substances dissoutes. La mesure de la conductivité électrique de nos échantillons est effectuée à l'aide d'un conductimètre. Pour cela nous avons suivi le protocole expérimental suivant :

- On lave soigneusement les électrodes avec de l'eau distillée, et on la plonge dans l'échantillon, maintenu sous agitation.
- Ensuite, Une fois l'icône arrête de clignoter on prend la valeur indiquée sur le conductimètre. le résultat obtenu est exprimé en $\mu\text{S/cm}$ ou en mS/cm .

III.4.3. Mesure de MES par la méthode de filtration

C'est une méthode de dosage de MES dans les eaux brute, les eaux usées et les effluents. La limite inférieure de dosage de cette méthode est d'environ 2 mg/L. le principe est basé sur la filtration de l'échantillon sur un filtre en fibre de verre. Ce dernier est ensuite séché dans une étuve à 105°C et la masse du résidu retenu (MES) sur le filtre est déterminé par la peser. Dans notre cas nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Sécher les filtres (fibre de verre) dans l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant, peser les filtres (**P₀**).
- Filtrer par l'intermédiaire d'un dispositif de filtration sous vide un volume **V** (100 ml) de chaque échantillon.
- Sécher ensuite le filtre à l'étuve à 105°C pendant 02h.
- Peser les filtres (**P₁**).

La teneur en matière en suspension est déterminée par l'expression suivante

$$\text{MES} = \frac{(P_1 - P_0)}{V} * 1000$$

III.4.4. Mesure de la Demande Chimique en oxygène DCO

La demande chimique en oxygène (DCO) a été mesurée en utilisant la méthode standard normalisée du chauffage à reflux (dosage en retour des permanganates de potassium). La DCO est la quantité nécessaire à la dégradation par voie chimique des matières organiques et minérales oxydables contenues dans l'échantillon considéré et s'exprime en milligrammes d'oxygène par litre de solution.

- On a commencé par la dilution de notre échantillon (dilution à 10 fois).
- On prélève 10 ml de l'échantillon dilué et on le met dans un tube du réactif de la DCO.
- L'introduire des réactifs et de l'échantillon à analyser dans les tubes de digestion, se fait en respectant les quantités et l'ordre suivant :
 1. 200 mg de sulfate de mercure.
 2. 5 ml de la solution de Dichromate de Potassium à 0.25 N.
 3. 15 ml de la solution de Sulfate d'Argent et d'acide Sulfurique concentrée.
 4. 10 ml de la solution de l'échantillon à analyser.

- On fait le blanc en pipetant 10 ml d'eau distillée pour l'ajouter au réactif DCO du tube.
- On ferme le tube hermétiquement puis agité vigoureusement.
- Les tubes sont ensuite chauffés à reflux pendant 2 heures à 150°C.
- 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 de l'absorbance par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 620nm.
- L'étalonnage du DCO-mètre a été réalisé avec une solution acide de phtalate de potassium (KHP). Pour cela plusieurs solutions de concentration en DCO connue 225, 450 et 75 mg.l⁻¹, ont été préparées.



Figure 2 : thermoréacteur de la DCO

- **Préparation des réactifs de la DCO**

- a) **Préparation de la solution de dichromate potassium**

Pour préparer 100 ml de cette solution nous avons placé dans une fiole de 100ml :

- 0,2 g de sulfate de mercure.
- 10 ml de l'acide sulfurique pure en la laisse pour refroidir
- 1,176 g de K₂Cr₂O₇.
- Ensuite on porte le volume à 100 ml avec du l'eau distillé.
- On peut l'utiliser après 02 h.

b) Préparation de la solution de sulfate d'argent

- On a pesé 01 g de sulfate d'argent.
- On ajoute 04ml de l'eau distillé et en le fait la dissolution total
- On remplit la fiole jusqu' au trait de jauge.
- On le laisse 02 jours pour on peut le utiliser.

c) Préparation de la solution standard de phtalate acide de potassium

- On utilise du phtalate acide de potassium ($C_8H_5O_4K$) séché à 120 °C jusqu'à poids constant.
- On prépare une solution contenant 425 mg dans 1000 ml. Cette solution a une DCO de 500 mg O_2 par ml.
- Ensuite on fait des dilutions de la solution mère pour préparer d'autres solutions de concentration 450, 225, et 75 mg O_2ml^{-1} .

d) Préparation de la solution de sel de Mohr à 0.125 N (solution de titrage)

- On met dans une fiole de 100 ml 2,35g de sulfate hexahydrate de fer/ferreux et ammonium (sel de Mohr).
- On ajoute 20 ml d'acide phosphorique pure
- On remplit la fiole avec du l'eau distillé jusqu'au trait de jauge.

e) Préparation de la solution d'indicateur ferroïne

- On a pesé 1,48 g de 0-phénanthroline (1,60 g de phénanthroline Monohydrate) et 0,695 g de sulfate ferreux heptahydraté ($FeSO_4 \cdot 7 H_2O$).
- Ensuite on dissout les deux réactifs avec 50 ml environ d'eau distillée et ensuite on porter à 100ml.

• Titrage de l'échantillon

Après refroidissement de l'échantillon on passe à leur titrage avec la solution du sel de Mohr on suivant ce protocole :

- On transvase le contenu de chaque éprouvette dans un erlenmeyer, rincer avec de l'eau distillée 3 ou 4 fois.
- On ajoute 5 ou 6 gouttes d'indicateur à la ferroïne.

- Après le refroidissement, on titre avec une solution de sel de Mohr jusqu'au moment où la couleur de la solution change de vert bleu à orangé.
- Ainsi les millilitres de solution de sulfate de fer ferreux et ammonium servent à calculer la DCO de la solution examinée.

- **Titration du blanc**

Par le même protocole on détermine la quantité de solution de sulfate de fer ferreux et ammonium nécessaire pour obtenir le changement de couleur dans un volume d'eau distillée.

- **Calcul de la DCO :**

La valeur du DCO de l'échantillon examiné est calculée par la formule suivante

$$\text{DCO (en mg O}_2\text{/L)} = \frac{(\mathbf{b-a}) * 8000 * \mathbf{N}}{\mathbf{X}}$$

Où :

- **b** = volume de la solution de sulfate de fer ferreux et ammonium (Sel de Mohr) utilisés pour le titrage du blanc.
- **a** = volume de la solution de sulfate de fer ferreux et ammonium (Sel de Mohr) utilisés pour le titrage de l'échantillon examiné.
- **N** = Normalité de la solution de sulfate de fer ferreux et ammonium (Sel de Mohr)
- **X** = ml de l'échantillon examiné.

III.4.5. Détermination de la DBO₅

La demande biochimique en oxygène dissous (DBO₅) a été déterminée après application de la méthode par dilution. On détermine la DCO pour estimer la valeur de la DBO₅ qui est donné par la relation suivante :

$$\text{DBO}_5 \text{ estimer} = \text{DCO} * 80\%$$

On compare la valeur de la DBO₅ estimer dans le tableau pour sélectionner le volume adéquat de lixiviat a analysé et on note le facteur correspondant.

Volume de l'échantillon (ml)	Plage de mesure (mg/l)	Facteur
432	0 à 40	1
365	0 à 80	2
250	0 à 200	5
164	0 à 400	10
97	0 à 800	20
43.5	0 à 2000	50
22.7	0 à 4000	100

Pour déterminer DBO₅ réel de notre échantillon nous avons suivi le protocole suivant :

- On rince le flacon de la DBO₅ avec le barreau magnétique avec l'échantillon à analyser.
- On introduit le volume de l'échantillon dans le flacon puis on complète avec de l'eau distillé jusqu'à 160 ml.
- On ferme avec la cupule et on introduit deux à trois pastilles de KOH à l'intérieur. (Attention : les pastilles de potasse ne doivent jamais être en contact avec l'échantillon).
- On ferme hermétiquement le flacon avec l'OxiTop.
- On commence la mesure en pressant simultanément sur les touches M et S pendant 02 secondes, jusqu' apparition des deux zéro [00].
- On met les flacons avec OxiTop dans l'incubateur régler auparavant à 20°C ±1°C pendant 05 jours.
- Durant les 05 jours on maintien l'échantillon sous agitation continu.

- L'OxiTop enregistre automatiquement une valeur toutes les 24h pendant 05 jours.
- Pour connaître la valeur actuelle on presse sur la touche M.
- Après 05 jours on lit les valeurs mémorisées en pressant sur la touche S. la valeur du DBO₅ est corrigée avec le facteur de dilution du tableau précédent.

$$\text{DBO}_5 \text{ en mg O}_2/\text{l} = \text{la lecture digitale} * \text{facture}$$

III.5. Etude d'abattement de la DCO par les différents adsorbants

III.5.1 Etude de la filtration de lixiviat sur une colonne.

Le but de la présente étude est d'obtenir un abattement très significatif de la charge organique du lixiviat par filtration en discontinu de la charge polluante sur une colonne en verre remplis d'adsorbants. Pour cela, quatre types d'adsorbants ont été testés dans cette étude :

- a) Argile 01 :** C'est une argile importé d'Espagne utilisée pour la décoloration dans l'industrie agroalimentaire pour ces caractéristiques physico chimique voir la fiche technique en annexe1.
- b) Argile 02 :** Pareille que l'argile 01 mais elle est importé de la Malaisie (voir l'annexe 02)
- c) Cellulose :** Il s'agit du produit commercialisé pour les laboratoires pédagogiques ou de recherches.
- d) Le charbon actif :** Nous l'avons préparé à partir du noyau du grignon d'olive. L'avantage des charbons à base de résidus agro-alimentaires est la valorisation d'un déchet dans le traitement d'un autre déchet (lixiviats), par un procédé simple, facile et peu couteux.

La préparation du charbon actif à partir du grignon d'olive se fait en deux étapes :

Dans la première étape nous avons préparé le charbon en suivant ce protocole :

- On lave puis on rince le grignon d'olive avec du l'eau distillé.
- On le sèche dans l'étuve à 105°C pendant 24h.
- Ensuite, Le grignon d'olive est broyé finement.
- On le met dans un four à 600°C pour le carbonisé
- Le produit obtenu de la carbonisation est rincé avec du l'eau distillé et on mesure son pH et sa conductivité.
- A la fin, on le filtre et on le met dans l'étuve pour sécher à 105°C pendant 24h.

Dans la deuxième étape nous avons procédé à son activation par du NaOH.

- On prépare une solution de NaOH à 2N
- On pèse 20g du charbon que nous avons préparé dans un bécher
- On lui ajoute 200ml de solution NaOH à 2 N et on le maintient sous agitation pendant 2h et à chaque fois on mesure le pH et la température.
- Ensuite, on le met dans l'étuve pour sécher à 105°C pendant 24h.



Figure 3 : Activation du charbon par NaOH

III.5.2.Mode opératoire de l'étude par filtration

L'objectif recherché de cette étude ce n'est pas une comparaison entre les différents adsorbants, mais c'est d'étudier la capacité de chaque adsorbant à réduire la charge polluante (charge organique) de notre lixiviat et sans un prétraitement préalable.

Pour réaliser cette étude nous avons adopté le protocole expérimental suivant :

- Nous avons choisi pour cette étude des colonnes en verre avec robinet de diamètre 2,5 cm et 25 cm de long.
- On introduit les adsorbants à l'intérieur des colonnes à la hauteur de 10 cm sur un lit en coton installé au fond pour éviter le colmatage du robinet (figure 3).
- On met un autre lit en coton au-dessus pour fixer l'absorbant et empêcher les solides en suspension de le colmater.
- On procède après à la filtration de notre échantillon en le versant dans la colonne d'une manière discontinu et le filtra obtenu est recueilli dans un bécher.
- Ensuite, on mesure la DCO du filtra obtenu pour chaque adsorbant.

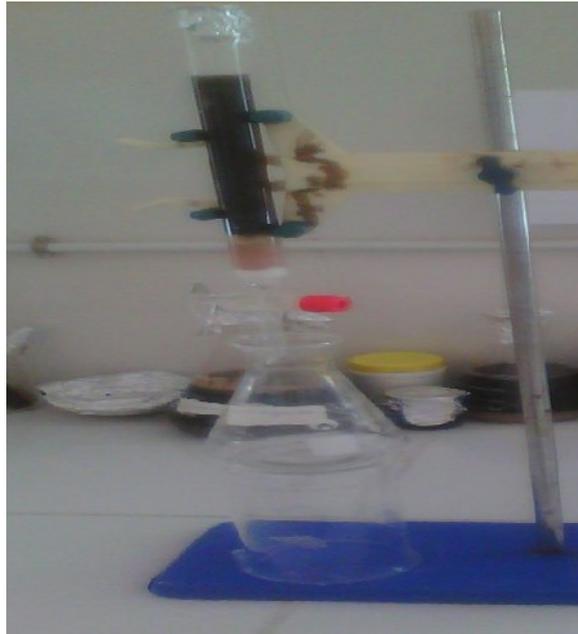


Figure 4 : montage de filtration de lixiviat par un adsorbant

III.6. Etude de l'abattement de la DCO en fonction de la masse de l'adsorbant en batch.

Dans cette expérience nous avons suivi l'abattement de la DCO en fonction de la masse de l'adsorbant. On a choisi pour cette étude comme adsorbant l'argile 1 qu'a donné le meilleur résultat lors de l'étude précédente.

Pour réaliser cette expérience nous avons adapté le protocole expérimental suivant :

- On a commencé par la dilution de notre échantillon dans une fiole de 1000ml (250ml d'échantillon+750ml d'eau distillé).
- On a met dans quatre béchers 100 ml de notre échantillon et on a ajouté dans chaque bécher une masses bien définie de l'adsorbant (l'argile1)qui sont respectivement : 2g, 4g, 6g, et 8g après nous avons maintenu l'ensemble sous agitation magnétique pendant 24h.
- Ensuite, on a prélevé de chaque bécher un échantillon pour la mesurer de la DCO.

IV.1. Résultats de la caractérisation physicochimique du lixiviat

Les différents paramètres physico-chimiques obtenus pour les échantillons étudiés sont représentés ci-dessous :

Tableau 1 : Caractérisation physico-chimique des lixiviats bruts

<i>Paramètres</i>	pH	Température (°C)	Conductivité ms/cm	Oxygène dissous (mg/L)	MES (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DCO (mg/L)	DBO₅/DCO
Lixiviat brute en printemps « L1 »	07.88	22.1	5.41	06.67	109	1250	4800	0.26
Lixiviat brute en été « L2 »	7.87	21.1	5.01	6.68	113	1247	4812	0.26
La norme exigée	5.5à8.5	30			600	500	1000	

Les lixiviats du CET de la ville de Bouira, présentent une couleur brunâtre et une odeur fécaloïde indiquant l'influence des déchets sur la qualité des eaux. Ceci malgré les faibles teneurs en matières en suspension retrouvés dans le lixiviat étudié, elles sont de l'ordre de 109 et 113 mg/l. les MES donnent au lixiviat une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur[62]. Du tableau 1 on constate que les deux échantillons ont les mêmes caractéristiques physicochimique malgré la différence de la période de prélèvement l'un en printemps et l'autre en été ceci peut être expliqué probablement par les conditions météorologique stable durant cette période.

IV.1.1. Le pH du lixiviat

D'après les résultats du tableau, nous constatons que le pH des deux prélèvements sont proches de la neutralité, conformes aux normes de rejets en milieu naturel. Les valeurs de pH obtenues pourraient être liées à la faible concentration de composés organiques volatiles. En effet, en phase acidogène et acétogène, il y a acidification du milieu due à la formation et à l'accumulation d'acides gras, tandis qu'en phase méthanogène ou phase stabilisée où le lixiviat est vieux, le pH a tendance à être proche de la neutralité. Dans notre cas, les lixiviats paraissent du type stabilisé ou intermédiaire.

IV.1.2. La Température

Les deux échantillons de lixiviats L1 et L2 présentent une température moyenne de 21.6 °C, le prélèvement étant fait en surface, ceux-ci sont exposés à la température ambiante du milieu environnant. Cette valeur de température peut nous renseigner sur l'absence de l'activité bactérienne dans nos échantillons. Donc on peut dire que le lixiviat est de type stabilisé.

IV.1.3. Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Les lixiviats étudiés ont une conductivité électrique relativement faible de l'ordre de 5.4 mS/cm dues probablement à la phase de stabilisation des lixiviats ou sels dissous qui sont en faibles concentrations.

IV.1.4. 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. Les résultats obtenus au niveau de la décharge de Bouira montrent des valeurs de la DCO très élevées dépassent largement la norme de la réglementation algérienne du rejet. La valeur élevée de la DCO indique une charge organique élevée. [63]

IV.1.5. Demande biologique en oxygène (DBO5)

La DBO₅ est un indicateur de la pollution organique des eaux. Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau, par le développement de micro-organismes, dans des conditions données. L'évolution de la DBO₅ moyenne suit souvent celle de la DCO. Les valeurs obtenus lors de l'analyse du lixiviat du

CET de Bouira représentées dans le tableau 1 dépassent la norme de rejet. Les jeunes lixiviats sont caractérisés par une charge organique élevée en DBO₅ et en DCO, mais facilement biodégradable.

IV.1.6. Le rapport DBO₅/DCO

Le rapport (DBO₅/DCO) renseigne sur la biodégradabilité des molécules organiques et l'âge relatif des lixiviats étudiés. Selon Amokrane (1994) le rapport DBO₅ / 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. Dans notre cas la valeur du rapport DBO₅ / DCO pour les deux prélèvements il est de 0.26. Cette valeur nous montre que les lixiviats de la décharge de Bouira est riches en matières organiques biodégradables et il est classé dans la catégorie du lixiviat intermédiaire. A ce stade, il est caractérisé par une phase instable de fermentation méthanique [64].

IV.2. Résultats des essais de traitement des lixiviats par filtration sur colonne

Les résultats de l'étude de l'abattement de la DCO en fonction de type d'adsorbant sont portés sur le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Abattement de la DCO par différents adsorbants

Les adsorbants	DCO (mg o ₂ /l)	Taux d'abattement de la DCO en %
Argile 01	1536	68
Argile02	1747	63.60
Charbon actif	1858	61.29
Cellulose	3402	29.1

La figure 1, montre les résultats de filtration des lixiviats. Nous avons choisi comme paramètre déterminant, le taux de décoloration des lixiviats. Comme le montre les résultats ci-dessous, une décoloration maximale des lixiviats est obtenue en utilisant l'argile 01 (A), puis l'argile 02 (B) et le charbon actif préparé à partir du grignon d'olive. Une décoloration de moins degré est observée avec la cellulose (D). Ce résultat comparables à celui rapporté par A.

Zalaghi et al[65] dans leur étude sur lixiviats de la décharge publique non contrôlée de la ville de Taza (Maroc). Ils ont constaté qu'une décoloration maximale des lixiviats est obtenue en utilisant le sol argileux puis les mâchefers. La décomposition de la matière organique rend la couleur du lixiviat jaune, brune ou noir [66].

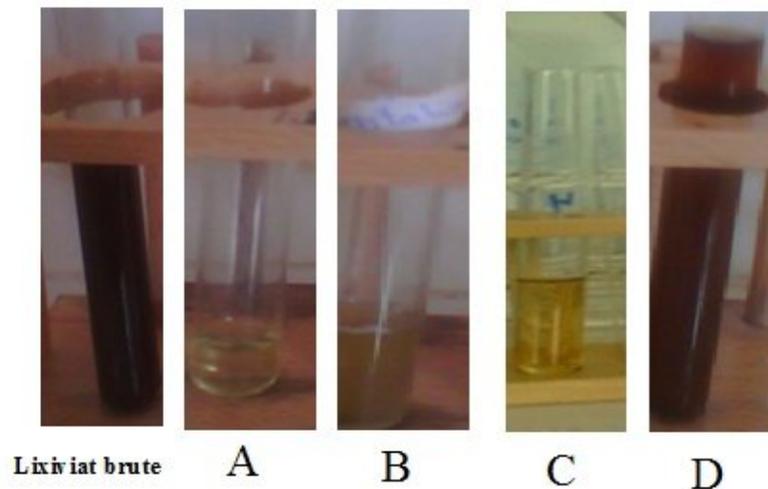


Figure 1 : Aspect visuel des filtrats de différents adsorbants

A : argile 01 ; **B** : argile02, **C** : charbon actif ; **D** : cellulose.

D'autre part les lixiviats traités par les colonnes de filtration (A), (B) et (C) montrent une réduction de la pollution organique en terme de DCO avec un maximum de dépollution pour la colonne de filtration (A) qui a donné un abattement de 68% de la teneur en DCO avec 1536 mg/l, valeur toujours supérieure à la norme de rejet (1 000 mg/l). Ce maximum de réduction de la charge organique s'explique par les propriétés d'adsorption importantes des minéraux plus fins, ces minéraux argileux ont une structure lamellaire qui permet l'insertion des molécules organiques entre les feuillets. La réduction de la charge organique par ces procédés de filtration est corrélée avec celle de la couleur des lixiviats. Ceci confirme bien que la coloration des lixiviats est produite par la matière organique conformément aux résultats obtenus par Hamidi et al [67].

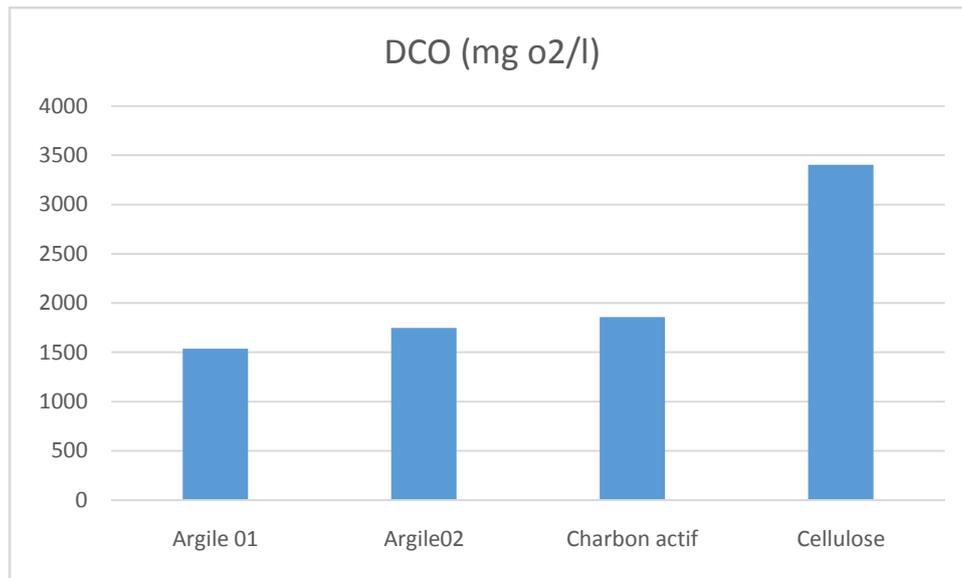


Figure 2: Evolution de la DCO de l'échantillon traité par les différents adsorbants

IV.3.L'étude de l'abattement de la DCO en fonction de la masse de l'adsorbant en batch.

Les résultats de l'étude sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau 3 : les valeurs de la DCO en fonction de masse de l'adsorbant

La masse d'argile 01(g)	DCO mg O ₂ /L
02	2496
04	2412
06	2327
08	2308

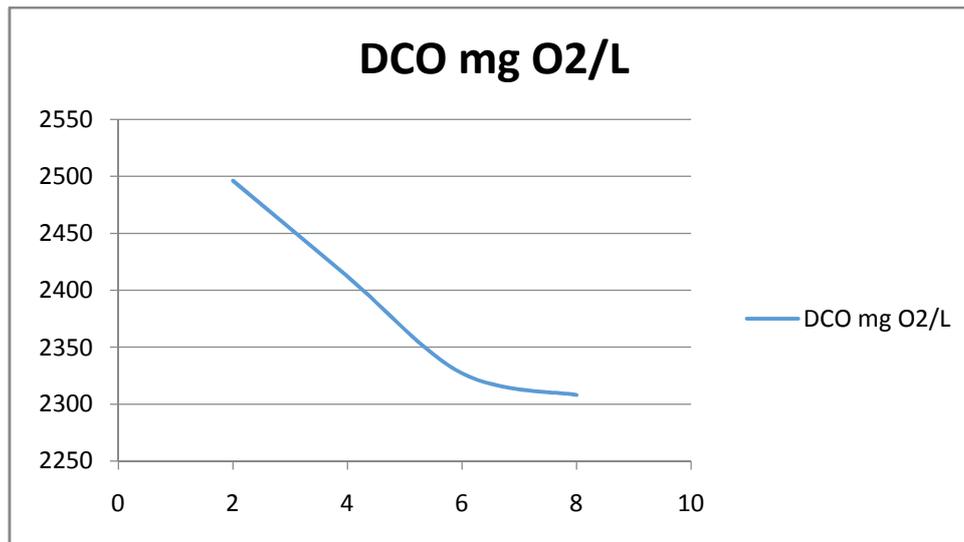


Figure 3 : Variation de la DCO en fonction de la masse de l'adsorbant (d'argile 01).

L'allure de la courbe de la figure 3 montre bien que l'abattement de la DCO augmente avec l'augmentation de la masse d'adsorbant de 2 à 6 g avant de se stabiliser entre 6 à 8 g de l'adsorbant. De ce résultat on peut déduire que la capacité d'adsorption de l'argile 01 est limitée. Donc dans ces conditions nous ne pouvons pas avoir un abattement significatif de la DCO avec l'adsorbant en question.

Conclusion

La présente étude avait pour but de caractériser les lixiviats de la décharge de la ville de Bouira ; notre travail a démontré que les adsorbants naturels comme les argiles, la cellulose, et le charbon actif pourraient être utilisés comme un support de filtration pour le traitement des lixiviats. Les résultats obtenus ont montré que :

1. Entre les deux saisons (printemps, l'été) les caractéristiques physicochimiques des échantillons étudiés restent les mêmes.
2. La filtration à travers le substrat (01) formé par les argiles permet un abattement significatif de la charge polluante.

CONCLUSION GENERALE

La caractérisation des lixiviats de décharges contribue à l'évolution multi-critères du risque que représente un site de décharge pour l'environnement. Dans une telle démarche, le rôle de chaque critère, dans le processus de décision, doit être pondéré non seulement par la fiabilité des méthodes d'investigation utilisées mais également par l'importance du compartiment de l'environnement considéré et la représentativité du prélèvement analysé.

Le but de la présente étude est de caractériser les lixiviats générés par le CET de la ville de Bouira. Les différents paramètres mesurés ont permis de déterminer les indicateurs de dégradation les plus pertinents. Le pH et le rapport DBO₅/DCO apparaissent comme de bons indicateurs de dégradation au sein du lixiviat, le caractère basique de ces lixiviats (pH = 7,88) et le rapport DBO₅/DCO évalué à 0,26 indique qu'il s'agit du lixiviat intermédiaires, véhiculant une importante charge organique traduite par les fortes valeurs de la DCO (48000 mg/O₂/L) et de la DBO₅ (1250 mg/O₂/L).

Notre étude est portée aussi sur la traitabilité du lixiviat par filtration sur colonne rempli d'adsorbants. Les résultats obtenus ont montré que les adsorbants argileux et le charbon actif permettent un abattement significatif de la DCO à la hauteur de 68% mais loin des normes de rejet dans la nature.

Dans l'étude sur l'évolution de la DCO en fonction de la masse de l'adsorbant (argile 01) nous avons constaté que le pouvoir adsorbant de l'argile 01 est limité.

Ces résultats nous autorisent à émettre des propositions pour le traitement du lixiviat du CET de Bouira à savoir :

- Coupler ce procédé de filtration sur des adsorbants avec un autre procédé complémentaire telle que le procédé biologique.
- Prétraiter le lixiviat avec un procédé physicochimique comme la coagulation et la floculation avant de passer à la filtration sur colonne.

En perspectives, nous proposons de préparer et de procéder à la caractérisation des adsorbants utilisés ainsi que d'étudier les différents paramètres qui peuvent influencés sur leurs rendement d'adsorbant.

De procéder aussi à une filtration du lixiviat sur une colonne pluri-strate, formée essentiellement par des couches de l'argile 01, argile 02 et le charbon actif.

Références

Reference bibliographie :

- [1] : Ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme (MATET).le guide des techniciens communaux pour la gestion des déchets ménagers et assimilés -2008.
- [2] : ADEME (1999) Les installations de stockage de déchets ménagers et assimilés : techniques et recommandations. ADEME Editions, Paris, 106 Pages
- [3] : ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie "projet cahier technique centre de stockage des déchets ménagers et assimilés". Département Déchets Municipaux, France, juillet 1998, pp. 1-84. (1998)
- [4] : San, I. Onay, T.T. "Impact of various leachate recirculation regimes on municipal solid wastegradation". Elsevier, Journal of Hazardous Materials B87. pp. 259-271. (2001)
- [5] : Mémoire de Magister en Génie de l'Environnement Présenté par : MEDKOUR Yacine Ingénieur d'état en Génie de l'Environnement de l'ENP Soutenu publiquement le 30 juin 2012 .Caractérisation et Traitement des Lixiviats du Technique d'Ouled Fayet
- [6]: Warith M.(2002).Bioreacteurs landfill :experimental and field results. Waste Management 22 :7-17.
- [7]: CHIAMPO F., CONTI R.et COMETTO D. (1996). Morphological characterization of MSW landfills. Resources, Conservation Recycling, 17: 37-45.
- [8]: MANNA L., ZNETTI M.C. & GENON G. (1999). Modeling biogas production at landfillsite. Resources, Conservation &recycling. 26: 1-14
- [9] :Gerard Miquel. M et Serge Poignant.M, "Les nouvelles techniques de recyclage et valorisation des déchets ménagers industriels banals". Juin 1999. (1999)
- <http://www.Senat.fr>
- [10] : MERABTENE. M, BOUDJEMAA .O, (2010),Contribution a l'étude de la gestion des déchets ménagers de la ville d'Oran, Mémoire de Master, usto
- [11] :Agence TAD « territoire, Aménagement, Environnement » (2006).Étude d'impact sur l'environnement pour la réalisation du centre d'enfouissement technique intercommunal d'el Ançor
- [12] : THESE : LE TRAITEMENT ET LA GESTION DES DECHETS MENAGERS A LA REUNION : APPROCHE GEOGRAPHIQUE, Présentée et soutenue publiquement le 18 septembre 2007 Par Florence CAMPAN
- [13] : Directive 1999/31/CE du Conseil, du 26 avril 1999, concernant la mise en décharge des déchets, retranscrite intégralement dans le droit français
- [14] :fnsa- panorama des techniques de traitement des déchets d'assainissement 2009

Références

- [15] : Dron R. « Les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères », note du laboratoire central des Ponts et Chaussées ; [1996](#), 15 p. Le Goux J., Le Douce C. L'Incinération des déchets ménagers (1995) [16] : Caractérisation Expérimentale et Modélisation du Comportement à la Lixiviation Déchets de Nature Minérale présentée devant L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon
- [17] : thèse de doctorat du 3^{ème} cycle présenté et soutenu par : M^{elle} Chadli Aicha. Sujet : Isolement et caractérisation de bactéries biodégradantes d'hydrocarbure à partir du lixiviat du centre d'enfouissement technique d'Ain Temouchent .2014-2015
- [18] : Ahmed ADDOU. Traitement des déchets. Valorisation, élimination. mai 2009
- [19] : **CHIRIAC R. (2004)**. Caractérisation des émissions de composés organiques volatils issus des centres de stockage des déchets ménagers et assimilés et de leur dispersion dans l'environnement. Thèse de doctorat, INSA de Lyon
- [20] : **EL FADEL M. & MASOUD M. (2000)**. Emissions from landfills: a methodology comparative assessment. *Environmental Technology*, 21, 965-978.
- [21] : WILLIAMS P.T. (1998). *Waste treatment and disposal*. Department of fuel and energy, the university of Leeds, UK, England: John Wiley & sons Ltd, 417 p.
- [22] : LECLERC G. & BONNEAU A. (1982). La lixiviation : source, composition et atténuation. *Eau du Québec*, 15(1), 37-45.
- [23] : CHRISTENSEN T.H. KJELDTSEN P., ALBRECHTSEN H.J, BJERG P.L. & HOLM P.E. (1994). Attenuation in landfill leachate pollutants and aquifers. *Critical reviews in Environmental Science Technology*, 24(2), 119-202.
- [24] : MATEJKA G. (1995). *La gestion des déchets ménagers et la qualité des eaux*. OIE, Paris.
- [25] : Bennani, 1984; Naifar, 1996; Amhoud, 1997
- [26] : Hakkou, 2001
- [27] : El-Fadel *et al*, 1997
- [28] : Institut de Veille Sanitaire, Stockage des Déchets et santé publique. Synthèse et recommandation. Rapport rédigé à la demande des ministères respectivement chargés de l'environnement et de la santé Françaises (2004).
- [29] : Kulikowska D., Klimiuk E., The effect of landfill age on municipal leachate composition, *Bioresource. Technol.* 99 (2008) 5981-5985
- [30] : Chang J.E., Treatment of landfill leachate with an upflow anaerobic reactor combining a sludge bed and a filter, *Water. Sci. Technol.* 21 (1989) 133-143.
- [31] : ADEME (2000). In : *Déchets municipaux*. ADEME (Ed), 2^{ème} édition, Paris, p 11.

Références

- [32] : Rodriguez *et al.* 2000 ; Lagieret *al.*, 2001 ; François, 2004 ; Labanowski, 2004
- [33] : Aguilar-Juarez, 2000 ; Barlazet *al.*, 2002).
- [34]:Farquhar & Rovers, 1973 ; Barlazet *al.* 1990)
- [35]:Mémoire de Magister Présenté par : ABDELHAK DJAMEL
Soutenu le : 08 Novembre 2010 LES RISQUES LIES A LA GESTION DU CENTRE
D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DE CHETOUANE
(TLEMCEN_ NORD OUEST ALGERIEN)
- [36]: mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister Par : DAAS Nora épouse
OUANOUKI. Sujet : Traitabilité des lixiviats de quelques centres d'enfouissement technique
de la région d'alger Soutenu publiquement, le 17/12/2014
- [37] : LE GOUX J.Y., LE DOUCE C., L'incinération des déchets ménagers. 1982, page 226.
- [38]: Céline BERTHE Le 8 décembre 2006 Etude de la Matière Organique contenue dans des
lixiviats issus de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés
- [39] : Mémoire de Magistère Thème : Traitement des lixiviats de la décharge d'Oued Smar par
couplage POA/Bioréacteur Présenté par : Melle Latifa AZZOUZ33 : Makhoukh et al., 2011.
- [40]: Griffen, 1976.
- [41] : THESE Pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE LIMOGES
Discipline : Chimie et Microbiologie de l'Eau Présentée et soutenue par Céline BERTHE Le
8 décembre 2006
- [42]: Christensen *et al.* 2001
- [43] : Rodier, 1996).
- [44] : Aikenet *al.* 2002
- [45]: SOLAAR UNICAM M series. (Rodier, 2009). Mémoire de Magistère Thème :
Traitement des lixiviats de la décharge d'Oued Smar par couplage POA/Bioréacteur Présenté
par : Melle Latifa AZZOUZ
- [46] : Ahmed ADDOU. Traitement des déchets. Valorisation, élimination. mai 2009
- [47] : Traitabilité des lixiviats de quelques centres d'enfouissement technique de la région
d'Alger MEMOIRE Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER En : GENIE DES
PROCEDES Spécialité : Génie de l'Environnement Par : DAAS Nora épouse OUANOUKI
- [48] : Centre scientifique et technique Service Environnement et Procédés3, avenue Claude-
Guillemin BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France
- [49]: Etudes de traitement des lixiviats des déchets urbains par les procédés d'oxydation
avancée photochimiques et électrochimiques : application aux lixiviats de la décharge

Références

tunisienne "JebelChakir" Souhaila Trabelsi, Souhaila Trabelsi <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00674731> Submitted on 28 Feb 2012

[50] : BENNAJAH. Mounir, «Traitement des rejets industriels liquide par électrocoagulation/électroflotation en réacteur airlift», Thèse de doctorat, De L'institut National Polytechnique De Toulouse, Décembre 2007

[51] : VALTOM Madame Céline JOULIN CHATARD Responsable communication

[52] : Caractérisation et Traitement des Lixiviats du Technique d'Ouled Fayet Mémoire de Magister Présenté par : MEDKOUR Yacine

[53] : avenue de la Margeride 63000 Clermont-Ferrand

[54] : Yoon J., Kim Y., Huh J., Lee Y., Lee D., Roles of oxidation and coagulation in Fenton process for the removal of organics in landfill leachate, *J. Ind. Eng. Chem.* 8(2002) 410-418.

[55] : Zhang H., Choi H.J., Huang C.P., Optimization of Fenton process for the treatment of landfill leachate, *J. Hazard. Mater.* 125 (2005) 166-174.

[56] : Zhang H., Zhang D., Zhou J., Removal of COD from landfill leachate by electro-Fenton Method, *J. Hazard. Mater.* 135 (2006) 106-111.

[57] : Mohajeri S., Aziz H.A., Isa M.H., Zahed M.A., Adlan M.N., Statistical optimization of process parameters for landfill leachate treatment using Electro-Fenton technique, *J. Hazard. Mater.* 176 (2010) 749-758.

[58] : Atmaca E., Treatment of landfill leachate by using electro-Fenton method, *J. Hazard. Mater.* 163 (2009) 109-114.

[59] : Linde K., Jönsson A.S., Wimmerstedt R., Treatment of three types of landfill leachate with reverse osmosis, *Desalination.* 101 (1995) 21-30.

[60] : Ushikoshi K., Kobayashi T., Uematsu K., Toji A., Kojima D., Matsumoto K., Leachate treatment by the reverse osmosis system, *Desalination.* 150 (2002) 121-129

[61] : Mémoire de Magister Présenté par : MEDKOUR Yacine Caractérisation et Traitement des Lixiviats du Centre d'Enfouissement Technique d'Ouled Fayet ENP 2012

[62] : Beaumont S., Camard Jean-Philippe, Lefranc Agnès, chargés d'études à l'ORS et Franconi Antoine, chargé d'études à l'IAURIF, (1998).

[63] : 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.]

[64] : 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.]

Références

- [65] : A. Zalaghi, F. Lamchouri, H. Toufik, M. Merzouki « Valorisation des matériaux naturels poreux dans le traitement des Lixiviats de la décharge publique non contrôlée de la ville de Taza » *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (5) (2014) 1643-1652
- [66]. Zouboulis A.I., Chai X. L., Katsoyiannis I. A., *Journal of Environmental Management*, 70 (2004) 35-41. 59. Hamidi A. A.,
- [67]. Salina A., Mohd. N. A., Faridah, A.H. A., Mohd. S. Z., *Bioresource Technology*, 98 (2007) 218-220.