



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن احمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle
Spécialité : Sécurité Prévention/Intervention

Thème

**Etude des paramètres physico-chimiques du
lixiviat d'un centre d'enfouissement technique :
Cas du C.E.T de Hassi-Bounif (W. Oran)**

Présenté et soutenu publiquement par :

Mr BOUDRA Mohammed

Mr SENNOUR Mustapha Kamil

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
BLOUFA Khadidja	MAA	IMSI	Présidente
HEBBAR Chafika	MCA	IMSI	Encadreur
TALBI Zahera	MCB	IMSI	Examinatrice

Année 2019/2020

REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions notre Bon **DIEU** pour tout le courage et la force qu'il nous a donné pour faire ce travail.*

Merci à toutes nos familles et surtout nos parents.

*Nos remerciements spéciaux vont au **Dr HEBBAR Chafika**, notre encadreur pour sa gentillesse, ses conseils et de nous avoir guidé pas à pas dans notre travail.*

*Notre reconnaissance aux membres de Jury **Dr TALBI Zahera** et **Mme BLOUFA Khadidja** pour l'honneur qu'elles nous ont fait pour avoir accepté d'examiner et de présider notre mémoire.*

Nous remercions Mr Lazreug Abdallah et Mr ben Ahmed Khaled pour leurs Aides et Soutiens.

Enfin, nous remercions, tous nos amis et nos collègues, toutes les personnes qui nous ont encouragé et soutenu de près ou de loin durant la réalisation de ce mémoire.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à

- ❖ Ma chère maman BENHAMMOUCHERIFA, pour tous ses sacrifices, son amour, sa tendresse, son soutien et ses prières pour moi tout au long de mon parcours d'études.*
- ❖ Mes chères tantes, et ma grand-mère ZOHRA qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études.*
- ❖ Mon cher défunt grand père الله يرحمه ويسكنه فسيح جناته*
- ❖ Mon cher frère Abdelkader*
- ❖ Mes chers(es) cousins et cousines*
- ❖ Mes amis*

Mohammed.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

- ❖ *A mes parents « Sennour Maachou » et « Bendida Ouanssa ». Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.*
- ❖ *A ma chère sœur « Imene » pour son encouragement permanent et son soutien moral.*
- ❖ *A mes chers frères « Ali » et « Abdeljalil » pour leur appui et leur encouragement.*
- ❖ *A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.*

Un grand Merci d'être toujours là pour moi.

- ❖ *A mon binôme Mohammed et toute la famille Boudra. Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.*

Je vous dis merci.

Kamil



Index des Abréviations

Index des Figures

Index des Tableaux

Index des abréviations

[HA] : Concentration en adsorbant (hydroxyapatite).

AGV : Acide gras volatil.

CET : Centre d'Enfouissement Technique.

CH₄ : Méthane

CO₂ : Dioxyde de carbone

CRD : Centre de Recherche et Développement.

CSD : Centre de Stockage de Déchets.

DBO : Demande Biologique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DP : Degré de pureté.

DRX : Diffraction des rayons X.

ERU : Excès de Risque Unitaire

HA : Hydroxyapatite.

MES : Matières En Suspension.

ML : Métaux lourds.

PEHD : Polyéthylène Haute Densité.

pH : Potentiel Hydrogène.

PROGDEM : Programme National de Gestion des Déchets Solides Municipaux.

PVC : Polychlorure de vinyle

Rpm : Rotation par minute.

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

Index des figures

	Page
Fig.1 : Fonctionnement d'une usine d'incinération des déchets ménagers	14
Fig. 2 : Cellule d'enfouissement technique	26
Fig. 3 : Station de traitement de lixiviat	28
Fig. 4 : Traitement du lixiviat	28
Fig. 5 : Traitement du lixiviat	29
Fig. 6 : Installation type de collecte, transport et élimination du biogaz	29
Fig.7 : Coagulation / Flocculation	33
Fig. 8 : Vue générale du C.E.T de Hassi-Bounif (RAHMANI,2014)	47
Fig. 9 : Plan de situation du C.E.T la Plâtrière (Hassi-Bounif)	48
Fig. 10 : Vue externe du CET de Hassi-Bounif	48
Fig. 11: Diagramme Ombrothermique Bir El-Jir (climate-data)	49
Fig. 12 : Courbe de température Bir El-Jir (climate-data)	50
Fig. 13 : Courbe de vitesse de vent Es-Sénia (windfinder)	50
Fig. 14 : Niveau de confort selon l'humidité (weatherspark)	50
Fig. 15 : Probabilité d'occurrence d'un seisme dans la ville d'Oran en fonction de la magnitude locale	51

Index des tableaux

	Page
Tab. 1 : Composition des déchets solides dans les pays du Maghreb et du Mashreq pour l'année 2000	5
Tab. 2 : Composition des ordures ménagères	5
Tab. 3 : Durée de vie de dégradation des déchets	6
Tab.4 : Production de la quantité des déchets urbains par taille d'agglomération	9
Tab. 5 : Quantités journalières générées des déchets par habitant dans l'agglomération d'Alger et de Biskra	9
Tab. 6 : Composition des ordures ménagères dans des villes algériennes	10
Tab. 7 : Dimensionnement des infrastructures de site	23
Tab. 8 : Déchets admis	24
Tab. 9 : Classement des lixiviats selon l'âge de la décharge	32
Tab. 10 : Principales voies d'exposition aux contaminants et leurs organes cibles	37
Tab. 11 : Valeurs toxicologiques de référence des substances sélectionnées pour l'évaluation des risques	39
Tab. 12 : Composition du biogaz	44
Tab. 13 : Matériels et Appareillage d'analyses	56
Tab. 14 : Résultats d'analyses de l'échantillon du lixiviat	60

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Index des abréviations

Index des figures

Index des tableaux

Résumé

Abstract

ملخص

Page

Introduction générale

1

Chapitre I : Généralités sur les déchets et le CET

Introduction	3
I.1 Généralités sur les déchets	3
I.1.1 Définition d'un déchet	3
I.1.2 Types de déchets	3
I.1.2.1 Déchets ménagers	3
I.1.2.2 Déchets spéciaux	4
I.1.2.3 Déchets dangereux	4
I.1.2.4 Déchets industriels	4
I.1.2.5 Déchets solides est liquide	4
I.1.3 Production et Composition d'un déchet	4
I.1.3.1 Production d'un déchet	4
I.1.3.2 Composition d'un déchet	5
I.1.4 Durée de vie des déchets	6
I.1.5 Déchets de la Wilaya d'Oran	7
I.2 Déchet urbains	7
I.2.1 Définition d'un déchet urbain	7
I.2.2 Types de déchets urbains	8
I.2.2.1 Ordures ménagère	8
I.2.2.2 Déchets Encombrants	8
I.2.2.3 Déchets Verts	8
I.2.2.4 Déchets Spéciaux	8
I.2.3 Production et Composition d'un déchet	8
I.2.3.1 Production d'un déchet	8
I.2.3.2 Composition d'un déchet	9
I.2.4 Etapes de la biodégradation	10
I.2.4.1 La biodégradation aérobie	10
I.2.4.2 La biodégradation anaérobie	11
I.2.5 Gestion des déchets ménagers	12
I.2.6 Devenir des déchets ménagers	12

Sommaire

I.2.6.1	Mise en décharge	12
I.2.6.2	Compostage	13
I.2.6.3	L'incinération	13
I.2.6.4	Le recyclage	15
I.2.7	Risques professionnels en station de compostage	16
I.2.7.1	Risque chimique	16
I.2.7.2	Risque Biologique	17
I.2.7.3	Risque physique	17
I.2.8	Classification des décharges	18
I.2.8.1	Décharge brute	18
I.2.8.2	Décharge sauvage	18
I.2.8.3	Décharge contrôlée	18
I.3	Généralités sur le centre d'enfouissement technique (C.E.T) de Hassi-Bounif	19
I.3.1	Définition et Objectif du CET	19
I.3.2	Historique du CET	19
I.3.3	Emplacement des CET en Algérie	20
I.3.4	Classification des CET	21
I.3.4.1	Classification selon la nature de déchets	21
I.3.4.2	Classification selon le mode de stockage	22
I.3.5	Dimensionnement d'un CET	23
I.3.6	Fonctionnement d'un CET	23
I.3.7	Avantages et Inconvénients du CET	26
I.3.8	Flux polluants générés par les CET	27
I.3.8.1	Le biogaz	27
I.3.8.2	Le lixiviat	27
I.4	Le lixiviat du CET de Hassi-Bounif	29
I.4.1	Définition du lixiviat	29
I.4.2	Origine et Production du lixiviat	30
I.4.3	Types de lixiviat des décharges	31
I.4.3.1	Lixiviat jeune	31
I.4.3.2	Lixiviat intermédiaire	31
I.4.3.3	Lixiviat stabilisé (ou lixiviat vieux)	31
I.4.4	Composition du lixiviat	32
I.4.5	Modes de traitement du lixiviat	32
I.4.5.1	Traitement physico-chimique	32
I.4.5.1.1	Traitement par filtration	33
I.4.5.1.2	Traitement par coagulation-floculation	33
I.4.5.1.3	Traitement par Osmose Inverse (OI)	34
I.4.5.1.4	Traitement par Décantation	34
I.4.5.2	Traitement biologique	35
I.4.5.3	Traitement thermique	35
I.4.5.4	Traitement membranaire	35
I.4.6	Risques sanitaires liés aux fuites de lixiviat du CET	36

Sommaire

I.4.6.1 Effets toxiques avec seuils (déterministes)	37
I.4.6.2 Effets toxiques sans seuil (stochastiques)	37
I.4.7 Impact du lixiviat sur l'environnement	38
I.4.7.1 Impact du lixiviat sur l'air	38
I.4.7.2 Impact du lixiviat sur le sol	38
I.4.7.3 Impact du lixiviat sur les eaux de surface et sur les eaux souterraines	40
I.5 Traitement et valorisation des déchets	40
I.5.1 Traitement pour l'élimination	40
I.5.1.1 Traitement pour la mise en enfouissement	40
I.5.1.2 Traitement par lagunage	41
I.5.1.3 Incinération	41
I.5.2 Traitement pour la valorisation	41
I.5.2.1 La valorisation matérielle	41
I.5.2.2 Valorisation énergétique	42
I.5.2.3 Traitement biologique	43
Conclusion	44

Chapitre II : Caractérisation physicochimique du lixiviat

Introduction	46
II.1 Présentation du CET de Hassi-Bounif	46
II.1.1 Situation géographique d'Oran	46
II.1.2 Situation géographique de la commune de Hassi-Bounif	46
II.1.3 Le CET de Hassi-Bounif	47
II.2 Caractéristiques techniques du CET	48
II.2.1 Description du site	49
II.2.2 Précipitations	49
II.2.3 Climat	49
II.2.4 Le vent	50
II.2.5 L'humidité	50
II.2.6 Risques et catastrophes naturels	51
II.2.6.1 Sismicité	51
II.2.6.2 Hydrologie	52
II.2.6.3 Géologie	52
II.3 Nature des déchets admis et non admis au CET	52
II.3.1 Ouvrages de traitement des déchets	53
II.3.1.1 Casiers	53
II.3.1.2 Digue périphérique	53
II.3.1.3 Diguettes intérieures	53
II.3.1.4 Dispositif d'étanchéité des casiers	53
II.3.1.5 Drainage des lixiviats	54
II.3.1.6 Bassin de collecte des lixiviats	54
II.3.1.7 Bassin d'évaporation des lixiviats	54
II.3.1.8 Bassin de rétention des eaux pluviales	54
II.3.2 Equipements d'exploitation	55
II.4 Caractérisation physicochimique du lixiviat	55
II.4.1 Matériel et Méthodes	55
II.4.2 Détermination des caractères physicochimiques du lixiviat	56

Sommaire

II.4.2.1 Méthodes d'analyse	56
II.4.2.2 Résultats et Discussion	59
Conclusion	59

Chapitre III : Impact des déchets ménagers sur la santé humaine et l'environnement

Introduction	63
III.1 Impact des déchets ménagers sur la santé humaine	63
III.2 Impact des déchets ménagers sur l'environnement	63
III.2.1 Pollution du sol	64
III.2.1.1 Les métaux lourds	64
III.2.1.2 Le plastique	64
III.2.2 Pollution de l'air	64
III.2.3 Pollution de l'eau	66
Conclusion	66
Conclusion générale	67
Références bibliographiques	



Résumé
Abstract
ملخص

Résumé

La production des déchets est liée à la population. L'augmentation continue de la quantité des ordures ménagères génère un sérieux danger pour la santé publique et pour les écosystèmes.

L'objectif de notre travail porte sur l'étude physico-chimique du lixiviat du Centre d'Enfouissement technique (CET) de Hassi-Bounif par l'analyse de plusieurs paramètres physico-chimiques.

Les lixiviats d'un centre d'enfouissement sont particulièrement caractérisés par une couleur noire et par les valeurs moyennes de la demande biologique en oxygène durant cinq jours (DBO₅) de 1000mg/L, une demande chimique en oxygène (DCO) de 2432mg/L, des matières en suspension (MES) de 480 mg/L, une concentration en Phosphore total de 7.19 mg/l, Cadmium <0.03mg/l, pH 9.0. Le rapport DCO/DBO₅ est équivalent à 2.4 donc le lixiviat est un effluent biodégradable avec des souches sélectionnées. Le rapport DBO₅/DCO : 0.4 est caractéristique d'un lixiviat modérément stable. Le lixiviat de Hassi-Bounif n'a pas les caractéristiques d'un lixiviat jeune.

Les résultats des analyses des paramètres physicochimiques de lixiviats, prélevés, ont montré que ces effluents se caractérisent par la présence des polluants organiques et minéraux avec de fortes concentrations. Il est donc recommandé de faire un traitement

Mots clés : Déchets ménagers, CET, Hassi-Bounif, lixiviat, pollution, paramètres physicochimiques.

يرتبط إنتاج النفايات بالسكان. تؤدي الزيادة المستمرة في كمية النفايات المنزلية إلى خطر جسيم على الصحة العامة والنظم البيئية. الهدف من عملنا هو القيام بتحليل العديد من المعايير الفيزيائية والكيميائية للمادة المرتشحة من مركز طمر النفايات حاسي بونيف. وحسب النتائج تبين ان المواد المرتشحة من مركز دفن النفايات تتميز بشكل خاص باللون الأسود

معدل النتائج (BOD5): تبلغ 1000 ملغ / لتر ، (COD) يبلغ 2432 ملغ / لتر ، (MES) تبلغ 480 مجم / لتر ، تركيز الفوسفور الكلي 7.19 ملغ / لتر ، الكادميوم >0.03 ملغ / لتر ، درجة الحموضة تبلغ 9.9 نسبة (DCO/DBO5) تعادل 2.4 وبالتالي فإن المادة المرتشحة عبارة عن نفايات سائلة قابلة للتحلل البيولوجي مع سلالات مختارة. نسبة (DBO5/DCO) هي 0.4 المادة المرتشحة مستقرة إلى حد ما. ومنه العصارة ليس لها خصائص العصارة الفتية.

أظهرت نتائج التحاليل ايضا أن هذه المخلفات السائلة تتميز بوجود ملوثات عضوية ومعدنية بتركيزات عالية. لذلك فمن المستحسن القيام بعلاجها قبل التخلص منها

الكلمات المفتاحية: النفايات المنزلية ، مركز دفن النفايات ، حاسي بونيف ، العصارة ، التلوث ، المعايير الفيزيائية والكيميائية.

Abstract

Waste production is related to the population. The continuous increase in the amount of household waste poses a serious threat to public health and ecosystems.

The aim of our work is to carry out an analysis of several physical and chemical parameters of the leachate from the Hassi Bounif landfill.

According to the results, it was found that the leachate from the landfill center is characterized by a special black color and the rate of results: (BOD5) of 1000 mg / liter, (COD) of 2432 mg / liter. (MES) 480 mg / l, total phosphorus concentration is 7.19 mg / l, cadmium <0.03 mg / l, pH is 9. (DCO / DBO5) equals 2.4, so the leachate is a biodegradable liquid waste with Selected strains. The ratio (DBO5 / DCO) is 0.4 moderately stable leachate. And from it succulents do not have the characteristics of young succulents.

The results of the analyzes also showed that these liquid wastes are characterized by the presence of organic and mineral pollutants in high concentrations. Therefore, it is recommended to treat it before disposing of it

Key words: household waste, landfill center, Hassi Bonif, leachate, pollution, physical and chemical parameters.



Introduction générale

Introduction générale

La croissance démographique des populations humaines dans le monde augmente avec ses besoins dans tous les secteurs ; ceci est accompagné par la production d'une grande quantité de déchets qui nécessite une gestion pour la maîtriser.

Le déchet est défini comme « toute substance, matériau, produit ou, plus généralement, tout objet, bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer ».

La production des déchets solides va de pair avec l'intensification des activités socio-économiques, agricoles et industrielles. A ce jour, par la principale voie de traitement des déchets en Algérie est la mise en décharge. Cette technique est souvent utilisée dans les pays en développement, mais elle aboutit souvent à des décharges incontrôlées ou à ciel ouvert, où tous les types de déchets sont rejetés, à l'état brut et mélangés : ménagers et assimilés, industriels, hospitaliers et agricoles. Chaque année, notre Algérie génère 10 à 12 millions tonnes de déchets ménagers composés essentiellement de 200 000 tonnes de déchets d'emballages avec un taux de 95% de plastiques et 5% de métaux (**AND, 2014**).

Les centres d'enfouissement technique (CET), anciennement appelés décharges autorisées font partie de ces lieux potentiellement nuisibles. En Algérie, la gestion des déchets rencontre de très nombreuses difficultés, tant du point de vue technique, économique, que méthodologique et organisationnel (**Belle, 2008**).

Le C.E.T de Hassi-Bounif est entré en exploitation en 2012 ; sa durée de vie est estimée à 20 ans. Le système de traitement des lixiviats se fait par osmose inverse.

Les lixiviats qui constituent le principal vecteur de transport de la pollution issue des sites de stockage des déchets, présente une composition très aléatoire et varie en fonction de la nature des déchets, de l'âge de la décharge, de la technique d'exploitation et des conditions climatiques (**Belle, 2008**). La percolation du lixiviat en provenance de ces déchets constitue une source de pollution.

L'objectif de notre travail consiste à faire des analyses des paramètres physico-chimiques du lixiviat du C.E.T de Hassi-Bounif.

Introduction générale

Le manuscrit débute par une introduction ; il est réparti en deux grandes parties : bibliographique qui dresse un bilan de connaissances sur les déchets, les lixiviats et les centres d'enfouissement techniques en générale et le CET de Hassi-Bounif en cas particulier. Une seconde partie expérimentale portée sur la présentation de notre zone d'étude (C.E.T Hassi-Bounif), sur l'analyse des paramètres physico-chimiques du lixiviat et la discussion des résultats obtenus. Enfin, on conclut notre mémoire par une conclusion générale au sujet.



Chapitre I
Généralités sur
les Déchets et le CET



Introduction

Les déchets, produits par les ménages et par les activités économiques, sont générateurs de nuisances et peuvent être dangereux pour l'homme et la nature. Il est donc essentiel d'en contenir la production et d'en maîtriser le devenir. Le code de l'environnement définit le déchet comme "tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon" (**Belle, 2008**).

De manière générale, on peut distinguer les déchets par leur producteur (déchets ménagers, industriels ou agricoles) ou par la façon dont ils sont collectés (collecte par la commune, apport volontaire dans les déchèteries ou les points de tri sélectif, etc.) ou encore par leur devenir (mise en décharge, incinération, recyclage, etc.) (**Belle, 2008**).

La décharge contrôlée est l'une des filières préconisées pour le traitement des déchets, mais elle présente des risques de contamination pour les eaux de surface et la nappe souterraine susceptible d'être utilisée pour l'alimentation en eau potable. Progressivement, la décharge s'est transformée en Centre d'Enfouissement Technique ayant pour objectifs : la récupération des effluents gazeux (biogaz) et aqueux (lixiviats), la sélection des déchets admis, le contrôle et la surveillance des exploitations. Pour assurer plus de protection du sol et de sous-sol, des barrières de sécurité et de protection ont été aménagées jouant le rôle d'écrans minimisant ainsi les effets sur l'environnement.

I.1 Généralités sur les déchets

I.1.1 Définition d'un déchet

Selon l'article 03 de la **loi n°01-19** du 12 décembre 2001, le déchet est : Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation. Toute substance, matériau, produit ou, plus généralement, tout objet, bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer.

I.1.2 Types de déchets

I.1.2.1 Déchets ménagers

Les déchets ménagers sont comme leur nom indique les déchets engendrés par les ménages, les familles et qui sont liées à la vie quotidienne des citoyens, les commerçants, les artisans, les déchets urbains (nettoyement des rues et des marchés), les déchets verts, les

encombrants, mais également par les collectivités locales, les entreprises et les industries lorsque ces déchets ne présentent pas de caractère dangereux ou polluant : papiers, carton, bois, verre, plastique, textiles, emballage... (Addou, 2009).

I.1.2.2 Déchets spéciaux

L'article 03 de la loi 01-19 du 12 décembre 2001 définit les déchets spéciaux comme tous déchets issus d'activités industrielles et 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.

I.1.2.3 Déchets dangereux

Les déchets dangereux sont des déchets qui, par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières dangereuses, toxiques, réactives, explosives, inflammables, biologiques (ou bactériennes), nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.

I.1.2.4 Déchets industriels

Ce sont des déchets résultant d'une activité industrielle agroindustrielle, artisanale ou d'une activité similaire.

I.1.2.5 Déchets solides est liquide

Le dictionnaire de l'Environnement définit un déchet solide comme un déchet qui n'est pas à l'état liquide. En 1999, les travaux de **Rush Brook** et **Push** ont précisé que le terme déchet solide peut se référer au déchet municipal qui contient sept catégories : résidentiel (ménagers ou déchets domestiques), commercial, institutionnel, déchets de nettoyage des voies publiques, déchets de construction et de démolition, déchets hospitaliers, déchets industriels. Les déchets liquides comprennent l'eau sale, les liquides organiques, l'eau de lavage, les détergents et même l'eau de pluie.

I.1.3 Production et Composition d'un déchet

I.1.3.1 Production d'un déchet

Selon les résultats d'une étude réalisée par le ministère de tutelle, un volume de 34 millions de tonnes de déchets/an est produit en Algérie, dont 13 millions de tonnes de déchets ménagers et assimilés. Ce volume de déchets est appelé à atteindre les 70 millions

de tonnes à l'horizon 2035. Cette situation nécessite l'impératif d'une orientation vers l'économie circulaire, qui nous permettra, dans une première étape, la création de 100 000 postes d'emploi, dont 40 000 sont directs. On constate que la production de déchets est, en général, liée à la richesse du pays.

I.1.3.2 Composition d'un déchet

Dans la composition des déchets, c'est la part des déchets organiques qui fait, principalement, la différence entre les pays industrialisés et les autres pays. Cette part est environ de 25 % aux USA, entre 30% et 40 % dans les pays industrialisés d'Europe et se situe, actuellement, en Algérie entre 60 % et 70 % (MATE, 2003). Le tableau 1 et 2 nous renseigne respectivement sur la composition des déchets solides dans les pays du Maghreb et du Mashreq et sur les résultats d'analyses de déchets par matière d'une ville Allemande, de Sousse (Tunisie) et d'Alger.

Tab. 1 : Composition des déchets solides dans les pays du Maghreb et du Mashreq pour l'année 2000 (MCRF ,1974).

Type de matières	Taux (%)
Déchets organiques	55% et 70
Papier	12.5
Plastique	8.5
Métal	4
Autres matériaux	10

Tab. 2 : Composition des ordures ménagères (MATE, 2003).

Type de matières	Ville allemande (en 1995)	Ville Tunisienne (Sousse en 1995)	Alger	
			(en 1983)	(en 1995)
Matières organiques	35	65	70	67
Matières minérales	12	4	1	*
Textile	3	4	4	*
Plastique	10	8	2	7
Verre	12	2	1	*
Carton/Papier	20	12	16	12
Métaux	3	2	4	1
Autres	5	3	2	13
Total	100	100	100	100

I.1.4 Durée de vie des déchets

Les déchets ne mettent pas tous, le même temps pour se décomposer. Cela peut aller de quelques jours à des milliers d'années. Voici quelques exemples de temps de décomposition de déchets (<https://www.rtb.be/vivacite/>).

Tab. 3 : Durée de vie de dégradation des déchets.

	Types	Durée de vie
Déchets plus rapidement « biodégradables »	Papier toilette Trognon de pomme Mouchoir en papier Pelure de fruit Papier journal Brique de lait Allumette Journal (quotidien)	2 semaines à 1 mois 1 à 5 mois 3 mois de 3 à 6 mois de 6 à 12 mois jusqu'à 5 mois 6 mois 3 à 12 mois
Déchets dégradés de 01 à 10 ans	Mégot de cigarette (1 mégot est susceptible à lui seul de polluer 500 litres d'eau, 1 m ³ de neige) Ticket de bus ou de métro Gant ou chaussette en laine Filtre de cigarette Papier de bonbon ; Chewing-gum Huile de vidange 1 litre d'huile peut couvrir 1000 m ³ d'eau et empêcher l'oxygénation de la faune et de la flore sous-marine pendant plusieurs années. Rejetée dans le réseau des eaux usées, l'huile usagée colmate les filtres dans les stations de traitement de l'eau et perturbe les process d'épuration biologique	1 à 2 ans environ 1 an 1 an 1 à 5 ans 5 ans 5 à 10 ans
Déchets se dégradant de 10 ans à 1000 ans	Canette en acier Canette en aluminium Pneu en caoutchouc Briquet plastique Planche en bois (peinte) Césium 137 Boîte de conserve Récipient en polystyrène Objet en polystyrène Boîte en aluminium Pile au mercure Couche jetable Serviette ou tampon hygiénique Sac en plastique Filet de pêche moderne	100 ans 10 à 100 ans 100 ans 1 siècle 13 à 15 ans 30 ans 50 ans 50 ans 80 ans 100 à 500 ans 200 ans 400 à 450 ans 400 à 450 ans 450 ans 600 ans
Déchets les plus résistants	Carte téléphonique Polystyrène expansé Bouteille en plastique Forfait de ski Polystyrène expansé Verre	1000 ans 1000 ans 100 à 1000 ans 1000 ans 1000 ans 4 à 5000 ans

Déchets nucléaires	Iode 131	8 jours
	Iode 125	60 jours
	Radium 226	1600 ans
	Carbone 14	5730 ans
	Plutonium 239	24 000 ans
	Potassium 40	1,3 milliards d'années
	Uranium 238	4,5 milliards d'années
	Piles	Eternelle

I.1.5 Déchets de la Wilaya D’Oran

Oran est l'une des grandes villes à forte densité de population et industrielle en Algérie. En raison de sa population et de ses activités industrielles, elle a un grand nombre de déchets qui peuvent entraîner des dangers et des problèmes pour l'environnement si nous ne les contrôlons pas correctement. Ils peuvent également contribuer à relancer l'économie du pays. De plus, ces déchets augmentent constamment. Selon le journal « Ouest Tribune », 4000 tonnes de déchets sont valorisées en 2019 à Oran soit 4 fois la quantité valorisée en 2018. La wilaya d’Oran a réalisé une importante progression en matière de récupération des déchets valorisables grâce aux efforts consentis par l’EPIC CET d’Oran. Elle a valorisé une quantité de 4000 tonnes de déchets, soit 04 fois la quantité valorisée en 2018. La vision vers le déchet doit changer, il ne s’agit pas d’un produit qu’on jette et n’a pas de valeur, mais c’est un produit qui survit et qui est valorisé et récupéré et entre dans le cadre de l’industrie nationale et même de l’exportation, on doit regarder le déchet comme une valeur ajoutée à l’économie nationale». Le déchet est un produit industrialisé dont le processus commence par le tri engagé par tout citoyen. Parmi ces produits valorisés, figure le carton, le papier et le plastique, «la bouteille PET ou poly téréphtalate d’éthylène ».

Remarque : L’EPIC CET d’Oran déclare l’installation d’un nouveau C.E.T le 02 janvier 2020 des déchets inertes issus des travaux de démolition et des chantiers à El Braya (Commune Sidi-Chahmi). Depuis 2013, le C.E.T d’Ain El-Beida accueille les déchets inertes qui proviennent principalement des chantiers des Travaux publics, du génie civil et du bâtiment. Cette structure s’étale sur 600 000 m² et bâtie sur une carrière désaffectée d’une superficie de 8 hectares.

I.2 Déchet urbains

I.2.1 Définition d’un déchet urbain

Les déchets urbains sont des déchets qui proviennent des ménages (ordures, verre, emballages, plastiques, carton, papier, bois, déchets de cuisine, etc.) ainsi que tous les autres

déchets de composition analogue (notamment provenant des industries et de l'artisanat).

(<https://www.rtbef.be/vivacite/>)

I.2.2 Types de déchets urbains

I.2.2.1 Ordures ménagère

Les ordures ménagères, appelées déchets urbains incinérables, représentent la part non recyclable et non toxique des déchets produits par les ménages

(<http://www.valorsa.ch/fr/>)

I.2.2.2 Déchets Encombrants

Il s'agit de déchets urbains incinérables trop volumineux pour un sac à poubelle de 110 l dont les dimensions sont supérieures à 60 cm et qui nécessitent un broyage avant leur incinération, tels que : matelas, moquettes, petit mobilier, ...

I.2.2.3 Déchets Verts

Ce sont des déchets rencontrés dans les espaces verts ou les jardins, comme les restes de plantes ou les fleurs, bois et pailles. Ils résultent des activités d'entretien des jardins, parcs qu'ils soient privés ou publics (<https://www.fournisseur-energie.com>)

I.2.2.4 Déchets Spéciaux

Ce sont des déchets dangereux qui doivent suivre une filière de collecte et d'élimination particulière, pour des questions de santé publique et de protection de l'environnement. Ils ne doivent en aucun cas être déversés dans les toilettes ou collectés avec les ordures ménagères. On peut citer par exemple les solvants usagés, les déchets de produits chimiques, piles, batteries, huiles minérales, peintures, sprays, médicaments périmés. Ils ont d'origine industrielle (déchets spéciaux des entreprises) ou urbaine (déchets spéciaux ménagers) (<https://www.vd.ch/themes/environnement/dechets/dechets-urbains/>)

I.2.3 Production et Composition d'un déchet

I.2.3.1 Production d'un déchet

La connaissance de la production d'ordures ménagères est essentielle dans la planification d'un système de gestion. La quantité produite par collectivité est variable en fonction de plusieurs éléments. Elle dépend essentiellement, du mode, du niveau de vie et du mouvement de la population (surtout pendant la période des vacances), de la saison, des jours fériés et du climat. Elle peut être exprimée en poids (ou en volume) ; seul le poids

constitue une donnée précise et facilement mesurable. En **1994**, les résultats des travaux de **Tabet Aoul** ont montré une évaluation significative de la production de la quantité des déchets urbains en fonction de l'importance des diverses agglomérations, ainsi que la quantité journalière générée par habitant au niveau des deux wilayas algériennes Alger, et Biskra (**tabs. 4 ; 5**). Une enquête menée en **1995** précisait que ces taux devraient être majorés et équivalentes à 0,15 kg/habitant/jour en tenant compte de la quantité de déchets industriels non ou peu toxiques déposés directement en décharges publiques (**Tabet Aoul, 2001**).

Tab.4 : Production de la quantité des déchets urbains par taille d'agglomération (Tabet Aoul, 2001).

Taille de l'agglomération	Production (Kg/hab/j)
< À 300.000 habitants (Totalisant 4 281 597 habitants)	0.5
300.000 < taille <600.000 habitants (Totalisant 8058 073 habitants)	0.6
> à 600.000 habitants (Totalisant 6 617 916 habitants)	0.7

Tab. 5 : Quantités journalières générées des déchets par habitant dans l'agglomération d'Alger et de Biskra.

Ville	Production déchets Kg/hab/J	Références
Alger	06	Kittel berger (1994)
	0.74	EEC (1995) et Kehila (2010)
	01	Mate (2003)
	0.7	UBIFRANCE (2007)
Biskra	0.55	GEO Biskra (2001)

I.2.3.2 Composition d'un déchet

La connaissance de la composition des déchets est indispensable pour leur gestion. Elle permet de choisir et de dimensionner correctement les outils de collecte, de traitement et d'élimination, et aussi la récupération de matériaux recyclable : papier, cartons, verres, plastique etc....

Les variations de la composition peuvent provenir de la méthode même d'évaluation de la production des déchets : évaluation au sein de foyers (**Alouéimine, 2006**) ou évaluation de l'année sur le site de regroupement, de transfert ou de traitement (**Charnay, 2005**).

Le développement de l'industrie alimentaire et de l'emballage a modifié sensiblement la composition des ordures ménagères ainsi que les habitudes de consommation en Algérie en général et de l'algérien en particulier. Des campagnes d'échantillonnage ont été réalisées au niveau de quatre villes algériennes en 1992 au niveau de la ville d'Oran (**Tabet Aoul, 2001**) ; Ghardaia, Chlef et Bourdj Bouraridj en 2006 (**Ismail, 2008**). Les résultats sont résumés dans le **tableau 6**. La matière organique est toujours le principal composant des déchets, présente plus des 2/3 de la masse des déchets au niveau des différentes villes cités.

Tab. 6 : Composition des ordures ménagères dans des villes algériennes.

Catégorie de déchets	Chlef (%)	Bourdi-Bouraridj (%)	Ghardaia (%)	Oran (%)
Papier-Carton	04	15.5	8.3	16
Plastiques	12	09	20	2.5
Verre	02	-	-	-
Textiles	08	2.2	-	-
Métaux	02	12.2	13.3	2.5
Matière organique	72	61	58.3	69
Autres	-	-	-	10
Total	100	100	100	100

I.2.4 Etapes de la biodégradation

Les réactions biochimiques aérobie et anaérobie présentent des caractéristiques bien distinctes. L'oxydation aérobie conduit à la production d'un biogaz exclusivement composé de CO₂ et également à la synthèse d'eau (de 0.31 à 1.13 kg d'eau/kg de substrat) alors que les réactions anaérobies des déchets sont productrices d'un biogaz composé de méthane et de dioxyde de carbone et au contraire elle est consommatrices d'eau de (0.11 à 0.74 kg/d'eau/kg de substrat consommé).

I.2.4.1 La biodégradation aérobie

L'oxydation des déchets de surface est réalisée de la manière analogue au compostage des ordures ménagères. La fermentation aérobie d'un substrat solide complexe déroulée dans des conditions non limitantes en eau et en oxygène, suit trois phases réactionnelles successives : mésophile, thermophile et de maturation. Au début, le déchet est essentiellement colonisé par les bactéries dégradant les sucres et les lipides. La croissance de ces micro-organismes s'accompagne d'une accumulation transitoire d'acide organique.

L'activité biologique aérobie implique une élévation de la température, c'est la **phase mésophile**. Du fait de cette activité biologique et de l'inertie thermique du système réactionnel, la température continue à augmenter et peut atteindre 70°C, c'est la **phase thermophile**. Une élévation du pH est observée ; celle-ci est liée à la réduction organique qui est oxydée. Les substrats facilement biodégradables sont épuisés, il reste les polymères tels que la cellulose et la lignine, c'est la phase de **maturation** (ou de stabilisation).

La durée de chaque phase est directement liée à la composition et à la fermentescibilité des ordures ménagères et assimilées. Des composés riches en composés fermentescibles présenteront en condition optimale d'aération et d'humidité des phases mésophiles, thermophiles et de maturation de 2 à 3 jours, 5 à 7 et supérieurs à 20 jours respectivement (**Mustin, 1987**).

I.2.4.2 La biodégradation anaérobique

La dégradation anaérobie des produits d'hydrolyse implique une multitude de réactions biologiques complexes, successives et interdépendantes classées en trois familles : l'acidogénèse, l'acténo-génèse et la Méthanogénèse.

L'activité Acidogène s'accompagne d'une production de CO₂ et d'H₂ ; cela se traduit au niveau de la phase gazeuse par l'apparition de concentration en dioxyde élevé. Du fait des différentes vitesses de croissance, les archéobactéries hydrogène-philiques apparaissent en premier, le biogaz s'enrichit en méthane ; c'est la phase méthanogène instable. L'hydrogène consommé par les micro-organismes disparaît de la phase gazeuse. Les acétoclastes se développent et contribuent à la production de méthane. Le biogaz se compose alors de 50% à 65% de méthane (CH₄) et le reste est du dioxyde de carbone. La production de biogaz peut être décrite par la relation générale (**Haarsatad, 1997**).



Donc le biogaz est un combustible, mélange de dioxyde de carbone et de méthane, qui provient des matières organiques mortes (végétales ou animales) dans un milieu en raréfaction d'air (fermentation). Cette fermentation est le résultat de l'activité microbienne naturelle ou contrôlée.

I.2.5 Gestion des déchets ménagers

La gestion des déchets est définie comme « 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 (JORADP, 1984).

La **pré-collecte** : est la phase qui consiste à amener les déchets de leur lieu de production (ménages) au lieu de prise en charge par le service public. Elle est réalisée par l'habitant c'est-à-dire c'est un apport volontaire (Gillet, 1985).

La **collecte** : est l'évacuation et/ou le ramassage des déchets en vue de leur transfert vers un lieu de traitement (décharge, centre de tri, station de transfert.) (JORADP, 2001).

Selon l'article 5 de la **loi n°84-387** du 16.12.1984, l'assemblée Populaire communale (APC) procède à une collecte des ordures ménagères tous les 2 jours au moins dans les zones d'habitations agglomérées groupant plus de 500 habitants. Dans autres zones, l'APC organise une collecte appropriée des ordures ménagères de façon à ce que les résidus soient enlevés toutes les fois que leur volume et susceptible d'engendrer nuisances ou incommodités. Les modes de collecte sont répertoriés en :

- Collecte ordinaire : consiste à ramasser les déchets dans les poubelles.
- Collecte hermétique : présente une meilleure procédure en matière d'hygiène.
- Collecte sélective : opération qui vise certains flux de déchets et demande la collaboration des habitants en vue d'une valorisation (Damien, 2004).

I.2.6 Devenir des déchets ménagers

Une fois collectés, en fonction de leur nature et des techniques actuelles, les déchets seront traités selon différents modes possibles. Le devenir des déchets ménagers dans l'environnement et/ou leur traitement se fait selon plusieurs critères et raisons économiques des services qui s'occupe de la prise en charge commençant par :

I.2.6.1 Mise en décharge : C'est la destination finale la plus privilégiée pour l'élimination de ces derniers du fait, de son faible cout par rapport aux autres filières comme l'incinération ou le compostage. Il existe plusieurs types de décharges :

1. Décharge brute : est celle qui est admise ou tolérée en un lieu qui se trouve réserve à cet usage sur lequel les usagers viennent habituellement déposer leurs déchets (Gillet, 1985).

2. Décharge sauvage : est celle qui se crée en violation des règlements régissant la gestion des déchets, dans laquelle certains habitants déposent leurs déchets "à la sauvette" à moins que ce ne soit au vu et au su des autres habitants qui font aussi la même chose (**Gillet, 1985**).

3. Décharge contrôlée : qui est implantée d'une façon légale et sur un site approprié après autorisation du service concerné. Elle est accordée suite à une étude approfondie de son impact sur l'environnement, et en particulier de tous les risques de pollution pouvant en résulter. Son principe repose sur l'enfouissement des déchets effectués de façon rationnelle (**Gillet, 1985**).

I.2.6.2 Compostage : Les ordures ménagères contenant les matières organiques sont utilisées depuis de longue date, comme engrais pour amender les sols cultivés. Les agriculteurs situés à la périphérie des villes récupéraient les déchets urbains et les transformaient par fermentation naturelle en un produit répandu sur leurs terrains. Actuellement leur emploi sous cette forme n'est plus admis. Le compostage des déchets urbains consiste à préparer industriellement un produit répondant aux conditions (**Gillet, 1985**).

Le compost provient de la transformation aérobie des déchets organiques par le biais de microorganismes. Le produit obtenu se transformera dans le sol en Humus, très utile en agriculture.

Les étapes du compostage sont au nombre de 04 (**Francaoui, 2003**) :

- Étape 1 : préparation pour obtenir une humidité et une porosité optimales (broyage, mélange).
- Étape 2 : fermentation aérée pour stabilisation, hygiénisation et séchage.
- Étape 3 : criblage éventuel pour affiner le produit final et en recycler une partie.
- Étape 4 : maturation et stockage pour conférer une qualité agronomique au produit.

I.2.6.3 L'incinération :

L'incinération des déchets urbains, très généralisée dans les pays industrialisés, est l'opération qui consiste à leur destruction par le feu. Elle est appliquée à des ordures ayant un pouvoir calorifique élevé pour pouvoir diminuer le prix de revient à la tonne traitée en récupérant la chaleur à des fins domestiques (chauffage et production d'électricité) par exemple. Dans les pays africains, la teneur en matière organique pour les déchets solides

municipaux urbaine est d'environ 56% et sa dégradation par incinération à l'air libre est un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre (Ademe, 2005).

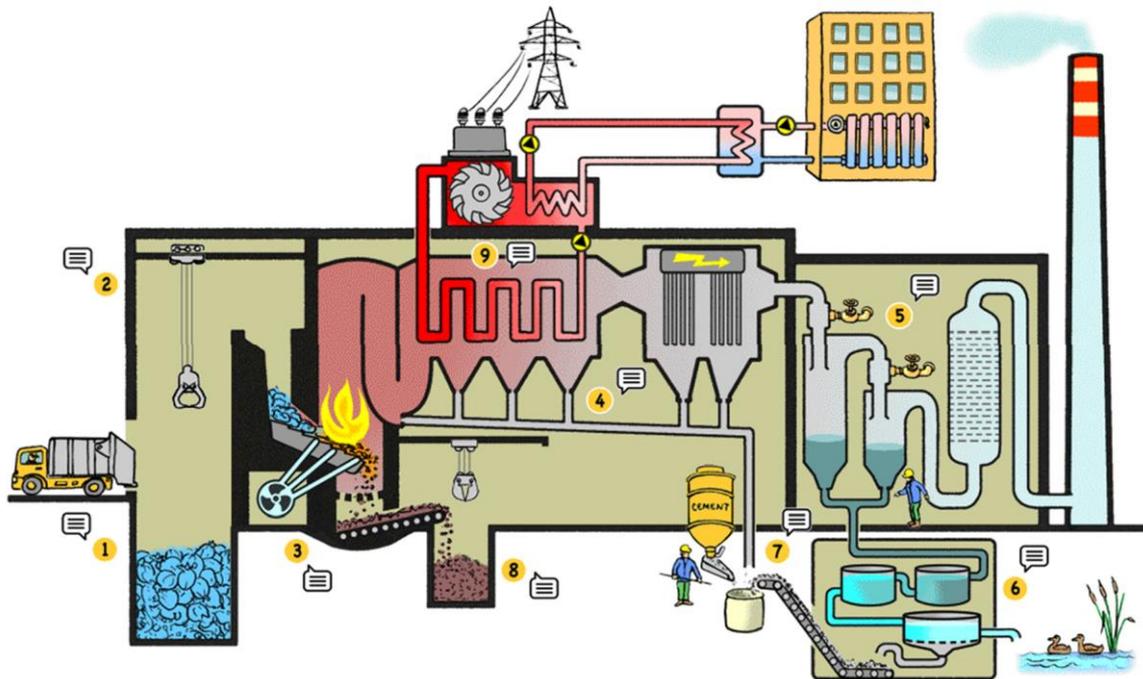


Fig.1 : Fonctionnement d'une usine d'incinération des déchets ménagers.

La **figure 1** expose toutes les étapes de l'incinération des déchets ménagers.

Etape 1 : Les déchets sont transportés par camion jusqu'à l'usine pour entamer leur transformation.

Etape 2 : Le grappin saisit les déchets pour les placer dans le four.

Etape 3 : Ici, l'incinération permet de réduire de 90% le volume et de 75% la masse de déchets brûlés. Les déchets arrivent dans le four par une entrée en forme d'entonnoir qui se rétrécit au fur et à mesure. Par simple gravité, ils tombent dans le four à grille et forment un bouchon qui va limiter les entrées d'air à l'intérieur du four. Les gaz produits sortent au-dessus du foyer où est injecté l'air qui va aider à terminer la combustion en favorisant la turbulence et l'homogénéisation de ces gaz. Dans cette zone, les déchets sont brûlés à une température de 900 à 1000°C, d'où la présence de briques réfractaires. Pour pouvoir maintenir la combustion à moins de 1100°C et limiter la formation d'imbrûlés (composés organiques non encore dégradés et brûlés), on injecte le plus souvent un excès d'air de combustion (environ 50% en plus de la quantité nécessaire), car au-delà de 1100°C, les cendres et les mâchefers (résidus solides constitués de métaux ferreux et non-ferreux, de minéraux (verre ou calcaire) et de composés organiques)) deviennent mous et forment des

dépôts difficiles à manipuler. Le temps total d'une combustion complète peut varier entre 30 min et 1 heure, en fonction de la constitution des déchets brûlés.

Etape 4 : Traitement des résidus d'épuration des fumées

La fumée passe par une chaudière, les cendres les plus lourdes retombent et sont récupérées (soit 40kg pour une tonne de déchets initiale). Les poussières les plus fines sont récupérées par un électrofiltre. La fumée est épurée de ces particules mais il reste encore des dioxines et des furanes (polluants organiques pour l'environnement). Depuis 2005, toutes les usines d'incinération de déchets sont obligées de traiter ces substances car les travaux ont prouvé qu'elles étaient toxiques à trop haute dose. Pour cela, du charbon actif en poudre est injecté, son rôle consiste à piéger les dioxines et les métaux lourds par adsorption ; le tout est ensuite récupéré grâce à un filtre (<https://fr.wikiversity.org/>).

Etape 5 : ça concerne les acides. On pulvérise de l'eau de chaux sur la fumée qui va réagir avec les acides (acide chlorhydrique) et certains métaux lourds (mercure). On ajoute ensuite de l'eau neutre pour retenir les oxydes de soufre et enfin les fumées passent dans un catalyseur qui va neutraliser les oxydes d'azote réchauffés avec la combustion. Pour cela, les fumées vont passer dans des nids d'abeilles avec de l'eau ammoniacale permettant de transformer l'oxyde d'azote en eau et en azote. La fumée peut être rejetée dans l'atmosphère souvent assez haut mais toujours analysée et contrôlée par des détecteurs (<https://fr.wikiversity.org/>).

Etape 6 : L'eau utilisée pendant le processus est traitée dans la station d'épuration de l'usine et l'eau dépolluée est ensuite rendue à la nature.

Etape 7 : Les cendres et les poussières post-combustion sont récupérées et peuvent être utilisées comme compléments à la production de ciments ou comme fertilisants pour l'agriculture. Sinon, elles sont simplement enterrées (<https://fr.wikiversity.org/>).

Etape 8 : Les mâchefers (25% des déchets après combustion), tombent incandescents (à environ 400°C), dans l'extracteur qui va refroidir à l'aide d'une garde d'eau. Certains d'entre eux peuvent être ensuite recyclés pour produire de l'acier, de l'aluminium ou des granulés pour le BTP mais d'autres, non traités seront enfouis (<https://fr.wikiversity.org/>).

Etape 9 : Cette étape concerne la production d'énergie (<https://fr.wikiversity.org/>).

I.2.6.4 Le recyclage

Le recyclage est la création de nouvelles matières, ou le renouvellement des matières initiales par le biais du traitement des déchets (cela comprend le recyclage organique et non énergétique). Le recyclage des produits enfin de vie passe par

l'organisation de filières spécialisées permettant à toutes les entreprises et/ou tous les particuliers de permettre la récupération des déchets (Gillet, 1985).

I.2.7 Risques professionnels en station de compostage

I.2.7.1 Risque chimique

Les salariés sont susceptibles d'être exposés par voies respiratoires ou cutanées à différentes sortes d'agents chimiques. On peut citer par exemple :

1. Agents présents dans les déchets entrants

Parmi ces composés, figurent notamment les éléments traces métalliques (ETM), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les poly-chlorobiphenyls (PCB) et les pesticides. Les HAP et les PCB ont déjà été dosés à l'état de traces dans les déchets entrants, notamment les boues qui font l'objet d'un contrôle en amont du compostage éventuel.

2. Emissions gazeuses (CO, CO₂) dues au compostage

Le processus de fermentation aérobie émet essentiellement du gaz carbonique en grande quantité. 50 % du carbone organique des déchets est transformé en CO non toxique qui peut cependant faire baisser le pourcentage d'oxygène dans les locaux clos. Les émanations de moteurs thermiques des engins dans un hall fermé de fermentation peuvent également contribuer à la présence de ce gaz.

3. Ammoniac (NH₃)

L'ammoniac (NH₄OH) est émis lors de la phase de montée en température du compost et après chaque retournement des andains. Les bâtiments fermés favorisent sa concentration.

4. Sulfure d'hydrogène (H₂S) et mercaptans

En principe, les composés soufrés sont émis en faible proportion quand le processus de compostage fonctionne bien. Cependant, en cas de dysfonctionnement de ventilation, la fermentation peut devenir anaérobie et conduire alors au dégagement de ces composés.

5. Oxydes d'azote (NO_x)

Les émissions d'oxyde et de dioxyde d'azote sont souvent inférieures aux normes même en système clos. Le protoxyde d'azote (NO), peut être émis surtout en fin de compostage.

6. Composés organiques volatils (COV)

Les COV, rencontrés en faible concentration dans les composts et l'air ambiant à proximité, sont essentiellement liés au processus de compostage. Le méthane (CH₄) est rarement évoqué parmi les polluants gazeux potentiellement présents. Il peut pourtant s'en dégager en cas de dysfonctionnement de la ventilation (manque d'oxygène), la transformation des matières organiques s'effectuant alors en mode anaérobie (procédé de méthanisation).

7. Poussières ou Matières de particules totales (MPT)

Les poussières sont principalement produites par des actions physiques (mécaniques) sur les déchets et composts. Les principales sources d'émission de poussières sont d'abord la zone de réception et de pré-traitement des déchets, puis la zone de fermentation lors de retournement d'andains, la zone de criblage du compost et tous les endroits de déplacement ou de conditionnement du produit fini. La plupart de ces opérations s'effectue par un engin mécanisé, ou par engin télécommandé souvent à l'air libre.

I.2.7.2 Risque Biologique

Le principe du compostage repose sur la dégradation des matières organiques par des microorganismes. Le compost contient des bactéries et des champignons à rapports variables. Au commencement du processus, la dégradation des composés facilement biodégradables (glucides, lipides) est assurée par une flore à dominance bactérienne. Par la suite, la dégradation des polymères (lignine, cellulose) est assurée par une flore thermophile essentiellement composée de moisissures et d'actinomycètes.

La flore microbienne intervenant dans le compostage ainsi que les composés qu'elle produit peuvent être mis en suspension dans l'air et présenter un risque infectieux, allergique ou toxique pour les salariés. À l'heure actuelle, il existe peu d'informations relatives à l'évaluation quantitative de ces risques. En revanche, l'exposition des salariés aux bioaérosols lors des opérations de compostage des déchets est bien documentée (CAREPS, 2002).

I.2.7.3 Risque physique

1. Le bruit : peut-être important lors des opérations de broyage, criblage, chargement/retournement ; une partie de ces opérations peut être automatisée.

2. L'humidité est inhérente à l'activité ; elle est liée à la chaleur. Ces risques peuvent être réduits par une aération correcte des locaux et/ou le compostage en box ou tunnels fermés sans intervention humaine.

3. Les vibrations sont un risque pour les conducteurs des engins ; elles sont normalement limitées dans les engins récents (sièges suspendus...).

4. Les odeurs sont souvent liées à des composés chimiques toxiques (composés soufrés, ammoniac). Elles constituent en outre une gêne en soi, correspondant à une dégradation des conditions de travail. Il est donc important de maîtriser les émissions d'odeurs vis-à-vis des riverains, mais aussi des salariés du site. L'absence d'odeurs ne signifie pas l'absence de danger (<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973620/document>)

I.2.8 Classification des décharges

I.2.8.1 Décharge brute : est celle qui est admise ou tolérée en un lieu qui se trouve réserve à cet usage sur lequel les usagers viennent habituellement déposer leurs déchets (**Gillet, 1985**).

I.2.8.2 Décharge sauvage : est celle qui se crée en violation des règlements régissant la gestion des déchets, dans laquelle certains habitants déposent leurs déchets " à la sauvette" à moins que ce ne soit au vu et au su des autres habitants qui font aussi la même chose. Dans le premier cas, les décharges sont mises en dépôt parfois avec un semblant de précaution alors que dans le deuxième cas, aucune précaution n'est observée L'image de ces décharge est donnée par ces amoncellements d'immondices que l'on rencontre si souvent et qui peuvent se développer jusqu'à former des montagnes d'ordures fumantes et malodorantes, désastreuses pour l'environnement génératrices des risques d'incendies, de prolifération des agents pathogène pour la sante des êtres vivants, avec toutes les conséquences connues. (**Gillet, 1985**).

I.2.8.3 Décharge contrôlée : est différente de la décharge brute ou sauvage puisqu'elle est implantée d'une façon légale et sur un site approprié après autorisations de l'administration et tous les services concernés, cette dernière n'étant accordée qu'après une étude approfondie de son impact sur l'environnement, et en particuliers de tous les risques de pollution pouvant en résulter.

Son principe repose sur l'enfouissement des déchets effectués de façon Rationnelle, dont le but est d'éviter toute nuisance. (**Gillet, 1985**).

I.3 Généralités sur le centre d'enfouissement technique (C.E.T) de Hassi-Bounif

I.3.1 Définition et Objectif du CET

Le **CET** est un site d'élimination des déchets par dépôt sur ou dans la terre (sous-sol). C'est aussi une parcelle de terre ou excavation, soumise à un arrêté administratif officiel d'autorisation d'exploitation, dans laquelle sont enfouis tous les déchets (ménagers, déchets solides commerciaux, boues non toxiques et déchets solides industriels). L'arrêté fixe, après étude d'impact et enquête publique, les conditions d'implantation, d'exploitation, de surveillance et d'aménagement final du CET. Ce dernier vise plusieurs objectifs :

- Réduire le volume et la quantité des déchets ;
- Atténuer l'impact des déchets sur l'environnement ;
- Offrir des opportunités d'emploi ;
- Récupérer et évaluer les matériaux recyclables tout en réduisant les pertes de la matière première

I.3.2 Historique du CET

- Jusqu'à l'année 70, les décharges n'étaient soumises à aucune réglementation. Chaque commune disposait d'un lieu de dépôt ou d'incinération des déchets.

-1975 -1976 : Mise en œuvre de la réglementation pour la résorption de nombreux dépôts sauvages et la mise en conformité des décharges.

- 1993 : Une grande part des déchets ménagers finissait en décharge et des dépôts et décharges sauvages existaient toujours. Aussi, une nouvelle réglementation a été mise en place.

-Le 01.07.2002 : Les installations d'élimination des déchets par stockage ne sont autorisées à accueillir que des déchets ultimes, à savoir des déchets résultants ou non d'un traitement, et qui ne sont plus susceptibles d'être traités dans les conditions techniques et économiques. Les lieux de stockage de déchets sont transformés en CET et les Centres de Stockage des Déchets Ultimes (CSDU) sont devenus ISDND.

Un centre de stockage est un site clôturé, gardienné et fermé au public. Il a pour mission de stocker les déchets non valorisables dans des espaces hermétiques spécialement aménagés à cet effet, des casiers. Ces équipements ont également pour mission de gérer les

pollutions qui se dégagent des déchets. Ce sont des installations classées pour la protection de l'environnement et contrôlées par les services de l'Etat avec une obligation de suivi pendant 30 ans après fermeture.

I.3.3 Emplacement des CET en Algérie

Le choix du site d'implantation d'un CET ne peut se faire par hasard mais selon des critères bien définis. Différents paramètres doivent être étudiés afin d'assurer que le CET, une fois en exploitation et après fermeture, aura une incidence la plus faible possible sur l'environnement.

-Des critères D'exclusion : Dans telles zones l'emplacement d'une décharge causerait d'importantes nuisances, qui ne peuvent ni être exclues ni être efficacement limitées. On peut citer : les zones militaires, les parcs nationaux, zones naturelles protégées, zones avec une distance à un aéroport inférieur à 5 km, zones avec mines souterraines et Marécages.

-Des critères de restriction dans des zones où les nuisances pour l'environnement ne peuvent pas être exclues. On peut citer les cas suivants : Relief topographique, Situation morphologique, Forêts et réserves naturelles, Distance à urbanisations et les lieux où on rencontre les effets des émissions (odeur, bruit, vermine, poussière).

-Des critères de considération : Dans le cadre de la recherche de site, il faut prendre en considération des aspects pouvant avoir de l'influence sur la décision comme : Métrologique, Distance au lieu principal de production de déchets, Réseau de transport, Propriétés du terrain et Protection des espèces et des biotopes.

- Des critères géologique-géotechniques

- Des critères d'exclusions : Dans l'hydrogéologie et de géologie-géotechnique, il faut appliquer comme critères d'exclusion :

-Priorité des matières premières et surfaces de réserves de matières premières.

-Zone avec risque de tremblement de terre.

-Risque de glissement, d'effondrement et de cavités souterraines qui ne peuvent pas être éliminées.

-Situation morphologique extrême (escarpement, haute montagne).

-Monument naturel géologique (**MATE, 2005**).

I.3.4 Classification des CET

Le **CET** (ou centre de stockage : CDS) est une installation permettant de stocker les déchets acceptés en les isolant du milieu qui les entoure et d'éviter toute contamination de sol et de la nappe phréatique. Deux types de classification des CET existent (**Bennadir et Fentiz, 2013**) :

I.3.4.1 Classification selon la nature de déchets

1. CET de Classe I

En plus des déchets urbains et banals, ces décharges sont habilitées à recevoir certains déchets industriels spéciaux. Ainsi sont admis dans ces CET de classe I :

- Déchets industriels spéciaux de catégories A qui sont : les résidus de l'incinération ; les résidus de la sidérurgie.
- Déchets minéraux de traitement chimique : sels métalliques, sels minéraux, oxydes métalliques.
- Déchets de catégories B qui sont : Les résidus de traitement d'effluents industriels et d'eaux industrielles, de déchets ou de sols pollués.
- Résidus de peinture : déchets de peinture solide, de résine de vernis.

2. CET de Classe II

Les déchets admissibles dans ces décharges sont :

- Ordures ménagères.
- Déchets ménagers encombrants.
- Déblais et gravats.
- Déchets commerciaux, artisanaux et industriels banals assimilables aux ordures ménagères.
- Déchets d'origine agricole ne présentant pas de danger pour la santé humaine et l'environnement.
- Pneumatiques.
- Cendres et produits d'épuration refroidis résultant de l'incinération des ordures ménagères.
- Boues en provenance de l'assainissement urbain.

3. CET de Classe III

Ce sont les installations de stockage recevant essentiellement des déchets inertes. Les décharges de classe III, reçoivent les déchets inertes d'origine domestique comme les déchets issus du bricolage familial et les déblais et gravats qui peuvent également être stockés dans les décharges de classe II. Ils reçoivent aussi les déchets de chantiers et les déchets de carrière.

I.3.4.2 Classification selon le mode de stockage

Il existe plusieurs types de décharges contrôlées (**Dorffma, 2018**).

1. Décharge contrôlée traditionnelle (classique)

Dans ce type de décharge, les déchets sont déposés en couches régulières sur un terrain adéquat et couverts en suite par du sable argileux. Elle est recommandée en zone rurale à cause des espaces disponibles.

2. Décharge contrôlée de type compact

Le développement des emballages en papier et en plastique, a rendu la méthode classique de décharge contrôlée moins efficace du fait de la diminution de la densité des déchets. Les déchets sont compactés par des engins lourds à roues spéciales (coupeaux) qui tassent les déchets en diminuant leur volume (**Dorffma, 2018**).

3. Décharge des déchets broyés

Ce type d'exploitation consiste à broyer les déchets préalablement avant leur mise en décharge.

4. Décharge des déchets mise en balles ou en cubes

La mise en balles des ordures ménagères par compression est une technique simple de mise en décharge. Les ordures à l'origine sont peu denses donc susceptibles d'une forte réduction du volume initial avec injection d'une quantité d'eau importante. Le principe de compression des déchets consiste à confectionner des blocs en forme de cubes de dimension standard qui sont faciles à transporter et les entasser les uns sur les autres dans la décharge (**Dorffma, 2018**).

I.3.5 Dimensionnement d'un CET

Tab. 7 : Dimensionnement des infrastructures de site (Boudghene, 2012).

Ordre	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Désignation	Bloc Administratif	Poste de Garde	Abri pour Stationnement des engins	Station de gasoil	Bâche à eau	Fosse septique	Pont bascule	Voies d'accès	Surface Totale Utile
Dimensions	L : 9m l : 3m	L : 3m l : 2,60m	L : 12m l : 8m	L : 20m l : 10m	L : 6m l : 5m	L : 2,5m l : 2,5m	L : 18m l : 4m	L : 920,81m l : 7m	
Superficie	27m ²	7,8m ²	96m ²	200m ²	30m ²	6,25m ²	72m ²	7366,53 m ²	7805,58 m ²

I.3.6 Fonctionnement d'un CET

Chaque jour, les camions de collecte des ordures ménagères des communautés de communes arrivent sur le site. A l'entrée comme à la sortie du centre d'enfouissement, toutes les bennes sont pesées permettant ainsi une connaissance des tonnages enfouis et une facturation au plus juste. Ils passent par le portique détectant la radioactivité dans les déchets avant de rentrer sur le site d'enfouissement. Ils déposent depuis le quai de déchargement les ordures dans le casier. Après chaque déchargement, le compacteur à déchets, conduit par l'agent d'exploitation du centre d'enfouissement, écrase, répartit les déchets sur l'alvéole exploitée et les compacte de manière à optimiser le vide de fouille.

1. Déchets admis

Le contrôle des déchets est effectué au poste de contrôle, à l'entrée de l'établissement. Les déchets admis accèdent au C.E.T, après que les informations de l'engin de livraison (Poids, immatriculation) sont consignées sur le registre des admissions. Les déchets sont recouverts obligatoirement de filets de protection contre les envols quand ils sont livrés par des engins découverts. Les camions semi-remorques ne sont pas admis (**tab. 8**).

Tab. 8 : Déchets admis.

Déchets acceptables	Déchets interdits
Déchets ménagers et assimilés Déchets de voirie Déchets industriels et commerciaux Assimilables aux déchets ménagers Déchets des espaces verts Déchets de balayures	Déchets inertes (gravats, décombres et débris des travaux du BTPH). Déchets contaminés provenant des Etablissements sanitaires Carcasses de véhicules et ferrailles lourdes Déchets d'abattoirs Déchets liquides
Déchets encombrants Déchets artisanaux	Bidons et récipients métalliques de plus de 50 L de capacité Cadavres d'animaux de grande taille

Les déchets interdits sont refusés à l'enfouissement, il est préconisé un autre mode de traitement.

Remarque : Le CET n'est pas autorisé à accueillir, traiter ou enfouir des déchets dangereux mais peuvent cependant être conservés provisoirement (pendant 1 à 2 ans) sur le site, avant évacuation vers une unité de traitement appropriée (**Citeretse, 2008**).

Les déchets admis, après leur consignation, sont dirigés soit vers le pont bascule pour les véhicules nouveaux dont on ignore les poids à vide et à charge, soit directement vers le centre de tri. Dans les deux cas, ils empruntent des chemins balisés.

2. Centre de tri

Le centre de tri a pour vocation de trier les déchets multi matériaux, issus d'une collecte brute ainsi que les déchets banals issus des activités commerciales et industrielles. Le centre contribue à atteindre les objectifs de recyclage, à diminuer l'emploi de matières premières vierges. Il est enfin une source d'activités économiques et d'emplois directes ou indirectes.

Le tri manuel est positif, sa mécanisation reste un projet de l'installation. Le choix de la taille et le degré de mécanisation seront définis en concertation avec les partenaires, repreneurs des matériaux triés et en fonction de critères de rentabilité économiques.

3. Déchetterie

La déchetterie est un maillon du système de l'installation. C'est un espace aménagé et gardienné où le particulier peut apporter les déchets encombrants où ils sont stockés (Benallal, 2016).

Enfin de journée, les déchets sont ainsi répartis :

Dans les cases : les matières sont récupérables.

A la déchetterie : les déchets encombrants (carcasses d'appareil électroménagers, sommiers usagers...etc.)

Sur l'aire de dépotage : les déchets destinés à l'enfouissement et les déchets verts.

Séparément : les déchets ménagers spéciaux (huiles, batteries, piles, peintures solvants, Phytosanitaires, tubes fluorescents).

4. Enfouissement technique

L'exploitation du casier peut se faire progressivement ou par alvéole. Il n'est exploité qu'un casier ou qu'une seule alvéole à la fois. Les déchets sont déposés en couches successives et compactées sur site. La couche des déchets compactés ne doit pas excéder une épaisseur de 80 cm. Elle est recouverte de matériaux sur une épaisseur de 10 cm. Les matériaux de recouvrement ne doivent pas être argileux pour laisser percoler les lixiviats.

Des principes érigés en clauses au cahier des charges qui régit L'aménagement et l'exploitation des C.E.T, conditionnent la mise en œuvre de l'enfouissement technique. Ces principes généraux sont les suivants :

- . La quantité minimale de matériaux de recouvrement disponible doit être au moins égale à celle utilisée pour 15 jours d'exploitation,
- . Le compactage des déchets est effectué avec des engins à chaînes (chargeur à chaînes, tracteur à chaînes, chargeur sur pneu à chaînes, engins à compression sur roues métalliques à chaînes).
- . Tous les six mois, une évaluation du tassement des déchets est réalisée.
- . Les déchets sont nivelés dès leur déversement sur le casier ou immédiatement après l'intervention des récupérateurs.

Ce nivellement mécanisé doit permettre une circulation plus aisée des engins sur les déchets et limiter la prolifération des animaux. Un second tassement de l'ordre de 20 à 30% se fait naturellement durant les 10 à 20 premières années de stockage des déchets.

Trop compacter les déchets dès le départ nuit au dégazage, lorsque les déchets contiennent Plus de 50% de matière organique. Il est recommandé d'assurer le nivellement à l'aide de pousseur sur chenilles larges (350g/cm²). Le nivellement respectera, dès la mise en service du casier, le plan d'exploitation et permettra d'atteindre la hauteur finale des déchets, majorée de 20% afin d'intégrer le tassement secondaire, le plus rapidement possible, au moins sur un des côtés du casier, de manière à initier sa réhabilitation (pose du géotextile anti-contaminant, des puits de dégazage et de la couverture finale et plantations) le plus rapidement possible (Benyoub, 2013).

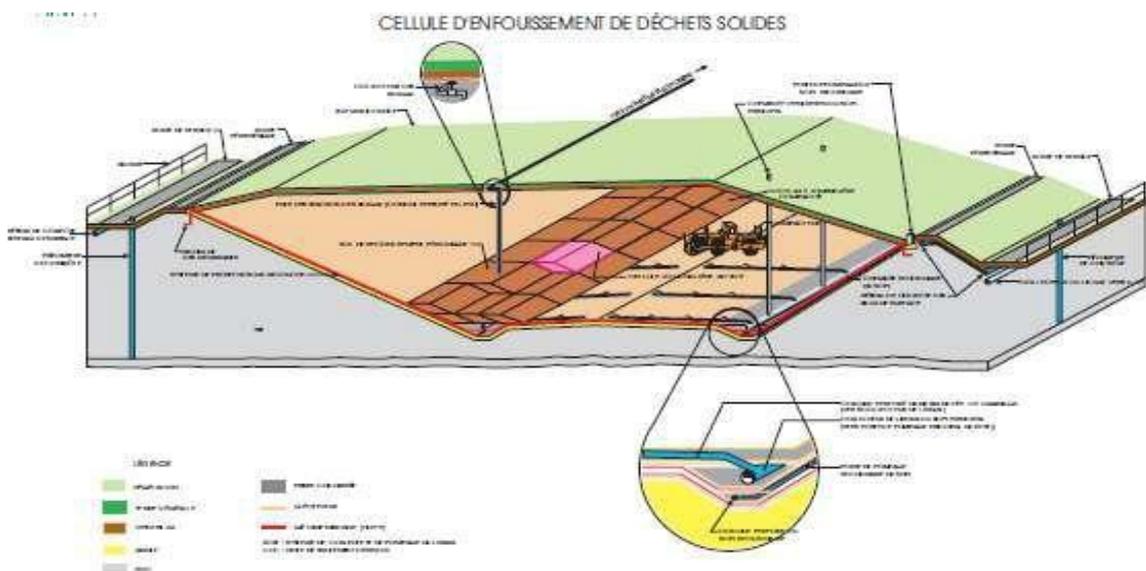


Fig. 2 : Cellule d'enfouissement technique (CINTEC Environnement Inc).

I.3.7 Avantages et Inconvénients du CET

Le CET présente des avantages et des inconvénients :

Avantages :

- Procédé de traitement des déchets autonome
- Grande souplesse d'adaptation aux quantités à traiter

- Coûts faibles
- Valorisation des terrains

Inconvénients :

- Choix d'un site convenable
- Nécessité d'une exploitation rigoureuse
- Solution temporaire (capacité du site).

I.3.8 Flux polluants générés par les CET**I.3.8.1 Le biogaz**

Le biogaz est une source d'énergie qui provient de la dégradation de la matière organique en l'absence d'oxygène. Ce phénomène naturel peut être observé dans les marais ou les décharges d'ordures ménagères. On peut le provoquer et l'intensifier en faisant la méthanisation en digesteurs (sorte de gros silos) où cette dégradation est contrôlée (**Mammeri, 2007**). Le biogaz est un mélange composé essentiellement de méthane et de dioxyde de carbone (le rapport CH_4/CO_2 est d'environ 60/40 en phase de méthanogènes) (**Chedebaf, 1999**). D'autres produits minoritaires sont également présents tels que le sulfure d'hydrogène, les mercaptans et des composés organiques volatils.

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 des nutriments et la présence d'inhibiteurs (**Chedebaf, 1999**).

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

I.3.8.2 Le lixiviat

Il résulte de la solubilisation de composés lors de la percolation non uniforme et intermittente de l'eau à travers la masse de déchets. La genèse du lixiviat est donc la conséquence de l'infiltration dans la masse de déchets d'eaux de pluie, d'eaux de ruissellement et d'eaux souterraines (dans le cas où les déchets sont enfouis sous la nappe phréatique), mais elle est aussi due, en plus faible partie, à la présence d'humidité dans les déchets au moment de leur enfouissement (**Chedebaf, 1999**).

1. Traitement du lixiviat

Des opérations d’entretien et de maintenance des dispositifs de gestion des eaux et des lixiviats seront assurées dans les bassins de décantation et de traitement. Les lixiviats après avoir été épurés par lagunage naturel sont collectés par un camion hydro cureur afin de les transférer vers une station d’épuration.



Fig. 3 : Station de traitement de lixiviat.

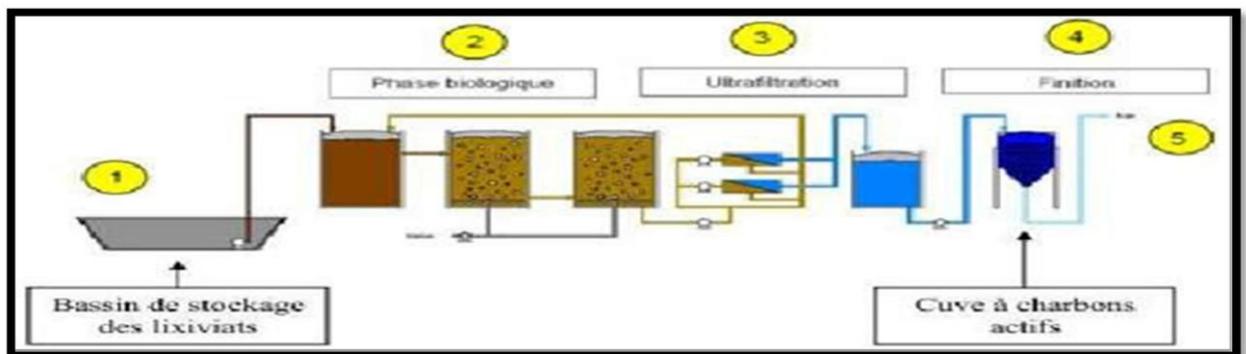


Fig. 4 : Traitement du lixiviat.

Les lixiviats sont pompés dans le bassin de stockage par une pompe immergée. La phase biologique consiste en une dégradation de la pollution des lixiviats par des bactéries. Les lixiviats ainsi débarrassés d’une partie de la pollution sont ensuite filtrés par un mécanisme d’ultrafiltration.

L’Ultrafiltration est une filtration d’une semi-membrane grâce à une différence de pression. Les particules en solution ou en suspension de haut poids moléculaire sont retenues tandis que l’eau et les molécules de faible poids moléculaire passent à travers la membrane.

Le traitement final s'effectue via une filtration avec du charbon actif qui est un matériau très poreux pour fixer la pollution. C'est une vraie « éponge à pollution ». Son action est complémentaire à l'ultrafiltration. Au final, l'effluent traité peut rejoindre, après contrôle, le milieu naturel (fig. 5).



Fig. 5 : traitement du lixiviat.

2. Techniques d'extraction et de destruction du biogaz

Le biogaz est tout d'abord aspiré au moyen d'un système d'extraction dont le débit fait l'objet d'une régulation qui conditionne le taux de captage et la qualité du gaz. Les gaz sont ensuite injectés dans une unité d'incinération qui a pour fonction de convertir les composés inflammables ou toxiques du gaz en composés inertes. Il s'agit principalement d'un système constitué par une torchère dont les performances sont liées à la température de la flamme et à la qualité de combustion. L'ensemble d'une installation type de collecte, transport et élimination du biogaz est représenté sur la figure n°6 (Gurdbirk, 2013).

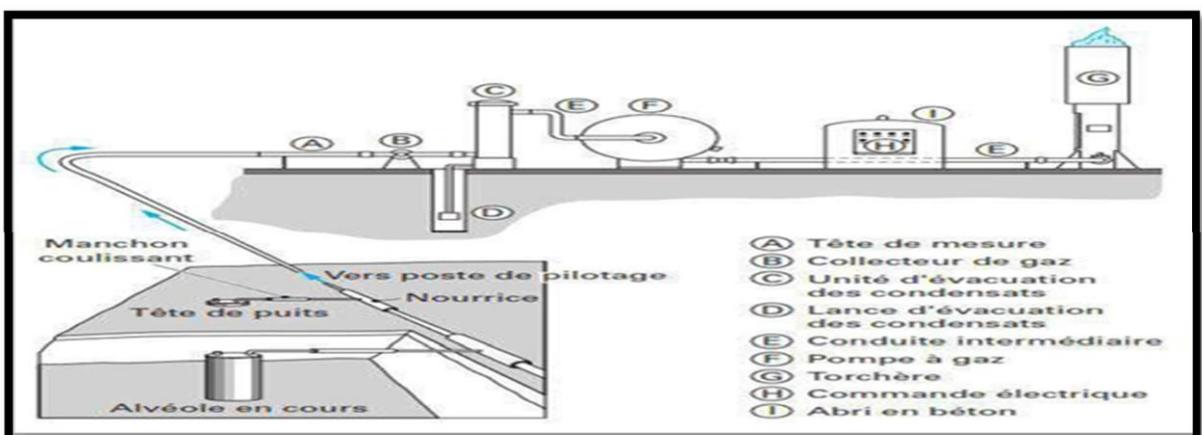


Fig. 6 : Installation type de collecte, transport et élimination du biogaz.

I.4 Le lixiviat du CET de HASSI-BOUNIF**I.4.1 Définition du lixiviat**

Lors de leur stockage et sous l'action conjuguée de l'eau de pluie et de la fermentation naturelle, les déchets produisent une fraction liquide appelée lixiviat. Riches en matière organique et en éléments traces ; ces lixiviats ne peuvent être rejetés directement dans le milieu naturel et doivent être soigneusement collectés et traités.

I.4.2 Origine et Production du lixiviat

Le lixiviat est un liquide qui dérive de l'infiltration de l'eau à travers les ordures ou de leur décomposition ; c'est le résultat de la compression progressive des ordures. Les décharges contrôlées des ordures solides urbaines produisent un lixiviat avec des agents polluants organiques et inorganiques causés par les processus biologiques et physico-chimiques dans les décharges.

Conformément à la loi, le lixiviat doit être capté et opportunément traité dans la même décharge ou transféré dans des installations spécialement conçues pour le traitement des eaux usées urbaines.

La production du lixiviat change en fonction de certains paramètres principaux. Avant tout il y a la météorologie de l'endroit où la décharge est située : la pluviosité, la température et le caractère venteux du site influencent les processus d'origine du lixiviat. Une grande quantité de pluie accroît les infiltrations des eaux dans la décharge en augmentant la production de lixiviat, par contre une température basse peut réduire les processus biologiques. On peut considérer d'autres facteurs : l'humidité et la compacité des ordures. Une forte teneur en eau augmente la production du lixiviat alors qu'un fort degré de compacité la réduira. Les facteurs de production du lixiviat peuvent être catalogués en contrôlables et incontrôlables. Incontrôlable est la production de lixiviat à travers la dégradation des ordures. La typologie de l'ordure et l'âge de la décharge sont seulement certains facteurs qui peuvent différencier la composition chimique du lixiviat. Habituellement, on évalue les caractéristiques du lixiviat par la mesure du pH, la demande biochimique en oxygène, la demande chimique en oxygène et la teneur en métaux. Dans les décharges contrôlées pour les ordures urbaines on distingue une première phase caractérisée par une production de lixiviat acide avec un pH (4,5 et 7,5) qui transforme le métal en solution avec de l'eau ; dans une deuxième phase, par contre, le pH monte jusqu'au

7,5 - 9 et la concentration du métal chute. Ses propriétés organoleptiques sont : la couleur brune en fonction de la concentration, la consistance visqueuse et l'odeur désagréable.

La production des lixiviats varie en fonction de :

1. La quantité de précipitation du lieu d'implantation du site d'enfouissement.
2. La surface au sol, en effet pour le même tonnage un site étendu produira plus qu'un site avec une hauteur de déchet plus importante.
3. La forme du site, celle-ci doit permettre le ruissellement des eaux (**Daikh, 2016**).

I.4.3 Types de lixiviat des décharges

Suivant le stade d'évolution biologique des déchets, trois types de lixiviats sont distingués (**tab. 9**).

I.4.3.1 Lixiviat jeune

Ces lixiviats se caractérisent par une charge organique élevée relativement biodégradable (seuil de biodégradabilité $DBO_5/DCO > 0,3$) constituée principalement d'acides gras volatils. Ces lixiviats peuvent être chargés en métaux (jusqu'à 2 g/L) du fait de leur pH relativement bas ($< 6,5$) ; Ils correspondent aux premières phases non méthanogènes de l'évolution d'une décharge (**Glandier, 2002**).

I.4.3.2 Lixiviat intermédiaire

C'est une phase de transition entre le lixiviat jeune et le lixiviat stabilisé. Le pH s'approche généralement de la neutralité et la charge organique est nettement plus faible que celle du jeune (entre 3000 et 15000 mg/L). Le rapport DBO_5/DCO avoisine les 0,2. Le pourcentage en acides carboxyliques est faible (20 à 30%). Ce genre de lixiviat est faiblement biodégradable et c'est plutôt les procédés physico-chimiques qui sont préconisés pour son traitement (**Goplan, 2006**).

I.4.3.3 Lixiviat stabilisé (ou lixiviat vieux)

La DCO ne dépasse pas les 2000 mg/L et le pH est légèrement basique (7,5 à 8,5), les acides carboxyliques et les métaux n'existent presque pas dans ces eaux, mais la teneur des composés à haut poids moléculaire est importante (**Goplan, 2006**).

Tab. 9 : Classement des lixiviats selon l'âge de la décharge (Berthe, 2006).

	Lixiviat jeune	Lixiviat Intermédiaire	Lixiviat stabilisé
Age de la décharge	< 5 ans	5 à 10 ans	> à 10 ans
pH	< 7	= 7	> 7
DCO (gO₂.L-1)	> 20	3 à 15	<2
Biodégradabilité (DBO₅/DCO)	Moyenne > 0.3	Assez faible 0,1 à 0,3	Très faible < 0,1
Concentrations en acides organiques	Forte > 80% du COD	Moyenne 20 à 30% du COD	Nulle
Charge organique	Prédominance des acides gras volatils (AGV) 80%	Réduction des acides gras volatils (5 à 30 %) + acides humiques et fulviques	Prédominance des Macromolécules
Profil en GLC (chromatographie liquide sur gel)	Rareté des composés de haut poids moléculaire (PM)	Mélange de composés organiques de PM >500Da et de faible PM	Prédominance Composés organiques de PM élevés (>5000Da)
Métaux lourds	< 2.000 mg.L-1	-	< 50 mg.L-1

Ainsi, la période de 30 ans prescrite par la réglementation permet d'assurer largement la collecte et le traitement des lixiviats les plus chargés. Hormis, l'évolution dans le temps, la composition des lixiviats dépend évidemment de la nature des déchets enfouis, la présence ou l'absence de matière organique fermentescible étant prépondérante. Enfin, les conditions climatiques conjuguées au mode d'exploitation du site jouent sur les quantités de lixiviat produites et donc à fortiori sur leur qualité (Glandier, 2002).

I.4.4 Composition du 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. Malgré sa complexité, quatre groupes de polluants caractérisent le lixiviat : la matière organique dissoute, les composés organiques anthropiques (hydrocarbures aromatiques, phénols, composés aliphatiques chlorés...), les composés minéraux majeurs : Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, NH₄⁺, Fe²⁺, Mn²⁺ ..., et les métaux lourds (Zn, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb...) à l'état de traces (Berthe, 2006).

Les principales mesures caractérisant un lixiviat sont : la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande Biologique en Oxygène durant 5 jours (DBO₅), le Carbone Organique Dissous (COD), l'azote (NTK), le pH, la conductivité, les métaux, etc.... (Berthe, 2006).

I.4.5 Modes de traitement du lixiviat

I.4.5.1 Traitement physico-chimique

I.4.5.1.1 Traitement par filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. L'eau est passée à travers un filtre qui intercepte les petites particules. La filtration peut être accomplie comme traitement tertiaire d'une eau brute, comme traitement secondaire d'une eau usée ou comme unique traitement si on parle d'une filtration transmembranaire.

I.4.5.1.2 Traitement par coagulation-floculation

L'opération de coagulation-floculation a donc pour but la croissance des particules (essentiellement colloïdales) par déstabilisation des particules en suspension puis formation de flocons par agrégation. Les flocons ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite (Fig.7).

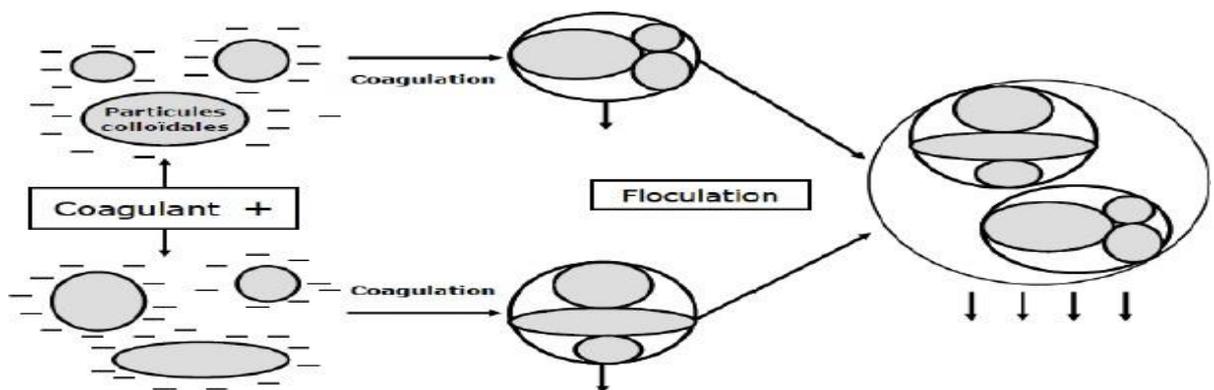


Fig.7 : Coagulation / Floculation (Renou et al., 2008).

Certains paramètres influencent la coagulation-floculation :

-Le pH :

Le pH est un des paramètres les plus influents dans le procédé de coagulation et la floculation ; il a également une forte influence sur la spéciation du fer, intervenant dans son hydrolyse en $Fe(OH)^{2+}$, $Fe(OH)^+$, $Fe_2(OH)_2^{2+}$, $Fe_3(OH)_3^{3+}$ et $Fe(OH)_3$. En 1992

Lefebvre, affirme que l'élimination de la matière organique par coagulation/floculation est optimale entre pH 4,5 et 5,5, par contre il est très difficile d'obtenir tel acidité dans l'échelle industrielle. En **2011**, **Bouazza** donne un pH optimum de 7,6 pour l'élimination de MES et de la turbidité, au même temps que **Saeedi**, en **2007**, présente un pH supérieur à 8 pour obtenir au moins 50% d'abattement. Quand il s'agit de la concentration de fer dissous dans l'eau traité, **Lefebvre (1992)** a également montré qu'un pH proche de 6,5 est l'idéal pour une concentration de fer résiduel faible.

- La température

La température influe principalement sur la viscosité de la solution. On observe que quel que soit la dose de coagulant injecté, une température trop basse (15°C) ou une température trop élevée (35°C) ne sont pas adaptées pour réduire au maximum la concentration en matière en suspension (MES). Il est donc possible de déterminer une température optimale.

L'effet sur le fer résiduel est également présent avec une solubilité des coagulants plus faible à basse température. On estime que le pH optimal de coagulation/floculation augmente de 0,4 lorsque la température passe de 20 à 4°C par diminution du produit ionique de l'eau (**Bouazza, 2011**).

- La nature et la dose du coagulant

Les caractéristiques des colloïdes en ce qui concerne la charge et la capacité d'interaction avec d'autres particules similaires (électronégativité) jouent un rôle très important dans la coagulation.

Bien que la dose de coagulant soit le paramètre avec un effet positif sur l'efficacité de la coagulation, il est aussi le principal responsable pour la présence de fer résiduel dans l'eau traitée. D'après **Saeedi (2007)**, l'élimination de MES et de la turbidité diminue lors de 70 mg/L de dose de coagulant, mais une concentration inférieure à 20 mg/L n'entraîne pas à un abattement satisfaisant. En **2008**, **Pallier**, propose un optimum entre 30 et 50 mg/L.

I.4.5.1.3 Traitement par Osmose Inverse (OI)

L'Osmose Inverse est un traitement physico-chimique alternatif pour le lixiviat stabilisé. Dans l'application d'OI, n'importe quel liquide qui contient des cations en métal peut passer par une membrane de telle manière que les concentrations en métal soient

réduites. Avec le taux de rejet 98- 99% pour les contaminants organiques et inorganiques, l'osmose inverse peut être utilisée pour le déplacement des métaux lourds, des matériaux en suspension colloïdale et des solides dissous du lixiviat de décharge. Elle utilise les propriétés de membranes semi-perméables à travers lesquelles l'eau migre, alors que tous les solutés sont rejetés, à l'exception de quelques molécules organiques très voisines de l'eau (faible masse molaire, forte polarité). L'eau traitée par osmose inverse est exempte de bactéries et de quelques virus (Sardi, 2014).

I.4.5.1.4 Traitement par Décantation

La décantation se fait par ajout de réactif chimique ou flocculant (sulfate d'alumine) qui entraîne la formation de précipités insolubles ou floccs, constitués de particules chargées positivement qui en se déposant entraînent toutes les substances organiques de l'eau. Cette étape peut éliminer jusqu'à 99% des bactéries présentes (Cherif, 2006).

I.4.5.2 Traitement biologique

I.4.5.2.1 Traitement par lagunage

L'effluent prétraité séjourne pendant une durée allant de plusieurs semaines à plusieurs mois, dans des bassins peu profonds mais de grande surface. L'épuration biologique est assurée par les microorganismes se développant dans le milieu grâce à l'oxygène de la photosynthèse des algues (lagunage naturel). Ce procédé permet également la stabilité des boues produites. En raison de sa simplicité d'exploitation et de son efficacité, cette technique connaît un essor important dans les pays en voie de développement et également en Europe, pour le traitement des eaux usées des communes rurales.

I.4.5.2.2 Traitement par boue activée

Le processus d'épuration par boues activées est le plus répandu. Son développement est dû à ses excellentes performances de dépollution (rendement supérieur à 95%) par rapport aux autres procédés existants. Ce procédé peut être difficile à maîtriser notamment pour le traitement de l'azote et du phosphore ou en cas de variations importantes des flux à traiter (Attab, 2011). Son traitement comporte deux phases :

- Contact de la biomasse et de l'eau usée dans un réacteur.
- Séparation des solides de la phase liquide épurée par décantation.

I.4.5.3 Traitement thermique

Le traitement thermique est effectué à l'aide de l'évaporateur réalisant un changement de phase du liquide au gazeux. L'évaporateur possède deux plaques de fer fixes qui se réchauffent par le brûleur pour donner la chaleur au liquide. Le liquide est homogénéisé par une pompe qui laisse le liquide circuler dans l'évaporateur. Le traitement thermique est utilisé de temps en temps dans la décharge pour traiter les lixiviats. Il n'est pas accrédité par la décharge car il ne permet pas de traiter toutes les quantités de lixiviats produites par la décharge chaque jour.

I.4.5.4 Traitement membranaire**- La nanofiltration**

La nanofiltration a montré ses preuves dans l'élimination des composés organiques récalcitrants et des métaux lourds provenant des lixiviats. Ce procédé a la capacité d'éliminer les particules d'un poids moléculaire supérieur à 300 Da ainsi que les substances inorganiques par le biais des interactions électrostatiques entre les ions et les membranes. Toutefois, la réussite de la technologie des membranes nécessite un bon contrôle contre le colmatage. En effet, lors du traitement des lixiviats, les composés présents dans la matrice comme la matière organique et inorganique dissoute et les particules en suspension peuvent colmater la membrane

- L'osmose inverse

L'osmose inverse semble être l'une des méthodes les plus prometteuses dans le traitement des lixiviats. En effet, plusieurs études ont montré l'efficacité de ce procédé dans l'élimination des contaminants présents dans les lixiviats. Les taux d'abattement de la DCO et des métaux lourds sont respectivement supérieurs à 98 et 99%. En dépit de ses avantages, l'osmose inverse présente plusieurs inconvénients qui sont : la faible rétention des petites molécules qui passent à travers la membrane et la possibilité de dépôt de substances dissoutes ou en suspension à la surface externe de la membrane. A cela s'ajoute sa forte consommation d'énergie.

I.4.6 Risques sanitaires liés aux fuites de lixiviat du CET

Une grande partie des informations est issue des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances dangereuses établies par l'INERIS, consultables sur leur site internet (**tab. 10**).

Tab. 10 : Principales voies d'exposition aux contaminants et leurs organes cibles (GLANDIER, 2002).

Contaminants	Principales voies d'exposition	Principaux organes cibles
Benzène	Orale, inhalation	Moelle épinière
Chlorure de vinyle	Orale, inhalation	Système nerveux central, Foie
Tétrachloroéthylène	Orale, inhalation	Système nerveux central
Tétrachlorure de carbone	Orale, inhalation	Système nerveux central, Foie
Toluène	Orale, inhalation	Système nerveux, tissus adipeux
Trichloréthylène	Orale	Foie, poumons, cœur
Arsenic	Orale	Appareil digestif
Cadmium	Orale	Reins, poumons, Tissu osseux
Chrome	Orale, inhalation	Appareil digestif et respiratoire
Nickel	Orale, inhalation	Appareil digestif et respiratoire
Plomb	Orale	Appareil digestif, neurologique, Os
Zinc	Orale	Muqueuses gastro-intestinales

Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

La relation dose-réponse, spécifique d'une voie d'exposition, établit un lien entre la dose de substance mise en contact avec l'organisme et l'occurrence d'un effet toxique jugé critique. Cette fonction est synthétisée par une entité numérique, appelée valeur toxicologique de référence (VTR). Deux catégories de relation dose-réponse sont considérées en évaluation des risques, selon le mécanisme de survenue des effets toxiques.

I.4.6.1 Effets toxiques avec seuils (déterministes)

Ce sont des effets non cancérogènes, non mutagènes, non génotoxiques, dont la gravité est proportionnelle à la dose. Les effets ne surviennent que si une certaine dose est atteinte et dépasse les capacités de détoxification, de réparation de l'organisme. Ces VTR sont définies pour un temps d'exposition donné : aigue (quelques heures à quelques jours), subchronique (quelques jours à quelques mois) ou chronique (une ou plusieurs années).

I.4.6.2 Effets toxiques sans seuil (stochastiques)

Il s'agit des effets cancérogènes génotoxiques, pour lesquels la fréquence mais non la gravité, est proportionnelle à la dose. Ces effets réputés sans seuils pourraient apparaître quel que soit la dose reçue par l'organisme.

La VTR est un excès de risque unitaire (ERU) de cancer. Elle est spécifique d'une voie d'exposition et d'un effet. L'ERU est la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non-exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose du composé chimique cancérogène. Pour la voie orale (et cutanée), l'ERU est l'inverse d'une dose et s'exprime en $(\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{j})^{-1}$. Elle fournit la probabilité individuelle, théorique, de contracter un cancer pour une exposition vie-entière égale à 1 mg/kg.j de produit toxique. Pour la voie respiratoire, l'ERU est l'inverse d'une concentration dans l'air, exprimée en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.

Le **tableau n°11** montre que les cases non renseignées signifient que le polluant n'a pas d'effet toxique par cette voie d'exposition, ou que cette valeur n'a pas pu être mis en évidence, ou qu'il manque des informations pour en déduire une valeur toxicologique pour l'Homme (*) (**Glandier, 2002**).

I.4.7 Impact du lixiviat sur l'environnement**I.4.7.1 Impact du lixiviat sur l'air**

Les biogaz proviennent de la décomposition anaérobie des matières organiques par divers microorganismes ; cette décomposition forme diverses substances organiques volatiles, principalement le méthane (CH_4) et le dioxyde de carbone (CO_2). Le déplacement du biogaz dans le sol est également un phénomène complexe, le méthane (CH_4) contenu dans les biogaz étant plus léger que l'air, a naturellement tendance à migrer verticalement vers la surface du sol et se dissiper dans l'atmosphère (**Neggaz et Ghennai, 2015**).

I.4.7.2 Impact du lixiviat sur le sol

La quantité de polluants qui peut atteindre la nappe phréatique dépend de la quantité de contaminants s'échappant de la décharge, et également du comportement des substances organiques ou minérales à travers des couches sableuses et de l'argile.

Tab. 11 : Valeurs toxicologiques de référence des substances sélectionnées pour l'évaluation des risques.

	VTR ingestion mg/kg/jr	ERU ingestion (mg/kg/jr)⁻¹	VTR inhalation mg/m³	ERU inhalation (mg/m³)⁻¹
Cancérogène				
Arsenic	3.00E-04	1.50E+00	-	4.30E+00
Benzène	-	5.50E-02	-	1.50E+01
Chlorure de vinyle	2.00E-05	7.20E-01	1.00E-01	4.40E-06
Chrome VI	3.00E-03	-	3.00E-04	1.20E-02
Nickel	8.00E-03	-	2.00E-04	-
Cancérogène probable				
Cadmium	2.00E-04	-	-	1.80E-03
Plomb	3.50E-03	-	-	-
Trichloroéthylène	2.38E-02	-	*	-
Tétrachloroéthylène	1.00E-02	-	2.80E-01	-
Tétrachlorure de carbone	7.00E-04	1.30E-01		1.50E-02
Toxique				
Toluène	2.00E-01	-	4.00E-01	-
Zinc	3.00E-01	-	-	-

Des essais en laboratoire ont montré que dans l'argile, l'absorption est importante. Cela signifie qu'une quantité considérable de substance chimique peut se fixer sur la matrice poreuse du sol, à titre d'exemple : les éléments Ca²⁺, Mg²⁺, Pb²⁺ sont les plus retenus par la phase solide. L'infiltration d'un liquide ne dépend pas seulement du type de sol mais dépend aussi du type de liquides et les éléments chimiques qu'il contient. Les résultats d'essais d'infiltration dans l'argile du Gault montrent que les paramètres de transport sont influencés par le type du liquide infiltré. Les valeurs de la diffusivité et la conductivité hydraulique dans la colonne où s'infiltré le lixiviat sont supérieures aux celles mesurées dans la colonne où s'infiltré l'eau (Sardi, 2014).

L'impact des lixiviats sur le sol se traduit par la réduction du temps de transit et de la teneur en eau d'équilibre. L'étude de la diffusion du lixiviat montre que la migration des ions se fait dans les deux directions, du lixiviat vers le sol qui lui provoque une pollution, et du sol vers le lixiviat qui provoque un appauvrissement en ions, la migration étant liés à la capacité d'échange d'ions (Ait Gherbi, 2009).

I.4.7.3 Impact du lixiviat sur les eaux de surface et sur les eaux souterraines

La détérioration de la qualité des ressources en eau constitue une menace aussi importante que celle liée à l'accentuation du déficit hydrique ; les eaux de surface sont menacées du phénomène eutrophisation, les cours d'eaux demeurent à leur tour le récepteur de rejets polluants de nature diverses. Les eaux souterraines, autrefois de bonne qualité, se trouvent actuellement menacées par diverses sources de pollution ponctuelle. La percolation de lixiviat des déchets constitue, une source (ou un vecteur) de pollution des ressources en eaux souterraines par infiltration et superficielle par ruissellement pluvial.

I.5 Traitement et valorisation des déchets

I.5.1 Traitement pour l'élimination

I.5.1.1 Traitement pour la mise en enfouissement

La mise en décharge contrôlée des déchets urbains est une méthode de gestion des déchets dans toutes les situations concernant d'importants tonnages car elle est choisie pour sa facilité et son faible coût (Miquel, 1998).

Actuellement la décharge contrôlée est nommée Centre d'Enfouissement Technique (installation classée pour la protection de l'environnement) afin que les déchets soient stockés sans polluer le sol. Les centres d'enfouissement technique (CET) sont divisés en trois catégories (ou classes) selon la nature des déchets qu'ils accueillent :

-Classe I réservée aux déchets dits " spéciaux ou toxiques" : qui accueille des déchets spécifiques de l'activité industrielle contenant des éléments polluants à concentration plus au moins forte,

-Classe II réservée aux déchets dits" ménagers et assimilés" : qui accueille des ordures ménagères et déchets industriels assimilables,

-Classe III réservée aux déchets dits " inertes " : gravats.

I.5.1.2 Traitement par lagunage

Différents déchets urbains prennent naissance sous une forme très liquide, comme par exemple les boues d'épuration des installations de traitement des eaux usées ou des systèmes de drainage de l'industrie alimentaire. Ils ne peuvent pas être stockés dans les décharges sous cette forme liquide.

Si aucun appareil de drainage, comme par exemple les presses à filtres, n'est disponible, il est nécessaire de procéder aux traitements des boues dans des bassins ou lits de séchage où a lieu un traitement physico- biologique. La quantité d'eau est réduite par évaporation et par un processus biologique, jusqu'à ce que les boues deviennent fermes pour être déposées dans les décharges (MATE, 2003).

I.5.1.3 Incinération

De tous les temps, le feu a été vénéré pour sa fonction purificatrice. Dans ce contexte, le traitement des déchets par le feu se situe bien dans une lignée écologique. L'incinération, comme moyen de traitement des déchets, a été envisagée dès que la technique des fours fut suffisamment élaborée pour pouvoir prendre en charge ce combustible assez particulier. Par ailleurs, l'incinération est le traitement le plus efficace puisqu'elle permet d'atteindre le taux le plus élevé de compression des substances à éliminer et de réduire la pollution des sols et des eaux.

L'incinération, qui est une oxydation énergique et par conséquent représente un excellent procédé de réduction du potentiel nocif des déchets. Pour les déchets combustibles, l'incinération offre des avantages par rapport aux autres procédés : elle permet une récupération de l'énergie des déchets, elle conduit à une réduction importante du poids et du volume, puisque les cendres et mâchefers représentent environ 10% du volume et 20% à 30% du poids des ordures ménagères. Et par la destruction des bactéries et des virus, elle élimine la contamination microbienne et c'est pour cette raison qu'elle reste la solution à envisager pour les déchets hospitaliers infectieux (MATE, 2003).

I.5.2 Traitement pour la valorisation**I.5.2.1 La valorisation matérielle**

C'est toute opération ayant pour objet la récupération de produits ou de matières à partir des déchets. Elle nécessite des efforts importants de sélection et de traitement. Quelques exemples pratiques de la valorisation matérielle :

-Déchets plastiques

Sont broyés, lavés et séparés selon chaque type et régénérés dans des extrudeuses en granulés qui seront utilisés comme matière première dans l'industrie du plastique.

-Recyclage des déchets de construction et de démolition

Ces déchets représentent, de par leur volume, un des plus grands groupes de déchets. Leur valorisation réduit d'une manière significative la quantité de déchets. Dans ce cas, un tri minimum est recommandé en déchets de construction mélangés, déchets à problèmes, déchets minéraux et en déblais d'excavation. Ces derniers et les déchets minéraux peuvent être facilement utilisés dans la construction des routes, des décharges, des digues, etc. Des stations de concassages mobiles ou fixes sont nécessaires à cet effet.

-Recyclage de papier et carton

Le vieux papier est nettoyé pour enlever les couleurs et les salissures ainsi que les agrafes et autres objets étrangers. Lors de la fabrication du papier, 50% en moyenne de la matière première utilisée est du vieux papier, un peu moins pour le papier de qualité supérieure et un peu plus pour le carton et le papier journal. Le vieux papier est commercialisé et possède ses propres cotations sur le marché mondial (Miquel, 1998).

-Recyclage du verre

Dans l'industrie du verre, les matières de base (le sable, la soude et la chaux) consomment une grande quantité d'énergie lors de la fusion. En revanche, lors de la fusion du verre récupéré, les besoins en énergie sont moindres : le verre est broyé et séparé des morceaux de métaux, puis les corps étrangers sont triés et enlevés, le verre récupéré est alors rajouté à la matière première pour fusion. De nouvelles bouteilles peuvent être ainsi produites (Miquel, 1998).

I.5.2.2 Valorisation énergétique

La valorisation énergétique ne signifie pas l'élimination des déchets ultimes par incinération mais la valorisation des différents composants des déchets par l'exploitation de leur potentiel énergétique.

La valorisation matérielle se situe en première position, mais si on examine tous les facteurs, on trouve que dans certains cas, la valorisation énergétique est la solution la plus

judicieuse. Par exemple, le traitement des déchets en matières plastiques exige de grands besoins en énergie. Nous donnons quelques exemples de la valorisation énergétique :

- ✓ Incinération de pneus usagés dans les cimenteries. Les pneus sont broyés et les petits morceaux qui en résultent sont rajoutés, dans les fours, à la matière première. D'autres déchets, homogènes et possédant un potentiel énergétique important, pourraient être, de la même manière, valorisés,
- ✓ Utilisation du plastique récupéré comme combustible dans la production d'acier et dans les fours de fusion.
- ✓ Valorisation des déchets homogènes au potentiel énergétique important lors de la fabrication de briques cuites pour la construction. Les déchets sont mélangés à la matière première et libèrent leur potentiel énergétique dans les fours.

I.5.2.3 Traitement biologique

-La méthanisation

C'est la production d'un gaz à haute teneur en méthane qui provient de la décomposition biologique des matières organiques. La production industrielle de biogaz consiste à stocker la matière organique dans une cuve hermétique ou " digesteur " (ou " méthaniseur "), dans laquelle les matières organiques sont soumises à l'action des bactéries. Un brassage des matières, éventuellement un apport d'eau, mais surtout un chauffage, accélèrent la fermentation et la production de gaz qui dure environ deux semaines (**tab. 12**). La production peut alors être de 500 m³ de gaz par tonne de déchets :

-Les biogaz des unités spécifiques de méthanisation liée au compostage. Normalement, il n'y a pas de biogaz en cas de compostage, puisque ce dernier nécessite, au contraire de la méthanisation, un traitement avec apport d'air. Mais il existe aujourd'hui des procédés mixtes qui permettent de produire à la fois de l'amendement organique et du biogaz.

- Le biogaz de décharge. Les décharges produisent spontanément du biogaz car les déchets fermentescibles y sont régulièrement déposés, l'émission peut durer plusieurs dizaines d'années, d'abord à un rythme croissant, puis décroissant.

Tab. 12 : Composition du biogaz (Miquel, 1998).

Composant	Taux (%)
Méthane (CH ₄)	45 à 65
Gaz carbonique (CO ₂)	25 à 45
Eau (H ₂ O)	06
Oxygène (O ₂)	/
Hydrogène sulfuré (H ₂ S)	Traces
Organo-halogénés (chlore, fluor)	/
Métaux lourds	/

-Le compostage

Le compostage est un processus naturel de dégradation ou décomposition de la matière organique par les micro-organismes dans les conditions aérobies. Les matières premières organiques, telles que les résidus de culture, les déchets alimentaires, restes des animaux, certains déchets urbains et les déchets industriels appropriés peuvent être appliquées aux sols en tant que fertilisant, une fois le processus de compostage terminé (Misra et *al.* 2005). Le but des méthodes de compostage est d'optimiser les techniques afin que les différentes vagues de micro-organismes se développent dans les conditions favorables et dans des délais raisonnables (Ouahrani, 2003).

-Lombri-compostage

Le lombri-compostage est un procédé de bio-oxydation et stabilisation de la matière organique grâce à l'action combinée des microorganismes et des lombriciens ; il donne un compost qui ne requiert pas de phase thermophile caractéristique de compostage. Ce compost appelé lombricompostage est de haute qualité notamment en raison de son excellente structure granulaire (Saint-pierre et *al.*, 1990).

Conclusion

Le problème des déchets est devenu le souci majeur de tous les pays dont la gestion reste complexe : les installations de traitement arrivent à saturation, leur incinération, leur stockage ou leur traitement participent à la pollution atmosphérique, des sols et de l'eau et émettent des gaz à effet de serre (GES).

En Algérie, ce problème se pose encore avec acuité. Les pouvoirs publics, conscients que cette activité recèle de nombreuses opportunités socio-économiques, ont montré leur volonté de doter le pays d'un système de gestion sain et performant. Pour améliorer la gestion des déchets ménagers les autorités, notamment le ministère de

l'Environnement et de l'Aménagement du territoire, ont initié un programme national de gestion des déchets solides municipaux (PROGDEM). Cette démarche s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre de la politique environnementale. Ce programme national vise à éradiquer les pratiques de décharges sauvages, à organiser la collecte, le transport et l'élimination des déchets solides municipaux dans des conditions garantissant la protection de l'environnement et la préservation de l'hygiène du milieu par notamment la réalisation, l'aménagement et l'équipement des centres d'enfouissement technique (CET) dans l'ensemble des wilayas.

L'enfouissement technique reste un mode important d'élimination des déchets. Un centre d'enfouissement technique doit permettre non seulement une gestion efficace des déchets mais aussi le traitement après drainage et récupération des deux effluents que sont les biogaz et les lixiviats.

Les eaux météoriques, en percolant à travers les déchets, s'enrichissent en divers polluants avant de devenir des eaux usées appelées lixiviats ou jus de décharge. La qualité physico-chimique de ces effluents est non seulement très diverse mais aussi variable dans le temps (pour un même site) et dans l'espace (d'un site à un autre).



Chapitre II
Caractérisation
physicochimique du lixiviat



Introduction

Le souci majeur engendré par les CET est celui des liquides formés lors de la percolation des eaux pluviales avec les déchets en pleine décomposition : les lixiviats ces derniers se chargent au fil du temps en matières organiques et en métaux lourds extrêmement toxiques. Cela montre la nécessité de leur traitement avant de les rejeter dans l'écosystème.

Les principales analyses effectuées sur le lixiviat sont : la température, pH, Conductivité électrique (CE), la demande biologique en oxygène durant 5 jours (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO), l'oxygène dissous O₂, l'azote totale (Nt), les métaux lourds et les matières en suspension (MES).

II.1 Présentation du CET de Hassi-Bounif**II.1.1 Situation géographique d'Oran**

Oran est une ville portuaire de la Méditerranée, située au nord-ouest de l'Algérie, à 432 km de la capitale Alger. La wilaya d'Oran est délimitée territorialement comme suit :

- Au Nord par la mer Méditerranée.
- Au Sud-est par la wilaya de Mascara.
- A l'Ouest par la wilaya d'Ain Témouchent.
- A l'Est par la wilaya de Mostaganem.
- Au Sud par la wilaya de Sidi Bel Abbés.

La wilaya d'Oran s'étend sur une superficie de 2114 000Km². La population totale de la wilaya est de 1 577 556 habitants, soit une densité de 746 habitants par Km². Oran bénéficie d'un climat méditerranéen sec classique marqué par une sécheresse estivale, des hivers doux. Pendant les mois d'été, les précipitations deviennent rares voire inexistantes, et le ciel est lumineux et dégagé. En revanche la région est bien arrosée pendant l'hiver.

Les faibles précipitations (420 mm de pluie) et leur fréquence (72,9 jours par an) sont aussi caractéristiques de ce climat. (ANDI, 2013).

II.1.2 Situation géographique de la commune de Hassi Bounif

Le centre d'enfouissement technique se trouve dans la commune de Hassi-Bounif, Daïra Bir El-Djir, localisé à environ 11 km à l'Est de la ville d'Oran. Il longe la route nationale RN 11 Oran/Arzew. Il est limité au Nord et au Nord-Ouest, par l'agglomération

de Hassi-Ameur, à l'Est, par les agglomérations de Douar Kharrouba., latitude : 35°40'45 ,4"N et longitude : 0°26'47,8"W (Khalfallah et *al.*, 2019). Cette commune s'étend sur 31,77 km² et compte 70 852 habitants.

II.1.3 Le CET de Hassi Bounif

Le site retenu pour l'aménagement du C.E.T se trouve dans la partie Sud- Ouest de la montagne des « plâtrières », à 20 km de la ville d'Oran, dans la commune de Hassi-Bounif – Daïra de Bir El Djir. Ce site est entouré par des terrains occupés par des formations forestières dégradées et défrichées depuis 1995, pour être transformés en terrain d'oliviers.

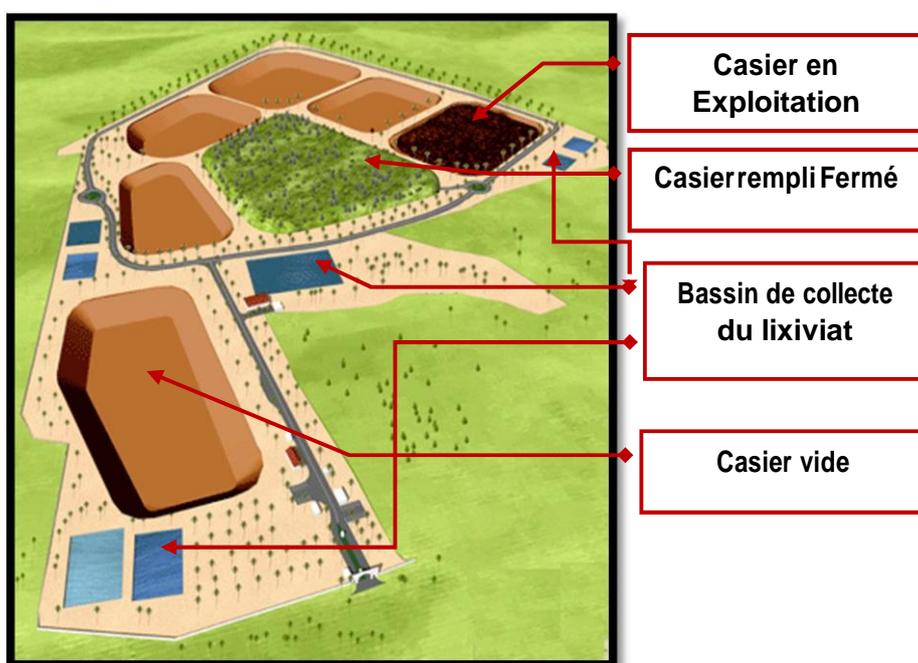


Fig. 8 : Vue générale du C.E.T de Hassi-Bounif (RAHMANI,2014)

Le C.E.T couvre une superficie de 85 hectares, il dessert une population de près de 1,3 millions d'habitants, soit 09 communes du centre et de l'est de la wilaya d'Oran. La quantité de déchets réceptionnée en 2013 s'élève à 436 604 tonnes, soit un tonnage journalier de 1200 tonnes/jour, avec une capacité totale de 12.1 millions de m³. Le C.E.T de Hassi-Bounif est composé de 07 casiers d'environ 5 hectares chacun, à l'exception du premier casier qui se trouve en exploitation avec une superficie de 12 hectares et d'une capacité de 1,2 million de m³.

La durée de vie du C.E.T est estimée à 20 ans et le système de traitement des lixiviats se fait par lagunage et évaporation. Le bassin de collecte de lixiviats couvre une superficie de 3035 m², les eaux de ruissèlement sont récupérées dans un bassin en terre de 1421 m².

Le C.E.T de Hassi-Bounif a été mis en exploitation le 02 mai 2012. Le plan de situation du C.E.T est donné par la (fig. 9) où on voit que le C.E.T dessert immédiatement 04 localités importantes que sont Hassi-Bounif, Hassi-Ameur, Ben Freha et Boufatis.

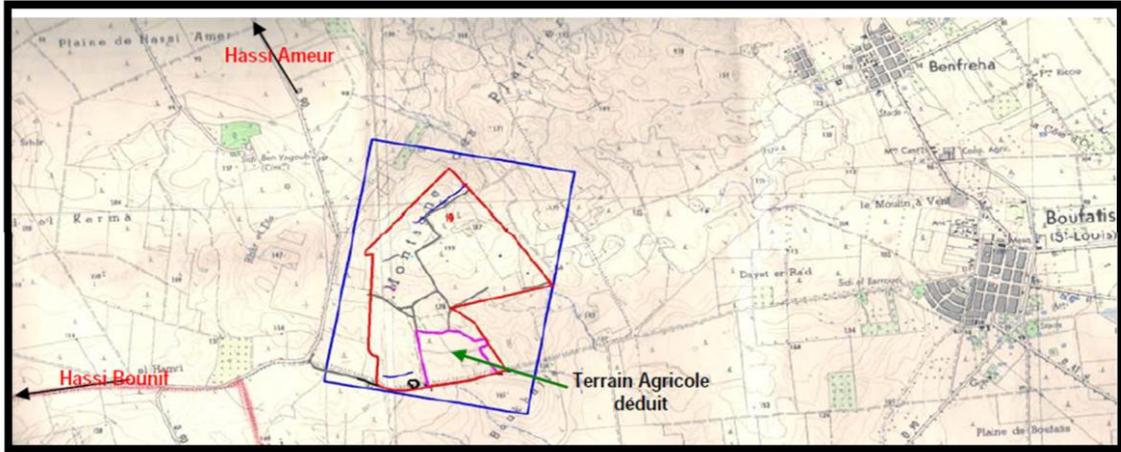


Fig. 9 : Plan de situation du C.E.T la Plâtrière (Hassi-Bounif).

L'accès au site se fait par une route construite pour le projet de C.E.T et reliant ce dernier aux localités limitrophes sans avoir à les traverser. Les conditions géotechniques du site du projet se caractérisent par une succession de couches de marne et de grès sous un encroûtement calcaire. L'ensemble est couvert par une couche de terre végétale. Le terrain est considéré hors nappe. Les terrains sont compacts dotés d'une bonne résistance et d'une compressibilité très faible.



Fig. 10 : Vue externe du CET de Hassi-Bounif.

II.2 Caractéristiques techniques du CET

II.2.1 Description du site

-La superficie du site destiné pour accueillir le CET : une superficie de 89 ha
 -Les données météorologiques du site : Hassi-Bounif est une commune de la Daïra de Bir El Jir et près de Es Seina, donc pour les données de Précipitations et de température on a pris celle de Bir El Jir et pour les données du vent on a pris celle de Es Seina, et pour l’humidité on a pris de Oran.

II.2.2 Précipitations

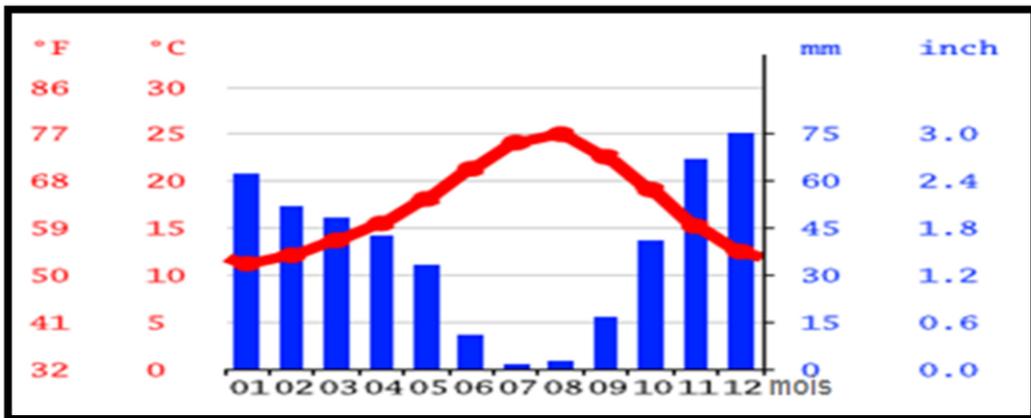


Fig. 11: Diagramme Ombrothermique Bir El-Jir (climate-data)

Les précipitations moyennes annuelles sont de 384mm. Le mois de Juillet est le mois le plus sec avec seulement 1mm, les précipitations record sont enregistrées en Décembre, elles sont de 64mm en moyenne (Climate-data).

II.2.3 Climat

Un climat méditerranéen sec classique marqué par une sécheresse estivale, des hivers doux.

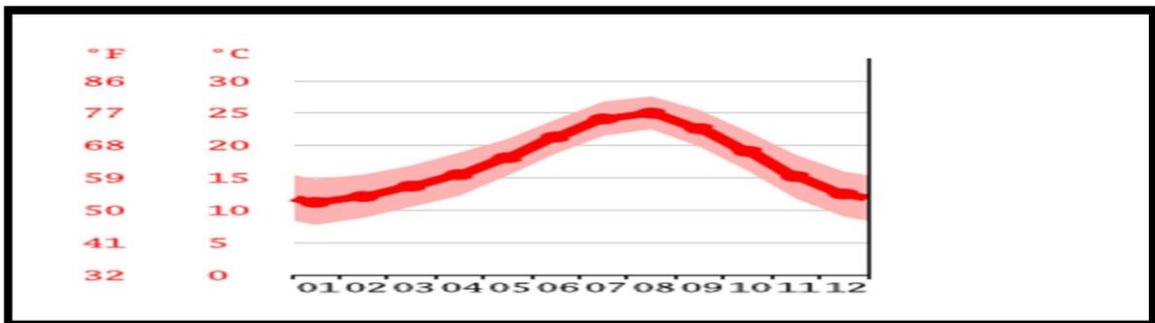


Fig. 12 : Courbe de température Bir El Jir (climate-data).

La température moyenne annuelle est de 17.5°C à Bir El Djir. Au mois d’Aout, la température moyenne est de 25.0°C, Aout est de ce fait le moi le plus chaud de l’année. Le moi le plus froid de l’année et celui de janvier avec une température moyenne de 11.2°C (climate-data).

II.2.4 Le vent

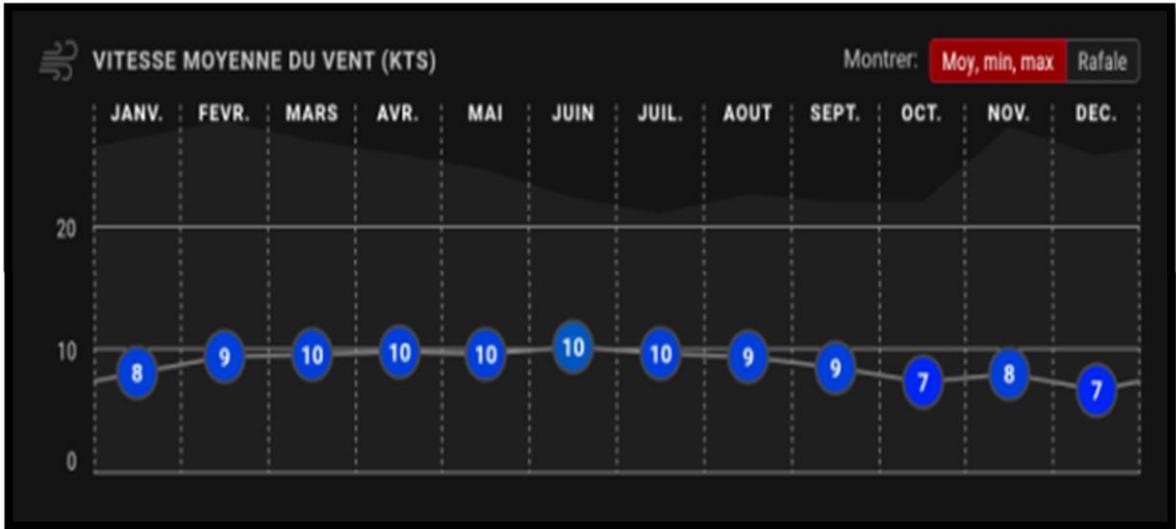


Fig. 13 : Courbe de vitesse de vent Es-Sénia (windfinder).

KTS : Le nœud est une unité de mesure de la vitesse utilisée en navigation maritime et aérienne. Un nœud est égal à un mille marin par heure, soit 1.852 km/H.

II.2.5 L’humidité

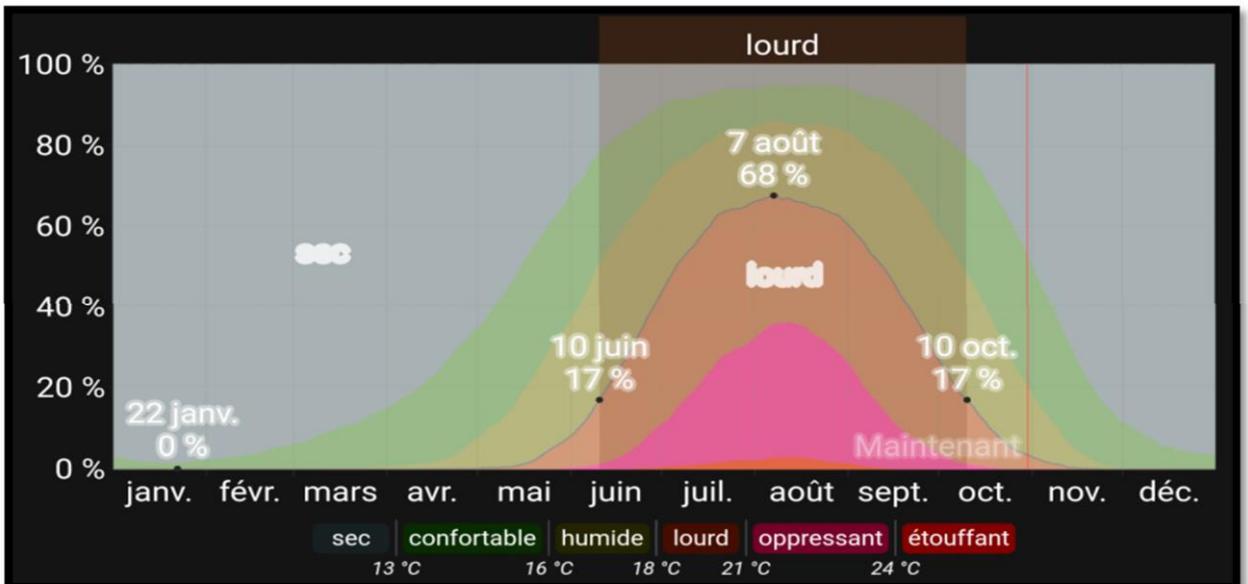


Fig. 14 : Niveau de confort selon l’humidité (weatherspark).

Les mois les plus humides sont entre juin et octobre (Weather-spark). La détermination de l'étage climatique de la région d'étude : La méthode d'EMBERGER est utilisée et le Quotient est de la forme :

$$Q2 = (P \times 3,43) / (M - m).$$

$$Q2 = (384 \times 3,43) / (25 - 11.2)$$

$$Q2 = 95,44$$

P : Total annuel des précipitations en mm.

M : Température moyenne des maximas du mois le plus chaud.

m : Température moyenne de maxima du mois le plus froid.

II.2.6 Risques et catastrophes naturels

II.2.6.1 Sismicité

La situation géographique de l'Algérie qui se trouve entre les deux plaques euro-africaines, engendre constamment des séismes, qui sont généralement de faible intensité ou modérée et de temps en temps de forte magnitude soit destructrice.

La magnitude, valeur intrinsèque au séisme, est utilisée pour décrire l'énergie libérée par le séisme. Un séisme libère plus d'énergie, plus sa magnitude est élevée. La **figure 15** représente la probabilité d'occurrence d'un séisme en fonction de la magnitude (Aouane, 2019).

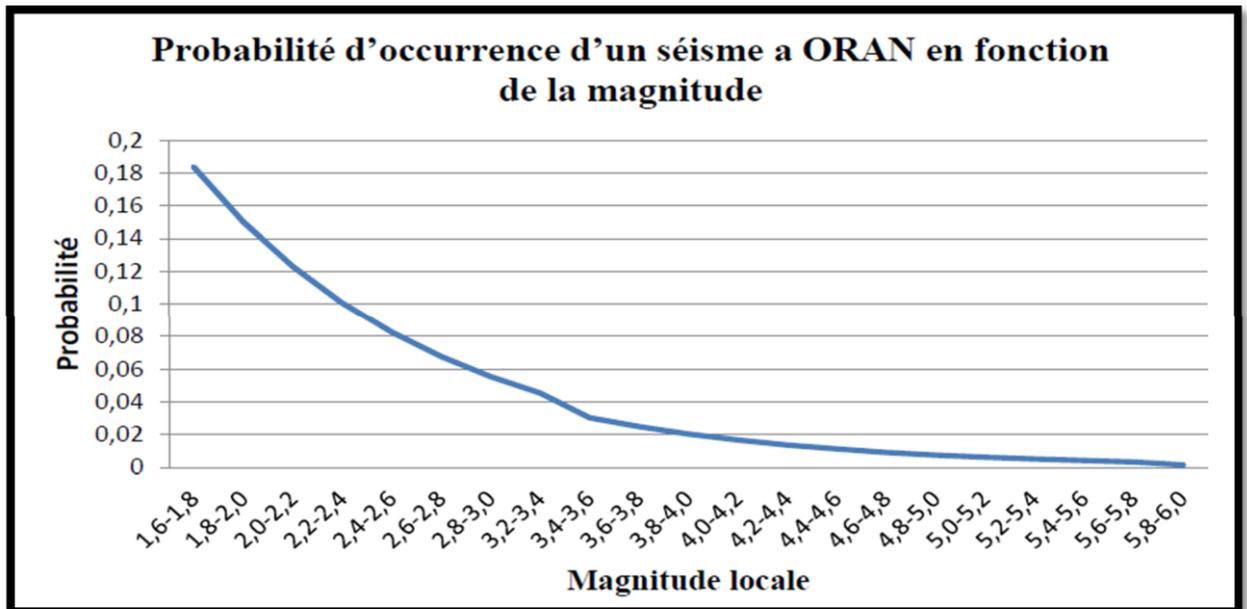


Fig 15 : Probabilité d'occurrence d'un séisme dans de la ville d'Oran en fonction de la magnitude locale (Aouane, 2019).

II.2.6.2 Hydrologie

Pour l'étude hydrographique, on a pris le cas de Hassi-Ameur situé juste à côté de Hassi-Bounif. Le réseau hydrographique du secteur de la plaine de Sidi-Ali est restreint. Les reliefs de la partie nord/nord-ouest de la plaine ont permis le développement de chevelu hydrographique très réduit peu dense et faiblement organisé (**Boubkeri, 2013**).

II.2.6.3 Géologie

Le secteur d'étude est inclus dans le domaine géologique du littoral oranais qui intègre la zone externe ou tellienne de la chaîne alpine. Ce domaine s'allonge sur environ 100 km entre le Massif de Madegh, à l'Ouest, et le mont d'Arzew à l'est ; il s'étend sur une largeur moyenne d'environ 20 km, il comprend dans le sens de la longueur un groupe de horsts constitués essentiellement de terrains d'âges secondaire. Ces horsts très tectonisés, correspondant à un substratum. Ils sont bordés au sud par des zones déprimées comblées d'une importante sédimentation constituée de terrain d'âges néogènes et quaternaires (**Boubkeri, 2013**).

L'analyse granulométrique d'un sol consiste à déterminer la portion des diverses classes de grosseurs des particules. L'étude granulométrique des particules permet de déterminer la surface spécifique (m^2/g) du sol ce qui permet d'estimer sa capacité d'absorption des métaux et des substances organiques.

Remarque : Les données spécifiques au site ne sont pas disponibles.

II.3 Nature des déchets admis et non admis au CET

La nature des déchets destinés à l'enfouissement au CET de Hassi-Bounif sont les déchets ménagers assimilés. Le centre d'enfouissement comportera en première phase les ouvrages suivants :

- Clôture du C.E.T ;
- Portail d'entrée ;
- Pont bascule et local de contrôle de la pesée ;
- Aire de tri et de compostage ;
- Bâtiment d'exploitation ;
- Bâtiment administratif ;
- Hangar et atelier de réparation.

II.3.1 Ouvrages de traitement des déchets**II.3.1.1 Casiers**

Le C.E.T contient Sept casiers de taille variable, destinés à recevoir définitivement les déchets non réutilisables. Chaque casier a une surface d'environ 5 ha et est formé de 4 alvéoles de 10000 m² chacune. Le premier casier qui est en exploitation a une surface d'environ 12 ha et de capacité de 1,2 millions de m³. Les autres casiers sont destinés à recevoir un volume de déchets d'environ 500 000 m³ chacun avec une hauteur maximale de 40 m. Chaque casier comporte une digue périphérique et des diguettes intérieures (RAHMANI,2014).

II.3.1.2 Digue périphérique

La digue périphérique d'un casier a une longueur d'environ 900 m, sa crête a une largeur de 3 m et les pentes des talus ont un rapport vertical / horizontal de 1 pour 2,5 à l'intérieur et 1 pour 2 à l'extérieur. La digue est ancrée dans le sol de manière à augmenter sa stabilité, elle sert d'appui au corps de la décharge et à la couverture finale. La digue est traversée par les conduites de drainage des lixiviats et des eaux pluviales. La digue sera constituée de matériaux permettant une stabilité élevée.

II.3.1.3 Diguettes intérieures

De petites diguettes de séparation entre les zones de drainage de chacune des conduites de drainage sont aménagées à l'intérieur des casiers et ont un double rôle :

- Faciliter et augmenter le drainage latéral des lixiviats des aires de drainage desservant chacune des conduites ;
- Permettre de séparer les eaux pluviales des lixiviats durant la période de remplissage des casiers.

II.3.1.4 Dispositif d'étanchéité des casiers

Les fonds des casiers et les talus intérieurs des digues sont recouverts d'une étanchéité à base de membrane géo-synthétique en polyéthylène haute densité (PEHD) de 2.5 mm d'épaisseur. La géo-membrane repose sur un sol préalablement compacté et surmonté d'une couche d'argile de 0.40 m d'épaisseur. Compte tenu des résultats géotechniques, et notamment de la présence d'une couche marneuse sous la croute en calcaire, l'épaisseur de la couche d'argile usuellement pris de 50 à 100 cm, a été réduite.

Cette couche d'argile de 40cm bien compactée, sert comme un support homogène pour la géo-membrane, et une protection supplémentaire pour les risques éventuels d'infiltration. La géo-membrane est recouverte par un géotextile épais de protection, puis d'une couche de sable d'une épaisseur de 10 cm, et une couche de gravier filtrant 25/40 d'épaisseur 30 cm.

II.3.1.5 Drainage des lixiviats

Les drains sont constitués de conduites de diamètre 300 mm perforées sur les 2/3 de leurs périmètres. Les drains au nombre de six (06), d'une longueur unitaire d'environ 250 mm sont placés transversalement et sont espacés de 70,00m. Les drains sont connectés à un collecteur principal non perforé en PEHD de diamètre 300 mm placé longitudinalement en bordure du casier à l'extérieur de la digue périphérique. Le collecteur principal sert à évacuer gravitairement les lixiviats vers le bassin des lixiviats (RAHMANI, 2014).

II.3.1.6 Bassin de collecte des lixiviats

Ce bassin couvre une surface d'environ 3035m². Les dimensions intérieures au niveau du fond du bassin seront de 32,25 m x 52,40 m. Le fond du bassin ainsi que les talus sont exécutés de la même manière que le casier des déchets. Le fond du bassin ainsi que les talus intérieurs recevront une protection supplémentaire (au-dessus de l'étanchéité par géo-membrane PEHD 2,5 mm) en dalles en béton préfabriquées de dimensions 50 x 50 x 5 posées sur une couche de sable tamisée de 10 cm d'épaisseur (RAHMANI,2014).

II.3.1.7 Bassin d'évaporation des lixiviats

Cet ouvrage est destiné à recevoir les excès de lixiviats depuis leur station de pompage. IL s'agit d'un bassin en terre de 75 m x 115 m environ. Le fond du bassin est exécuté de la même manière que le bassin des lixiviats.

II.3.1.8 Bassin de rétention des eaux pluviales

Les eaux de ruissellement sont récupérées dans un bassin en terre de 29 m x 49 m. La hauteur du stockage de l'eau à l'intérieur du bassin est de 3,31 m. Le bassin des eaux pluviales couvre une surface de 2306 m². Pour arriver à des qualités de rejet satisfaisantes, les lixiviats sont traités par voie biologique de type intensif. Le traitement biologique a pour intérêt la dégradation des odeurs dues à deux paramètres : la présence d'ammoniac et la

décomposition de la matière organique présente dans l'effluent dont la macération se poursuit (fermentation anaérobie).

II.3.2 Equipements d'exploitation

L'entreprise chargée de l'exploitation du C.E.T, a besoin d'équipements spéciaux pour la réalisation d'un enfouissement technique dans les règles de l'art. Le matériel pour enfouissement sanitaire dans un C.E.T accomplit trois fonctions différentes :

- **La manutention et le compactage pour réduire le volume des déchets** : Les machines idéales pour ce travail sont les compacteurs à tambours dits à pied de mouton, les tracteurs à chaîne (bulldozers) ainsi que les chargeurs à chaîne ;
- **Le transport des matériaux de couverture** : Pour cette fonction, la machine sera sélectionnée sur la base de la distance jusqu'à la zone d'emprunt, le volume à transporter, la vitesse nécessaire en égard à la production journalière nécessaire ;
- D'autres matériels complémentaires pourraient être nécessaires tels que des tracteurs agricoles avec benne ou citerne ou des groupes électrogènes.

Dans cette optique, le C.E.T de Hassi-Bounif s'est doté des équipements suivants :

- 01 pont bascule d'une force portante de 60 t ;
- 01 compacteur à pied de mouton ;
- 02 bulldozers.
- 01 chargeur sur pneus.
- 01 camion-citerne à eau
- 01 camion à benne basculante 16 m³.
- 01 citerne à gasoil.
- 02 camions vidangeurs.

II.4 Caractérisation physicochimique du lixiviat

II.4.1 Matériel et Méthodes

Le CET de Hassi-Bounif est doté du matériel suivant (**tab. 13**).

Tab. 13 : Matériels Et Appareillage d'analyses

Paramètres	Matériels et Appareillage
pH, T°	pH Mètre (pH 510)
O ₂	Oxymètre INOLABO-OXI 730 WTW.
Salinité	Conductimètre (Terminal 740).
Conductivité	
NT CN	-Spectrophotomètre -Pipetes 2ml
DBO ₅	-Flacons d'incubation à bouchons rodés de 510 ml - Barrou magnétique. -Pastilles de KOH. .
DCO	-Spectrophotomètre -Réacteur (CR 2200) -Adaptation de tube DCO sur Spectrophotomètre -2,00 ml Poire à pipete
MES	-Papier filtre en verre diamètre 47 µm. -Rampe de filtration sous vide. -Pompe à vide ou sous vide. -Etuve chauffé (105°C). -Balance (0.001 g de précision). - Le dessiccateur.

II.4.2 Détermination des caractères physicochimiques du lixiviat

II.4.2.1 Méthodes d'analyse

L'analyse physico-chimique des échantillons est effectuée au niveau du laboratoire régional d'Oran : RN n°11 Bir El-Djir-Oran.

1. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH) et de la Température

Principe : La température influe sur la quantité d'oxygène, la décomposition de la matière organique, le développement des parasites responsables de certaines maladies, et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxines. Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogéné présent dans lixiviats ou les solutions.

But d'analyse :

- Détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de lixiviat.
- La mesure du pH et de la température est effectuée à l'aide d'un pH-mètre de paillasse.

Expression des résultants : La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil après l'immersion d'une électrode spécifique pour pH et autre pour la température dans l'échantillon.

2. Détermination de la conductivité électrique, salinité

Principe : La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique, elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique, elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations.

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée. Plus une solution contient de sels, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. La conductivité électrique de lixiviats s'exprime généralement en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

3. Détermination de l'oxygène dissous

Principe : La concentration réelle en oxygène dépend de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologiques de décomposition ou une production d'oxygène, par exemple par les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène de lixiviats.

Expression des résultants : Le résultat est donné directement en mg/l.

4. Détermination de l'azote total (NT)

Réactifs : azote total (LCK 338) gamme (20 à 100 mg/l)

5. Détermination de cyanure LCK315

- Déboucher le tube.
- Ajouter 1ml échantillons (brute ou épurée).
- Boucher le tube et mélanger.
- Déboucher le tube et ajouter 1ml réactive A et mélanger.
- Attendre 3min, mélanger.
- Lecture spectrophotomètre.

5. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

But d'analyse : Mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permet d'estimer le volume de prise d'essai de DBO₅.

Principe : Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans les lixiviats par excès de bichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) en milieu acidifié par l'acide sulfurique (H₂SO₄), en présence de sulfate d'argent (Ag₂SO₄) et de sulfate de mercure (HgSO₄).

Réactifs :

Réactifs DCO (LCK 314) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.

Réactifs DCO (LCK 114) gamme (150 à 1000 mg/l) pour les fortes concentrations.

Expression des résultants : Le résultat est donné directement en mg/l.

6. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Principe : L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostat est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP.

Expression des résultants : Lecture de la valeur après 5 jours. DBO₅ (mg/l) = Lecteur × Facteur

7. Détermination des matières en suspension (MES)

But d'analyse : Est de déterminer la teneur de matières en suspension du lixiviat.

Principe : L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée

Formule : M.E.S = (P₁ – P₂) x 1000000 / 100 = (P₁ – P₂) x 10000 avec :

P₁ : Poids de filtre en vide.

P₂ : Poids de filtre en plein.

II.4.2.2 Résultats et Discussion

Vu la pandémie du Covid 19, il nous a été impossible d'effectuer notre stage au niveau du CET de Hassi-Bounif pour collecter toutes les données malgré plusieurs tentatives. On aimait avoir les valeurs des paramètres des analyses physicochimiques et métalliques de trois points bien distincts : le lixiviat du regard, le lixiviat du bassin et le résidu sec du lixiviat pendant deux périodes différentes (chaude et froide) pour voir :

- s'il y a d'abord un impact des conditions climatiques sur le lixiviat ou non ;
- si les valeurs enregistrées sont conformes (inférieures) ou non conformes (supérieures) aux normes régies par la réglementation algérienne ;
- s'il est possible de les valoriser et voir la possibilité de leur exploitation dans le domaine agricole suite à plusieurs prélèvements.

D'une manière générale, on sait que le souci majeur engendré par les CET est celui des liquides formés lors de la percolation des eaux pluviales avec les déchets en plein décomposition : les lixiviats se chargent au fil du temps en matières organiques et en métaux lourds extrêmement toxiques. Cela montre la nécessité de leur traitement avant de les rejeter dans le milieu naturel car ils peuvent engendrer des problèmes sanitaires et écologiques.

Le laboratoire d'analyses LRO nous a confié les résultats des analyses des paramètres physicochimiques et de quelques métaux d'un échantillon du lixiviat liquide, réalisé en date du 28 décembre de l'année 2016 (**tab.14**).

Discussion des résultats seulement d'une journée

En effet, l'ensemble des résultats obtenus montre un dépassement par rapport aux normes de rejets dans un milieu récepteur naturel (**tab.14**). Les principaux paramètres DCO, DBO₅, MES indiquent une forte pollution engendrée par ce lixiviat. Un indice de contamination > 10, ce qui confirme le risque que peuvent engendrer ces jus polluants en cas de rejet dans le milieu naturel sans traitement.

Pour évaluer les impacts sur le milieu naturel, l'indice de contamination (IC) du CET a été calculé. Ce paramètre est le résultat du rapport des valeurs moyennes des analyses effectuées pendant l'étude aux valeurs des normes algériennes de rejet dans un milieu naturel récepteur (tab. 14) (IC = résultat/norme) :

- quand $IC < 3$: aucun effet sur milieu naturel ;
- quand $3 < IC < 10$: zone polluée ;
- quand $IC > 10$: zone à risque (danger).

Tab. 14 : Résultats d'analyses des paramètres physicochimiques du lixiviat.

Paramètre	Unité	Valeurs limites	Lixiviat	Indice de contamination	Impact sur le milieu	Méthode d'analyse
Couleur			Noire			
Odeur			Mauvaise			
Aspect			Liquide			
Température	°C	30	15	0.5		Multiparamètre
pH	-	6.5-8.5	9.0			
MES	mg/l	35	480	13.71	Zone à risque	ISO12923 :1997
DCO	mg/l	120	2432	69.48	Zone à risque	ISO6060 :1989
DBO ₅	mg/l	35	1000	28.57	Zone à risque	Méthode Oxy-Top
DBO ₅ / DCO			0.41			
DCO/ DBO ₅			2.43			
Huiles et graisses	mg/l	20	40	02	Sans effet nuisible	Méthode Rodier 2009
Phosphore total	mg/l	10	7.19	0.72	Sans effet nuisible	ISO6878 :2004
Cadmium	mg/l	0.2	<0.03		Sans effet nuisible	ISO8288 :1986
Chrome	mg/l	0.5	0.6	1.2	Sans effet nuisible	
Cuivre	mg/l	0.1	<0.1		Sans effet nuisible	
Fer	mg/l	0.5	11			
Manganèse	mg/l	1	<0.03		Sans effet nuisible	
Nickel	mg/l	0.5	0.2		Sans effet nuisible	
Plomb	mg/l	0.5	<0.2		Sans effet nuisible	
Zinc	mg/l	0.5	0.2		Sans effet nuisible	

La couleur noire du lixiviat du CET de Hassi-Bounif revient essentiellement à la présence de matières en suspension (MES). Son odeur nauséabonde et mauvaise revient à la fermentation anaérobie des microorganismes dégradant les déchets organiques.

La valeur enregistrée de la température semble être conforme à la norme algérienne. Elle est supérieure à celle obtenue dans le CET d'El-Oued (**Labadi et Saadoudi, 2019**).

La valeur enregistrée du pH du lixiviat liquide est respectivement à 9 donc basique, ceci est caractéristique de l'appauvrissement de ce dernier en composés organiques volatils. **Kjeldsen et al. (2002)** confirment que le pH augmente en fonction du temps du séjour des lixiviats qui s'appauvrissent en composés organiques volatils au fur et à mesure du vieillissement de la décharge. Cette valeur confirme celle enregistrée par **Mejraoua et al., (2017)** qui varie entre 6,42 et 8,99 et supérieure à celle soulevée à Larache (7,87) **Er-Raioui et al. (2011)**, à Agadir (**Jirou et al., 2014**) et à El-Oued (**Labadi et Saadoudi, 2019**).

La DBO₅ est un critère de pollution organique basé sur la quantité d'oxygène consommée à 20°C et à l'obscurité pendant un temps de référence pour assurer l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau par voie biologique. La valeur enregistrée de la DBO₅ pendant cette journée est respectivement à 1000mg/l ; elle marque une énorme élévation par rapport à la norme qui est de 35 mg/l. Cette concentration est supérieure à celles observées (632mg/l) dans la décharge d'Essaouira (**Chiguer et al., 2016**) et celle (<400mg/l) d'El-Oued (**Labadi et Saadoudi, 2019**), largement inférieure à celle (1700mg/l) de la décharge de Fès (**Bouaouine et al., 2015**) et celle (44000mg/l) d'Agadir (**Jirou et al., 2014**). Ceci indique que le traitement par lagunage n'est pas suffisant pour l'élimination de la totalité de la charge polluante.

La DCO est une mesure globale des matières organiques et de certains sels minéraux oxydables (pollution organique totale) présents. La valeur de la DCO enregistrée est respectivement à une valeur 2432mg/l ; elle est très élevée et dépasse le seuil acceptable. Cette concentration est largement très inférieure à celle (7516,66 mg/l) du CET de Korso (**Bettoum et Bouanem, 2017**), à celle (5400mg/l) de la décharge de Fès (**Bouaouine et al., 2015**) et celle (72000mg/l) d'Agadir (**Jirou et al., 2014**). En revanche, elle est supérieure à la valeur rencontrée (962.5mg/l) dans le lixiviat du CET d'El-Oued (**Labadi et Saadoudi,**

2019) d'où l'importance de la pollution organique du lixiviat qui est fortement liée à la dégradation incomplète de la matière organique des déchets.

Le recours aux argiles et aux zéolithes dans les procédés de traitement des polluants dans les liquides, s'avère très efficace d'un point de vue économique et environnemental, car ces solides sont recyclables et génèrent moins de déchets comparés aux autres procédés chimiques utilisés. Les travaux de **Khalfallah et al. (2019)** sur le CET de Hassi-Bounif confirment un abattement de 88% de la DCO par la bentonite de Maghnia et de 50% pour la zéolithe 4A par adsorption. Ces résultats semblent être très encourageants comparés à d'autres traitements chimiques utilisés dans la littérature.

Le rapport DCO/DBO₅ donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné ; ça convient généralement aux limites suivantes :

- DCO/DBO₅ < 2 : Effluent facilement biodégradable.
- 2 < DCO/DBO₅ < 3 : Effluent biodégradable avec des souches sélectionnées.
- DCO/DBO₅ > 3 : Effluent non biodégradable.

Le rapport DCO/DBO₅ de l'analyse est respectif à 2.4 ; on peut dire que cet effluent est biodégradable avec des souches bien sélectionnées.

Le rapport DBO₅ /DCO donne une indication de maturité du lixiviat (**Glandier, 2002**) :

- DBO₅ /DCO > 0,5 : lixiviat jeune et instable.
- 0,1 < DBO₅ /DCO < 0,5 : lixiviat modérément stable.
- DBO₅/DCO < 0,1 : lixiviat vieux et stable.

Le rapport DBO₅ /DCO est de 0.41. Cette valeur implique que le lixiviat du CET de Hassi-Bounif est modérément stable ce qui fait de lui un lixiviat intermédiaire dont la biodégradabilité est faible, d'où l'application du traitement physico-chimique.

Selon **Beaumont (1998)**, le paramètre MES donne au lixiviat une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. La valeur enregistrée de MES est respectivement à 480mg/l. Cette valeur est supérieure à celle enregistrée (146 mg/l) à Essaouira (**Chiguer et al., 2016**). Elle est inférieure de celle enregistrée (660,5 mg/l) El Mohammédia (**Chiguer et al., 2016**), à celle (12560 mg/l) d'Agadir (**Jirou et al., 2014**) et la valeur

mentionnée dans le lixiviat d'El-Oued (**Labadi et Saadouni, 2019**). Les concentrations importantes représentent un indicateur de la forte charge organique et minérale dues à la nature des déchets ; elles diminuent lentement au fur et à mesure que le site vieillit.

Les concentrations des éléments métalliques enregistrées dans le lixiviat du CET de Hassi-Bounif au niveau de cette journée semblent être inférieures aux normes régies par la réglementation algérienne à l'exception du Fer.



Chapitre III
Impact des déchets ménagers sur la
Santé humaine et l'Environnement

Introduction

La pollution de l'environnement par les déchets ménagers est un problème préoccupant qui est devenu un sujet d'actualité. Cette situation trouve ces racines dans les menaces visibles sur la santé de la population et le cadre de vie, ainsi que dans les risques imminents sur les ressources naturelles de l'environnement en générale. En effet, le dépôt incontrôlé des ordures ménagères provoque des émissions entraînant une détérioration de l'air, du sol et des eaux. Cette dégradation a ensuite des effets nuisibles sur la faune et la flore ainsi que sur la santé de l'homme.

III.1 Impact des déchets ménagers sur la santé humaine

Un des effets négatifs et néfastes de l'absence de la gestion des déchets rationnelle, l'apparition de diverses maladies à cause des déchets qui provoquent d'une manière directe ou indirecte. Lorsque l'accumulation de déchets ménagers conduit à l'émission de mauvaises odeurs et la prolifération des mouches, des insectes et des rats entraînant des dommages de santé à travers les insectes. Les déchets ménagers peuvent transmettre 42 maladies à l'homme, alors que les animaux vagabonds trouvent leur propre nourriture dans les ordures ménagères et donc ils constituent un transporteur ou porteur d'un groupe de parasites, un des facteurs qui contribuent à la transmission de maladies infectieuses, y compris les éléments particuliers mortels (**Tahraoui, 2006**).

III.2 Impact des déchets ménagers sur l'environnement

L'accroissement des populations urbaines, et donc l'augmentation de la charge produite, ont montré que les décharges ont un impact négatif sur l'environnement. En Algérie, et au cours de ces dernières années, les pouvoirs publics ont pris en charge la gestion des décharges, particulièrement dans les grandes agglomérations où leur impact sur l'eau et le sol sont devenus préoccupants (**Mehdi-Mekaikia et al., 2007**).

La décomposition des déchets solides (les éléments organiques qu'ils contiennent) sous l'action de l'eau, l'air et de la température sont susceptibles de provoquer des dangers immédiats ou lointains incalculables sur l'environnement de l'homme (les pollutions, les mauvaises odeurs...). Le phénomène est assez grave lorsque les déchets sont mal gérés car ils sont composés de matériaux fermentescibles, matériaux recyclables, dangereux, inertes et des matériaux plastiques. Les déchets solides constituent l'un des dangers les plus

Chapitre III : Impact des déchets ménagers sur la santé humaine et l'environnement

importants pour l'environnement notamment par la pollution de l'eau, sol et de l'air (Diabaté, 2010).

III.2.1 Pollution du sol

La pollution augmente en raison notamment de l'accroissement rapide de la population.

Chaque être vivant produit inévitablement des déchets, dont les principaux contaminants du sol sont :

III.2.1.1 Les métaux lourds : L'enrichissement des sols en métaux lourds (Fe, Cu, Cr, Zn, Pb, Hg.) est en progression constante. Ces éléments sont apportés par :

- Les engrais minéraux susceptibles de contenir du cadmium, de l'arsenic, du chrome et du vanadium.
- Les amendements organiques sous forme de composts de déchets urbains et de boues de stations d'épuration, qui renferment fréquemment du cadmium, du cuivre, du zinc, du nickel, du mercure, du chrome, du plomb et du sélénium.

Dans une étude de l'impact de métaux lourds (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd, Cr, As, et Hg) sur les sols agricoles en Angleterre tout en tenant des différences sources potentielles (dépôt atmosphérique, fumier de bétail, fertilisateurs organiques, eau d'irrigation et compost...etc.), il a été noté que les déchets animaux (bétail) et les boues d'épuration sont responsables de l'apport de 37-40% et 5-17% de Zn et Cu respectivement.

En Algérie, une étude assez récente a montré qu'une contamination de l'oued Cheffa (Blida) par les métaux lourds est présente dans le lixiviat avec des teneurs pouvant atteindre, 0,6mg/l pour le plomb, 0,12mg/l pour le chrome et 0,05 mg/l pour le cadmium. Ce résultat se trouve fortement aggravé par l'augmentation du nombre d'habitants et du développement industriel.

III.2.1.2 Le plastique : constitué de polyéthylènes du polychlorure de vinyle (PVC), du polypropylène et des polyesters. Tous ces plastiques présentent de nombreux risques écologiques, bien que biodégradables, ils restent dans le sol sous forme de macro déchets (Tahraoui, 2006).

III.2.2 Pollution de l'air

Une des causes principales de la pollution atmosphérique est causée par l'existence des décharges qui contiennent une grande quantité de déchets différents par exemple les déchets

Chapitre III : Impact des déchets ménagers sur la santé humaine et l'environnement

organiques. Le mélange de déchets organiques et de l'eau provoque une fermentation de méthane (gaz à l'effet de serre). Donc indirectement la décharge est une cause de la pollution d'air et l'incinération est parmi les principales causes de la pollution atmosphérique.

III.2.3 Pollution de l'eau

La plupart des décharges se trouvent à l'air libre, ce qui n'est pas très bien et en même temps très dangereux. Quand il pleut, les déchets biodégradables se mélangent avec de l'eau et cette réaction produit un carbone organique qui peut provoquer les pluies acides. Par suite ces pluies acides polluent les différentes sources de l'eau comme les rivières, fleuves, océans. De plus, suite aux pluies, l'eau passe à travers des déchets, descend dans le sol et pendant des jours elle continue jusqu'à ce qu'elle atteigne les nappes phréatiques. En conséquence les nappes phréatiques sont contaminées avec des polluants divers comme les métaux lourds, les produits du nettoyage, les déchets toxiques (AUSRA, 2012).

Conclusion

Les déchets ménagers apportent, avant et après transformation, des polluants minéraux et organiques, retrouvés parmi les rejets de décharge, les produits et refus de compostage et de méthanisation ainsi que dans les résidus et les fumées d'incinération.

Pour l'ensemble des installations conçues (ou modifiées) conformément à la réglementation, les risques toxiques directs pour la santé publique sont faibles. Toutefois, la prudence est de rigueur lorsqu'il s'agit d'apprécier l'impact de polluants à pouvoir bio cumulatif (mercure, cadmium, dioxines et autres composés organochlorés) dont les émissions diffuses, générées pour partie par des installations de traitement et d'élimination de déchets ménagers, peuvent engendrer à plus ou moins long terme une exposition directe de l'homme à des concentrations significatives dans son alimentation.



Conclusion générale

Conclusion générale

Il ressort de la recherche bibliographique réalisée sur les différents centres d'enfouissement technique, que la méthode de l'enfouissement représente le moyen le plus adapté pour pouvoir gérer et maîtriser d'une manière durable le flux important des quantités de déchets sous le triple effet de la croissance économique, démographique et du niveau de vie du citoyen. Cependant, pour que les centres d'enfouissement techniques atteignent les objectifs qui leur sont fixés, une politique de gestion écologiquement rationnelle doit se faire avec la participation de tous les acteurs du développement à citer par exemple : les pouvoirs publics, les acteurs économiques et surtout l'intégration et la participation des citoyens dans la prise de décision notamment dans les programmes d'amélioration du service de gestion de déchets.

Le régime climatique (précipitation et chaleur) dans lequel se trouve la zone d'enfouissement est également d'une importance capitale puisqu'il va définir la quantité d'eau pénétrant dans le milieu. Et c'est cette eau qui est en partie responsable de l'activité de biodégradation et des nombreuses réactions physico-chimiques qui vont s'opérer au sein du massif de déchets, générant ensuite les lixiviats, substances toxiques qui permettront à la montagne de déchets de devenir un jour, un écosystème à haute valeur écologique. Ces lixiviats sont une menace sérieuse pour l'environnement si leur devenir n'est pas contrôlé et bien géré.

Les résultats obtenus montrent que l'échantillon du lixiviat d'aspect liquide, prélevé sur une journée du mois de décembre 2016 du CET est particulièrement caractérisé par une couleur noire et une odeur nauséabonde et mauvaise. Cette caractérisation montre que c'est un lixiviat intermédiaire, caractérisé par un pH basique, une valeur moyenne à faible teneur de température et d'éléments métalliques à l'exception du fer, une demande biologique chimique d'oxygène une MES très élevée. Cela montre une forte pollution en matière organique facilement biodégradable. Le rapport DCO/DBO₅ est respectif à une valeur de 2.4 donc il s'agit d'un effluent biodégradable avec des souches sélectionnées. Le rapport DBO₅/DCO enregistre une valeur de 0.41 donc le lixiviat est modérément stable. Le lixiviat de Hassi-Bounif n'a pas les caractéristiques d'un lixiviat jeune.

Les actions respectives à favoriser la prévention de la production de déchets, à la réutilisation et le recyclage des matières premières contenues dans les déchets (matériaux

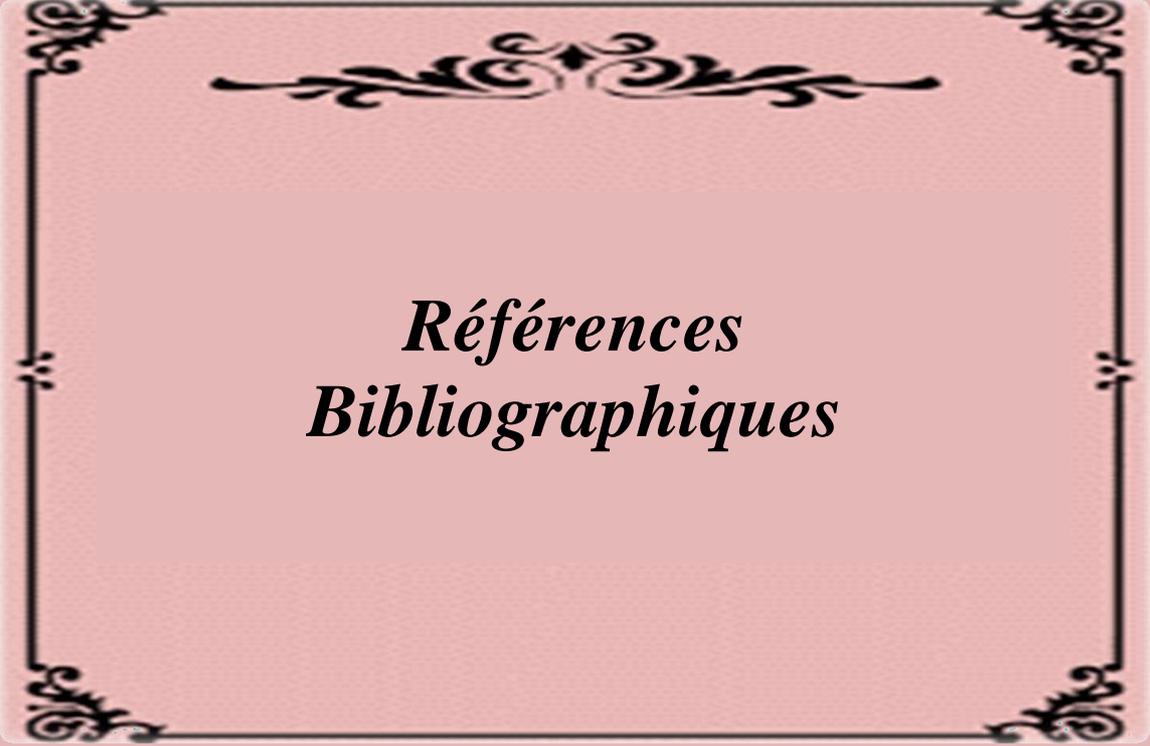
Conclusion générale

et matières organiques) auront pour effet de limiter le recours à l'élimination. Pour cela, il faut procéder :

- au développement de l'information et de la sensibilisation du grand public et des entreprises à la prévention et à la gestion des déchets.
- Fournir les moyens nécessaires pour réaliser le tri sélectif (sacs et bacs de différentes couleurs) au niveau des ménages et par la suite, encourager les filières de recyclage et compostage. Cette initiative permettra une meilleure valorisation agronomique.
- Sensibiliser la population en l'informant de l'importance du tri des déchets à la source par radio, à travers les associations, des écoles, et même au travail et la formation d'agents des APC et instaurer «la collecte sélective » qui a donné ses fruits dans le monde entier.
- Traitement des lixiviats par la création d'une unité d'épuration au sein du centre.
- L'installation des torchères pour la récupération des biogaz ; valorisation énergétique, la production de l'électricité, chaleur.

A la fin de ce travail, nous suggérons les recommandations suivantes :

- Faire une station de triage de déchets avant l'enfouissement technique dans les casiers pour diminuer les quantités des déchets enfouis. Le matériel de tri (balance industrielle, table de tri...) doit être disponible et fonctionnel au niveau du CET.
- La valorisation optimale des déchets au niveau des CET.
- Faire un traitement des lixiviats avant son rejet dans l'écosystème vu que les résultats des analyses des paramètres physicochimiques de lixiviats prélevés, ont montré que ces effluents se caractérisent par la présence des polluants organiques avec de fortes concentrations.



*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

- 1) **ADDOU. A. (2009)** : Livre du Développement : Durable Traitement.
- 2) **ADEME, (2005)**. « Remise en état des décharges : Méthodes et Techniques » ADEME.
- 3) **AIT-GHerbi, S. (2009)**. « Caractérisation des lixiviats du centre d'enfouissement technique d'oulad Fayet et essai de traitement par coagulation », mémoire de master, Faculté des sciences de l'ingénieur.
- 4) **ALOUÉIMINE S.O. (2006)**. « Méthodologie de caractérisation des déchets ménagers à Nouakchott (Mauritanie) : contribution à la gestion des déchets et outils d'aide à la décision ». Thèse de doctorat, Université de Limoges.
- 5) **AND, 2014**. Agence nationale des déchets, février 2014.
- 6) **ATTAB, S. (2011)**. « Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAoud BERKAoui par l'utilisation d'un filtre à sable local », mémoire magister, Université KasdiMerbah-Ouargla.
- 7) **AUSRA.S, J.G. (2012)**. « Impact de la production des déchets sur Editions ».
- 8) **BELLE E, (2008)**. « Évolution de l'impact environnemental des lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielles et souterraines, approche hydrobiologique et hydrogéologique ». Site D'étude : décharge d'Étueffont (Territoire de Belfort – France). Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, 250 p.
- 9) **BENALLAL, Abdelheq, 2016**. « Etude d'impact sur le centre d'enfouissement technique d'Ain t'émouchent (Sidi Ben Adda) sur l'environnement ». Mémoire de master. Science biologique- Pathologie des écosystèmes. Tlemcen : Université Abou Baker Bel KAID, 78 pages.
- 10) **BENNADIR, S et FENTIZ, S. (2013)**. « La gestion des déchets ménagers : cas d'étude de centre d'enfouissement de bamendil Ouargla », mémoire de master, université KASDI MERBAH Ouargla.
- 11) **BENYOUB, Ch.** « Un suivi d'exploitation et d'environnement : Nivellement des déchets ». Centre d'enfouissement technique de Sidi Ben Adda, 20p.
- 12) **BETTOUM, F et BOUANEM, K. (2017)**. « Valorisation des déchets issus des traitements de lixiviat de décharge ». Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 39p.
- 13) **BOUAOUN, O, KHALIL, F, CHTIOUI, H, ZAITAN, H, HARRACH, A. (2015)**. Traitement par électrocoagulation des lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès. *Larhyss Journal*, ISSN1112-3680, September, 53-67.
- 14) **BOUAZZA I. 2011**, Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz, Université Abou Bekr Belkaid
- 15) **BOUDGHENE, et STAMBOULI M, (2012)** « Etude de la décharge contrôlée », Amria, Ain Temouchent, BETE3.
- 16) **CHEDEBAF et BELAID.A, (1999)**. « La gestion des déchets urbains dans l'arrondissement urbains d'Alger centre l'USTHB.
- 17) **CHERIF. I, Khalil. D,** « Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar », Université Cheikh Anta Diop De Dakar, 2006.
- 18) **CITERETSE, L. (2008)**. « Les déchets ménagers solides de la ville de Bujumbura (Burundi) ». Mémoire. Bruxelles : Université libre de Bruxelles, 78p.

Références bibliographiques

- 19) **DAIKH, M. (2016).** « La contribution à l'apport des déchets ménagers et lixiviat, a la bio stimulation des sols par des vers de terre anéciques (*Allolobophora rosea rosea*), sur la croissance du blé tendre. Mémoire fin d'étude.
- 20) **Damien, A, 2004.** Guide du traitement des déchets, 3ème édition, Dunod.
- 21) **Diabaté. M ; 2010 :** déchets ménagers : impact sur la santé et l'environnement.
- 22) **DORFFMA, R.** « Les résidus Urbains », Cahier de l'AGTMH, Technique et documentation.
- 23) **ER-RAIOUI, H., BOUZID, S., KHANNOUS, M., et Zouag, A. (2011).**
« Contamination des eaux souterraines par le lixiviat des décharges publiques : Cas de la nappe phréatique R'Mel ». (Province de Larache - Maroc Nord-Occidental), Faculté des Sciences et Techniques à Tanger. ISSN 1991-86311.
- 24) **FRANCOU, C. (2003).** « Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage Recherche d'indicateurs pertinents ». Thèse de doctorat. Institut National Agronomique, Paris. 288p.
- 25) **Gillet R, 1985.** Traité de gestion des déchets solides et son application aux pays en voie de développement, 1er Volume : Programme minimum de gestion des ordures ménagères et des déchets assimilés (P397, p1, 2,3).
- 26) **GLANDIER, 2002.** Risques sanitaires liés aux fuites de lixiviats des centres de stockage des déchets ménagères et assimilés, Mémoire de fin d'études, l'École Nationale de la Santé Publique, 92 p.
- 27) **GURDBIRK S.A, 2013,** « Dossier technique demande d'autorisation d'exploiter l'extension de stockage des déchets non dangereux », Département de la Somme : Lihons, 190p.
- 28) **Haarstad, K. (1997).** "Metal oxides remove hydrogen sul-fide from landfill gas produced from waste mixed with plasterboard under wet conditions. J Air Waste Manage Assoc ; 58 : 1014–102.
- 29) **ISMAIL, A.R. (2008).** « Caractérisation et traitement des lixiviats générés par les déchets du centre d'enfouissement technique d'OULED FAYET ». Ingéniorat : génie de l'environnement : Ecole nationale polytechnique Algérie.
- 30) **JIROU, Y., HARROUNI, C., ARROUD, A., DAOUD, S. (2014).** « Caractérisation des déchets urbains pour une meilleure gestion de la décharge contrôlée du Grand Agadir » Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc, vol 25, ISSN : 2028-2508.
- 31) **JORADP N° 77,** du 15 Décembre 2001. Loi n°01-19 du 12 Décembre 2001 relative à la gestion, le contrôle et l'élimination des déchets solides.
- 32) **KJELDTSEN, P., BARLAZ M, A., ROOKER, A.P., BAUM, A., LEDIN, A., KODYBELET, S (2011).** « Impact des ouvrages de génie civil sur l'environnement : cas de la décharge finale des déchets de la ville de Bangui, Université de Bangui, p 99.
- 33) **LABADI, N et SAADOUDI, M. (2019).** « Contribution à l'étude de caractérisation des lixiviats du centre d'enfouissement technique d'El Oued (CET). Mémoire de master. Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued. 88p.
- 34) **KHALFALLAH, W., MEHDI, M., LOUNIS, Z., TALBI, Z. (2019).** « Traitement des lixiviats du Centre d'Enfouissement Technique de Hassi Bounif par l'utilisation de deux types d'adsorbants (Bentonite et Zéolithe LTA) ». *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*. Vol.5. No4. ISSN: 2437-1114

Références bibliographiques

- 35) **MEJRAOUA, Z et ZINE, N. (2017).** « Caractérisation physico-chimique du Lixiviat de la décharge sauvage de Meknès. *Européen Scientific Journal*. November édition vol.13, No.33 ISSN : 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- 36) **MATE, 2003** - Programme nationale de gestion intégrée des déchets municipaux en Algérie. PROGDEM. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. 48p.
- 37) **MATE, 2003** - Manuel d'information sur la gestion et l'élimination des déchets solides. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. 240p.
- 38) **MATE (2005),** « Guide choix du site des centres d'enfouissement technique ». Septembre 2005, 10 pages.
- 39) **MATET- ALGERIE, 2003,** Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- 40) **MCRF, 1974** - Ministère de Coopération de la République française ,1974.mémoire de l'agronomie, 1591p.
- 41) **MEHDI-MEKAIKIA, M, BELABBED, B-E, DJABRI, L., HANI, A., LAOUR, R. (2007).** Caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraines. **Courrier du Savoir** – N°08, Juin 2007, pp.93-99.
- 42) **Miquel G., 1998** - Recyclage et valorisation des déchets ménagers (Rapport 451 office parlementaire d'évolution choix scientifiques et technologiques.245p.
- 43) **MUSTIN, M. (1987).** « Le compost : gestion de la matière organique ».Editions François Dubusc-Paris, 954.
- 44) **NEGGAZ. S, GHENNAI. Z, (2015).** « Contribution à l'étude de CET de corso-traitement des lixiviats » mémoire de master, Université M'Hamed Bougara de Boumerdès, Faculté des sciences de l'ingénieur.
- 45) **OUAHRANI. G, (2003).** « Les lombrithèque appliquées aux évaluations et aux solutions environnementales. Thèse. Doc. Etats. Es. Sci. Univ. Mentouri. Constantine. 223p.
- 46) **RENOU, S., GIVAUDAN, J., POULAIN, S., DIRASSOUYAN, F., MOULIN, P, (2008),** « Land fillleachate treatment: Review and opportunity ». *Hazard. Mater.*150, 468-493.
- 47) **SARDI. K, (2014).** « Contrôle de la qualité de l'eau de la station d'hémodialyse De l'EHU 1 er Novembre », mémoire de master, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf.
- 48) **SCHLUMPF, J.P., TREBOUET, D., QUEMENEUR, F., MALERIAT, JP., JAOUEN, P. 2001.** « *Revue des sciences de l'eau*, 14/2. 147-155 :pp.
- 49) **TAHRAOUI (2006).** « Analyse des déchets ménagers solides de la ville de Chlef ».
- 50) **CAREPS-Etude bibliographique sur l'évaluation des risques liés aux bioaéro-sols générés par le compostage des déchets, Editor.2002,** pp.1-216
- 51) **RAHMANI Mohamed Cherif, (2014),** «DURABILITE DES FONDATIONS D'UN CENTRE DE STOCKAGE DE DECHETS VIS-A-VIS DES SOLlicitations DE SERVICE », MEMOIRE DE MAGISTER EN GENIE CIVIL, Ecole Nationale Polytechnique d'Oran, ORAN

Webographie :

- 1) **Vivacité. La durée de vie des déchets dans la nature[en ligne]. (mardi 06 mars 2018).**
- 2) **Ouest trubine. 4000 tonnes de déchets valorisées en 2019 à Oran[en ligne]. (24 novembre 2020)**

Références bibliographiques

- <https://www.ouestribune-dz.com/fr/4000-tonnes-de-dechets-valorisees-en-2019-a- oran/>
- 3) **Etat de Vaud. Déchets urbains**[en linge]
<https://www.vd.ch/themes/environnement/dechets/dechets-urbains/>
 - 4) **Valorsa. Types de déchets urbains**[en linge]. (aoute 2020).
<http://www.valorsa.ch/fr/page.asp?id=16>
 - 10) **fournisseur-energie.déchet vert** [en linge].(aoute 2020).
<https://www.fournisseur-energie.com/actualites/recycler-dechets-verts/>
 - 11) **notre-planète. La durée de vie des déchets**[en linge]. (sept 2020).
https://www.notre-planete.info/ecologie/eco-citoyen/eco_dechets.php#vie
 - 12) **actu environnement**.
<https://www.actu environnement.com/ae/dictionnaire environnement/ definition/lixiviat.php4>
 - 13) (Saeedi, 2007)- (Amirtharajah & Mills, 1982)- (Lefebvre, 1992)- (Pallier, 2008) : <http://hmf.enseiht.fr/travaux/beiepe/2017/edf-optimisation-du-traitement-des-eaux-de-18>
 - 14) **wikiversity**. Valorisation des déchets par incinération[en linge].
<https://fr.wikiversity.org/wiki/Recherche:Pastech/244-1 Valorisation des d%C3%A9chets par incin%C3%A9ration>
 - 15) **inrs**. Approche des risques chimiques et microbiologiques dans le secteur du compostage[en linge]. <file:///C:/Users/DELL/Downloads/nd2336.pdf>
 - 16) **Ineris**.<https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973620/document>
 - 17) **déchets, ménages**
<https://dechetsdesmenages.typepad.fr/dechets-des-menages/lenfouissement.html>
 - 18) **syndicat des territoires de l'est cantal** <https://www.sytec15.fr/le-service-environnement-des-cramades/traitement-des-dechets/enfouissement-des-ordures-menageres/fonctionnement-de-lenfouissement/>