

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Université de Ghardaïa**

N° d'ordre :

N° de série :

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre**

**Département de Biologie**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Filière : Ecologie et environnement**

**Spécialité : Ecologie**

**Présenté par :**

**REBBAHA Oum El khir**

**MEHAYA Ahlam**

**Thème**

---

**Intérêt énergétique et socio- économique du  
Centre d'enfouissement des déchets dans la région de  
Ghardaïa : Cas du CET de Bouhraoua**

---

**Soutenu publiquement, le .../06/2023,**

**devant le jury composé de:**

<b>Mme. OUCI Houria</b>	<b>MCA</b>	<b>Univ. Ghardaïa</b>	<b>Président</b>
<b>Mr. MIHOUB Redouane</b>	<b>MCA</b>	<b>Univ. Teldji Amar -Laghouat</b>	<b>Encadreur</b>
<b>Mr. KHELLAF Khoudir</b>	<b>MCB</b>	<b>Univ. Ghardaïa</b>	<b>Co-Encadreur</b>
<b>Mr. BEN SEMAOUNE Youcef</b>	<b>MAA</b>	<b>Univ. Ghardaïa</b>	<b>Examineur</b>

**Année universitaire :2022/2023**

## **Remerciements**

*Merci et louanges à Dieu, Tout-Puissant, qui nous a donné force pour terminer ce travail et nous a facilité la persévérance et la réussite.*

*Louange à Dieu, louange digne de sa générosité et de sa majesté pour la quantité de manne et de dons en termes de santé et de bien-être pour accomplir cet humble travail*

*Nos remerciements vont également à notre encadrant, le Mr. MIHOUB Radouane, Maitre de Conférences A à l'Université Ammar Thaliji, Laghouat, et le Mr. KHALLAF Khoudir, Maitre de Conférences B à l'Université de Ghardaïa, pour sa présence et avoir accepté de mener ce travail et pour tout le temps qu'il nous a accordé.*

*Un grand merci à Mme. OUCI Houria, Maitre de Conférences A à l'Université de Ghardaïa, et Mr. BENSEMAOUNE Youcef,*

*Maitre-Assistant A à l'Université de Ghardaïa,  
Remerciements particuliers à tous nos camarades de la  
promotion Master Ecologie-2023*

*Et à tous ceux qui ont contribué à faire avancer le rythme de ce travail et de cette communication, même avec un mot gentil, nous citons à cet égard: La Fondation de Gestion des Centres Techniques de Remblayage de l'Etat de Ghardaïa (E.P.W.G.CET) ainsi que le Centre d'enfouissement Technique des déchets de Ghardaïa.  
Nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont souhaité voir notre travail comme quelque chose de tangible, et à tous ceux qui ont été satisfaits de notre succès.*

**Ahlam et Oum El Khir**

# Dédicaces



*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma  
chère mère l'être le plus pur, le plus honnête, l'ange  
Gardien de ma vie j'espère que je suis la bonne fille que t'as  
rêvé de l'avoir, chère mère; aucun mot ne peut exprimer  
ta valeur pour moi*

*A mon père, je ne peux jamais imaginer une vie sans  
toi, merci Pour ta patience, pour ton soutien infini; pour  
tes conseils d'or Tout à la langue de ma vie, j'espère que je  
serai une source de Fierté pour toi*

*Merci à mon mari (Dahma Mustafa) pour son soutien et  
à mes frères ( Nour Han ; Anfal; Nadjet; Ritadj; Hussein  
; Mohammed)*

*A mes grande-parents, mes tantes et oncles et toute la  
famille: Mehaya De  
près et de loin.*

*A mes collègues et amies*

*A mes enseignants et toute la promotion Master 2  
sciences de*

*l'environnement 2022\_2023*

***Ahlam***

# Dédicaces



*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :*

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour ces encouragements, son soutien et pour son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.*

*Merci à mon mari (Ilyas Medjlida) pour son soutien, et merci à ses parents.*

*A mon petit fils (Taha).*

*A mes frères (Said, Seghir, Karima, Kaltoum, Nadjat et Khadidja).*

*A mes amies (Ghazil, Nesrine, Samia, Imane, Ikram et Chaima) et mes chers collègues.*

*Et tout qui m'aide et compulse ce modeste travail.*

***OUM EL KHIR***

## ملخص

مركز مكب النفايات هو مجمع مصمم لإستعادة و معالجة النفايات دون التسبب في تلوث البيئة ، مع العلم أنها أقدم و أنجح طريقة لمعالجة النفايات ، .يعتبر مركز الردم ببوهرارة في منطقة غرداية ذا أهمية طاقوية ، بيئية و رأس مال إقتصادي، وهو يتألف من عدة أحواض لإستقبال جميع انواع النفايات بعد معالجتها ثم إعادة تدويرها.يتعلق تقييم العواقب الواضحة لمكب النفايات على الاقتصاد والمجتمع المجاور بالمعنى الدقيق والواسع لمفهوم التنمية المستدامة واحتراما للبيئة ، قمنا بتأسيس رحلات ميدانية إلى مركز الردم التقني للنفايات و الى المؤسسة العمومية الولائية لتسيير مراكز الردم التقني لولاية غرداية ، وقد لاحظنا أن عملية جمع وفرز النفايات تتم يوميا بكميات ضخمة ومهمة في منطقة مخصصة (منطقة الفرز)

من الناحية الطاقوية والاجتماعية والاقتصادية تستمر الكميات في الازدياد، فمنذ عام 2011 التي كانت كميات نفاياتها 10798.2014 طن مرورا بعام 2016 أصبحت كميات النفايات المسجلة 47138.65 طن حتى عام 2018 والتي قدرت كميات نفاياتها بأكثر من 72490.69 طن .يمكن أن توفر هذه الكميات من النفايات المجمعة بأفضل الطرق الطاقة لاستغلال هذه الغازات في إنتاج الحرارة أو الكهرباء ، من ناحية أخرى ، في المجال الزراعي ، فإن عملية دفن هذه النفايات في التربة الزراعية تعزز الخصوبة المثالية للتربة

الكلمات الدالة: مركز الردم التقني ، غرداية ، نفايات ، طاقة ، معالجة ، معاد تدويره

## Résumé

Le centre d'enfouissement des déchets est un complexe conçu pour récupérer et traiter les déchets sans causer de pollution de l'environnement, sachant que c'est la méthode la plus ancienne et la plus réussie pour le traitement des déchets. Le centre d'enfouissement de Bouhraoua dans la région de Ghardaïa est d'une importance énergétique, environnementale et économique capitale, il se compose de plusieurs bassins dans le but de réceptionner toutes sortes de déchets afin de les traiter puis les recycler. L'évaluation des conséquences évidentes résultant du CET sur l'économie et la société limitrophe au sens strict et au sens large porte sur la notion de développement durable et de respect de l'environnement. Nous avons par l'occasion d'établir des compagnies de sorties sur terrain au CET et à l'institution de gestion des Centres d'Enfouissement Technique de l'Etat de Ghardaïa (EPWGCET), nous avons bien constaté que le ramassage et le processus de tri des déchets s'effectue quotidiennement par des quantités énormes et importantes dans une zone dédiée (zone débris).

De point de vue énergétique et socio-économique, les quantités ne cessent d'augmenter, depuis 2011 dont les quantités des déchets chiffrées ont été 10798,2014 tonnes passant par l'année 2016 les quantités des déchets enregistrées deviennent 47138,65 tonnes jusqu'à 2018 dont les quantités des déchets estimées à plus de 72490,69 tonnes. Ces quantités des déchets collectés peuvent fournir par les meilleures méthodes énergétiques d'exploiter ces gaz dans la production de la chaleur ou d'électricité, par contre dans le domaine agricole les opérations d'enfouissement de ces déchets dans le sol agricole favorise une parfaite fertilité du sol.

**Mots- clés :** CET, Ghardaïa, déchets, énergies, traitement, recyclés.

## Abstract

The waste landfill is a complex designed to recover and treat waste without causing environmental pollution, knowing that it is the oldest and most successful method for waste treatment. The Bouhraoua landfill in the Ghardaïa region is of vital energy, environmental and economic importance, and consists of several ponds to receive all kinds of waste for milking and recycling. The evaluation of the obvious consequences of the Technical Landfill Center (TLC) on the economy and the bordering society in the strict and broad sense has to do with the notion of sustainable development and respect for the environment. We have the opportunity to establish companies of field outings to the TSC and the Management Institution of the Technical Landfill Centers of the Ghardaïa State (MITLCGS), we have found that the collection and waste sorting process is done daily by huge and large quantities in a dedicated area (sortingzone).

From the energy and socio-economic point of view, the quantities are constantly increasing, since 2011, when the quantities of waste measured were 10798,2014 tonnes passing through the year 2016 the quantities of registered waste become 47138,65 tonnes up to 2018 whose estimated waste quantities are over 72490.69 tonnes. These quantities of waste collected can provide by the best energy methods to exploit these gases in the heat or electricity production, on the other hand, in the agricultural field, operations to bury this waste in the agricultural soil promotes perfect soil fertility.

**Keywords:** CET, Ghardaïa, waste, energy, drafts, recycled.

## Liste d'abréviations

DUE : Déchets urbains des entreprises	EPIC : Etablissement Public Industriel Commercial
DUC : Déchets Urbains Communaux	GB : GéocompositesBentonitiques
DU : Déchets Urbains	PEHD : Polyéthylène A Haute Densité
DIB : Déchets industriels banals DIS : Déchets Industriels Spéciaux DF : Déchets Fermentescibles	MATE : Ministère d'Aménagement du Territoire et d'Environnement
DMA : Déchets Ménagers et Assimilés	ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement DPAT : Direction de Planification et d'Aménagement de territoire
DE : Déchets Encombrants	INVS : Institut National de la Veille Sanitaire
DS : Déchets Spécieux	PNGDM : Programme National de Gestion des Déchets Municipaux Km / kilomètre
DSD : Déchets Spécieux Dangereux	ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques
DAS : Déchets d'Activité de Soins DI : Déchets Inertes	ONM : Office National de Météorologie
DR : Déchets Radioactifs m <sup>3</sup> : mètre cube	°C : Degré Celsius
T : Tonne	mm : Millimètre m/s : mètre/second
T° : Température	
T°min : Température minimale	
T°max : Température maximale	
T°moy : Température moyenne	
T/j : Tonne/jour	
T/mois : Tonne/mois	
He : Hectare	
Ha : Habitants	



## Liste des figures

Titre	Page
<b>Figure 01:</b> Carte de localisation de la willaya de Ghardaïa.....	5
<b>Figure 02:</b> Coupe géologique et schématique de la vallée de M’Zab(ANRH, 2018).....	6
<b>Figure 03:</b> Evolution de la température en 2017 dans la région de Ghardaïa.....	8
<b>Figure 04:</b> Coupe d’un CET de classe II.....	11
<b>Figure 05:</b> Composantes du système de couverture dans un CET.....	12
<b>Figure 06:</b> Localisation du CET de Bouhraoua (Google Earth, 2023).....	14
<b>Figure 07:</b> Arrivée peser et enregistrement du camion au Poste de contrôle du CET	16
<b>Figure 08:</b> Déchargement de la quantité des déchets (le tri manuel) et le terrassement par un Bull(C).....	17
<b>Figure 09:</b> Compactage par compacteur et récupération de lixiviats dans un bassin de stockage.....	17
<b>Figure 10:</b> Impact d’une décharge sauvage sur l’environnement (Zebdji, 2000).....	22
<b>Figure 11:</b> Illustration le bassin de lixiviat (Kihal, 2015).....	25
<b>Figure 12:</b> Composition du biogaz en fonction de l’âge de la décharge (Farquhar et Rovers, 1973 In Billards, 2000).....	27
<b>Figure 13:</b> Quantité de déchet en tonne traités dans le CET de Bouhraoua (2011 au 2018) .....	33
<b>Figure 14:</b> Pourcentage de matériaux récupérés par rapport à la quantité de déchets au CET de Bouhraoua du 2011 au 2018.....	33

## Liste des tableaux

Titre	Page
<b>Tableau 01:</b> Découpage de la wilaya de Ghardaïa (Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière).....	5
<b>Tableau 02:</b> Précipitations moyennes annuelles de la région de Ghardaïa pour la période de 2008 à 2017 (ANRH, 2018).....	7
<b>Tableau 03:</b> Températures moyenne annuelle, minimale et maximale pour la période de 2008 à 2017 (ANRH, 2018 et ONM).....	8
<b>Tableau 04:</b> Exemple d'évolution démographique de la population de Ghardaïa (la commune d'El-Atteuf d 2014 au 2020) (DPAT, 2020).....	9
<b>Tableau 05:</b> Recensement général de la population et de la population (RGPH),...	9
<b>Tableau 06:</b> Caractéristiques techniques du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Bouhraoua.....	15
<b>Tableau 07:</b> Moyens humains de la décharge contrôlée (CET de Bouhraoua) en 2021.....	15
<b>Tableau 08:</b> Moyens matériels de la décharge contrôlée (CET de Bouhraoua) en 2021.....	16
<b>Tableau 09:</b> Durée de décomposition de quelques déchets ménagers (Hutchinson, 2007).....	21
<b>Tableau 10:</b> Evolution du volume de déchets et des moyens affectés à leur gestion à Alger (Mezouari, 2002 in Aina, 2006).....	24
<b>Tableau 11:</b> Influence de la nature des déchets sur la production du gaz de décharges et sur sa teneur en méthane (Perraud, 2009).....	28
<b>Tableau 12.</b> Caractéristiques générales des CET et Qualités des déchets trier et enfouis dans la zone de Bouhraoua et Ghardaïa.....	32
<b>Tableau 13.</b> Quantités des déchets trier et enfouis dans les CET de la région de Ghardaïa depuis 2011 au 2021.....	36

# Table de Matières

Remerciements

Dédicaces

ملخص

Résumé

Abstract

Liste

d'abréviationsListe

des figuresListe des

tableaux

Introduction ..... 2

## Chapitre I : Matériel et Méthode

1. Présentation de larégion d'étude..... 5

1.1. Localisation de la région de Ghardaïa ..... 5

1.2. Cadre physique et géomorphologique ..... 6

1.2.1. Relief ..... 6

1.2.2. Réseau hydrographique et eaux souterraines ..... 6

1.2.3. Climat ..... 7

1.2.4 Evolution de lapopulation..... 8

1.2.5. Typologie del'habitat ..... 8

2. Généralités sur les CET ..... 10

2.1. Définition de CET ..... 10

2.2. Classification des centres d'enfouissement Techniques..... 10

2.2. 1. CET de classe I ..... 10

2.2. 2. CET de classe II ..... 10

2.2.3. CET de classe III ..... 11

2.3. Réalisation d'un CET ..... 11

2.3.1. Critères du choix des sites ..... 11

2.3.2. Aménagements de base (Sécurité active et sécurité passive) ..... 11

2.4. Types de géomembrane et cadre réglementaire ..... 12

2.5. Différents modes d'élimination et de traitement des déchets .....	13
<b>3. Centre d'Enfouissement Technique de Bouhraoua-Ghardaïa.....</b>	<b>14</b>
3.1. Localisation du CET de Bouhraoua .....	14
3.2. Aperçu sur le CET de Bouhraoua.....	14
3.3. Mission et procédure de CET .....	15
3.4. Moyens humains et matériel du CET de Bouhraoua.....	15
3.5. Etapes de traitement des déchets au niveau de CET .....	16
<b>4. Gestion des déchets .....</b>	<b>18</b>
4.1. Définition de déchet.....	18
4.2. Classification des déchets .....	18
4.2.1. Selon la nature .....	18
4.2.2. Selon leur origine .....	18
4.2.3. Selon la législation Algérienne.....	19
4.3. Impact des déchets sur l'environnement .....	19
4.4. Gestion des déchets solides .....	22
4.4.1. Collecte de déchets solides .....	22
4.4.2. Méthodes d'élimination et de traitement des déchets.....	23
4.5. Gestion des déchets en Algérie.....	24
4.5.1. Traitement biologique.....	24
4.5.2. Traitement thermique .....	24
4.6. Potentiel polluant des centres d'enfouissement technique CET.....	25
4.6.1. Impact sur les eaux .....	25
4.6.2. Facteurs influençant les lixiviats .....	25
4.7. <i>Biogaz</i> .....	26
4.7.1. <i>Gaz</i> .....	26
4.7.2. Mécanisme de formation du gaz.....	26
4.7.3. Facteurs conditionnant la production du biogaz.....	27
4.7.4. Toxicité et explosivité des différents constituants du biogaz .....	28
4.7.5. Autres nuisances .....	29

## **Chapitre II : Résultats et discussions**

<b>1. Résultats et discussions .....</b>	<b>30</b>
1.1. Quantité et qualité des déchets traités.....	31
1.2. Élimination des lixiviats .....	34
<b>Conclusion .....</b>	<b>35</b>

<b>Références bibliographique .....</b>	<b>37</b>
---	-----------

# **Introduction**

## **Introduction**

L'activité humaine en matière du stockage des déchets date réellement des débuts de l'ère industrielle ou la consommation des produits a entraîné une production de déchets supérieure à la capacité d'assimilation des milieux. La technicité de cette activité a fortement progressé et les changements du vocabulaire pour nommer les installations concernées avaient connu une évolution réglementaire des textes qui les régissent : d'abord désignées sous le terme de décharge puis centre d'enfouissement technique (CET) (Chassagnak,2008).

L'objectif essentiel du stockage est d'entreposer les déchets en veillant à garantir les conditions nécessaires pour maîtriser l'impact des déchets stockés sur l'environnement, notamment à moyen et long terme. Ces conditions concernant aussi bien la nature des déchets susceptibles d'être admissibles au centre d'enfouissement technique (INVS,2004).

La réglementation s'est intéressée aux modes de gestion et d'élimination des déchets, afin d'en contrôler les effets sur l'environnement (Billard, 2000). A cet effet, la réalisation des CET présente une rupture avec les pratiques archaïques de dépôt de tous types de déchet dans des décharges sauvages et un mode d'élimination respectueux pour l'environnement mais aussi à la fois économique (MATE, 2005).

En Algérie, les dispositions de la loi 01-19 relative à la gestion et d'élimination des déchets ont institué l'obligation de se doter d'outil de planification et de gestion des déchets ainsi un Programme National de Gestion des Déchets Municipaux (PNGDM) au niveau des villes les plus importants a été initié, il vise notamment la réalisation, l'aménagement et l'équipement de centre d'enfouissement technique (CET) dans l'ensemble des wilayas.

La wilaya de Ghardaïa et dans le cadre du PNGDM, a bénéficié de l'un des plus importants projets pour l'année 2012. Il s'agit du centre d'enfouissement technique de Bouhraoua et Metlili. Ce centre reçoit les déchets ménagers et assimilés de la cuvette de Ghardaïa et présente une opportunité et un appui pour l'environnement de la wilaya.

Or les sites d'enfouissement technique posent problème en grande partie parce qu'ils ne sont pas sécuritaires à cause de propriétaires indigents ou de normes réglementaires trop souples (Quintus, 2007).

Néanmoins, les prescriptions réglementaires régissant la conception des centres de stockages de déchets, varient d'un pays à un autre. Cette variation dépend de plusieurs facteurs dont la volonté politique, les stratégies et les pratiques de gestions des déchets au niveau des autorités locales, la pression des mouvements écologiques. L'installation de ces centres exige la mise en place d'un dispositif qui soit capable de limiter tout risque sur l'environnement.

La mise en évidence de l'importance de la caractérisation des déchets, non seulement pour prendre position sur les choix de traitement, mais de plus pour apporter des éléments basiques de paramétrage de ces choix, principalement pour le compostage (Kihal, 2015).

Dans ce contexte, le présent travail a pour objet, l'étude des, le but de notre étude est basée sur l'évaluation des effets positives ou négatives résultant du centre CET sur l'économie ou la société limitrophe au sens stricte ou état au senslarge.



# **Chapitre I**

## **Matériel et Méthode**

## 1. Présentation de la région d'étude

### 1.1. Localisation de la région de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa est située au centre de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 84.660 Km<sup>2</sup> avec une population de 493.940 habitants (DPAT, 2020, avant la nouvelle division administrative). Elle est limitée (Figure01):

- Au Nord par la wilaya de Laghouat à (200Km).
- Au Nord Est par la wilaya de Djelfa à (300Km).
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla à (200Km).
- Au Sud par la wilaya d'El Menéa à (270Km).
- A l'Ouest par la wilaya d'El-Bayad à (350Km).

**Tableau 01** : Découpage de la wilaya de Ghardaïa (Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière)

Dairas	Communes	Superficies (Km <sup>2</sup> )
<b>Ghardaia</b>	Ghardaïa	306
<b>Daya</b>	Daya	2.235
<b>Berriane</b>	Berriane	2.610
<b>Metlili</b>	Metlili	5.010
	Sebseb	4.367
<b>Guerrara</b>	Guerrara	3.382
<b>Zelfana</b>	Zelfana	1.946
<b>Bounoura</b>	Bounoura	779
	El-Atteuf	717



**Figure 01** : Carte de localisation de la wilaya de Ghardaïa.

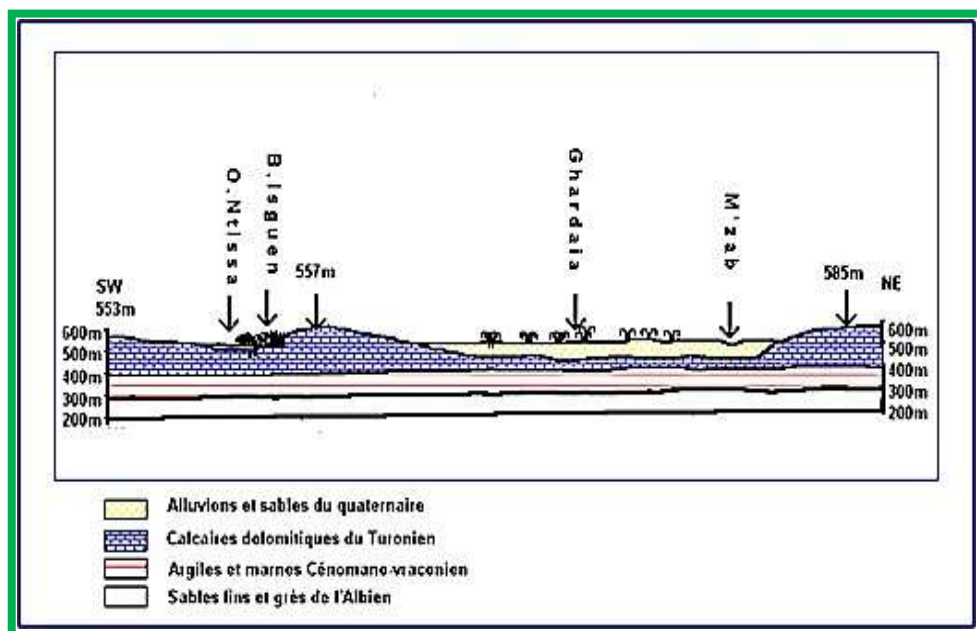
## 1.2. Cadre physique et géomorphologique

### 1.2.1. Relief

Du point de vue géologique, les vallées des oueds sont situées aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau sub-horizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab".

Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 m. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféro-flux (nappes phréatiques) (Figure 02).

Géologiquement, la région repose sur plusieurs formations, ce qui donne à la commune un aspect diversifié, ces formations sont issues principalement du Mio-pliocène constitué de sable et d'argile, et du Quaternaire, présent sous forme d'alluvions, de dépôts fluviaux, de dunes et d'argile.



**Figure 02 :** Coupe géologique et schématique de la vallée de M'Zab (ANRH, 2018).

### 1.2.2. Réseau hydrographique et eaux souterraines

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des

cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie.

- A l'amont, elle est bonne à la consommation.
- A l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines.

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grésos-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000 m. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minimale, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique (ANRH, 2018)

### 1.2.3. Climat

Le climat de la région est typiquement saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'Octobre à Mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver. L'évaporation est très élevée, à cause du climat aride et aux précipitations très faibles.

Les Précipitations Selon les données statistiques, sur une période d'observation de 10 ans (Tableau 02), la pluviométrie est très faible. La moyenne annuelle est de 74.95 mm. Le nombre de jours de pluies ne dépasse pas Onze (11) jours (entre les mois de janvier et mars).

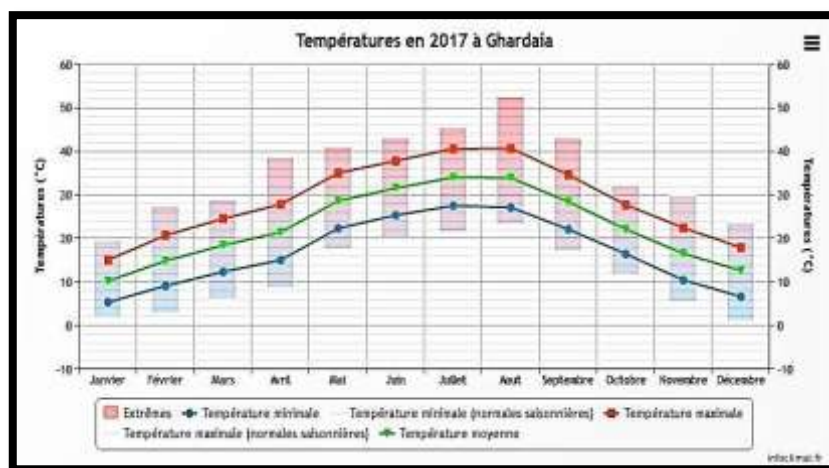
**Tableau 02 :** Précipitations moyennes annuelles de la région de Ghardaïa pour la période de 2008 à 2017 (ANRH, 2018).

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>P (mm/an)</b>	<b>115.1</b>	<b>130.1</b>	<b>42.4</b>	<b>153.9</b>	<b>39.9</b>	<b>62.2</b>	<b>35.3</b>	<b>47.5</b>	<b>17.51</b>	<b>31</b>

Les Températures sont importantes dont les mois les plus chaudes sont juin, juillet, août et septembre pouvant enregistrer une température estivale atteignant une température maximale de 47 °C en juillet et une température minimale de 25 °C. Les mois les plus froids sont décembre, janvier et février enregistrant une température minimale de -1 °C et une température maximale égale à 14 °C. La température moyenne est de l'ordre de 23 °C (Tableau 03 et Figure 03).

**Tableau 03.** Températures moyenne annuelle, minimale et maximale pour la période de 2008 à 2017 (ANRH, 2018).

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
T° max (°C)	46	45	46	45	47	46	46	45	44	45
T° min (°C)	02	03	01	03	-01	03	02	01	04	03
T° moy (°C)	23	22	23	22	23	24	23	23	19	25



**Figure 03.** Evolution de la température en 2017 dans la région de Ghardaïa.

### 1.2.4 Evolution de la population

Sur la base des données du dernier recensement (RGPH, 2008), le nombre de la population est estimé à 20896 habitants, avec un taux d'accroissement moyen de l'ordre de 1.71%.

Le tableau 04 représentant l'évolution de la population sur plusieurs années, traduit dans sa lecture attentive un pic au niveau du taux d'accroissement qui est de l'ordre de plus de 4.3 au niveau de la période comprise entre 2016 et 2018, du probablement par certains atouts attractifs dont jouit la commune.

### 1.2.5. Typologie de l'habitat

Le constat établi nous renseigne sur la généralisation de l'habitat individuel au niveau de l'ensemble du territoire de la commune et répartis d'une manière inéquitable entre résidentiel, promotionnel et social.

**Tableau 04** .Exemple d'évolution démographique de la population de Ghardaïa (la commune d'El-Atteuf d 2014 au 2020) (DPAT, 2020)

Année	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Population</b>	18680	19057	19430	19800	20170	20535	20896

En matière de perspective de l'évolution de la ville et dans le cadre du respect des orientations du plan d'aménagement urbain et d'urbanisme adopté par les collectivités locales, les informations obtenues au niveau de la DLEP confirment l'existence d'un riche programme de logements représenté par le tableau suivant (Tableau 05):

**Tableau 05.** Recensement général de la population et de la population

Noms de l'agglomération	Type d'agglomération	N. des constructions	N. des Logements	Total pop
<b>Zone Eparsé</b>	ZE	52	55	194
<b>Zone Agg. El Atteuf</b>	ACL	5055	4662	19562
<b>Zone Des Sciences</b>	AS	1038	972	602
<b>Zone Des Activites</b>	AS	162	26	63
<b>El Hamrayate</b>	AS	635	600	753
<b>Zone Agricole El Djaoua et Aoulaoual</b>	AS	538	85	232
<b>Totale</b>		7480	6400	21406

## **2. Généralités sur les CET**

### **2.1. Définition de CET**

Un Centre d'Enfouissement Technique (CET) est un site clôturé, gardienné mais fermé au public. C'est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumise à autorisation préfectorale (article 7, loi du 15 juillet 1975) (Berthlon, 2003).

### **2.2. Classification des centres d'enfouissement Techniques**

Selon le type de déchets admis, il existe trois classes de CET :

#### **2.2. 1. CET de classe I**

Réservé aux déchets dits industriels, spéciaux ou toxiques. Ces CET assurent un confinement des déchets par une barrière géologique d'au moins de 5 m dont le coefficient de perméabilité est inférieur à  $10^{-9}$  m/s et d'une géomembrane sur le fond et les flancs d

l'installation où les percolas sont drainés. Dans ce type de CET, un écran imperméable (géomembrane et barrière géologique) recouvre le site à la fin de l'exploitation (Ouadjenia, 2004) et recevant des déchets dangereux (Berthlon, 2003).

#### **2.2. 2. CET de classe II**

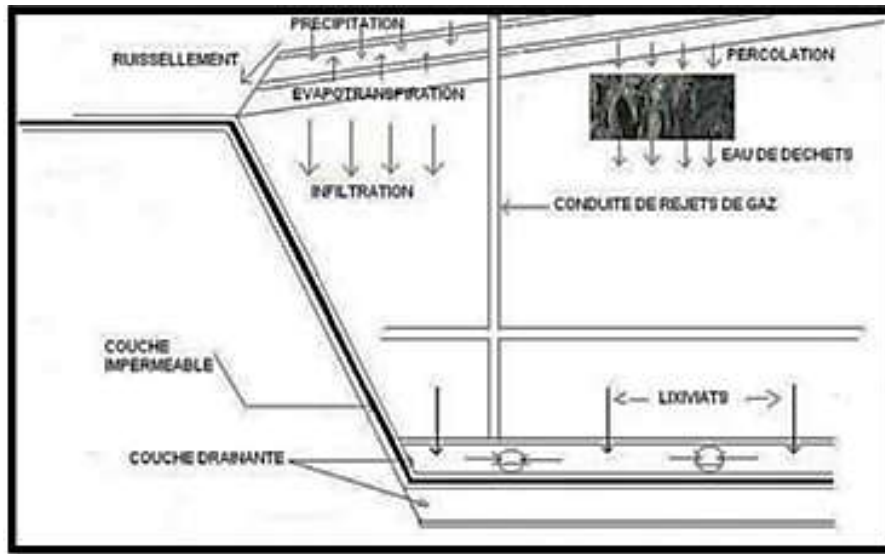
II sont basés sur le principe de confinement. Il consiste à isoler les déchets du milieu naturel afin de mieux gérer les polluants qui en résultent. Le confinement est basé sur la sécurité passive, la sécurité active et la couverture qui dépend du type de déchet stocké. Le confinement est décidé en réponse à plusieurs préoccupations:

- Assurer la réduction des entrées et sorties d'eau du site ;
- Assurer un drainage efficace des lixiviats afin d'éviter toute percolation à travers lesol
- Assurer la pérennité du système de confinement pendant plusieurs dizaines d'années correspondant à la lente évolution des déchets (Berthlon,2003).

Afin d'atteindre ces objectifs il est nécessaire de mettre en place deux niveaux de sécurité (Berthlon, 2003) :

- La sécurité active qui regroupe l'ensemble des moyens mis en place par l'exploitant lors des différentes phases de l'exploitation pour prévenir et éviter les risques de pollution ou les nuisances ;

- La sécurité passive, qui regroupe l'ensemble des moyens, qui en cas de défaillance de la sécurité active, minimise les effets d'une pollution potentielle.



**Figure 04.** Coupe d'un CET de classe II (Berthlon, 2003).

### 2.2.3. CET de classe III

Ils sont destinés à recevoir les déchets inertes et assurent un confinement des déchets par une barrière géologique d'au moins de 1 m dont le coefficient de perméabilité est inférieur à  $10^{-6}$  m/s et se caractérise par la migration trop rapide des lixiviats constituant un risque élevé de la pollution des nappes phréatiques (Berthlon, 2003).

## 2.3. Réalisation d'un CET

### 2.3.1. Critères du choix desite

MATE en (2005), élabore les schémas communaux et conçoit les programmes de formation et de sensibilisation qui conditionnent la réalisation des centres d'enfouissement techniques.

### 2.3.2. Aménagements de base (Sécurité active et sécurité passive)

Les CET fondent l'objet d'un aménagement spécifique en matière étanchéifiés. Si l'on considère que l'eau constitue le vecteur essentiel de l'exportation (Gettouche, 2008). Ainsi, la définition des moyens de protection des eaux souterraines et des critères assignés à la barrière passive constitue les points les plus importants, où chaque site constitue un cas apart.

D'après Kehila et *al.* (2011), le confinement des déchets et des lixiviats formés est

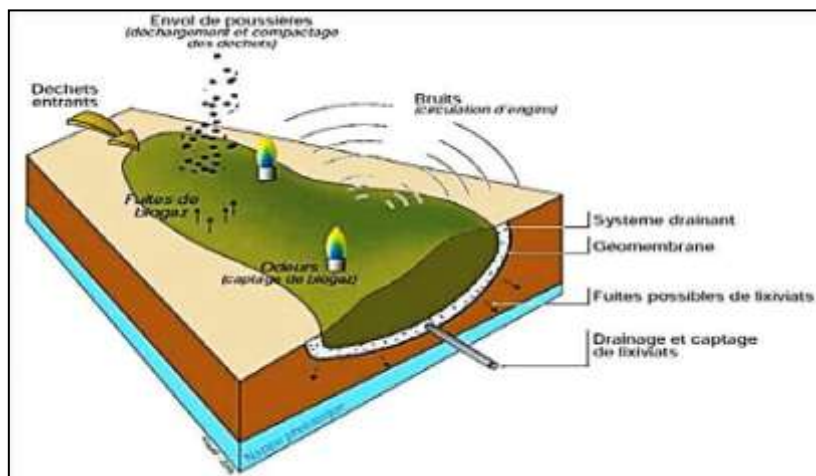


assuré par l'étanchéité du site réalisée par une structure multicouche constituée en bas d'une barrière de sécurité passive ; comprend une géo-membrane placée directement sur la couche d'argile. Puis un géotextile pour protéger le système d'étanchéité du poinçonnement que pourrait exercer le massif drainant se situant au-dessus.

### 2.3.3. Couverture finale

Selon Bertholon (2003), la couverture sera semi-perméable (cas des CET des DMA), afin de laisser pénétrer une quantité d'eau suffisante à la biodégradation. Elle se compose de bas en haut :

- D'une couche drainante dans laquelle se situe le réseau de drainage et de captage du biogaz ;
- D'un écran semi-perméable constitué de matériaux naturels argileux remaniés et compactés sur une épaisseur d'au moins un mètre ou tout dispositif équivalent;
- D'une couche drainante limitant les infiltrations des eaux de pluies dans le stockage;
- D'une couche de terre végétale favorisant la revégétalisation et l'évapotranspiration.



**Figure 05.** Composantes du système de couverture dans un CET (Chikbouni, 2009).

### 2.4. Types de géomembrane et cadreréglementaire

Aujourd'hui il existe essentiellement deux types de géo membrane utilisé en CET :

- A base de géocomposites bentonitiques (GB);
- A base de polymères synthétiques, polyéthylène à haute densité (PEHD) (Bertholon, 2003).

Le confinement prévu par les réglementations algériennes, loi du 12 décembre 2001 relative la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets a été établi en réponse à

certaines préoccupations liées à l'expérience passée sur les décharges, il a pour objectifs d'assurer :

- Une réduction de la vitesse d'écoulement des rejets.
- Un drainage efficace des lixiviats afin de réduire les percolations à travers le sol.
- Une pérennité du système de confinement pendant plusieurs dizaines d'années correspondant à la lente évolution des déchets (Kouloughli, 2007).

### **2.5. Différents modes d'élimination et de traitement des déchets**

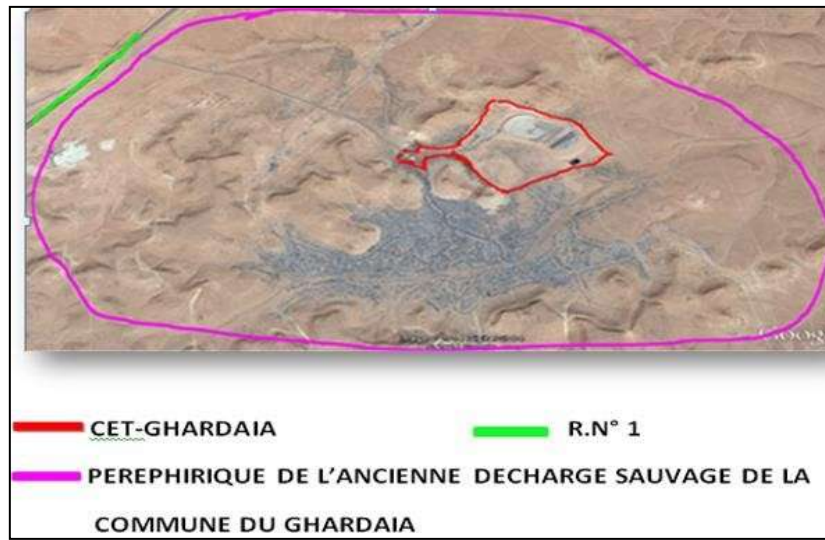
On distingue trois grands modes de traitement des déchets solides urbains :

- Le traitement biologique (compostage, méthanisation);
- Le traitement thermique (incinération, pyrolyse);
- Les décharges contrôlées ou centre d'enfouissement technique des déchets (CET) (Saoucha et Seghouani ; 2008).

### 3. Centre d'Enfouissement Technique de Bouhraoua-Ghardaïa

#### 3.1. Localisation du CET de Bouhraoua

Le centre d'enfouissement technique de la vallée M'Zab est implanté à environ 11km au Nord-Est du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa, sur le site de l'ancienne décharge. Cette unité a une nature juridique : Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC). La date de mise en service est mai 2011.



**Figure 06.** Localisation du CET de Bouhraoua (Google Earth, 2023).

#### 3.2. Aperçu sur le CET de Bouhraoua

Le centre reçoit les déchets ménagers des communes de Daïa Bendahoua, El-Atteuf, Ghardaïa et Bounoura. Il dessert une population estimée à 205.248 Habitants (2020). Ces caractéristiques sont résumés dans le tableau suivant (Tableau 06) et la décharge contrôlée dispose de:

- ✓ Clôture complète mixte (dur et Zimmerman)
- ✓ Postedégradé
- ✓ Locaux administratifs (Bureau de chef centre, loge de contrôle et de pesées)
- ✓ Pont-bascule
- ✓ Bâche à eau
- ✓ Abri pour les engins
- ✓ Poste de transformation et groupe électrogène

**Tableau 06.** Caractéristiques techniques du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Bouhraoua

Caractéristiques techniques du centre	
Superficie	<b>16 He</b>
Durée d'exploitation prévue	<b>6 ans</b>
Nombre de casier	<b>02</b>
Volume casier- 01	<b>16500 m<sup>3</sup></b>
Capacité casier- 01	<b>68912 T</b>
Bassin de Lixiviat:	<b>02</b>
Volume de bassin Lixiviat	<b>520 m<sup>3</sup></b>
Quantité journalière moyenne admise en déchets	<b>100T/j</b>
Caractéristiques techniques du centre	<b>40T/mois</b>

### 3.3. Mission et procédure de CET

Cette établissement est doté pour :

- ✓ Contrôle et sélection des déchets ménagers réceptionnés
- ✓ Traitement et entassement des déchets ménagers de lavallée
- ✓ Récupération des matériaux à recycler
- ✓ Assistance au volontariat avec les collectivités locales
- ✓ La coopération en domaine de protection de l'environnement

### 3.4. Moyens humains et matériel du CET de Bouhraoua

- Moyens humains : Le tableau ci-après (Tableau 07) résume l'ensemble des moyens humains qui travaillent au CET de Bouhraoua

**Tableau 07 :** Moyens humains de la décharge contrôlée (CET de Bouhraoua) en 2021.

N°	Fonction	Nombre
<b>01</b>	Chef centre	<b>01</b>
<b>02</b>	Agent pour pèse	<b>01</b>
<b>03</b>	Chauffeur engin et camions	<b>03</b>
<b>04</b>	Agent de Gardiennage	<b>08</b>
<b>05</b>	Contrôleur déchets	<b>01</b>
<b>06</b>	Agent de nettoyage	<b>01</b>

- Moyens matériels : Les moyens matériels de la décharge contrôlée son résumés dans le tableau 08:

**Tableau 08 :** Moyens matériels de la décharge contrôlée (CET de Bouhraoua) en 2021.

N°	Désignation	Nombre
01	Camion-benne	02
02	Camion-citerne	01
03	Bulle	01
04	Rétro-Chargeur	01
05	Chargeur	01
06	Pont bascule	01
07	Compacteur	01
08	Tracteur	01
09	Groupe Electrogène	01
10	Citerne de 8 m <sup>3</sup>	02
11	Chargeur batterie	01
12	Karcher	01
13	Véhicule de service	01

### 3.5. Etapes de traitements des déchets au niveau de CET

La gestion des déchets ménagers générés par plusieurs étapes au niveau de CET :

**1<sup>ère</sup> étape :** Pendant l'arrivée du camion, agent prélève un échantillon de déchets pour contrôler la nature des déchets (Figure 07A)

**2<sup>ème</sup> étape :** le camion est dirigé vers le pont bascule afin d'évaluer (pesée) la quantité des déchets à décharger (Figure 07B et C)



**Figure 07.** Arrivée, peser et enregistrement du camion au Poste de contrôle du CET

**3<sup>ème</sup> étape:** une fois la quantité déchargée, le personnel chargé du tri procèdent au tri manuel à l'aide des gants des dits déchets faute d'inexistence d'une chaîne de tri mécanisée (Figure08D)

**4<sup>ème</sup> étape:** cette opération consisté terrassement et nivellement par bull (Figure 08E).



**Figure 08.** Déchargement de la quantité des déchets (le tri manuellement) et le terrassement par un Bull (C).

**5<sup>ème</sup> étape :** cette opération consistée au compactage (Figure 09F).

**6<sup>ème</sup> étape :** Récupération des lixiviats (Figure 09G).



**Figure 09.** Compactage par compacteur et récupération de lixiviats dans un bassin de stockage

## **4. Gestions des déchets**

### **4.1. Définition de déchet**

Un déchet peut être définie de différents manières selon le domaine et l'intérêt d'étude et parfois l'origine et l'état du déchet.

La loi N°01-19 du 12/12/2001, article 3 du journal officiel de la république algérienne N° 77 (2001), définit un déchets comme : " Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont la propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer".

### **4.2. Classification des déchets**

#### **4.2.1. Selon la nature**

Le guide des techniques communales pour la gestion des déchets ménagers et assimilés du Ministère d'Aménagement du Territoire et d'Environnement (2003), présente une classification des déchets selon leur nature physique en 03 catégories :

1. Déchets solides : ordures ménagères, emballages, gravats...etc.
2. Déchets liquides : huiles usagés, peintures, rejet de lavage...etc.
3. Déchets gazeux : biogaz, fumées d'incinération...etc.

#### **4.2.2. Selon leur origine**

On distingue :

1. Déchets Urbains (DU) : Tous déchets issus de ménagers, déchets de commerce et de l'industrie assimilables aux déchets ménagers, déchets encombrants, déchets verts (greffage des arbres, espaces verts), déchets des marchés, déchets de nettoyage des voies publiques, déchets hospitaliers, déchets de construction et de démolition, boues de traitement des eaux. L'élimination de ces déchets doit être assurée par les collectivités (Abderrezak, 2000 ; Naghel, 2003).
2. Déchets Urbains Communaux (DUC): Déchets ménagers (ordures ménagères, déchets encombrants, déchets collectés sélectivement) et déchets de composition analogue, ainsi que les déchets issus des administrations communales. (Abderrezak, 2000 ; Naghel, 2003).
3. Déchets urbains des entreprises (DUE): Déchets ménagers produits par les entreprises et qui font l'objet d'une collecte privée. (Abderrezak, 2000 ;

Naghel, 2003).

4. Déchets industriels : Ils sont classés en 04 catégories:
  - Déchets industriels banals (DIB).
  - Déchets industriels spéciaux (DIS).
  - Déchets inertes.
  - Les déchets fermentescibles (DF) (Naghel, 2003).
5. Déchets agricoles : L'activité agricole peut générer 03 types de déchets:
  - Des résidus de l'industrie agroalimentaire;
  - Des déchets de cultures;
  - Des déjections animales de l'élevage.

#### **4.2.3. Selon la législation Algérienne**

La loi N° 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets arrête les définitions de six grandes familles de déchets, qui sont :

- Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) : Tous les déchets provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres.
- Déchets encombrants (DE) : Tous déchets issus des ménages.
- Déchets spéciaux (DS) : Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités.
- Déchets spéciaux dangereux (DSD) : Tous déchets qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.
- Déchets d'activité de soins (DAS) : Tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines humaine et vétérinaire.
- Déchets inertes (DI) : Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation.
- Déchets radioactifs (DR) : représentent les matières contenant ou contaminées par des radioéléments à des concentrations ou activités supérieures aux limites d'exemption (Balet, 2008).

#### **4.3. Impact des déchets sur l'environnement**

L'augmentation continue de la population humaine et le changement des modes de consommations entraînent forcément la multiplication des déchets solides de diverses origines. Dans les pays en développement; la décharge constitue l'issue ultime pour plus de



90 % de déchets récoltes (Thonart et *al.*, 2005). Si ces dépôts sont incontrôlés entraînent des nuisances qui vont se propager dans l'environnement. Un déchet ménager peut se dégrader lentement comme, le plastique ou autre ou rapidement (Tableau09).

La présence des déchets d'hôpitaux dans les déchets ménagers, constitue une source potentielle de maladies graves (telle que l'hépatite ou infections graves) pour les chiffonniers et recycleurs qui déambulent sur les déchets pieds nus ou trop peu protégés (Thonart et *al.*, 2005). Citons encore le cas des déchets dangereux qui seraient lessivés par les eaux de pluies et diffuseraient dans le sol en contaminant la nappe (Ngo et Regent, 2008).

Dans d'autres cas même si le déchet est inerte, s'il est présent en mélange avec d'autres déchets, il peut s'avérer dangereux ; c'est en effet de la coexistence de plâtre avec des ordures ménagers peut permettre aux bactéries sulfato-réductrices de produire un dégagement important de disulfure d'hydrogène H<sub>2</sub>S toxique et nauséabond (Koller, 2009). En plus de la détérioration de paysage, le dépôt des ordures affecte la santé des populations environnantes par les odeurs indésirables, attraction des animaux (chiens, rats...etc.), ce qui favorise la diffusion des maladies graves (la rage, le choléra). Sans oublier les fumées nocives et les éléments toxiques des batteries et des piles libérées lors de la mise en feu des déchets (THONART et *al.*, 2005). Zebdji (2000), nous a présenté les différents impacts environnementaux d'une décharge dans la figure ci-dessous (Figure 10).

**Tableau 09.** Durée de décomposition de quelques déchets ménagers (Hutchinson, 2007).

Type de déchet	Durée de vie décomposition
Mouchoir en papier	3 mois
Ticket de bus	de 3 à 4 mois
Journal	de 3 à 12 mois
Pelures de fruit	de 3 mois à 2 ans
Allumette	6 mois
Chaussette en laine	1 an
Mégot de cigarette	de 1 à 5 ans
Chewing-gum	5 ans
Planche de bois	de 13 à 15 ans
Boîte de conserve	de 10 à 100 ans
Briquet jetable	100 ans
Canette en aluminium	de 200 à 500 ans
Sac en plastique	450 ans
Bouteille en plastique	de 100 à 1000 ans
Fil de pêche en filet en nylon	600 ans
Polystyrène expansé	1000 ans
Bouteille en verre	Quasi illimitée



**Figure 10.** Impact d’une décharge sauvage sur l’environnement (Zebdji, 2000).

Selon Zebdji (2000), les émissions issues des décharges sauvages (lixiviats, gaz, poussières....) entraînent :

#### 4.4. Gestion des déchets solides

D’après Hadri (2005), La gestion des déchets solides nécessite la connaissance de certaines données de type :

- Démographiques
- Socio-économiques
- Quantitatives de production de déchets
- Décomposition de déchets et ceux pour réaliser les buts suivants:
  - Connaître la situation actuelle pour l’élaboration des variantes d’amélioration possible;
  - la détermination des besoins et de l’évolution;
  - connaître leur composition pour choisir le traitement adéquat (mise en décharge, Compostage, ...etc.) et évaluer les impacts sur l’environnement.

##### 4.4.1. Collecte de déchets solides

La collecte de déchets solides est l’opération de ramassage et de transport des déchets dans des conditions hygiéniques ou une décharge. Suivant les pays et la nature des déchets, il existe plusieurs modes de collectes (Hadri ,2005):

- Collecte ordinaire (ouvert) : Consiste à placer les déchets dans des poubelles;

- Collecte hermétique : Présente une meilleure hygiène que la précédente. Elle consiste à vider les poubelles au moyen d'un dispositif étanche;
- Collecte en sac : Procédé parfaitement hygiénique mais les sacs peuvent se déchirer pendant la collecte;
- Collecte pneumatique : Consiste à un transport de déchets depuis le vide d'ordures jusqu'au lieu de stockage et de traitement par le biais de conduites pneumatiques souterraines;
- Collecte sélective : C'est un procédé qui demande la collaboration des habitants et ainsi le recyclage de quelques articles tels que : verre, plastique, papier, métaux (Hadri,2005).

#### **4.4.2. Méthodes d'élimination et de traitement des déchets**

- La mise en décharge : Cette option peut être utilisée comme mode de traitement unique ou comme solution de secours de complément des autres procédés (Chaouchi,2000).
- Le compostage : C'est le processus biologique assurant la décomposition des constituants organiques stables riches en composés humiques (Mustin,1987).
- L'incinération : C'est la technique choisie par de nombreux syndicats intercommunaux en raison d'avantages majeurs (Belaïb,2012).

#### **4.5. Gestion des déchets en Algérie**

En Algérie, la situation en matière d'hygiène et de publique s'est fortement dégradée en dépit des efforts consentis par le passé par l'Etat. Elle est due en grande partie aux insuffisances constatées dans la gestion des déchets municipaux dont les volumes sont en augmentation considérable parallèlement à un développement non maîtrisé de la taille des agglomérations urbaines (MATE, 2005) (Tableau 10).

Selon l'enquête réalisée par les services de MATE en 2005, la quantité globale de déchets municipaux générés annuellement est évaluée à environ 8.5 million de tonnes y inclus environ 1.5 million de tonnes de déchets industriels assimilables à des déchets urbains, ainsi qu'ils ont recensé plus de 3000 décharges sauvages sur le territoire national occupant une superficie de l'ordre de 150 00 hectares.

**Tableau 10.** Evolution du volume de déchets et des moyens affectés à leur gestion à Alger  
(Mezouari, 2002 *in* Aina, 2006).

Années	Taille des villes	Production (Kg/hab/j)	Moyen saffectés (personnels)	Moyen saffectés (matériels)
1980	Villes moyennes	0,5	1 agent pour 1500 habitants	-
	Grandes villes	-		
2000	Villes moyennes	1,0	1 agent pour 1500 habitants	1 véhicule pour 7500 habitants
	Grandes villes	1,2		

#### 4.5.1. Traitement biologique

La dégradation matière organique peut se dérouler en milieu aérobie ou anaérobie, la mise à disposition d'air lors de cette dégradation induit une réaction de fermentation aérobie : c'est le principe du compostage (Lopez, 2002).

1. Compostage : est un processus biologique dans lequel les déchets organiques sont transformés par les micro-organismes du sol en une terre noire riche en matière nutritive appelé composte. La production de ce composte exige la collecte sélective des déchets organiques à la source (Saoucha et Seghouani ; 2008). Tous les déchets organiques sont compostables:
2. Méthanisation : C'est un traitement biologique anaérobie des déchets. Il conduit à la production d'un digeste qui peut être utilisé comme amendement organique, d'un gaz et le biogaz, qui peut être valorisé sous forme d'énergie (chaleur, électricité,...). Deux moyens principaux permettent de produire du gaz méthane:
  - Procédés utilisant des installations industrielles (digesteurs).
  - Procédés utilisant les décharges compactées et surtout broyée (Saoucha et Seghouani ; 2008).

#### 4.5.2. Traitement thermique

- a) Incinération : C'est la technique choisie par de nombreux syndicats intercommunaux en raison d'avantages majeurs (Belaïb, 2012).
- b) Pyrolyse: C'est un autre procédé de traitement thermique, avec une combustion menée en atmosphère pauvre en oxygène. Par cette méthode, on cherche à diminuer la quantité des fumées émises et produire un combustible secondaire (Saoucha et Seghouani ; 2008).

## 4.6. Potentiel polluant des centres d'enfouissement technique CET

### 4.6.1. Impact sur les eaux

- a) Lixiviats « jus de décharge » : Le terme lixiviat est défini comme étant "Tout liquide filtrant par percolation des déchets mis en décharge et s'écoulant d'une décharge ou contenu dans celle-ci " (Directive européenne du 26 avril 1999 et l'Arrêté ministériel du 09 septembre 1997) qui se charge mécaniquement, bactériologiquement et surtout chimiquement de substances minérales et organiques (Navarro et *al.*, 1988, Matejka, 2005, Amokrane, 1994) (Figure 11).
- b) Mécanismes de formation de lixiviat : Selon Amokrane (1994), ce phénomène peuvent être répartis en deux catégories:
  - Mécanismes physico-chimiques : changement du pH de basicité vers l'acidité, du pouvoir tampon, de la salinité et du potentiel d'oxydoréduction des solutions percolant à travers les;
  - Processus biologiques : aérobies et anaérobies qui vont dégrader la fraction organique fermentescible des déchets.



**Figure 11.** Illustration le bassin de lixiviat (Kihal, 2015).

### 4.6.2. Facteurs influençant les lixiviat

La gamme de composition des lixiviat est très large et dépend de plusieurs paramètres ; la nature des déchets déposés, âge des déchets, processus biologiques et biochimiques qui se déroulent dans le corps de la décharge, la surface exploitée et le compactage (Gredigk, 2000 ; Invs, 2004 ; Thonart et *al.* 2005 et Aina, 2006).

La quantité de lixiviat, est influencée par la teneur en eau des déchets, la densité des déchets, le type d'étanchéisation de la surface, les types de déchets (ordures ménagères, ...etc.), la hauteur des déchets, la température du sol et de s'infiltrer dans les déchets, l'efficacité des dispositifs destinés à éviter les apports d'eau de l'extérieur, la vitesse d'infiltration des eaux à travers les déchets et le pouvoir d'absorption ou de relargage des déchets (Gredigk, 2000 ; Invs, 2004).

#### **4.7. Biogaz**

##### **4.7.1. Gaz**

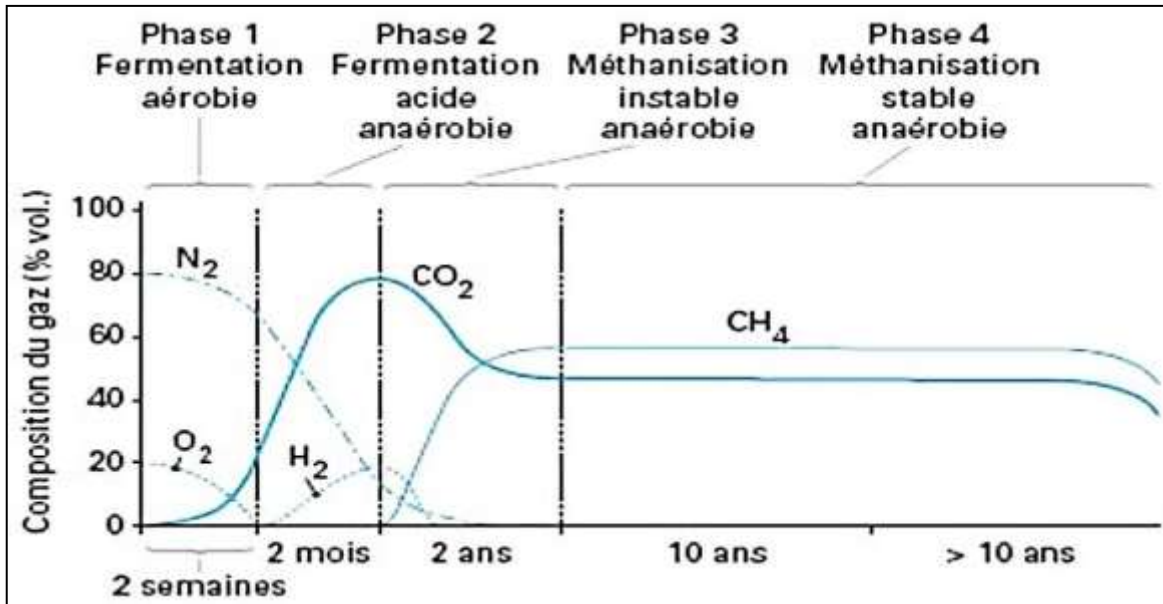
Par gaz des CET on entend les produits de métabolisme gazeux qui se forment dans les diverses phases de dégradation biochimique des déchets (Gredigk, 2000). Il contient de 60 à 95 % de biogaz, 5 à 40 % d'air, et 0,05 à 0,5 % de composés organiques volatiles (Couturier et *al.* 2001). La proportion entre ces gaz est étroitement liée à la nature des déchets stockés, à leur vitesse de dégradation et aux modes d'exploitation du site. Non seulement la composition du gaz des CET varie d'un site à l'autre, mais également, sur un site donné, elle varie dans le temps (Couturier et *al.* 2001).

##### **4.7.2. Mécanisme de formation du gaz**

Dans la première phase, les matières organiques sont dégradées en dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et en eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ), par suite de contact avec l'oxygène atmosphérique ( $\text{O}_2$ ) et sous l'action des bactéries aérobies. A la mise en dépôt de nouveaux déchets, l'oxygène qui se trouve dans ces couches est très vite consommé. La phase aérobie et celle de transition peut durer de quelques semaines à une année et demi, selon les caractéristiques du massif de déchets (Gredigk, 2000 ; Thonart et *al.* 2005).

Selon Gredigk (2000), la production de gaz dans le massif des déchets commence après un semestre et peut se poursuivre pendant 10 à 20 ans, lors de ces processus, le gaz qui se développe contient de la dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et du méthane ( $\text{CH}_4$ ) ainsi que des sous-produits de très mauvaise odeur, à savoir l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HC}$ ). Elles proviennent d'origines les plus diverses : bouteilles de gaz, peintures, solvants, fréons de réfrigérateurs, lessives, ainsi que du substratum du casier lui-même, des matériaux constitutifs des canalisations de gaz (Couturier et *al.* 2001).

Lorsque la production de biogaz devient très faible, l'air pénètre à nouveau dans le casier. S'il reste des matériaux biodégradables, les fermentations produisent surtout du gaz carbonique. La composition du biogaz varie donc au cours du temps (Figure 12).



**Figure 12.** Composition du biogaz en fonction de l'âge de la décharge (Farquhar Et Rovers, 1973 *In* Billards, 2000).

#### 4.7.3. Facteurs conditionnant la production du biogaz

Selon Billard (2000) et Chaassagnac (2008), au final, une tonne de déchets peut produire jusqu'à 200 m<sup>3</sup> de biogaz. Les facteurs qui conditionnent cette production sont :

- Le mode d'exploitation : dégradation aérobie ou anaérobie;
- L'aération du massif : le confinement du site détermine l'accès à l'oxygène;
- La température : l'activité enzymatique des bactéries dépend étroitement de la température. Vers 10 °C, l'activité est faible et, au-dessous de 65 °C, les enzymes sont détruites. Il faut noter également le rôle de tampon thermique en cas de présence d'une nappe en contact avec les déchets;
- L'humidité : la fabrication du biogaz consomme une quantité relativement faible mais significative d'eau. Les processus président à la production de biogaz se déroulent en milieu anaérobie mais exigent la présence d'eau pour l'hydrolyse préalable des molécules organiques. Ils sont ralentis lorsque la teneur en eau diminue ou quand la température est limitée par les facteurs extérieurs (saturation par la nappe, massif peut isoler...);



- Le taux de carbone biodégradable : le carbone n'est pas un facteur limitant à condition qu'il soit disponible ; en effet certaines molécules organiques comme la lignine ne sont pas digérées par les bactéries anaérobies;
- Les nutriments : le maintien d'une croissance biologique optimale est nécessaire pour s'assurer que le processus de digestion s'opère correctement. Pour maintenir ces conditions optimales, il faut du calcium, du magnésium, du potassium, du zinc, du fer et d'autres oligoéléments. Même si ces éléments sont nécessaires, il faut veiller à ne pas avoir de grandes concentrations qui pourraient s'avérer toxiques.
- La présence ou non de couvertures intermédiaires;
- Les processus microbiologiques, directement dépendant des conditions nutritionnelles des bactéries:
  - Humidité (40 à 60 %);
  - PH optimum dans la plage 6,5 à 8,5;
  - Température (35 à 45 °C) ;
  - Nutriments : matière organique, azote, phosphore.

**Tableau 11.** Influence de la nature des déchets sur la production du gaz de décharges et sur sa teneur en méthane (Perraud, 2009).

Fraction	Gaz totaux (en l/kg)	Quantité de méthane (en l/kg)
<b>Végétaux</b>	340	291
<b>Herbe</b>	386	216
<b>Ordures ménagers</b>	172	97
<b>Papier et journaux</b>	168	94
<b>Feuilles mortes</b>	128	71
<b>Déchets de jardin</b>	95	60
<b>Sciures</b>	44	24

#### 4.7.4. Toxicité et explosivité des différents constituants du biogaz

1. Le méthane (CH<sub>4</sub>) : Est un gaz non toxique et incolore, plus léger que l'air. Il est inflammable entre 5 et 15 % [Limite d'explosivité – LIE], cette plage dépend de la teneur en CO<sub>2</sub> et en vapeur d'eau (Gredigk, 2000 ; Couturier et al. 2001).

2. La dioxine de carbone ( $\text{CO}_2$ ) : Il n'est ni toxique par lui-même, ni inflammable. Par contre, une concentration élevée en  $\text{CO}_2$  se traduit par une faible concentration en oxygène, d'où un risque d'asphyxie en cas de migration de gaz dans les sols. La valeur limitée d'exploitation [VLE] du gaz carbonique est de 0,5 %, et sa valeur maximale d'explosion [VME] de 3 % (Couturier et al. 2001).
3. L'hydrogène ( $\text{H}_2$ ) : Résultat surtout de dépôt de déchets frais. Normalement, sa teneur dans l'air est de 4 à 6 % au maximum de 20 %. A un pourcentage volumique de 4 à 75,6,  $\text{H}_2$  forme un mélange explosif (Gredigk, 2000).
4. L'hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2\text{S}$ ) : Est un gaz très inflammable et explosif. Il est détectable à l'odorat à partir de 0,7 ppm seulement. A plus haute concentration, il provoque nausées, céphalées (maux de tête), vomissements (Gredigk, 2000).
5. L'ammoniaque ( $\text{NH}_3$ ) : Est un gaz malodorant, toxique et explosif (Gredigk, 2000).

#### **4.7.5. Autres nuisances**

1. Bruit : Mondot et Ondet (2000), signalent que : la protection de l'homme en milieu professionnel nécessite une approche globale des phénomènes sonores ayant un impact sur le risque auditif, le risque de gêne et le risque d'inconfort, mais aussi l'intégration d'un projet dans son environnement est importante. Les riverains sont de plus en plus sensibles à la qualité de l'environnement sonore dans lequel ils évoluent.
2. Odeurs : Selon Regnon et Pourtier (2010), Les riverains seront alors particulièrement sensibilisés à la question des nuisances olfactives et deviendront d'autant plus sensibles aux odeurs perçues dans l'environnement, aggravant ainsi leur désagrément olfactif et donc leur sentiment de gêne.

# **Chapitre II**

## **Résultats et Discussions**

## **1. Quantité et qualité des déchets traités**

Partant de la source (maisons, les différents lieux de travail, usines) pour faciliter la gestion et le contrôle d'une part et réduire le coût du recyclage d'autre part, Le tri à la source réduit le temps, les efforts et les machines nécessaires de préférence. Les déchets sont transportés par des camions de poubelle au centre d'enfouissement technique pour le traitement (Tableau 12).

Les opérateurs séparent les matières suivantes:

- plastique, les métaux, papier, carton, verre
- matériaux secs non-métalliques tels que le plastique, le papier, le bois, verre
- matières minérales sèches, et ceux-ci sont à leur tour divisés en deux (02) types :
  - les matériaux magnétiques métalliques (aimant) tels que le fer
  - les matériaux non magnétiques comme les boissons gazeuses et bouteilles en aluminium.

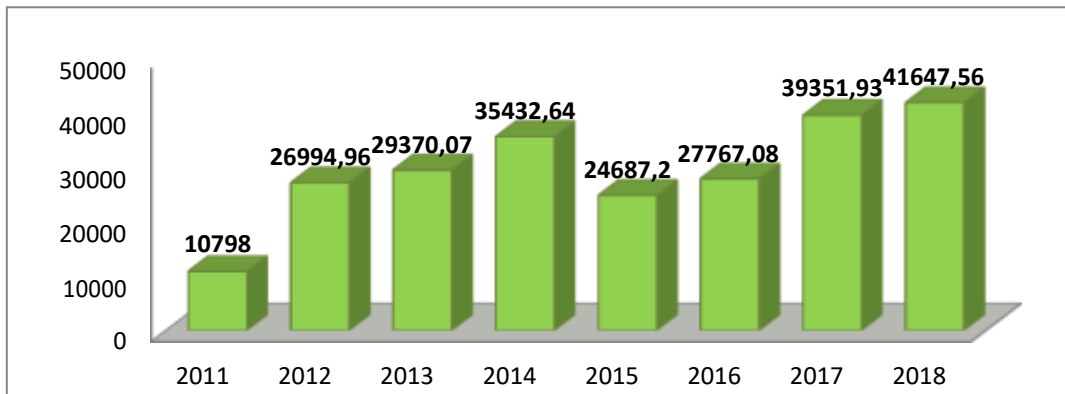
**Tableau12.** Caractéristiques générales des CET et Qualités des déchets trier et enfouis dans la zone de Bouhraoua etGhardaïa

Dure de vie	12 ans pour les deux casier	10 ans	20 ans	12 ans	11 ans	15 ans	En attendant la réception	
équipemen	Moyenne	Bonne	Bonne	Moyenne	Moyenne	Bonne		
Bassin de lagunage	520 m <sup>3</sup>	413.98 m <sup>3</sup>	1960 m <sup>3</sup>	260 m <sup>3</sup>	260 m <sup>3</sup>	1400 m <sup>3</sup>		
Taux des déchets journaliers	120 t/J	17 t/J	16 t/J	18 t/J	20 t/J	09 t/J		
saturation ducasier (fin	%	%	%					
Capacité des casiers	123750t /165000m <sup>3</sup>	90 000t /120000m <sup>3</sup>	114000t/ 228000m <sup>3</sup>	112500t /150000m <sup>3</sup>	75000t /150000m <sup>3</sup>	72000t /96000m <sup>3</sup>		
Nombre de casiers	1 <sup>er</sup>	1	1	1	1	1		
	2 <sup>em</sup>							
Superficie	160000 m <sup>2</sup>	100000 m <sup>2</sup>	167000 m <sup>2</sup>	100000 m <sup>2</sup>	100000 m <sup>2</sup>	34 375 m <sup>2</sup>		
mise en service	2011	2015	2017	2012	2013	2016		
centres et décharges	CET Bouhraoua	CET Metlili	CET Meniaa	D.contrôlés Berriane	D. contrôlés Guerrara	D. contrôlés Zelfana	Centre de Tri	

Les résultats obtenus portent sur deux volets importants :

- Le premier consiste à la quantification des déchets
- Le second consiste à la valorisation des déchets

En ce qui concerne la quantité des déchets, le cumul des quantités augmente de plus en plus depuis 2011 (10798 tonnes) jusqu'à 2018 (41647,56 tonnes) (Figure 13), ce qui signifie que la consommation augmente en relation avec la croissance de la population

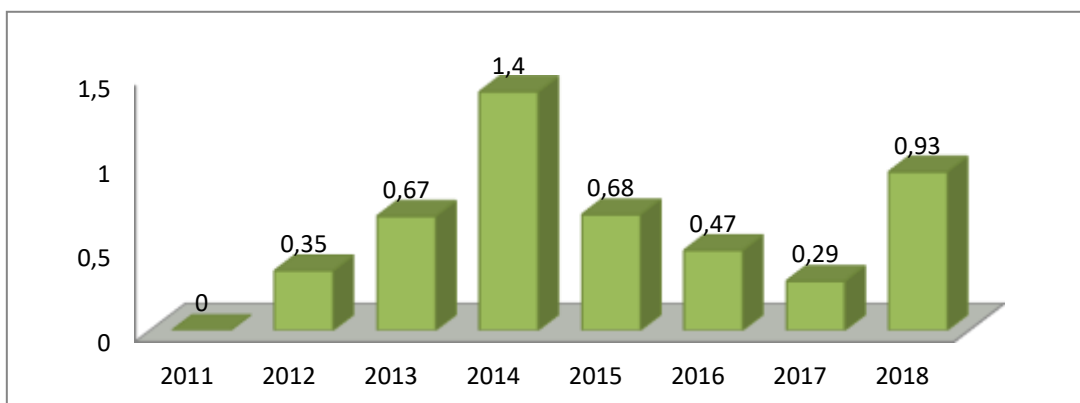


**Figure 13.** Quantité des déchets en tonne traités dans le CET de Bouhraoua (2011 au 2018)

- Les revenus de gains des CET en matière des déchets sont importantes
- La quantité recyclée de points de vue économique est aussi importante.

Les quantités enfouies et transformées industriellement apporteront un gain énergétique considérable en matière de biogaz et fertilité du sol agricole pour les énergies renouvelables. (Figure 14).

Les matières organiques humides, qui sont les restes de divers produits alimentaires et les restes des fours de boulangerie et d'autres restes de champs et de fermes



**Figure 14.** Pourcentage de matériaux récupérés

s par rapport à la quantité de déchets au CET de Bouhraoua du 2011 au 2018.

Le biogaz peut être utilisé dans plusieurs domaines (la production électrique, pour les besoins des habitants. Ces biogaz peuvent aussi provoquer des risques de différents types:

- Explosion sur et hors site;
- Risque sanitaire sur et hors site;
- Nuisances olfactives liées à la présence de composées soufrées;
- Inhibition et asphyxie des milieux vivants par absence d'O<sub>2</sub>;
- Effet de serre (CH<sub>4</sub> vingt fois plus puissant que leCO<sub>2</sub>).

## 2. Elimination deslixiviats

Les CET jouent un rôle important dans l'éliminationdeslixiviats afin d'éviter les risques qui y sont liés , on site essentiellement :

- La perte de la potabilité des eaux;
- La perte de la biodiversité (surdéveloppement d'espèces au détriment d'autres);
- L'intoxication de la faune et de la flore, voire de la chaîne alimentaire par bioaccumulation (micropolluants);
- Dégâts aux infrastructures souterraines : colmatages, corrosion....etc;
- Pollution des eaux de surface avec la nappe.

L'objectif d'un système de couverture finale pour un C.E.T fermé est de :

- Isoler les déchets de l'environnement;
- Fournir une minimisation à long terme de l'infiltration de l'eau de précipitation au sein duCET
- Contrôler la gestion du biogaz générale dans leCET
- Planifier et autoriser la réintégration et replantation de la surface du CETachevé
  - Une détérioration de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines;
  - Une détérioration de la qualité de l'air, ce qui met en danger la santé des

personnes vivant à proximité des décharges ainsi que la faune et la flore;

- Diminution de la qualité des sols et baisse de rendement des champs agricoles environnants;
- Mauvaise visibilité provoquée par la propagation des fumées;
- Gène due à l'odeur;
- Destruction dupaysage.



**Tableau 13.** Quantités des déchets trier et enfouis dans les CET de la région de Ghardaïa depuis 2011 au 2021

Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total	TOTAL GENERAL
<b>Total</b>	0	94,82	0	495,54			13,896					604,256	
<b>CET Melihii</b>	0	0	0	0	23,68	7,62	2,42	2,54				36,26	
<b>CET Meniaa</b>	0	0	0	0	0	0	0	11,12				11,12	
<b>CET Zelfana</b>	0	0	0	0	0	0	0	0				0	
<b>CET Guerrara</b>	0	0	0				11,476	12,216				23,692	661,432
<b>CET Berrian</b>	0	0										0	
<b>CET Ghardaia</b>	0	94,82		495,54								590,36	
<b>CDI (tonne)</b>	0	0	0	46560	1973	3251,64	0	1601,46	24822			78208,1	
<b>Total</b>											38827,78	38827,78	
<b>Privee</b>							1155,07	1342,27	1062,47	604,81	604,81	4769,43	
<b>CET Meniaa</b>	0	0	0	0	0	0							
<b>CET Zelfana</b>	0	0	0	0	0							0	
<b>CET Melihii</b>	0	0	0	0									360888,04
<b>CET Guerrara</b>	0	0											
<b>CET Berrian</b>	0	0											
<b>CET Ghardaia</b>	10798	26995	29370,1	5432,6	24687	27767,1	39351,9	41647,6	41547	39694,4	38827,78	356119	

# **Conclusion**

## **Conclusion**

Le centre d'enfouissement technique des déchets de Bouhraoua dans la ville de Ghardaïa arbore un précieux rôle pour la gestion et le traitement des déchets, la protection de l'environnement local et l'éradication des décharges anarchiques.

Malgré les instructions sur la réglementation algérienne de l'enfouissement des déchets solides urbains, de mauvaises pratiques ont été observées au niveau de toutes les étapes de la gestion de ces déchets, se résument essentiellement dans les points suivants:

- Absence du tri sélectif qui conduit à la saturation rapide du casier de l'enfouissement;
- Le manque du système de récupération des lixiviats ; la percolation du lixiviat en provenance des déchets constitue une menace écologique dangereuse et source de pollution des sols agricoles et des ressources en eau souterraine par infiltration;
- Le tri manuel sans outils de protections apporte des risques sur la santé des agents et techniciens ;
- Le manque du système de récupération de biogaz ; provoque un danger et menace la vie humaine par la possibilité d'une explosion ou d'un incendie;
- Le manque d'un suivi précis des modalités de gestion de déchets au niveau du centre;
- Absence de la caractérisation et la quantification des déchets reçus au centre.

A cet effet, dans le but de minimiser et résoudre les problématiques liées au CET de notre cas d'étude, nous suggérons les recommandations suivantes:

- Réaliser 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
- La valorisation optimale des déchets au niveau du CET
- La mise en place d'une unité de contrôle de traitement du lixiviat et du biogaz
- La mise en place d'une unité de contrôle de traitement du lixiviat et du biogaz

**Références**

**Bibliographiques**

## **Références bibliographique**

**ABDERREZAK S., (2000).** Gestion des déchets solides en Algérie. Séminaire sur la gestion intégrée des déchets solide, Alger, Pp31-34.

**AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRIQUES (ANRH),(2018).** Gestion des ressources en eau souterraine dans la région de Ghardaïa, agence nationale des ressources hydrauliques. 59p

**AINA M., (2006).** Expertises des centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED : contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites. Thèse de doctorat, Université de limoges, 192 pages.

**AMOKRANE A., (1994).** Epuration des lixiviats des décharges, prétraitement par coagulation, floculation, traitement par osmose inverse, post-traitement par incinération. Thèse doctorat, INSA,Lyon.

**BALET J.M., (2008).** Aide-mémoire de la gestion des déchets. Etat de lieux. 2<sup>ème</sup> Edition, Edition Dunod, Paris. Pp7-94.

**BELAÏB A., (2012).** Etude de la gestion et de la valorisation par compostage des déchets Organiques génèrent par le restaurant universitaire Aicha Oum El Mouninine (willaya de Constantine). Mémoire de Magister, Université de Mentouri Constantine.

**BERTHLON J., (2003).** Synthèse sur le stockage des déchets, stockage en classe II. 10 p.

**BLIEFERT C. et PERRAUD B., (2008).** Chimie de l'environnement, Air, eau, sol, déchets. 2<sup>ème</sup> Édition, Edition de boek, 478 p.

**CHAOUCHI L., (2000).** Les modalités techniques potentielles de traitement : les Internationales. Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets Solides. ALGER 2000, pp141-150

**CHASSAGNAC T., (2008).** Réhabilitation des décharges, conception, mécanismes, de dégradation et impacts. Technique de l'ingénieur. SérieG, traité Environnement, (2680), France. 13p

**CHIHBOUNI L., (2009).** Traitement des lixiviats de la décharge de Ouled Fayet par la combinaison des deux procédés coagulation et oxydation Fenton. Mémoire Ingénierat, école nationale polytechnique, 111p.

**COUTURIER C. ISABELLE M. DUMAS R. GALTIER L., (2001) :** Gérer le gaz de la décharge, technique et recommandations. ED : ADEME, Toulouse. 147 p.

**Direction de Planification et d'Aménagement de territoire (DPAT), (2020).** Avant la nouvelle division administrative.

**GREDIGK S., (2000).** : Emissions des décharges et traitement des lixiviats. Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets solides, Alger, Pp151-159.

**GREDIGK S., (2000).** Emissions des décharges et traitement des lixiviats. Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets solides, Alger. Pp151-159.

**HADRI T., (2005).** La gestion de la décharge publique de Bamendil Ouargla.

**HUTCHINSON M., (2007).** Vos déchets et vos : un guide pour comprendre et agir. Edition Multi Mondes, Canada, 195p.

**Institut National de la Veille Sanitaire (INVS), (2004).** Stockage des déchets santé publique : synthèse et recommandations. Connaissances actuelles. ED. CARACTERE SAS – Aurillac, Pp 17-44

**KIHAL M., (2015).** Contribution à l'étude de décharge de SafSaf (Tlemcen). Mémoire Master, Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen. 31-57 p.

**KOLLER E., (2009) :** Traitement des pollutions industrielles : Eau- Déchets- Sol- Boues. Série : Environnement et sécurité. Traitement des déchets industriels. 2<sup>ème</sup> Edition, Edition Dunod, Paris. 457-555pp.

**KOULOIGHLI S., (2007).** Etude expérimentale des mélanges sable bentonite, Leurs performances comme barrières de confinement dans les CET. Thèse Doctorat. Université Mentouri, Constantine. 180 p.

**LOPEZ .J, (2002).** Les composts. Le courrier de l'environnement INRA. Document INRAMELS. [www.inra.fr](http://www.inra.fr).

**MATEJKA G., (2005).** Gestion maîtrisée des déchets solides Urbains et de l'assainissement dans les pays en voie de développement, les besoins en études scientifiques et technique spécifique en outils méthodologiques adaptés, 11p.

**MEZOUARI F, (2002).** Les décharges publiques du grand Alger et l'utilisation des matériaux géo synthétiques comme barrière d'étanchéité : cas de la décharge d'Ouled Fayet. Mémoire de magister. 120p.

**Ministère d'Aménagement du Territoire et d'Environnement (MATE), (2005).** Le programme national pour la gestion intégrée des déchets Municipaux – Le PROGDEM, (2002-2005). 64 p.

**MUSTIN, (1987).** Le compost : gestion de la matière organique .Edition François Dubux. Paris, 964p.

**NAGHEL M., (2003).** La gestion des déchets solide urbains : cas d'étude : ville de Msila. Mémoire de magistère, Université Mohamed Boudiaf. 202 p.

**NAVARRO A. BERNARD D. MILLOT N., (1988).** Les problèmes de pollution par les lixiviats de décharge. Techniques Sciences et Méthodes, 3, p 541- 545.

**OFFICE NATIONAL DE METEOROLOGIE (ONM), (2015).** Bulletin d'information climatique et agronomique. Ed. Office nati. Météo. Cent. Clim. Nati, Ghardaïa.

**QUINTUS F., (2007).** Les enjeux de l'enfouissement des déchets : quelle place aux perceptions des risques dans la procédure Québécoise d'évaluation environnementale?. Etude de cas de l'agrandissement du site d'enfouissement sanitaire argenteuil Deux-Montagnes. Mémoire en science de l'environnement, Université de Québec, Montréal. 118 p

**SAOUCHE H. SEGHOUANI. M., (2008).** Caractérisation des déchets, analyses physicochimiques des lixiviats et bilan hydrique du centre d'enfouissement technique des déchets ménagers d'Ouled Fayet. Mémoire d'ingénieur, Université Alger (USTHB).

**THONART P. LARDINOIS M. DIABATE S. et HILIGSMANN S., (2005).** Guide pratique sur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement technique dans les pays du Sud. Collection Points de repère. Edition IEPF, 146p.

**ZEBDJI M., (2000).** Gestion des déchets solides urbains dans le gouvernorat du grand Alger. Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets solides Alger. Pp 37 -42.