

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Génie mécanique

Spécialité : ENERGIES RENOUVELABLES

Par : SAADI HADJER et HOCINI AYMANE

Sujet

Contribution à l'étude de la filière des déchets ménagers pour la production des biocarburants.

Soutenu publiquement, le 05/06/2023, devant le jury composé de :

M. Khaled Aliane	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
M. Chakib Seladji	Professeur	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
M. Housseem Hachemi	Doctorant	Univ. Tlemcen	Co-Directeur de mémoire
Mme. Lila Benseddik	MMA	Univ. Tlemcen	Examinatrice

Année Universitaire : 2022-2023

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre gratitude envers Dieu le Tout-Puissant et Miséricordieux, qui nous a accordé la force, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce modeste travail. Nous sommes profondément reconnaissants envers notre encadreur, M. **Seladji Chakib**, ainsi que M. **Hachemi Housseem**, pour leurs précieux conseils, leur disponibilité tout au long de la réalisation de ce travail, et leur orientation, leur confiance, leur aide et leur temps généreusement offerts.

Nous exprimons notre reconnaissance à tous les membres du jury M. Khaled Aliane, et Mme. Lila Benseddik professeurs à l'université de Tlemcen, d'avoir accepté d'examiner ce travail, et d'apporter les critiques nécessaires à la mise en forme finale de cette thèse.

Nous souhaitons également exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs et chargés de cours du Département de Génie Mécanique spécialisé en Énergies Renouvelables. Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

C'est avec un immense plaisir, un cœur ouvert et une joie débordante que je dédie ce modeste travail avant tout à mes parents. Leur amour, leurs sacrifices et leurs encouragements ont contribué à faire de moi la personne que je suis aujourd'hui. Je leur témoigne ainsi mon profond amour en dédiant ce travail.

Je souhaite également adresser mes remerciements à ma sœur Sara, qui n'a jamais cessé de m'encourager. Je lui souhaite une réussite, un bonheur et une prospérité continus.

Je n'oublie pas non plus mes frères Nassim et Abdelnour, qui ont toujours été présents pour moi. Leur soutien et leur amitié ont été des piliers importants dans ma vie.

Enfin, j'aimerais exprimer ma gratitude envers toutes les personnes qui m'ont encouragé et motivé, celles qui ont travaillé sans relâche pour ma réussite et mon bonheur. Merci du fond du cœur.

SAADI Hadjer

Dédicaces

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude et mes remerciements à mes parents, qui ont

été mon soutien dans mon parcours académique et dans toute ma vie, ma mère

Naima, mon père Abdel Nasser, je vous aime beaucoup tous les deux. Je remercie

également mes frères et sœurs, Nafisa, Oussama, Rabia, Issam et Douaa. Enfin, je

remercie tous les enseignants qui ont contribué à ma formation dans la vie

académique

AYMANE Hocini

Résumer

Cette thèse a pour objet la gestion des déchets solides municipaux en Algérie, une question de plus en plus préoccupante en raison de la croissance de la densité de population observée ces dernières années. Cette augmentation de population engendre une production accrue de déchets, ce qui pose un défi majeur aux autorités algériennes en charge de la gestion de ces déchets. Ainsi, l'objectif de cette thèse est d'évaluer la façon dont l'Algérie gère actuellement ses déchets solides municipaux, en mettant l'accent sur les progrès réalisés dans ce domaine ainsi que sur les défis auxquels le pays est confronté. Pour cela, un questionnaire a été élaboré et distribué à un échantillon représentatif de la population algérienne, afin de collecter des données sur la manière dont les déchets sont collectés, traités et éliminés. Par ailleurs, cette thèse examine la possibilité de convertir les déchets solides municipaux en énergie, une approche de plus en plus populaire dans de nombreux pays. Les résultats de l'étude montrent que la conversion des déchets solides municipaux en énergie pourrait permettre de réduire la consommation d'électricité dans le secteur de la construction jusqu'à 8.96 %. Cela représente une opportunité importante pour l'Algérie de réduire son empreinte écologique et de s'engager dans une gestion plus efficace et durable de ses déchets solides municipaux.

Mots clés : déchets solide, biogaz, centre d'enfouissement technique, décharge contrôlée.

Abstract

This thesis focuses on the management of municipal solid waste in Algeria, an increasingly concerning issue due to the growth in population density observed in recent years. This population increase leads to an increased production of waste, posing a major challenge for Algerian authorities responsible for waste management. Therefore, the objective of this thesis is to evaluate how Algeria currently manages its municipal solid waste, with an emphasis on the progress made in this area as well as the challenges the country faces. To do this, a questionnaire was developed and distributed to a representative sample of the Algerian population to collect data on how waste is collected, treated, and disposed of. Additionally, this thesis examines the possibility of converting municipal solid waste into energy, an approach that is becoming increasingly popular in many countries. The results of the study show that converting municipal solid waste into energy could reduce electricity consumption in the construction sector by up to 8.96%. This represents an important opportunity for Algeria to reduce its ecological footprint and engage in more efficient and sustainable management of its municipal solid waste.

Key words: Solid waste, biogas, technical landfill, controlled landfill.

الملخص

تركز هذه الأطروحة على إدارة النفايات البلدية الصلبة في الجزائر، وهي قضية مقلقة بشكل متزايد بسبب النمو في الكثافة السكانية الملحوظة في السنوات الأخيرة. تؤدي هذه الزيادة السكانية إلى زيادة إنتاج النفايات، مما يشكل تحديًا كبيرًا للسلطات الجزائرية المسؤولة عن إدارة النفايات. لذلك، فإن الهدف من هذه الأطروحة هو تقييم كيفية إدارة الجزائر حاليًا للنفايات الصلبة البلدية، مع التركيز على التقدم المحرز في هذا المجال بالإضافة إلى التحديات التي تواجه البلاد. للقيام بذلك، تم تطوير استبيان وتوزيعه على عينة تمثيلية من السكان الجزائريين لجمع البيانات حول كيفية جمع النفايات ومعالجتها والتخلص منها. بالإضافة إلى ذلك، تبحث هذه الأطروحة في إمكانية تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى طاقة، وهو نهج أصبح شائعًا بشكل متزايد في العديد من البلدان. تظهر نتائج الدراسة أن تحويل النفايات الصلبة البلدية إلى طاقة يمكن أن يقلل من استهلاك الكهرباء في قطاع البناء بنسبة تصل إلى 8.96%. يمثل هذا فرصة مهمة للجزائر لتقليل بصمتها البيئية والمشاركة في إدارة أكثر كفاءة واستدامة للنفايات الصلبة البلدية.

الكلمات المفتاحية: النفايات الصلبة، الغاز الحيوي، المكب الفني، المكب المتحكم فيه.

Tables des matières

Remerciement.....	I
Résumer	II
Table des matières.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	V
Introduction général	1
Chapitre I: État de l'art dans la gestion des déchets solides municipaux.....	4
I.1 Introduction.....	5
I.2 Généralités sur les déchets	5
I.2.1. Définition des déchets :.....	5
I.2.2. Définition des déchets ménagers.....	6
I.2.2.1. Déchets ménagers et assimilés.....	6
I.2.2.1.1. Déchets solides.....	6
I.2.2.1.2. Déchets liquides	6
I.2.2.2. Autres types d'ordures ménagères.....	7
I.2.2.2.1. Déchet solide.....	7
I.2.2.2.2. Encombrants.....	7
I.2.2.2.3. Déchets Spéciaux	7
I.2.2.2.4. Déchets spéciaux dangereux	7

I.2.2.2.5. Déchets d'activités thérapeutiques	8
I.2.2.2.6. Déchets morts.....	8
I.2.2.2.7. Déchets électroniques	8
I.3.Principes et responsabilité de la gestion des déchets	8
I.3.1. Principes de gestion des déchets	8
I.3.1.1. Principe de réduction à la source	8
I.3.1.2. Principe de valorisation des déchets	9
I.3.1.3. Principe d'élimination des déchets sans valeur	9
I.3.2. Responsabilité de la gestion des déchets.....	9
I.4. Modes de gestion des déchets ménagers.....	10
I.4.1. Méthodes de collecte des déchets	10
I.4.2.Méthodes d'élimination des déchets.....	11
I.4.2.1.Décharges ouvertes	11
I.4.2.2.Incinération	12
I.4.2.3.Compostage.....	12
I.4.2.4.Recyclage	12
I.4.2.5.Conversion des déchets organiques solides en biogaz.....	13
I.4.2.6.Méthode d'enfouissement.....	13
I.5. Dispositions législatives et réglementaires nationales relatives aux déchets.....	14
I.6. Effets négatifs des déchets sur l'environnement	16
I.6.1. Sur la qualité de l'air.....	16
I.6.2. Sur l'eau	17
I.6.2.1. Polluants chimiques	17
I.6.2.2. Pollution thermique.....	17
I.6.3. Sur le sol.....	18
I.6.4. Sur la santé	18
I.7.Gestion des déchets en Algérie	19
I.7.1. Institutions légalement mandatées pour gérer les déchets	19

I.7.1.1. Commune	19
Conclusion.....	22
Chapitre II: Gestion des déchets en Algérie	24
II.1 Introduction.....	25
II.2 Production de déchets ménagers et assimilés en Algérie.	25
II.3 Répartition spatiale des installations de traitement (2020).....	26
II.4 Coûts de la gestion des déchets ménagers et assimilés.....	28
II.5 Quantité de déchets traités dans la décharge.	29
II.6 Tlemcen	29
II.7 Centre d'enfouissement technique de Tlemcen	30
II.7.1 Centre d'Enfouissement Technique Tlemcen avant Eradication	30
II.7.2 Centre d'enfouissement technique de Tlemcen après éradication	31
II.7.2.1 Gestion du Centre d'Enfouissement Technique de Chetouane	32
Gestion des lixiviats	36
II.7.2.2 Difficultés de T.L.C.....	38
II.7.3 Impact des décharges techniques de Tlemcen sur l'environnement et la santé humaine.....	39
II.7.3.1 Impact des lixiviats	40
II.7.3.2 Impact du biogaz.....	40
II.8 Analyse de la Collection du Grand Groupe de Tlemcen (juin 2021)	41
Commune de Tlemcen.....	41
II.9 Conclusion	52
Chapitre III: Recyclage des déchets	54
III.1 Introduction	55
III.2 Déchets solides municipaux en Algérie	55
III.3 Valorisation des déchets	56
III.4 Échange de déchets	58
III.5. Dispositif expérimental	58
III.5.1 MATERIEL ET METHODES	59

III.5.1.1 Matériels utilisés.....	59
III.5.1.2 Mode opératoire	60
III.6 Potentiel théorique de production de biogaz à partir de déchets solides de gestion	62
III.7 Caractérisation de l'échantillon de déchets solides	62
III.8 Estimation du potentiel de production d'électricité à partir du méthane	65
III.9 Consommation d'énergie en Algérie	65
III.9.1 Par produit	65
III.9.2 Par secteur	66
III. Conclusion.....	67
Chapitre IV: Résultat et discussion.....	68
IV.1 Introduction	69
IV.2 Résultat et discussion	69
IV.2.1 Calcule expérimental.....	69
IV.2.1.1 Pour notre expérience.....	69
IV.2.1.2 Pour la Wilaya de Tlemcen	71
IV.2.1.2.1 Caractérisation des déchets solides du centre d'enfouissement technique de Jebel El Hadid.	71
IV.2.1.3 Pour l'Algérie.....	72
IV.3 Conclusion.....	73
Conclusion Générale	75
Références	77

Listes de figures

Figure I.1 : Déchets solides dans les rues de Tlemcen.....	11
Figure I.2 : Figure du processus d'incinération des déchets Remchi	12
Figure I.3 : Technique de tri.....	13
Figure II.1 : Carte représentant la production de déchets ménagers et assimilés en Algérie en 2020.	25
Figure II.2 : Nombre d'installations de traitement des déchets ménagers et assimilés.	26
Figure II.3 : Installations de traitement des déchets ménagers et assimilés en Algérie	27
Figure II.4 : Évolution des installations de traitement en exploitation 2014-2020.....	28
Figure II.5 : Répartition des coûts de gestion des déchets ménagers et assimilés selon la taille de la population.....	28
Figure II.6 : Quantité de déchets traités en Algérie.	29
Figure II.7 : Décharge de Saf Saf (Tlemcen) avant éradication.....	31
Figure II.8 : Entrée du T.L.C de Tlemcen.....	31
Figure II.9 : Panneaux identifiant le type de centre et le type de déchets jetés.	32
Figure II.10 : Organigramme du T.L.C.....	32
Figure II.11 : Deuxième entrée du centre.	34
Figure II.12 : Signe spécifiant ce que contient le deuxième côté du centre.....	34
Figure II.13 : Balance commerciale.....	35
Figure II.14 : Décharge et la station des lixiviats	35
Figure II.15 : Casier numéro un après sa fermeture.....	36
Figure II.16 : Casier numéro deux	36
Figure II.17 : Système de récupération du biogaz.	38
Figure II.18 : Maisons proches du centre.....	39
Figure II.19 : Cultures agricoles près du centre.	39
Figure II.20 : Oiseaux à l'intérieur d'une décharge technique.....	40

Figure II.21 : Communes concernées par les déchets sauvages dans le T.L.C [07].	41
Figure II.22 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune de Tlemcen	43
Figure II.23 : Analytiques de la gestion des déchets dans une commune de Chetouane.	44
Figure II.24 : Analytiques de la gestion des déchets dans une commune de Mansourah.	45
Figure II.25 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune d'Ain Fezza.	46
Figure II.26 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune de Remchi.	47
Figure II.27 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune de Ben Sakrane.	48
Figure II.28 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune d'Hénaya.	49
Figure II.29 : Tableaux analytiques de la gestion des déchets dans une commune de Oued Lkhdar.	49
Figure II.30 : Analytiques de la gestion des déchets dans une commune de Zenata.	50
Figure II.31 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune d'Amieur.	51
Figure II.32 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune d'Ouled Riah.	51
Figure II.33 : Le camion est en panne à l'intérieur du centre.	52
Figure III.1 : Classification des déchets algériens.	56
Figure III.2 : Répartition spatiale des acteurs économiques en Algérie	57
Figure III.3 : Répartition des collecteurs / recycleurs par type de déchets.	57
Figure III.4 : Valeur économique de la valorisation des déchets ménagers et assimilés.	58
Figure III.5 : Matériaux utilisés dans l'expérience.	59
Figure III.6 : déchets utilisés dans l'expérience	60
Figure III.7 : Toutes les étapes utilisées dans l'expérience	61

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Centres d'enfouissement situés à Tlemcen.	30
Tableau II.2 : Critères minimaux de rejet d'effluents liquides dans l'environnement [06].	37
Tableau III 1 : Déchets solides municipaux (DSM) en Algérie.	55
Tableau III.2 : Composants et pourcentage des déchets solides.	62
Tableau III.2 : Valeurs des composants typiques et composition des déchets solides [12].	63
Tableau III.3 : Masse humide et sèche ainsi que composition de la partie organique des déchets solides.	63
Tableau III.4 : Le rapport molaire normalisé.	64
Tableau III.5 : Paramètres pour le calcul du volume de méthane et d'énergie provenant du digesteur	65
Tableau III. 6 : Consommation finale par produit.	65
Tableau III.7 : Consommation finale par secteur.	67
Tableau IV.1 : Composantes et pourcentage des déchets solides.	69
Tableau IV. 2 : Masse humide et sèche ainsi que composition de la partie organique des déchets solides.	69
Tableau IV.3 : Le rapport molaire normalisé.	70
Tableau IV.4 : Composantes et pourcentage des déchets solides.	71
Tableau IV.5 : Masse humide et sèche ainsi que composition de la partie organique des déchets solides.	71
Tableau IV.6 : Le rapport molaire normalisé.	72

Tableau IV.7 : Composantes et pourcentage des déchets solides en Algérie.	72
Tableau IV.8 : Masse humide et sèche ainsi que composition de la partie organique des déchets solides.....	72
Tableau IV.9 : Le rapport molaire normalisé.....	73

Introduction général

Introduction général

Les déchets solides sont un problème croissant qui engendre des risques environnementaux majeurs ainsi que des dangers pour la santé de la population. La croissance démographique contribue encore davantage à l'augmentation de ce gaspillage, créant un défi mondial à résoudre. La pollution, notamment les déchets solides, est l'un des problèmes les plus sérieux auxquels fait face notre monde moderne, en raison de la présence de produits chimiques très nocifs. Ces déchets et substances toxiques peuvent affecter le sol, l'air (provoquant des mauvaises odeurs) et l'eau (transportés par les oiseaux) .

La communauté internationale, y compris l'Algérie, a pris conscience de l'importance des enjeux politiques, sociaux, culturels et environnementaux liés à la gestion des déchets solides. En effet, ces dernières années, l'Algérie a été confrontée à des problèmes environnementaux dus à l'augmentation rapide de la croissance démographique et de l'urbanisation.

La gestion des déchets constitue l'un des principaux défis auxquels doit faire face la société algérienne. Malgré la présence de nombreux centres d'enfouissement technique, la gestion des décharges et des centres de tri reste complexe. Les déchets déposés dans ces centres sont inertes et engendrent de multiples interactions physiques, chimiques et biologiques avec l'environnement (roches, sol, nappe phréatique et eau de percolation).

De nombreuses recherches ont été menées sur la gestion des déchets solides. Nous pouvons notamment citer les études réalisées par l'Institut de l'énergie et de l'environnement de l'Organisation internationale de la Francophonie, avec le soutien financier de la Région wallonne de Belgique et le partenariat technique du Centre wallon de biologie industrielle. Ces études ont porté sur les déchets ménagers (composition, quantité, mode de gestion, législation, problématiques) et ont proposé une typologie des décharges existantes dans les pays francophones d'Afrique et des Caraïbes. En 2002, le chercheur EL MORJANI a également établi une conception d'un système d'information à référence spatiale pour la gestion de l'environnement, notamment en ce qui concerne la sélection de sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels dans une région semi-aride (Souss, Maroc). De même, en 2006, la chercheuse Samira BEN AMMAR a étudié les enjeux de la caractérisation des déchets ménagers pour le choix des traitements appropriés dans les pays en développement, en se basant sur le cas du Grand Tunis.

Dans le cadre de notre travail, nous nous intéresserons à la problématique de la gestion des déchets solides, ainsi qu'à la valorisation de ces déchets dans les usines de la wilaya de Tlemcen, où les matériaux recyclables sont considérés comme la matière première du secteur du recyclage. Nous analyserons également les différentes étapes du traitement des déchets solides municipaux, depuis leur collecte dans les maisons jusqu'à leur traitement dans les décharges et les usines. Notre travail sera structuré en 4 chapitres.

- **Le premier chapitre** expose des informations générales sur les déchets, leur composition, ainsi que les méthodes d'élimination utilisées en Algérie. Nous aborderons également la gestion des déchets dans ce pays ainsi que les institutions responsables de leur gestion.
- **Le deuxième chapitre** de notre étude fournira des informations détaillées sur la quantité de déchets générés en Algérie, ainsi que sur le nombre de centres d'enfouissement existants et la quantité de déchets qui y sont traités. Nous prendrons également l'exemple de la ville de Tlemcen pour illustrer en détail la manière dont elle gère ses déchets.
- **Dans le troisième chapitre**, nous avons fourni des informations détaillées sur les principales institutions algériennes travaillant dans le domaine du recyclage et de l'exploitation des déchets. Nous avons également expliqué les différents matériels et méthodes utilisés dans notre expérience ainsi que la méthode numérique employée pour calculer le volume de biogaz et de méthane ainsi que la production d'énergie électrique.
- **Le quatrième chapitre** de cette étude porte sur la discussion des résultats obtenus lors des expérimentations. Nous présentons des calculs relatifs au volume de biogaz et de méthane produits, ainsi qu'à la quantité d'électricité générée dans nos expériences, ainsi que dans la wilaya de Tlemcen et en Algérie dans son ensemble.

Chapitre I

État de l'art dans la gestion des déchets solides municipaux

I.1 Introduction

La gestion des déchets en Algérie constitue l'un des problèmes environnementaux les plus préoccupants, qui a un impact négatif sur notre environnement global ainsi que sur notre santé. Les déchets causent une perturbation visuelle, altèrent la nature environnante et favorisent la propagation de maladies et d'épidémies. La solution pour résoudre ces problèmes consiste à améliorer leur gestion. En effet, une gestion adéquate doit être basée sur la prévention et la réduction de la production des déchets, qu'ils soient ménagers, assimilés. Ainsi, en minimisant leur production, nous pouvons limiter les dégâts qu'ils causent à l'environnement [1].

Les déchets constituent un enjeu crucial, tant sur le plan environnemental que sur le plan de la sécurité. En effet, leur gravité réside dans le fait qu'ils sont de plus en plus présents en raison de l'augmentation de la population et de la consommation, ce qui entraîne une hausse des déchets ménagers. Malheureusement, la société manque souvent de culture et de prise de conscience quant aux dangers que ces déchets peuvent représenter pour l'environnement. Toutefois, une gestion optimale et efficace de ces déchets par l'Etat permettrait de protéger l'environnement et de favoriser le développement durable [1].

En conséquence, nous pouvons formuler la question suivante : quels sont les mécanismes utilisés par l'Algérie pour la gestion des déchets ménagers et assimilés ?

I.2. Généralités sur les déchets

I.2.1. Définition des déchets

Il n'existe pas de définition standard universelle des déchets. Cependant, plusieurs définitions existent, pouvant être semblables à certains égards, mais différentes dans d'autres domaines. Cette divergence s'explique par le fait que ce qui est considéré comme un déchet pour certains peut être utile ou consommable pour d'autres [2].

Le législateur algérien a défini les déchets comme : « tous les restes résultant des processus de production ou cédés ou utilisés et plus généralement tout matériel ou produit et tout meuble dont le propriétaire ou possesseur en disposant, ayant l'intention d'en disposer, ou obligé d'en disposer, ou de l'enlever. Quant à la classification des déchets, elle a été légalement classée comme suit [1] :

- ✓ Déchets spéciaux, y compris les déchets spéciaux dangereux
- ✓ Ordures ménagères.
- ✓ Déchets inertes.

Les Déchets comprennent :

- Les résidus et déchets produits lors de processus de production ou de transformation, quelles

que soient leur nature et leur taille, ainsi que leur composition, incluent tout ce qui reste après avoir satisfait aux exigences du processus. Cela peut inclure des matériaux, des pièces ou des fragments superflus ou inutilisables dans leur forme originale actuelle, ainsi que des produits qui ne sont plus utilisés pour quelque raison que ce soit, quelle que soit leur forme.

- Cela inclut également tout matériau ou produit incomplet, défectueux ou devenu obsolète en raison de son non-respect des normes, de ses spécifications, de sa composition, de l'usure de ses pièces ou de son obsolescence.
- De plus, divers types de déchets résultent directement de leur utilisation, tels que les ordures ménagères et les déchets routiers, les déchets des magasins et des marchés publics, les déchets animaux provenant des plantations et des arbres, ainsi que les déchets provenant des abattoirs et des hôpitaux.
- Enfin, tout mobilier négligé ou abandonné délibérément par son propriétaire peut également être considéré comme un déchet [2].

I.2.2. Définition des déchets ménagers

Selon la Loi n° 01-19 du 12 décembre 2001, un déchet est défini comme suit : il s'agit de tout résidu issu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, ainsi que toute substance, produit ou bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur souhaite se défaire ou est tenu de se défaire ou d'éliminer, de manière générale [2].

I.2.2.1 Déchets ménagers et assimilés

Parmi les déchets domestiques les plus nuisibles et les plus préjudiciables à la santé publique et à l'environnement, il convient de citer :

I.2.2.2. Déchets solides

Ils sont définis par l'article 2 du décret n° 84-378 du 15 décembre 1984 fixant les conditions d'évacuation des eaux usées et des déchets solides municipaux et fait référence aux ordures ménagères. Rushbrook et Pugh (1999) ont précisé que le terme de déchets solides fait référence aux déchets municipaux, qui contiennent sept catégories : résidentiel, institutionnel, commercial, nettoyage des rues, construction et démolition, déchets industriels et enfin déchets hospitaliers [2].

I.2.2.3. Déchets liquides

Les eaux usées domestiques comprennent les déchets provenant des activités ménagères, tels que les restes de nourriture ou de produits chimiques (savons et détergents), ainsi que l'eau utilisée pour la cuisine et la lessive. La turbidité de cette eau est généralement incolore, car elle est causée par la présence d'un groupe de substances organiques [2].

I.2.2.4. Déchets gazeux

Les gaz émis par diverses activités humaines sont sources de pollution. Parmi ces gaz, on peut citer le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone, les oxydes d'azote, les oxydes de soufre, le méthane et les chlorofluorocarbures[2].

I.2.3. Autres types d'ordures ménagères

Les ordures ménagères peuvent également être divisées en :

I.2.3.1. Déchet solide

Il s'agit d'un matériau qui ne peut être utilisé de manière économique, ne peut pas être récupéré ni réutilisé à aucun moment ni en aucun lieu. Par conséquent, il est jeté et se retrouve parmi les déchets qui polluent l'air, l'eau ou la terre. Ce comportement a des conséquences néfastes sur les organismes vivants, en particulier les êtres humains, ainsi que sur l'environnement, en raison des vestiges de l'activité humaine. En effet, les déchets comprennent tout ce qui est jeté à la poubelle et n'est plus considéré comme utile. Il est donc essentiel de repenser nos pratiques de consommation et de gestion des déchets afin de minimiser leur impact sur l'environnement et sur la santé humaine[2].

I.2.3.2. Encombrants

Les déchets générés par les activités ménagères ont une taille considérable et ne peuvent pas être collectés avec les ordures ménagères ordinaires.

I.2.3.3. Déchets Spéciaux

Tous les déchets générés par les activités industrielles et agricoles et thérapeutiques et de services et toutes les activités qui, en raison de leur nature et des composants des matériaux qu'elles contiennent, ne ils peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et déchets inertes[2].

I.2.3.4. Déchets spéciaux dangereux

Tous les déchets susceptibles de nuire à l'homme ou à l'environnement, soit parce qu'ils sont inflammables, soit parce qu'ils sont toxiques, soit parce qu'ils peuvent être nocifs en interagissant avec d'autres substances. Les déchets dangereux peuvent être liquides, solides ou gazeux, y compris le mercure, les dioxines et les pesticides. , et certains résidus miniers qui contiennent des composés chimiques toxiques, qui réagissent avec l'oxygène et forment des acides qui peuvent polluer les eaux souterraines lorsqu'ils sont mélangés à l'eau de pluie. De nombreux produits ménagers sont considérés comme des déchets dangereux car ils contiennent des produits chimiques toxiques, notamment des nettoyeurs pour canalisations, de la peinture, des diluants à peinture, des assainisseurs d'air, du vernis à ongles et de la colle [2].

I.2.3.5. Déchets d'activités thérapeutiques

Tous les déchets résultant d'activités d'examen et de traitement préventifs ou curatifs dans le domaine de la médecine humaine et vétérinaire.

I.2.3.6. Déchets morts

Tous les déchets générés, notamment issus de l'exploitation des carrières mines et travaux de démolition, de construction ou de restauration qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur déversement dans les décharges et qui n'ont pas été contaminés par des matières dangereuses ou d'autres éléments causant des dommages susceptibles de nuire à la santé publique et environnement [2].

I.2.3.7. Déchets électroniques

Il s'agit d'appareils électriques et électroniques tels que des ordinateurs ainsi que leurs composants tels que des claviers et des souris. Des téléviseurs, des appareils de communication et des équipements sportifs contenant des composants électriques ou électroniques font également partie de cette catégorie.

I.3.Principes et responsabilité de la gestion des déchets

I.3.1. Principes de gestion des déchets

Ces principes sont :

I.3.1.1. Principe de réduction à la source

La stratégie de gestion des déchets doit comprendre des méthodes préventives ainsi que des méthodes visant à minimiser la quantité de déchets produits. Pour atteindre cet objectif, il est essentiel de prendre en compte la production de déchets et ses impacts sur le processus de production. En conséquence, les déchets doivent être réduits à la source et une grande partie de cette responsabilité incombe au producteur. La priorité absolue doit être donnée légalement à la prévention de la production de déchets, chaque fois que cela est économiquement faisable.

I.3.1.2. Principe de valorisation des déchets

En les utilisant ou en les recyclant de différentes manières, les déchets constituent le deuxième pilier d'une gestion efficace des déchets.

I.3.1.3. Principe d'élimination des déchets sans valeur

L'élimination adéquate, grâce à des méthodes respectueuses de l'environnement et économiquement viables, est essentielle pour prévenir tout dommage à l'homme et à son environnement.

Ceci est confirmé par l'article 02 de la loi n° 01-19, il se lit comme suit : La gestion le contrôle et l'élimination des déchets reposent sur les principes suivants :

- ✓ Prévention et réduction de la production de déchets et des dommages.
- ✓ Organiser le tri la collecte le transport et le traitement des déchets.
- ✓ Valoriser les déchets en les réutilisant ou en obtenant de l'énergie.
- ✓ Traitement raisonné des déchets.
- ✓ Informer et éduquer les citoyens sur les dangers résultant des déchets et leurs effets sur la santé et l'environnement ainsi que sur les mesures prises pour prévenir et réduire ces dangers [2].

I.3.2. Responsabilité de la gestion des déchets

Le législateur a engagé le producteur de déchets à un certain nombre d'obligations légales, comme suit:

- Chaque producteur de déchets est tenu de prendre toutes les mesures nécessaires pour éviter au maximum la production de déchets, notamment en :
 - ✓ Adopter et utiliser des technologies plus propres et moins génératrices de déchets.
 - ✓ S'abstenir de commercialiser des déchets non biodégradables.
 - ✓ S'abstenir d'utiliser des matériaux pouvant présenter un danger pour l'homme, surtout lors de la fabrication de produits d'emballage.

- Chaque producteur de déchets a pour responsabilité de travailler à la valorisation des déchets qu'il génère, ainsi que des ressources qu'il importe ou commercialise, ainsi que des produits qu'il fabrique.
- Si le producteur de déchets ne peut pas éviter de produire ou de valoriser ses déchets, il a l'obligation de s'assurer que ces déchets sont évacués à ses frais tout en respectant l'environnement.
- La fabrication d'enveloppes destinées à contenir directement des denrées alimentaires ou d'objets destinés aux enfants est strictement réglementée. Il est donc interdit d'utiliser des produits recyclés qui pourraient présenter un danger pour la santé des personnes dans ces fabrications. [2].

I.4. Modes de gestion des déchets ménagers

Face à l'évolution économique et sociale de ces dernières années, ainsi que l'émergence de nouveaux modes de vie, les besoins humains se sont diversifiés et accrus. Cette situation a engendré une quantité croissante et variée de déchets produits quotidiennement. Il devient donc urgent d'adopter des méthodes scientifiques pour gérer ces déchets, en s'assurant de les collecter, stocker, transporter et éliminer de manière adéquate, tout en préservant les ressources naturelles.

La commune, avec l'appui technique de l'État, s'assure du respect des lois et réglementations en matière de préservation de la santé et de l'hygiène publique. Elle agit notamment dans le domaine de la collecte, du transport et du traitement des déchets solides, conformément aux dispositions de l'article 149 de la loi régissant son fonctionnement. La commune est responsable du bon fonctionnement des services publics qu'elle offre à ses administrés, ainsi que de la gestion de son patrimoine. Elle intervient en complément des services de l'administration publique et des services publics techniques pour assurer la prise en charge des ordures ménagères et autres déchets. [2].

I.4.1. Méthodes de collecte des déchets

La collecte des déchets ménagers est un processus en deux étapes. La première étape a lieu au sein des foyers où les particuliers doivent ramasser les déchets et les déposer dans les poubelles prévues à cet effet. Il est recommandé d'utiliser des sacs pour faciliter cette étape. La seconde étape est prise en charge par le service municipal. Elle consiste à collecter et transporter les déchets vers l'installation de traitement. Cette étape peut être effectuée de deux façons :

- **Système de collecte** : La collecte des déchets sera effectuée à heures régulières par la commune, et les déchets seront ramassés directement devant les habitations.

- **Système de contribution volontaire** : Les déchets pourront également être collectés par contribution volontaire. Les habitants pourront déposer leurs déchets dans des conteneurs collectifs de grande capacité, tels que des caisses ou des chariots à roulettes, placés à des endroits facilement accessibles. Un camion de la municipalité viendra ensuite collecter les déchets déposés devant les conteneurs.

Il est important que les conteneurs soient couverts, clôturés et résistants à la pluie et aux animaux. Cela permettra de maintenir les rues propres et d'éviter les nuisances environnementales.

En mettant en place ces deux systèmes de collecte des déchets, la commune pourra améliorer la gestion des déchets et ainsi contribuer à la protection de l'environnement [2].

I.4.2.Méthodes d'élimination des déchets

I.4.2.1.Décharges ouvertes

Une décharge à ciel ouvert est un espace vide et non clôturé servant à l'élimination de toutes sortes de déchets solides. Cependant, il est extrêmement dangereux de jeter des déchets dans une telle zone, car ils ne sont ni traités ni organisés, et restent exposés. Ce type de décharge est présent dans de nombreuses régions, mais les autorités locales s'efforcent de les éliminer, car ils sont propices à la reproduction des mouches, des rats et d'autres insectes, ce qui les rend considérés comme un foyer de propagation de maladies.



Figure I.1 : Déchets solides dans les rues de Tlemcen.

I.4.2.2.Incineration

La réduction de la quantité de déchets est un enjeu majeur de notre époque, et pour y parvenir, des procédures sont mises en place dans les installations d'incinération. Cependant, il convient de souligner que cette méthode n'est adaptée qu'à certains types de déchets, notamment ceux dont les produits peuvent être valorisés. Ainsi, il est possible de brûler certaines choses, comme les roues usagées dans les minéraux ciments, car cette énergie brûlante répond aux besoins de ces minéraux. Toutefois, il est important de préciser que cette pratique doit être réalisée avec précaution, dans le respect de l'environnement et de la sécurité.



Figure I.2 : Figure du processus d'incinération des déchets Remchi.

I.4.2.3.Compostage

Dans le cas des déchets organiques, il est possible de les convertir en compost, un produit du sol qui présente de nombreux avantages. Toutefois, pour obtenir un compost de qualité supérieure, il est important de bien sélectionner les matériaux qui seront utilisés.

I.4.2.4.Recyclage

La réutilisation des déchets pour produire de nouveaux matériaux présente de nombreux avantages. Tout d'abord, cette méthode permet de réduire le besoin en nouvelles ressources. De plus,

l'énergie nécessaire pour recycler les matériaux est bien inférieure à celle nécessaire pour fabriquer un produit à partir de nouvelles matières premières. Enfin, le recyclage permet de réduire considérablement la quantité de déchets générés, qui doivent être éliminés par incinération ou enfouissement.

Parmi les matériaux les plus importants qui peuvent être recyclés, on retrouve les métaux, le verre et les plastiques. Grâce à cette pratique, il est possible de produire de nouveaux produits en utilisant des matériaux existants, tout en préservant les ressources naturelles et en réduisant l'impact environnemental.



Figure I.3 : Technique de tri [21].

I.4.2.5. Conversion des déchets organiques solides en biogaz

Lorsque les déchets contenant de la matière organique sont décomposés sous l'influence de bactéries anaérobies, ils génèrent du biogaz qui se compose principalement de méthane et de dioxyde de carbone.

I.4.2.6. Méthode d'enfouissement

Cette méthode est utilisée pour contenir les déchets et en réduire la quantité en les comprimant avant de les enfouir dans une fosse spécialement conçue à cet effet. Pour prévenir toute fuite de matières liquides résultant de la décomposition des déchets dans le sol, une couche de ciment et une couche de plastique rigide sont disposées sur les bords et la base de la fosse. Cette méthode permet de préserver les eaux souterraines.

Conditions de forage :

- ✓ Le trou doit être creusé sur une surface imperméable au sol.
- ✓ L'excavation doit être située à une distance de 200 mètres des zones résidentielles.
- ✓ Elle doit également être à une distance minimale de 122 mètres des plans d'eau.
- ✓ Il est important de prendre en compte la direction du vent dominant dans la région.
- ✓ Enfin, il est préférable que la région soit peu exposée aux précipitations [2].

I.5. Dispositions législatives et réglementaires nationales relatives aux déchets

Loi n° 03-10 du 19/07/2003 : Relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Elle comporte 114 articles. Cette loi définit les règles de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable [20].

Loi n° 83-03 du 19 juillet 1983 : C'est la première loi algérienne sur la protection de l'environnement. Elle a été adoptée le 19 juillet 1983. Elle consacre un chapitre entier à la gestion écologique des déchets [20].

Loi n° 19-01 votée le 27 ramadan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 : Relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets

- Décret exécutif n° 02-372 du 6 ramadan 1423 correspondant au 11 novembre 2002, relatif aux déchets d'emballages.

- Décret exécutif n° 04-199 du jourada II 1425 correspondant au 19 juillet 2004, précisant les modalités d'établissement, d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de traitement des déchets d'emballages.

- Décret exécutif n° 03-477 du 15 chaoual 1424 correspondant au 9 décembre 2003, précisant les méthodes et procédures d'élaboration, de publication et de révision du plan national de gestion des déchets privés.

- Arrêté du 7 Rabie El Awal 1429 correspondant au 15 mars 2008 portant nomination des membres de la commission chargée d'élaborer le plan national de gestion des déchets spéciaux.

- Décision du 23 Dhu al-Hijjah 1442 correspondant au 2 août 2021 portant nomination des membres de la commission chargée d'élaborer le plan national de gestion des déchets privés.

- Le décret exécutif n° 03-478 du 15 chaoual 1424 correspondant au 9 décembre 2003, fixant les modalités de gestion des déchets d'activités thérapeutiques.
- Un arrêté interministériel du 30 Rabi' al-Thani 1432 correspondant au 4 avril 2011 précise les

modalités de traitement des déchets constitués d'organes du corps.

- Décret exécutif n° 04-210 du 10 Joumada Al-Thani 1425 correspondant au 28 juillet 2004, précisant les modalités de fixation des spécifications techniques des enveloppes destinées à contenir des denrées alimentaires directes ou des articles destinés aux enfants.

- Décret exécutif n° 04-409 du 2 Dhu al-Qi`dah 1425 correspondant au 14 décembre 2004, précisant les modalités de transport des déchets spéciaux dangereux.

- Un arrêté interministériel du 26 shawwal 1434 correspondant au 2 septembre 2013 précise le contenu du dossier de demande d'autorisation de transport de déchets spéciaux dangereux et les modalités d'octroi de l'autorisation ainsi que ses caractéristiques techniques.
- Un arrêté interministériel en date du 26 Shawwal 1434 correspondant au 2 septembre 2013 précise les caractéristiques techniques des étiquettes de déchets spéciaux dangereux

-Décret exécutif n° 04-410 du 2 Dhu al-Qi`dah 1425 correspondant au 14 décembre 2004, fixant les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'acceptation des déchets au niveau de ces installations.

-Décret exécutif n° 2005-314 du 6 Shaaban 1426 correspondant au 10 septembre 2005, fixant les modalités d'agrément des collectivités productrices et/ou détentrices de déchets privés.

- Décret exécutif n° 2005-315 du 6 Shaaban 1426 correspondant au 10 septembre 2005 précisant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.

-Décret exécutif n° 2006-104 du 29 muharram 1427 correspondant au 28 février 2006 définissant la liste des déchets dont les déchets spéciaux dangereux.

- Décret exécutif n° 205-2007 du 15 joumada al-thani 1428 correspondant au 30 juin 2007 précisant les modalités, les procédures et l'élaboration du plan communal de gestion des déchets ménagers et assimilés, sa publication et sa révision.

- Décret exécutif n° 09-19 du 23 Muharram 1430 correspondant au 20 janvier 2009, qui régleme l'activité de collecte des déchets spéciaux.

- Décret exécutif n° 10-19 du 16 joumada I 1440 correspondant au 23 janvier 2019 réglementant l'exportation des déchets spéciaux dangereux.

- Arrêté du 21 Rabie Thani 1441 correspondant au 18 décembre 2019, portant nomination des membres du comité intersectoriel pour l'exportation des déchets spéciaux dangereux.

- Arrêté du 16 Shawwal 1441 correspondant au 8 juin 2020, portant approbation du règlement intérieur du comité intersectoriel pour l'exportation des déchets spéciaux dangereux.
- Arrêté du 16 Shawwal 1441 correspondant au 8 juin 2020, fixant les modalités de réhabilitation des gisements de déchets spéciaux dangereux.
- Arrêté du 28 Rabi' al-Awwal 1443 correspondant au 4 novembre 2021, modifiant l'arrêté du 21 Rabi' al-Thani 1441 correspondant au 18 décembre 2019, qui comporte la nomination des membres du comité intersectoriel pour l'exportation des produits spéciaux dangereux déchets [20].

- **Loi n° 04-20 du 25/12/2004** : La loi traite de la prévention des risques majeurs et de la gestion des catastrophes dans le contexte du développement durable. Elle établit de manière précise les responsabilités de chaque intervenant impliqué dans le domaine de la prévention au niveau des zones et pôles industriels. La Commune représente la collectivité territoriale fondamentale de l'Etat, possédant à la fois la personnalité juridique et l'autonomie financière [20].

- **Loi n° 11-10 du 22/06/2011** : La Commune exerce ses compétences dans tous les domaines qui lui sont attribués par la loi. Elle travaille en collaboration avec l'Etat pour gérer et aménager le territoire, favoriser le développement économique, social et culturel, garantir la sécurité et améliorer le cadre de vie des citoyens en assurant leur protection [20].

I.6. Effets négatifs des déchets sur l'environnement

L'accumulation de déchets solides en amont des résidences et sur les voies publiques génère une multitude de problèmes environnementaux qui constituent une menace pour la vie humaine et la société dans son ensemble.

Les problèmes environnementaux associés aux déchets domestiques et similaires comprennent [1] :

I.6.1. Sur la qualité de l'air

La pollution de l'air est définie par deux sources principales : d'une part, l'incinération de déchets, et d'autre part, le transport par le vent de particules fines et de matières plastiques qui rendent l'air dangereux à respirer. Le vent peut également transporter des bactéries nocives, ce qui représente un risque pour la santé publique.

Les sources de pollution atmosphérique sont multiples et variées, allant de la combustion anarchique des pneus aux ordures ménagères et aux déchets de toutes sortes, en passant par les activités industrielles et la circulation automobile. La fumée dégagée par la combustion des pneus est particulièrement préoccupante, car elle contient des substances très dangereuses telles que les

dioxines et les furanes.

Face à ces multiples sources de pollution de l'air, il est urgent de prendre des mesures pour protéger la santé publique. Cela peut passer par des initiatives visant à réduire la combustion anarchique des pneus et des déchets, à limiter les émissions polluantes des activités industrielles et du trafic automobile, ainsi qu'à encourager l'utilisation de sources d'énergie renouvelable. En agissant ensemble, nous pouvons protéger l'air que nous respirons et préserver notre santé et celle de notre planète.

Les polluants organiques ont une longue durée de vie pouvant atteindre jusqu'à 20 ans, et représentent une menace sérieuse pour la santé publique. En effet, ces polluants peuvent persister dans les tissus gras de l'organisme humain, causant des effets néfastes tels que le cancer, des malformations et des maladies respiratoires. En outre, les colorants utilisés par les teinturiers sont également nocifs, avec des effets délétères bien documentés. Les eaux usées déversées dans le sol contiennent également des éléments polluants, ce qui les rend dangereuses pour l'environnement. Le contact de ces substances avec l'air peut également être préjudiciable pour la santé humaine [3].

I.6.2. Sur l'eau

La pollution de l'eau englobe toute altération de la qualité de l'eau, que ce soit d'origine chimique, physique ou biologique, ayant un effet néfaste sur les êtres vivants. La consommation d'eau contaminée par l'homme peut avoir des conséquences graves sur sa santé. En outre, la pollution peut rendre l'eau impropre à son usage prévu. Il existe une variété de polluants de l'eau, tels que :

I.6.2.1. Polluants chimiques

Les produits chimiques qui polluent l'eau proviennent principalement des engrais et des produits phytosanitaires tels que les insecticides et les pesticides, qui sont couramment utilisés pour éliminer les insectes et protéger les plantes. Les engrais chimiques sont transportés par les eaux de pluie jusqu'aux lacs et aux rivières, provoquant ainsi la dégradation de l'eau.

L'industrie a un impact sur la pollution de l'eau, notamment dans certains secteurs tels que l'industrie nucléaire. En effet, la présence de déchets industriels transportés par ruissellement ou rejetés directement dans les falaises ou dans la mer est une des raisons de cette pollution. De plus, l'eau peut être polluée par des minéraux dangereux, en particulier dans l'industrie nucléaire [3].

I.6.2.2. Pollution thermique

L'émission de chaleur dans l'environnement engendre une forme de pollution physique qui peut altérer le facteur environnemental fondamental qu'est la température, ce qui peut entraîner de graves

perturbations chez les animaux et les plantes.

Cette pollution est principalement causée par la production d'énergie électrique, qu'elle soit d'origine thermique classique ou nucléaire. Elle peut également être attribuée, dans une moindre mesure, à certaines industries telles que les aciéries [3].

I.6.3. Sur le sol

La pollution du sol a de multiples sources, dont l'utilisation excessive d'engrais et de produits chimiques par les agriculteurs. Elle peut également être causée par des déversements ou des fuites de déchets tels qu'une marée noire, une fuite de décharge ou encore une contamination suite au stockage de métaux lourds tels que l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le plomb, le mercure et le zinc. Il peut également arriver que des produits chimiques toxiques s'échappent d'un réservoir souterrain. Les sols pollués constituent une menace sérieuse pour la santé humaine, la faune, la flore et l'environnement dans son ensemble [3].

I.6.4. Sur la santé

Les décharges ne sont pas seulement responsables de la dégradation de l'environnement, mais elles constituent également une source de nombreuses maladies telles que le paludisme, l'intoxication alimentaire, la fièvre typhoïde et le choléra.

Les déchets ménagers accumulés dans la ville sont souvent abandonnés en tas, ce qui favorise la prolifération de germes, parasites et autres vecteurs de maladies. En effet, la fermentation des déchets libère des odeurs irritantes qui peuvent provoquer des réactions allergiques, voire même une pneumonie. De plus, ces déchets émettent des gaz toxiques tels que le sulfure d'hydrogène, le méthane et le dioxyde de carbone.

Il est donc impératif de mettre en place des politiques efficaces de gestion des déchets pour prévenir la propagation des maladies et préserver l'environnement.

Cependant, le principal problème de l'accumulation de déchets est la propagation de microbes et de parasites de toutes sortes, ainsi que la présence d'animaux qui y vivent tels que les mouches, les moustiques, les rats et les souris, qui sont à l'origine de divers parasites tels que le paludisme, l'intoxication alimentaire, la fièvre typhoïde, le choléra et même la peste.

De plus, des études récentes ont montré que les décharges sont responsables de l'apparition d'anomalies génétiques chez les enfants nés de parents vivant dans un rayon de trois kilomètres du site. Selon l'Organisation mondiale de la santé, la pollution environnementale entraîne chaque année la mort de trois millions d'enfants dans le monde.

Les problèmes de santé liés aux déchets sont dus à la décomposition des matières organiques par

l'air et l'eau. De plus, les déchets organiques stockés à proximité des habitations représentent un danger en favorisant la prolifération de vecteurs de maladies tels que les rats, les mouches, les cafards et les moustiques. Les maladies transmises par ces vecteurs incluent notamment : -La dengue menace à elle seule plus de 2,5 milliards de personnes dans plus de 100 pays ;

Le paludisme est responsable de plus de 600 000 décès par an à travers le monde. D'autres maladies transmises par les mouches telles que la fièvre typhoïde et la dysenterie sont également préoccupantes. En outre, des maladies comme la fièvre jaune, l'encéphalite japonaise, l'onchocercose et des maladies virales récentes représentent également une menace pour la santé publique [3].

I.7. Gestion des déchets en Algérie

Le mode de gestion des services de gestion des déchets peut varier considérablement d'un pays à l'autre. On peut trouver différents modèles allant de la gestion directe à l'utilisation des marchés publics, en passant par la délégation et la concession. Plusieurs acteurs issus de divers secteurs sont impliqués pour garantir le bon fonctionnement de ces services à l'échelle nationale ou régionale.

I.7.1. Institutions légalement mandatées pour gérer les déchets

I.7.1.1. Commune

Selon l'article 123 de la loi commune, la commune est chargée de veiller à la propreté et à la santé publique. En effet, elle assure la collecte, le transport, le traitement des déchets ainsi que l'évacuation et le traitement des eaux usées. Cependant, le traitement des ordures ménagères constitue un défi majeur pour de nombreuses communes qui manquent souvent des moyens financiers et matériels nécessaires. Ainsi, le législateur stipule clairement que le processus de traitement des déchets, incluant la collecte et le transport, ainsi que l'assainissement des déchets et des eaux usées, doit être réalisé avec la contribution des services techniques de l'Etat [1].

Plan municipal de gestion des déchets :

Chaque municipalité doit élaborer un plan de gestion des déchets municipaux, sous la responsabilité du président du Conseil populaire municipal. Ce plan doit couvrir toutes les régions de la municipalité et être conforme au plan national de gestion des déchets [2].

➤ Étapes de Préparation du plan de gestion des déchets municipaux :

- Le plan de gestion des déchets et des résidus de la commune est supervisé par le président de l'assemblée populaire communale conformément aux dispositions du décret n° 021-20. Ce plan est mis en place à l'initiative de deux ou plusieurs communes ou du gouverneur de région compétent, pour une gestion commune des déchets ménagers et assimilés. L'un des

responsables est chargé de sa mise en œuvre. Les conseils populaires, choisis par leurs pairs, sont chargés de l'élaboration, de l'examen et de l'approbation du schéma de gestion des déchets municipaux et autres, ainsi que de sa mise en œuvre.

- Le projet communal de gestion des déchets ménagers et assimilés sera suspendu dans les plus brefs délais. Il sera préparé et mis à la disposition des citoyens au siège de la municipalité pendant un mois pour consultation et recueil d'avis. À cet égard, la municipalité doit mettre à disposition des citoyens un registre numéroté et indexé pour enregistrer leurs opinions potentielles.
- Les services de l'Agence nationale des déchets sont disponibles pour aider à élaborer, approuver et mettre en œuvre le plan de gestion des déchets municipaux et autres. Cependant, l'intervention de l'Agence nationale des déchets doit être effectuée en vertu d'un accord conclu avec le président de l'Assemblée populaire communale concernée.
- Après l'expiration d'un délai d'un mois et suite à la prise en compte des avis des citoyens, le projet de plan communal de gestion des ordures ménagères et assimilées sera transmis aux services de l'Etat compétents. Ces derniers auront pour mission de l'étudier et de se prononcer sur celui-ci.
- Après cela, le plan communal de gestion des déchets ménagers est étudié et approuvé lors des délibérations de l'Assemblée populaire municipale. Il est ensuite soumis à l'approbation du gouverneur compétent au niveau régional, conformément aux dispositions de l'article 05 de la loi n°25-55 relative à la gestion, au contrôle et à l'évacuation des déchets.
- Les citoyens ont été informés par la presse de la décision prise par le plan municipal de collecter et traiter les déchets ménagers et assimilés.
- Le plan communal de gestion des déchets ménagers et assimilés sera révisé tous les dix ans après son approbation, sur l'initiative du Président de l'Assemblée Populaire Communale. Il pourra également être révisé chaque fois que cela s'avérera nécessaire. [2].

➤ **Contenu du schéma communal de gestion des ordures ménagères :**

Le plan de gestion des déchets municipaux se compose de trois parties :

❖ **Première partie:**

La réglementation en vigueur pour la gestion des déchets ménagers, assimilés et inertes sur le territoire de la commune comprend:

- Identifier les activités urbaines qui produisent des déchets ménagers et assimilés et des déchets non vivants.
- Caractéristiques des déchets ménagers et assimilés.
- Analyse quantitative des déchets ménagers et assimilés concernés (quantité produite de partie

des familles, des activités commerciales et humaines, taux journalier).

- Cette étude qualitative porte sur l'analyse des déchets ménagers et assimilés, en prenant en compte les facteurs physiques et chimiques tels que l'humidité, la capacité calorifique minimale et la densité. Nous nous penchons également sur les différents composants de ces déchets, tels que les matières organiques, le papier, le carton et le plastique.
- L'analyse quantitative et qualitative des déchets inertes nécessite une évaluation minutieuse de l'organisation des services en charge de la gestion des déchets. Cela implique notamment de prendre en compte le nombre de salariés et leurs qualifications, ainsi que les modèles de collecte approuvés, tels que les trajectoires, la fréquence, les heures et le pourcentage quotidien.
- Il est également important de considérer le nombre et le type de véhicules d'occasion utilisés pour la collecte, ainsi que leur capacité, leur état de fonctionnement, leur taux d'inactivité et leur activité utilitaire. L'entretien des véhicules doit être vérifié afin de détecter les éventuelles carences de l'organisation.
- Enfin, il convient d'évaluer le coût actuel de la collecte, du transfert et du traitement des déchets. Cette évaluation permettra de mesurer l'efficacité de l'organisation en place et de déterminer les éventuelles améliorations à apporter pour optimiser la gestion des déchets inertes.
- Identification des sites et installations de transformation présente sur le territoire de la municipalité pour une meilleure localisation. [2].

❖ **Deuxième partie:**

Le nouveau schéma organisant la gestion des ordures ménagères et assimilées Et les déchets inertes

:

- Évaluer l'évolution quantitative et qualitative des déchets produits par les ménages et les activités assimilées, ainsi que des déchets inertes, en prenant en compte les trajectoires historiques de la croissance démographique et économique, ainsi que les possibilités de réduction des volumes.
- Choisir les options relatives aux systèmes de collecte, de transport et de tri des déchets, en tenant compte des capacités économiques et financières nécessaires à leur mise en œuvre, notamment :
 - La division appropriée de la municipalité en secteurs.
 - Des horaires et des itinéraires rationnels pour la collecte des déchets.
 - Les moyens humains et matériels nécessaires à la collecte et au transport des déchets pour chaque filière compte tenu prise en compte des particularités du terrain et de la nature des

logements.

- La possibilité de mettre en place un système de collecte sélective et de définir les moyens à mettre en œuvre à cet égard, notamment en termes d'équipement, de formation, d'information et de sensibilisation. La possibilité d'organiser et de développer des marchés de valorisation des déchets et d'identifier les réformes présentées à l'intérêt public en charge de la gestion des déchets à l'échelon municipal.
- L'objectif est d'évaluer et de renforcer les compétences requises pour le traitement des déchets en identifiant les priorités nécessaires à la mise en place de nouvelles installations de tri, de traitement et d'évacuation des déchets[2].

❖ **Troisième partie :**

- Évaluation des investissements requis pour la mise en place du plan communal de gestion des déchets ménagers et assimilés. [2].

➤ **Wilaya :**

- La loi numéro 07-19 sur le mandat traite des aspects de la gestion des déchets ménagers à A, en prévoyant la mise en place de services publics dans la wilaya dont la mission principale est d'assurer la salubrité et l'hygiène générale. Cette disposition est mise en œuvre au moyen de moyens organisationnels appropriés.
- Les services publics de la wilaya peuvent également, au cas où ils ne seraient pas en mesure d'exploiter directement ces installations les intérêts concluent des contrats de concession avec le secteur privé dans le domaine de la gestion des déchets et préserver l'environnement, Cela se fait avec une licence de l'Assemblée populaire de l'État, conformément aux règles et procédures applicables
- Un délai de(03) ans est accordé pour la réalisation des installations d'élimination de ces déchets, à compter de la date de lancement de la mise en œuvre du projet [1].

➤ **Agence nationale des déchets**

En vérité, les autorités algériennes ont longtemps négligé le problème des déchets ménagers, mais cela a changé au début du 21ème siècle, suite à l'adhésion de l'Algérie à la Convention de Bâle. Le décret républicain n° 158-98 a été promulgué et la première loi sur la gestion des déchets, la loi 19-01, a été adoptée. Cette dernière a permis la création de l'Agence nationale des déchets, qui mérite d'être saluée [1].

Conclusion

Les déchets représentent aujourd'hui un problème majeur pour de nombreux pays, qui doivent faire

face à des défis complexes en matière de gestion et d'élimination de ces déchets. Les méthodes courantes, telles que le brûlage ou le stockage, ont un impact néfaste sur l'air, le sol et l'eau, ainsi que sur l'émission de gaz toxiques.

En Algérie, ce problème est particulièrement aigu et les autorités sont conscientes de la nécessité de mettre en place un système de gestion des déchets solide et efficace. Ainsi, le ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire a lancé un programme national de gestion des déchets solides municipaux visant à éliminer toutes les pratiques illégales et à organiser la collecte, le transport et l'élimination des déchets solides municipaux dans des conditions qui garantissent la protection de l'environnement et le maintien d'un environnement propre. Ce programme prévoit également la création et l'équipement de centres d'élimination des déchets techniques dans tous les États.

En somme, l'Algérie est déterminée à améliorer la gestion de ses déchets et à adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement. Ce programme national est un pas important dans cette direction, permettant de garantir une gestion plus efficace et responsable des déchets solides municipaux dans tout le pays.

Chapitre II

Gestion des déchets en Algérie

II.1 Introduction

Au siècle dernier, l'Algérie a été confrontée à de graves problèmes de gestion des déchets municipaux, qui ont entraîné de nombreux problèmes tels que des crises sanitaires touchant de nombreuses personnes, une diminution des ressources humaines et matérielles allouées à la préservation de la qualité de l'environnement et la saturation des décharges. Avec l'augmentation de la population, le volume de déchets a augmenté, aggravant ainsi la situation.

Ces problèmes ont incité le gouvernement algérien à revoir sa politique de gestion des déchets et à adopter des mesures réglementaires et financières en 2001. L'objectif de ces mesures est d'améliorer la qualité des services de gestion des déchets, afin d'assurer la propreté environnementale et la santé publique.

Dans le deuxième chapitre, nous allons étudier la gestion des déchets à Tlemcen et évaluer l'efficacité des lois mises en place par l'Algérie pour éliminer les déchets. [1]

II.2 Production de déchets ménagers et assimilés en Algérie.

En Algérie, les déchets ménagers et assimilés sont principalement produits par les habitations et les restaurants. Ces déchets sont compressibles, ce qui permet de les mesurer en volume ou en masse, souvent en kilogrammes par jour et par ménage. Les ordures ménagères représentent environ 90% de tous les déchets ménagers et assimilés produits dans le pays.

La densité de population en Algérie augmente chaque année, ce qui explique l'augmentation de la quantité de déchets. La carte ci-dessous montre la répartition spatiale de la production de DMA par province en 2020, incluant les commerces, les marchés, les restaurants et les administrations.

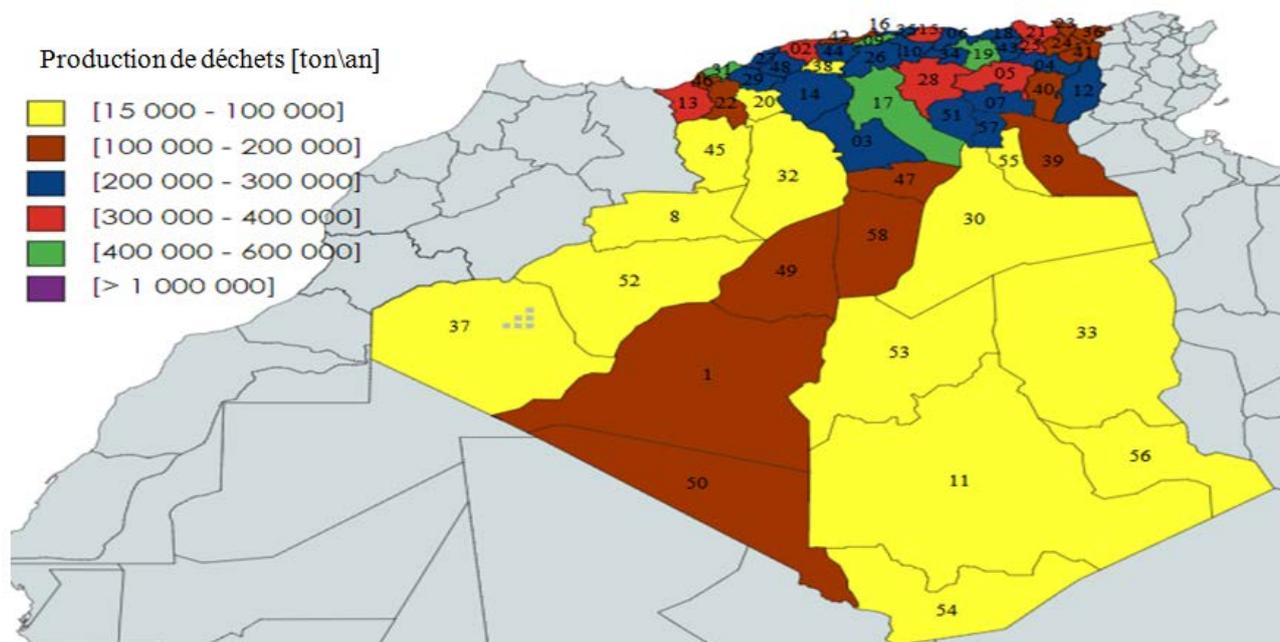


Figure II.1 : Carte représentant la production de déchets ménagers et assimilés en Algérie en 2020.

En raison de la faible population, la quantité de déchets varie d'un État à l'autre, en fonction de leur population et de leurs activités économiques respectives. Bien que la capitale soit petite, elle est la province la plus productrice de déchets, produisant plus d'un million de tonnes de déchets par an en raison de sa forte densité de population et du grand nombre d'activités économiques qui y ont lieu. En revanche, les provinces du sud sont les moins productrices de déchets.

II.3 Répartition spatiale des installations de traitement (2020)

Les déchets ménagers et assimilés sont traités sur l'ensemble du territoire, à la fois dans des décharges techniques de classe 2 et dans des décharges contrôlées. Ces dernières années, d'importants investissements ont été réalisés pour créer des installations de traitement de ces déchets. Ainsi, 221 installations de traitement ont été construites, comprenant 112 centres d'enfouissement technique et 109 décharges contrôlées.

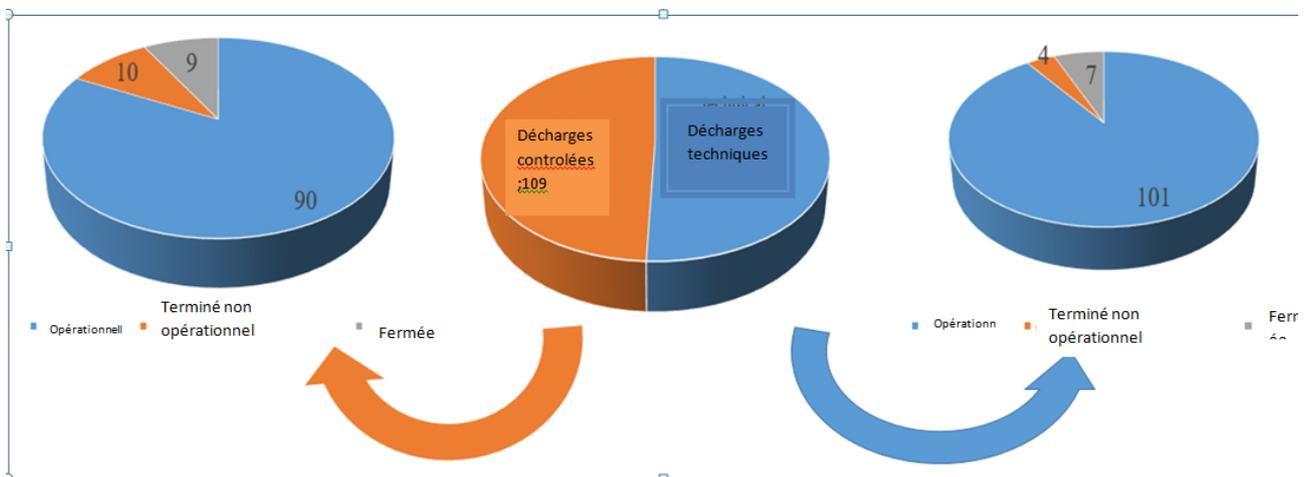
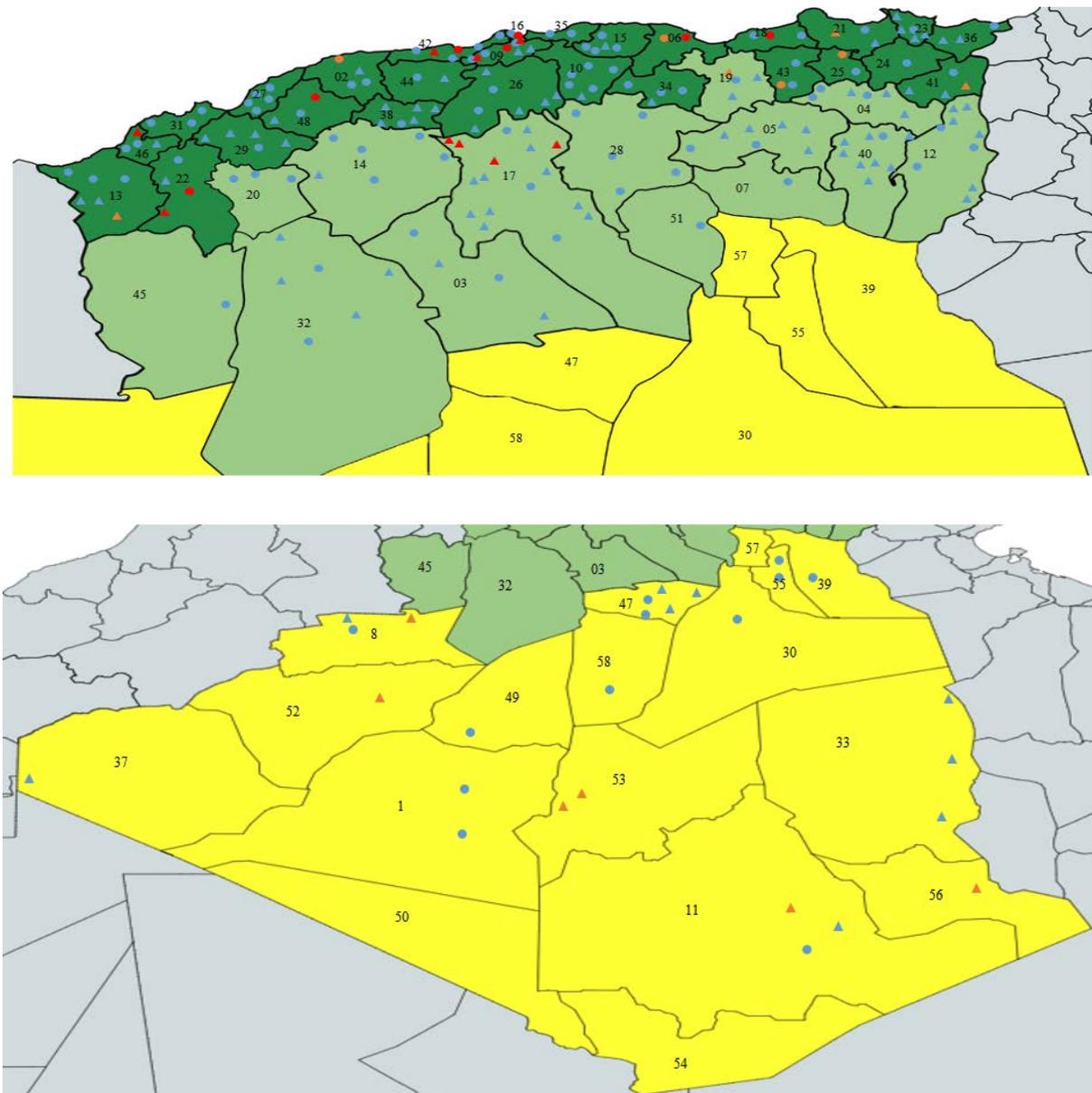


Figure II.2 : Nombre d'installations de traitement des déchets ménagers et assimilés.

En examinant la carte, il est clair que le nombre de décharges techniques et sanitaires dans les États du nord est nettement supérieur à celui des États du sud. En effet, on y recense 89 décharges techniques et 81 décharges sanitaires, soit près de 90 % de l'ensemble des installations du parc national. Le reste des infrastructures est localisé dans la région sud.



C.E.T classe 2

D.C



Opérationnel

Opérationnel



Terminé non opérationnel

Terminé non opérationnel



Fermé

Fermé

Figure II.3 : Installations de traitement des déchets ménagers et assimilés en Algérie

La Figure II.4 illustre une augmentation significative du nombre de structures de traitement opérationnelles. En effet, en 2014, on dénombrait 141 de ces structures, tandis qu'en 2020, leur nombre est passé à 191. Cette évolution est en grande partie due à la croissance démographique et au développement des activités économiques. Ainsi, on constate que l'Algérie est devenue davantage dépendante des centres de décharges techniques que des décharges contrôlées.

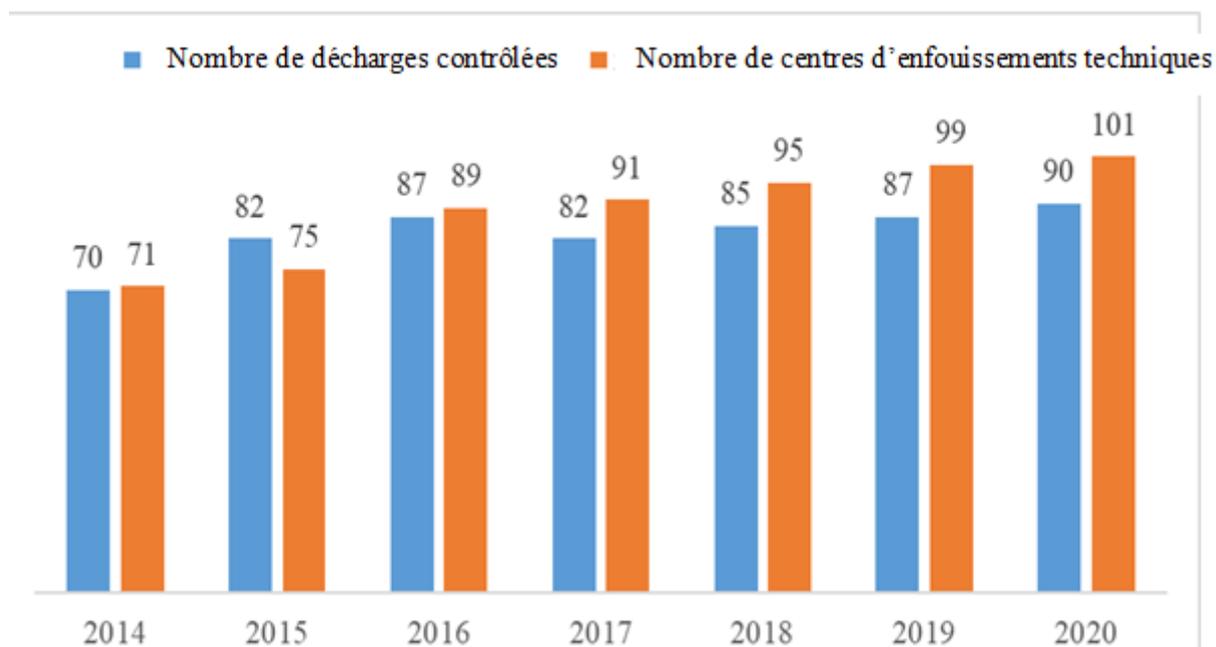


Figure II.4 : Évolution des installations de traitement en exploitation 2014-2020.

II.4 Coûts de la gestion des déchets ménagers et assimilés

Les communes ont la responsabilité de prendre en charge les dépenses liées à la gestion des ordures ménagères, puisque le coût de cette opération est évalué à 24,06 euros/tonne, selon les études menées par l'Agence nationale des déchets. Cette somme varie en fonction de la taille de la population de chaque commune. La figure ci-dessous présente l'évolution des coûts en fonction de la population en Algérie.

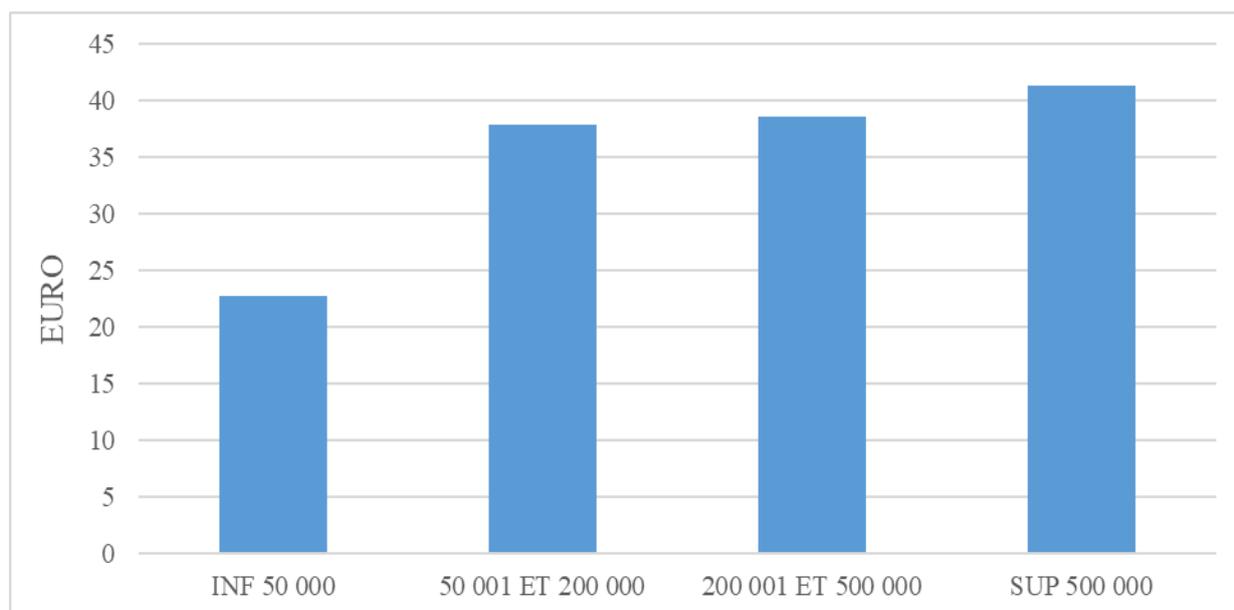


Figure II.5 : Répartition des coûts de gestion des déchets ménagers et assimilés selon la taille de la population.

II.5 Quantité de déchets traités dans la décharge.

En 2020, le volume de déchets ménagers et assimilés traités dans les centres d'enfouissement technique et les décharges contrôlées a été évalué à 6 millions de tonnes (Agence Nationale des Déchets, 2021), représentant un taux de traitement de 45% par rapport à la quantité totale produite, qui était de 13,5 millions de tonnes.

La carte ci-dessous présente les quantités annuelles estimées de déchets ménagers et assimilés traitées par province [8].

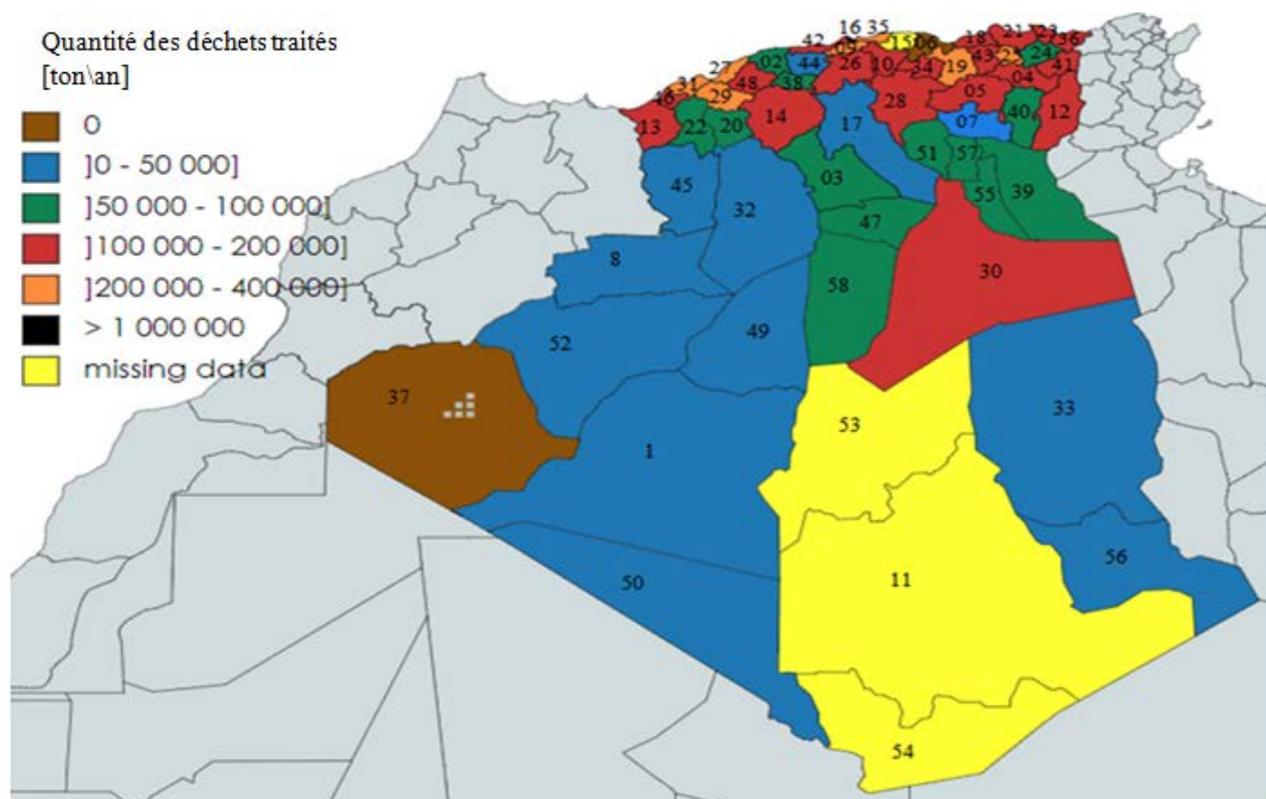


Figure II.6 : Quantité de déchets traités en Algérie.

En 2020, le volume de déchets ménagers et assimilés traités dans les centres d'enfouissement technique et les décharges contrôlées a été évalué à 6 millions de tonnes (Agence Nationale des Déchets, 2021), représentant un taux de traitement de 45% par rapport à la quantité totale produite, qui était de 13,5 millions de tonnes [05].

II.6 Tlemcen

L'état de Tlemcen est situé au nord-ouest de l'Algérie, bordé par la mer Méditerranée au nord, l'état de Naama au sud, le Maroc à l'ouest, et les états d'Ain Temouchent et de Sidi Bel Abbès à l'est. L'état de Tlemcen est divisé en 20 arrondissements et 53 communes, et la ville de Tlemcen est une ville touristique en raison de ses monuments et attraits touristiques tels que les grottes d'Ain Fazza, Mansoura, le port Hanin, les mosquées de Beni Senous, Lala ville, la Grande Mosquée, le port de

Marsa bin Mahdi et le port de Ghazaouet. La population de la province de Tlemcen est d'environ 1 019 299 (2022). Malgré la situation stratégique et l'importance des infrastructures de la wilaya de Tlemcen, la gestion des déchets est encore loin de l'objectif du « zéro déchet ». Dans la wilaya de Tlemcen, il existe trois centres techniques d'enfouissement (C.T.T.) (Jebel El Hadid, Boughrara, Tounane Souahlia), couvrant 20 communes sur un total de 53 communes et décharges contrôlées (Sebdou et Beni Snous). L'Etat de Tlemcen dispose de centres de recyclage de cartons, plastiques et textiles.

	Localisation et commune	Communes desservies par le TLC ou le CL
Centre d'enfouissement technique	Tourba Hammam Boughrara	Maghnia, Hammam boughrara Felouacen, Ain fettah
	Djbel El Hadid Chetouane	Tlemcen, Chetouane, Mansourah, Amieur, Ain Fezza, Oued Lakhder, Bensekrane, Remchi, Henaya, Zenata, Ouled Riah.
	Souahlia Ghazaouet	Ghazaouet, Souahlia, Dar yaghmouracen, Tienet, Nedroma
Décharges contrôlées	Site Regab Sebdou	Sebdou
	Tamnunsa Beni snous	Beni snous

Tableau II.1 : Centres d'enfouissement situés à Tlemcen.

II.7 Centre d'enfouissement technique de Tlemcen

II.7.1 Centre d'Enfouissement Technique Tlemcen avant Eradication

Au début du XXe siècle, la zone était utilisée comme un dépotoir sans contrôle, entraînant une augmentation considérable des déchets qui ont même atteint la route nationale. Cette situation a engendré de nombreux problèmes, notamment la propagation d'odeurs nauséabondes, la pollution de l'environnement et de l'eau, ainsi que les plaintes des résidents locaux.



Figure II.7 : Décharge de Saf Saf (Tlemcen) avant éradication.

II.7.2 Centre d'enfouissement technique de Tlemcen après éradication

Le centre d'enfouissement technique de Tlemcen se trouve dans la zone de Jabal al-Hadid, située dans la commune de Chetouane, à seulement 7 km de la ville de Tlemcen. Cette zone est entourée d'un bocage céréalier au nord, d'un bocage viticole au sud, d'une oliveraie à l'est et de la partie haute du Jabal al-Hadid à l'ouest.

Le centre de stockage de Tlemcen est de classe II. Les déchets sont stockés dans un casier. Ils sont contrôlés par le gardien lors du déchargement.



Figure II.8 : Entrée du T.L.C de Tlemcen.



Figure II.9 : Panneaux identifiant le type de centre et le type de déchets jetés.

II.7.2.1 Gestion du Centre d'Enfouissement Technique de Chetouane

La structure administrative du T.L.C Chetouane comprend un bloc administratif d'environ 50 mètres carrés, qui est équipé de bureaux et de sanitaires. Elle est dirigée par un directeur général et compte plusieurs groupes de travailleurs, chacun ayant son propre espace de travail dédié.

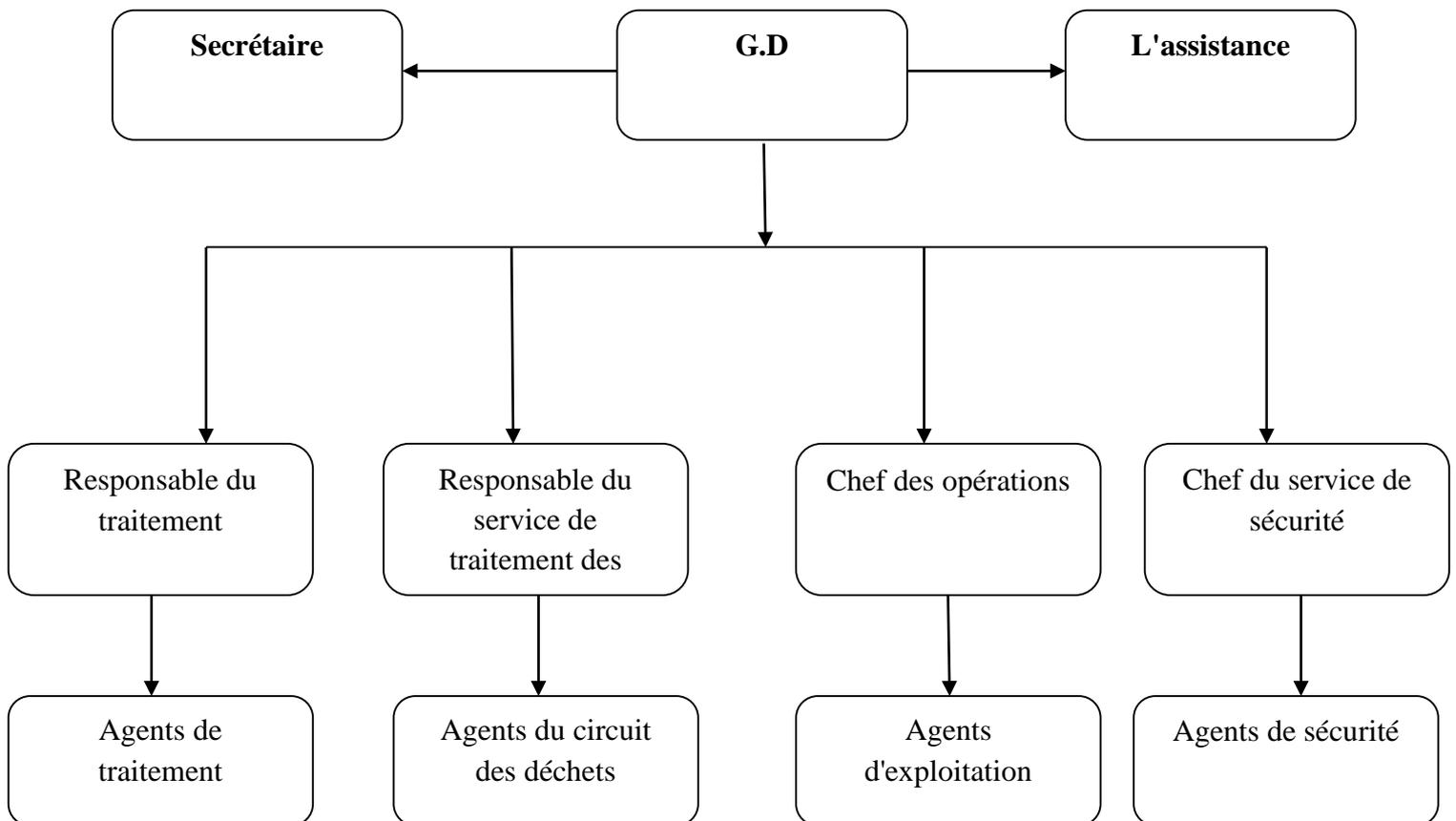


Figure II.10 : Organigramme du T.L.C.

Le centre de traitement et de valorisation des déchets de Chetouane s'étend sur une superficie de 47 hectares, dont 25 hectares sont destinés à l'enfouissement des ordures ménagères provenant du groupement du grand Tlemcen. Pour garantir la sécurité et la réglementation en vigueur, le T.L.C est clôturé par un mur en béton de propreté mesurant 2,5 mètres de hauteur et 2 kilomètres de longueur, ainsi qu'une route d'accès et de circulation interne de 1 kilomètre. Cette clôture est destinée à contrôler l'accès à l'installation en dehors des heures d'ouverture.

Le T.L.C est équipé de deux portes : une principale, où des panneaux signalétiques indiquent les jours et les horaires d'ouverture, le nom de l'exploitation ainsi que les types de déchets autorisés, et un centre de contrôle d'acceptation des déchets. Ce centre est équipé d'un panneau à l'entrée indiquant les critères d'acceptation des déchets, et les conducteurs de camions doivent fournir des informations telles que le type de camion et son numéro d'immatriculation, l'identité du conducteur, la zone de collecte et le nom de l'organisme responsable, qu'il soit privé ou municipal. Le premier contrôle visuel des déchets est effectué à cet endroit.

Le hangar de tri, situé à 600 mètres de la première porte (figure II.8 et II.9), est destiné à trier les déchets afin d'isoler la matière recyclable de la matière organique, réduisant ainsi la quantité de déchets enfouis. Malheureusement, ce hangar n'est pas actuellement opérationnel.

À l'entrée de la seconde porte (figure II.11), on trouve le pont-basculé, un élément essentiel du T.L.C pour la pesée des déchets admis et la facturation des usagers. Une fois le camion monté sur le pont-basculé, l'agent de contrôle relève des informations telles que le poids du camion, la date et l'heure de son accès (figure II.13).

À une distance de 300 mètres de la deuxième porte, nous trouvons la décharge et l'usine de lagunage, comme indiqué sur la figure II.14. Les déchets sont enfouis dans une décharge d'une capacité de 400 000 m³, occupant 4 hectares et ayant une profondeur de 10 mètres. La durée de vie estimée de la décharge est de 9 ans. Cependant, la première décharge n'a duré que 6 ans en raison d'un mauvais fonctionnement et du manque d'institutions de collecte des déchets recyclables. Le premier casier a été creusé le 24 avril 2010 et rempli le 1er septembre 2016 (figure II.15). Les caractéristiques techniques des casiers comprennent une excavation faite avec remblais, une rampe d'accès avec une pente de 8%, un indice de pente $m=2$, deux drains de collecte des lixiviats en PVC de diamètre 250 mm sur un fond lagune par un réseau de trois (3) regards et canalisations PVC : N 06 de diamètre 250mm.



Figure II.11 : Deuxième entrée du centre.



Figure II.12 : Signe spécifiant ce que contient le deuxième côté du centre.



Figure II.13 : Balance commerciale.



Figure II.14 : Décharge et la station des lixiviats



Figure II.15 : Casier numéro un après sa fermeture.



Figure II.16 : Casier numéro deux

Gestion des lixiviats

Le lixiviat passe par plusieurs étapes : collecte, stockage et traitement. Les lixiviats de fond de trappe sont drainés et récupérés dans des bassins. Ils ne sont abandonnés dans la nature que si un ensemble

de valeurs définies par la réglementation est respecté. Les critères minimaux de rejets d'effluents liquides dans le milieu naturel (norme OMS) sont définis dans le tableau suivant.

Matières en suspension totales	<100mg/l si débit journalier max.
Carbone organique total	<15kg/j, <35mg/l au-delà.
Demande biochimique d'oxygène	<70mg/l
Azote global	<100mg/l si débit journalier max
Phosphore total	<30kg/j, <30mg/ au-delà.
Phénols	Concentration mensuelle moyenne
Métaux totaux dont :	<30mg/l si débit max journalier >15 kg/j
Cr 6+	Concentration mensuelle moyenne
CD	<10mg/l si débit max journalier > 15kg/j
Pb	<0,1 mg/l si rejet 1g/j
Hg	<15mg/l
Comme	<0,1 mg/l si rejet supérieur à 1g/j
Fluor et composés (en F)	<0,2 mg/litre
CN gratuite	<0.5mg/l si le rejet dépasse 5g/l
Hydrocarbures totaux	0,05 mg/litre
Composés organiques halogénés	0,1 mg/litre

Tableau II.2 : Critères minimaux de rejet d'effluents liquides dans l'environnement [06].

Système de récupération de biogaz

Au centre, la présence du système de récupération du biogaz est remarquée, mais malheureusement, cet équipement est incomplet. Pour améliorer la situation, il conviendrait de procéder à une mise à jour de l'équipement afin de garantir une récupération efficace du biogaz.



Figure II.17 : Système de récupération du biogaz.

II.7.2.2 Difficultés de T.L.C

- ✓ Manque de travailleurs hautement qualifiés tels que les ingénieurs.
- ✓ L'augmentation du nombre de maisons et leur proximité avec le centre qui menace ses habitants comme le montre la figure II.18.
- ✓ Soutenir l'existence d'un centre de tri primaire pour obtenir des matières recyclables comme le carton.
- ✓ Les cultures agricoles sont très proches du centre Figure II.19.
- ✓ L'impossibilité de respecter le délai d'inhumation (dysfonctionnement du centre de tri).
- ✓ Un prix symbolique très bas pour les déchets que les municipalités paient pour l'enfouissement.
- ✓ Le prix symbolique est très bas pour la vente du plastique (moins de 10 DZD/kg) par rapport au prix de vente en magasin (40 DZD/kg).
- ✓ L'incapacité du centre à réparer les équipements défectueux par manque d'expertise.
- ✓ Manque d'encadrement et manque de sensibilisation du public à l'isolement des équipements.
- ✓ L'incapacité du centre à fournir de l'énergie à partir du biogaz.



Figure II.18 : Maisons proches du centre.



Figure II. 19 : Cultures agricoles près du centre.

II.7.3 Impact des décharges techniques de Tlemcen sur l'environnement et la santé humaine

Une gestion inadéquate des décharges techniques peut engendrer des problèmes environnementaux et sanitaires considérables. Ces sites regorgent de sources d'émissions de gaz, tels que le biogaz, ou de liquides, tels que le lixiviat, qui peuvent avoir des conséquences désastreuses sur la santé et l'environnement. En effet, ces émissions nocives peuvent provoquer des maladies et une pollution importante. Ainsi, il est primordial de veiller à une gestion rigoureuse des décharges techniques afin d'éviter tout préjudice à l'écosystème et à la santé publique.

II.7.3.1 Impact des lixiviats

Le lixiviat est une substance qui peut polluer l'eau et le sol s'il n'est pas correctement collecté et traité. Les décharges techniques de Boughrara Maghnia et de Tlemcen sont toutes deux exposées à des risques importants de pollution. La première est située à proximité d'un barrage d'eau, il est donc crucial de la protéger contre toute fuite. La seconde, quant à elle, est devenue très proche des bâtiments et présente donc un risque élevé de contamination de l'eau potable en cas de mélange avec les lixiviats.

En outre, le lixiviat peut avoir des conséquences néfastes sur la santé humaine, notamment en raison de l'utilisation d'eau contaminée ou du contact avec des animaux. Le centre d'enfouissement technique est un endroit où les oiseaux se rassemblent en grand nombre et y séjournent tout au long de l'année. Pendant l'été, ces oiseaux migrent vers la mer, ce qui peut entraîner une pollution de l'eau de mer, comme le montre la figure II.20.

Il est donc crucial de mettre en place des mesures de prévention et de traitement adéquates pour minimiser les risques de pollution liés aux lixiviats. Ces mesures peuvent inclure la collecte et le traitement appropriés des lixiviats, ainsi que la mise en place de barrières physiques pour protéger les zones environnantes de la pollution. Enfin, il est également important de sensibiliser les populations locales aux dangers de la pollution liée aux déchets et de promouvoir des pratiques plus durables pour réduire les déchets produits.



Figure II.20 : Oiseaux à l'intérieur d'une décharge technique.

II.7.3.2 Impact du biogaz

L'enfouissement des déchets peut causer de graves problèmes environnementaux. En effet, la

fermentation de la matière organique entraîne la libération de gaz dangereux tels que le méthane, le dioxyde de carbone, le sulfure d'hydrogène et bien d'autres encore. Cette émission de gaz pollue l'atmosphère, causant des problèmes tels que des odeurs désagréables, le réchauffement climatique, les incendies, les explosions, et peut même ralentir la croissance des plantes.

Le sulfure d'hydrogène est l'un des gaz les plus nocifs pour la santé humaine. Il peut causer des maux de tête, des douleurs thoraciques, et même de l'asthme. Il est donc crucial de trouver des alternatives à l'enfouissement des déchets afin de préserver notre environnement et notre santé.

II.8 Analyse de la Collection du Grand Groupe de Tlemcen (juin 2021)

On compte 11 municipalités chargées de l'élimination des déchets dans le T.L.C. Chacune dispose de ses propres travailleurs et de différents camions pour effectuer la collecte des déchets. La répartition des ouvriers et des véhicules se fait en fonction du nombre d'habitants et de la quantité de déchets générée par chaque commune. Il incombe ainsi à chaque municipalité d'assumer la responsabilité de cette répartition.



- 1) Tlemcen 2) Remchi 3) Oued Lkhdar 4) Ain Fezza 5) Amieur 6) Zenata 7) Ben Sakrane
8) Henaya 9) Ouled Riah 10) Chetouane 11) Mansourah.

Figure II.21 : Communes concernées par les déchets sauvages dans le T.L.C [07].

Commune de Tlemcen

La commune de Tlemcen divise son territoire en 24 secteurs :

Commune de Tlemcen	
Secteur (1)	Agadir, Sidi Lahcene, Elhartoun, Kessarine
Secteur (2)	Old fabric, Fekharine.
Secteur (3)	Babe Zir, Riat elhammar, Riat essaffar.
Secteur (4)	City center
Secteur (5)	Bel Air, Bel Horizon.
Secteur (6)	Maliha Hamidou.
Secteur (7)	Beau Séjour, Cité Pasteur.
Secteur (8)	Ferradj, Sidi Chaker
Secteur (9)	Sidi Boumediène, Birouana, Sidi Tahar.
Secteur (10)	El kalaa
Secteur (11)	Boudghène, Riat.
Secteur (12)	Boudghène South.
Secteur (13)	Abou tachfine
Secteur (14)	Kiffane
Secteur (15)	Kiffane old, ain Nedjar.
Secteur (16)	Sidi Said, Hay Zittoune, Les Dahlias
Secteur (17)	Oujlida
Secteur (18)	Koudia.
Secteur (19)	Railway land, Sidi Said, fedan Sebaa, Guelil land, Sidi El halui
Secteur (20)	Derrar building, City Mesli Ain Nedjar, Hay ben chaieb.
Secteur (21)	The Station, Commissariat, Gar nontier, City Jain, Building Dib Youb.
Secteur (22)	Ben zardjeb School, Belair, Cherry trees, Lassirence.
Secteur (23)	Rehiba, Babe sisi boumedian
Secteur (24)	Elhartoun, City Gardin.

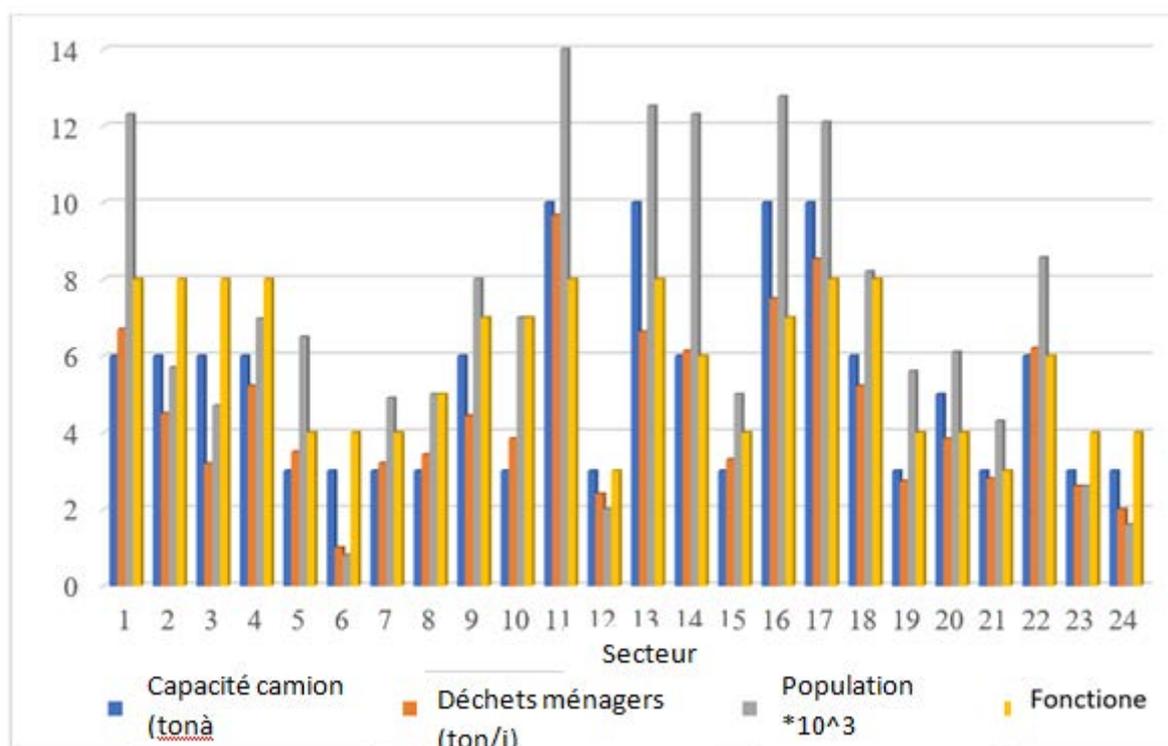


Figure II.22 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune de Tlemcen.

Commune de Chetouane

La commune de Chetouane divise son territoire en 11 secteurs :

Commune de Chetouane	
Secteur (1)	Chetouane.
Secteur (2)	50 Log, City Bouarfa, DNC, Fawdoui, City UNV.
Secteur (3)	Ain Defla, Saf Saf, 270, Elmdige.
Secteur (4)	Ouzidane.
Secteur (5)	Aine Elhoute.
Secteur (6)	Elmdige, Sidi Issa.
Secteur (7)	Ain Edfla.
Secteur (8)	Chetouan1.
Secteur (9)	Chetouan2.
Secteur (10)	Ouzidan1.
Secteur (11)	Ouzidan2.

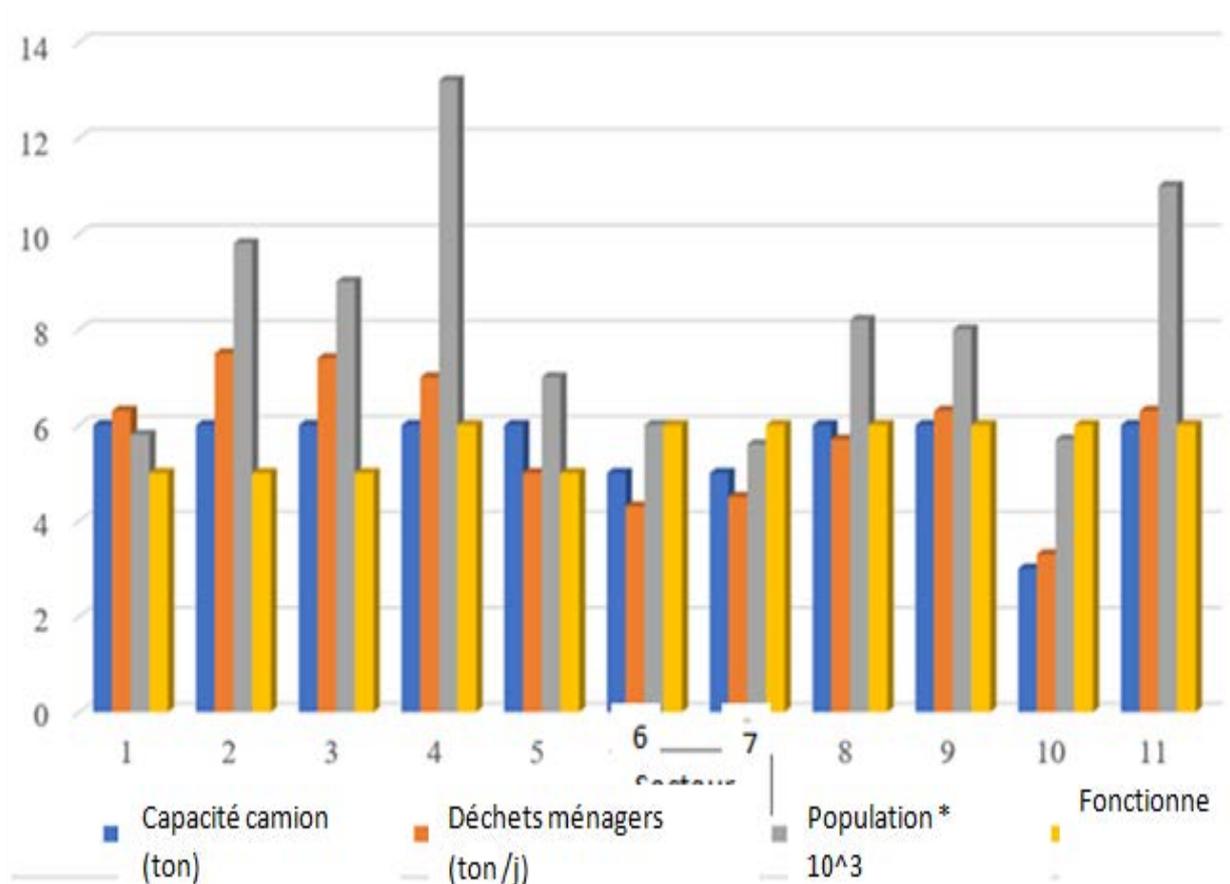


Figure II.23 : Analytiques de la gestion des déchets dans une commune de Chetouane

Municipalité de Mansourah

La commune de Mansourah divise son territoire en 10 secteurs :

La commune de Mansourah	
Secteur (1)	Journal de la ville 1060, Hay Nassim 1.
Secteur (2)	Hay Nhda, Moudjahidine, Aichouba, OPGI.
Secteur (3)	Makhouke-1-2, Trin Bousseaa, Arde Ben Chaib.
Secteur (4)	500 Journal, 276, 17 octobre, 150 Journal, 200 Journal.
Secteur (5)	Attar, Bni Boublène, Uoli Mustapha, Mansourah.
Secteur (6)	Sonelac, Hay Salam, Vieux Imama, Najma, Rocade.
Secteur (7)	Nassim 2, Célibatoriome, CFA, CFPA.
Secteur (8)	Cité militaire, Ard Zouade, Badr
Secteur (9)	Cité Hbak, Cité 476, Hay Hmaiane

Secteur (10)	Cité 400Log, Cité Belmimoune, Hay Afak, Comissaria 400.
--------------	---

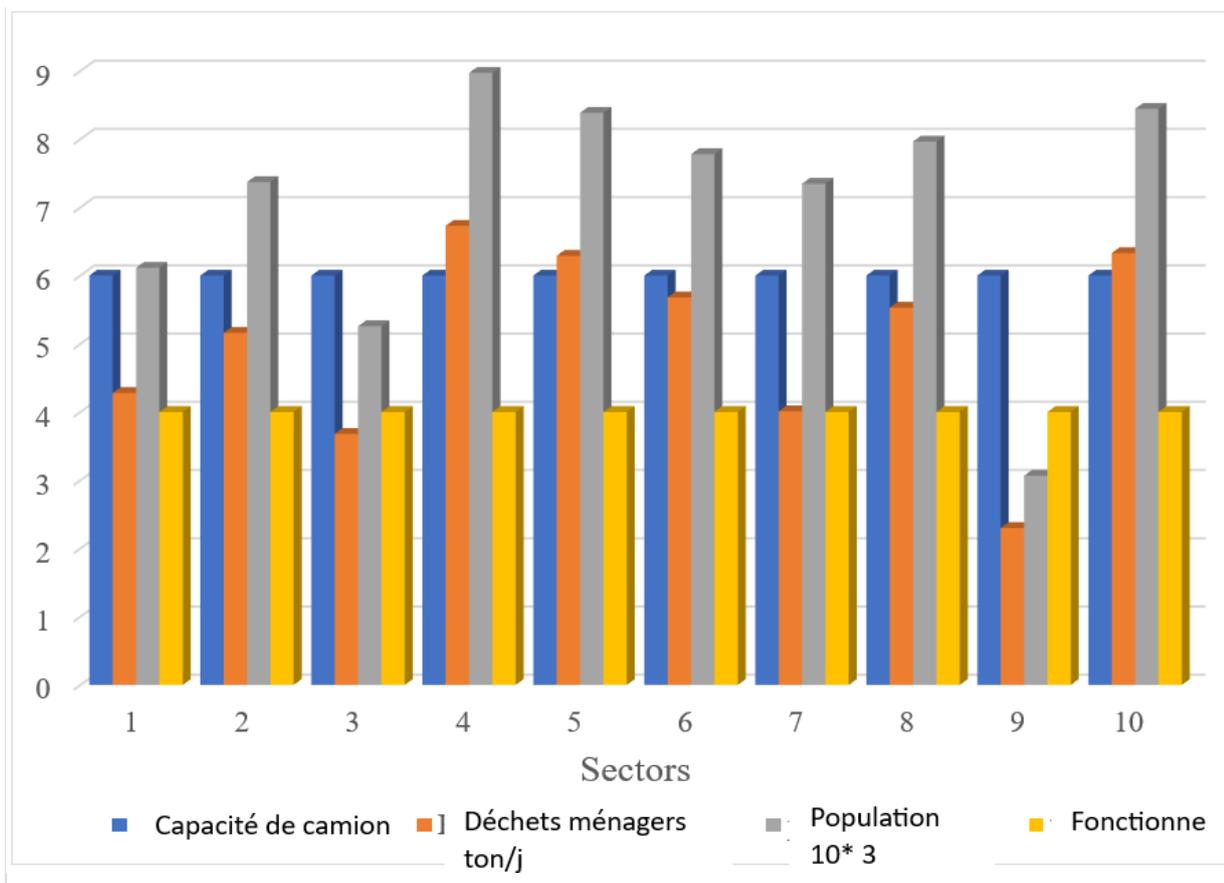


Figure II.24 : Analytiques de la gestion des déchets dans une commune de Mansourah

Commune d'Aïn Fezza

La commune d'Aïn Fezza divise son territoire en 9 secteurs :

La commune d'Aïn Fezza	
Secteur (1)	Ain Fezza / Birwana.
Secteur (2)	Ouchba.
Secteur (3)	Ain Bni Ade
Secteur (4)	Tagma
Secteur (5)	Tizi
Secteur (6)	Om Laalou
Secteur (7)	Ouled Ben Sbaa.

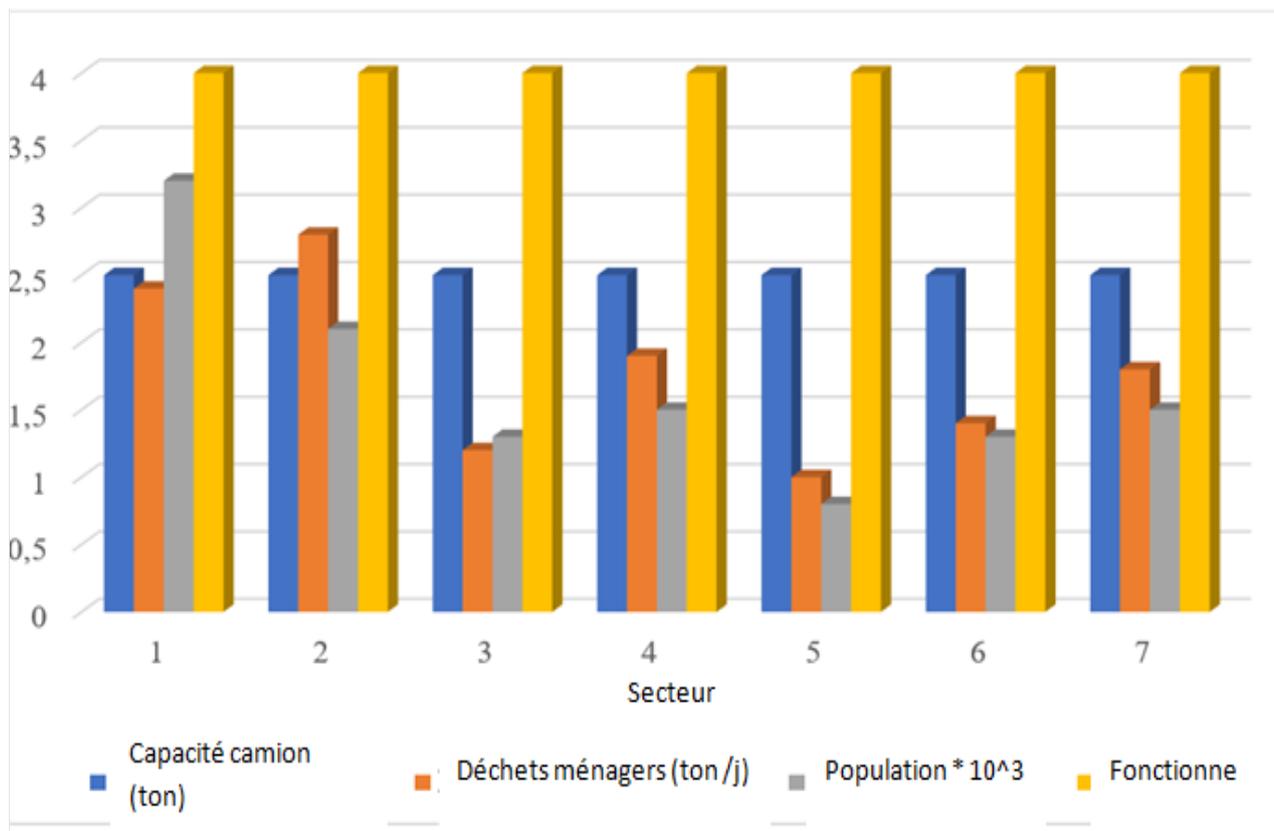


Figure II.25 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune d'Ain Fezza.

Municipalité de Remchi

La commune de Remchi divise son territoire en 9 secteurs :

La commune de Remchi	
Secteur (1)	Sidi Ahmed 1
Secteur (2)	City center, City of Chauhada
Secteur (3)	Oliviers, Ben Badis, West Center.
Secteur (4)	Ouled Khouane, Benacheur.
Secteur (5)	North West, Lotfi 1, Lotfi 2.
Secteur (6)	City Djamila, Bab El ziara, New West city (420)
Secteur (7)	220 Log, City Sanoubar.
Secteur (8)	village sidi bounoir, village Sidi Miloud, village Gouassir.
Secteur (9)	Sidi Chrif, sidi Ali, fatmi El Arbi.
Secteur (10)	East Zone, Omar Racim.
Secteur (11)	Ben Badis, West Center.
Secteur (12)	hôpital building
Secteur (13)	City of la gare

Secteur (14)	Sidi Ahmed 2
--------------	--------------

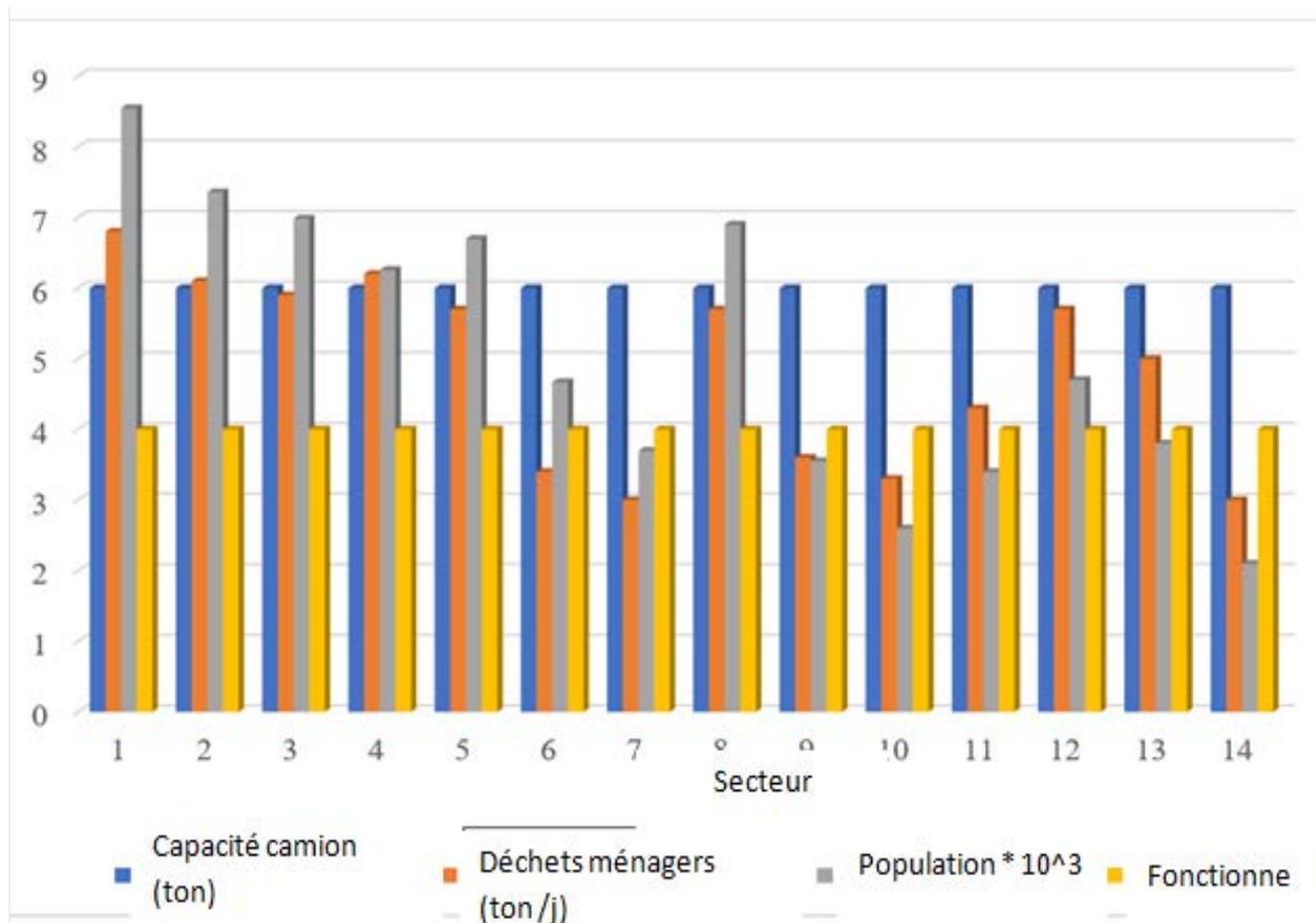


Figure II.26 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune de Remchi.

Commune de Ben Sakrane

La commune de Ben Sakrane divise son territoire en 3 secteurs :

La commune de Ben Sakrane	
Secteur (1)	Sidi Mohamed (1) and(2) / OPG / Das Messoud / city Mandra.
Secteur (2)	Hay Dachra / city 20 million / city zitoun / city 12 million / city Rekhame / city elime.
Secteur (3)	City Hay Abdenour / Saridj Hay Dalasse /city Gitna / Jessr Elhadia / Fabrika.

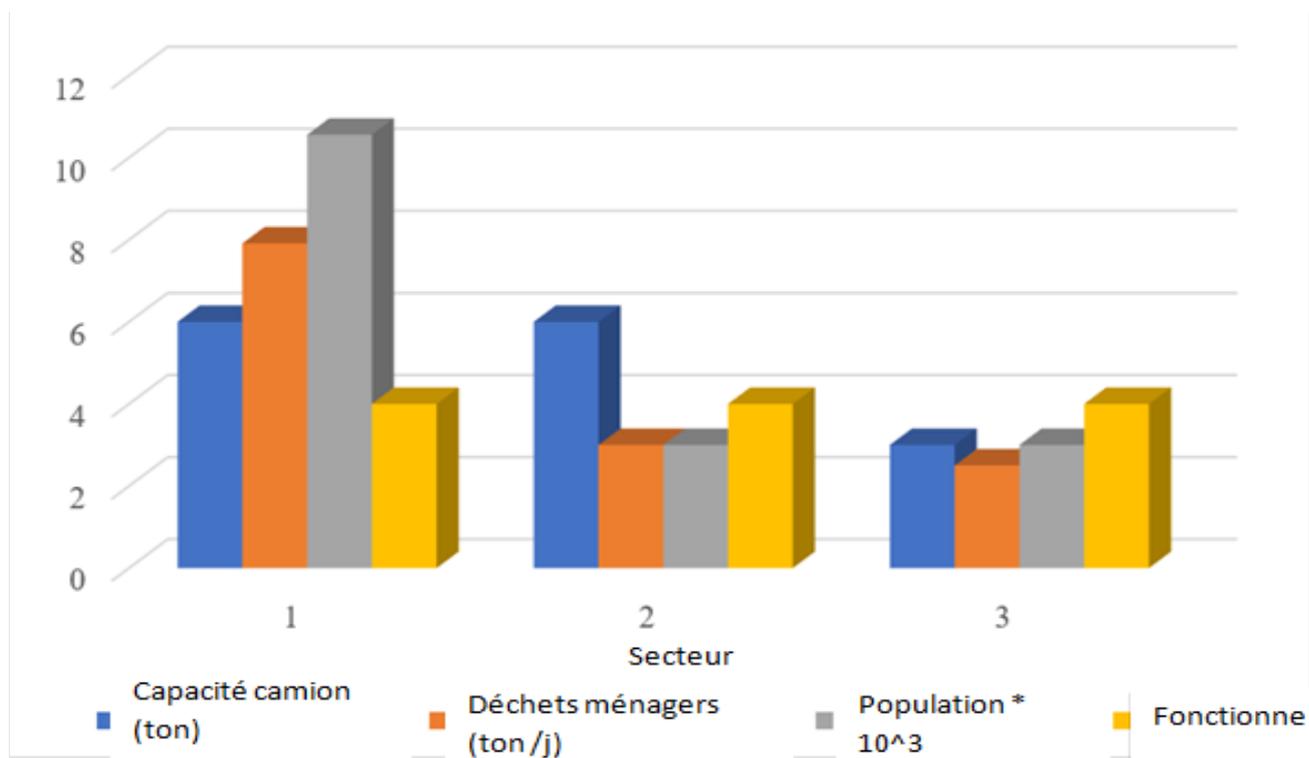


Figure II.27 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune de Ben Sakrane.

Municipalité d'Henaya

La commune d'Henaya divise son territoire en 8 secteurs :

La commune d'Henaya	
Secteur (1)	Chief Town of Henaya.
Secteur (2)	Hay El Arbi Ben Mhidi, Hay Abdeldjbar
Secteur (3)	Rue Abattoir
Secteur (4)	Hay El mahata
Secteur (5)	Les enclave (5) + (9), Soma
Secteur (6)	khmisti the old and the nephew.
Secteur (7)	Taaounia, Mekasseme, Merazga.
Secteur (8)	Ain El hdjar, Mlilia, Aboud.

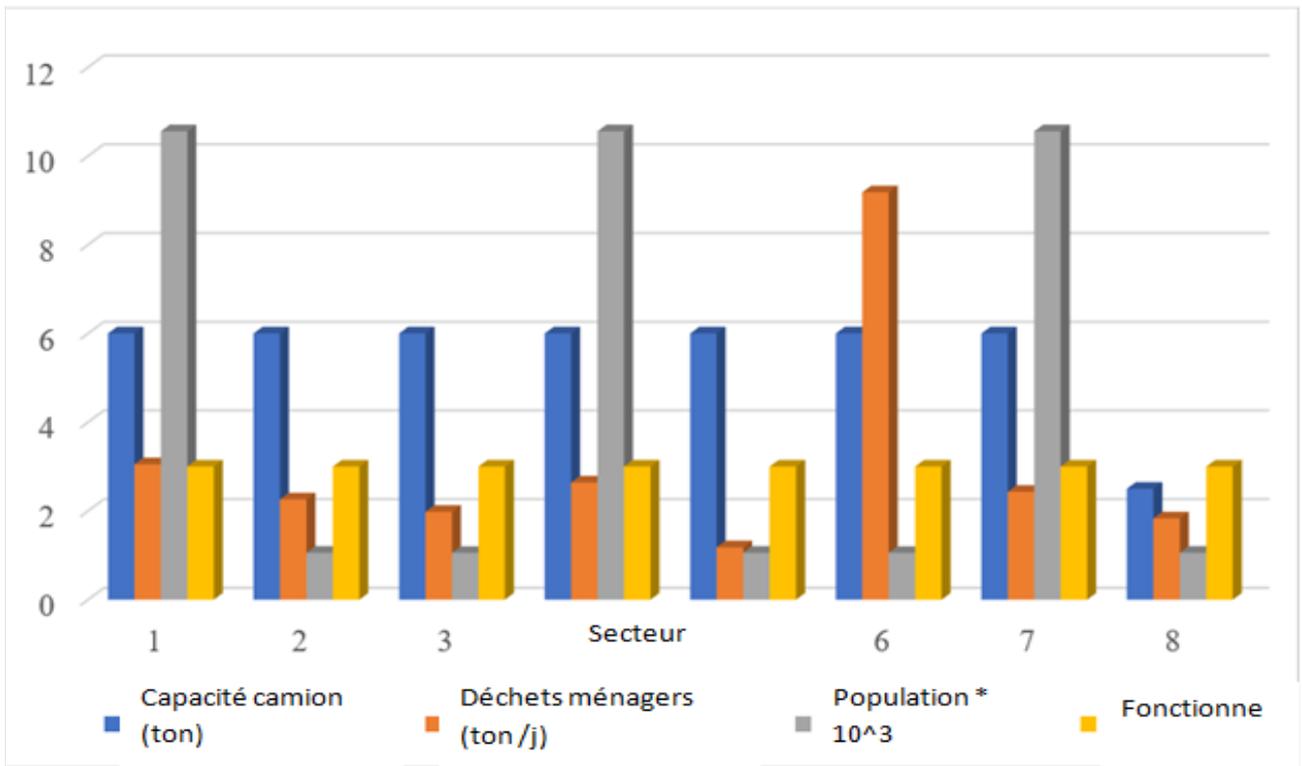


Figure II.28 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune d'Hénaya.

Commune d'Oued Lkhdar

La commune d'Oued Lkhdar divise son territoire en 2 secteurs :

La commune d'Oued Lkhdar	
Secteur (1)	Chief place
Secteur (2)	Yabdar, Mazourne, Sid El Hadj.

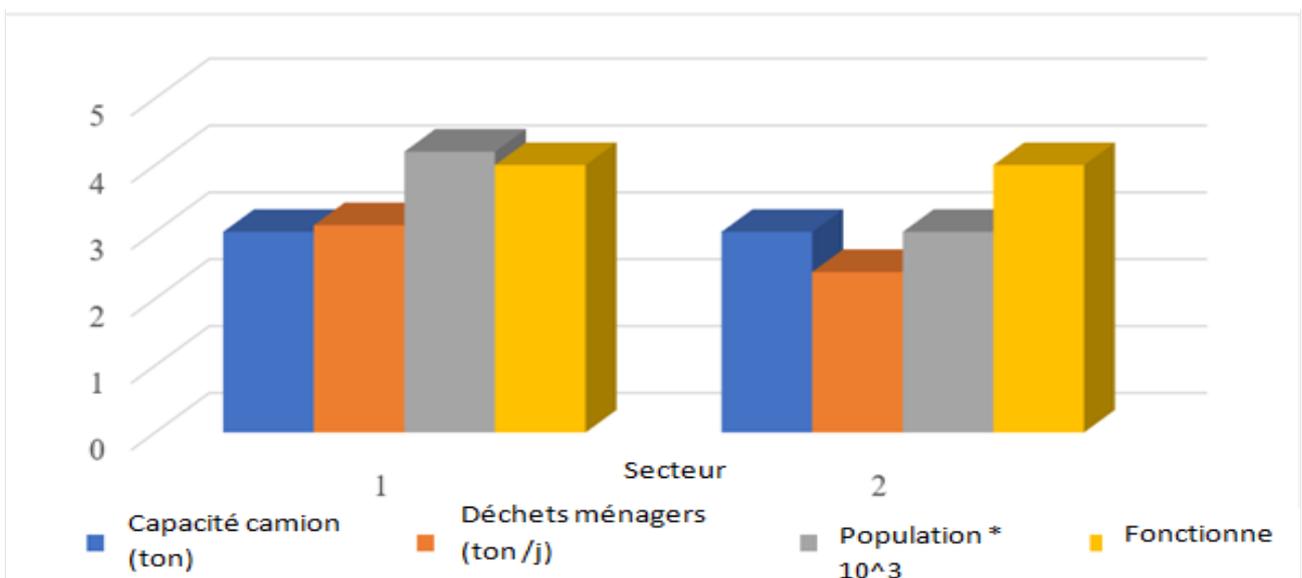


Figure II.29 : Tableaux analytiques de la gestion des déchets dans une commune de Oued Lkhdar.
Municipalité de Zenata

La commune de Zenata divise son territoire en 2 secteurs :

La commune de Zenata	
Secteur (1)	Zenata, airport.
Secteur (2)	Djlayla

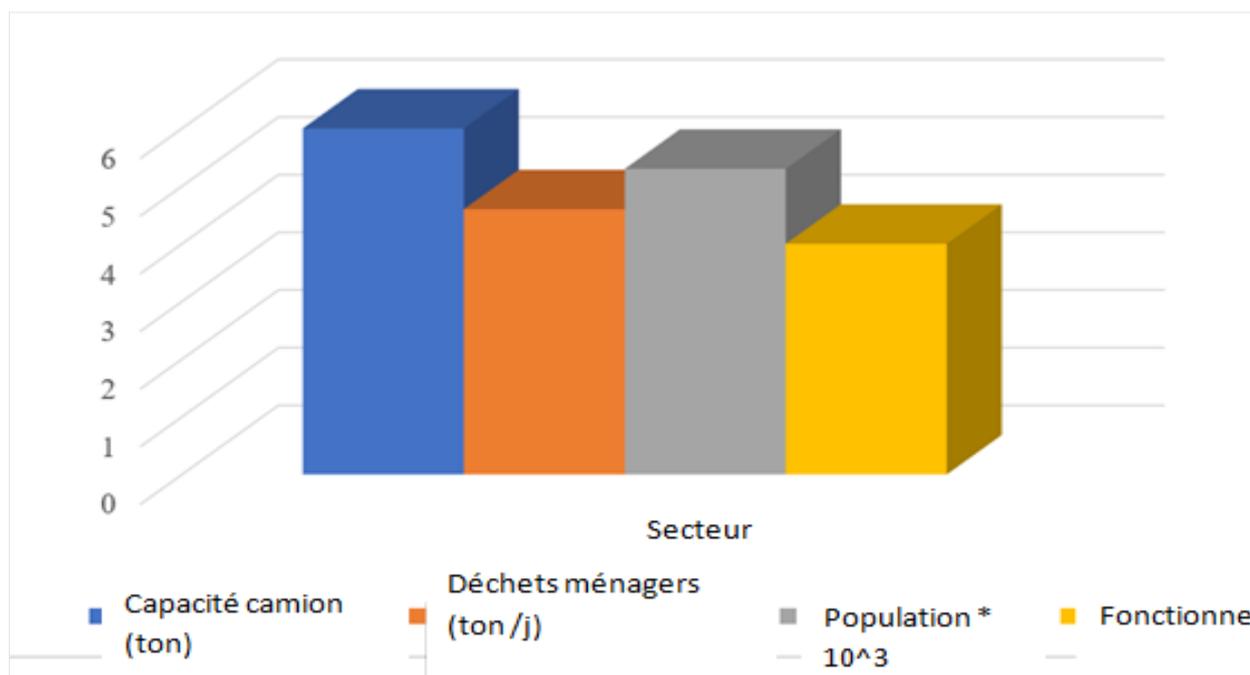


Figure II.30 : Analytiques de la gestion des déchets dans une commune de Zenata.

Commune d'Amieur

La commune d'Amieur divise son territoire en 6 secteurs :

La commune d'Amieur	
Secteur (1)	Amieur center, Aribat.
Secteur (2)	Ouled ala, Boukora.
Secteur (3)	Echlayda.
Secteur (4)	El Bordj, Lazayza
Secteur (5)	Zediga.
Secteur (6)	Roul Yamasse, Lrnayna

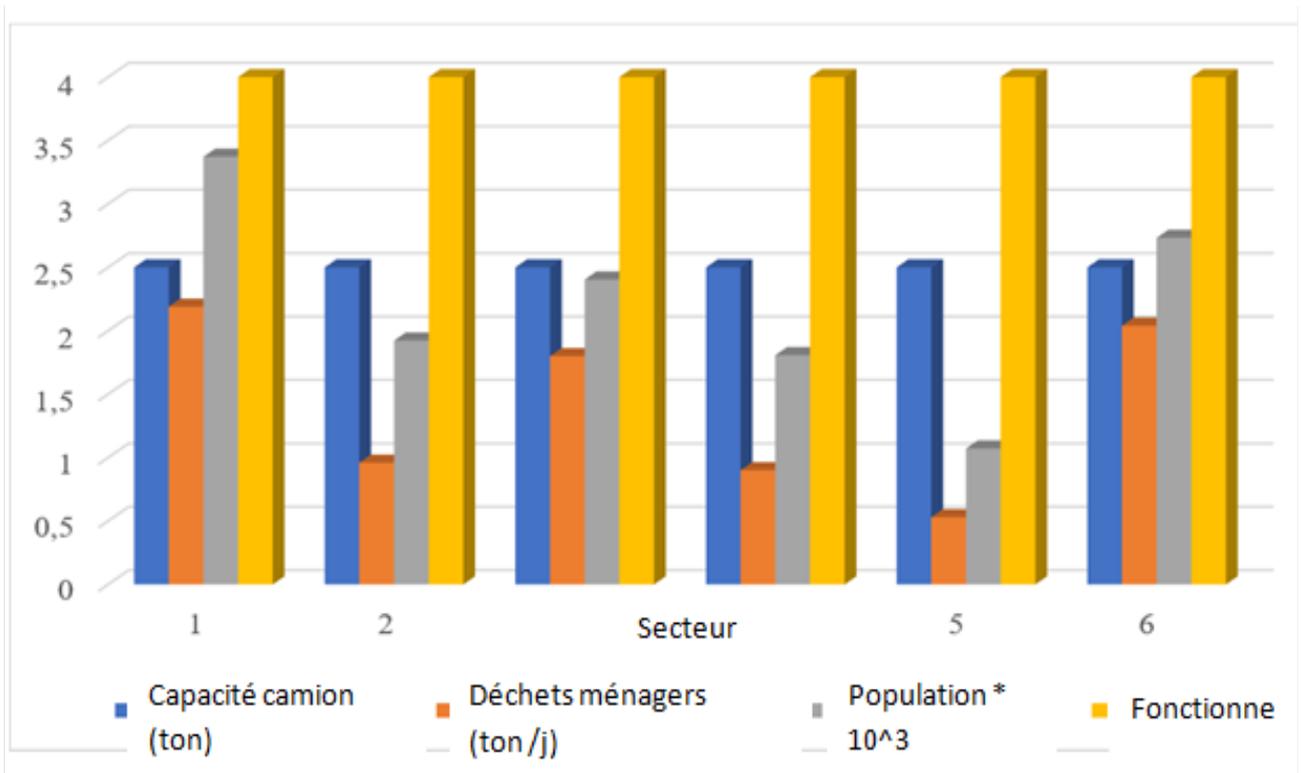


Figure II.31 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune d'Amieur.

Commune d'Ouled Riah

La commune d'Ouled Riah divise son territoire en 1 secteur :

La commune d'Ouled Riah	
Secteur (1)	Ben Yakoub, Ouled Riah.

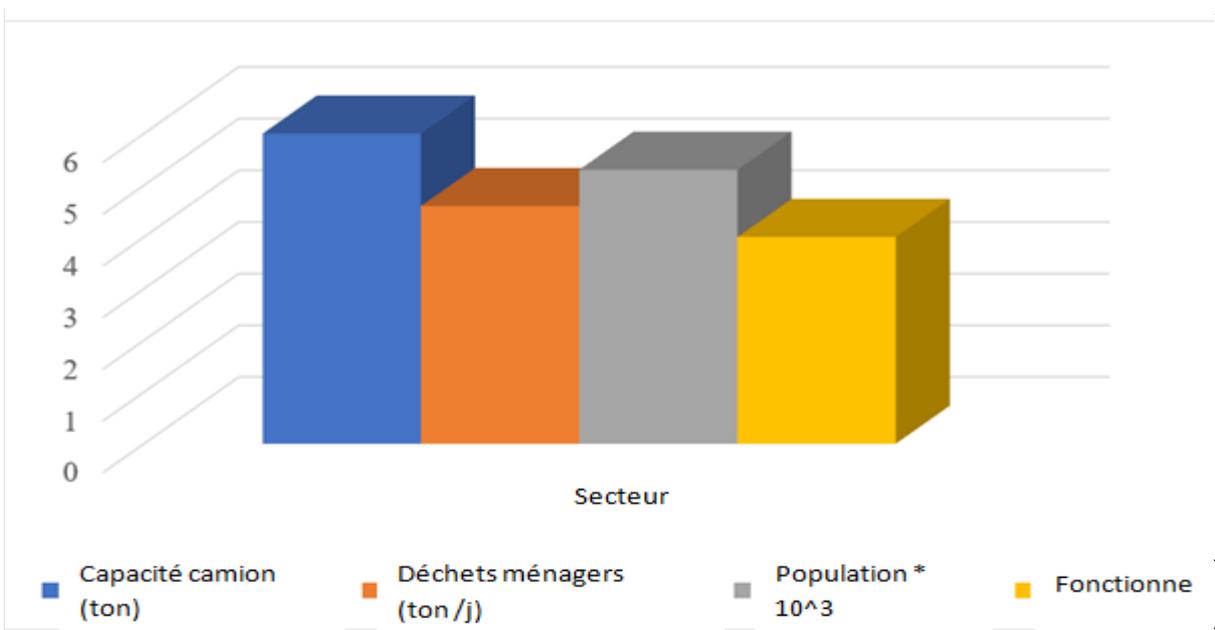


Figure II.32 : Analyse de la gestion des déchets dans une commune d'Ouled Riah.

Interprétation :

D'après les graphiques, dans plusieurs secteurs, la capacité des déchets ménagers dépasse la capacité de charge du camion, ce qui fait que les déchets restent sur la route et devant les habitations. De nombreuses municipalités doivent changer de camion pour augmenter la capacité de charge afin de se débarrasser de tous les déchets. De plus, il y a un déséquilibre entre le nombre d'habitants et le nombre de travailleurs, par exemple, (Commune Chetouane) la population du secteur 4 dépasse 12000 personnes et le nombre de travailleurs 8 et dans le secteur 10 la population ne dépasse pas 3400 personnes et le nombre de travailleurs 7. Ce déséquilibre pose plusieurs problèmes. Bien que la région ne soit pas commerciale, ce déséquilibre doit être pris en compte [07].

Les travailleurs du nettoyage à Tlemcen rencontrent des problèmes majeurs, notamment

- ✓ Le manque d'équipement (gants, vêtements de travail, etc.).
- ✓ Le salaire mensuel est extrêmement bas.
- ✓ Des blessures graves dues à l'ignorance des citoyens (les sacs contiennent des lames tranchantes, du verre...).
- ✓ Les camions ne sont pas réparés pendant de longues périodes. (Figure II.33).



Figure II.33 : Le camion est en panne à l'intérieur du centre.

II.9 Conclusion

La gestion des déchets dans l'Etat de Tlemcen présente des déséquilibres qu'il est impératif de corriger pour atteindre les objectifs fixés. Pour y parvenir, plusieurs mesures doivent être envisagées. Tout d'abord, il est primordial d'augmenter la capacité des camions et de les placer à plusieurs endroits stratégiques. En outre, il convient de recruter davantage de travailleurs pour renforcer l'efficacité des

opérations. Une étude rigoureuse devrait également être menée pour construire une décharge conforme aux normes de construction en vigueur.

Par ailleurs, il est essentiel de recruter des compétences spécialisées pour l'exploitation des énergies et l'entretien des machines. Enfin, il est urgent de créer de nouveaux centres de traitement des déchets, car la plupart des communes de Tlemcen ont recours à des décharges sauvages pour éliminer les déchets ménagers. En encourageant les jeunes à développer le centre et à le transformer en une décharge à but lucratif, il est possible de créer de nouvelles opportunités économiques tout en améliorant la gestion des déchets dans la région.

Chapitre III

Recyclage des déchets

III.1 Introduction

Ces dernières années, l'Algérie a déployé de nombreux efforts pour récupérer et valoriser les déchets municipaux, étant donné la quantité considérable produite. Ces efforts incluent le recyclage et l'utilisation des déchets, ainsi que l'accompagnement des citoyens dans la création de leurs propres structures. Le ministère de l'Environnement a en outre identifié la possibilité d'établir plus de 4 000 petits projets d'ici 2024, ce qui contribuera à réduire la quantité de déchets enfouis. Dans ce chapitre, nous examinerons la répartition des entreprises spécialisées dans la collecte et le recyclage des déchets implantées en Algérie, ainsi que l'importance de ces entreprises à tous les niveaux : technique, social, culturel et politique. Nous expliquerons également la méthodologie que nous avons utilisée pour calculer le volume de gaz méthane et l'énergie qui peuvent être produits à partir de ces déchets.

III.2 Déchets solides municipaux en Algérie

La croissance démographique de l'Algérie est fulgurante, ce qui se traduit par une augmentation considérable de la production de déchets. Selon Hans et Brockelmann [08], les déchets solides municipaux (DSM) en Algérie ont été classifiés selon plusieurs caractéristiques présentées dans le tableau suivant :

Total des DSM	MSW / jour	Nature des DSM			croissance annuelle	Source	
		bioaccumulation	enveloppes recyclables	Autres		zones urbaines	zones rurales
14 million tons	300 kg	95 kg	160 kg	25 kg	3%	85 - 90%	65 - 70%

Tableau III.1 : Déchets solides municipaux (DSM) en Algérie.

L'Algérie est confrontée à un problème majeur de gestion des déchets, avec plus de 3000 décharges non traitées. Cependant, ces décharges représentent également une opportunité économique si elles sont correctement exploitées en séparant et en réutilisant les déchets recyclables. Ce processus peut créer des emplois pour un grand nombre de travailleurs qualifiés, tels que des diplômés universitaires, et contribuer au renforcement de l'économie nationale.

Il est important de souligner que l'Algérie se classe sixième en termes de consommation de sacs plastiques dans le monde, avec 50% des déchets générés pouvant être recyclés. En prévision de l'avenir, il est prévu que la quantité de déchets domestiques en Algérie atteindra 70 millions de tonnes d'ici 2034. La figure suivante illustre les différentes composantes des ordures ménagères en Algérie :

:

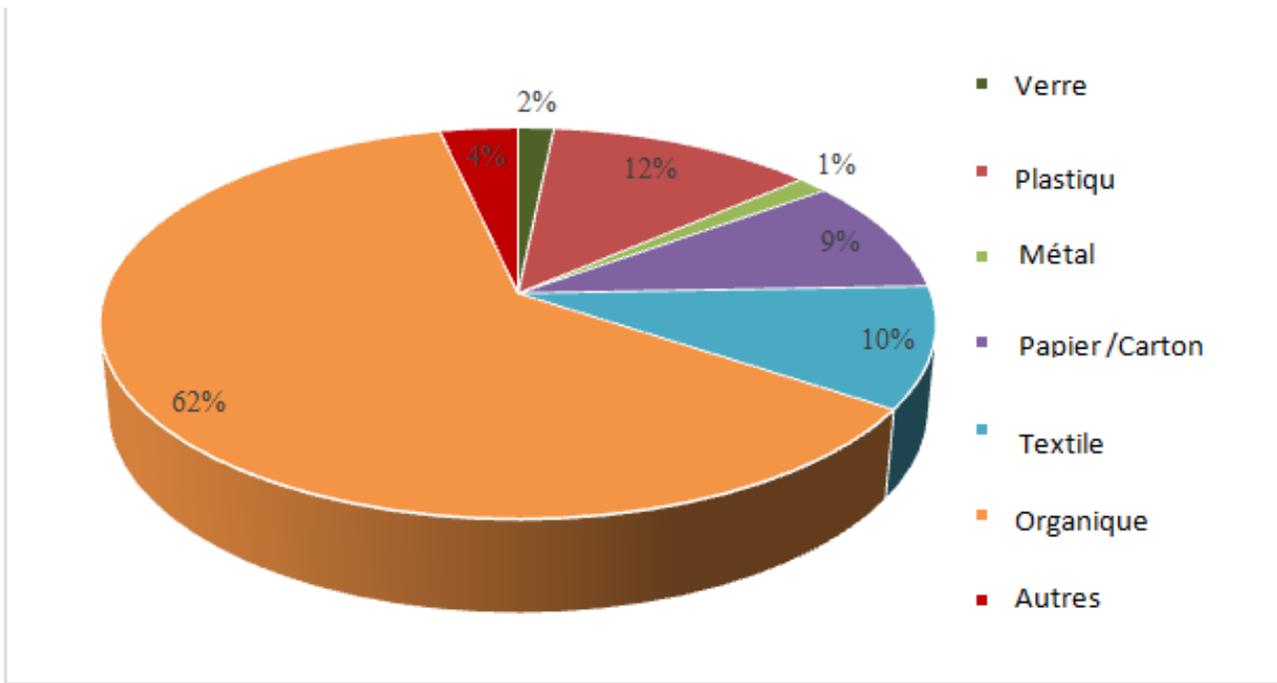


Figure III.1 : Classification des déchets algériens.

La Figure 2 met en évidence que les déchets organiques représentent le pourcentage le plus élevé, suivis par les plastiques, les textiles, le papier et le carton. Tous ces matériaux ont la capacité d'être recyclés et devenir une ressource importante pour le pays en favorisant la réutilisation et la création de petites ou moyennes entreprises [09].

III.3 Valorisation des déchets

La valorisation des déchets est un élément essentiel pour le développement durable. Le stockage des déchets dans les décharges ainsi que leur exploitation doivent être réduits car leur valorisation permet de relancer la croissance économique et de créer de nouvelles opportunités d'emploi, tout en réalisant des gains financiers importants.

Dans le cadre du SNGID 2035, des objectifs ont été fixés pour renforcer le tri à la source et valoriser 30% des déchets ménagers et assimilés. Il est également important de s'orienter vers une gestion intégrée et durable des déchets pour assurer une meilleure préservation de l'environnement. La figure III.2 présente la répartition spatiale des acteurs économiques dans chaque État. La majorité de ces acteurs sont concentrés dans le nord du pays (85%) en raison de la densité de la population et des activités économiques, ce qui génère de grandes quantités de déchets. Par exemple, Alger (n°16) compte 49 travailleurs actifs et Boumerdes (n°35) en compte 24. En revanche, seulement 15% des acteurs économiques sont présents dans la région sud en raison de l'absence de grandes quantités de déchets.

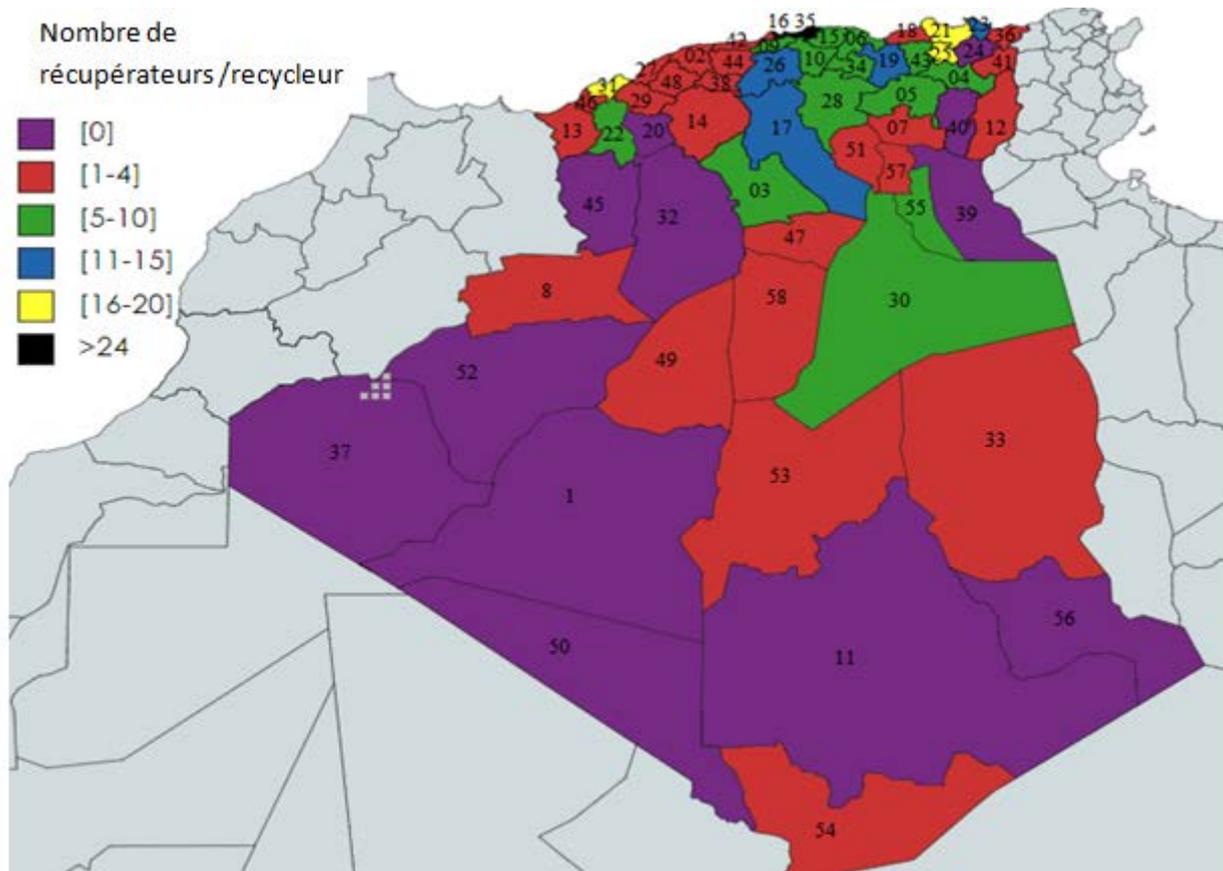


Figure III.2 : Répartition spatiale des acteurs économiques en Algérie

Les graphiques présentés mettent en évidence que les filières de valorisation des déchets ont recours principalement aux matières plastiques, au papier et au carton, qui constituent les sources d'approvisionnement les plus importantes. Ces résultats témoignent de l'expertise acquise par les opérateurs dans ce domaine.

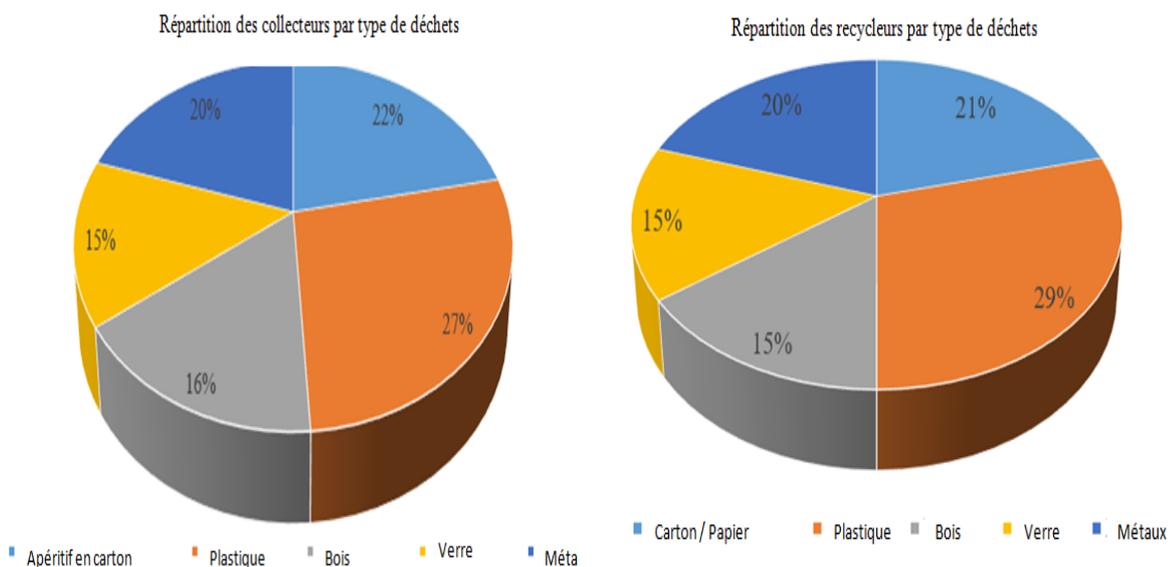


Figure III.3 : Répartition des collecteurs / recycleurs par type de déchets.

III.4 Échange de déchets

L'échange des déchets en Algérie est régi par la règle de l'offre et de la demande et est lié :

- ✓ En fonction de la disponibilité des gisements dans les centres de traitement des déchets ;
- ✓ A la concurrence ;
- ✓ L'exportation des déchets.
- ✓ Qualité des déchets récupérés.
- ✓ Marché informel.

L'activité de valorisation a un effet positif direct sur la croissance économique, une valeur économique de 78,4 milliards de dinars a été enregistrée en 2020. Le graphique ci-dessous indique la valeur économique correspondant à la quantité de déchets ménagers et de déchets par catégorie de déchets.

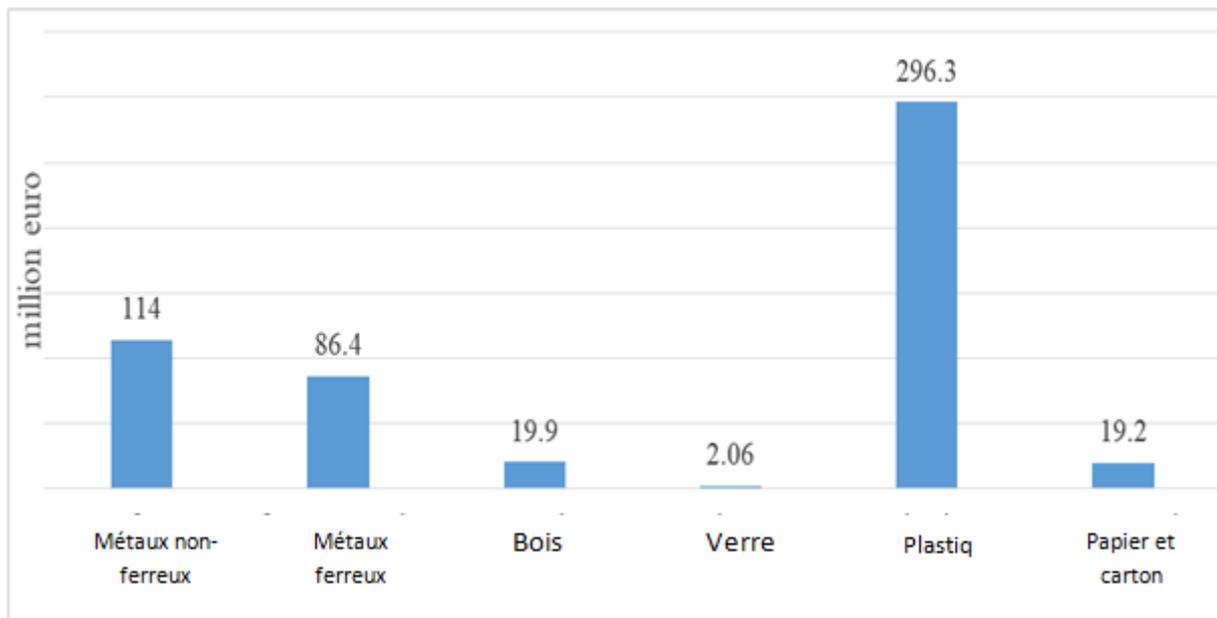


Figure III.4 : Valeur économique de la valorisation des déchets ménagers et assimilés.

En observant la figure III.4, on constate que la matière plastique est celle qui a la plus grande valeur marchande, s'élevant à environ 296,3 millions d'euros. Les métaux ferreux et non ferreux suivent, avec une valeur de marché d'environ 86,4 millions d'euros pour les métaux ferreux et 114 millions d'euros pour les métaux non ferreux. Les valeurs du bois et du papier/carton sont très similaires, s'élevant respectivement à 19,9 millions d'euros et 19,2 millions d'euros. Finalement, la valeur du verre est de 2,06 millions d'euros [10].

III.5. Dispositif expérimental

Nous basons sur la production de biogaz dans notre travail, en extrayant le méthane pour produire de l'énergie électrique.

III.5.1 MATERIEL ET METHODES

III.5.1.1 Matériels utilisés

- ✓ Seau en plastique
- ✓ Colle
- ✓ Un tube
- ✓ Colliers
- ✓ Raccord
- ✓ Robinet à bille de gaz
- ✓ Injecteur gaz naturel
- ✓ Pistolet à coll.
- ✓ Chambre à air
- ✓ Les déchets ont été collectés du container (plastique et papier) et du restaurant (restes et Pelures de légume) de l'Université.



Figure III.5 : Matériaux utilisés dans l'expérience



Figure III.6 : déchets utilisés dans l'expérience

III.5.1.2 Mode opératoire

- ✓ 5 kg de restes
- ✓ 200 g de papier
- ✓ 100 g de plastique
- ✓ 1,1 L d'eau
- ✓ Mettez le mélange dans le seau puis secouez-le pendant quelques minutes
- ✓ On le laisse jusqu'à ce qu'il fermente





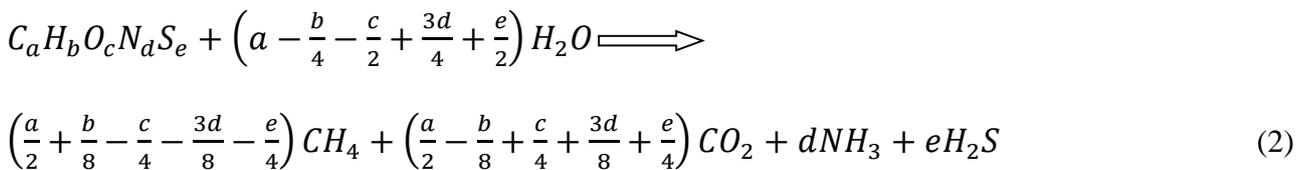
Figure III.7 : Les étapes utilisées dans l'expérience

III.6 Potentiel théorique de production de biogaz à partir de déchets solides de gestion

La teneur en eau des déchets solides est exprimée en masse d'humidité par unité de poids de matière humide. La teneur en eau de la masse (M [kg]) est donnée par :

$$M = \left(\frac{\text{poids humide} - \text{poids secheight}}{\text{poids humide}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Les équations de Buswell modifiées de Boyle (2) et (3) ont été utilisées pour déterminer le potentiel théorique de biogaz et de méthane dans des conditions standard (0°C, 1 atm) en connaissant la composition chimique des déchets (C, H, O, N, S) [11].



$$Bu \left(L \frac{(CH_4)}{kgVS} \right) = 22.4 \times \left[\frac{4 \times c + h - 2 \times o - 3 \times n}{8} \right] \quad (3)$$

Afin de déterminer la valeur des constantes a, b, c, d et e, le rapport molaire normalisé a été utilisé [12].

III.7 Caractérisation de l'échantillon de déchets solides

Il faut d'abord calculer le poids de tous les types de déchets.

$$\text{Masse total } (m_T) = \sum_{i=1}^6 D_i$$

(4)

Composant	Poids (kg)	Pourcentage (%)
Matière organique	D ₁	P ₁
Matières plastiques	D ₂	P ₂
Papier	D ₃	P ₃
Verre	D ₄	P ₄
Other	D ₅	P ₅

Tableau III.2 : Composants et pourcentage des déchets solides.

Pour caractériser la masse d'un échantillon de déchets solides, nous utilisons les valeurs des composants et la composition indiquées dans le tableau 2 [12]. Les valeurs typiques des composants varient en fonction de la région et du type d'aliment [13].

Composant	Humidité, % Typique	Densité, kg/m ³ Typique	C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	S (%)	Ash (%)
Matière organique	25	240	48.5	6.5	37.5	2.2	0.3	5
Matières plastiques	2	65	60	7.2	22.8	-	-	10
Papier	6	85	43.5	6	44	0.3	0.2	6
Verre	2	195	-	-	-	-	-	-
Other	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau III.3 : Valeurs des composants typiques et composition des déchets solides [12].

La partie organique de l'échantillon de déchets solides comprend la matière organique, les plastiques, le papier.

Composant	Masse humide kg	Masse sèche kg	C	H	O	N	S
Matière organique	D ₁	S ₁	C _{D1}	H _{D1}	O _{D1}	N _{D1}	S _{D1}
Matières plastiques	D ₂	S ₂	C _{D2}	H _{D2}	O _{D2}	-	-
Papier	D ₃	S ₃	C _{D3}	H _{D3}	O _{D3}	N _{D3}	S _{D3}
Total	D _T	S _T	C _{DT}	H _{DT}	O _{DT}	N _{DT}	S _{DT}

Tableau III.4 : Masse humide et sèche ainsi que composition de la partie organique des déchets solides.

Masse d'humidité dans la partie organique de l'échantillon de déchets solides : $M_m = AT \text{ (kg)} - D_T \text{ (kg)}$.

Conversion de la teneur en humidité de la partie organique des déchets solides en oxygène (M_{Ox}) et en hydrogène (M_{hy}). $M(H_2O) = 18 \text{ g/mol}$.

$$\begin{cases} M_{Ox} = \frac{M_O \times M_m}{M(H_2O)} \\ M_{hy} = \frac{2 \times M_H \times M_m}{M(H_2O)} \end{cases} \quad (5)$$

Pour obtenir la formule chimique des déchets solides contenant du soufre, nous normalisons le rapport molaire comme indiqué dans le tableau 5.

Élément	Masse (kg)	Masse molaire g/mole	Moles	Normalisation du soufre = 1
Carbone	C_{DT}	$n_C = 12.01$	$\frac{C_{DT}}{n_C}$	a
Hydrogène	$H_{DT} + M_{hy}$	$n_H = 1.01$	$\frac{H_{DT} + M_{hy}}{n_H}$	b
Oxygène	$O_{DT} + M_{Ox}$	$n_O = 16.00$	$\frac{O_{DT} + M_{Ox}}{n_O}$	c
Azote	N_{DT}	$n_N = 14.01$	$\frac{N_{DT}}{n_N}$	e
Soufre	S_{DT}	$n_S = 32.06$	$\frac{S_{DT}}{n_S}$	f

Tableau III.5 : Le rapport molaire normalisé.



A, B, C et D sont calculés par l'équation 2.

Pour estimer la masse théorique attendue de biogaz [14], nous utilisons l'équation (6).

$$masse\ de\ biogaz = \frac{B*(n_C+4*n_H)}{a*n_C+b*n_H+c*n_O+e*n_N+n_S} * m_T + \frac{C*(n_C+2*n_O)}{a*n_C+b*n_H+c*n_O+e*n_N+n_S} * m_T \quad (6)$$

Pour estimer la masse théorique attendue de méthane [14], nous utilisons l'équation (7).

$$masse\ de\ méthane = \frac{B*(n_C+4*n_H)}{a*n_C+b*n_H+c*n_O+e*n_N+n_S} * m_T \quad (7)$$

Dans la pratique, une partie des déchets est destinée à la synthèse des tissus cellulaires de l'organisme affectant la décomposition microbienne. Le volume réel de gaz serait d'environ 85 % de la valeur théorique calculée.

$$Volume\ réel\ de\ biogaz = \frac{0.85 \times masse\ de\ méthane}{densité\ du\ méthane} + \frac{0.85 \times masse\ de\ dioxyde\ de\ carbone}{Densité\ du\ dioxyde\ de\ carbone} \quad (8)$$

$$Volume\ réel\ de\ méthane = \frac{0.85 \times masse\ de\ méthane}{densité\ du\ méthane} \quad (9)$$

III.8 Estimation du potentiel de production d'électricité à partir du méthane

La conversion de la teneur en méthane en électricité a été calculée comme suit :

$$E_p(kWh) = \frac{CH_4 * E_{ff} * LHV_{CH_4} * CF}{3.6} \quad (10)$$

Où E_{ff} est le rendement électrique d'un générateur alimenté au biogaz et est fixé à 0,26 [15], CH_4 est le volume réel de méthane produit, LHV_{CH_4} est le pouvoir calorifique inférieur du méthane et CF est le facteur de capacité et est donné comme le rapport entre les déchets traités au cours de l'année et les déchets qui pourraient être traités si l'usine fonctionnait à sa capacité maximale.

Paramètre	Efficacité	Co	ρ_{CO_2} (kg/m ³)	ρ_{CH_4} (kg/m ³)	LHV (MJ/m ³)	CF
Valeur du paramètre	26%	3.6	1.938	0.717	37.2	0.85

Tableau III.6 : Paramètres pour le calcul du volume de méthane et d'énergie provenant du digesteur AD

III.9 Consommation d'énergie en Algérie

III.9.1 Par produit

L'évolution de la consommation finale, par produit, est détaillée ci-après :

Produit	Unités	2020	2021	Evolution Quantité	(%)
Produits pétroliers	K Tep	13 135	13 686	551	4,2
	K Tonnes	12 569	13 099		
Gaz naturel	K Tep	16 843	17 930	1 087	6,5
	10 ⁶ m ³	17 823	18 974		
Electricité	K Tep	13 614	15 348	1 733	12,7
	GWh	58 898	63 442		
GPL	K Tep	2 853	3 157	304	10,6
	K Tonnes	2 418	2 675		
Coke sidérurgique	K Tep	10	47	38	377,9
	K Tec	14	68		
Autres : Bois	K Tep	11	2	-8	-76,6
	K Tec	54	13		
TOTAL	K Tep	46 466	50 171	3 705	8,0

Tableau III.7 : Consommation finale par produit.

Du tableau 6 ci-dessus, il ressort ce qui suit :

- Hausse appréciable de la consommation finale d'électricité (12,7%), passant de 13,6 M Tep en 2020 à 15,3 M Tep en 2021, en raison de la croissance (4,7%) du nombre des clients de Sonelgaz à près de 11,0 millions d'abonnés en 2021, et par conséquent une hausse des besoins en électricité ;
- Hausse de la consommation finale du gaz naturel (6,5%) à 17,9 M Tep en 2021, tirée par l'accroissement de la consommation des clients de Sonelgaz, dont ceux du secteur des ménages (5,1%) et clients industriels (10,9%). Le nombre d'abonnés de Sonelgaz est passé à 6,9 Millions d'abonnés, en hausse de 6,8% par rapport à 2020.
- Hausse (4,2%) de la demande en produits pétroliers sur le marché national pour s'établir à 13,7 M Tep en 2021 contre 13,1 M Tep en 2020. La hausse a concerné plus particulièrement, les carburants terre (essence, gasoil et GPL/C), à la faveur de la levée, par les pouvoirs publics, des mesures de suspension du transport public et ferroviaire (voyageurs) liées à l'épidémie Covid19.

III.9.2 Par secteur

Par secteur d'activité, la consommation finale en 2021 se caractérise par les évolutions suivantes :

- La consommation finale d'électricité a connu une hausse significative (12,7%) en passant de 13,6 millions de tonnes équivalent pétrole (Tep) en 2020 à 15,3 millions de Tep en 2021. Cette augmentation est due à la croissance (4,7%) du nombre de clients de Sonelgaz, qui compte désormais près de 11,0 millions d'abonnés en 2021. Par conséquent, les besoins en électricité ont augmenté.
- Le secteur des transports a enregistré une augmentation de sa consommation de 7,6 %, passant de 13,5 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) en 2020 à 14,5 Mtep en 2021. Cette augmentation est principalement due à la consommation accrue de carburants terrestres et aériens, tels que le gasoil (5,1 %), le GPL/C (35,8 %), l'essence (1,8 %) et le jet (15,1 %), en lien avec la reprise du transport routier et la réouverture progressive de l'espace aérien.
- La consommation du secteur "Industries et Construction" a connu une augmentation appréciable de 12% pour atteindre 12,2 Mtep en 2021. Cette hausse est due à la reprise de

l'activité économique, notamment dans les sous-secteurs de l'ISMME, des industries agro-alimentaires, de la chimie et des matériaux de construction.

Le détail de la consommation finale par secteur d'activité, est donné ci-dessous :

Unité : K Tep	2020	2021	EvolutionQuantité	(%)
Industrie et BTP, dont :	10 911	12 220	1 309	12,0
- Matériaux de construction	4 768	4 887	120	2,5
- ISMME	1 942	2 586	644	33,2
- BTP	605	619	14	2,3
Industries Manufacturières :	1 252	1 321	68	5,5
Dont : industries Agroalimentaires	1 128	1 185	57	5,1
- Chimie	409	851	442	108,2
- Autres industries	1 935	1 956	22	1,1
Transport, dont :	13 499	14 520	1 021	7,6
- Routier	12 847	13 764	917	7,1
- Aérien	214	246	32	15,0
Ménages et autres, dont :	22 056	23 431	1 375	6,2
- Résidentiel	17 299	18 053	754	4,4
- Agriculture	565	672	107	18,8
- Tertiaires et autres	4 192	4 706	515	12,3

Tableau III.8 : Consommation finale par secteur

III. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé de manière détaillée la méthode et les matériaux utilisés pour mener à bien l'expérience présentée. Nous avons expliqué comment nous avons collecté les échantillons de matières organiques et comment nous les avons traités pour produire du biogaz. De plus, nous avons présenté une méthode numérique précise permettant de calculer le volume de biogaz produit, ainsi que celui de gaz méthane et d'électricité générée. Enfin, nous avons fourni des statistiques détaillées sur la consommation d'énergie en Algérie sur une base annuelle presque complète. Nous avons analysé ces données pour mieux comprendre le contexte énergétique du pays et pour déterminer comment notre étude peut contribuer à améliorer la situation.

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1 Introduction

Ce chapitre de l'étude se consacre à la discussion des résultats obtenus au cours des expériences menées pour évaluer le volume de biogaz et de méthane produits. Nous examinerons également la quantité d'électricité générée. Nous avons distingué trois cas de figure :

- Dans le premier cas, nous avons calculé le volume de biogaz et de méthane produits pour notre expérience.
- Dans le deuxième cas, nous avons procédé au calcul du volume de biogaz et de méthane pour la wilaya de Tlemcen.
- Enfin, dans le troisième cas, nous avons étendu notre analyse à l'ensemble de l'Algérie afin de déterminer le volume de biogaz et de méthane produits à l'échelle nationale.

IV.2 Résultat et discussion

IV.2.1 Calcule expérimental

IV.2.1.1 Pour notre expérience

Composant	Poids (Kg)	Pourcentage (%)
Matière organique	4.134	78
Plastiques	0.901	17
Papier	0.265	5

Tableau IV.1 : Composantes et pourcentage des déchets solides

Composant	Pois (kg)	Dry (kg)	C	H	O	N	S
Matière organique	4.134	3.1005	1.5037	0.2015	1.1626	0.0682	0.0093
Plastiques	0.901	0.8829	0.5297	0.0635	0.2013	-	-
Papier	0.265	0.2491	0.1083	0.0149	0.1096	0.0007473	0.0004982
Totale	5.3	4.2325	2.1417	0.2799	1.4735	0.06895	0.00979

Tableau IV.2 : Masse humide et sèche ainsi que composition de la partie organique des déchets solides.

La masse d'humidité dans la partie organique de l'échantillon de déchets solides :

$$M_m = 5.3 - 4.2325 = 1.0675 \text{ kg}$$

$$M_{Ox} = 1.1188 \text{ kg}$$

$$M_{Hy} = 0.1412 \text{ kg}$$

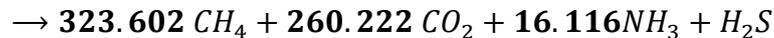
Pour obtenir la formule chimique des déchets solides contenant du soufre, nous normalisons le rapport molaire comme indiqué dans le tableau 3.

Élément	Masse (kg)	Masse molaire g/mole	Moles	Normalisation du soufre = 1
Carbone	2.1417	$n_C = 12.01$	0.1783	$a = 583.82444$
Hydrogène	0.3996	$n_H = 1.01$	0.3956	$b = 1295.350$
Oxygène	2.4219	$n_O = 16.00$	0.1514	$c = 495.743$
Azote	0.06895	$n_N = 14.01$	0.004922	$d = 16.116$
Soufre	0.00979	$n_S = 32.06$	0.0003054	$e = 1$

Tableau IV.3 : Le rapport molaire normalisé.



$$C_{583.824} H_{1295.350} O_{495.743} N_{16.116} S + 24.703 H_2O$$



$$A = 24.703$$

$$B = 323.602$$

$$C = 260.222$$

$$E = 16.116$$

Masse de biogaz = 5.3437 kg/ans

Masse de méthane = 1.6764 kg/ans

Volume réel de biogaz = 3.589 m³/ans

Volume réel de méthane = 1.976 m³/ans

Le volume de biogaz pouvant être produit par cette expérience est de 3.589 m³ par ans, tandis que le volume de méthane produit serait de 1.976 m³ par ans.

$$E_p(kWh) = \frac{CH_4 * E_{ff} * LHV_{CH_4} * CF}{3.6}$$

$$E_p(kWh) = 4.5125 \text{ kWh}$$

Cette expérience pourrait permettre de produire environ 4.5125 KWh d'électricité chaque année.

IV.2.1.2 Pour la Wilaya de Tlemcen

IV.2.1.2.1 Caractérisation des déchets solides du centre d'enfouissement technique de Jebel El Hadid.

Chaque année, environ 230 000 tonnes d'ordures ménagères sont déversées dans le centre d'enfouissement technique de Jebel El-Hadid, situé dans la province de Tlemcen. Ce chiffre alarmant souligne l'urgence de trouver des solutions durables pour gérer les déchets, afin de préserver l'environnement et la santé publique.

Composant	Poids (Tonne)	Pourcentage (%)
Matière organique	142600	62
Plastiques	27600	12
Papier	20700	9
Verre	4600	2
autres	34500	15

Tableau IV.4 : Composantes et pourcentage des déchets solides.

Composant	Pois (kg)	Dry (kg)	C	H	O	N	S
Matière organique	142600	106950	51870.75	6951.75	40106.75	2352.9	320.85
Plastiques	27600	27048	16228.8	1947.456	6166.944	-	-
Papier	20700	19458	8464.23	1167.48	8561.52	58.374	38.916
Totale	190900	153456	76563.78	10066.69	54834.71	2411.274	359.766

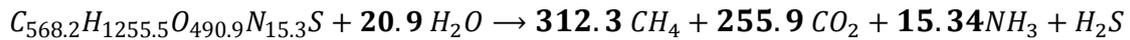
Tableau IV.5 : Masse humide et sèche ainsi que composition de la partie organique des déchets solides.

La masse d'humidité dans la partie organique de l'échantillon de déchets solides :

$$Mm = 190900 - 153456 = 37444 \text{ tonnes.}$$

Élément	Masse (kg)	Masse molaire g/mole	Moles	Normalisation du soufre = 1
Carbone	76563.8	$n_C = 12.01$	6375×10^6	$a = 568.2$
Hydrogène	14227.8	$n_H = 1.01$	14086×10^6	$b = 1255.5$
Oxygène	88118.3	$n_O = 16.00$	5507×10^6	$c = 490.9$
Azote	2411.3	$n_N = 14.01$	172×10^6	$d = 15.3$
Soufre	359.8	$n_S = 32.06$	11×10^6	$e = 1$

Tableau IV.6 : Le rapport molaire normalisé.



Le centre est capable de produire un volume de biogaz annuel de 154463145 m^3 . De plus, le volume de méthane produit par le centre s'élève à $84236967,26 \text{ m}^3$ par an.

Le centre d'enfouissement technique de Jabal Al Hadid peut produire environ $198,37 \text{ GWh}$ d'électricité par ans.

Selon les chiffres publiés dans la référence [18], la consommation d'électricité totale dans la wilaya de Tlemcen s'élève à $104,22 \text{ GWh}$. Il est possible que le centre d'enfouissement technique de Saf-Sif contribue à la couverture de cette demande en électricité à Tlemcen.

IV.2.1.3 Pour l'Algérie

Composant	Poids (Tonne)	Pourcentage (%)
Matière organique	6079000	53.61
Plastiques	1703600	15.31
Papier	766000	6.76
Verre	117900	1.04

Tableau IV.7 : Composantes et pourcentage des déchets solides en Algérie.

Composant	Pois (kg)	Dry (kg)	C	H	O	N	S
Matière organique	6079000	4559250	2211236.25	296351.25	1709718.75	100303.5	13677.75
Plastiques	1703600	1701280	1020768	122492.16	387891.84	-	-
Papier	766000	720040	313217.4	43202.4	316817.6	2160.12	1440.08
Totale	8548600	6980570	3545221.65	462045.81	2414428.19	102463.62	15117.83

Tableau IV.8 : Masse humide et sèche ainsi que composition de la partie organique des déchets solides.

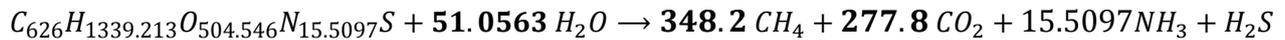
Mm=1568030 tonnes

$M_{Ox} = 1392257.492$

$M_{hy} = 175772.5033$

Élément	Masse (Tonne)	Masse molaire g/mole	Moles	Normalisation du soufre = 1
Carbone	3545221.65	$n_C = 12.01$	295189.1465×10^6	$a = 626.000$
Hydrogène	637818.3133	$n_H = 1.01$	631503.2805×10^6	$b = 1339.213$
Oxygène	3806685.682	$n_O = 16.00$	237917.8551×10^6	$c = 504.546$
Azote	102463.62	$n_N = 14.01$	7313.6059×10^6	$d = 15.5097$
Soufre	15117.83	$n_S = 32.06$	471.548×10^6	$e = 1$

Tableau IV.9 : Le rapport molaire normalisé.



Masse de biogaz= $1.381944463 \times 10^{10}$ kg/ans

Masse de méthane= 2778742792 kg/ans

Volume réel de biogaz = 8136599104 m³/ans

L'Algérie dispose d'un potentiel de production de biogaz annuel considérable, atteignant 8136599104 m³. De plus, la quantité de méthane peut produite chaque année dans le pays s'élève à 2778742792 m³.

$E_p(kWh) = 7522822799$ kWh

La consommation totale d'électricité en Algérie est de $178\,497$ GWh par an, dont $83\,893,6$ GWh par an sont consommés par le seul secteur de la construction [16]. Actuellement, l'Algérie compte 221 sites de décharge qui traitent environ 6 millions de tonnes de déchets, tandis que $7,5$ millions de tonnes de déchets supplémentaires sont enfouis sans traitement. Malheureusement, le recyclage ne représente que 16% [17] du total des déchets, ce qui signifie qu'environ $11,34$ millions de tonnes sont envoyées dans les décharges. En utilisant les équations 11, 12 et 13, il est possible de déterminer que tous ces sites de décharge peuvent contribuer à une réduction collective de $8,96\%$ de la consommation nationale d'électricité du secteur de la construction.

IV.3 Conclusion

Les résultats obtenus montrent que l'exploitation des déchets pour produire de l'énergie est une pratique avantageuse. En effet, cette méthode permet de réaliser d'importantes économies d'énergie

et de profiter d'une source d'énergie gratuite et inépuisable. La valorisation énergétique des déchets présente également des avantages écologiques en réduisant la quantité de déchets destinés aux décharges et en diminuant notre dépendance aux énergies fossiles. De plus, cette pratique contribue à la protection de l'environnement en permettant de traiter les déchets de manière responsable et durable. En somme, l'utilisation des déchets pour produire de l'énergie est une solution efficace et durable pour répondre aux enjeux énergétiques et environnementaux actuels.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La gestion des déchets est un enjeu environnemental majeur dans le monde entier, y compris en Algérie, où la quantité de déchets produits ne cesse d'augmenter. La production de biogaz à partir des déchets ménagers est une solution prometteuse pour répondre aux défis de la gestion des déchets et de la transition énergétique.

Au cours de ce mémoire, nous avons examiné en détail les différentes méthodes de gestion des déchets ménagers en Algérie. Nous avons mis l'accent sur la production de biogaz à partir de la matière organique des déchets, qui représente une part importante des déchets ménagers.

Nous avons également abordé les aspects économiques, environnementaux et sociaux de la production de biogaz à partir des déchets ménagers. Nous avons souligné que la production de biogaz à partir des déchets ménagers peut contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, à la production d'énergie renouvelable, à la réduction des coûts de gestion des déchets et à la création d'emplois locaux.

Cependant, pour que cette solution soit efficace en Algérie, il est essentiel de mettre en place une politique de gestion des déchets efficace et intégrée, qui prend en compte l'ensemble de la chaîne de gestion des déchets, depuis leur production jusqu'à leur élimination. Il est également important de mettre en place une réglementation solide pour garantir la qualité et la sécurité de la production de biogaz, ainsi que des incitations financières pour encourager l'investissement dans cette technologie. En outre, il est essentiel d'impliquer les parties prenantes, notamment les autorités locales, les producteurs de déchets, les entreprises et les citoyens, dans le processus de gestion des déchets et de production de biogaz afin de garantir son succès à long terme.

Références

- [1]: Cherif Hania, Réglementation juridique de la gestion des déchets à Alegria , Magazine de diligence pour les études juridiques et économiques,11/06/2019
- [2] : Abdali Nizar, Mécanismes de gestion des ordures ménagères en Algérie, Droit international public et relations internationales.
- [3] : SADI OUFELLA Katia et HAFID Tinhinane , Mémoire de master, Management Public,2019/2020, page [32-35]
- [4]: MOHAMMEDI Djahida, Les risques de pollution du milieu naturel par les lixiviats des décharges contrôlées, Cas du centre d'enfouissement technique de Tlemcen, Mémoire de Master, Université Abou bekr Belkaïd- Tlemcen, 25 / 05 / 2016, chapitre 1, page [3-16].
- [05] : agence nationale des déchets, Rapport sur l'état de la gestion des déchets en Algérie, 2020.
<https://and.dz/site/wp-content/uploads/rapport%20DMA.pdf>.
- [06] : ABDELHAK DJAMEL, Risques liés à la gestion du centre d'enfouissement technique de Chetouane (Tlemcen _ nord-ouest de l'Algérie), Mémoire de maîtrise, université d'Oran, 08 novembre 2010.
- [07] : Kihal Mohammed, Contribution à l'étude de la décharge de Saf Saf (Tlemcen), Mémoire de Master, Université Abou bekr Belkaïd- Tlemcen, 2014-2015.
- [08] : Hans S et Breuklman B. (2018), opportunités d'affaires dans le domaine de la gestion des déchets en Algérie (p. 10- 15), rapport de l'agence néerlandaise des entreprises et du ministère des affaires étrangères.
- [09] : Naima Ghennam, Recyclage des déchets en Algérie - Opportunités et défis pour les PME, Al-riyada for Business Economics Journal / Vol 06 - N° 01 / janvier 2020.
- [10] : Agence nationale des déchets, Rapport sur l'état de la gestion des déchets en Algérie, 2020.
- [11]. Addae et al, Market Analyse de la composition des déchets et potentiel de récupération des ressources à Kumasi, Ghana, Journal de l'Association pour la gestion de l'air et des déchets, Volume 71, 2021, 1529-.
- [12] L. Salami and al., Étude de caractérisation des déchets solides, Revue internationale des sciences appliquées et de la technologie, Vol. 1 No. 3; June 2011,

- [13] N. Yang and al, “Comparaison des données sur la composition chimique des déchets municipaux solides entre la Chine et le Danemark.” *Journal des sciences de l'environnement (Chine)*74:1–10.
- [14] Ogunjuyigbe et al Production d'électricité à partir de déchets solides municipaux dans certaines villes sélectionnées du Nigéria : une évaluation de la faisabilité, du potentiel et des technologies Examens des énergies renouvelables et durables, , 80 (2017), pp. 149-162.
- [15] Gomez A, Zubizarreta J, Rodrigues M, Dopazo C, Fueyo N. Potentiel et coût de la production d'électricité à partir de déchets humains et animaux en Espagne. *Energies renouvelables* 2010;35:498–505.
- [16] : Bilan énergétique national, 2021, <http://www.energy.gov.dz>
- [17]: Y. Shi, Y. Wang, Y. Yue, J. Zhao, T. Maraseni, G. Qian, Statut déséquilibré et Influences multidimensionnelles de la gestion des déchets solides municipaux en Afrique, *Chemosphere* 281 (2021), 130884, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130884>.
- [18]:https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwid3siq_ujAhVMtaQKHS7ZAKIQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.interieur.gov.dz%2FFigures%2FPresentation-du-modle-de-consommation-nergitique-au-niveau-des-communes.pdf&usg=AOvVaw2xzkJIWFj9yrZ3VEY06GUb ,07/04/2023
- [19]:https://www.emse.fr/tice/uved/gidem/co/collecte_tri2.html, 25/02/2023
- [20]:<https://www.me.gov.dz/reglementation> , 15/02/2023
- [21]:<https://www.energy.gov.dz/> , 27/03/2023

Kh8aliane@yahoo.fr