



Faculté de technologie
Département de GENIE CIVIL
MEMOIRE



Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER

FILIERE : Génie Civil

SPECIALITE : Matériaux

Présenté par :

KADRI Osema

MEKKI Mohamed Lamine

Thème :

Caractérisation de matériaux des déchets entrants a la décharge, cas C.E.T de la wilaya de M'sila.

Soutenu devant le jury composé de :

Pr. NACERI Abdelghani

Président

Mr. AMRIOU Abderrachid

Examineur

Dr. LADJEL Djelloul

Encadreur

Pr. BELAGRAA Larbi

Co-Encadreur

2024/2025.

REMERCIEMENTS

Je rends d'abord grâce à Dieu pour m'avoir permis d'achever ce travail.

J'exprime ensuite ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, suivi et veillé à la réalisation de ce travail.

Je remercie chaleureusement mes enseignants, Monsieur Pr BELAGRAA Larbi et Monsieur Dr LADJEL Djelloul, pour leurs orientations précieuses et leur accompagnement tout au long de ce parcours.

Je tiens également à remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et d'en juger la qualité.

Enfin, j'adresse mes remerciements les plus sincères à ma famille, petite et grande, pour leur soutien, leur patience et leurs sacrifices tout au long de mon parcours académique.

Je n'oublie pas non plus le personnel administratif du Département des Sciences, en particulier Monsieur SEGHIRI Kamel, pour les facilités qu'il nous a accordées dans les laboratoires du département, ainsi que l'ensemble du personnel des laboratoires.

Je n'oublie pas tous mes amis et collègues.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

À mes parents et à ma grand-mère (MA) , qui ont toujours partagé ma joie dans chaque réussite, qu'elle soit grande ou modeste.

À mon épouse bien-aimée et à mes enfants Ibrahim El-khalil et Hoor Aaza , qui ont tant sacrifié pour me voir atteindre les plus hauts sommets.

A toute ma famille.

À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, et prié pour le succès de ce travail.

À tous ceux dont le cœur se réjouit lorsque nous sommes heureux.

À mes chers enseignants, chacun selon son rang et son nom, en témoignage de mon profond respect et de ma gratitude.

KADRI Osema

Dédicace

Je dédie ce travail modeste à ma grande famille,
à mon épouse précieuse qui m'a soutenu tout au long de ce parcours,
ainsi qu'à ce que j'ai de plus cher au monde : mes filles, la prunelle de mes
yeux.

À tous ceux qui m'ont tendu la main, soutenu et accordé de l'attention pour que
je puisse mener à bien cette recherche,
je vous adresse mes salutations les plus sincères et respectueuses.

MEKKI Med Amine

Résumé :

La gestion efficace des déchets environnementaux; nécessite une approche holistique et coordonnée pour relever les défis environnementaux et sanitaires liés à la gestion des déchets. La résolution revêt d'une importance cruciale pour le bien-être des générations futures pour les autorités publiques de tous les pays du monde.

En Algérie, l'enfouissement technique demeure la méthode prédominante pour l'élimination des déchets, avec plus de 90% des volumes produits dirigés vers les Centres d'Enfouissement Technique (CET). Dans cette étude, nous nous sommes penchés sur les dernières avancées technologiques en

matière de gestion des déchets environnementaux, en nous appuyant sur une étude de cas réalisée à M'sila. Nous avons observé de près le processus de collecte, de tri et de traitement des déchets à la décharge de M'sila, ainsi que les différents types de déchets récupérés et traités.

Notre objectif était de trouver des moyens novateurs de les intégrer dans le domaine du génie civil, tout en préservant l'environnement et en protégeant la santé des citoyens dans le cadre de valorisation de ces produits récupérés.

L'analyse des données chiffrées et les statistiques recueillies, nous avons pu déterminer les meilleures pratiques pour exploiter de manière optimale ces déchets environnementaux. L'une des principales conclusions de notre étude est que les déchets environnementaux peuvent être une ressource précieuse si nous adoptons des approches innovantes de gestion et de transformation. Par exemple, les déchets organiques peuvent être convertis en compost pour l'agriculture, réduisant ainsi le besoin de fertilisants chimiques et contribuant à la santé des sols. Les résultats montrent une augmentation du taux quotidien des déchets entrant au CET de M'sila (2016 -2024) qui s'élève à un taux d'environ 18.7% sur cette période de huit ans. Les matériaux recyclables peuvent être récupérés et transformés en nouvelles matières premières y compris celui de la construction, réduisant ainsi la demande de ressources naturelles et minimisant la quantité de déchets envoyés en décharge. L'analyse du lixiviat généré dans les CET indique un PH élevé et les essais bactériologiques utilisant les milieux CHROMagar ont mis en évidence la présence coli et Klebsiella spp.

En finalité, l'exploitation de manière stratégique les déchets environnementaux dans le domaine du génie civil, pour contribuer à la durabilité environnementale tout en stimulant l'économie circulaire locale. L'étude a permis de dresser un ensemble de recommandations qui nécessite une collaboration étroite entre les autorités locales, les entreprises, les universités et la société civile pour développer et mettre en œuvre des solutions efficaces et durables. En fin de compte, cette approche peut conduire à une meilleure qualité de vie pour les citoyens et à une planète plus propre pour les générations futures.

Mots clés ; Déchets environnementaux, Centres d'Enfouissement Technique (CET), approche innovante, lixiviat, économie circulaire.

Abstract :

Effective environmental waste management requires a holistic and coordinated approach to address the environmental and health challenges associated with waste disposal. This issue is of critical importance for the well-being of future generations and is a priority for public authorities in all countries worldwide. In Algeria, technical landfilling remains the predominant waste disposal method, with over 90% of generated waste directed to Technical Landfill Centers (TLCs).

In this study, we examined the latest technological advancements in environmental waste management, based on a case study conducted in M'sila. We closely observed the waste collection, sorting, and treatment processes at the M'sila landfill, as well as the different types of waste recovered and processed. Our objective was to explore innovative ways to integrate these materials into civil engineering applications while preserving the environment and safeguarding public health through the valorization of recovered waste products.

By analyzing collected data and statistics, we identified best practices for optimizing the use of environmental waste. One of the key findings of our study is that environmental waste can become a valuable resource through innovative management and transformation approaches. For example, organic waste can be converted into compost for agriculture, reducing the need for chemical fertilizers and enhancing soil health. The results indicate an increase in the daily waste intake at the M'sila TLC (2016–2024), with a growth rate of approximately 18.7% over this eight-year period.

Recyclable materials can be recovered and transformed into new raw materials, including those used in construction, thereby reducing the demand for natural resources and minimizing landfill waste. Analysis of leachate generated in TLCs revealed a high pH level, and bacteriological tests using CHROMagar media detected the presence of *E. coli* and *Klebsiella* spp.

Ultimately, the strategic utilization of environmental waste in civil engineering can contribute to environmental sustainability while promoting the local circular economy. The study led to a set of recommendations emphasizing the need for close collaboration among local authorities, businesses, universities, and civil society to develop and implement effective and sustainable solutions. In the long run, this approach can improve citizens' quality of life and ensure a cleaner planet for future generations.

Keywords: Environmental waste, Technical Landfill Centers (TLCs), innovative approach, leachate, circular economy.

ملخص:

تتطلب الإدارة الفعالة للنفايات البيئية نهجًا شموليًا ومنسقًا لمعالجة التحديات البيئية والصحية المرتبطة بالتخلص من النفايات. تُعد هذه القضية ذات أهمية بالغة لرفاهية الأجيال القادمة وهي من أولويات السلطات العامة في جميع دول العالم. في الجزائر، لا يزال الطمر التقني الطريقة السائدة للتخلص من النفايات، حيث يتم توجيه أكثر من 90% من النفايات (CET) المُنتجة إلى مراكز الطمر التقني.

في هذه الدراسة، استعرضنا أحدث التطورات التكنولوجية في إدارة النفايات البيئية، بناءً على دراسة حالة أُجريت في مسيلة. حيث قمنا بمراقبة عمليات جمع النفايات وفصلها ومعالجتها في مكب مسيلة، بالإضافة إلى أنواع النفايات المُستعادة والمعالجة. كان هدفنا استكشاف سُبل مبتكرة لدمج هذه المواد في تطبيقات الهندسة المدنية مع الحفاظ على البيئة وصحة العامة من خلال تعزيز قيمة المنتجات المُستخلصة من النفايات.

من خلال تحليل البيانات والإحصائيات المُجمعة، حددنا أفضل الممارسات لتحسين استخدام النفايات البيئية. أحد النتائج الرئيسية للدراسة هي أن النفايات البيئية يمكن أن تصبح موردًا قيمًا عبر أساليب إدارة وتحويل مبتكرة. على سبيل المثال، يمكن تحويل النفايات العضوية إلى سماد للزراعة، مما يقلل الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية ويعزز صحة التربة. تشير النتائج إلى زيادة في كمية النفايات اليومية الواردة إلى مكب مسيلة (2016-2024)، بمعدل نمو يقارب 18.7% خلال هذه الفترة التي امتدت ثماني سنوات.

يمكن استعادة المواد القابلة لإعادة التدوير وتحويلها إلى مواد خام جديدة، بما في ذلك تلك المستخدمة في البناء، مما يقلل الطلب على الموارد الطبيعية ويحد من النفايات في المكبات. كشف تحليل العصارا الناتجة في مراكز الطمر التقني عن وجود بكتيريا CHROMagar ارتفاع مستوى الأس الهيدروجيني، كما كشفت الاختبارات البكتيرية باستخدام وسط (Klebsiella spp) والكليسيلا (E. coli) الإشريكية القولونية.

في النهاية، يمكن للاستخدام الاستراتيجي للنفايات البيئية في الهندسة المدنية أن يساهم في الاستدامة البيئية مع تعزيز الاقتصاد الدائري المحلي. خلصت الدراسة إلى مجموعة من التوصيات التي تؤكد على ضرورة التعاون الوثيق بين السلطات المحلية والشركات والجامعات والمجتمع المدني لتطوير وتنفيذ حلول فعالة ومستدامة. على المدى البعيد، يمكن لهذا النهج أن يحسن جودة حياة المواطنين ويضمن كوكبًا أنظف للأجيال القادمة.

الكلمات المفتاحية: النفايات البيئية، مراكز الطمر التقني، نهج مبتكر، العصارا، الاقتصاد الدائري

Liste des Tableaux

Chapitre III : STATISTIQUES ET ANALYSES DES RESULTATS DES DECHETS ENTRANTS AU CET M'SILA

Tableau III.1: Quantité de déchets générés (Tonnes/an) dans la wilaya de M'sila	24
Tableau III.2: Quantité de déchets générés (Tonnes/an) dans la commune de M'sila	25
Tableau III.3: Quantité de déchets inertes de M'sila	28
Tableau III.4: Quantité de déchets valorisés à la décharge	30

Chapitre 4: LIXIVIAT DE CET M'SILA RESULTATS ET ANALYSES

Tableau IV.1: Caractéristiques Typiques des Lixiviats en Fonction de l'Âge de la Décharge	40
Tableau IV.2: Analyse de laboratoire par CET M'sila	45
Tableau IV.3 Bulletin d'analyse [8]	45
Tableau IV.4 Bulletin d'analyse [9]	45

Liste des figures

Figure II.1: Localisation géographique et Une vue supérieure du CET M'sila	16
Figure IV.1 : Bassins de CET M'sila	44
Figure IV.2 Les points de prélèvements dans les Bassins de CET M'sila	44
Figure IV.3 CHROMOGar UTILISE	46
Figure IV.4 Prélèvements des bassins	46
Figure IV.5 Prélèvements des bassins Mettre échantillon	47
Figure IV.6 Étaler avec une spatule stérile	47
Figure IV.7. Répétition pour chaque type de milieu CHROMagar utilisé	47
Figure IV.8. Incubation	48
Figure IV.9. Résultats de Prélèvement 1	48
Figure IV.10. Résultats de Prélèvement 2	48

LISTE DES ABREVIATIONS

AAS : Spectrométrie d’Absorption Atomique

AFNOR : Association Française de NO Réalisation

AGV : Acides Gras Volatils

AND : Agence Nationale des Déchets

CET : Centres d’Enfouissement Technique

CFA : Analyse en Flux Continu

CFU : Unités Formant des Colonies

COT : Quantité Totale de Carbone Organique

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène sur Cinq Jours

DCD : Déchets de Construction et de Démolition

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DEEE : Déchets d’Équipements Électriques et Électroniques

DMA : Déchets Ménagers et Assimilés

DSM : Déchets Solides Municipaux

EPI : Équipements de Protection Individuelle

FIA : Analyse par Injection en Flux

ICP-OES : Spectrométrie d’Émission Atomique avec Plasma à Couplage Inductif

ISO : International Organisation for Standardisation

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PET : Polyéthylène Téréphtalate

PP : Polypropylène

PS : Polystyrène

SDG : Objectif de Développement Durable (Sustainable Development Goal)

SNGID : Stratégie Nationale de Gestion Intégrée et de Valorisation des Déchets

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

Introduction générale.....2

I. Chapitre I: DECHETS, RECYCLAGES ET CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE (CET)

I.1.	Introduction	6
I.2.	Généralités sur les déchets.....	6
I.2.1.	Définition des Déchets.....	6
I.2.2.	Statistiques globales.....	6
I.2.3.	Les catégories de classification des déchets.....	6
I.2.3.1.	Types des déchets.....	6
I.2.3.1.1.	Déchets ménagers et assimilés.....	7
I.2.3.1.2.	Déchets encombrants.....	7
I.2.3.1.3.	Déchets spéciaux	7
I.2.3.1.4.	Déchets spéciaux dangereux.....	7
I.2.3.1.5.	Déchets d'activité de soins.....	7
I.2.3.1.6.	Déchets inertes.....	7
I.2.4.	Classification des Déchets.....	8
I.2.4.1.	Selon leur origine.....	8
I.2.4.2.	Selon leur nature.....	8
I.2.4.3.	Selon leur dangerosité.....	8
I.2.5.	Impacts environnementaux.....	9
I.3.	Généralités sur le recyclage.....	9
I.3.1.	Définition et processus.....	9
I.3.1.1.	Collecte sélective.....	9
I.3.1.2.	Traitement.....	9
I.3.1.3.	Transformation.....	10
I.3.2.	Avantages du recyclage.....	10
I.3.3.	Défis du recyclage.....	10
I.3.4.	Contexte régional.....	10
I.4.	CET EN ALGERIE.....	11

I.4.1. La classification des centres d'enfouissement technique.....	11
I.4.1.1. Les centres d'enfouissement technique de Classe I.....	11
I.4.1.2. Les centres d'enfouissement technique de Classe II.....	11
I.4.1.3. Les centres d'enfouissement technique de Classe III.....	12
I.5. Conclusion.....	12

II. CHAPITRE II : CATÉGORISATION DES DÉCHETS ENTRANTS AU CET DE LA WILAYA DE M'SILA

II.1. INTRODUCTION.....	15
II.2. CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE (CET) de la wilaya de M'Sila.....	15
II.2.1. Présentation du CET de la wilaya de M'Sila.....	15
II.2.2. Localisation.....	15
II.2.3. Méthodologie de l'étude de caractérisation.....	16
II.2.4. Échantillonnage	16
II.2.4.1. Définition des zones et des périodes d'échantillonnage représentatives des flux entrants.....	17
II.2.4.2. Protocole d'échantillonnage (fréquence, quantité, méthode de prélèvement).....	17
II.2.4.3. Matériel nécessaire pour l'échantillonnage.....	17
II.2.5. Tri et classification des déchets.....	17
II.2.5.1. Protocole de tri manuel des échantillons selon des catégories prédéfinies.....	17
II.2.5.2. Utilisation de fiches de collecte de données standardisées	
II.2.5.3. Pesée des différentes fractions.....	18
II.2.5.4. Utilisation de balances précises pour déterminer la masse de chaque catégorie déchets.....	18
II.2.5.5. Analyse des données.....	18
II.2.5.5.1. Traitement statistique des données collectées (calcul des pourcentages massiques, moyennes, variations).....	18
II.2.6. Représentation graphique des résultats (histogrammes, diagrammes circulaires).....	19
II.2.7. Difficultés rencontrées et limites de l'étude	19
II.3. Les déchets admis à la décharge	20
II.3.1. Les déchets ménagers et assimilés.....	20
II.3.1.1. Déchets organiques.....	20
II.3.1.2. Déchets inorganiques non recyclables.....	20
II.3.1.3. Déchets recyclables.....	20
II.3.1.4. Déchets dangereux.....	20
II.3.1.5. Déchets encombrants	20
II.3.2. Les déchets de marché.....	20
II.3.3. Les déchets de balayures.....	21
II.3.4. Les déchets verts.....	21
II.3.5. Les déchets commerciaux et artisanaux	21
II.3.6. Les déchets d'emballage (carton, plastique...)	21

III. CHAPITRE III STATISTIQUES ET ANALYSES DES RESULTATS DES DECHETS ENTRANTS AU CET M'SILA

III.1. Introduction	24
III.2. Quantité de déchets ménagers.....	24
III.2.1. Quantité de déchets générés (Tonnes/an) dans la wilaya de M'sila	24
III.2.2. Quantité de déchets générés (Tonnes/an) dans la commune de M'sila.....	25
III.2.3. Analyse Comparative de l'Évolution des Déchets : Commune de M'Sila (2010-2019) vs. Wilaya de M'Sila (2016-2024).....	25
III.2.4. Analyse de la Relation entre l'Évolution des Quantités et le Taux Quotidien.....	27
III.3. Quantité de déchets inertes.....	28
III.3.1. Évolution des quantités de déchets inertes.....	29
III.3.2. Taux quantitatif quotidien.....	29
III.3.3. Analyse de la relation entre les deux données.....	29
III.3.4. Quantité de déchets valorisés à la décharge.....	30
III.3.4.1. Analyse Générale des Tendances.....	31
III.3.4.2. Analyse Détaillée par Type de Déchet.....	31
III.4. Conclusions.....	35

IV. LIXIVIAT DE CET M'SILA, RESULTATS ET ANALYSES

IV.1. Introduction.....	38
IV.2. Les lixiviats de décharge.....	38
IV.2.1. Origine et composition.....	38
IV.2.2. Composition General.....	38
IV.2.3. Facteurs Influant sur la Composition du Lixiviat.....	39
IV.2.3.1. Âge de la Décharge.....	39
IV.2.3.2. Type de Déchets.....	40
IV.2.3.3. Conditions Climatiques.....	40
IV.3. Méthodologies d'Analyse du Lixiviat.....	40
IV.3.1. Vue d'ensemble des Normes et Méthodes (AFNOR, ISO).....	40
IV.3.2. Analyses Chimiques (pH, Température, Métaux Lourds, Azote, DCO, DBO5).....	41
IV.3.3. Analyses Physiques.....	41
IV.3.4. Analyses Bactériologiques (E. coli, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus, Candida).....	41
IV.3.4.1. Protocole d'Analyse Microbiologique du Lixiviat par CHROMagar.....	41
IV.4. Résultats de Caractérisation du Lixiviat du CET de M'Sila.....	44
IV.4.1. Points de prélèvement des lixiviats.....	44
IV.4.2. Présentation des Données par CET M'SILA.....	45
IV.4.2.1. Analyses Chimiques (pH, Température, Métaux Lourds, Azote, DCO, DBO5).....	45
IV.4.3. Analyses Bactériologiques (E. coli, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus, Candida).....	46

IV.4.3.1. Préparation de l'échantillon.....	46
IV.4.3.2. Ensemencement.....	46
IV.4.3.3. Résultats.....	48
IV.4.3.4. Rapport de résultats.....	49
IV.5. Discussion et Analyse des Résultats.....	49
IV.5.1. Analyses Chimiques et Physiques.....	49
IV.5.2. Analyses Bactériologiques (par CHROMagar).....	50
IV.6. Conclusion	51
Conclusion générale.....	54
Partie lixiviats.....	55
Recommandations pour une gestion efficace des déchets environnementale de la wilaya de M'sila	55
Références bibliographiques.....	57

Introduction générale

Introduction générale :

Les sociétés contemporaines sont confrontées à une quantité croissante de déchets résultant de modes de vie consuméristes, de processus de production intensifs et de pratiques de consommation non durables. De ce fait, la gestion des déchets environnementaux constitue l'un des défis les plus pressants de la vie quotidienne du citoyen de sociétés contemporaines sont confrontées à un challenge récent.

Pour une préservation de l'environnement et s'inscrire dans le objectif de développement durable(SDG), cette problématique est au cœur des préoccupations environnementales, sanitaires et économiques, et sa résolution revêt une importance cruciale pour le bien-être des générations futures pour les autorités publics de tous les pays du monde .

Un défi majeur en termes de gestion des ressources naturelles et les déchets générés, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, qui représentent non seulement une menace pour la santé humaine et la biodiversité, Leur accumulation excessive dans les décharges et leur dispersion dans les écosystèmes marins et terrestres avec des conséquences désastreuses sur la qualité de l'air, de l'eau et des sols, compromettant ainsi la santé publique et la stabilité des écosystèmes. Cette problématique complexe, en vue d'une la gestion des déchets environnementaux doit être abordée de manière holistique, en tenant compte de plusieurs dimensions interconnectées et d'une façon intégrée.

Une approche de gestion efficace des déchets existants est essentielle pour limiter leur impact sur l'environnement. Cela comprend la collecte sélective, le tri, le recyclage et la valorisation des déchets, ainsi que l'élimination sûre et responsable des déchets non recyclables. Il est également crucial d'investir dans des infrastructures de traitement des déchets modernes et respectueuses de l'environnement, tout en promouvant la sensibilisation du public et l'éducation aux enjeux de la gestion des déchets.

Notre étude aborde cet aspect important, ou on considère le cas de la gestion des déchets de la wilaya de m'sila et les centres d'enfouissement technique (CET).

Objectifs de l'étude :

- Quantifications des déchets entrant à la décharges (CET) de la wilaya de M'sila.
- Catégorisation et caractérisation de ces déchets (ménagers et assimilés) et lixiviat produit.
- Voir la limitation de l'impact sur l'environnement au niveau local et régional

Suggestion d'approche et recommandations de gestion efficace de ces déchets dans le contexte local et régional et national.

- Voir la solution proposée pour une politique de recyclage en vision d'une économie verte

Dans ce contexte cette étude aborde le sujet pour ces déchets générés (CET) Msila qui sont considérés comme des ressources précieuses à valoriser plutôt que comme des produits à éliminer. Ceci constitue une étape essentielle vers une gestion plus durable des déchets environnementaux pour les matières premières recyclées valorisables.

Entre 2016 et 2024, la production annuelle de déchets ménagers et assimilés (DMA) pour l'ensemble de la wilaya devrait passer de 346 942 tonnes à environ 411 818 tonnes, ce qui représente une hausse de près de 18,7 %. Face à une augmentation colossale des quantités générées, une réponse écologique comme Centres d'Enfouissement Technique (CET) constituent la solution viable pour la gestion des déchets en Algérie. Le CET de M'Sila, classé "classe 02", est conçu pour recevoir, traiter et éliminer des types spécifiques de déchets dans des conditions réglementées.

A travers cette catégorisation, quantification et caractérisation l'étude focalise cette importance de la gestion des déchets en générale entrants à la décharges de M'sila ; ainsi, s'étale sur la période pré et post COVID 2020 jusqu'à l'année 2024.

En conclusion, la croissance constante des volumes de déchets à M'Sila représente un défi majeur pour la gestion des déchets. Une approche proactive est nécessaire, impliquant une planification stratégique, des investissements continus dans la réduction des déchets à la source, l'amélioration des filières de tri et de recyclage, et l'optimisation des capacités des infrastructures existantes pour assurer une gestion durable et respectueuse de l'environnement

Enfin, la gestion des déchets environnementaux représente un défi complexe mais essentiel pour assurer un avenir durable pour notre planète. En adoptant une approche holistique, axée sur la réduction, le recyclage, la valorisation et la transition vers une économie circulaire, nous pouvons transformer les déchets d'aujourd'hui en ressources pour demain, tout en préservant notre environnement et notre qualité de vie selon les objectifs de développement durable (SDG) des Nations Unies sur l'environnement.

Structure de mémoire :

Le présent mémoire est structure comme suit ;

- Introduction générale, problématique, objectifs de l'étude.
- Chapitre I : DECHETS, RECYCLAGES ET CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE (CET)
- Chapitre II : CATEGORISATION DES DECHETS ENTRANTS AU CET DE LA WILAYA DE M'SILA
- Chapitre III : STATISTIQUES ET ANALYSES DES RESULTATS DES DECHETS ENTRANTS AU (CET) M'SILA.
- Chapitre IV : LIXIVIAT DE CET M'SILA RESULTATS ET ANALYSES
- Conclusion général et recommandations

Chapitre I: Déchets , recyclages et C .E.T .

I.1. Introduction

Ce premier chapitre est un aperçu général sur les déchets définitions types et les techniques du recyclage sont données. Ainsi la une présentation des centres d'enfouissement techniques (CET) en Algérie leurs classification fera l'objet comme une deuxième partie essentielle dans cet état de l'art sur les déchets dans ce chapitre.

I.2. Généralités sur les déchets

I.2.1. Définition des Déchets

Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou, plus généralement, tout objet, bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer [1].

I.2.2. Statistiques globales :

Selon la Banque mondiale (2020), environ 2,24 milliards de tonnes de déchets solides municipaux sont générés chaque année, avec une projection de 3,88 milliards d'ici 2050 sans mesures urgentes [2].

En Algérie, environ 13 millions de tonnes de déchets ménagers sont produits annuellement (Agence Nationale des Déchets, 2020), avec un taux de collecte variable selon les régions [3].

I.2.3. Les catégories de classification des déchets

Les déchets Les déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux [1].

I.2.3.1. Types des déchets

La classification des déchets en Algérie repose sur la législation environnementale, notamment la **Loi n°01-19** du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, ainsi que sur les décrets exécutifs associés. Voici une classification précise des déchets en Algérie, basée sur leur origine et leur nature

I.2.3.1.1. Déchets ménagers et assimilés

Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers [1].

I.2.3.1.2. Déchets encombrants

Tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés [1].

I.2.3.1.3. Déchets spéciaux

Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes [1].

I.2.3.1.4. Déchets spéciaux dangereux

Tous déchets spéciaux qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement [1].

I.2.3.1.5. Déchets d'activité de soins

Tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire [1].

I.2.3.1.6. Déchets inertes

Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et /ou à l'environnement [1].

I.2.4. Classification des Déchets : La classification des déchets est essentielle pour déterminer les stratégies de gestion les plus appropriées. Plusieurs systèmes de classification coexistent :

I.2.4.1. Selon leur origine :

Cette classification distingue les déchets en fonction de leur source de production :

- **Déchets domestiques** : Produits par les ménages.
- **Déchets industriels** : Générés par les activités de production industrielle.
- **Déchets agricoles** : Issus des activités agricoles et d'élevage.
- **Déchets médicaux ou hospitaliers** : Produits par les établissements de santé.
- **Déchets de construction et de démolition (DCD)** : Résultant des activités de construction, de rénovation et de démolition de bâtiments et d'infrastructures.
- **Déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE)** : Appareils électriques et électroniques en fin de vie.

I.2.4.2. Selon leur nature : Cette classification se base sur la composition matérielle des déchets :

- **Déchets organiques** : Matière biodégradable (restes alimentaires, déchets verts).
- **Déchets minéraux** : Gravats, cendres, etc.
- **Plastiques** : Différents types de polymères (PET, PEHD, PVC, etc.).
- **Papiers et cartons** : Journaux, magazines, emballages en carton.
- **Verre** : Bouteilles, bocaux, verre plat.
- **Métaux** : Ferreux (acier, fonte) et non ferreux (aluminium, cuivre, zinc).
- **Textiles** : Vêtements usagés, chiffons.
- **Déchets composites** : Matériaux constitués de plusieurs substances (emballages multicouches).

I.2.4.3. Selon leur dangerosité : Cette classification, basée sur des critères réglementaires précis, distingue les déchets dangereux des déchets non dangereux. La liste des déchets dangereux et les critères de dangerosité sont définis par des réglementations nationales et internationales.

I.2.5. Impacts environnementaux

Les déchets mal gérés ont des conséquences graves :

Pollution : Les lixiviats des décharges contaminent les sols et les nappes phréatiques [4].

Émissions de gaz à effet de serre : La décomposition des déchets organiques génère du méthane, 25 fois plus impactant que le CO₂ [5].

Dégradation des écosystèmes : Accumulation de plastiques dans les milieux naturels. Ces impacts nécessitent des stratégies comme le recyclage pour minimiser les dommages.

I.3. Généralités sur le recyclage

I.3.1. Définition et processus

Le recyclage, dans le contexte algérien, peut être défini comme l'ensemble des opérations de collecte, de tri, de traitement et de transformation des déchets en de nouvelles matières ou produits ayant une valeur ajoutée. Cette démarche vise à détourner les déchets des décharges, à préserver les ressources naturelles, à réduire la pollution et à créer des opportunités économiques

Les étapes principales sont :

I.3.1.1. Collecte sélective : Les déchets recyclables, comme les plastiques, métaux, ou DCD (béton, briques), sont collectés séparément, soit à la source (ménages, chantiers) par des bennes spécifiques, soit dans des centres de tri installés près des CET. En Algérie, cette étape est souvent limitée par un tri manuel peu efficace.

I.3.1.2. Traitement : Les matériaux collectés subissent des opérations mécaniques ou chimiques, telles que le broyage (ex. : béton concassé en granulats de 0-20 mm), le lavage (pour éliminer les impuretés des plastiques), ou la séparation magnétique (pour isoler les métaux ferreux). Cette étape est cruciale pour garantir la qualité des matériaux recyclés destinés au génie civil.

I.3.1.3. Transformation : Les matériaux traités sont réintroduits dans des processus de production. Par exemple, les granulats recyclés issus de DCD sont utilisés pour fabriquer des bétons de faible à moyenne résistance (ex. : pour fondations ou chaussées), tandis que les plastiques recyclés peuvent servir à produire des fibres pour composites [6].

I.3.2. Avantages du recyclage :

Le recyclage offre des bénéfices environnementaux, économiques et sociaux, particulièrement dans le contexte du génie civil en Algérie. Environnementalement, il réduit le volume de déchets envoyés en décharge, diminuant les impacts comme la pollution des sols et des eaux par les lixiviats, et préserve les ressources naturelles en valorisant les DCD pour produire des granulats recyclés utilisables dans le béton ou les remblais routiers.

Économiquement, il crée des emplois dans la collecte, le tri et le traitement, avec un potentiel de 30 000 emplois directs d'ici 2035. Socialement, il favorise la sensibilisation à la gestion

durable des déchets et améliore la santé publique en réduisant les risques sanitaires liés aux décharges [7].

I.3.3. Défis du recyclage

Le recyclage en Algérie rencontre des obstacles significatifs, notamment pour les DCD. Le taux de recyclage des déchets municipaux reste faible, autour de 7-10 %, en raison d'un manque d'infrastructures modernes, comme des centres de tri, et d'une collecte souvent inefficace. Les DCD présentent des défis de qualité, avec des contaminations par des matériaux comme le plâtre ou le bois et une forte absorption d'eau, limitant leur utilisation dans des bétons à haute performance. La faible sensibilisation au tri à la source et les coûts élevés pour établir des installations de recyclage entravent le développement de filières efficaces à l'échelle nationale [8].

I.3.4. Contexte régional

En Algérie, la production de déchets devrait atteindre 20 millions de tonnes d'ici 2035, incitant à l'adoption de la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée et de Valorisation des Déchets (SNGID 2035), qui vise à valoriser 47 % des déchets spéciaux et 60 % des déchets inertes, comme les DCD, pour des applications en génie civil, telles que les chaussées ou les fondations. Cependant, la gestion des déchets repose largement sur l'enfouissement, avec un manque notable de centres de tri et de technologies adaptées pour le recyclage. Bien que l'intérêt pour les granulats recyclés croisse, l'absence d'infrastructures spécialisées limite les progrès à l'échelle nationale

I.4. CET EN ALGERIE

Depuis 2001, le gouvernement algérien a fait le choix d'éliminer les déchets par enfouissement, il a ainsi lancé un ambitieux programme de centres d'enfouissement technique sur tout le territoire national. L'un des objectifs du PROGDEM est d'abandonner le mode traditionnel d'élimination des déchets par la mise en décharge. Suite au lancement du PROGDEM, 412 structures ont été réalisées jusqu'en 2023 pour préserver la propreté des espaces publics et améliorer le cadre de vie du citoyen [9].

Ces réalisations se traduisent par la mise en place de 117 Centres d'Enfouissement Technique (CET) des déchets ménagers et assimilés, 52 CET de déchets solides, 156 décharges réhabilitées, 16 centres de recyclage et 10 centres de transfert [9].

I.4.1. La classification des centres d'enfouissement technique

Selon la nature des déchets admis et en fonction de leur perméabilité les centres de Stockage de déchets sont répartis en trois classes.

I.4.1.1. Les centres d'enfouissement technique de Classe I :

En plus des déchets urbains et banals, ces décharges sont habilitées à recevoir certains déchets industriels spéciaux. Ainsi sont admis dans ces centres d'enfouissement technique de classe I : - Les déchets industriels spéciaux de catégories A qui sont : les résidus de l'incinération ; les résidus de la sidérurgie : poussières, boues d'usinage ; les résidus de forages ; les déchets minéraux de traitement chimique : sels métalliques, sels minéraux, oxydes métallique. - Les déchets de catégories B qui sont : les résidus de traitement d'effluents industriels et d'eaux industrielles, de déchets ou de sols pollués ; Les résidus de peinture : déchets de peinture solide, de résine de vernis ; Les résidus de recyclage d'accumulateurs et de batteries : par exemple les résidus d'amiante ; les réfractaires et autres matériaux minéraux usés et souillés.

I.4.1.2. Les centres d'enfouissement technique de Classe II

Sont acceptés sur ces centres les déchets ménagers et assimilés. Ce sont des installations soumises à la loi 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable et son décret d'application 2006 relatif aux établissements classés) [10].

Les déchets admissibles dans ces décharges sont: les ordures ménagères; les déchets ménagers encombrants; les déblais et gravats; les déchets commerciaux, artisanaux et industriels banals assimilables aux ordures ménagères; les déchets d'origine agricole ne présentant pas de danger pour la santé humaine et l'environnement ; les pneumatiques; les cendres et produits d'épuration refroidis résultant de l'incinération des ordures ménagères; les boues en provenance de l'assainissement urbain.

I.4.1.3. Les centres d'enfouissement technique de Classe III

Ce sont les installations de stockage recevant essentiellement des déchets inertes, d'origine domestique comme les déchets issus du bricolage familial qui peuvent également être stockés dans les décharges de classe II et les déblais et gravats qui peuvent également être stockés dans les décharges de classe II. Ils reçoivent aussi les déchets de chantiers et les déchets de carrière. Il est à noter que ces centres d'enfouissement technique doivent obligatoirement être pourvus d'installations de récupération des biogaz à travers le traitement de lixiviats [11,12]. Le centre d'enfouissement technique constitue ainsi l'étape finale et obligatoire de toute filière de traitement des déchets. Ils doivent répondre obligatoirement aux exigences imposées par la réglementation en vigueur

I.5. Conclusion :

Le chapitre illustre les généralités sur les déchets, définitions, types et classifications. Les techniques de recyclage selon les types en indiquant leur impact sur l'environnement en général. En plus un aperçu sur les centres d'enfouissement techniques en Algérie est présenté partant de leur classification par les normes en vigueur.

CHAPITRE II :
CATÉGORISATION DES
DÉCHETS ENTRANTS AU
CET DE LA WILAYA DE
M'SILA

II.

II.1. INTRODUCTION :

Les **Centres d'Enfouissement Technique (CET)** sont essentiels en Algérie, car ils représentent la seule solution viable pour la gestion continue de larges volumes de déchets. La wilaya de M'Sila a adopté cette approche en créant des CET pour minimiser l'impact environnemental des déchets. Cette section débutera par une présentation générale de la wilaya, suivie d'une description détaillée du site étudié, de son fonctionnement et du parcours des déchets.

II.2. CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE (CET) de la wilaya de M'Sila

II.2.1. Présentation du CET de la wilaya de M'Sila :

Le centre technique de remblayage de classe 02 pour la commune de M'sila fait référence à une installation spécifique pour la gestion des déchets. Le terme "classe 02" indique généralement le niveau de classification ou de catégorisation du centre, en fonction de sa capacité, de ses équipements et de ses méthodes de gestion des déchets. En général, un centre de cette classe est conçu pour recevoir, traiter et éliminer certains types de déchets dans des conditions spécifiées par les réglementations locales ou nationales. Cela peut inclure des installations pour la collecte, le tri, le traitement et l'élimination des déchets, avec un accent sur la protection de l'environnement et la santé publique [13].

II.2.2. Localisation :

Le Centre Technique de Remblayage dans l'État de M'sila est stratégiquement positionné le long de la Route Nationale 60, à la sortie ouest de l'État. Ses coordonnées géographiques sont approximativement 35.755698 de latitude nord et 4.507434 de longitude est. Situé le long de cette route majeure, le centre bénéficie d'une accessibilité optimale, permettant un transport efficace des matériaux, équipements et personnel vers et depuis le site. De plus, cette localisation le rend facilement accessible depuis d'autres régions avoisinantes, facilitant ainsi les opérations logistiques et le mouvement des ressources. En étant à la sortie ouest de l'État de M'sila, le Centre Technique de Remblayage est également bien positionné pour minimiser les perturbations du trafic local tout en permettant un accès pratique pour les résidents et les entreprises locales. Cela contribue à réduire les contraintes logistiques et à favoriser une meilleure intégration dans le tissu urbain. Enfin, cette localisation offre une visibilité significative, mettant en évidence le rôle crucial du centre dans la gestion des déchets de la région. Cette visibilité peut également favoriser une sensibilisation accrue aux enjeux environnementaux locaux et encourager la participation communautaire aux initiatives de gestion des déchets. En résumé, le Centre Technique de Remblayage dans l'État de M'sila bénéficie d'un emplacement stratégique le long de la Route Nationale 60, offrant accessibilité, praticité et visibilité pour ses opérations de gestion des déchets [13].

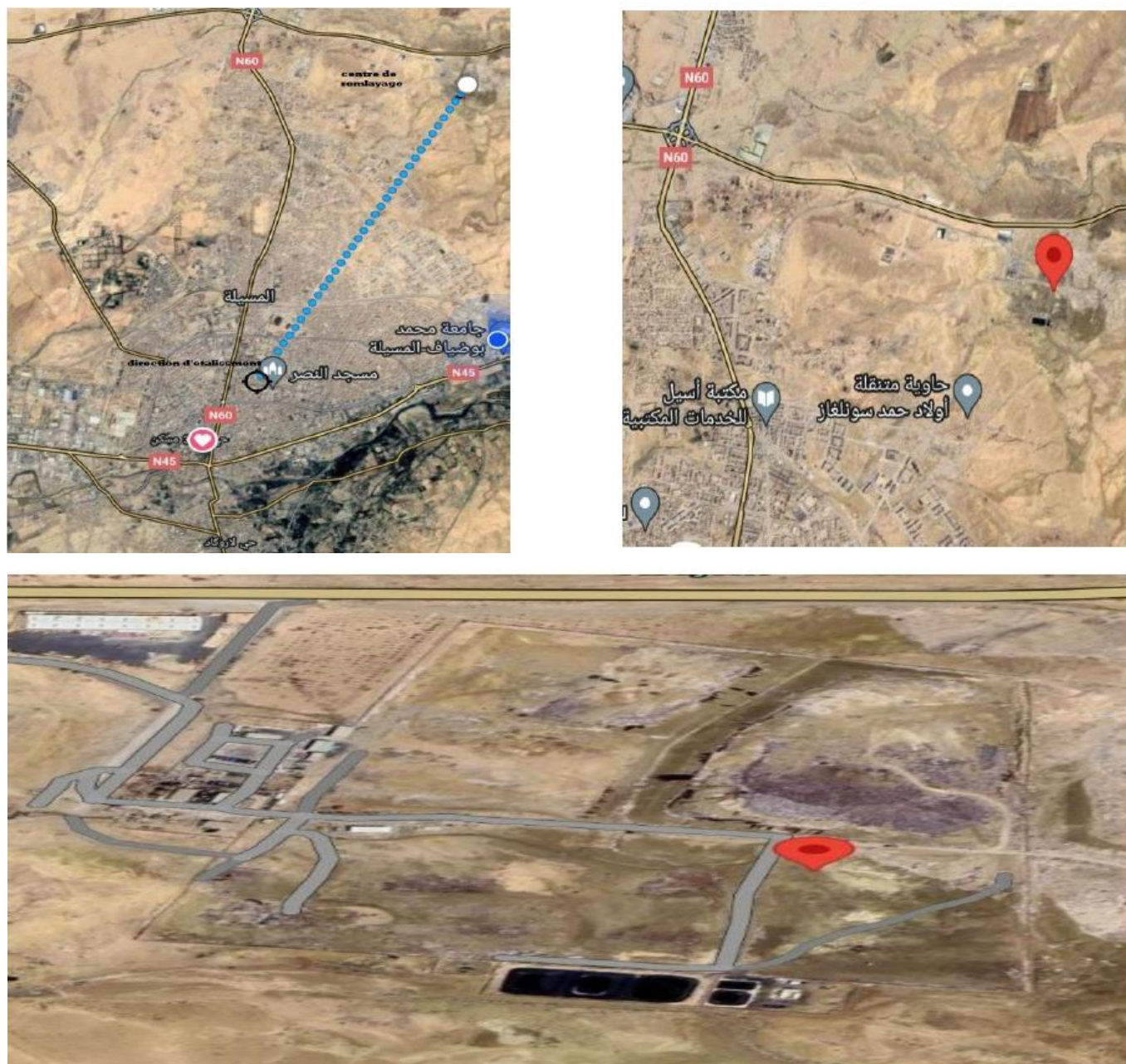


Figure II.1: Localisation géographique et une vue supérieure du CET M'sila.

II.2.3. Méthodologie de l'étude de caractérisation

La caractérisation des déchets est une étape cruciale pour comprendre leur composition et leurs propriétés, informations indispensables pour une gestion optimisée et le développement de stratégies de valorisation. La méthodologie adoptée pour cette étude s'appuie sur des protocoles reconnus afin d'assurer la représentativité et la fiabilité des données collectées.

II.2.4. Échantillonnage

L'échantillonnage est la première étape et l'une des plus critiques de la caractérisation des déchets. Il vise à obtenir un échantillon représentatif du flux de déchets entrants au CET, reflétant la diversité de leur composition sur une période donnée. Un échantillon représentatif est essentiel pour que les résultats de l'étude soient pertinents et généralisables.

II.2.4.1. Définition des zones et des périodes d'échantillonnage représentatives des flux entrants

Pour garantir la représentativité de l'échantillon, il est impératif de définir avec précision les zones et les périodes d'échantillonnage. Les zones d'échantillonnage peuvent correspondre aux points de déchargement des camions au sein du CET. Les périodes d'échantillonnage doivent prendre en compte les variations saisonnières, hebdomadaires et journalières de la production de déchets. Par exemple, la composition des déchets peut varier entre les jours de semaine et le week-end, ou entre les saisons (été/hiver) en raison des habitudes de consommation et des activités agricoles ou industrielles. Il est recommandé de réaliser des campagnes d'échantillonnage sur plusieurs jours consécutifs et à différentes périodes de l'année pour capturer ces variations [14].

II.2.4.2. Protocole d'échantillonnage (fréquence, quantité, méthode de prélèvement)

Le protocole d'échantillonnage doit être rigoureux pour minimiser les biais. La fréquence d'échantillonnage dépendra de la variabilité attendue des déchets et des ressources disponibles. Une fréquence plus élevée (par exemple, plusieurs fois par semaine) est préférable pour des flux hétérogènes. La quantité d'échantillon à prélever est également un facteur clé. Des normes comme la NF XP X 30-416 en France préconisent un échantillon d'environ 500 kg pour les ordures ménagères afin d'assurer une représentativité suffisante. [14].

La méthode de prélèvement doit être aléatoire ou systématique pour éviter toute sélection subjective. Il peut s'agir de prélever des fractions de déchets à intervalles réguliers lors du déchargement des camions, ou de sélectionner des sacs de déchets de manière aléatoire. Le prélèvement doit être effectué de manière à ne pas altérer la composition des déchets (par exemple, éviter l'écrasement des matériaux fragiles).

II.2.4.3. Matériel nécessaire pour l'échantillonnage

Le matériel d'échantillonnage doit garantir la sécurité des opérateurs et la qualité des échantillons. Il comprend généralement :

- **Équipements de protection individuelle (EPI) :** Gants résistants, masques, lunettes de protection, combinaisons, chaussures de sécurité.
- **Outils de prélèvement :** Pelles, fourches, pinces, seaux ou conteneurs robustes pour collecter les déchets.
- **Sacs ou bâches résistantes :** Pour contenir les échantillons prélevés et éviter toute perte ou contamination.
- **Balance portable ou bascule :** Pour peser les échantillons bruts sur site.
- **Étiquettes et marqueurs indélébiles :** Pour identifier clairement chaque échantillon (date, heure, lieu de prélèvement, poids).
- **Appareil photo :** Pour documenter visuellement les étapes de l'échantillonnage.

II.2.5. Tri et classification des déchets

Une fois les échantillons prélevés, l'étape suivante consiste à les trier et à les classer selon des catégories prédéfinies. Cette opération est généralement réalisée manuellement et nécessite une grande précision.

II.2.5.1. Protocole de tri manuel des échantillons selon des catégories prédéfinies

Le tri manuel est effectué par des opérateurs formés, sur une aire dédiée et sécurisée. Chaque échantillon est étalé sur une bâche propre et trié composant par composant. Les déchets sont séparés en différentes catégories, dont les plus courantes incluent [13, 15] :

- **Matières organiques** : Déchets alimentaires, restes de jardin.
- **Papier/Carton** : Journaux, magazines, emballages en carton, papiers de bureau.
- **Plastiques** : Il est crucial de subdiviser cette catégorie en fonction des types de polymères (PET, PEHD, PVC, PP, PS, autres) pour des raisons de valorisation. Les emballages (bouteilles, flacons, films) sont les plus courants.
- **Verre** : Bouteilles, bocaux, subdivisés par couleur (transparent, vert, brun) si la valorisation le permet.
- **Métaux** : Ferreux (acier, fer blanc) et non ferreux (aluminium, cuivre).
- **Textiles** : Vêtements, chiffons.
- **Déchets inertes** : Gravats, céramiques, terre.
- **Autres** : Couches, déchets d'hygiène, bois, caoutchouc, cuirs, etc.

Chaque catégorie est placée dans un conteneur séparé pour la pesée.

II.2.5.2. Utilisation de fiches de collecte de données standardisées

Des fiches de collecte de données standardisées sont utilisées pour enregistrer les informations relatives à chaque échantillon et à chaque fraction triée. Ces fiches doivent inclure :

- **Informations générales sur l'échantillon** : Date, heure, lieu de prélèvement, poids total de l'échantillon brut.
- **Détail du tri** : Poids de chaque catégorie de déchets triée, observations spécifiques (présence de déchets dangereux, humidité anormale, etc.).
- **Nom des opérateurs** : Pour la traçabilité.

Ces fiches garantissent la cohérence et la comparabilité des données collectées tout au long de l'étude.

II.2.5.3. Pesée des différentes fractions

Après le tri, chaque catégorie de déchets est pesée individuellement pour déterminer sa masse. Cette étape est essentielle pour calculer la composition massique des déchets.

II.2.5.4. Utilisation de balances précises pour déterminer la masse de chaque catégorie de déchets

Des balances de précision, régulièrement étalonnées, sont utilisées pour peser chaque fraction triée. La précision de la balance doit être adaptée à la quantité de déchets pesée (par exemple, au gramme près pour de petites quantités, au kilogramme près pour de plus grandes). Les poids sont enregistrés sur les fiches de collecte de données. Il est important de s'assurer que les conteneurs de pesée sont tarés avant chaque mesure pour obtenir le poids net des déchets.

II.2.5.5. Analyse des données

Les données brutes collectées lors de l'échantillonnage, du tri et de la pesée sont ensuite analysées pour en extraire des informations significatives sur la composition des déchets.

II.2.5.5.1. Traitement statistique des données collectées (calcul des pourcentages massiques, moyennes, variations)

Le traitement statistique des données permet de quantifier la composition des déchets. Les étapes clés incluent :

- **Calcul des pourcentages massiques** : Pour chaque échantillon, le pourcentage massique de chaque catégorie de déchets est calculé en divisant le poids de la catégorie par le poids total de l'échantillon brut, puis en multipliant par 100.
- **Calcul des moyennes** : Les pourcentages massiques de chaque catégorie sont moyennés sur l'ensemble des échantillons pour obtenir une composition moyenne des déchets entrants au CET. Les moyennes peuvent être calculées pour différentes périodes (journalière, hebdomadaire, saisonnière) pour identifier les tendances.
- **Analyse des variations** : L'écart-type et le coefficient de variation sont calculés pour évaluer la dispersion des données et la variabilité de la composition des déchets. Une forte variabilité peut indiquer la nécessité d'un échantillonnage plus fréquent ou de l'identification de sources spécifiques de déchets.

II.2.6.Représentation graphique des résultats (histogrammes, diagrammes circulaires)

La représentation graphique des résultats facilite la compréhension et l'interprétation des données. Les types de graphiques couramment utilisés incluent :

- **Diagrammes circulaires (camemberts)** : Idéaux pour visualiser la proportion de chaque catégorie de déchets par rapport au total, offrant une vue d'ensemble de la composition.
- **Histogrammes ou diagrammes à barres** : Permettent de comparer les pourcentages massiques des différentes catégories de déchets, ou de montrer l'évolution de la composition sur différentes périodes.
- **Graphiques en courbes** : Utiles pour illustrer les tendances et les variations de la composition des déchets au fil du temps.

Ces représentations visuelles aident à identifier les fractions dominantes, les opportunités de valorisation et les défis spécifiques à la gestion des déchets au CET de M'Sila.

II.2.7.Difficultés rencontrées et limites de l'étude

La réalisation d'une étude de caractérisation des déchets, bien que fondamentale, n'est pas exempte de défis et de limitations. Ces aspects doivent être pris en compte lors de l'interprétation des résultats et de la planification de futures études.

- **Hétérogénéité des déchets** : La nature intrinsèquement hétérogène des déchets rend difficile l'obtention d'un échantillon parfaitement représentatif. Malgré un protocole rigoureux, des variations inattendues peuvent survenir.
- **Conditions de travail** : Le tri manuel des déchets peut être une tâche ardue et désagréable, exposant les opérateurs à des odeurs, des poussières et des risques sanitaires. Les conditions météorologiques (chaleur, pluie) peuvent également affecter l'efficacité et la sécurité du travail.
- **Présence de déchets dangereux ou non identifiés** : La présence occasionnelle de déchets dangereux (produits chimiques, déchets médicaux) ou de matériaux non identifiables peut compliquer le tri et présenter des risques pour les opérateurs.
- **Variabilité saisonnière et événementielle** : Les événements spéciaux (fêtes religieuses, vacances) ou les changements saisonniers peuvent influencer significativement la composition des déchets, nécessitant des campagnes d'échantillonnage étendues pour capturer ces variations.
- **Limitations des ressources** : Le temps, le personnel et le matériel disponibles peuvent limiter l'ampleur de l'étude, notamment la fréquence et la taille des échantillons, ce qui peut affecter la précision des résultats.

•Précision de la classification : La classification des déchets peut parfois être subjective, en particulier pour les matériaux composites ou les déchets difficiles à catégoriser précisément.
•Données manquantes ou imprécises : Des erreurs de saisie ou des données manquantes lors de la collecte peuvent affecter la fiabilité de l'analyse statistique.
Malgré ces difficultés, une étude de caractérisation bien menée fournit des informations précieuses pour l'amélioration continue de la gestion des déchets et la mise en œuvre de politiques environnementales adaptées.

II.3. Les déchets admis à la décharge :

II.3.1. Les déchets ménagers et assimilés :

Les déchets ménagers et assimilés désignent les déchets produits par les ménages dans le cadre de leurs activités quotidiennes, ainsi que certains déchets similaires provenant d'autres sources. Cette catégorie de déchets comprend une large gamme de matériaux et d'objets jetés après utilisation dans les foyers, les institutions, les commerces et d'autres établissements similaires. Les déchets ménagers et assimilés peuvent être de nature organique, inorganique, recyclable ou non recyclable. Ils incluent généralement :

II.3.1.1. Déchets organiques :

Résidus alimentaires, épiluchures, restes de repas, déchets de jardinage, etc.

II.3.1.2. Déchets inorganiques non recyclables :

Papiers souillés, mouchoirs en papier, serviettes en papier, emballages plastiques non recyclables, textiles usagés, couches jetables, etc.

II.3.1.3. Déchets recyclables :

Bouteilles en plastique, canettes en aluminium, emballages en carton, journaux, magazines, verre, etc.

II.3.1.4. Déchets dangereux :

Piles usagées, ampoules cassées, produits chimiques ménagers, médicaments périmés, etc.

II.3.1.5. Déchets encombrants :

Gros appareils électroménagers, meubles usagés, matelas, appareils électroniques, etc.

Les déchets ménagers et assimilés représentent une part significative du flux de déchets dans de nombreuses sociétés et sont généralement collectés par les services municipaux de gestion des déchets. Ils sont ensuite traités par différentes méthodes, telles que le recyclage, la compostage, l'incinération ou l'enfouissement, en fonction de leur composition, de leur volume et des infrastructures disponibles dans la région. La gestion efficace des déchets ménagers et assimilés est essentielle pour préserver l'environnement, réduire la pollution et promouvoir une utilisation durable des ressources.

II.3.2. Les déchets de marché :

Les "déchets de marché" sont les déchets produits dans les zones commerciales ou marchandes, comprenant généralement une variété de matériaux tels que les déchets d'emballages, les déchets alimentaires, les déchets de papier/carton, les déchets plastiques,

etc., résultant des activités de vente au détail, de restauration, et d'autres activités commerciales.

II.3.3. Les déchets de balayures :

Les "déchets de balayures" font référence aux déchets collectés lors des opérations de balayage des voies publiques, des trottoirs, des places et d'autres espaces urbains. Ces déchets sont généralement constitués de divers matériaux tels que des feuilles mortes, des débris végétaux, des gravats, du sable, des emballages, des mégots de cigarettes, des chewing-gums, des papiers et autres petits déchets qui sont balayés ou collectés par les services de voirie des municipalités. Les déchets de balayures peuvent être collectés manuellement à l'aide de balais et de pelles, ou mécaniquement à l'aide de balayeuses de voirie équipées de brosses rotatives et de systèmes de collecte. Une fois collectés, ces déchets sont généralement transportés vers des centres de traitement des déchets où ils sont triés, recyclés ou éliminés de manière appropriée selon leur composition et leur nature.

II.3.4. les déchets verts :

Les déchets verts sont des déchets organiques d'origine végétale générés principalement par les activités de jardinage, d'entretien des espaces verts et d'agriculture. Ils comprennent des matériaux tels que les tontes de gazon, les feuilles mortes, les branches, les résidus de taille, les fleurs fanées, les mauvaises herbes, les épluchures de fruits et légumes, ainsi que d'autres déchets organiques d'origine végétale.

Ces déchets verts peuvent être recyclés ou compostés pour être utilisés comme amendements organiques dans le sol, ce qui favorise la fertilité du sol, améliore sa structure et sa rétention d'eau, et réduit le besoin d'engrais chimiques. De plus, le compostage des déchets verts permet de réduire la quantité de déchets envoyés en décharge, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement.

II.3.5. les déchets commerciaux et artisanaux :

Les déchets commerciaux et artisanaux font référence aux déchets produits par les activités des entreprises, des commerces, des services et des artisans. Ils comprennent une variété de matériaux tels que les emballages, les déchets de production, les déchets de vente au détail, les équipements obsolètes, les matériaux de construction excédentaires, les déchets alimentaires provenant des restaurants et des cafés, ainsi que d'autres déchets générés par les activités commerciales et artisanales.

II.3.6. les déchets d'emballage (carton, plastique...) :

Les déchets d'emballage sont des déchets qui résultent de l'utilisation d'emballages pour contenir, protéger, transporter et présenter des produits. Ils comprennent une variété de matériaux d'emballage tels que le carton, le plastique, le verre, le métal, le papier et le bois. Ces déchets peuvent être générés à différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement, y compris la production, la distribution, la vente au détail, la consommation et l'élimination des produits.

II.4. CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons examiné en détail le fonctionnement et les caractéristiques du Centre d'Enfouissement Technique de M'Sila. La méthodologie rigoureuse d'échantillonnage et de caractérisation des déchets nous a permis d'identifier précisément leur composition et leurs propriétés. La classification des différents types de déchets admis (ménagers, de marché, verts, etc.) fournit des données essentielles pour comprendre les enjeux de gestion. Ces éléments de connaissance sur la nature et le volume des déchets traités constituent une base indispensable pour évaluer, dans les chapitres suivants, l'efficacité du CET et proposer des solutions d'optimisation adaptées au contexte local.

CHAPITRE III

**Statistiques et
analyses des Résultats
des déchets entrants
au CET M'sila**

III. Statistiques et analyses des Résultats des déchets entrants au CET M'sila

III.1. INTRODUCTION

Cette section présente et analyse les résultats de l'étude sur les déchets, en les comparant aux données existantes et en discutant de leurs conséquences. La wilaya de M'Sila et la commune de M'Sila montrent une augmentation constante de la production de déchets. Pour l'ensemble de la wilaya de M'Sila, la production de déchets ménagers (DMA) projetée pour une population de 1 410 334 habitants devrait atteindre environ 411 818 tonnes par an d'ici 2024, ce qui équivaut à environ 290 kg par habitant et par an, un chiffre similaire à la moyenne nationale.

III.2. Quantité de déchets ménagers

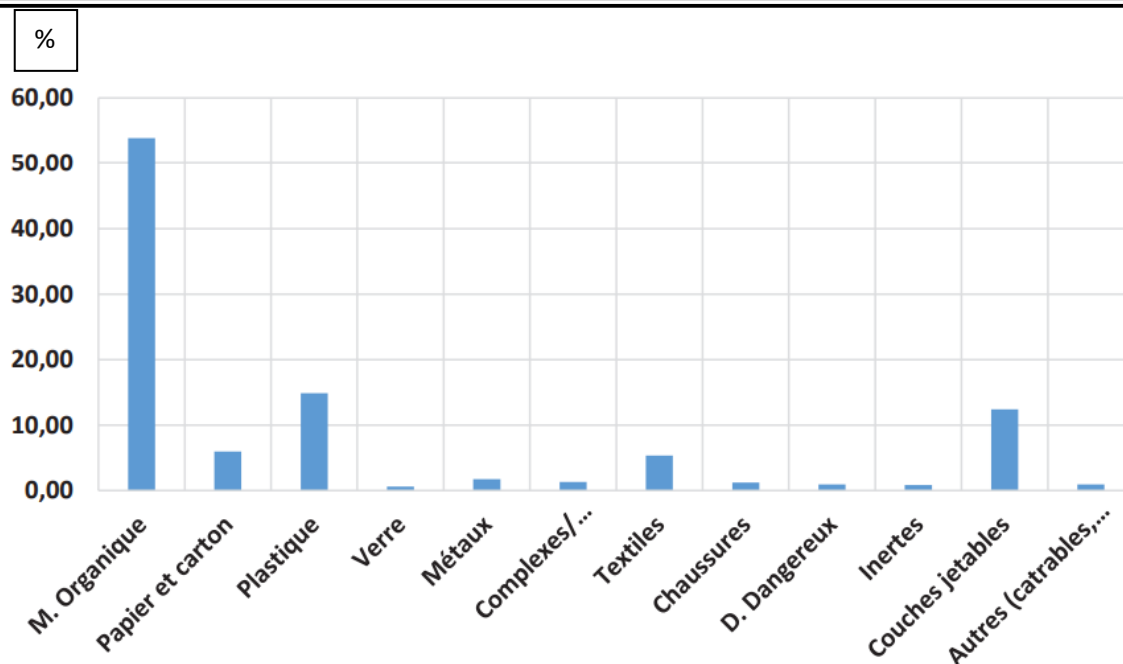
Cette section présente et analyse les résultats de l'étude de caractérisation des déchets, en les comparant aux données existantes et en discutant de leurs implications.

Pour l'ensemble de la wilaya de M'Sila et pour la commune de M'sila, la production de DMA projetée pour une population de 1,410,334 habitants à l'horizon 2024 devrait atteindre environ **411,818 tonnes par an**, ce qui équivaut à environ 290 kg par habitant et par an, un chiffre similaire à la moyenne nationale [16].

III.2.1. Quantité de déchets générés (Tonnes/an) dans la wilaya de M'sila [16].

Année	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
QUANTITE (Tonnes)	346942	355269	363885	372803	382038	382038	391607	401528	411818
Taux quantitatif quotidien (T/j)	950.53	973.34	996.95	1021.4	1046.7	1046.7	1072.9	1100.1	1128.3

Tableau III.1: Quantité de déchets générés (Tonnes/an) dans la wilaya de M'sila



Composition Moyenne des DMA de la wilaya de M'Sila pour les 4 Saisons - 2018 – 2019 [4]

III.2.2. Quantité de déchets générés (Tonnes/an) dans la commune de M'sila [13].

Déchets	Année									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Quantité (t)	2688	33318	39345	46428	55393	53274	57902	65321	69230	45501
Taux quantitatif quotidien (T/j)	53	91	108	127	152	146	159	179	190	187

Tableau III.2: Quantité de déchets générés (Tonnes/an) dans la commune de M'sila

III.2.3. Analyse Comparative de l'Évolution des Déchets : Commune de M'Sila (2010-2019) vs. Wilaya de M'Sila (2016-2024)

Cette analyse comparative se base sur les deux tableaux fournis, en gardant à l'esprit que la commune de M'Sila est une composante administrative de la wilaya de M'Sila. Cela signifie que les quantités de déchets de la commune sont une partie des quantités totales de la wilaya.

• **Évolution des Quantités de Déchets et Taux Quotidien dans la Wilaya de M'sila (2016-2024)**

Les données relatives à la wilaya de M'sila, couvrant la période de 2016 à 2024, révèlent une augmentation constante des quantités de déchets générés et du taux quantitatif quotidien par habitant. Cette tendance est un indicateur clair de la croissance démographique, de l'urbanisation et potentiellement de l'évolution des modes de consommation dans la région.

• **Évolution des Quantités de Déchets (Tonnes/an)**

De 2016 à 2024, la quantité annuelle de déchets dans la wilaya de M'sila a progressé de manière significative. En 2016, la wilaya a enregistré 346 942 tonnes de déchets, un chiffre qui a atteint 411 818 tonnes en 2024. Cela représente une augmentation d'environ 18.7% sur cette période de huit ans. Il est intéressant de noter une stagnation des quantités entre 2020 et 2021 (382 038 tonnes), ce qui pourrait être attribué à des facteurs externes tels que la pandémie de COVID-19 et les mesures de confinement qui ont pu influencer la production et la collecte des déchets. Cependant, la tendance à la hausse a repris dès 2022, confirmant la dynamique de croissance.

• **Évolution du Taux Quantitatif Quotidien (T/j)**

Parallèlement à l'augmentation des quantités totales, le taux quantitatif quotidien de déchets a également suivi une courbe ascendante. Partant de 950.53 tonnes par jour en 2016, ce taux a culminé à 1128.3 tonnes par jour en 2024. Cette augmentation de près de 18.7% sur la même période reflète l'accroissement de la charge quotidienne de gestion des déchets. La stagnation observée entre 2020 et 2021 dans les quantités annuelles se retrouve également dans le taux quotidien, qui est resté stable à 1046.7 T/j durant ces deux années. Cette corrélation étroite entre les quantités annuelles et les taux quotidiens est logique, le taux quotidien étant une moyenne des quantités générées sur l'année.

• **Évolution des Quantités de Déchets et Taux Quotidien dans la Commune de M'sila (2010-2019)**

Les données concernant la commune de M'sila, sur la période 2010-2019, montrent également une augmentation générale des quantités de déchets et du taux quantitatif quotidien, bien que des fluctuations plus prononcées soient observables par rapport aux données de la wilaya.

• **Évolution des Quantités de Déchets (Tonnes/an)**

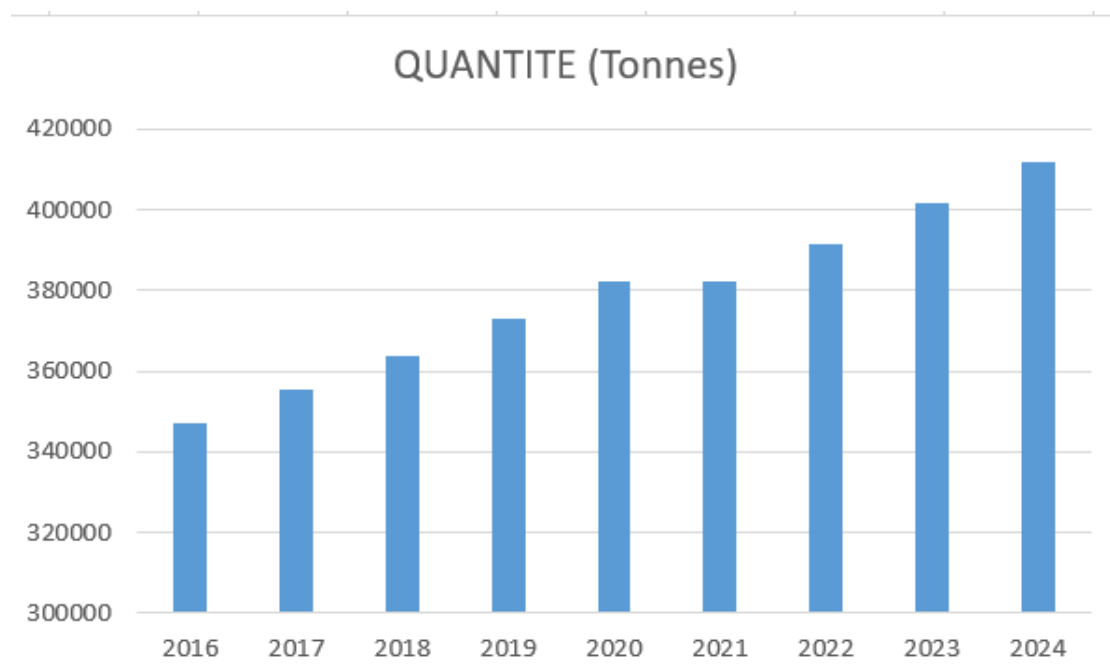
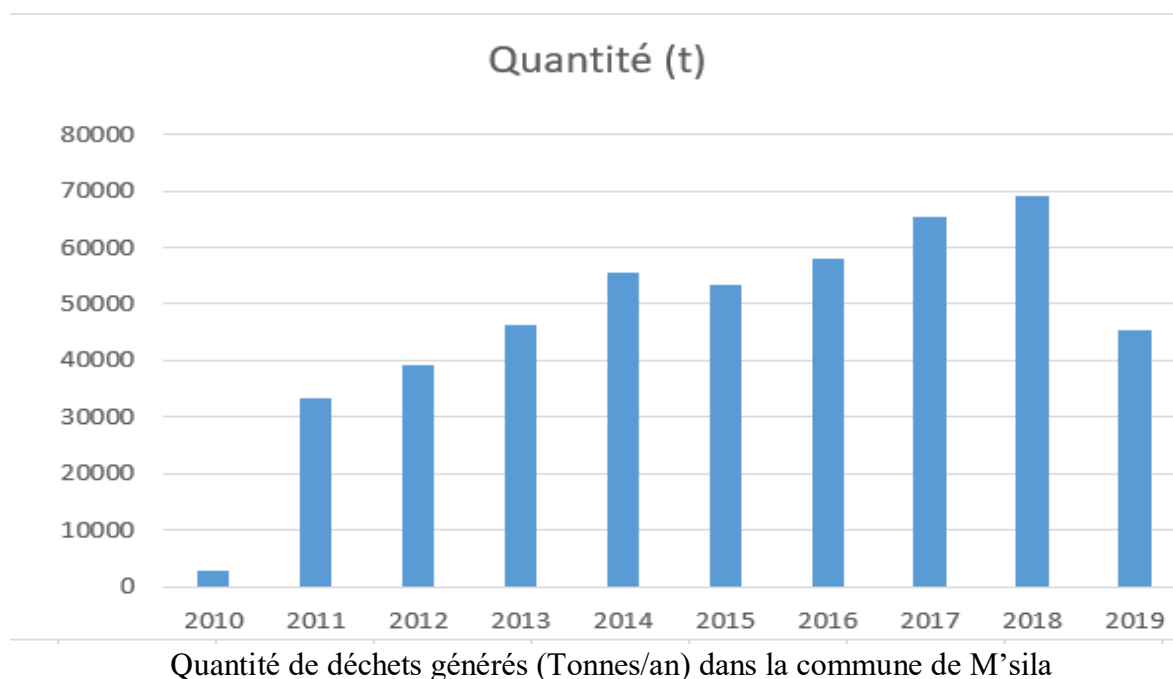
La quantité de déchets générés dans la commune de M'sila a connu une croissance significative entre 2010 et 2018. Démarrant à 2 688 tonnes en 2010, elle a atteint un pic de 69 230 tonnes en 2018. Cette augmentation est spectaculaire, reflétant probablement une urbanisation rapide et une densification de la population au sein de la commune. Cependant, une baisse notable est enregistrée en 2019, avec 45 501 tonnes, ce qui pourrait indiquer des changements dans les méthodes de collecte, des initiatives de réduction des déchets, ou des variations démographiques spécifiques à cette année.

• Évolution du Taux Quantitatif Quotidien (T/j)

Le taux quantitatif quotidien dans la commune de M'sila a suivi une trajectoire similaire à celle des quantités annuelles. Il est passé de 53 T/j en 2010 à 190 T/j en 2018, avant de légèrement diminuer à 187 T/j en 2019. L'ampleur de l'augmentation du taux quotidien est proportionnelle à celle des quantités, soulignant l'accroissement de la production de déchets par jour. La baisse en 2019, bien que légère pour le taux quotidien, confirme la tendance observée pour les quantités annuelles.

III.2.4. Analyse de la Relation entre l'Évolution des Quantités et le Taux Quotidien

La relation entre l'évolution des quantités de déchets et le taux quantitatif quotidien est intrinsèque. Le taux quotidien est une mesure dérivée des quantités totales de déchets générés sur une période donnée (généralement une année) divisée par le nombre de jours. Par conséquent, toute augmentation ou diminution des quantités totales se reflète directement dans le taux quotidien, et vice-versa. Dans les deux cas, que ce soit pour la wilaya ou la commune de M'sila, les données montrent une corrélation directe et forte entre ces deux indicateurs. Une augmentation des quantités de déchets générés entraîne inévitablement une augmentation du taux quantitatif quotidien, ce qui signifie une pression accrue sur les infrastructures de gestion des déchets, y compris les centres d'enfouissement technique (CET). La remarque selon laquelle la wilaya de M'sila inclut 4 Centres d'Enfouissement Technique (CET), dont un situé dans la commune de M'sila, est cruciale pour comprendre le contexte de la gestion des déchets. La présence de ces CET est essentielle pour l'élimination des déchets. L'augmentation constante des quantités de déchets à l'échelle de la wilaya, comme observé entre 2016 et 2024, met en évidence la nécessité d'une gestion efficace et durable de ces infrastructures. Si la capacité des CET n'augmente pas proportionnellement à la production de déchets, cela pourrait entraîner des problèmes de saturation et de gestion environnementale. La fluctuation observée dans la commune de M'sila en 2019, avec une baisse des quantités et du taux quotidien, pourrait être le résultat d'initiatives locales de sensibilisation, de tri, ou d'une meilleure gestion à la source, ou encore d'une réaffectation des flux de déchets vers d'autres CET de la wilaya. Cela souligne l'importance des politiques locales et de la participation citoyenne dans la maîtrise de la production de déchets. En conclusion, l'analyse des données met en lumière une tendance générale à l'augmentation de la production de déchets dans la wilaya et la commune de M'sila. Cette croissance impose des défis significatifs en termes de gestion et de capacité des infrastructures existantes, telles que les CET. Une planification stratégique et des investissements continus dans la réduction, le tri, le recyclage et l'optimisation des capacités d'enfouissement sont indispensables pour faire face à cette évolution.



III.3. Quantité de déchets inertes : [13]

Déchets inertes	année							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Quantités (T)	415	1123	1034	239	2468	2180	2505	2692
Taux quantitatif quotidien (T/j)	2	3	3	1	7	6	7	11

Tableau III.3: Quantité de déchets inertes de M'sila

Voici une analyse du tableau présentant l'évolution des quantités de déchets inertes et de leurs taux quantitatifs quotidiens de 2012 à 2019 :

III.3.1. Évolution des quantités de déchets inertes :

Les quantités de déchets inertes montrent une tendance fluctuante mais généralement croissante sur la période de 2012 à 2019.

- De 2012 à 2013, on observe une augmentation significative des quantités (de 415t à 1123t).
- Une légère baisse a eu lieu en 2014 (1034 t), suivie d'une forte diminution en 2015 (239 t). L'année 2015 se distingue comme une valeur aberrante avec une quantité remarquablement faible. Cette forte baisse en 2015 pourrait indiquer des circonstances spécifiques, telles qu'une réduction majeure des activités de construction/démolition, une amélioration du tri des déchets ou une anomalie dans les données.
- Après 2015, on constate une augmentation spectaculaire en 2016 (2468 t), atteignant le point le plus élevé de la série de données jusqu'à cette année-là, et se maintenant à des volumes élevés les années suivantes (2180 t en 2017, 2505 t en 2018 et 2692 t en 2019).
- La quantité maximale pour l'ensemble de la période est observée en 2019 (2692 t), ce qui indique une croissance continue de la production de déchets inertes au cours des dernières années.

III.3.2. Taux quantitatif quotidien :

Le taux quantitatif quotidien présente également une tendance fluctuante qui reflète globalement les tendances des quantités annuelles totales.

- Il a commencé à 2 t/jour en 2012, a augmenté à 3 t/jour en 2013 et 2014.
- Similaire à la quantité totale, il y a eu une forte baisse à 1 t/jour en 2015, ce qui renforce l'idée que 2015 a été une année anormale pour la production de déchets inertes.
- À partir de 2016, le taux quotidien a considérablement augmenté, atteignant 7 t/jour en 2016, diminuant légèrement à 6 T/jour en 2017, puis augmentant de nouveau à 7 t/jour en 2018.
- Le taux quotidien le plus élevé est enregistré en 2019, à 11 t/jour, ce qui est cohérent avec la quantité annuelle maximale de la même année.

III.3.3. Analyse de la relation entre les deux données :

Il existe une corrélation directe et forte entre les "Quantités (t)" et le "Taux quantitatif quotidien (t/j)". Cela est attendu, car le taux quotidien est dérivé de la quantité annuelle totale (en supposant un nombre relativement constant de jours d'exploitation par an).

- Lorsque la quantité annuelle de déchets inertes augmente, le taux quantitatif quotidien a également tendance à augmenter.
- Inversement, lorsque la quantité annuelle diminue (comme on le voit clairement en 2015), le taux quotidien baisse également de manière significative.

La cohérence entre ces deux métriques suggère que les points de données reflètent fidèlement les tendances globales de la production de déchets inertes. L'année 2015 apparaît clairement comme une anomalie pour les deux métriques, indiquant une réduction significative ou une

sous-déclaration des déchets inertes au cours de cette année particulière. L'augmentation substantielle de 2015 à 2016 dans les deux catégories met en évidence une forte reprise des activités génératrices de déchets après cette année. L'augmentation continue vers 2019 suggère des activités continues qui produisent des quantités importantes de déchets inertes, probablement des activités de construction et de démolition.

En somme, l'analyse des données révèle une augmentation notable des quantités de déchets inertes et de leur taux de production quotidien dans la wilaya de M'sila entre 2012 et 2019, malgré la baisse exceptionnelle observée en 2015. Cette progression, particulièrement marquée à partir de 2016 et culminant en 2019, suggère une intensification des activités (probablement de construction et de démolition) générant ce type de déchets. Cette tendance à la hausse souligne l'importance d'une gestion et d'une planification environnementales continues pour faire face à l'accroissement de ces volumes de déchets.

III.4. Quantité de déchets valorisés à la décharge : [13]

La nature des déchets valorisés	année								
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Plastique (tonne)	537	692	789	819	915	1097	1153	664	332
Papier/carton (tonne)	159	185	261	282	550	648	499	330	185
verre (tonne)	3	5	7	9	22	29	16	8	5
aluminium (tonne)	2	3	4	4	7	10	7	3	2
Fer (tonne)	/	27	43	50	62	119	144	77	46
Roues en caoutchouc (unité)	915	1735	1872	2700	3102	3759	1528	647	338

Tableau III.4: Quantité de déchets valorisés à la décharge

Le tableau présente les quantités de différents types de déchets valorisés (plastique, papier/carton, verre, aluminium, fer et roues en caoutchouc) sur une période allant de 2013 à 2021. Les quantités sont exprimées en tonnes pour la plupart des matériaux et en unités pour les roues en caoutchouc.

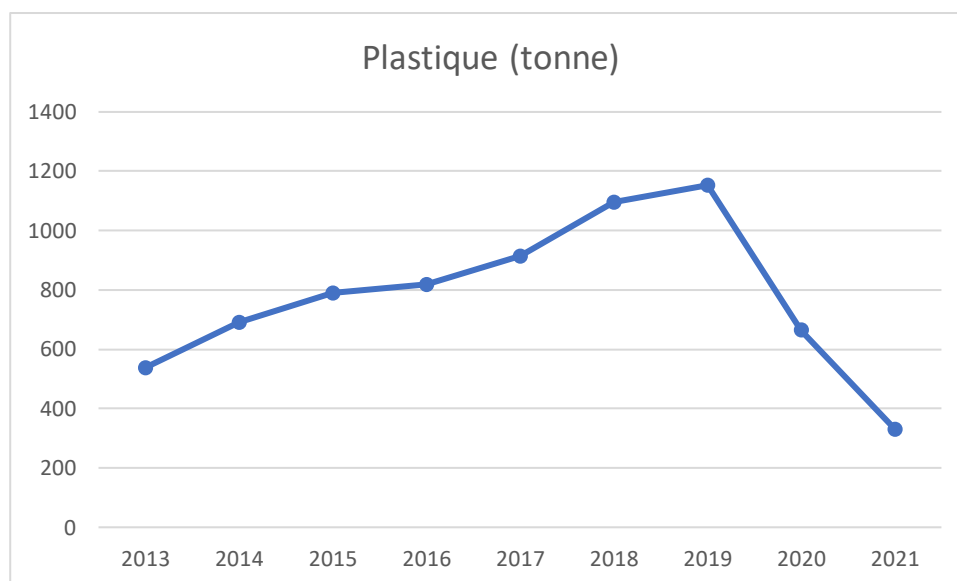
III.4.1. Analyse Générale des Tendances :

Globalement, on observe une tendance à l'augmentation de la valorisation des déchets pour la plupart des catégories entre 2013/2014 et 2018/2019, suivie d'une nette diminution en 2020 et 2021. Cette chute pourrait être attribuée à divers facteurs, notamment les impacts de la pandémie de COVID-19 sur les activités économiques, la collecte des déchets et les filières de valorisation.

III.4.2. Analyse Détaillée par Type de Déchet :

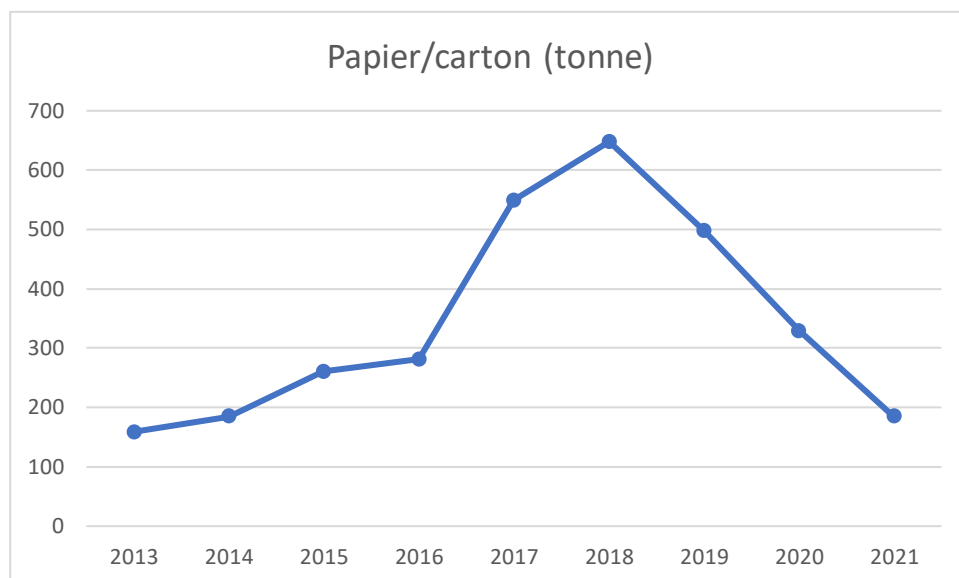
- **Plastique (tonne) :**

- **Croissance constante (2013-2019) :** La valorisation du plastique a montré une croissance régulière et significative, passant de 537 tonnes en 2013 à un pic de 1153 tonnes en 2019. Cela témoigne d'une amélioration notable des efforts de récupération et de traitement du plastique pendant cette période.
- **Chute abrupte (2020-2021) :** On observe une forte diminution en 2020 (664 tonnes) et une poursuite de la baisse en 2021 (332 tonnes). La quantité valorisée en 2021 est même inférieure à celle de 2013, indiquant un recul majeur dans la valorisation du plastique sur ces deux dernières années.



• **Papier/carton (tonne) :**

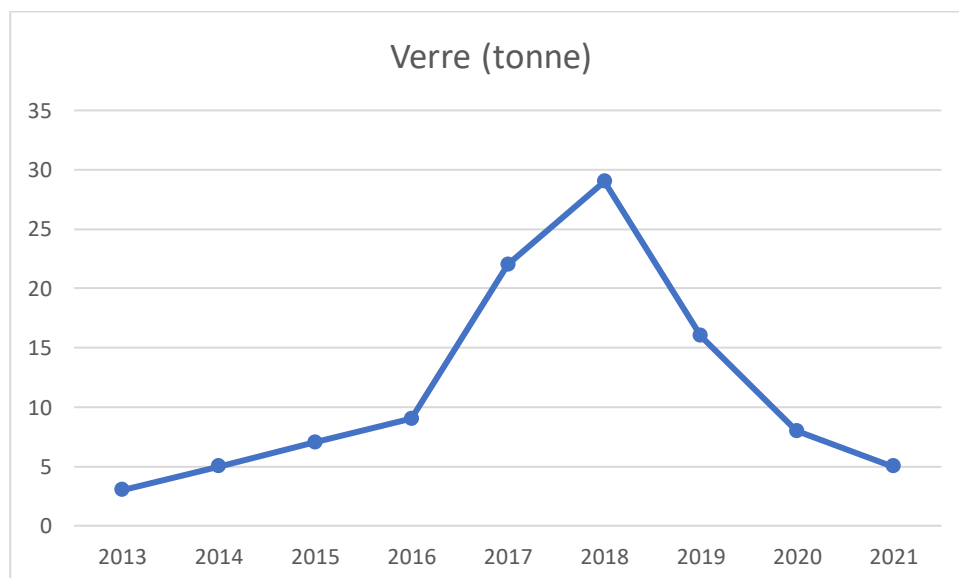
- **Augmentation puis stabilisation (2013-2018) :** La quantité de papier/carton valorisée a augmenté de 159 tonnes en 2013 pour atteindre un sommet de 648 tonnes en 2018.
- **Diminution progressive (2019-2021) :** Une baisse a commencé en 2019 (499 tonnes), s'est accentuée en 2020 (330 tonnes) et 2021 (185 tonnes). La valorisation en 2021 est très proche du niveau de 2014, suggérant que les gains réalisés ont été en grande partie perdus.



- **Verre (tonne) :**

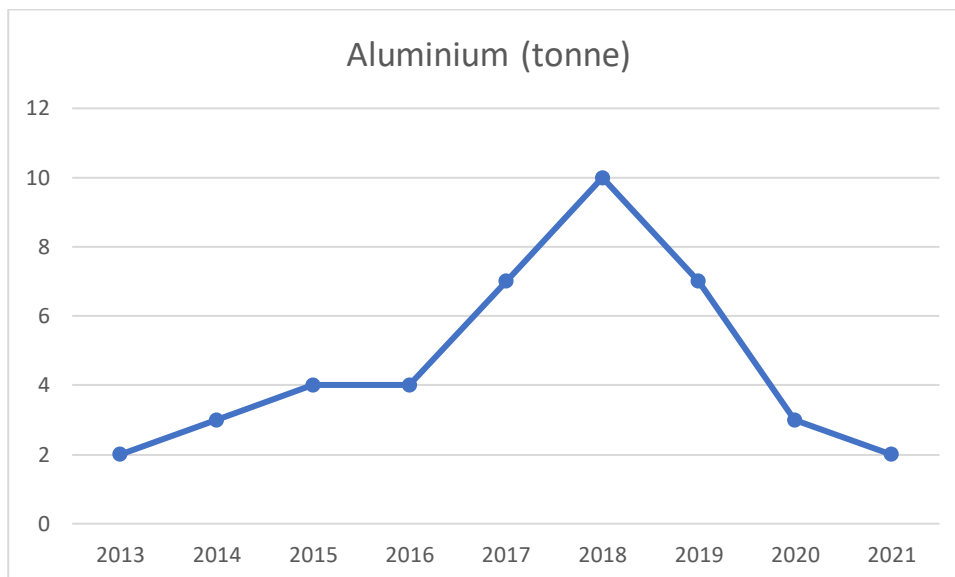
- **Volumes faibles mais en croissance (2013-2018) :** Le verre est valorisé en quantités relativement faibles, mais a montré une croissance de 3 tonnes en 2013 à 29 tonnes en 2018.

- **Baisse rapide (2019-2021) :** Les quantités ont chuté significativement en 2019 (16 tonnes), 2020 (8 tonnes) et 2021 (5 tonnes), revenant à des niveaux similaires à ceux du début de la période étudiée.



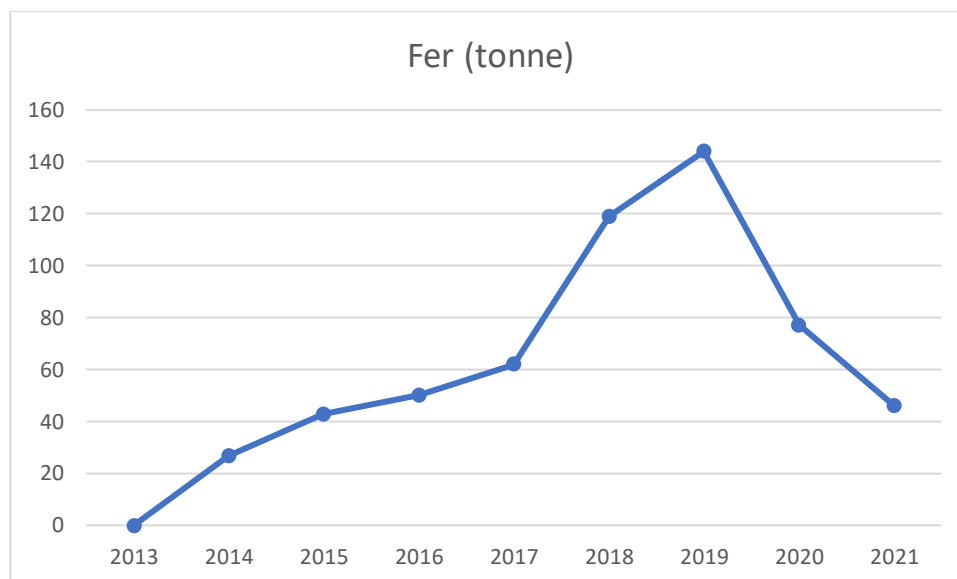
- **Aluminium (tonne) :**

- **Quantités minimales mais croissance (2013-2018) :** Similaire au verre, l'aluminium est valorisé en très petites quantités, mais a vu ses chiffres augmenter de 2 tonnes en 2013 à 10 tonnes en 2018.
- **Diminution (2019-2021) :** Une régression est observée à partir de 2019 (7 tonnes), atteignant 2 tonnes en 2021, ce qui correspond au niveau de 2013.



- **Fer (tonne) :**

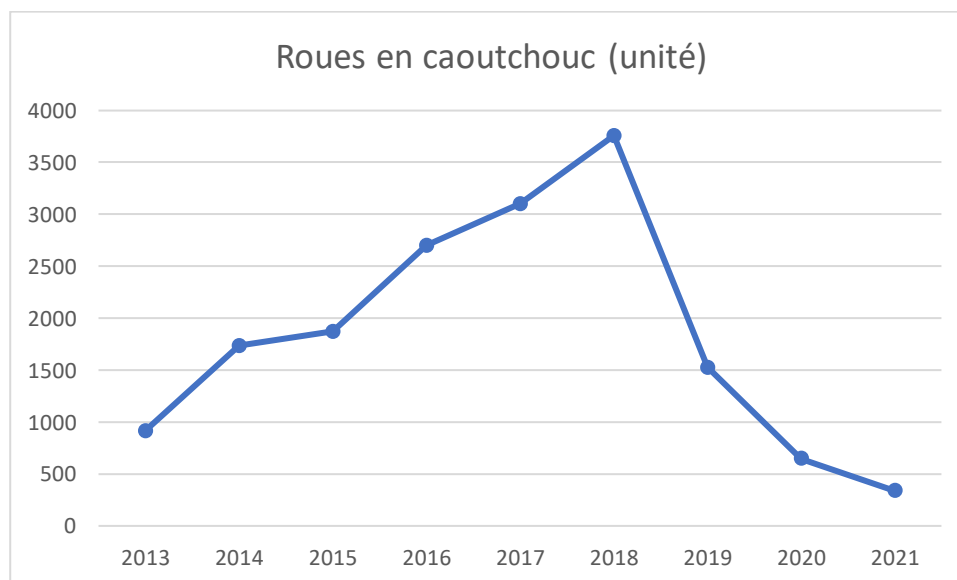
- **Démarrage en 2014 et forte croissance (2014-2019) :** Les données commencent en 2014 avec 27 tonnes. Le fer a connu une croissance impressionnante, atteignant un pic de 144 tonnes en 2019.
- **Déclin en 2020-2021 :** Bien qu'il y ait eu une diminution à 77 tonnes en 2020 et 46 tonnes en 2021, la quantité valorisée en 2021 reste supérieure aux niveaux de 2014-2016.



- **Roues en caoutchouc (unité) :**

➤ **Quantités importantes et pic élevé (2013-2018) :** Cette catégorie se distingue par les volumes unitaires beaucoup plus élevés. La valorisation a connu une forte progression de 915 unités en 2013 à un sommet de 3759 unités en 2018.

➤ **Chute drastique (2019-2021) :** Une réduction spectaculaire a eu lieu en 2019 (1528 unités), suivie de baisses continues en 2020 (647 unités) et 2021 (338 unités). Le chiffre de 2021 est le plus bas de toute la période, bien inférieur au niveau de 2013.



III.5. Conclusions :

L'analyse de la gestion des déchets dans la wilaya de M'Sila met en évidence une tendance claire et préoccupante : l'augmentation constante des quantités de déchets générés. Entre 2016 et 2024, la production annuelle de déchets ménagers et assimilés (DMA) pour l'ensemble de la wilaya devrait passer de 346 942 tonnes à environ 411 818 tonnes, ce qui représente une hausse de près de 18,7 %. Cette croissance est directement imputable à la dynamique démographique et à l'urbanisation de la région. La commune de M'Sila, bien que soumise à des fluctuations, a également connu une augmentation significative de ses déchets entre 2010 et 2018, atteignant un pic de 69 230 tonnes.

Face à cette augmentation, les Centres d'Enfouissement Technique (CET) constituent la seule solution viable pour la gestion des déchets en Algérie. Le CET de M'Sila, classé "classe 02", est conçu pour recevoir, traiter et éliminer des types spécifiques de déchets dans des conditions réglementées. Sa localisation stratégique sur la Route Nationale 60 assure une accessibilité optimale et facilite les opérations logistiques.

La caractérisation des déchets est une étape fondamentale pour comprendre leur composition et optimiser leur gestion. La méthodologie d'étude implique un échantillonnage rigoureux pour obtenir des échantillons représentatifs du flux de déchets. Le tri manuel des échantillons permet de classer les déchets en catégories telles que matières organiques, papier/carton, plastiques, verre, métaux et déchets inertes. Chaque catégorie est ensuite pesée avec précision. L'analyse statistique des données, incluant le calcul des pourcentages massiques et des moyennes, permet de quantifier la composition des déchets. Cependant, l'hétérogénéité intrinsèque des déchets et les conditions de travail peuvent compliquer cette étude.

Les déchets admis à la décharge sont divers, comprenant les déchets ménagers et assimilés, les déchets de marché, les déchets de balayures, les déchets verts, les déchets commerciaux et artisanaux, et les déchets d'emballage.

Concernant les déchets inertes, leurs quantités ont augmenté de 415 tonnes en 2012 à 2692 tonnes en 2019, avec une baisse anormale en 2015. Cette tendance suggère une intensification des activités de construction et de démolition. Quant à la valorisation des déchets, une augmentation générale a été observée pour la plupart des matériaux (plastique, papier/carton, verre, aluminium, fer, roues en caoutchouc) entre 2013 et 2019. Néanmoins, les années 2020 et 2021 ont enregistré un recul significatif, potentiellement dû à l'impact de la pandémie de COVID-19.

En conclusion, la croissance constante des volumes de déchets à M'Sila représente un défi majeur pour la gestion des déchets. Une approche proactive est nécessaire, impliquant une planification stratégique, des investissements continus dans la réduction des déchets à la source, l'amélioration des filières de tri et de recyclage, et l'optimisation des capacités des infrastructures existantes pour assurer une gestion durable et respectueuse de l'environnement.

Chapitre 4:
LIXIVIAT DE CET
M'SILA
RESULTATS ET
ANALYSES

IV. LIXIVIAT DE CET M'SILA, RESULTATS ET ANALYSES

IV.1. Introduction

Ce chapitre a pour objectif de présenter une caractérisation du lixiviat produit par le Centre d'Enfouissement Technique (CET) de M'Sila, en examinant ses paramètres bactériologiques, chimiques et physiques. De plus, il soulignera l'importance capitale de cette étude pour le domaine du génie civil, en explorant ses implications pour la conception, la construction, l'exploitation et la durabilité des infrastructures dédiées à la gestion des déchets.

IV.2. Les lixiviats de décharge :

IV.2.1. Origine et composition :

Le lixiviat est un liquide complexe et fortement contaminant, généré dans les installations de stockage de déchets. Sa formation est le résultat synergique de l'infiltration des eaux météoriques à travers les déchets enfouis et des processus de fermentation biochimique de ces derniers [17]. Même en l'absence d'apport externe d'eau, une faible quantité de lixiviat est inévitablement produite par les réactions de dégradation biochimique de la masse de déchets [18].

La production et les caractéristiques du lixiviat sont influencées par plusieurs facteurs clés, notamment l'âge de la décharge, la nature des déchets stockés, leur niveau de décomposition, les particularités géologiques du site, et les conditions climatiques, telles que le régime des précipitations et des températures [19].

IV.2.2. Composition Générale

Les lixiviats sont des effluents liquides fortement chargés, tant sur le plan bactériologique que, de manière prédominante, chimique, par une variété de substances minérales et organiques. Ces liquides peuvent s'infiltrer dans les eaux de surface et les eaux souterraines, constituant ainsi une source de pollution majeure. Leur impact est significatif, non seulement par le volume qu'ils représentent, mais aussi par la présence d'éléments aux propriétés éco toxicologiques.

La principale source d'eau générant ces lixiviats dans une décharge est généralement attribuée aux précipitations. Cependant, l'humidité intrinsèque des déchets eux-mêmes, ainsi que l'apport occasionnel d'eaux superficielles ou souterraines (notamment lors de crues ou de fortes pluies soudaines), contribuent également à leur formation.

Lorsque l'eau percole à travers la masse de déchets, elle se sature en diverses substances polluantes. Celles-ci incluent la matière organique soluble, issue de l'activité biologique au sein de la décharge, des constituants inorganiques tels que les métaux lourds, et des microorganismes qui peuvent être très dangereux pour la santé humaine et l'environnement.

Prévoir la composition exacte des lixiviats s'avère complexe. Cette composition dépend en effet de plusieurs facteurs clés : la nature des déchets enfouis, le volume des précipitations reçues, et le stade de dégradation des matériaux. Pour caractériser et analyser ces effluents, plusieurs paramètres physico-chimiques sont couramment utilisés :

- **Demande Chimique en Oxygène (DCO)** : Évalue la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation chimique des substances présentes.
- **Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours (DBO5)** : Mesure la biodégradabilité des lixiviats, c'est-à-dire l'oxygène consommé par les microorganismes pour dégrader la matière organique sur cinq jours.
- **Carbone Organique Total (COT)** : Indique la quantité totale de carbone organique dans les lixiviats.
- **Rapport DBO5 / DCO** : Sert d'indicateur clé de la **biodégradabilité** de l'effluent.
- **Rapport DCO / COT** : Reflète l'état d'oxydation des lixiviats.
- **Azote Kjeldahl** : Détermine la concentration d'**azote ammoniacal** et d'**azote organique**.

IV.2.3. Facteurs Influant sur la Composition du Lixiviat

La composition et les caractéristiques du lixiviat sont intrinsèquement liées à plusieurs facteurs clés :

IV.2.3.1. Âge de la Décharge : L'âge du massif de déchets est un déterminant primordial des caractéristiques du lixiviat. Les décharges traversent généralement trois phases distinctes :

- **Jeune (acidogène)** : Moins de 5 ans. Le lixiviat est caractérisé par un pH acide (3-6), des concentrations très élevées en DCO (50 000 - 10 000 mg/L) et DBO5 (25 000 - 10 000 mg/L), et une forte proportion d'acides gras volatils (AGV) (~80%). La biodégradabilité est élevée.
- **Intermédiaire** : Entre 5 et 10 ans. Le pH tend vers la neutralité (6,0 - 7,5), les concentrations en DCO (20 000 - 4 000 mg/L) et DBO5 (4 000 - 1 000 mg/L) diminuent, et les composés organiques incluent 5-30% d'AGV et le reste en acides humiques et fulviques. La biodégradabilité est moyenne.
- **Mature (méthanogène)** : Plus de 10 ans. Le pH est généralement alcalin (>7,5), les valeurs de DCO (<5 000 mg/L) et DBO5 (<1 000 mg/L) sont faibles, et la matière organique est principalement constituée d'acides humiques et fulviques, qui sont réfractaires. La biodégradabilité est faible. Ces phases sont également marquées par des variations significatives des concentrations en azote ammoniacal, alcalinité, phosphore, sulfates et solides dissous.

La transition du lixiviat de la phase "jeune" à la phase "mature" est un élément critique. Le lixiviat jeune, riche en acides gras volatils et hautement biodégradable, est particulièrement réceptif aux traitements biologiques. En revanche, le lixiviat mature, dominé par des acides humiques et fulviques réfractaires, exige des procédés de traitement plus avancés, tels que les méthodes physico-chimiques ou membranaires. Cette évolution de la composition du lixiviat impose une adaptation des infrastructures de traitement, ce qui est fondamental pour la conception et l'exploitation des CET. Une compréhension approfondie de cette dynamique est indispensable pour garantir une conformité environnementale à long terme et optimiser les coûts opérationnels. La conception initiale d'un ce doit donc anticiper ces changements dans les caractéristiques du lixiviat [20].

IV.2.3.2. Type de Déchets : La composition intrinsèque des déchets enfouis influence directement le profil chimique du lixiviat. La présence de matériaux industriels ou dangereux,

tels que les piles et les plastiques, peut entraîner des concentrations élevées en métaux lourds dans le lixiviat [21].

IV.2.3.3. Conditions Climatiques : Le régime hydrique (précipitations, évapotranspiration, ruissellement) et la température ambiante sont des facteurs déterminants. Les régions arides et semi-arides, par exemple, se caractérisent par des précipitations plus faibles, ce qui peut entraîner une moindre dilution des polluants dans le lixiviat et, par conséquent, des concentrations plus élevées, même si le volume total de lixiviat produit est inférieur. Des températures élevées peuvent également accélérer les processus de décomposition des déchets [22].

	Jeune	Intermédiaire	Stabilisé
Âge (année)	<5	5_10	>10
PH	6,5	6,5_7,5	>7,5
DCO (mg.L-1)	>10000	4000_10000	<4000
DBO5/DCO	>0,3	0,1_0,3	<0,1
Composés organiques	80 % AGV	5-30 % AGV + Acides humiques et fulviques	acides humiques et fulviques
Métaux lourds (mg.L-1)	<2000	–	<50

Tableau IV.1: Caractéristiques Typiques des Lixiviats en Fonction de l'Âge de la Décharge

IV.3. Méthodologies d'Analyse du Lixiviat

La caractérisation précise du lixiviat est fondamentale pour évaluer son impact environnemental et concevoir des stratégies de traitement efficaces. Pour ce faire, il est impératif de recourir à des méthodologies d'analyse standardisées.

IV.3.1. Vue d'ensemble des Normes et Méthodes (AFNOR, ISO)

L'utilisation de méthodes analytiques standardisées est essentielle pour garantir la fiabilité, la comparabilité et l'exactitude des données de caractérisation des lixiviats. Cette approche est cruciale pour le suivi environnemental, la conformité réglementaire et l'orientation des décisions d'ingénierie.

Plusieurs organisations internationales et nationales élaborent et publient ces normes :

AFNOR (Association Française de Normalisation): Organisme français de normalisation qui adopte souvent les normes européennes (EN) et internationales (ISO).

ISO (International Organisation for Standardisation): Développe des normes internationales couvrant divers domaines, y compris la qualité de l'eau.

Les procédures générales d'analyse incluent la collecte, la conservation et la manipulation des échantillons, qui sont des étapes cruciales pour éviter toute altération de la composition du lixiviat. Les analyses sont généralement réalisées dans des laboratoires accrédités.

IV.3.2. Analyses Chimiques (pH, Température, Métaux Lourds, Azote, DCO, DBO5)

Les analyses chimiques sont essentielles pour comprendre la charge polluante globale du lixiviat.

- **pH** : Le pH est mesuré à l'aide de pH-mètres. Le pH du lixiviat peut varier considérablement en fonction de son âge (acide dans les phases jeunes, neutre à alcalin dans les phases matures).
- **Température** : La température du lixiviat est mesurée à l'aide de thermomètres. Elle est influencée par les conditions ambiantes et les réactions biochimiques internes du massif de déchets. Les méthodes standardisées pour l'analyse de l'eau spécifient des plages de température pour les mesures.
- **Métaux Lourds** : Les métaux lourds sont analysés à l'aide de techniques telles que la spectrométrie d'émission atomique avec plasma à couplage inductif (ICP-OES) ou la spectrométrie d'absorption atomique (AAS). Les métaux lourds constituent des polluants significatifs dans le lixiviat.
- **Azote** : L'azote est présent sous différentes formes dans le lixiviat, notamment l'azote ammoniacal (NH_4^+), les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-). L'azote Kjeldahl total (TKN) mesure l'azote organique et l'ammoniac. Des méthodes comme l'analyse en flux (FIA, CFA) et la détection par chimiluminescence sont utilisées.
- **DCO (Demande Chimique en Oxygène)**: La DCO mesure la quantité totale d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement la matière organique et inorganique présente dans l'eau. Une DCO élevée est indicative d'une forte pollution organique.
- **DBO5 (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours)**: La DBO5 mesure la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour décomposer la matière organique sur une période de cinq jours. Cet indicateur reflète la charge organique biodégradable et est utilisé pour calculer l'indice de biodégradabilité (rapport DBO5/DCO).

IV.3.3. Analyses Physiques

- Humidité
- Densité

IV.3.4. Analyses Bactériologiques (E. coli, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Bacillus, Candida)

IV.3.4.1. Protocole d'Analyse Microbiologique du Lixiviat par CHROMagar

- **Objectif**

Détecter et identifier les bactéries pathogènes présentes dans un échantillon de lixiviat à l'aide de milieux CHROMagar sélectifs et différentiels.

• Matériel nécessaire

- Échantillon de lixiviat (prélevé stérilement)
- Milieux CHROMagar solides (CHROMagar Orientation, E. coli, Salmonella, etc.)
- Boîtes de Pétri stériles
- Pipette automatique + cônes stériles
- Eau peptonée tamponnée (dilution)
- Agitateur vortex
- Gants, blouse
- Incubateur à 35–37 °C

• Préparation de l'échantillon

1. Agiter le lixiviat pour homogénéiser.
2. Filtrer si nécessaire (pour retirer les particules grossières).
3. Réaliser une dilution décimale (ex. : 10^{-1} à 10^{-6}) dans l'eau peptonée tamponnée.

• Ensemencement

1. Déposer 0,1 ml (100 μ L) de chaque dilution sur la surface d'une boîte CHROMagar.
2. Étaler avec une spatule stérile (ou par striation en 3 zones).
3. Répéter pour chaque type de milieu CHROMagar utilisé.

• Incubation

Incuber les boîtes à 37 °C pendant 24 h.

Certaines bactéries nécessitent jusqu'à 48 h (consulter la notice du fabricant).

• Lecture et interprétation

Observer la couleur et la morphologie des colonies.

Comparer avec les références CHROMagar :

- E. coli : rose à fuchsia (Orientation) ou bleu/violet (ECC)
- Salmonella : colonies noires/violettes
- Enterococcus : turquoise
- Pseudomonas : translucide ou incolore

• Comptage et identification

1. Sélectionner la dilution où les colonies sont isolées.
2. Compter les colonies typiques (CFU/mL).

3. Confirmer si nécessaire par tests biochimiques ou antibiogrammes.

• **Élimination et nettoyage**

1. Décontaminer les boîtes utilisées.
2. Jeter les déchets dans des bacs à déchets biologiques.
3. Nettoyer la paillasse à l'éthanol 70 %.

• **Rapport des résultats**

Inclure :

- Dénominations des CHROMagar utilisés
- Nombre de colonies (CFU/mL)
- Types de bactéries identifiées
- Remarques (odeur, turbidité du lixiviat, etc.)

IV.4. Résultats de Caractérisation du Lixiviat du CET de M'Sila

IV.4.1. Points de prélèvement des lixiviats :



Figure IV.1 : Bassins de CET M'sila

Nous avons retenu deux points de prélèvements P1 et P2 et qui peuvent représenter deux lixiviats de caractéristiques physico-chimiques et biologiques différentes.

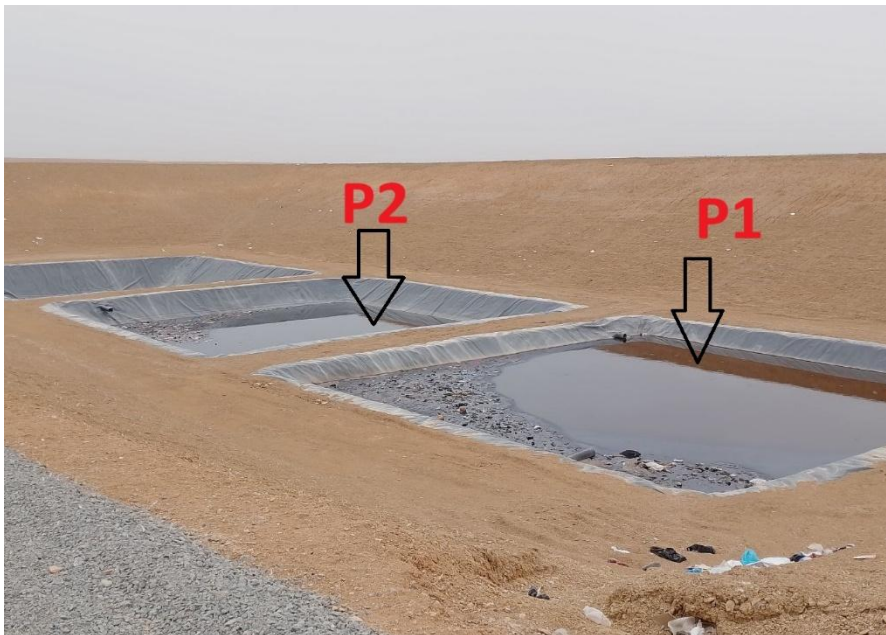


Figure IV.2 Les points de prélèvements dans les Bassins de CET M'sila

IV.4.2. Présentation des Données par CET M'SILA

IV.4.2.1. Analyses Chimiques (pH, Température, Métaux Lourds, Azote, DCO, DBO5)

Paramètre	06-03-2025	13-03-2025	10-04-2025
Ph	8.33	8.30	8.33
Température	11.1	17.3	16.6
Conductivité ms/cm	57.1	65.6	72.2

Tableau IV.2: Analyse de laboratoire par CET M'sila

Paramètre	Résultat	méthode
DCO	182.4 g/Kg	NF T90-101
DBO5	>5000 Mg/Kg	DBO mètre

Tableau IV.3 Bulletin d'analyse [23]

Déterminations	Unité	Résultat	Méthode
pH	UI	7,41	Potentiomètre
Azote total	g/kg	31,85	KJELDHAL
P205 (Phosphore)	g/kg	0,32	SPECTROPHOTOMETRE
Potassium K ⁺	g/kg	7,3	SPECTROPHOTOMETRE A FLAMME
Rapport C/N	/	09	WALKLEY et BLACK + KJELDHAL
Calcium Ca ⁺⁺	g/kg	1,68	SPECTROPHOTOMETRIE
Magnésium Mg ⁺⁺	g/kg	2,38	SPECTROPHOTOMETRIE
Sodium Na ⁺	g/kg	>03	SPECTROPHOTOMETRE A FLAMME
Nitrate	g/kg	7,1	SPECTROPHOTOMETRE

Tableau IV.4 Bulletin d'analyse [24]

IV.4.3. Analyses Bactériologiques (*E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus*, *Candida*)

IV.4.3.1. Préparation de l'échantillon

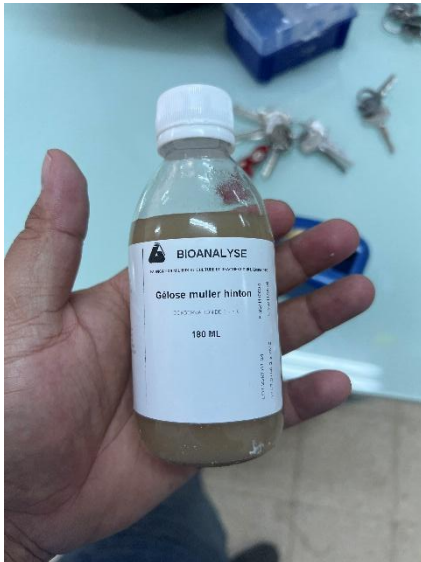


Figure IV.3 CHROMOGar UTILISE



Figure IV.4 Prélèvements des bassins

IV.4.3.2. Ensemencement

Mise en place de l'échantillon dans les boites pétri

3 boites pour prélèvement 1 et 3 pour prélèvement 2



Figure IV.5 Prélèvements des bassins Mettre échantillon



Figure IV.6 Étaler avec une spatule stérile



Figure IV.7. Répétition pour chaque type de milieu CHROMagar utilisé



Figure IV.8. Incubation des échantillons de lixiats

IV.4.3.3. Résultats d'essais

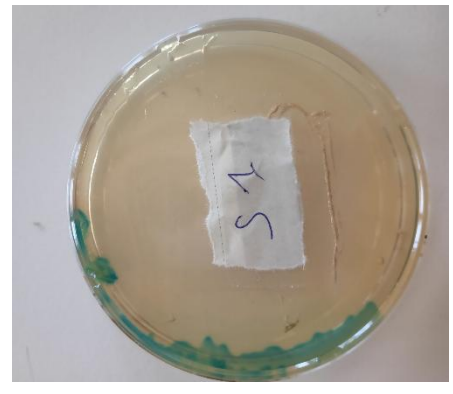
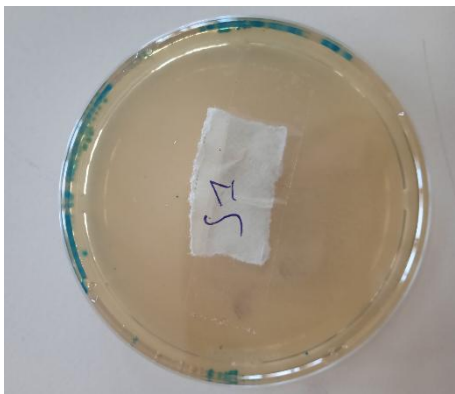


Figure IV.9. Résultat de *lixiviat* Prélèvement 1

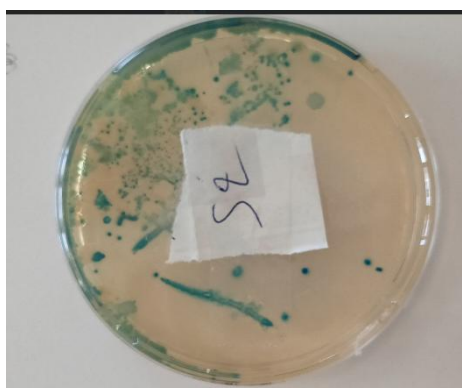


Figure IV.10. Résultats de *lixiviat* Prélèvement 2

IV.4.3.4. Rapport des résultats

- **P1** : La charge bactérienne faible apparition quelques points Rose foncé à Rouge (E.COLI) et Bleu métallique (Klebsiella spp)
- **P2** : La charge bactérienne forte apparition points denses Rose foncé à Rouge (E.COLI) et Bleu métallique (Klebsiella spp) et une Pigmentation Naturelle (Verte/Bleue) pour Pseudomonas aeruginosa

IV.5. Discussion et Analyse des Résultats

Les lixiviats sont des effluents complexes, chargés bactériologiquement et chimiquement par diverses substances minérales et organiques. Leur composition est influencée par des facteurs clés tels que l'âge de la décharge, la nature des déchets, le niveau de décomposition, les particularités géologiques et les conditions climatiques. En Algérie, l'enfouissement technique est la méthode prédominante d'élimination des déchets, avec plus de 90% des volumes dirigés vers les CET.

IV.5.1. Analyses Chimiques et Physiques

Le tableau 1 fournit des données sur le pH, la température et la conductivité du lixiviat du CET de M'Sila à trois dates différentes (06-03-2025, 13-03-2025, 10-04-2025) :

- **pH** : Le pH est stable autour de 8.33. Un pH supérieur à 7.5 est caractéristique d'un lixiviat mature (méthanogène), où les valeurs de DCO et DBO5 sont faibles et la matière organique est principalement constituée d'acides humiques et fulviques réfractaires.
- **Température** : Les températures varient de 11.1°C à 17.3°C. La température du lixiviat est influencée par les conditions ambiantes et les réactions biochimiques internes du massif de déchets.
- **Conductivité** : La conductivité est élevée, allant de 57.1 ms/cm à 72.2 ms/cm, ce qui indique une forte concentration en sels dissous.

Le tableau 2 montre les résultats de DCO et DBO5 :

- **DCO (Demande Chimique en Oxygène)** : La DCO est de 182.4 g/Kg. Une DCO élevée est indicative d'une forte pollution organique.
- **DBO5 (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours)** : La DBO5 est supérieure à 5000 Mg/Kg. La DBO5 reflète la charge organique biodégradable.

Le tableau 3 présente d'autres paramètres chimiques :

- **Azote total (Kjeldahl)** : 31.85 g/kg, indiquant la concentration d'azote ammoniacal et organique.

- Phosphore (P₂O₅) : 0.32 g/kg.
- Potassium K⁺ : 7.3 g/kg.
- Rapport C/N : 09.
- Calcium Ca⁺⁺ : 1.68 g/kg.
- Magnésium Mg⁺⁺ : 2.38 g/kg.
- Sodium Na⁺ : >03 g/kg.
- Nitrate : 7.1 g/kg.

En se basant sur le pH élevé (>7.5), et potentiellement sur le rapport DBO5/DCO (bien que la DBO5 > 5000 Mg/Kg semble très élevée et pourrait indiquer un lixiviat moins mature que le pH ne le suggère), le lixiviat de M'Sila pourrait être considéré comme entrant dans une phase plus mature ou être influencé par des conditions spécifiques. Les lixiviats matures sont caractérisés par une faible biodégradabilité, ce qui rend leur traitement plus exigeant et nécessite des procédés avancés tels que les méthodes physico-chimiques ou membranaires.

IV.5.2. Analyses Bactériologiques (par CHROMagar)

Le protocole d'analyse microbiologique du lixiviat par CHROMagar vise à détecter et identifier les bactéries pathogènes à l'aide de milieux sélectifs et différentiels.

Les résultats des prélèvements P1 et P2 montrent la présence de différents micro-organismes:

- **Prélèvement P1** : La charge bactérienne est faible, avec l'apparition de quelques points roses foncés à rouges (indiquant *E. coli*) et de points bleus métalliques (indiquant *Klebsiella* spp).
- **Prélèvement P2** : La charge bactérienne est forte, avec une apparition dense de points roses foncés à rouges (*E. coli*), de points bleus métalliques (*Klebsiella* spp), et une pigmentation naturelle verte/bleue pour *Pseudomonas aeruginosa*.

L'identification par les couleurs sur les milieux CHROMagar est une méthode présomptive. *E. coli* apparaît rose à fuchsia sur CHROMagar Orientation, *Klebsiella* spp. est généralement bleu métallique, et *Pseudomonas* est translucide ou incolore, parfois avec une pigmentation naturelle (verte/bleue).

La présence d'*E. coli* et *Klebsiella* spp., ainsi que de *Pseudomonas aeruginosa* dans le lixiviat, est significative. *E. coli* est un indicateur de contamination fécale, tandis que *Klebsiella* spp. et *Pseudomonas aeruginosa* sont des bactéries fréquemment rencontrées dans les environnements aquatiques et les eaux usées, certaines souches étant potentiellement pathogènes. Les micro-organismes peuvent être très dangereux pour la santé humaine et l'environnement. Ces liquides peuvent s'infiltrer dans les eaux de surface et les eaux souterraines, constituant ainsi une source de pollution majeure.

La présence d'une charge bactérienne, même faible, et de micro-organismes spécifiques tels qu'*E. coli*, *Klebsiella* spp. et *Pseudomonas aeruginosa*, souligne la nécessité de systèmes de collecte et de traitement des lixiviats robustes pour prévenir la pollution des eaux de surface et souterraines. Les métaux lourds dans les lixiviats constituent des polluants significatifs, et leur présence, influencée par le type de déchets, doit également être prise en compte dans la conception des infrastructures.

IV.6. Conclusion

Ce chapitre a permis de caractériser le lixiviat du CET de M'Sila sur les plans physico-chimique et bactériologique. Les analyses chimiques révèlent un pH élevé (environ 8.3), suggérant un lixiviat en phase plus mature, avec des concentrations significatives en DCO et DBO5. Cette composition chimique indique que des traitements avancés pourraient être nécessaires pour la dépollution.

Les analyses bactériologiques utilisant les milieux CHROMagar ont mis en évidence la présence d'*E. coli* et *Klebsiella* spp. dans les deux points de prélèvement, avec une charge bactérienne plus élevée au point P2, où *Pseudomonas aeruginosa* a également été identifié. La présence de ces micro-organismes, potentiellement pathogènes et indicateurs de contamination, confirme l'importance du traitement des lixiviats pour protéger la santé humaine et l'environnement.

En générale, l'étude souligne la complexité de la matrice lixiviat et l'impératif d'une caractérisation rigoureuse. Les résultats obtenus sont essentiels pour la conception et l'optimisation des systèmes de traitement des lixiviats au CET de M'Sila, garantissant ainsi une gestion des déchets plus durable et conforme aux normes environnementales.

Conclusion générale

Conclusion générale

La gestion des déchets environnementaux constitue l'un des défis les plus pressants de la vie quotidienne du citoyen de sociétés contemporaines qui sont confrontées à un challenge récent. La résolution revêt d'une importance cruciale pour le bien-être des générations futures pour les autorités publiques de tous les pays du monde. En Algérie, l'enfouissement technique demeure la méthode prédominante pour l'élimination des déchets, avec plus de 90% des volumes produits dirigés vers les Centres d'Enfouissement Technique (CET). Bien que cette approche puisse sembler simple en comparaison avec l'incinération ou le compostage, elle engendre un effluent hautement polluant, des déchets solides municipaux (DSM), déchets ménagers assimilés (DMA) et d'autres type. Parmi, le lixiviat comme produits récupérés dans la décharge est composé de multiples éléments organiques et minéraux qui a fait l'objet de caractérisation physico-chimiques et bactériologiques dans la présente étude.

Suite à l'analyse des résultats des données des déchets entrant au CET de M'sila dans l'objectif de catégorisation et caractérisation les conclusions suivantes sont tirées ;

- L'augmentation constante des quantités de déchets à l'échelle de la wilaya, comme observé entre 2016 et 2024, met en évidence la nécessité d'une gestion efficace et durable de ces infrastructures. Notamment, les quatres CET mis en service dans cet objectif à travers la wilaya.
- Évolution du Taux Quantitatif Quotidien (T/j), Il est passé de 53 T/j en 2010 à 190 T/j en 2018, avant de légèrement diminuer à 187 T/j en 2019. L'augmentation du taux quotidien est proportionnelle à celle des quantités, soulignant l'accroissement de la production de déchets par jour.
- Cette augmentation confirme la tendance observée pour les quantités annuelles. En 2016, la wilaya a enregistré 346 942 tonnes de déchets, un chiffre qui a atteint 411 818 tonnes en 2024. Cela représente une augmentation d'environ 18.7% sur cette période de huit ans.
- On note une stagnation des quantités entre 2020 et 2021 (382 038 tonnes), ce qui pourrait être attribué à des facteurs externes tels que la pandémie de COVID-19 et les mesures de confinement associées qui ont pu influencer la production et la collecte des déchets.
- La valorisation des différents dans les deux dernières décennies (2013- 2024) types de déchets a montré une croissance régulière et significative, pour les plastiques, carton , aluminium, verre, Roues en caoutchouc et verre.
- Une régression est observée à partir de 2019 avec un déclin remarquable en 2020-2021 suite au à la pandémie de COVID-19 comme facteur déterminant de cette réduction importante

Partie lixiviats :

Le lixiviats sont des effluents complexes, chargés bactériologiquement et chimiquement par diverses substances minérales et organiques. Leur composition est influencée par des facteurs clés tels que l'âge de la décharge, la nature des déchets, le niveau de décomposition, les particularités géologiques et les conditions climatiques. En Algérie, l'enfouissement technique est la méthode prédominante d'élimination des déchets, avec plus de 90% des volumes dirigés vers les CET.

- En se basant sur le pH élevé (>7.5), qui semble très élevée et pourrait indiquer un lixiviat moins mature que le pH ne le suggère), le lixiviat de M'Sila pourrait être considéré comme entrant dans une phase plus mature ou être influencé par des conditions spécifiques. Les lixiviats matures sont caractérisés par une faible biodégradabilité, ce qui rend leur traitement plus exigeant et nécessite des procédés avancés tels que les méthodes physico-chimiques ou membranaires.
- Les analyses bactériologiques utilisant les milieux CHROMagar ont mis en évidence la présence d'E. coli et Klebsiellaspp. dans les deux points de prélèvement, avec une charge bactérienne plus élevée au point P2.

En général, l'étude souligne la complexité de la matrice lixiviat et l'impératif d'une caractérisation rigoureuse. Les résultats obtenus sont essentiels pour la conception et l'optimisation des systèmes de traitement des lixiviats au CET de M'Sila, garantissant ainsi une gestion des déchets plus durable et conforme aux normes environnementales.

Recommandations pour une gestion efficace des déchets environnementale de la wilaya de M'sila

Cette gestion rationnelle nécessite une approche holistique et coordonnée pour relever les défis environnementaux et sanitaires liés à la gestion des déchets.

1. Défis et enjeux : La wilaya de M'sila est confrontée à plusieurs défis en matière de gestion des déchets, notamment une croissance démographique rapide, une urbanisation accrue, une consommation de biens et de produits en hausse, ainsi que des infrastructures

de gestion des déchets inadéquates.

2. Infrastructures de gestion des déchets : Bien que des progrès aient été réalisés dans la mise en place d'infrastructures de gestion des déchets, telles que des décharges contrôlées et des centres de tri, il reste encore beaucoup à faire pour moderniser et améliorer ces infrastructures afin de répondre aux besoins croissants de la population.

3. Sensibilisation et éducation : Il est essentiel d'intensifier les efforts de sensibilisation et d'éducation environnementale pour promouvoir le tri des déchets à la source, encourager la réduction à la source, et sensibiliser la population aux pratiques de gestion des déchets respectueuses de l'environnement.

4. Innovation et technologies vertes : L'adoption de technologies vertes et innovantes dans la gestion des déchets, telles que le compostage, le recyclage, la valorisation énergétique et la collecte sélective, peut contribuer à réduire l'impact environnemental des déchets tout en créant des opportunités économiques et d'emploi.

5. Collaboration intersectorielle et partenariats : La gestion efficace des déchets nécessite une collaboration étroite entre les autorités locales, les institutions gouvernementales, le secteur privé, la société civile et la population locale. Les partenariats public-privé et la coopération intersectorielle sont essentiels pour mobiliser les ressources et les compétences nécessaires à la mise en œuvre de solutions durables

En conclusion, la gestion des déchets environnementale de la wilaya de M'sila exige une approche intégrée, inclusive et proactive pour répondre aux défis actuels et futurs tout en préservant la santé publique et l'environnement. En investissant dans des infrastructures modernes, en renforçant la sensibilisation et l'éducation, en favorisant l'innovation et les technologies vertes, et en encourageant la collaboration intersectorielle, la wilaya de M'sila, ceci peut progresser vers une gestion des déchets plus durable et résiliente.

Références bibliographiques

- [1] Journal Officiel de la République Algérienne. (2001). N°07 / 2001. Imprimerie Officielle. <https://www.joradp.dz/>
- [2] Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank Publications.
- [3] Agence Nationale des Déchets (AND). (2022). Rapport annuel sur la gestion des déchets en Algérie. Alger: Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables. <https://www.and.dz>
- [4] Programme des Nations Unies pour l'Environnement (UNEP). (2015). Global waste management outlook (ISBN 978-92-807-3479-9). Nairobi: UNEP. <https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook>
- [5] Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste: a global review of solid waste management.
- [6] Dorbane, N., & Hachemi, N. (2023). L'économie circulaire, une nouvelle approche de gestion des déchets. Quelles possibilités d'application en Algérie?. *Revue tadamsa d'unegmu*, 3(1), 20-35.
- [7] Hemidat, S., Achouri, O., El Fels, L., Elagroudy, S., Hafidi, M., Chaouki, B., ... & Guo, J. (2022). Solid waste management in the context of a circular economy in the MENA region. *Sustainability*, 14(1), 480.
- [8] Hachemi, H., Seladji, C., Negadi, L., Bhandari, R., & Aryal, S. (2024). Improving municipal solid waste management in Algeria and exploring energy recovery options. *Renewable Energy*, 230, 120861.
- [9] Ministère de l'Environnement et de la Qualité de la Vie. (2023). Structures de gestion des déchets ménagers réalisées jusqu'en 2023. <https://www.me.gov.dz/fr/412-structures-de-gestion-des-dechets-menagers-realisees-jusquen-2023/>
- [10] Décret exécutif n° 06 198 du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement. (Journal Officiel de la République Algérienne, n° 37, 4 juin 2006). Imprimerie Officielle. <https://and.dz/site/wp-content/uploads/D%C3%A9cret-exécutif-n%C2%B006-198.pdf>
- [11] Ghizlene CHIHAOUI, (2017) , Les centres d'enfouissement technique pour la protection de l'environnement en Algérie , *Revue de droit public algérien et comparé* .
- [12] Saoud, W., & Meddahi, M. (2022). Etude analytique de la gestion des déchets à Abu Dhabi durant la période 2012-2019.
- [13] Dehmeche, R. (2024). État de l'art sur la gestion des déchets environnementaux : Étude de cas de la wilaya de M'sila [Mémoire de master, Université de M'sila].

- [14] Morvan, B. (2000). Méthode de caractérisation des déchets ménagers: analyse sur produit sec. Environnement, Ingénierie & Développement. <https://eid.episciences.org/8134/pdf>
- [15] Agence Nationale des Déchets (AND). (2014). Rapport sur la caractérisation des déchets ménagers et assimilés dans les zones nord, semi-aride et aride d'Algérie. Ministère de l'Environnement. <https://www.and.dz/>
- [16] Agence Nationale des Déchets (AND). (2019). Caractérisation des déchets ménagers et assimilés : Campagne nationale 2018–2019. Ministère de l'Environnement. <https://www.and.dz/>
- [17] Kehila, Y. (2022), Impact des décharges publiques sur l'environnement en Algérie : Quelles perspectives pour une gestion efficace des lixiviats.
- [18] Eaufrance. (n.d.). Lixiviat. <https://www.eaufrance.fr/glossaire/lixiviat>
- [19] Renou, S., Poulain, S., Gagnaire De Cadarache, J., Marrot, B., & Moulin, P. (2008). Lixiviat de centre de stockage: déchet généré par des déchets. L'eau, l'industrie, les nuisances, (310), 37-43.
- [20] Lessoued, R. (2018). Modélisation et optimisation de la dépollution des lixiviats [Thèse de doctorat, École Nationale Polytechnique d'Alger]
- [21] Kouassi, A. E., Ahoussi, K. E., Koffi, Y. B., Kouame, I. K., Soro, N., & Biemi, J. (2014). Caractérisation physico-chimique du lixiviat d'une décharge de l'Afrique de l'ouest: cas de la décharge d'akouedo (Abidjan-côte d'Ivoire). LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (19).
- [22] Kehila, Y., Mezouari, F., & Matejka, G. (2009). Impact de l'enfouissement des déchets solides urbains en Algérie: expertise de deux centres d'enfouissement technique (CET) à Alger et Biskra. Environnement, Ingénierie & Développement.
- [23] Laboratoire DOUMI. (2018). Bulletin d'analyse physico-chimique n°249/2018.
- [24] Laboratoire DOUMI. (2020). Bulletin d'analyse physico-chimique n°089/2020.