



Université de Constantine 3- Salah BOUBNIDER

Institut de gestion des techniques urbaines

Département gestion des villes et urbanisation

**L'EVALUATION DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DECHETS
SOLIDES EN ALGERIE : PRATIQUES ET PERSPECTIVES, L'EXEMPLE DE LA
VILLE DE CONSTANTINE.**

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en science

Spécialité Gestion des Techniques Urbaines

Par

Imen SOUKEHAL

Année Universitaire

2024-2025



Université de Constantine 3- Salah BOUBNIDER
Institut de gestion des techniques urbaines
Département gestion des villes et urbanisation

N° de Série :.....

N° d'ordre :.....

**L'EVALUATION DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DECHETS
SOLIDES EN ALGERIE : PRATIQUES ET PERSPECTIVES, L'EXEMPLE DE LA
VILLE DE CONSTANTINE.**

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en science
Spécialité Gestion des Techniques Urbaines

Par

Imen SOUKEHAL

Devant le Jury Composé de :

AMIRECHE Hamza	Président	Professeur	Université Constantine 3
BOUADAM Roukia	Directrice	Professeur	Université Constantine 3
DIB Belkacem	Examineur	Professeur	Université Batna 1
MERDASSI Abdelmoumene	Examineur	MCA	Université Batna 2
MEDDOUR Oualid	Examineur	MCA	Université Constantine 3
Mohamed Seddik Oussama BELAHMADI	Examineur	MRA	Centre de recherche en Biotechnologie

Année Universitaire

2024-2025

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour ma directrice de thèse : Professeure **Roukia BOUADAM**, pour son accompagnement exceptionnel tout au long de cette aventure intellectuelle et humaine qu'a été ma thèse. Votre expertise, votre rigueur et votre passion pour la recherche scientifique ont été des guides indispensables, transformant chaque obstacle en opportunité d'apprentissage. Merci pour votre patience, votre disponibilité et votre confiance inébranlable en mes capacités, même dans les moments de doute. Vos retours constructifs, vos questions stimulantes et votre vision claire ont donné forme à ce travail, tout en m'encourageant à cultiver ma propre voix de chercheuse.

Mes vifs remerciements s'adressent également aux honorables membres du jury qui ont bien voulu examiner ce travail

Mr le Professeur AMIRECHE, vous nous avez fait le très grand honneur de présider ce jury, veuillez trouver ici le témoignage de notre profonde gratitude.

Mr le Professeur DIB, vous nous avez fait l'honneur d'accepter d'évaluer ce travail et de siéger dans ce jury, Veuillez trouver ici le témoignage de notre profonde gratitude

Mr MERDASSI, vous nous avez fait l'honneur de bien vouloir accepter de juger notre travail. Nous vous exprimons notre profonde gratitude.

Mr MEDDOUR, vous nous avez fait l'honneur de porter intérêt à ce travail. Nous sommes très heureux de vous avoir parmi nous. Nous vous exprimons notre profonde gratitude.

Mr BELAHMADI, vous nous avez fait l'honneur de porter intérêt à ce travail. Nous sommes très heureux de vous avoir parmi nous. Nous vous exprimons notre profonde gratitude.

Je tiens à remercier tous les responsables et le personnel des administrations de la direction de l'environnement, de l'agence nationale des déchets, de l'Etablissement Des Centres D'enfouissement Techniques De La Wilaya De Constantine, spécialement Mme Boubberbara, pour votre accueil et d'avoir mis à ma disposition toutes les données utiles à l'élaboration de cette recherche.

Je remercie toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement pour la réalisation de cette thèse.

DEDICACES

À mes parents bien-aimés,
Pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux et les racines solides que vous
m'avez offertes.
Vous êtes ma boussole et ma fierté, aujourd'hui et pour toujours. Je vous aime à l'infini,
Que Dieu vous protège.

À mon cher mari et nos filles adorées,
Vous êtes ma raison d'avancer, ma lumière dans les jours sombres, et mon bonheur au
quotidien.
Merci de rendre chaque instant précieux.

À mes frères et sœurs, compagnons de vie,
Pour les rires partagés, les soutiens inébranlables et les souvenirs gravés dans le cœur.
Spécialement à toi, Meriouma, ma petite sœur, merci d'être un pilier dans
l'accomplissement de ce travail.

À la mémoire de ma chère tante Farida,
Ton sourire, ton grand cœur et ta douceur resteront à jamais gravés dans notre mémoire.
Qu'Allah le Tout-Puissant lui accorde Son infinie Miséricorde et l'accueille dans Son vaste
Paradis

À ma belle -famille,
Merci pour vos encouragements et vos douâs

A mes amies,
Vous êtes bien plus que des amies : des sœurs de cœur, des refuges, des complices à vie.
Merci d'exister

TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Dédicaces	
Tables des matières	v
Liste des figures	xi
Liste des tableaux	xv
Liste des abréviations	xvii
Résumé	xx
Abstract	xxi
ملخص	xxii
CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE	
1.1. PROBLEMATIQUE	3
1.2. HYPOTHESES DE LA RECHERCHE	5
1.3. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	6
1.4. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	6
1.5. STRUCTURE DE LA THÈSE	11
1.6. CONTRAINTES DE LA RECHERCHE	13
CHAPITRE II : GESTION DES DECHETS, OBJECTIFS DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET ECONOMIE CIRCULAIRE : QUELLE SYNERGIE ?	
Introduction	15
2.1. LE DECHET : UN CONCEPT EN EVOLUTION	16
2.1.1. Eléments de définition	16
2.1.2. Classification	17
2.2. LA GESTION DES DECHETS	19
2.2.1. D'un modèle de gestion linéaire à une gestion intégrée des déchets	19
2.2.2. La hiérarchie de la gestion des déchets	22
2.2.3. Les défis relatifs à la gestion des déchets dans les pays en développement	25
2.3. LA GESTION DURABLE DES DECHETS	28
2.4. GESTION DES DECHETS & LES OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE (ODD)	31
2.4.1. L'Agenda 2030	31
2.4.2. Les Piliers de l'agenda 2030	33
2.4.3. Lecture des objectifs de développement durable par rapport à la gestion des déchets	35
2.5. LA GESTION DES DECHETS & L'ECONOMIE CIRCULAIRE POUR BOOSTER LE DEVELOPPEMENT DURABLE	41
2.5.1. Définition de l'économie circulaire	41
2.5.2. Domaines de l'économie circulaire	42
2.5.3. Piliers de l'économie circulaire	44
Conclusion	48
CHAPITRE III : CYCLE DE VIE D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE CLASSE II « DE LA CONCEPTION A LA POST- FERMETURE»	
Introduction	50
3.1. APERÇU GENERAL SUR L'ELIMINATION DES DECHETS SOLIDES	51
3.1.1. Formes de la mise en décharge des déchets solides	52
3.1.2. Avènement de l'enfouissement technique des déchets : « de la décharge	54

brute au centre d'enfouissement technique »	
3.1.3. Modes d'élimination des déchets solides basés sur l'enfouissement	56
3.2. LES CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DECHETS	58
3.2.1. Définition	58
3.2.2. Les classes des Centres d'enfouissement techniques	59
3.3. ANATOMIE GLOBALE D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE CLASSE II	61
3.4. CYCLE DE VIE D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE CLASSE II	63
3.4.1. Phase de conception	63
3.4.2. Phase de réalisation	67
3.4.3. Phase d'exploitation	77
3.4.4. Phase de fermeture	82
3.4.5. Phase de post-fermeture	84
3.5. RISQUES D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE	84
3.6. CONTRIBUTION DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE A LA REALISATION DES OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE (ODD)	85
3.6.1. A l'ODD 03 : « bonne santé & bien-être »	85
3.6.2. A l'ODD 06 « eau propre et assainissement »	86
3.6.3. A l'ODD 07: « Énergie propre et d'un coût abordable »	86
3.6.4. A l'ODD 08: « Travail décent et croissance économique »	86
3.6.5. A l'ODD 09 : « Industrie, innovation et infrastructure »	86
3.6.6. A l'ODD 11 « villes et communautés durables »	86
3.6.7. A l'ODD 12 « Consommation et production responsables »	
3.6.8. A l'ODD 13:« Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques »	87
3.6.9. A l'ODD 15: « Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres»	88
Conclusion	89
CHAPITRE IV : BENCHMARKING DES STRATEGIES D'ELIMINATION DES DECHETS MENAGERS : CAS DE L'ALLEMAGNE, DU CANADA & DU MAROC	
Introduction	91
4.1. DEMARCHE DU BENCHMARKING	92
4.1.1. Démarche suivie	92
4.1.2. Paramètres de sélection	92
4.2. ANALYSE DE L'EXPERIENCE DE L'ALLEMAGNE : DE L'ENFOUISSEMENT MASSIF A L'INTERDICTION LEGALE DE LA MISE EN DECHARGES	94
4.2.1. Phase 1 : L'ère du tout à la décharge (avant 1970)	94
4.2.2. Phase 2 (1970–2005) : la transition à l'économie circulaire	94
4.2.3. Phase actuelle (2005–présent) : Une gestion circulaire des déchets	96
4.2.4. L'exemple de l'usine de traitement mécano-biologique (TMB) de Hanovre, Allemagne	96
4.2.5. Résultat & Défis	100
4.3. ANALYSE DE L'EXPERIENCE DU CANADA : « DE LA MISE EN DECHARGE A UN RECYCLAGE ET UNE REDUCTION A LA SOURCE DES DECHETS»	101
4.3.1. Phase 1 : La domination des décharges (1945–1980)	102
4.3.2. Phase 2 : l'essor du recyclage (1980-2000)	102
4.3.3. Phase 3 : Vers une économie circulaire (2000 à aujourd'hui)	103

4.3.4. L'exemple du lieu d'enfouissement technique (LET) de Sainte-Sophie (Québec, Canada)	103
4.4. ANALYSE DE L'EXPERIENCE DU MAROC	107
4.4.1. Phase 1 : la dominance des décharges sauvages « avant l'an 2000 »	107
4.4.2. Phase 2 : la restructuration institutionnelle en faveur d'une gestion déléguée (2000–2015)	107
4.4.3. Phase 3 : Vers une économie circulaire (2015–présent)	108
4.4.4. L'exemple du centre d'enfouissement et de valorisation (CEV) d'Oum Azza à Rabat.	109
4.5. BENCHMARKING : USINE MBT DE HANOVRE (ALLEMAGNE) / LIEUX D'ENFOUISSEMENT DE SAINTE-SOPHIE (QUEBEC) / CEV D'OUM AZZA (MAROC)	113
4.5.1. Les technologies et processus	113
4.5.2. Impact environnemental	115
4.5.3. Aspects économiques	115
4.5.4. Conformité réglementaire	117
4.5.5. Enjeux sociaux et acceptabilité	119
4.5.6. Synthèse	120
4.6. IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS POUR L'ALGERIE	121
Conclusion	123
CHAPITRE V : L'ELIMINATION DES DECHETS SOLIDES EN ALGERIE : « RETROSPECTIVE ET PREMICES DE CHANGEMENT »	
Introduction	125
5.1. PRODUCTION & COMPOSITION DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES EN ALGERIE	126
5.1.1. Des quantités en constante augmentation	126
5.1.2. Une composition de moins en moins organique	127
5.2. CADRE JURIDIQUE & INSTITUTIONNEL DE LA GESTION DES DMA EN ALGERIE	128
5.2.1. Cadre juridique	128
5.2.2. Cadre institutionnel	132
5.3. L'ELIMINATION DES DMA EN ALGERIE	135
5.3.1. L'élimination des déchets au sens de loi 01-19	136
5.3.2. Le Programme National de Gestion des Déchets Ménagers et Assimilés (PROGDEM) : une nouvelle approche de l'élimination des déchets	136
5.3.3. Analyse rétrospective de l'élimination dans la politique environnementale nationale	138
5.4. LA VALORISATION DES DMA EN ALGERIE	139
5.4.1. Impact de la responsabilité élargie du producteur sur la promotion de la valorisation des déchets :	140
5.4.2. Le compostage	142
5.4.3. Le recyclage	143
5.5. APERÇU GENERAL SUR LES CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE EN ALGERIE	146
5.5.1. Acteurs intervenant dans le fonctionnement des CET	147
5.5.2. Quantité des DMA traités par enfouissement	148
5.5.3. Répartition géographique des CET en Algérie	149
5.5.4. Taux de saturation des CET en Algérie	150
5.5.5. Traitement des effluents	152

5.6. LES PREMICES DE CHANGEMENT POUR L'ELIMINATION DES DECHETS EN ALGERIE	153
5.6.1. Apport de la loi n°25-02modifiant et complétant la loi n° 01-19 à l'élimination des déchets	153
5.6.2. La SNGID 2035 : pour une circularité de la gestion des déchets en Algérie.	155
5.6.3. Les objectifs fondamentaux de la SNGID2035	156
5.6.4. Les axes stratégiques de la SNGID 2035	156
5.6.5. L'enfouissement technique des DMA dans (SNGID) 2035 : vers un nouveau modèle de monitoring des CET	157
Conclusion	165
CHAPITRE VI : LA GESTION DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES A CONSTANTINE	
Introduction	167
6.1. PRESENTATION SUCCINCTE DE LA WILAYA DE CONSTANTINE	168
6.1.1. Situation administrative	168
6.1.2. Découpage administratif de la wilaya	169
6.1.3. Classement des communes selon le taux d'urbanité	170
6.1.4. Caractéristiques du relief	171
6.1.5. Utilisation et Couverture des sols	171
6.1.6. Climat	173
6.1.7. Précipitations	174
6.1.8. Température	174
6.1.9. Humidité	175
6.1.10. Population	176
6.1.11. La densité démographique à travers les communes de la wilaya	178
6.2 .LES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES A CONSTANTINE	179
6.2.1. Quantité produite des DMA	179
6.2.2. Caractéristiques des DMA	181
6.3. LA GESTION DES DMA A CONSTANTINE	183
6.3.1. La collecte et le transport des déchets solides à Constantine	183
6.3.2. Le traitement des DMA à Constantine	188
6.3.3. La valorisation des déchets solides à Constantine	193
6.4. RENFORCEMENT DU SECTEUR DE LA GESTION DES DECHETS SOLIDES A CONSTANTINE: LE PROJET PILOTE « GESTION INTEGREE DES DECHETS AU NIVEAU LOCAL AIM-WELL»	203
Conclusion	207
CHAPITRE VII : EVALUATION DE LA PRATIQUE DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DMA A CONSTANTINE	
Introduction	210
7.1. INVENTAIRE DES CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUES DES DMA A CONSTANTINE	211
7.2. LA GESTION DES CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DE LA WILAYA DE CONSTANTINE	211
7.3. LE CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE « DOGHRA » A ZIGHOUD YUCEF	212
7.3.1. Communes à desservir	213
7.3.2. Composantes du CET « Doghra »	213
7.3.3. Caractéristiques générales du site	214
7.3.4. L'accessibilité au site du CET	216

7.3.5. Les caractéristiques géotechniques	217
7.3.6. Le casier d'enfouissement	217
7.3.7. La gestion des effluents	218
7.3.8. Déficiences et problèmes	219
7.4. LE CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE « BOUGHAREB A IBN BADIS (EL HARIA)	220
7.4.1. Le cycle de vie du CET « Boughareb »	220
7.4.2. La Grille d'analyse	223
7.4.3. Evaluation de la conception du Centre d'Enfouissement Technique « Boughareb »	225
7.4.4. Evaluation de l'exploitation du Centre d'Enfouissement Technique « Boughareb »	238
7.5. EVALUATION DE LA PRATIQUE DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE A LA WILAYA DE CONSTANTINE (ANALYSE SWOT)	249
7.5.1. Les Forces (Strength)	250
7.5.2. Les Faiblesses (Weakness)	251
7.5.3. Les opportunités (Opportunities)	252
7.5.4. Les Menaces (Threats)	253
7.6. DEFAILLANCES DE LA PRATIQUE DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DMA A CONSTANTINE	253
7.6.1. Inexistence d'infrastructures d'enfouissement technique opérationnelles	254
7.6.2. Pertes économiques	254
7.6.3. Inadaptabilité du plan de gestion et de traitement des DMA	254
7.6.4. Déficit en ressources financières et techniques	254
7.6.5. Difficultés liées au relief accidenté	255
7.6.6. Rareté du foncier	255
7.6.7. Opposition de la population	255
7.6.8. Risques de contamination	255
7.6.9. Non-conformité avec les objectifs du développement durable	256
Conclusion	257
CHAPITRE VIII : LES PERSPECTIVES DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DMA	
Introduction	259
8.1. LES PERSPECTIVES DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE EN ALGERIE	260
8.1.1. Pourquoi l'analyse PESTEL ?	260
8.1.2. Définition & historique	260
8.1.3. Evaluation du macro-environnement de l'enfouissement technique des déchets à Constantine « la matrice PESTEL »	262
8.2. LES PERSPECTIVES DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DMA A CONSTANTINE	268
8.2.1. Choix de la période	268
8.2.2. Scénario 1 : Maintien de l'enfouissement comme solution principale	269
8.2.3. Scénario2 : Développement de la valorisation des déchets « scénario SNGID »	274
8.2.4. Scénario 3 : Projet AIM-WELL	277
8.2.5. Estimation temporelle du déficit foncier : Comparaison des scénarios	280
8.2.6. Synthèse comparative des scénarios	281
8.3. RECOMMANDATIONS STRATEGIQUES POUR UNE ELIMINATION PERENNE DES DMA	284

8.3.1. Démarche méthodique	284
8.3.2. Croisement des différents résultats obtenus	285
8.3.3. Actions et Recommandations	288
8.3.4. Priorisation des Actions	291
Conclusion	293
CHAPITRE IX: CONCLUSION GENERALE	295
CHAPITRE X : BIBLIOGRAPHIE	300
ANNEXES	
Annexe A : Article 1	314
Annexe B : Article 2	325

LISTE DES FIGURES

	Figure	Page
01	Figure n°01.01 : Approche Méthodologique de la recherche	8
02	Figure n°02.01 : Évolution Chronologique de la gestion des déchets.	20
03	Figure n°02.02 : les étapes de la gestion intégrée des déchets	22
04	Figure n°02.03 : la hiérarchie de la gestion des déchets	23
05	Figure n°02.04 : Les dimensions de la gestion durables des déchets	29
06	Figure n°02.05 : Les objectifs du développement durable (ODD)	33
07	Figure n°02.06 : Les quatre piliers de l'Agenda 2030	34
08	Figure n°02.07: les principaux domaines de l'économie circulaire.	42
09	Figure n°02.08 : les piliers de fonctionnement de l'économie circulaire	44
10	Figure n°03.01 : Répartition Mondiale des modes de traitement et d'élimination des déchets solides	51
11	Figure n°03.02 : les formes d'enfouissement des déchets solides	56
12	Figure n°03.03: Classification des Centres d'enfouissement technique en Algérie	60
13	Figure n°03.04: Que se passe-t-il dans un casier d'un centre d'enfouissement technique des déchets ?	61
14	Figure n°03.05: Coupe schématique d'un CET typique	62
15	Figure n°03.06 : Processus d'identification des besoins en enfouissement technique des DMA	64
16	Figure n°03.07 : Etapes du choix du site d'un CET	66
17	Figure n°03.08 : Composition du dispositif d'étanchéité active du bas du casier	70
18	Figure n°03.09: Les impacts d'une mauvaise gestion des lixiviats	71
19	Figure n°03.10 : les éléments du système de gestion des lixiviats	72
20	Figure n°03.11: Ensemble des matériaux composant le système de drainage des lixiviats dans un CET	73
21	Figure n°03.12 : les composantes des biogaz dans le CET	77
22	Figure n°03.13: Composition & objectifs de la couche de couverture finale	83
23	Figure n°04.01 : Démarche du Benchmarking	92
24	Figure n°04.02 : l'usine de traitement mécano-biologique (TMB) de Hanovre, Allemagne	97
25	Figure n°04.03 : Organigramme du processus de l'installation de traitement mécanique des déchets	98
26	Figure n°04.04 : Organigramme de l'installation de traitement biologique des déchets	99
27	Figure n°04.05 : Bilan massique de l'usine de TMB de Hanovre	100
28	Figure n°04.06: Le lieu d'enfouissement technique (LET) de Sainte-Sophie, Canada.	104
29	Figure n°04.07: Les quantités de déchets enfouis entre 2012 et 2019	105
30	Figure n°04.08 : localisation du projet d'agrandissement du LET de Sainte-Sophie.	106
31	Figure n°04.09: le Centre d'enfouissement et de valorisation (CEV) d'Oum Azza	110
32	Figure n°04.10: Plateforme du projet de valorisation des déchets verts	111
33	Figure n°04.11: Plateforme du projet de valorisation des déchets verts	112
34	Figure n°05.01 : L'évolution de la population vs l'évolution des DMA à l'horizon 2035 en Algérie	127
35	Figure n°05.02 : Evolution de la composition des DMA en Algérie (entre	128

	2010 & 2018)	
36	Figure n°05.03 : les décrets d'application de la loi01-09	131
37	Figure n°05.04 : Architecture du cadre institutionnel national de la gestion des Déchets	132
38	Figure n°05.05 : Fonctionnement du système Eco-Jem	141
39	Figure n°05.06 : Evolution du taux de recyclage en Algérie	144
40	Figure n°05.07 : Le taux de valorisation de matériau composant les DMA en Algérie	144
41	Figure n°05.08 : Perspectives d'évolution de la fraction recyclable en Algérie.	145
42	Figure n°05.09 : Répartition des dépenses d'investissement durant la période 2002-2016	147
43	Figure n°05.10 : Les acteurs intervenant dans le cycle de vie d'un CET	148
44	Figure n°05.11 : Evolution des quantités de DMA et de leurs installations de traitement	149
45	Figure n°05.12 : Répartition géographique des CET en Algérie	150
46	Figure n°05.13 : Taux de saturation au niveau national des CET & DC	151
47	Figure n°05.14 : Localisation des stations de traitement des lixiviats au niveau national	152
48	Figure n°05.15 : Résultats du diagnostic des CET	159
49	Figure n°05.16 : Etapes de mise au point de scénarii de monitoring des CET	161
50	Figure n°06.01 : Situation de la wilaya de Constantine& son découpage administratif	168
51	Figure n°06.02 : Répartition des communes selon le taux d'urbanité	170
52	Figure n°06.03 : Evolution de l'occupation du territoire de la wilaya de Constantine (1987-2015)	172
53	Figure n°06.04 : les précipitations à Constantine (2018-2022)	174
54	Figure n°06.05 : les températures à Constantine (2018-2022)	175
55	Figure n°06.06 : les valeurs de l'humidité à Constantine (2018-2022)	176
56	Figure n°06.07 : Concentration de la population de la wilaya de Constantine par commune 2020	177
57	Figure n°06.08 : Evolution démographique des communes de la wilaya de Constantine	178
58	Figure n°06.09 : Densité de la population par commune de la wilaya de Constantine (Hab/Km ²)	179
59	Figure n°06.10 : Quantité des déchets de la wilaya de Constantine par commune (2020)	180
60	Figure n°06.11 : Le taux annuel de production des déchets par commune et par habitant (2020).	181
61	Figure n°06.12 : la composition des DMA de la wilaya de Constantine	182
62	Figure n°06.13 : Comparaison entre la composition des DMA à Constantine & au niveau national	182
63	Figure n°06.14 : carte de situation de la station de transfert du 13 km. Aine Smara	185
64	Figure n°06.15 : La station de transfert des DMA à Ain Smara. Constantine	186
65	Figure n°06.16 : Incendie de la station de transfert des DMA à Ain Smara	187
66	Figure n°06.17 : Evolution du traitement des DMAs au niveau de la wilaya de Constantine	189
67	Figure n°06.18 : Répartition des CET classe II sur le territoire de la wilaya	192

	de Constantine	
68	Figure n°06.19: Situation des déchetteries de la wilaya de Constantine.	194
69	Figure n°06.20: la déchetterie Hadj Baba du 13ème Km à Ain Smara	195
70	Figure n°06.21 : les BAV semi-enterrées	199
71	Figure n°06.22 : les BAV aériennes	200
72	Figure n°06.23 : Programmation et coûts des investissements dans le compostage	201
73	Figure n°06.24 : Les moyens matériels de l'unité mobile de compostage	202
74	Figure n°06.25 : Les cibles du projet pilote « Gestion Intégrée des déchets au niveau local » à Constantine	203
75	Figure n°06.26 : les étapes du projet de Gestion Intégrée des déchets au niveau local à Constantine	204
76	Figure n°06.27 : schéma synoptique de fonctionnement des installations de tri et valorisation du Projet	206
77	Figure n°07.01 : les installations gérées par l'EPWG-CET	212
78	Figure n°07.02 : Situation du CET « Doghra »	213
79	Figure n°07.03 : Composantes du CET de Doghra	214
80	Figure n°07.04 : Situation du CET Doghra au milieu de terres agricoles	215
81	Figure n°07.05 : le CET de Doghra dans son environnement immédiat	216
82	Figure n°07.06 : la voie d'accès au CET de Doghra	217
83	Figure n° 07.07: Effondrement partiel du casier.	218
84	Figure n°07.08 : Rupture de l'étanchéité du bassin de rétention du lixiviat.	219
85	Figure n°07.09 : Cycle de vie du CET de Boughareb	222
86	Figure n°07.10 : Situation du CET « Boughareb »	226
87	Figure n°07.11 : Etat de la clôture du CET de « Boughareb »	230
88	Figure n°07.12 : Etat général des voies de circulation interne au CET de « Boughareb »	232
89	Figure n°07.13: l'éclairage du CET de Boughareb	232
90	Figure n°07.14 : Le bâtiment administratif	233
91	Figure n°07.15 : Exploitation et fermeture du casier n°01.	234
92	Figure n°07.16 : La présence des lixiviats en bas du casier fermé	235
93	Figure n°07.17 : Etat des caniveaux de drainage des eaux à l'intérieur de CET « Boughareb »	236
94	Figure n°07.18 : Stockage du plastique récupéré dans le CET « Boughareb	237
95	Figure n°07.19 : Ecran végétal discontinu pour embellir l'entrée du CET	238
96	Figure n°07.20 : Accès au CET de « Boughareb »	238
97	Figure n°07.21 : Poste de contrôle	239
98	Figure n°07.22 : Loge d'admission et système de pesage du CET d'Ibn Badis	240
99	Figure n°07.23: Quantité des DMA enfouis CET de Boughareb (2010-2015)	241
100	Figure n°07.24 : Quantité des DMA admise au CET de Boughareb après la saturation (2016- 2019)	242
101	Figure n°07.25 : Synoptique du système de traitement des lixiviats au niveau du CET de Boughareb	244
102	Figure n°07.26 : Coupe verticale sur une lagune	245
103	Figure n°07.27 : problèmes de gestion des lixiviat aux CET de Boughareb.	246
104	Figure n°07.28 : la matrice SWOT	250
105	Figure n°08.01 : l'analyse PESTEL et ses variables	261
106	Figure n°08.02 : les étapes de l'analyse PESTEL	263

107	Figure n°08.03 : Radar PESTEL du macro-environnement de l'enfouissement technique en Algérie.	264
108	Figure n°08.04 : Evolution de la quantité des DMA de la wilaya de Constantine	269
109	Figure n° 08.05: Scénario de référence	270
110	Figure n°08.06 : Scénario Réf . de l'évolution des quantités de DMA produites vs à enfouir dans la W. Constantine	271
111	Figure n° 08.07 : Evolution de la surface terrestre requise pour l'enfouissement sous le scénario de référence (2024-2035)	272
112	Figure n°08.08 : Comparaison de la surface requise pour l'enfouissement par rapport à la surface disponible (Sc. Réf) pour la période (2024-2035)	273
113	Figure n°08.09 : Scénario « SNGID » de l'évolution des quantités de DMA produites vs les quantités à enfouir dans la W. Constantine (2024-2035)	275
114	Figure n°08.10 : Evolution de la surface terrestre requise pour l'enfouissement sous le scénario SNGID pour la période (2024-2035)	276
115	Figure n°08.11 : Comparaison de la surface requise pour l'enfouissement par rapport à la surface disponible (Sc. SNGID) pour la période (2024-2035)	277
116	Figure n°08.12 : Scénario « AIM WELL » de l'évolution des quantités de DMA produites vs les quantités à enfouir dans la W. Constantine (2024-2035)	278
117	Figure n°08.13: Evolution de la surface terrestre requise pour l'enfouissement sous le scénario AIM WELL pour la période (2024-2035)	279
118	Figure n°08.14 : Comparaison de la surface requise pour l'enfouissement par rapport à la surface disponible (Sc. AIM WELL) pour la période (2024-2035)	279
119	Figure n°08.15 : Estimation temporelle du déficit foncier pour les trois scénarios	281
120	Figure n°08. 16: Démarche méthodologique pour une corrélation SWOT, PESTEL et ODD	284
121	Figure n°08. 17: Croisements SWOT/PESTEL/ODD	285
122	Figure n°08.18 : Hiérarchisation des actions clés	291

LISTE DES TABLEAUX

	Tableau	Page
01	Tableau n°02.01 : les 17 Objectifs de Développement durable (ODD)	35
02	Tableau n°02.02 : Synergies des ODD avec la gestion des déchets	39
03	Tableau n°03.01 : Comparaison entre les différents modes de mise en décharge des déchets solides	52
04	Tableau n°03.02 : Caractéristiques des tuyaux de drainage des lixiviats	72
05	Tableau n°03.03 : Les critères de choix du type de traitement/élimination des lixiviats	75
06	Tableau n°03.04 : Caractéristiques des équipements les plus utilisés dans les CET	79
07	Tableau n°04.01 : Paramètres du choix des retours d'expérience	93
08	Tableau n°04.02 : Comparaison par rapport aux technologies et processus employés.	114
09	Tableau n°04.03: Comparaison par rapport à l'impact environnemental.	115
10	Tableau n°04.04 : Comparaison par rapport à l'aspect économique.	117
11	Tableau n°04.05 : Comparaison par rapport à la conformité environnementale.	118
12	Tableau n°04.06 : Comparaison par rapport aux enjeux sociaux.	120
13	Tableau n°05.01 : Indicateurs d'évaluation de la gestion intégrée des déchets	158
14	Tableau n°05.02 : Scénario n°01 « Référentiel » (2017-2035)	162
15	Tableau n°05.03 : Scénario n°02 (2017-2035)	162
16	Tableau n°05.04 : Scénario n°03 (2017-2035)	163
17	Tableau n°05.05 : Scénario n°04 (2017-2035)	164
18	Tableau n°06.01 : Superficies des communes de la wilaya de Constantine	169
19	Tableau n°06.02 : Organisme de la collecte/transport des DMA de la wilaya de Constantine	183
20	Tableau n°06.03 : Moyens humains et matériels de la station de transfert du 13 Km à Constantine	187
21	Tableau n°06.04 : Les bénéfices réalisés au niveau de la station de transfert du 13ème Km	188
22	Tableau n°06.05 : Répartition des décharges sur les communes de la wilaya de Constantine	190
23	Tableau n°06.06 : Les bénéfices économiques réalisés au niveau de la déchetterie 13Km	196
24	Tableau n°06.07 : la répartition du budget total du Projet de renforcement du dispositif de collecte des déchets et nettoyage de Constantine)	198
25	Tableau n°07.01 : Les CET classe II de la wilaya de Constantine	211
26	Tableau n°07.02 : Les critères d'évaluation de la conception du CET « Boughareb »	223
27	Tableau n°07.03 : Les critères d'évaluation de l'exploitation du CET « Boughareb »	224
28	Tableau n°07.04: Répartition de la superficie communale d'Ibn Badis par classes de pentes	226
29	Tableau n°07.05: Avantage et inconvénient des CET de Boughareb	228
30	Tableau n°07.06 : Evaluation de la clôture	230
31	Tableau n°07.07 : Caractéristiques du casier n°1	234
32	Tableau n°07.08 : Moyens humains & matériels du CET de Boughareb.	247
33	Tableau n°08. 01 : Comparaison entre les surfaces requises pour l'enfouissement sous les trois scénarios	280
34	Tableau n°08.02 : Synthèse comparative des scénarios : Réf. SNGID, AIM-	282

	WELL	
35	Tableau n°08.03 : Résultats du croisement des analyses SWOT / PESTEL	286
36	Tableau n°08.04 : Résultats du croisement des analyses SWOT / ODD	287
37	Tableau n°08.05 : Résultats du croisement des analyses ODD / PESTEL	287

LISTE DES ABREVIATIONS

3R	Réduire, Réutiliser, Recycler
5P	Planète, Population, Prospérité, Partenariats et Paix,
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AGID	Programme d'Appui à la Gestion Intégrée des Déchets
AL	Aluminium
ALECSO	<i>Arab League Educational cultural Scientific Organization</i>
AND	Agence Nationale des Déchets
ANDI	Agence Nationale de Développement de l'Investissement
APC	Assemblée Populaire Communale
APW	Assemblée Populaire de Wilaya
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
BAV	Bornes d'Apport Volontaire
CAB	Caisse d'assurance et de prévoyance sociale (CAB).
CCA	Capitale de la Culture Arabe
CCME	<i>Canadian Council of Ministers of the Environment</i>
CE	Conseil Européen
CEGEP	Centre d'Etude et de Gestion de Projets
CEPA	<i>Canadian Environment Protection Agency</i>
CET	Centre D'enfouissement Technique
CEV	Centres d'Enfouissement et de Valorisation
CH4	Méthane (hydrure de méthyle)
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CMED	Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement
CNESE	Conseil National Économique Social et Environnemental
CNFE	Conservatoire National des Formations à l'Environnement
CO	Monoxyde de carbone
COVID19	<i>Coronavirus disease 2019</i>
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
CSD	Centre de Stockage des Déchets
DA	Dinar Algérien
DAE	Directions de l'Assainissement et de l'Environnement
DB	Décharge Brute
DC	Décharge Contrôlée
DD	Développement Durable
DEW	Direction de l'Environnement de Wilaya
DEWC	Direction de l'Environnement de la Wilaya de Constantine
DMA	Déchets Ménagers et Assimilés
DS	Décharge Sauvage
DS	Déchets Solides
ECCC	<i>Environment and Climate Change Canada</i>
ECO-JEM	Système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages
EDD	Etude De Danger
EGUCDM	Etablissement public pour l'aménagement urbain de la Commune Didouche Mourad.
EGUMB	Etablissement public pour l'aménagement urbain Commune Messaoud Boudjeriou.
EGUVAM	Etablissement public à caractère industriel et commercial de gestion urbaine de la ville d'Ali Mendjeli.
EIE	Etude d'Impact sur l'Environnement

END	Espace Nécessaire en Décharge
ENOR	Etablissement public de propreté de la Commune Ouled Rahmoune
EPA	<i>Environment Protection Agency</i>
EPAS	Etablissement public de propreté et de l'aménagement de la Commune Ain Smara.
EPCA	Etablissement public à caractère industriel et commercial d'assainissement de la commune du Khroub
EPCA-Ain Abid	Etablissement public pour l'aménagement de la Commune Ain Abid
EPCEE	Etablissement public pour l'aménagement de la Commune Beni Hmidene
EPCI	Etablissement public de propreté et de l'aménagement de la Commune Ibn Badis
EPCNEVZY	Etablissement public de propreté et de l'aménagement des espaces verts de zighoud youcef
EPIC	Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial
EPWG-CET	Etablissement Public de Gestion des Centres d'Enfouissement
CONSTANTINE	Technique de la Wilaya de Constantine.
FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial
FMA	Fond à Mouvement Alternatif
GES	Gaz à Effet de Serre
GID	Gestion Intégrée des Déchets
GIEC	Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
GUCIZ	Etablissement public pour l'aménagement urbain Commune Ibn Ziad.
GWh	Gigawattheure
H2	Dihydrogène
H2S	Sulfure d'Hydrogène
HA	Hectares
HAMMAVERTE	Etablissement public de maintenance et de propreté de la commune de Hamma Bouziane
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IRE	Inspections Régionales de l'Environnement
LET	Lieu d'Enfouissement Technique
LTPE	Laboratoire national des Travaux publics de l'Est
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques
ME	Ministère de l'Environnement
MEER	Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables
MEQV	Ministère de l'Environnement et de la Qualité de Vie
MF	Ministère des Finances
MG	Méga Watt
MI	Ministère de l'Intérieur
MICLAT	Ministère de l'Intérieur des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire
MOAN	Moyen-Orient et l'Afrique du Nord
MRC	Municipalité régionale de comté
MTH	Maladies A Transmission Hydrique
N2	Azote
N2O	Oxyde nitreux

NH3	Ammoniac (nitruire d'hydrogène)
NIMBY	<i>Not In My Back Yard</i>
NOX	Oxyde d'azote
NU	Nations Unies
O2	Dioxygene
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Economique
ODD	Objectif du Développement Durable
ONEDD	Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable
ONU	Organisation des Nations Unies
PAPSE	Programme d'Appui au Secteur de l'Environnement
PEHD	Poly Ethylene High Density
PESTEL	Politique, Économique, Socioculturel, Technologique, Écologique, Légal
PET	Polyéthylène Téréphtalate
PIB	Produit Intérieur Brut
PNAE-DD	Plan National d'Action pour l'Environnement et le Développement Durable
PNAGDES	Programme National de Gestion des Déchets Dangereux
PNDM	Programme National des Déchets Ménagers
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PROGDEM	Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Municipaux
PROP.CO	EPIC Propreté de la Commune de Constantine
PROPREC	EPIC de Propreté et de santé de la wilaya de Constantine.
R+1	Rez-de-chaussée et un étage entier
RDF	<i>Refuse Derived Fuel</i>
RDN	Rivière-du-Nord
REP	Responsabilité Elargie du Producteur
RNE	Rapports Nationaux sur l'état de l'Environnement
SAU	Surface Agricole Utile
SNDD	Stratégie Nationale de Développement Durable
SNE	Stratégie Nationale de l'Environnement
SNGID	Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Déchets
SOPTE	Société Polyvalente de Travaux & Environnement
SPA	Société Par action
STR	Surface Terrestre Requise
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities And Threats</i>
TDD	Taux de détournement des déchets
TEOM	Taxe d'Enlèvement des Ordures Ménagères
TMB	Traitement Mécano-Biologique
U.S.EPA	<i>United States Environment Protection Agency</i>
UE	Union Européenne
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
UNESCO	<i>United Nations Educational Scientific and Cultural Organization</i>
UN-HABITAT	<i>United Nations Habitat</i>
WC	Water Closet
ZAC	Zone d'Activité

RESUME

La gestion des déchets représente un défi mondial critique, exacerbé par l'urbanisation, la croissance démographique et le modèle de consommation linéaire. Les méthodes conventionnelles d'élimination, telles que l'enfouissement, sont insuffisantes et nuisent à l'environnement. Constantine, en Algérie, est un exemple de ces enjeux avec sa démographie, sa topographie complexe et ses infrastructures vieillissantes. La dépendance de la ville à l'enfouissement technique soulève des questions quant à sa compatibilité avec les normes locales et la transition vers une économie circulaire. La recherche vise d'une part à évaluer l'enfouissement technique des déchets ménagers dans le contexte spécifique de Constantine et de l'autre part à mettre en avant l'importance d'intégrer les paramètres contextuels dans le choix des méthodes d'élimination des déchets, afin d'optimiser leur adéquation aux spécificités locales, dans ce contexte une approche méthodologique mixte a été adoptée, elle est structurée autour d'une triangulation entre Benchmarking international, investigations contextualisée et modélisation prospective. La dimension comparative a permis de mettre en lumière des mécanismes transférables tels que la restriction de l'enfouissement aux résidus non valorisables et la formalisation des circuits informels de recyclage. Sur le plan local, le travail s'est appuyé sur un diagnostic multicritère du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Boughareb à Constantine, intégrant l'observation, la grille d'analyse et une analyse SWOT. Par ailleurs, des instruments prospectifs, dont une analyse PESTEL couplée à une modélisation prospective des pressions foncières, ont été mobilisés pour élaborer des trajectoires de transition écologique. Les résultats mettent en évidence un ensemble de dysfonctionnements majeurs dans le système actuel d'élimination des déchets à Constantine, il s'agit d'insuffisances conceptuelles et opérationnelles et une pression foncière croissante. Ces résultats soutiennent l'urgence d'une transition significative dans la gestion des déchets à Constantine en générale et dans le mode d'élimination des déchets en particulier. Effectivement, l'enfouissement technique, bien que solution immédiate, ne peut être envisagé dans le contexte de Constantine, seul un modèle hybride d'élimination basé sur l'intégration du recyclage, du compostage, de la valorisation énergétique et d'une contextualisation territoriale pourrait réduire l'empreinte écologique et prolonger la disponibilité foncière. Enfin, la recherche révèle des modèles de gestion adaptative, rompant avec les pratiques universalistes traditionnelles. Cette perspective renouvelle les stratégies décisionnelles, notamment pour l'élimination des déchets, en privilégiant l'adaptation au contexte plutôt que des solutions standardisées.

Mots clés : Constantine, Enfouissement technique, Evaluation, Contextualisation, Durabilité, Economie circulaire.

ABSTRACT

Waste management represents a critical global challenge, exacerbated by urbanization, population growth, and linear consumption models. Conventional disposal methods, such as landfilling, are inadequate and environmentally harmful. Taking Constantine (Algeria) as a model that faces these challenges due to its demographics, complex topography, and aging infrastructure. The city's reliance on engineered landfilling raises questions about its compatibility with local standards and the transition to a circular economy. This research aims, on one hand, to evaluate household waste landfilling in Constantine's specific context and, on the other, to emphasize the importance of integrating contextual parameters into waste disposal method selection to optimize alignment with local specificities. A mixed methodological approach was adopted, structured around a triangulation of international benchmarking, contextualized investigations, and prospective modeling. The comparative dimension highlighted transferable mechanisms, such as restricting landfilling to non-recoverable residues and formalizing informal recycling circuits. Locally, the study relied on a multicriteria diagnosis of the Boughareb Technical Landfill Center (CET) in Constantine, integrating observation, analytical frameworks, and a SWOT analysis. Prospective tools, including a PESTEL analysis coupled with land pressure modeling, were used to outline ecological transition pathways. Results reveal major dysfunctions in Constantine's current waste disposal system, including conceptual and operational shortcomings and increasing land pressure. These findings underscore the urgent need for systemic transition in waste management, particularly in disposal methods. While engineered landfilling offers an immediate solution, it is unsustainable in Constantine's case. Only a hybrid disposal model integrating recycling, composting, energy recovery, and territorial contextualization could reduce ecological footprints and extend land availability. Finally, the research uncovers adaptive management models, breaking from traditional universalist practices. This perspective redefines decision-making strategies for waste disposal, prioritizing context-specific adaptation over standardized solutions

Keys words: Constantine, Technical Landfill, Evaluation, Contextualization, Sustainability, Circular economy.

الملخص

تمثل إدارة النفايات أحد التحديات العالمية الحرجة، التي تفاقمت بسبب التمدن، النمو الديموغرافي، والنموذج الخطي للاستهلاك. وقد أظهرت الطرق التقليدية للتخلص من النفايات، مثل الردم التقني، قصورا واضحا وتأثيرات بيئية ضارة. وتعد مدينة قسنطينة في الجزائر نموذجا بارزا لهذه التحديات، نظرا لارتفاع كثافتها السكانية، وتعقيد تضاريسها، وتقدم بنيتها التحتية. كما أن اعتمادها على الردم التقني يطرح تساؤلات حول مدى توافقها مع المعايير المحلية، ومدى انتقالها نحو نموذج الاقتصاد الدائري.

هدفت هذه الدراسة من جهة إلى تقييم الردم التقني للنفايات المنزلية ضمن السياق الخاص بمدينة قسنطينة، ومن جهة أخرى إلى تسليط الضوء على أهمية دمج العوامل السياقية عند اختيار طرق التخلص من النفايات، وذلك بهدف تعزيز ملاءمتها للخصائص المحلية. وفي هذا الإطار تم الاعتماد على منهجية بحثية مختلطة، تجمع بين تكامل الثلاثية: المقارنة المعيارية العالمية، التحقيقات الميدانية السياقية، والنمذجة الاستشرافية. كما سلط البعد المقارن الضوء على الآليات القابلة للتحويل، كحصر الطمر في النفايات غير القابلة للاسترداد، وإضفاء الطابع الرسمي على دوائر إعادة التدوير غير الرسمية. أما على المستوى المحلي اعتمدنا على تشخيص متعدد المعايير لموقع الطمر التقني بوغارب في قسنطينة، من خلال الملاحظة، شبكات التحليل، تحليل نموذج (سووت ، النمذجة المستقبلية...)

كشفت النتائج عن وجود خلل جوهري في نظام إدارة النفايات الحالي في قسنطينة، يتمثل في ضعف التصميم الهيكلي والتشغيلي، والضغط المتزايد على الأراضي. لهذا تؤكد هذه النتائج الحاجة الملحة إلى إحداث تحول جذري في إدارة النفايات بشكل عام وطرق التخلص منها بشكل خاص، فعلى الرغم من أن الردم التقني هو حل آني إلا أنه لا يتماشى مع متطلبات الاستدامة وتقليل التأثير البيئي في قسنطينة، ولا يمكن أن تتحقق هذه الأخيرة إلا بالاعتماد على نموذج هجين للتخلص من النفايات، بدمج التدوير، التحويل إلى سماد، استرداد الطاقة، والتكيف مع الخصائص الإقليمية، مما يقلص البصمة البيئية ويُعزز توفر العقار

أخيراً، توصلنا من خلال دراستنا إلى إبراز نماذج للإدارة التكيفية، تعيد التعمق في استراتيجيات صنع القرار عموماً وفي التخلص من النفايات خصوصاً والتكيف مع السياق المحلي، بدلا من الممارسات التقليدية المعقدة والحلول الموحدة.

الكلمات المفتاحية: قسنطينة، الدفن التقني، التقييم، السياق، الاستدامة، الاقتصاد الدائري

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

La gestion des déchets, dont les premières traces remontent à la Mésopotamie antique (3 000 av. J.-C.) avec l'enfouissement des déchets hors des zones habitées (Melosi, 2005), est aujourd'hui un enjeu mondial majeur, étroitement lié à l'explosion démographique, à l'urbanisation accélérée et aux modes de consommation modernes. Selon la Banque Mondiale (2023), la population mondiale devrait atteindre 9 milliards d'ici 2050 (+25 % par rapport à 2020), tandis que la production de déchets solides municipaux pourrait bondir de 2,1 milliards de tonnes en 2023 à 3,8 milliards de tonnes en 2050, soit une hausse de 70 %. Ces projections soulignent l'urgence de solutions durables face à une crise croissante (PNUE, 2023).

L'enfouissement technique (*sanitary landfilling*) dans la littérature anglophone, méthode centrale dans les systèmes de gestion des déchets de nombreux pays, reste privilégié pour son coût abordable face à des alternatives comme l'incinération avec récupération d'énergie. Selon les données de la Banque Mondiale (2020), 37% des déchets municipaux mondiaux sont éliminés dans des décharges, un taux qui atteint 80% dans les pays à faible revenu, cette pratique demeure une solution majeure, notamment dans les contextes économiquement contraints (pays en développement).

Il est vrai que l'enfouissement technique, conçu pour isoler les déchets dans des sites sécurisés (confinement géotechnique, collecte des lixiviats, captage du biogaz), se positionne comme une alternative moins nocive aux décharges sauvages ou aux pratiques historiques polluantes. Il a émergé en réaction aux crises sanitaires du XX^e siècle, comme celle de la décharge de Love Canal aux États-Unis (années 1970), qui a motivé des lois strictes (ex. Resource Conservation and Recovery Act, 1976) ou la directive européenne 1999/31/CE. Cependant, comme le note l'historien Martin Melosi (2005), ces réglementations ont souvent été adoptées tardivement, après des décennies de négligence ayant contaminé sols et eaux.

Quoiqu'il réduise les risques environnementaux par rapport aux décharges non contrôlées, l'enfouissement technique ne les supprime pas totalement, à vrai dire même les centres d'enfouissement les mieux conçus présentent des risques persistants ; la dégradation des géo-membranes (utilisées pour isoler les déchets) peut provoquer, à long terme, des fuites de lixiviats toxiques vers les nappes phréatiques, sur ce point une étude de Maalouf et al. (2019) révèle que 20 % des sites d'enfouissement aux États-Unis ont subi

d'importantes fuites après 30 ans d'utilisation. Par ailleurs, les émissions de méthane (CH_4), un gaz 25 fois plus réchauffant que le CO_2 , restent problématiques : malgré les systèmes de captage, les décharges génèrent 11 % des émissions mondiales de méthane d'origine humaine (EPA, 2021). Ces limites soulignent l'insuffisance des solutions actuelles face aux enjeux environnementaux. L'enfouissement technique est également critiqué pour son approche de « dilution des déchets », qualifiée par l'économiste Paul Connett (2013) de report des conséquences environnementales sur les générations futures. Une critique renforcée par l'anthropologue Josh Lepawsky (2018), qui y voit une « externalisation des coûts écologiques » vers des territoires marginalisés ou des époques à venir.

Considéré désormais comme une solution transitoire, il se trouve que la pratique de l'enfouissement technique des déchets doit laisser place à l'économie circulaire, comme l'illustre le plan de l'Union européenne (2020) visant à réduire de 50 % l'enfouissement des déchets municipaux d'ici 2030. D'autant plus que les innovations (méthanisation, bioréacteurs) atténuent partiellement ses impacts négatifs, mais ne résolvent pas son paradoxe : « nécessaire face aux crises sanitaires historiques, il reste inadapté à l'urgence climatique et aux inégalités structurelles ». Avec plus de 2 milliards de tonnes de déchets municipaux générés annuellement au niveau mondial (Banque Mondiale, 2023), repenser l'enfouissement exige de transformer les déchets en ressources, dans une logique circulaire et holistique. Cette transition, loin d'être un choix, s'impose comme une urgence pour l'humanité dans un monde aux ressources limitées.

L'Algérie a lancé au début des années 2000, une réforme ambitieuse de sa gestion des déchets avec des outils stratégiques, dont le Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Municipaux (PROGDEM) initié en 2001. Ce programme vise à moderniser la collecte, le contrôle et l'élimination des déchets ménagers, grâce à sa mise en œuvre, plus de 2 000 décharges sauvages ont été fermées, parmi elles, 20 décharges majeures ont été ciblées, dont celle d'Oued Smar à Alger – la plus vaste et ancienne du pays –, qui s'étendait sur 40 hectares et stockait 23 millions de tonnes de déchets a été réhabilitée en jardin public (MEER, 2023).

Toujours suite à la mise en application du PROGDEM, mais cette fois en terme de traitement des déchets ménagers et assimilés (DMA); 191 installations ont été mises en place, comprenant 101 Centres d'Enfouissement Technique (CET) et 90 décharges contrôlées (DC), en plus de 22 centres de tri et 36 stations de traitement des lixiviats. En

2020, selon l'Agence Nationale des Déchets, la quantité des déchets ménagers et assimilés (DMA), a été estimée à 13,5 millions de tonnes et devraient dépasser 20 millions de tonnes d'ici 2035, en lien avec une population atteignant 50 millions d'habitants et un développement économique accru. Actuellement, 40 % de ces déchets sont enfouis dans des CET, tandis que 60 % finissent dans des décharges sauvages (CNESE, 2021). L'activité de valorisation quant à elle, représente 9,83 % seulement des DMA, malgré un potentiel de 80 %, ce qui souligne une marge importante pour le recyclage, la réutilisation ou la valorisation énergétique, selon les projections du (CNESE, 2024).

L'augmentation des volumes de déchets dans les grandes agglomérations du Nord de l'Algérie accentue la saturation rapide des Centres d'Enfouissement Technique (CET), alors que les sites disponibles pour en créer de nouveaux se raréfient. Bien que le nombre total d'installations de traitement (CET et Décharges Contrôlées – DC) ait légèrement augmenté (228 en 2022 contre 226 en 2021), le taux de saturation des casiers dans les décharges (CET classe II et DC) considéré comme un indicateur clé de la durabilité des installations de traitement des déchets, a augmenté. En effet en 2021, 20 CET classe II et 18 DC avaient atteint leur capacité maximale, ce nombre a bondi en 2022 à 31 CET classe II, tandis que les DC sont passés à 16. Cette hausse révèle une pression accrue sur les CET classe II, nécessitant une planification stratégique pour renforcer leur efficacité et durabilité (CNESE, 2024).

En réponse à cette situation, la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Déchets 2035 (SNGID), adoptée en 2018, fixe des objectifs clairs : réduire de 10 % les déchets ménagers et de 5 % les autres déchets, instaurer progressivement le tri sélectif, diminuer de 40 % l'enfouissement technique, appliquer le principe du pollueur-payeur, et encourager les partenariats public-privé via des mécanismes incitatifs (AND, 2021).

2.2. PROBLEMATIQUE

C'est dans un contexte mondial marqué par des préoccupations croissantes liées à la gestion durable des déchets, à la réduction de l'impact environnemental et à la préservation des ressources, que la question de l'efficacité et de la pertinence des méthodes d'élimination des déchets ménagers et assimilés (DMA) se pose avec acuité. En Algérie, et plus spécifiquement dans la wilaya de Constantine, l'enfouissement technique des déchets reste la solution la plus largement adoptée pour l'élimination des DMA.

D'après l'annuaire statistique de la wilaya de Constantine, en 2020 la wilaya de

Constantine compte environ 1 310 952 habitants, durant cette même année la quantité des déchets produite est estimée à 460 285 tonnes soit une production journalière de 1 261 tonnes/jour, par ailleurs, l'analyse de la composition des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) dans la wilaya de Constantine, révèle une prédominance significative de la matière organique (53,5 % de la production totale de DMA), les matières valorisables représentent quant à elles 38,15 % de la composition des DMA (AND, 2018). Cette composition souligne à la fois l'importance de la fraction biodégradable dans la production globale de déchets et la présence notable de matériaux faiblement valorisés, elle met en évidence les défis spécifiques liés à l'optimisation des stratégies d'élimination et de valorisation des DMA, nécessitant une gestion adaptée pour réduire l'impact environnemental et améliorer l'efficacité du système de traitement des déchets.

La gestion de ces quantités colossales de déchets, fait face à des défis liés à l'urbanisation croissante, à la densité démographique élevée et aux infrastructures limitées. Comme ailleurs en Algérie, cette gestion s'appuyait sur des méthodes traditionnelles telles que la collecte, le transport et l'élimination dans les décharges communales, mais c'est dans le cadre de la mise en œuvre du Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Municipaux (PROGDEM) et du schéma communal de gestion des déchets élaboré en 2006 pour les communes du groupement de Constantine, que la Direction de l'Environnement de la wilaya de Constantine (DEW) a entrepris la planification et le financement de la construction de deux (02) centres d'enfouissement technique de classe II dans le but de répondre aux besoins en matière de traitement et d'élimination des déchets, ceci malgré que les centres d'enfouissement technique constituent des infrastructures à forte emprise foncière, notamment dans les cas où les déchets ne sont pas valorisés.

Comme le souligne Giusti (2009), ces installations peuvent occuper une superficie allant de 10 à 50 hectares. Cette contrainte spatiale revêt une importance particulière pour Constantine, où la rareté du foncier et l'augmentation des besoins en espace intensifient les défis d'une gestion durable des déchets.

En 2010 Constantine s'est vue dotée de son premier centre d'enfouissement technique classe II « CET Boughareb » situé dans la commune de Ibn Badis qui s'éloigne de 40Km de la ville de Constantine et qui desservait six communes (El Khroub, Ain Smara, Constantine, Ouled Rahmoune, Ibn Badis et Ain Abid), en 2015 le deuxième CET a été construit « CET Doghra » qui se situe au niveau de la commune de Zighoud Youcef au Nord de Constantin en conçu pour traiter les déchets provenant de quatre communes

(Zighoud Youcef, Didouche Mourad, Beni H'midene et Hamma Bouziane).

Bien que le site de Zighoud Youcef soit équipé mais il n'a jamais été mis en service en raison du refus de la population ajouté à des problèmes techniques. Parallèlement, le CET d'Ibn Badis, est également hors service à cause de la saturation prématurée du premier casier, des insuffisances dans la gestion des effluents liquides et gazeux qu'il génère et une opposition marquée des populations avoisinantes. Cette situation a conduit à une impasse dans la gestion des déchets, entraînant une crise environnementale et sanitaire similaire à celle qui avait initialement motivé la construction de ces infrastructures, ce qui a incité les autorités locales à exploiter les décharges publiques existantes ou à rouvrir d'anciennes décharges comme celle située à la sortie ouest de la ville d'Ain Smara, de ce fait les décharges actuellement en exploitation sont soumises à une pression accrue en raison de la fermeture des deux CET.

- Question 1 : Sur le plan théorique, le centre d'enfouissement technique des déchets est une installation classée pour la protection de l'environnement dont la conception et l'exploitation constituent des paramètres fondamentaux pour la réduction des risques environnementaux et sanitaires inhérents aux processus d'élimination des déchets. **Dans ce sens, il convient de s'interroger si l'enfouissement technique tel qu'il est pratiqué à Constantine est compatible avec les principes techniques de conception, d'exploitation ainsi que le contexte ?**

- Question 2 : Par ailleurs, le choix d'une méthode d'élimination des déchets, telles que l'enfouissement technique, devrait émerger non seulement des directives nationales mais aussi des réalités territoriales et échapper des modèles standardisés. **Dans cette perspective, il est nécessaire de s'interroger comment l'enfouissement technique à Constantine peut-il évoluer vers un modèle d'élimination circulaire, durable et de s'adapter aux contraintes foncières locales ?**

2.3. HYPOTHESES DE LA RECHERCHE

- Hypothèse 1 :

L'enfouissement technique à Constantine, solution immédiate mais déficiente dans sa conception et son exploitation, conduit à une élimination des déchets nuisible à l'environnement, à la santé publique et incompatible avec le contexte local

- Hypothèse 2 :

L'instauration d'un système hybride et contextualisé d'élimination des déchets, permettrait de transformer l'enfouissement technique à Constantine en un modèle optimisé visant une meilleure utilisation des ressources, une réduction de l'impact écologique et une adaptation aux contraintes foncières locales.

2.4. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE:

A travers ce présent travail de recherche on vise à atteindre une série d'objectifs, qu'on peut classer selon leur importance et leur apport en objectif principal et d'autres secondaires.

➤ L'objectif principal de cette étude est de mettre en lumière l'importance d'intégrer les paramètres contextuels dans le choix des méthodes d'élimination des déchets, afin d'optimiser leur adéquation aux spécificités territoriales et aux enjeux locaux.

A cet objectif s'ajoute une série d'objectifs de rang secondaire, il s'agit de :

➤ Mettre en exergue l'efficacité opérationnelle de la pratique de l'enfouissement technique à Constantine, en examinant la conception des centres d'enfouissement technique et leur fonctionnement.

➤ Mettre en lumière l'intérêt de l'analyse prospective pour une prise de décision stratégique, en effet, cette démarche leur permet de proposer des solutions qui tiennent compte des réalités locales, favorisant ainsi l'adoption de mesures adaptées et efficaces contribuant ainsi à une transition vers des pratiques plus résilientes, alignées sur les principes de DD et de l'économie circulaire.

➤ Proposer des recommandations opérationnelles qui visent à maximiser l'efficacité de la gestion des déchets en général et l'élimination en particulier dans la ville de Constantine. Ces propositions, fondées sur une analyse contextuelle, ont pour objectif de concilier les impératifs écologiques, techniques et socio-économiques propres au territoire étudié.

2.5. METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE :

Dans le cadre de la recherche sur l'évaluation de l'enfouissement technique des déchets dans le contexte spécifique de la wilaya de Constantine et afin de répondre aux interrogations et aux objectifs définis par cette recherche, une méthodologie mixte, intégrant à la fois des dimensions quantitatives et qualitatives, a été mobilisée. Cette approche hybride, articulée de manière complémentaire, permet d'appréhender l'enfouissement technique dans notre terrain étude sous un angle à la fois rétrospectif,

critique et prospectif, son originalité réside dans sa capacité à générer des résultats d'une part « mesurables », offrant une assise statistique rigoureuse et fiable, et de l'autre part « contextualisés », enrichis par des données interprétatives issues de l'analyse des observations de notre terrain d'étude.

Cette démarche méthodique se déploie à travers trois étapes fondamentales, faisant appel à différents techniques, instruments et méthodes il s'agit de : l'observation, la grille d'analyse, la simulation, l'analyse SWOT¹ et l'analyse PESTEL², elle est illustrée dans la figure ci-dessous.

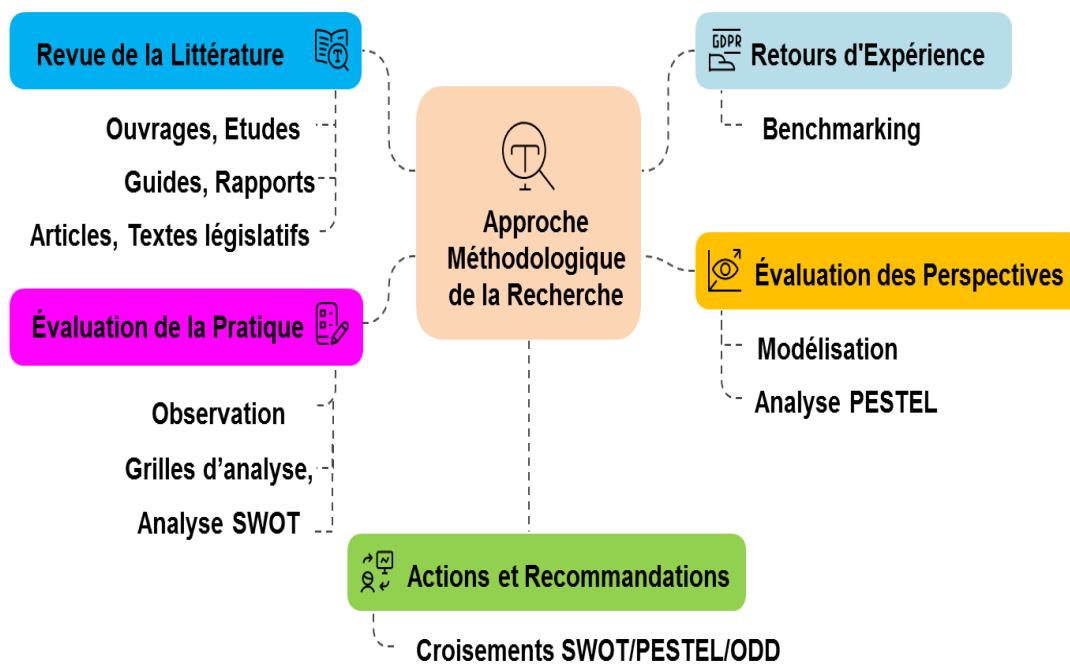


Figure n°01.01 : Approche Méthodologique de la recherche.
Conception de l'auteure. 2025

❖ **Première étape : « La revue de la littérature »** : Tout d'abord, il faut dire que cette phase est essentielle pour situer notre recherche dans son contexte scientifique et poser les bases fondamentales nécessaires à notre travail, son objectif principal est d'insérer notre objet de recherche dans cadre globale relatif à la question de l'enfouissement technique et sa contextualisation. Pour ce faire, il s'agira de mobiliser les travaux antérieurs et les connaissances scientifiques déjà existantes. Plus spécifiquement, cette revue vise dans un premier temps à synthétiser les avancées scientifiques en matière de techniques d'enfouissement, en identifiant les théories, les modèles et les résultats marquants dans le domaine.

¹ SWOT: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

² PESTEL : Politique, Économique, Socioculturel, Technologique, Environnemental, Légal.

En second lieu il s'agira de recenser les insuffisances et les débats dans la littérature, notamment en ce qui concerne les impacts environnementaux, les limites technologiques et les enjeux socio-économiques associés. Les outils utilisés lors de cette étape sont entre autres : les ouvrages généraux et thématiques, les travaux de recherches (publications scientifiques, thèses, ...), les rapports d'audits, les textes réglementaires, les documents officiels, ...etc.

❖ **Deuxième étape : « les retours d'expérience »** : Les retours d'expérience constituent un levier fondamental pour la recherche scientifique. Ils permettent d'enrichir la compréhension des phénomènes étudiés et jouent un rôle clé dans la transférabilité des résultats, en les contextualisant pour des applications concrètes. Dans le cadre de la présente étude, l'analyse des retours d'expérience, a été réalisée selon une approche méthodique bien définie pour réaliser un benchmarking des stratégies et pratiques d'élimination des déchets à l'échelle internationale. Cette démarche s'est articulée en cinq étapes distinctes ; premièrement, le **paramétrage** qui a consisté à établir les critères et axes d'analyse, servant de cadre théorique pour guider la comparaison. Deuxièmement, une **analyse** des stratégies nationales a été menée, centrée sur les cas de l'Allemagne, du Canada et du Maroc, afin d'examiner leurs spécificités opérationnelles et contextuelles. Troisièmement, une analyse **comparative** a permis d'identifier les convergences, divergences et pratiques innovantes entre ces modèles. Enfin, une phase de **synthèse critique** qui a été conduite pour dégager des enseignements transférables notamment pour le cas de l'Algérie, transformant les observations en recommandations adaptables au contexte de Constantine.

❖ **Troisième étape : « L'évaluation de la pratique de l'enfouissement technique »** : Cette étape a comme premier objectif d'examiner les applications concrètes de l'enfouissement technique dans le contexte de Constantine. Il s'agit d'effectuer une évaluation des pratiques actuelles, en confrontant les résultats empiriques aux attentes théoriques et réglementaires ce qui englobe l'analyse de la conception et du fonctionnement des CET de la wilaya de Constantine. Pour s'y prendre nous avons eu recours à l'observation ainsi qu'à l'élaboration d'une grille d'analyse dont l'ensemble des critères d'évaluation adopté, a été divisé en deux grandes catégories : la catégorie des critères liés à la conception et la catégorie des critères liés au fonctionnement.

La grille d'analyse : Afin d'aligner l'évaluation à la fois sur les normes internationales et les spécificités locales, le choix des critères de notre grille d'analyse a été réalisé sur la

base de diverses références bibliographiques, notamment :

-Le guide d'audit des Centres d'Enfouissement Technique (CET) : développé par la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) à la demande du Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables (MEER) en Algérie qui constitue un référentiel exhaustif pour l'évaluation des CET de classe II, (MEER, 2017)

- Des listes de vérification (*checklists*) utilisées pour l'inspection des CET dans divers contextes internationaux (*Inertwastelandfillinspectionchecklist*, S. D.), (*Landfill Inspection Checklist*, 2016), (*Landfill Site Assessment Checklist*, S. D.), (*Landfill Checklist*, S. D.).

Le deuxième objectif quant à lui réside dans l'identification des forces et des faiblesses des pratiques existantes de l'enfouissement technique au niveau de Constantine, pour atteindre cet objectif nous avons utilisé l'analyse SWOT/AFOM, il s'agit d'un outil stratégique éprouvé, offrant une méthodologie structurée d'analyse de l'environnement interne et externe du centre d'enfouissement technique en tant qu'installation, cette analyse permet d'identifier les éléments suivants :

- Les forces du CET de Boughareb, afin de valoriser les atouts internes, entre autres : sa grande capacité de stockage, la traçabilité des déchets, ...etc.

- Les faiblesses que présente CET de Boughareb, pour connaître les limites internes telles que : l'accessibilité, la saturation prématurée du casier n°01, les incendies, ...etc.

- Les opportunités qu'offre les CET de Boughareb, afin d'exploiter des perspectives externes notamment : l'innovation technologique en matière de traitement des lixiviats, l'encouragement de la mise en place de l'économie circulaire via la stratégie nationale de la gestion intégrée des déchets (SNGID), ...etc.

- Les menaces auxquelles fait face le CET de Boughareb, pour pouvoir anticiper les risques externes à l'image de : génération croissante des déchets, l'opposition des riverains, ...etc.

En combinant les éléments internes (forces/faiblesses) et externes (opportunités/menaces), SWOT facilite une prise de décision proactive et éclairée, cette méthode permet de transformer les contraintes en atouts stratégiques. L'analyse SWOT du CET d'Ibn Badis met en évidence des défis significatifs pour l'élimination des déchets par enfouissement technique dans la wilaya de Constantine, ces défis soulignent la nécessité d'une stratégie intégrée, pour assurer une gestion durable des déchets à Constantine.

❖ **Quatrième étape : « L'évaluation des perspectives de l'enfouissement technique »** : Cette étape prospective vise à explorer les évolutions potentielles dans le domaine de l'enfouissement technique dans le contexte local de Constantine et global de l'Algérie, elle a pour objectifs: l'identification des éléments externes impactant le futur de l'enfouissement technique en Algérie et la formulation des scénarios d'évolution propres au contexte de rareté foncière qui caractérise Constantine. Pour atteindre ces objectifs visés dans cette quatrième étape méthodologique, nous avons eu recours à deux outils, il s'agit de : l'analyse PESTEL et de la modélisation de la consommation future du foncier par les CET.

D'une part, l'outil de l'analyse PESTEL a été choisi pour mettre au clair les variables externes qui influencent les perspectives de l'enfouissement technique en Algérie, en effet, PESTEL se présente comme un outil d'évaluation pluridimensionnelle permettant de réaliser une grille de lecture critique en incluant les dimensions : politique, économique, socioculturel, technologique, environnemental et légal, éclairant ainsi une démarche prospective à travers l'identification des opportunités émergentes, l'anticipation des risques éventuels et l'élaboration de stratégies pérennes adaptées en Algérie.

D'un autre côté, une modélisation prospective de l'occupation des sols par les centres d'enfouissement technique (CET) a été mise en œuvre afin d'élaborer des scénarios prédictifs d'évolution de la consommation foncière induite par ces infrastructures.

Les calculs de cette modélisation sont basés sur l'exploitation des travaux de deux chercheurs : la surface nécessaire à l'enfouissement est déterminée selon la méthode préconisée par Gérard en 1998, en outre, les équations 2 et 3 ont été employées sur la base des travaux menés par Uding Rangka (Uding Rangka et al. 2019).

Toutes les équations utilisées sont listées ci-dessous dans l'ordre chronologique.

1. Taux de détournement des déchets (TDD):

$$\text{TDD} = (\text{Poids des déchets détournés} / \text{Poids total des déchets}) \times 100$$

2. Espace nécessaire en décharge (END):

$$\text{END} = \Sigma (\text{DQMS} / \text{Densité des déchets})$$

DQMS = Quantité totale de déchets solides municipaux disposés en décharge (tonne) : équivalent du total des déchets ménagers et similaires disposés dans la TLC (tonne).

Densité des déchets = 0,75 tonne par mètre cube (t/m³) (ME, 2018).

3. Surface terrestre requise (ha):

$$STR = \Sigma (\{END / \text{Hauteur de décharge}\} / 10000)$$

END : Espace nécessaire en décharge annuellement en mètre cube par an (m³/an).

Hauteur de décharge = hauteur standard de décharge, norme algérienne = 15 mètres (ME, 2018).

10 000 = conversion de m² en hectare (ha).

❖ **Cinquième étape : « La formulation des Actions & Recommandations » :** La formulation des actions et des recommandations a été réalisé sur la base des résultats de trois niveaux de croisement interdépendants. Premièrement, le croisement les résultats de la matrice SWOT (chapitre 6) et l'analyse PESTEL (chapitre 7) permet d'aligner les facteurs externes macro-environnementaux (politiques, économiques, socioculturels, technologiques, environnementaux et légaux) avec les opportunités et menaces identifiées dans la SWOT, offrant ainsi une vision éclairée des enjeux contextuels. Deuxièmement, le croisement entre la matrice SWOT (chapitre 6) et les Objectifs de Développement Durable (ODD) (chapitre 2, chapitre 6, chapitre 7) vise à connecter les forces et faiblesses internes de l'installation que représente le CET de Boughareb aux cibles des ODD, permet d'identifier les actions qui contribuent à l'atteinte de ces objectifs mondiaux. Enfin, le croisement PESTEL-ODD établit une corrélation entre les dynamiques macro-environnementales et les priorités des ODD, révélant comment les tendances politiques, économiques ou écologiques peuvent influencer ou bien être influencées par la réalisation de ces objectifs.

Au final, en intégrant ces analyses stratégiques et contextuelles approfondies, la méthodologie suivie offre une base solide pour des décisions éclairées en matière d'élimination des déchets d'une manière générale et de l'enfouissement technique d'une manière particulière. En outre, il convient de préciser que la présente étude concerne spécifiquement les déchets ménagers et assimilés (DMA).

2.6. STRUCTURE DE LA THÈSE

Chapitre I : Introduction générale

Objectif du chapitre : Ce chapitre établit les bases de notre recherche en contextualisant le sujet à l'échelle globale et dans le contexte spécifique de la problématique algérienne. Il définit clairement les objectifs que nous cherchons à atteindre, délimite précisément le champ de notre étude en identifiant ses limites et contraintes, et

expose la démarche méthodologique que nous suivrons pour guider le lecteur à travers notre investigation.

Chapitre II : Gestion des déchets, objectifs du développement durable et économie circulaire : quelle synergie ?

Objectif du chapitre : Ce chapitre vise à explorer comment gérer les déchets de manière durable. Nous commencerons par définir et classer les différents types de déchets. Ensuite, nous examinerons les méthodes pratiques de gestion des déchets solides. Pour finir, nous précisons ce qu'implique la notion de "gestion durable" dans ce contexte

Chapitre III : Cycle de vie d'un centre d'enfouissement technique (CET) classe 2: « de la conception à la gestion de la post-fermeture »

Objectif du chapitre : L'objectif principal de ce chapitre est d'étudier les centres d'enfouissement technique (CET) de classe II pour déchets ménagers et assimilés, en tant qu'infrastructures clés de la gestion des déchets. Ceci à travers l'analyse de leur cycle de vie complet, de la conception à la fermeture, en mettant en lumière leur rôle dans la réalisation de certains Objectifs de Développement Durable (ODD) de l'Agenda 2030 des Nations Unies.

Chapitre IV : Benchmarking des stratégies d'élimination des déchets ménagers : cas de l'Allemagne, du Canada & du Maroc

Objectif du chapitre : Ce chapitre a pour but d'analyser des retours d'expériences de trois pays afin de voir comment les différents environnements socioéconomiques et institutionnels façonnent l'élaboration et l'application des stratégies d'élimination des déchets. En comparant ces approches, nous souhaitons identifier des pratiques réussies et des principes adaptables qui pourront enrichir notre analyse du contexte algérien

Chapitre V : L'élimination des déchets solides en Algérie : « rétrospective & prémices de changement »

Objectif du chapitre : Ce chapitre se propose d'étudier comment la gestion de l'élimination des déchets ménagers et assimilés (DMA) a évolué en Algérie

Chapitre VI : la gestion des déchets solides à Constantine

Objectif du chapitre : Ce chapitre vise à offrir une vue d'ensemble approfondie du processus de gestion des déchets solides urbains dans la ville de Constantine. Il mettra en évidence les infrastructures de traitement et d'élimination existantes, ainsi que les

initiatives en lien direct avec notre objectif de recherche.

Chapitre VII : Evaluation de la pratique de l'enfouissement technique des DMA à Constantine

Objectif du chapitre : L'objectif de ce chapitre est de présenter de manière détaillée les données essentielles concernant chaque Centre d'Enfouissement Technique (CET) de la wilaya de Constantine, ce qui permettra d'obtenir un état des lieux actuel de l'enfouissement technique des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA) à Constantine.

Chapitre VIII : Les perspectives de l'enfouissement technique des DMA

Objectif du chapitre : Ce chapitre vise à Élaborer des scénarios prospectifs est essentiel pour prévoir les changements nécessaires. Cela permettra de modéliser les conséquences sur l'utilisation des terrains si l'enfouissement persiste, et d'évaluer les facteurs politiques, économiques, sociaux, technologiques, environnementaux et légaux qui pourraient impacter les solutions alternatives en développement

Chapitre IX : Conclusion générale

Objectif du chapitre : Ce dernier chapitre vise à consolider l'ensemble de ce travail de thèse, son objectif principal est de réaliser une synthèse rigoureuse des résultats obtenus, d'apporter des éclaircissements concrets aux interrogations initialement soulevées dans notre problématique, et de confirmer la validité de notre hypothèse de recherche. Enfin, ce chapitre se projette au-delà de nos conclusions immédiates en esquissant de nouvelles pistes de recherche.

2.7. CONTRAINTES DE LA RECHERCHE

Les principales contraintes rencontrée dans le cadre de cette étude réside dans :

- Les disparités terminologiques entre les cadres conceptuels utilisés pour appréhender un même objet d'étude. Ces divergences terminologiques, souvent liées à des variations disciplinaires ou contextuelles, complexifient le travail d'analyse et requièrent un travail d'unification épistémologique important.

- L'hétérogénéité des données issues des différentes sources, où une même variable peut afficher des valeurs significativement différentes en fonction des référentiels utilisés.

CHAPITRE II :

GESTION DES DECHETS, OBJECTIFS DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET ECONOMIE CIRCULAIRE : QUELLE SYNERGIE ?

INTRODUCTION

La gestion des déchets constitue un enjeu de taille pour le XXI^e siècle, à la croisée des enjeux environnementaux, socio-économiques et sanitaires. Autrefois considérée comme un problème secondaire, elle est désormais reconnue comme un élément fondamental des politiques de développement durable, notamment dans un contexte marqué par l'urbanisation accélérée, la croissance démographique et l'intensification des modes de consommation. L'évolution du concept de « déchet » illustre cette prise de conscience progressive : d'une simple matière résiduelle à éliminer, il est désormais considéré comme une ressource potentielle pour les sociétés modernes. L'objectif central de ce chapitre serait donc l'examen des modalités de gestion durable des déchets.

Dans un premier temps, il s'avère nécessaire de clarifier les éléments de définition et de classification des déchets, compte tenu de la nature complexe de cet objet aux multiples facettes. Les typologies, qu'elles distinguent entre déchets ménagers, industriels, dangereux ou inertes, influencent directement les stratégies de gestion mises en œuvre, tout en reflétant les priorités des sociétés.

Ensuite, nous aborderons les mécanismes opérationnels de la gestion des déchets solides qui est structurée autour d'une hiérarchie universellement reconnue comprenant : la prévention, la réutilisation, le recyclage, la valorisation énergétique et l'élimination. Néanmoins l'application de ce cadre normatif se heurte à des disparités géographiques criantes, en effet les pays en développement, confrontés à des défis d'ordre infrastructurels, financiers et culturels, éprouvent des difficultés à implémenter des systèmes intégrés, comme l'illustre la persistance des décharges sauvages et de l'économie informelle des récupérateurs.

La troisième section de ce chapitre s'attache à définir la notion de « gestion durable », qui trouve une expression tangible dans l'Agenda 2030 des Nations Unies, qui inclut explicitement la gestion des déchets comme un vecteur de transformation écologique à travers plusieurs Objectifs de Développement Durable (ODD), l'examen de ces interconnexions révèle le rôle crucial des déchets dans l'économie circulaire, un modèle qui vise à substituer au schéma linéaire « extraire-produire-jeter » un cycle de régénération.

2.1 .LE DECHET : UN CONCEPT EN EVOLUTION

2.1.1. Eléments de définition

Etymologiquement parlant le mot « déchet » trouve son origine dans le verbe « déchoir » qui signifie, la part qui est perdue et qui du latin *cadere* (tomber). La racine « *dis* » exprime l'éloignement et la séparation ; c'est cette logique sur laquelle se base toute considération du statut « Déchet ».

Le déchet est une notion qui comporte plusieurs définitions, ces dernières dépendent entre autres:

- Du contexte de citation.
- De son origine & de sa provenance.
- De son état.

On commence par la définition légale, pour le législateur algérien le déchet est défini par la loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets comme étant : « *tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défait, ou dont il a l'obligation de se défait ou de l'éliminer* » (article3).

Du point de vue socioculturel, le déchet peut être considéré comme l'un des critères d'analyse, possibles du fonctionnement de la société dans la mesure où il représente les relations sociales, les différences de classe, voire les différences culturelles entre les sociétés. Il représente les traces indélébiles de notre existence sur Terre aujourd'hui et les signes de crise du monde moderne (Cavé, 2018).

En termes de représentation sociale, le « déchet » est perçu comme une matière nocive et répulsive dont on doit s'en débarrasser. Gouhier explique que dans l'imaginaire collectif, le déchet est perçu comme un élément indésirable, en raison des connotations péjoratives qui lui sont associées, telles que la faiblesse de sa valeur, la notion de saleté et de souillure (Gouhier, 1993).

Du point de vue économique, le déchet renferme un aspect « provisoire » : il est « *nomade, son statut de déchet n'étant que provisoire, le statut de déchet l'excluant de l'univers du durable pour l'envoyer dans celui du non durable* » (Bertolini, 1990). Il est défini comme : « un produit dont la valeur d'usage et la valeur d'échange sont nulles pour son détenteur ou son propriétaire. » (Bertolini, 1990) ce sont ces valeurs (dépendant

majoritairement des différents coûts de traitement que peut subir le déchet ainsi que de la rareté des ressources naturelles primaires) qui changent d'un propriétaire à un autre et d'un détenteur à un autre qui lui confère cet aspect de provisoire.

Cependant, il existe deux catégories de déchets. La première catégorie inclut les déchets dont la valeur d'échange est négative et qui ne présentent aucun intérêt économique. Ces déchets sont caractérisés par un coût de valorisation supérieur au coût d'évacuation ainsi qu'une externalité négative. La seconde catégorie concerne les déchets dont la valeur d'usage est positive. Ces déchets peuvent être transformés en matière ou en énergie, en fonction de leur contenu valorisable (Chalmin & Gaillochet, 2009).

Abordé du point de vue écologique, le déchet est défini en terme de pollution et d'impact négatif, il constitue un danger potentiel pour les milieux récepteurs tels que les sols et les sous-sols, l'eau de surface ou souterraine et l'air. Il présente un risque d'altération des paysages, de pollution environnementale et de danger pour la santé et le bien-être de l'homme.

Ainsi, de par son utilisation interdisciplinaire, le concept «déchet » peut être qualifié de polysémique d'une manière globale. Néanmoins, ces dernières années on peut dire que le déchet est passé d'un statut de « rebut » à un statut de « ressource » : il est désormais appréhendé comme un produit de valeur, une matière première qui entre progressivement dans un cycle de valorisation.

2.1.2. Classification

De nos jours, les déchets présentent une composition de plus en plus complexe et hétérogène, cette complexité rend l'établissement d'une classification un acte du moins qu'on peut dire : « vitale » pour d'une part le choix d'un mode de traitement adéquat et d'autre part la mise en place d'une gestion efficace et adaptée.

Mis à part une évolution/changement qu'a connu cette classification, elle est différente d'un pays à un autre et selon le ou les paramètres choisis, ainsi on trouve :

- La classification selon la nature donne naissance à trois catégories essentielles : les déchets solides, les déchets liquides et les déchets gazeux.

- La classification selon l'origine donne naissance à cinq catégories : les déchets ménagers et assimilés, déchets industriels, déchets agricoles, déchets d'activités de soins et déchets radioactifs.

- La classification selon le mode de traitement & d'élimination donne naissance à quatre grandes familles: Les déchets inertes, les déchets banals, les déchets spéciaux, les déchets dangereux.

- La classification selon le comportement & impact sur l'environnement donne naissance à trois catégories : les déchets inertes, les déchets fermentescibles et les déchets toxiques.

Dans le contexte algérien, l'article 5 de la loi algérienne 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets , fait ressortir trois grandes classes de déchets :

- Les déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux :

*Déchets spéciaux: « tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes ».

*Déchets spéciaux dangereux: « tous déchets spéciaux qui, par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement».

- les 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 ».

- les 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 ».

2.2. LA GESTION DES DECHETS

Partout dans le monde, la gestion des déchets constitue une problématique récurrente, elle est qualifiée par certains scientifiques de « Problème civilisationnel » (Wolny-Koladka et Malinowski, 2015), elle représente l'un des défis les plus imposants de nos sociétés contemporaines. En effet, la croissance démographique accélérée, le développement économique et le taux d'urbanisation élevé, ont fait de la gestion des quantités gigantesques de déchets solides générées un réel challenge.

Comme tout autre système, le système de gestion des déchets consiste en un nombre d'opérations reliées d'une manière rationnelle entre elles, dont l'objectif est de collecter et d'éliminer les déchets solides issues d'une communauté avec un minimal coût tout en préservant la santé publique et en minimisant les impacts sur l'environnement.

La gestion traditionnelle des déchets prédomine depuis l'ère de la révolution industrielle, elle repose sur trois axes principaux : la collecte, le transport et l'élimination finale des déchets (enfouissement ou incinération). Ces trois processus sont considérés comme indissociables et s'effectuent sans que l'accent ne soit mis sur la réduction ou le recyclage (Melosi, 1981).

Enfin, au sens de la réglementation algérienne, la gestion des déchets est définie comme étant: « toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations » (Loi n° 01-19).

2.2.2. D'un modèle de gestion linéaire à une gestion intégrée des déchets

La Gestion Intégrée des Déchets (GID) peut être définie comme un système holistique combinant prévention, réduction, recyclage, valorisation énergétique et élimination sécurisée, dans une logique hiérarchisée (hiérarchie des 5R : Refuser, Réduire, Réutiliser, Recycler, Retourner à la terre). Selon l'UNEP, la GID intègre des dimensions techniques, sociales, économiques et politiques pour minimiser l'impact environnemental (Wilson et al, 2015).

Au sens de la réglementation algérienne, la gestion intégrée des déchets désigne : « toutes opérations relatives à la collecte, au tri, au transport, au traitement des déchets y compris le contrôle de ces opérations dans le but de réduire leurs effets sur la santé publique et/ou l'environnement » (Loi n° 25-02).

La gestion des déchets a évolué pour intégrer les principes de santé, d'économie, d'ingénierie, d'esthétique, de protection environnementale et qui soit également sensible

aux attentes publiques (Schübeler, et al, 1996; Khatib, 2011; Oteng-Ababio et al, 2013). L'évolution de la gestion des déchets illustrée dans la figure ci-dessous (figure n°02.01), s'est caractérisée par le passage d'un modèle linéaire à une approche intégrée, cette évolution s'est étendue sur plusieurs millénaires.

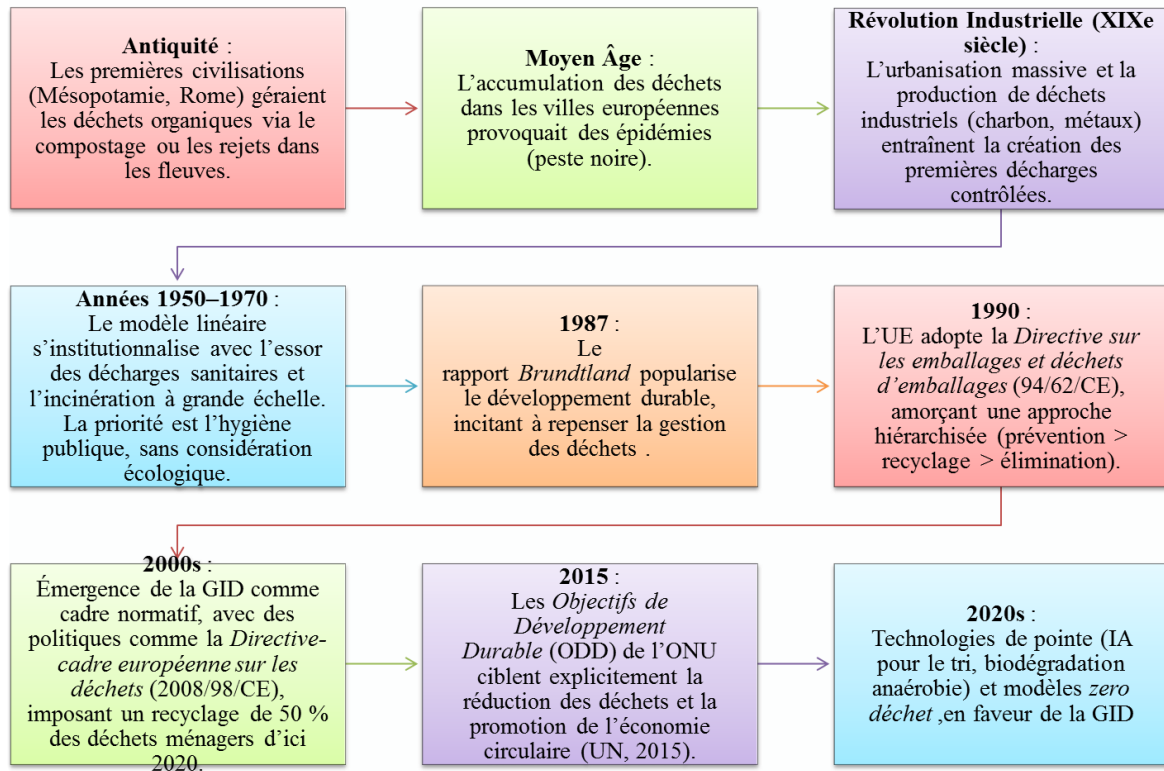


Figure n°02.01 : Évolution Chronologique de la gestion des déchets.

Source : Auteure, 2024.

À l'époque antique, les premières civilisations, à l'instar de la Mésopotamie et de Rome, ont recours au compostage ou à l'élimination des déchets organiques dans les cours d'eau, en mettant en œuvre des mesures sanitaires élémentaires, telles que mentionnées dans le Code de Hammurabi³ datant de 1750 av. J.-C. (Mueller, 2007).

Au Moyen Âge, l'accumulation des déchets dans les villes européennes constituait une source d'épidémies comme la peste noire, conduisant à des pratiques d'enfouissement ou de

³ Le Code d'Hammourabi, un texte juridique rédigé vers 1750 av. J.-C. par le roi babylonien Hammourabi, est un des documents les plus anciens et les plus complets de la législation mésopotamienne. Il s'agit du document juridique le plus exhaustif qui nous soit parvenu de la civilisation mésopotamienne.

brûlage en périphérie (Guillerme, 1989).

Le XIXe siècle marque un tournant décisif avec la révolution industrielle, qui est à l'origine d'un phénomène d'urbanisation massive et de production de déchets industriels en grande quantité. Cela a conduit à la création de premiers dépôts publics pour les ordures ménagères à l'exemple de celle de Montfaucon à Paris, et à l'incinération, avec le premier four britannique en 1874 (Melosi, 2005).

Au cours des décennies suivantes, plus précisément entre 1950 et 1970, l'approche linéaire s'est institutionnalisée à travers la mise en place de décharges sanitaires et le développement de l'incinération à grande échelle, mettant l'accent sur l'hygiène publique sans considération suffisante pour les impératifs écologiques (Tarr, 1996).

Pour leur part, les années 1970-1990 marquèrent un tournant avec une prise de conscience environnementale, symbolisée par la publication du rapport Brundtland en 1987, qui a établi un lien entre la gestion des déchets et le développement durable (CMED, 1987).

Au début du XXIe siècle, l'approche intégrée s'est imposée avec l'agenda 2030 et ses objectifs de développement durable de l'ONU, qui visent à réduire la production de déchets et à promouvoir l'économie circulaire (United Nations, 2015), nous citons à titre d'exemple des efforts établis dans ce sens, la directive du parlement européen et du conseil de l'union européenne sur les déchets qui a fixé un objectif de recycler 50 % des déchets ménagers d'ici 2020 (Directive (2008/98/CE), La gestion intégrée des déchets est illustrée à travers l'utilisation de technologies de pointe, dans les domaines de tri, du recyclage, ainsi que la mise en œuvre de modèle zéro déchet.

Le passage d'une gestion des déchets traditionnelle aux pratiques linéaires et sectorielles et axée sur la collecte, le transport et l'élimination via les décharges ou l'incinération, à une gestion intégrée basée sur une hiérarchisation des modes de traitement, privilégiant la valorisation matière et énergétique par rapport à l'enfouissement qui représente une solution d'élimination ultime pour les déchets non valorisables (figure n°02.02).

C'est une évolution d'une logique d'élimination à une logique de récupération des ressources, soutenu par une transition d'une économie linéaire (extraire-fabriquer-jeter) vers l'économie circulaire.

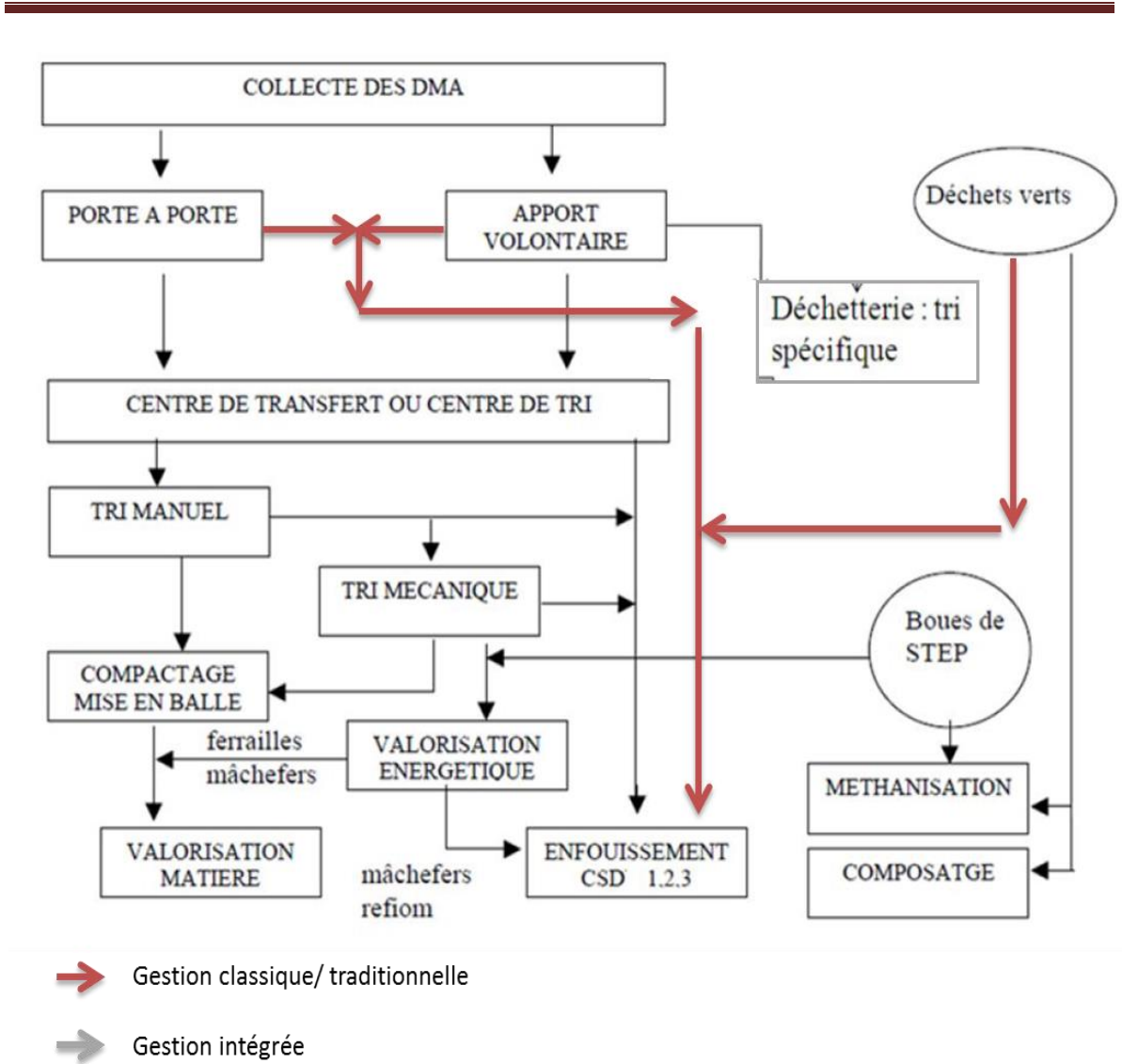


Figure n°02.02 : les étapes de la gestion intégrée des déchets
Source : Bennafla, 2016 + traitement de l'auteur

2.2.2. La hiérarchie de la gestion des déchets

La gestion des déchets est une chaîne parfois complexe d'actions, formée par plusieurs maillons, chacun de ces maillons correspond à une étape allant de la prise en charge des déchets jusqu'à leur élimination. Une hiérarchie en matière de gestion des déchets solides englobe les mesures les plus respectueuses de l'environnement à mettre en œuvre avant d'éliminer les déchets (EPA Research Impacts Report, 2017).

Le concept de hiérarchie des déchets permet de déterminer le type et la priorité de traitement requis pour un déchet. Autrement dit, elle établit un ordre de priorité pour les mesures visant à diminuer et à gérer les déchets, elle est souvent illustrée par une pyramide

inversée.

Cette hiérarchie présente les meilleures options en haut et les solutions de gestion des déchets à n'utiliser qu'en dernier recours. Elle illustre de manière schématique la priorité des traitements ou des actions liés aux déchets. Ainsi, l'application adéquate de la hiérarchie des déchets présente des bénéfices pour l'environnement, comme la diminution des niveaux de pollution et une gestion améliorée des ressources naturelles, ainsi que des bénéfices économiques et sociétaux.

Cette hiérarchie propose donc un système de classement général des différentes stratégies de gestion des déchets solides, de la plus écologique à la moins écologique, illustré dans la figure suivante (figure n°02.03).

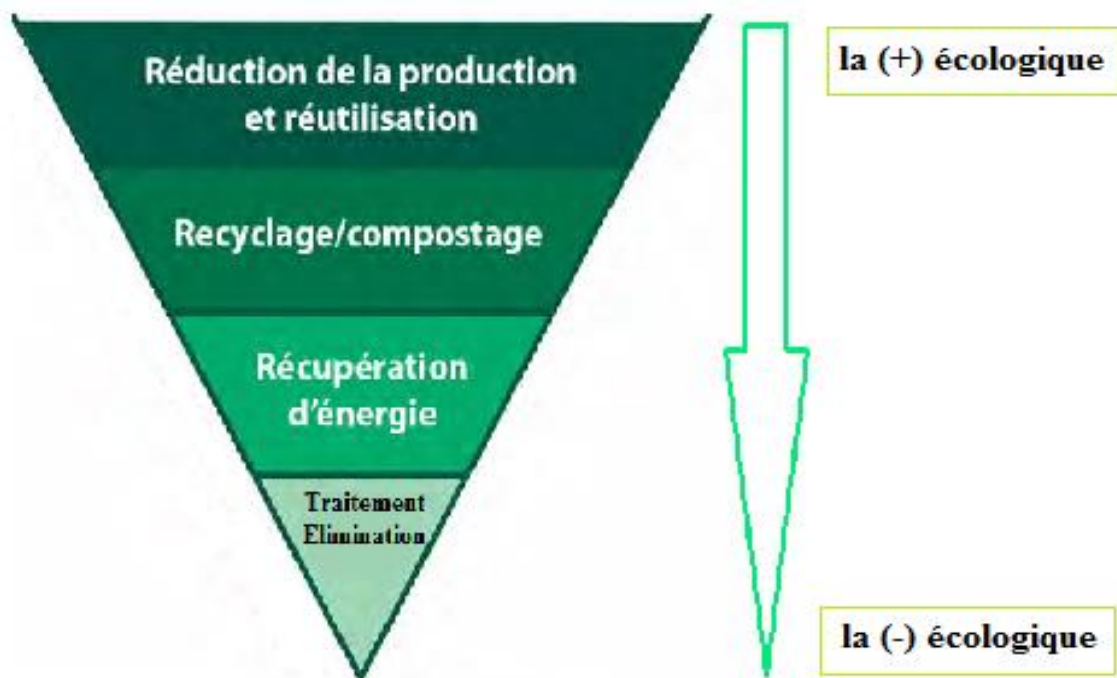


Figure n°02.03 : la hiérarchie de la gestion des déchets
Source: EPA Research Impacts Report, 2017.

a. La réduction & la réutilisation :

La Réduction à la source et la réutilisation, sont axées sur la prévention de la génération de déchets. Elles sont considérées comme la stratégie la plus respectueuse de l'environnement car elle permet de protéger l'environnement, de réduire les émanations de gaz à effet de serre et de préserver les ressources naturelles.

La réduction et la réutilisation agissent favorablement sur l'économie du fait

qu'elles impliquent un flux de déchets moindre dès le départ du processus de gestion, ce qui se traduit par une diminution de la quantité de ressources, de matériaux dangereux et d'énergie requis pour produire ou expédier le produit.

Les volumes des déchets peuvent être réduits à la source ou réutilisés en adoptant et encourageant certaines pratiques telles que la consommation responsable, la réparation et la réutilisation, la revalorisation, la revente, le troc, le don de biens d'occasion, l'éco-conception

b. Le recyclage/compostage :

Le recyclage et le compostage sont deux procédés différents mais dont l'objectif général est identique, il s'agit d'une action de valorisation des déchets qu'on appelle : « valorisation de la matière »

Le recyclage désigne l'ensemble des actions que subissent les déchets non-organiques en vue de leur transformation en nouveaux produits ou matière première secondaire, il permet l'introduction des déchets dans des cycles de production, en remplacement total ou partiel d'une matière première primaire.

Le compostage pour sa part consiste en la valorisation de la fraction organique des déchets pour l'obtention d'un fertilisant naturel appelé : composte. Il existe divers méthodes de compostage passant des plus simples où le compostage se fait à la main, aux plus complexes, qui nécessitent des procédés industriels. Le concept reste toutefois le même.

Ces deux stratégies participent non seulement à la réduction de la quantité des déchets destinés à l'élimination mais également de leur coût d'élimination, elles participent à la création de nouveaux postes d'emplois, à la réduction de la pression exercée sur les ressources naturelles et la consommation de l'énergie.

c. La récupération d'énergie :

La récupération d'énergie est une technique relativement nouvelle de gestion des déchets, elle consiste en la conversion de matériaux non recyclables en chaleur, en électricité ou en carburant utilisables à travers divers processus. Ce processus est souvent appelé Valorisation énergétique des déchets. Cette conversion comprend divers procédés : l'incinération avec récupération de l'énergie, la gazéification et le recours aux réactions thermiques et chimiques (pyrolyse).

Cependant il faut dire, que du point de vue économique, cette technique reste assez coûteuse, car en plus du coût d'investissement initial élevé dans ces installations de récupération d'énergie à partir des déchets, leur mise en service ainsi leur maintenance, sont très coûteuses.

Du point de vue écologique, lorsqu'elles sont associées à des moyens efficaces de contrôle des différents effluents et émissions en aval et à des techniques d'élimination des déchets, ces installations peuvent éventuellement réduire les volumes des déchets et les émissions de gaz à effet de serre, et avoir de ce fait un impact positif sur la sauvegarde de l'environnement.

d. Le traitement & l'élimination:

Le traitement des déchets est une étape qui précède l'élimination, il a pour objectif de diminuer le volume et la toxicité des déchets faisant appel à des procédés divers : physiques tel que le déchiquetage ou biologiques tels que la digestion anaérobie.

L'élimination constitue le dernier niveau de la hiérarchie de la gestion des déchets et la stratégie la moins écologique pratiquée à elle seule, néanmoins elle représente un élément important d'une stratégie de gestion intégrée des déchets.

Dans des situations optimales, l'élimination ne doit impliquer que les déchets ultimes, ceux issus des différents procédés de valorisation et ne présente aucune autre possibilité de valorisation, mais dans la pratique, elle implique les déchets qui ne peuvent pas être évités ou recyclés pour une raison ou une autre.

L'élimination doit se faire dans des décharges conçues, construites et gérées, de manière appropriée, limitant leurs impacts sur l'environnement.

2.2.3. Les défis relatifs à la gestion des déchets dans les pays en développement

La gestion des déchets est un système conçu pour sauvegarder notre environnement et préserver la santé humaine, néanmoins il existe un nombre de défis qui peuvent entraver la bonne exécution de ce système ((United States Environmental Protection Agency, 2023)) :

- **Les Ressources et capacités financières limitées** : les opérations relatives à la gestion des déchets nécessitent de lourds financements, or de nombreuses villes ont une capacité financière assez limitée et sont de ce fait confrontées aux difficultés liées entre autres : aux coûts d'investissement, à l'entretien des équipements ou encore à l'augmentation continue du volume de déchets.

- **Le savoir-faire technique limité** : dans les pays en développement, la majorité des équipements liés au traitement des déchets sont importés, face à cette situation les techniciens et praticiens disposent d'un savoir-faire technique assez limité, ce qui rend la maintenance et la réparation ne cas de panne, une tâche difficile et couteuse.

- **L'expertise technique limitée** : le choix de la solution technique la plus adéquate en matière de gestion des déchets nécessite une certaine expertise dans le domaine, une expertise qui est limitée dans les pays en développement. L'amélioration des connaissances techniques et la connaissance des meilleures pratiques, peut se faire par le biais de la participation à des échanges nationaux et internationaux.

- **La capacité limitée du personnel** : Dans la plus part du temps le personnel chargé de la gestion des déchets solides dans les villes est dépassé par la gestion des urgences immédiates liées aux déchets ce qui l'empêche de s'engager dans une planification stratégique du secteur de la gestion des déchets.

- **Le renouvellement politique** : Le caractère renouvelé et évolutif des administrations, représente un obstacle de taille pour le bon déroulement des projets de gestion des déchets solides. La conservation du même personnel sur les projets et les opérations de gestion des déchets solides peut stabiliser ces projet et participer à minimiser ces interruptions.

- **Le manque de planification et d'évaluation** : L'absence d'une planification à long terme aux niveaux national et municipal peut avoir un impact négatif sur la réussite de tout le système de gestion des déchets solides. La mise ne place d'un plan national et local qui doté d'un système de surveillance et de vérification va participer à la création d'un système stable de gestion des déchets solides.

- **La Coordination gouvernementale verticale et horizontale limitée ou insuffisante** : Le domaine de la gestion des déchets fait souvent impliquer d'un côté, plusieurs ministères ou organismes qui doivent collaborer et échanger leurs expertises et de l'autre côté, elle nécessite une coordination entre les différents niveaux de la même administration.

- **Les Conditions de travail difficiles** : dans les pays en voie de développement, les actifs impliqués dans la gestion des déchets solides peuvent être sous-payés et très peu formés, ils ne bénéficient pas de formation appropriée et sont souvent dépourvus d'équipements de protection individuelle, ce qui augmente les risques de maladies et

d'accidents de travail, provoquant ainsi une démotivation chez ces travailleurs et rendant ce secteur de travail répulsif et très peu demandé (PNUE,2005).

- **La communication limitée ou inexistante:** Dans le domaine de la gestion des déchets, l'information et la communication sont des éléments clefs pour sa réussite. La communication ascendante et descendante, les campagnes d'information et de sensibilisation aident l'ensemble des acteurs concernés à se conformer à l'ensemble des exigences en matière de gestion des déchets et évitent de ce fait l'apparition de comportements tels que : la mauvaise utilisation et à des dommages aux conteneurs, le déversement illégal de déchets...etc.

- **La rareté du foncier :** La croissance démographique et le développement urbain agissent sur la gestion des déchets non seulement par rapport aux quantités énormes de déchets produits mais aussi par rapport à la demande en matière de foncier nécessaire pour les installations de déchets solides (station de transfert, déchetteries, centre d'enfouissement technique, décharges contrôlée). Etant un élément important dans la chaîne de gestion des déchets, la localisation de ses installations doit être bien étudiée, divers problèmes peuvent surgir, à savoir : le coût élevé du foncier disponible, le phénomène NIMBY (Not In My Back Yard) qui désigne le refus des résidents locaux de la construction d'une installation par crainte d'odeurs susceptibles de porter atteinte leurs conditions de vie ou le prix des biens, l'éloignement du foncier disponible qui agit sur les frais de transport des déchets sur de longues distances ainsi que sur le taux des émissions de carbone liés.

- **Les conditions climatiques et géographiques :** Les contraintes climatiques et géographiques rendent la gestion des déchets hautement contextuelle. Ces adaptations entraînent des distinctions significatives dans les coûts et les technologies employées. Les conditions climatiques et géographiques, propres à chaque territoire, constituent un déterminant essentiel dans l'élaboration des stratégies de gestion des déchets. L'identification préalable de ces paramètres environnementaux permet d'adapter les approches opérationnelles aux spécificités locales, optimisant ainsi l'efficacité économique et technique des systèmes mis en œuvre. Ces facteurs exercent une influence multidimensionnelle :

- **Type et coût des équipements :** Les phénomènes climatiques extrêmes (vagues de chaleur, précipitations intenses, enneigement) et les contraintes géomorphologiques (relief

montagneux, littoral) imposent le recours à des infrastructures spécialisées. Par exemple, dans les régions soumises à de fortes précipitations, l'enfouissement technique des déchets nécessite l'installation de membranes imperméables et de systèmes de drainage des lixiviats afin de prévenir la contamination des aquifères (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012). Ces dispositifs, dont le coût dépasse de 30 à 50 % celui des installations conventionnelles, illustrent l'impact financier des contraintes environnementales.

- **Choix technologiques** : Les caractéristiques climatiques orientent également la sélection des méthodes de traitement. Les climats chauds, en accélérant la décomposition anaérobie des matières organiques, favorisent la production de biogaz, réduisant ainsi les coûts associés à la valorisation énergétique (Kumar et al, 2020).

- **Coûts d'exploitation** : L'influence de ces conditions se manifeste enfin sur les dépenses logistiques, notamment en matière de collecte, de transport et de maintenance. Dans les zones isolées (archipels, massifs montagneux), les coûts de transport peuvent représenter jusqu'à 70 % du budget total de gestion des déchets, contre 20 % en milieu urbain (Wilson et al, 2015). Cette disparité s'explique par l'allongement des trajets durant les saisons pluvieuses, exacerbant les défis d'accessibilité. Parallèlement, en climat tropical humide, la corrosion accélérée des équipements entraîne également une hausse des frais de maintenance.

2.3. LA GESTION DURABLE DES DECHETS

Lorsqu'elle fonctionne correctement, la gestion des déchets est un service public important qui passe souvent inaperçu par l'ensemble de la population. Cependant, lorsqu'elle ne fonctionne pas bien, la gestion des déchets engendre différents problèmes sur le plan social, hygiénique, environnemental et même économique. En tant que telle, la gestion des déchets est une question transversale, qui affecte et influence divers domaines des trois sphères du développement durable (DD) : l'environnement, l'économie et le social.

La gestion durable des déchets serait donc une gestion minimisant ses impacts environnementaux et maîtrisant ses coûts, promouvant la prévention des déchets et la valorisation des ressources, tout en étant acceptée par ses parties prenantes (Cary, 2011).

La gestion durable des déchets représente un pilier essentiel de la transition écologique, visant à concilier réduction des impacts environnementaux, préservation des ressources et équité socio-économique. Contrairement au modèle linéaire « produire-

consommer-jeter », la gestion durable s'appuie sur les principes de l'économie circulaire, prônant la réduction à la source, la réutilisation, le recyclage et la valorisation des matières (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Selon le Programme des Nations unies pour l'environnement, la production mondiale de déchets solides municipaux a atteint environ 2,24 milliards de tonnes en 2020. Si les tendances actuelles se maintiennent, ce chiffre pourrait augmenter de 73 % d'ici 2050. Cette croissance exponentielle, combinée à des pratiques de gestion des déchets inefficaces, aggrave les crises climatiques, la pollution des écosystèmes et l'épuisement des ressources naturelles (PNUE, 2021).

La gestion durable des déchets revêt une complexité multidimensionnelle, en raison de son impact significatif sur les trois piliers de ce dernier : la protection de l'environnement, l'équité sociale et la prospérité économique, la figure ci-dessous illustre ces différents impacts (figure n°02.04):

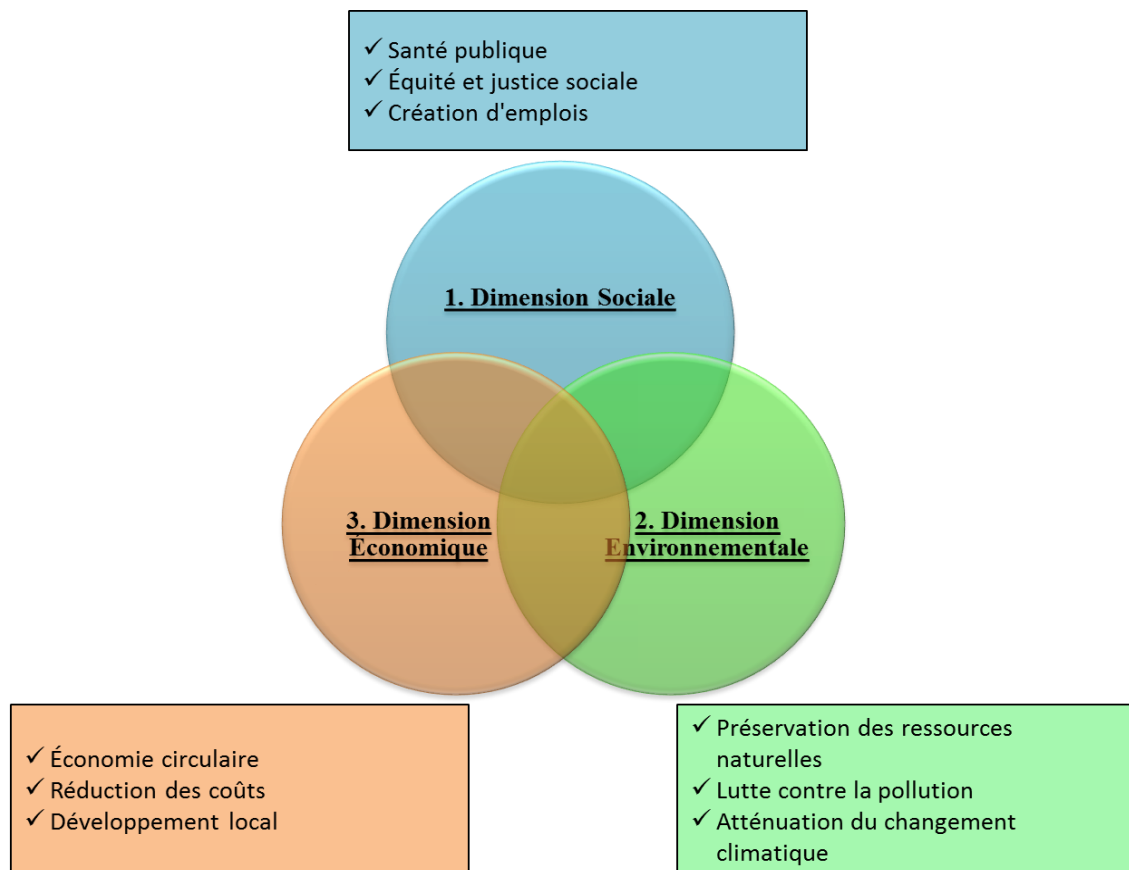


Figure n°02.04 : Les dimensions de la gestion durables des déchets

Source : Auteure. 2024

La gestion durable des déchets est un enjeu majeur du développement durable, car elle permet de concilier les impératifs environnementaux, sociaux et économiques.

➤ La dimension environnementale : la gestion durable des déchets constitue un levier

essentiel pour la préservation des ressources naturelles, en réduisant l'exploitation de matières premières via le recyclage et la réutilisation des matériaux. Cette approche minimise les pressions sur les écosystèmes, évitant ainsi la dégradation des habitats naturels liée à l'extraction minière ou forestière et encourage la prévention et le recyclage. Parallèlement, elle contribue à la lutte contre la pollution grâce à des pratiques structurées telles que le tri sélectif, le compostage ou le traitement spécifique des déchets dangereux, limitant ainsi la contamination des sols, des nappes phréatiques et de l'atmosphère. Ces méthodes améliorent la qualité de vie des populations, notamment en milieu urbain, en combinant bénéfices sanitaires, environnementaux et économiques. Enfin, cette dimension environnementale participe à l'atténuation du changement climatique via la valorisation énergétique des déchets, comme la production de biogaz ou l'incinération avec récupération d'énergie, ce qui réduit les émissions de gaz à effet de serre en substituant les énergies fossiles et en optimisant le cycle de vie des matériaux.

➤ La dimension Sociale : sur le plan social, une gestion durable des déchets influence directement la santé publique en limitant les risques sanitaires associés aux décharges sauvages ou aux traitements inadaptés, particulièrement dans les zones urbaines marginalisées. Elle répond également à des enjeux d'équité et de justice sociale, car les communautés marginalisées, souvent situées à proximité des sites d'enfouissement ou d'incinération, subissent des risques sanitaires disproportionnés. Par ailleurs, ce secteur génère une création d'emplois locaux dans la collecte, le tri ou le recyclage, renforçant ainsi la cohésion sociale et offrant des opportunités économiques aux travailleurs peu qualifiés. Ces emplois « verts » illustrent le potentiel de la transition écologique à concilier progrès environnemental et inclusion socio-économique.

➤ La dimension Économique : économiquement, la gestion durable des déchets s'articule autour de l'économie circulaire, transformant les déchets en ressources pour de nouvelles filières industrielles. Ce modèle stimule l'innovation technologique et réduit les coûts liés à l'élimination traditionnelle des déchets, tout en diminuant la dépendance aux matières premières vierges. Comme le démontre la réduction des coûts opérationnels grâce au recyclage, les entreprises et collectivités peuvent réaliser des économies significatives sur l'achat de matériaux ou la gestion des décharges. Enfin, cette approche favorise le développement local : la valorisation des déchets en énergie (biogaz) ou en matériaux de construction crée des marchés régionaux, renforce l'autonomie des territoires et soutient une croissance économique respectueuse de l'environnement.

Ainsi, l'intégration des trois dimensions du développement durable dans la gestion des déchets révèle une synergie entre efficacité environnementale, équité sociale et viabilité économique

Dans le contexte contemporain, les défis associés à une gestion durable des ressources se caractérisent par la complexité de la gestion de divers flux de déchets, incluant des catégories telles que les déchets organiques, les déchets plastiques et les déchets électroniques, entre autres. Cette diversité est exacerbée par l'hétérogénéité des contextes régionaux, qui ajoute une dimension supplémentaire à la gestion de ces déchets. En effet, dans les pays à revenu élevé, où 34 % des déchets sont recyclés ou compostés (Banque mondiale, 2018), l'accent est mis sur l'optimisation des chaînes de tri et l'innovation technologique. En revanche, dans les pays à faible revenu, où plus de 90 % des déchets sont éliminés dans des décharges non contrôlées (United Nations, 2020). Ces distinctions appuient la nécessité d'approches adaptées, intégrant des dimensions techniques, politiques et sociales.

2.4. GESTION DES DECHETS & LES OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE (ODD) :

2.4.1. L'Agenda 2030

L'agenda 2030 est un programme universel de développement durable, qui a été adopté par les 193 Etats –membres de l'organisation des nations unies (ONU), en septembre 2015.

L'agenda 2030 reflète l'engagement des pays à œuvrer pour une croissance économique durable et inclusive, l'inclusion sociale et la protection de l'environnement dans un esprit de partenariat et de paix. Il comprend 17 objectifs, sont appelés ; « les objectifs de développement durables » (ODD) et 169 sous-objectifs détaillés appelés « cibles », sa finalité est de transformer notre monde en un avenir plus juste, plus pacifique et plus équitable (Nations Unie, 2015).

Les 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) représentés ci-dessous, sont répartis sur les trois domaines classiques de cette notion : l'environnemental, le social et l'économique. Cette répartition s'organise en une hiérarchie de trois niveaux, dans laquelle les objectifs du niveau de base, rattachés au domaine environnemental, sont considérés comme prioritaires.

- Le domaine environnemental, placé à la base de la figure, englobe les ODD relatifs à

la protection de l'environnement, tels que l'accès à l'eau et à l'assainissement(ODD6), la lutte contre les changements climatiques (ODD13), la vie aquatique (ODD 14) et la vie terrestre (ODD 15). Il souligne l'importance de la préservation des ressources naturelles et de la biodiversité comme fondement du développement durable.

- Ensuite, le niveau « Société » est un niveau intermédiaire qui englobe les ODD axés sur le bien-être humain, tels que combattre la pauvreté (ODD1), la lutte contre la faim (ODD2), la santé (ODD 3), l'éducation (ODD 4), l'égalité des sexes (ODD 5), l'énergie propre et abordable (ODD 7), la résilience et la durabilité des établissements humains (ODD11) et la paix (ODD 16). Il met en exergue l'importance de l'équité sociale, de la justice et de l'inclusion.

- En outre, l'économie, placée au sommet de la figure, englobe les ODD liés à la croissance économique, tels que le travail décent (ODD 8), l'industrie (ODD 9), les inégalités (ODD 10) et la consommation responsable (ODD 12). Il souligne la nécessité d'une croissance économique durable et inclusive, qui respecte les limites de la planète.

Ces trois niveaux sont encadrés par l'ODD 17 (Partenariats pour la Réalisation des Objectifs), qui se situe à la cime de la figure, soulignant l'importance cruciale de la coopération internationale et des partenariats pour atteindre l'ensemble des autres objectifs. La réalisation effective des ODD requiert une mobilisation collective de l'ensemble des acteurs, à savoir les gouvernements, les entreprises, la société civile et les individus, (figure n°02.05).



Figure n°02.05 : Les objectifs du développement durable (ODD)

Source : Rapport d'activités et de responsabilité environnementale et sociétale, 2024

L'organisation des nations unies établie des rapports annuels sur l'état d'avancement dans la réalisation de chacun des 17 ODD, en 2021 le rapport indique que la crise climatique est bel et bien là et ses effets se font sentir partout dans le monde (ONU.2021).

Selon un rapport d'experts internationaux publié par le Cambridge University Press, l'Algérie a été classée au premier rang, tant au niveau africain qu'arabe, pour l'année 2022 en matière de réalisation des objectifs de développement durable (ODD) de l'Organisation des Nations unies (Sachs et al, 2022).

2.4.2. Les Piliers de l'agenda 2030

L'agenda 2030 se base sur l'approche classique du développement durable en y ajoutant 2 autres principes, elle fait articuler l'action pour le développement durable autour de 05 piliers qui sont couramment appelés les 5P : la Planète, la Population, la Prospérité, les Partenariats et la Paix, illustrés dans figure ci-dessous (figure n°02.06).

CHAPITRE II : Gestion des déchets, objectifs du développement durable et économie circulaire : Quelle synergie ?

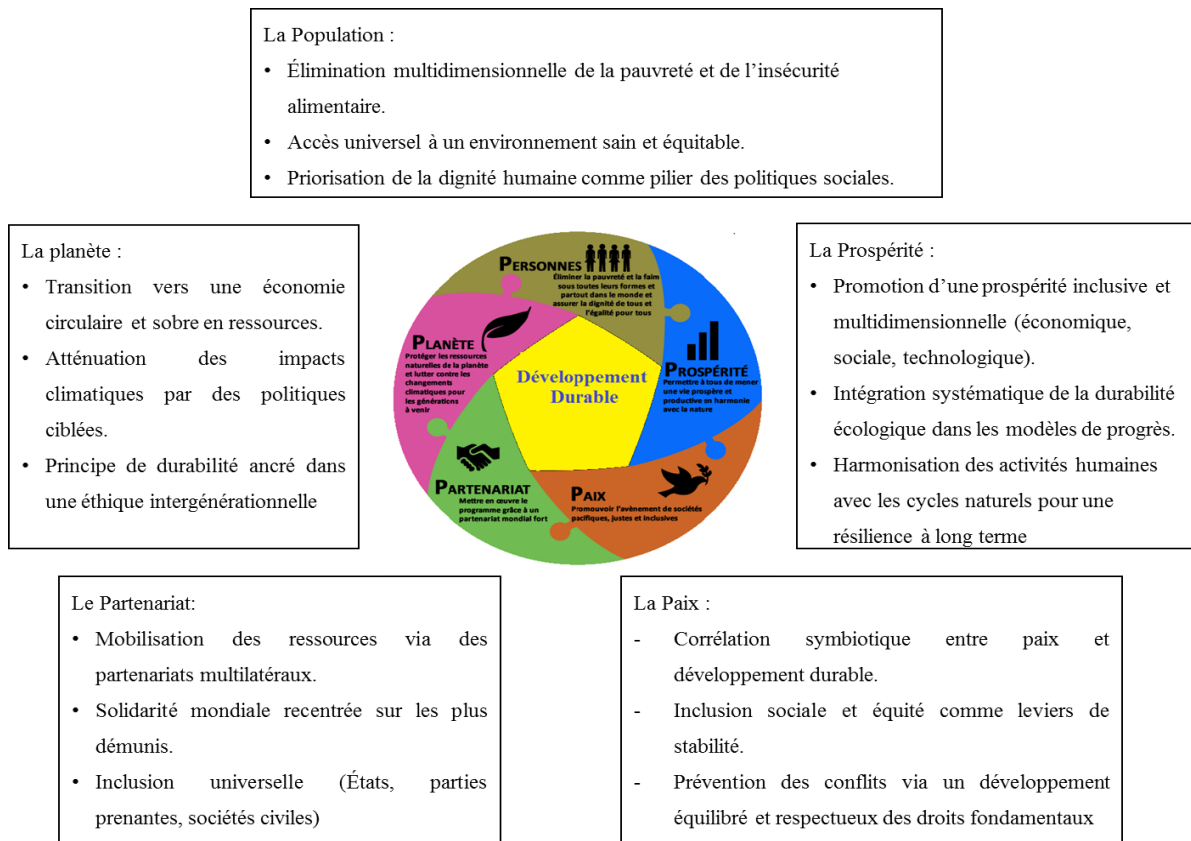


Figure n°02.06 : Les quatre piliers de l'Agenda 2030

Source: United Nations, 2016

- La planète : la nécessité de lutter contre la dégradation de la planète à travers notamment une production et une consommation durable, une gestion durable et soutenable des ressources naturelles, la lutte contre le phénomène de changement climatique, toutes ses actions sont envisagées dans le but de répondre aux besoins du présent et de ceux des générations futures.

- La population : Mettre fin à la pauvreté et à la faim dans toutes leurs formes et dimensions, garantir que tous les êtres humains puissent vivre dans un environnement sain, en toute dignité et équité.

- La prospérité : œuvrer pour une prospérité collective où chaque individu pourrait accéder à une existence épanouissante et matériellement satisfaisante, tout en alignant le progrès économique, social et technologique sur les impératifs de préservation des écosystèmes, ce qui se traduit par la conciliation de l'amélioration des conditions de vie humaines avec une croissance respectueuse des limites naturelles, assurant ainsi une coexistence durable entre développement humain et équilibre environnemental.

- Les partenariats : mobiliser les moyens nécessaires à la mise en œuvre de cet agenda par le biais d'un partenariat mondial revitalisé pour le développement durable, fondé sur un




esprit de solidarité mondiale renforcée et axé en particulier sur les besoins des plus démunis et des plus vulnérables, avec la participation de tous les pays, de toutes les parties et de tous les peuples.

- La paix : favoriser l'émergence de sociétés pacifiques, juste et inclusives, libérées de la peur et de la violence, il ne peut y avoir de développement durable sans paix et vice versa.

2.4.3. Lecture des objectifs de développement durable par rapport à la gestion des déchets

Les objectifs de développement durable (ODD) identifient 17 priorités pour un développement socialement juste, respectueux de l'environnement, économiquement prospère, inclusif et prévisible d'ici 2030 (tableau n°02.01) :

Tableau n°02.01 : les 17 Objectifs de Développement durable (ODD)

	<p>ODD1 : L'éradication de la pauvreté « Éliminer la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde »</p>
<p>Dû au COVID 19, le monde a connu la première hausse de l'extrême pauvreté en une génération, entre 119 et 124 millions de personnes de plus ont basculé dans l'extrême pauvreté en 2020. Selon les estimations des nations unies le taux mondial de la pauvreté devrait atteindre 7% en 2030 de ce fait cet ODD ne sera pas atteint. Pour ce qui de la gestion des déchets au sein de cet objectif, on parle de la garantie d'un accès égal aux services de base dont la gestion des déchets solides en fait partie, ainsi que de la création d'offres d'emplois issues des activités de recyclage et de réutilisation des déchets.</p>	
	<p>ODD2 : La lutte contre la faim « Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable »</p>
<p>En 2020 près de 2,37 milliards de personnes sont sans nourriture ou ne peuvent pas avoir une alimentation équilibrée de manière régulière, la pandémie du COVID 19 a redoublé la faim à l'échelle mondiale. La gestion des déchets participe à réduire le gaspillage alimentaire non seulement au niveau de la consommation mais aussi au niveau de la chaîne d'approvisionnement.</p>	
	<p>ODD3 : « Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge »</p>

Les déchets non collectés sont souvent déversés dans des cours d'eau ou brûlés à l'air libre, ce qui entraîne directement des pollutions provocantes des contaminations.

Les déchets obstruent également les canalisations faisant d'une part augmenter les risques d'inondation, et d'autres part en maintenant l'eau stagnante ils contribuent à l'apparition des maladies à transmission hydrique (MTH).



ODD4 : « Assurer l'accès de tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité, et promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie »

La quête d'une éducation de qualité constitue un prérequis essentiel pour l'amélioration des conditions de vie et le développement durable. Dans le domaine de la gestion des déchets, l'accent mis sur cette thématique revêt une importance cruciale, notamment en ce qui concerne la sensibilisation environnementale, qui se décline en plusieurs volets, dont l'une des composantes majeures est la pratique du tri à la source.



ODD5 : « Parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles »

Cet objectif est loin d'être atteint, les représentations des femmes dans les parlements nationaux est de 25.6%, dans les gouvernements locaux elle est de 36.3% et au niveau des postes d'encadrement elle est de 28.2%. Les femmes, constitue le premier maillon dans toute stratégie de tri sélectif à la source des déchets.



ODD6 : « Garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau »





En 2020, 2 milliards de personnes sont en manque d'eau potable gérée en toute sécurité, 3,6 milliards de personnes manquent encore de services d'assainissement gérés en toute sécurité et 2,3 milliards de personnes 29 % sont dépourvus de services d'hygiène de base.





Assurer une gestion écologiquement rationnelle de tous les types de déchets, afin d'éviter toute forme de pollution susceptible d'altérer la qualité de l'eau à travers l'élimination des décharges sauvages ou non contrôlées.



ODD7 : « Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes à un coût abordable »

En 2019, on compte 759 millions de personnes n'ont pas accès à l'électricité dont 3 sur 4 vivent en Afrique subsaharienne. En ce qui concerne la part d'utilisation de l'énergie renouvelable moderne dans la consommation finale d'énergie, elle varie selon les secteurs, les données du 2018 indiquent la répartition suivante : 25,4 % pour le secteur de l'électricité, 3,4 % pour le secteur du transport et 9,2 % pour le secteur du chauffage. De ce fait il faut accélérer les mesures relatives aux énergies renouvelables modernes en

<p>particulier dans les secteurs du chauffage et du transport, sur ce point il est à signaler que les déchets peuvent être une source d'énergie renouvelable à travers les procédés de valorisation énergétique.</p>	
	<p>ODD8 : « Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous »</p>
<p>La pandémie du COVID19 a entraîné la perte de l'équivalent de 255 millions d'emplois à temps plein, soit environ 4 x plus que pendant la crise économique mondiale (2007-2009). Le PIB réel mondial par habitant est passé de (2.2) en 2017 à (- 4.6) en 2020.</p> <p>La gestion des déchets est un des trois domaines de l'économie circulaire, cette dernière est à l'origine de l'apparition de nombreux nouveaux modèles économiques et participe à la création de nombreux emplois (le recyclage et la réutilisation renferment un potentiel important de création d'emplois).</p>	
	<p>ODD9 : « Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation »</p>
<p>Près de 300 millions des 520 millions d'habitants des zones rurales n'ont pas un bon accès aux routes dans 25 pays, ce qui fait augmenter l'isolement et la pauvreté de ces zones, cela nécessite l'amélioration de la connectivité rurale. Pour leurs parts, les avancées technologiques (par exemple la pyrolyse ou l'automatisation de tri) sont essentielles pour moderniser le secteur de la gestion des déchets.</p>	
	<p>ODD10 : « Réduire les inégalités dans les pays et d'un pays à l'autre »</p>
<p>En effet, l'implantation des centres d'enfouissement technique, des décharges contrôlées et même d'incinérateurs des déchets dans des zones marginalisées perpétue des injustices environnementales.</p>	
	<p>ODD11 : «Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables»</p>
<p>La cible exige, que la part moyenne mondiale de l'aire urbaine allouée aux rues et aux espaces publics ouverts soit de 30 % de rues et de 10–15 % d'espaces publics ouverts alors qu'en réalité elle est en deçà de la cible, en 2020 elle est de 16% .</p> <p>La première étape vers la mise en place de pratiques respectueuses de l'environnement en matière de gestion des déchets est l'élimination des décharges non-contrôlées et la pratique des brûlages à l'air libre, aussi il faut veiller à garantir l'accès de tous à des services de collecte des déchets solides: adéquats, sûrs et abordables.</p>	

	<p align="center">ODD12 : « Établir des modes de consommation et de production durables »</p>
<p>Le monde entier connaît un mode de consommation inconscient voir insoucieux des impacts néfastes qu’il fait subir à l’environnement : entre 2000 et 2017 l’empreinte matérielle mondiale a augmenté de 70%, chaque minute 1 Million de bouteilles en plastique sont achetées, et chaque année 5000 Milliards de sacs en plastique à usage unique sont jetés. En 2019 ; chaque personne a produit environ 7.3 Kg de déchets électroniques dont seulement 1.7 Kg a été recyclé.</p> <p>Afin de pouvoir faire face à ce phénomène destructeur des ressources planétaires non renouvelable, il faut penser à réduire de manière substantielle, la production des déchets à travers l’application principe de prévention et les «3R» (Réduire, Réutiliser, Recycler), ce qui va permettre aussi de créer des emplois (verts).</p>	
	<p align="center">ODD13 : « Prendre d’urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions »</p>
<p>Il faut œuvrer pour incorporer les mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques dans les politiques, les stratégies et la planification, nationales. On assiste à l’augmentation du financement des actions climatiques passant de 10% entre 2015 et 2017, atteignant une moyenne annuelle de 48.7 Milliards de Dollars. Une gestion adéquate des déchets solides peut prévenir des quantités importantes des émissions de gaz à effet de serre (GES).</p>	
	<p align="center">ODD14 : « Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable »</p>
<p>Alors que plus de 3 milliards de personnes dépendent des océans pour leur survie, la durabilité des océans est gravement menacée majoritairement par la pollution plastique marine, cette dernière génère : un effondrement de la pêche, une acidification des milieux aquatiques, une eutrophisation et un réchauffement des océans. Une gestion rigoureuse de tous les types de déchets et la lutte contre les décharges sauvages, vont permettre d’éviter que les déchets (notamment les déchets plastiques) ne finissent dans les océans.</p>	
	<p align="center">ODD15 : « Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres »</p>
<p>A travers l’exploitation durable des écosystèmes terrestres et la gestion durable des forêts, la lutte contre la désertification, et mettre fin à l’appauvrissement de la biodiversité, ceci dit, en deux décennies le monde a perdu 100 Millions d’Hectares d’espace forestier, et plus d’un quart des espèces sont menacées d’extinction. L’absence d’une gestion soucieuse</p>	

de l'environnement participe aussi à la dégradation des écosystèmes terrestres en le contaminant.



ODD16 : « Paix, justice et institutions efficaces »

La promotion de sociétés pacifiques en réduisant toutes les formes de violences, la garantie à tous l'égal accès à la justice, le développement d'institutions efficaces par le biais d'une participation dans tous les niveaux de décision



ODD17 : « Partenariat pour la réalisation des projets »

La promotion du transfert et de la transmission des technologies, la consolidation des partenariats multipartites et la revitalisation du principe de responsabilité. En matière de gestion des déchets il s'agit d'encourager le transfert des technologies appliquées dans le domaine de la gestion des déchets notamment des pays développés vers ceux en développement ce qui va participer à l'optimisation de cette gestion.

Source : Auteure. 2024

La lecture approfondie de l'ensemble des 17 ODD, soulève l'existence d'interconnexions entre la gestion des déchets et l'ensemble des ODD. En effet, la gestion des déchets présente des liaisons avec les 17 ODD, toute fois la nature de cette liaison peut être directe ou indirecte comme l'indique le tableau suivant (tableau n° 02.02).

Tableau n°02.02 : Synergies des ODD avec la gestion des déchets

Synergies GD/ODD Domaines du DD	Synergie Directe		Synergie Indirecte	
	Domaine économique	ODD 8	Travail décent et la croissance économique.	ODD 10
ODD 9		Promotion de l'innovation et des infrastructures durables		
ODD 12		Production et la consommation		
Domaine	ODD 3	Santé et le bien-être des populations et des	ODD 1	Eradication de la pauvreté.

CHAPITRE II : Gestion des déchets, objectifs du développement durable et économie circulaire :
Quelle synergie ?

social		travailleurs.		
			ODD 2	Lutte contre la faim,
	ODD 7	Accès à une énergie propre et d'un coût abordable.	ODD 4	Accès à une éducation de qualité
			ODD 5	Egalité entre les sexes.
ODD 11	Création de villes et de communautés durables.	ODD 16	Paix, la justice et des institutions efficaces.	
Domaine environnemental	ODD 6	Accès à l'eau salubre et l'assainissement,	AUCUN	
	ODD 13	Lutte contre le changement.		
	ODD 14	Protection de la faune et de la flore aquatiques		
	ODD 15	Protection de la faune et de la flore terrestres		

Source : Auteure. 2024

Les Objectifs de Développement Durable (ODD) sont classés en fonction de leur relation avec la gestion des déchets mais également en fonction de leur domaine d'appartenance (environnemental, social et économique).

La première catégorie inclut les objectifs qui présentent une liaison directe avec la gestion des déchets. La seconde catégorie quant à elle inclut les objectifs qui présentent une liaison indirecte. Cependant, il faut noter que l'ODD17 qui porte sur le renforcement des partenariats pour les objectifs mondiaux, n'appartient à aucun des trois domaines du DD, il vise à chapeauter les autres ODD, de ce fait il n'a pas été représenté dans le tableau afin d'éviter toute ambiguïté.

Bien que la gestion durable des déchets puisse contribuer de manière significative à la réalisation de la majorité des objectifs de développement durable (ODD), il est notable qu'elle ne soit pas explicitement désignée comme l'un des 17 ODD, un constat partagé par Ali et Bella (2016), Javier et al. (2020), et Bowan (2023), cependant, son rôle transversal est indéniable, même si elle ne constitue pas un ODD autonome.

2.5 .LA GESTION DES DECHETS & L'ECONOMIE CIRCULAIRE POUR BOOSTER LE DEVELOPPEMENT DURABLE

L'économie circulaire n'est plus une option, mais bien une nécessité pour atteindre les objectifs de neutralité carbone (OCDE, 2023). Pendant longtemps, le modèle économique linéaire, qui trouve ses origines dans la révolution industrielle, a engendré une crise multidimensionnelle. Cette dernière se caractérise par l'épuisement des ressources, la pollution et l'accumulation des déchets à l'échelle mondiale, effectivement selon un nouveau rapport de la Banque mondiale intitulé *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, une augmentation de 70 % de la production mondiale de déchets est attendue d'ici 2050 si aucune mesure significative n'est prise pour modifier cette tendance.

En effet, l'urbanisation rapide et la croissance démographique galopante devraient conduire à une augmentation de la quantité de déchets produits chaque année dans le monde, pour atteindre 3,4 milliards de tonnes au cours des trois prochaines décennies, contre 2,01 milliards en 2016.

Face à cette situation d'urgence, l'économie circulaire émerge comme un cadre fédérateur, proposant une « régénération des systèmes économiques et naturels ».

2.5.1. Définition de l'économie circulaire

La Fondation Ellen MacArthur, organisation à but non lucratif de référence dans le champ de l'économie circulaire, définit cette dernière comme un « système dans lequel les matériaux ne deviennent jamais des déchets et la nature se régénère ». Selon cette définition, l'économie circulaire s'articule autour de la maintenance de la circulation des produits et matériaux par le biais de processus tels que l'entretien, la réutilisation, la remise à neuf, la re-fabrication, le recyclage et le compostage » (Ellen Macarthur Foundation, 2019).

L'économie circulaire est une approche systémique du développement économique conçue pour bénéficier aux entreprises, à la société et à l'environnement. Contrairement au modèle linéaire « extraire-fabriquer-jeter », l'économie circulaire est régénérative de par sa conception qui vise à découpler progressivement la croissance de la consommation de ressources limitées en s'inspirant des écosystèmes naturels, où « rien ne se perd, tout se transforme » (Pearce et Turner, 1990).

En Algérie, l'Economie circulaire a été définie comme étant: « l'ensemble d'activités

économiques et sociales nécessitant le recours à des modes de production, de consommation et d'échange fondé sur l'éco-conception, la réparation, le réemploi, la réutilisation ou la préparation en vue de la réutilisation et le recyclage, ou le compostage et/ou la méthanisation visant à diminuer les ressources utilisées ainsi que les dommages causés à la santé publique et/ou à l'environnement » (Loi 25-02).

2.5.2. Domaines de l'économie circulaire

L'économie circulaire, en tant que modèle économique alternatif au modèle linéaire traditionnel, se décline en trois principaux domaines d'action interdépendants, chacun articulé autour de plusieurs piliers spécifiques, il s'agit de l'offre des acteurs économiques, la demande et le comportement des consommateurs et la gestion des déchets (figure n°02.07).

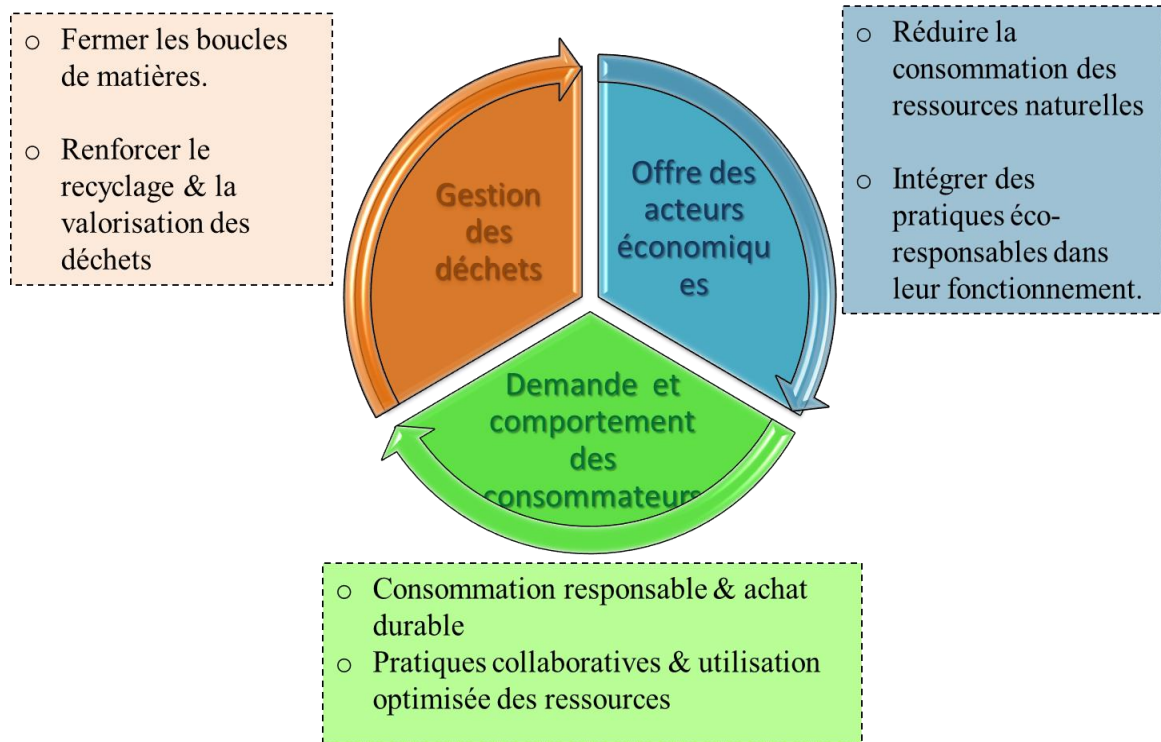


Figure n°02.07 : les principaux domaines de l'économie circulaire.

Source : ADEME.2013 + traitement de l'auteure 2025

Ces domaines d'action visent à optimiser l'utilisation des ressources, à minimiser la production de déchets et à promouvoir une consommation responsable.

En premier lieu, les acteurs économiques sont appelés à réduire la consommation des ressources naturelles et à intégrer des pratiques éco-responsables dans leur modes de production et de fonctionnement, que ce soit par l'éco-conception de produits ou de procédés, la mise en place de systèmes de gestion environnementale à l'échelle industrielle

ou territoriale, ou encore le développement de l'économie de la fonctionnalité.

En parallèle, il incombe aux consommateurs de s'engager dans une consommation responsable, marquée par l'achat durable, la participation à des pratiques collaboratives, et une utilisation optimisée des ressources.

En outre, la gestion efficace des déchets, notamment par la valorisation et le recyclage des matières organiques et non organiques, est un enjeu crucial pour la viabilité de ce modèle économique.

Chacun des domaines évoqués est étroitement liés aux sept piliers de cette approche, ils vont être détaillés ci-après.

2.5.3. Piliers de l'économie circulaire

Les piliers de l'économie circulaire sont un ensemble de principes fondamentaux visant à transformer le modèle économique linéaire en un système régénératif et durable. Ces piliers constituent la base de la mise en application de l'économie circulaire, on compte sept piliers répartis sur les trois domaines de l'économie circulaire déjà évoqués. En effet, le domaine de l'offre des acteurs économiques regroupe quatre piliers (l'approvisionnement durable, l'éco-conception, l'écologie industrielle, l'économie de l'usage), le domaine de la demande et comportement des consommateurs renferme deux piliers (la consommation responsable et l'allongement de la durée de l'usage) et enfin le troisième domaine de la gestion des déchets se distingue par un seul pilier (le recyclage/ la valorisation) (figure n02.08).

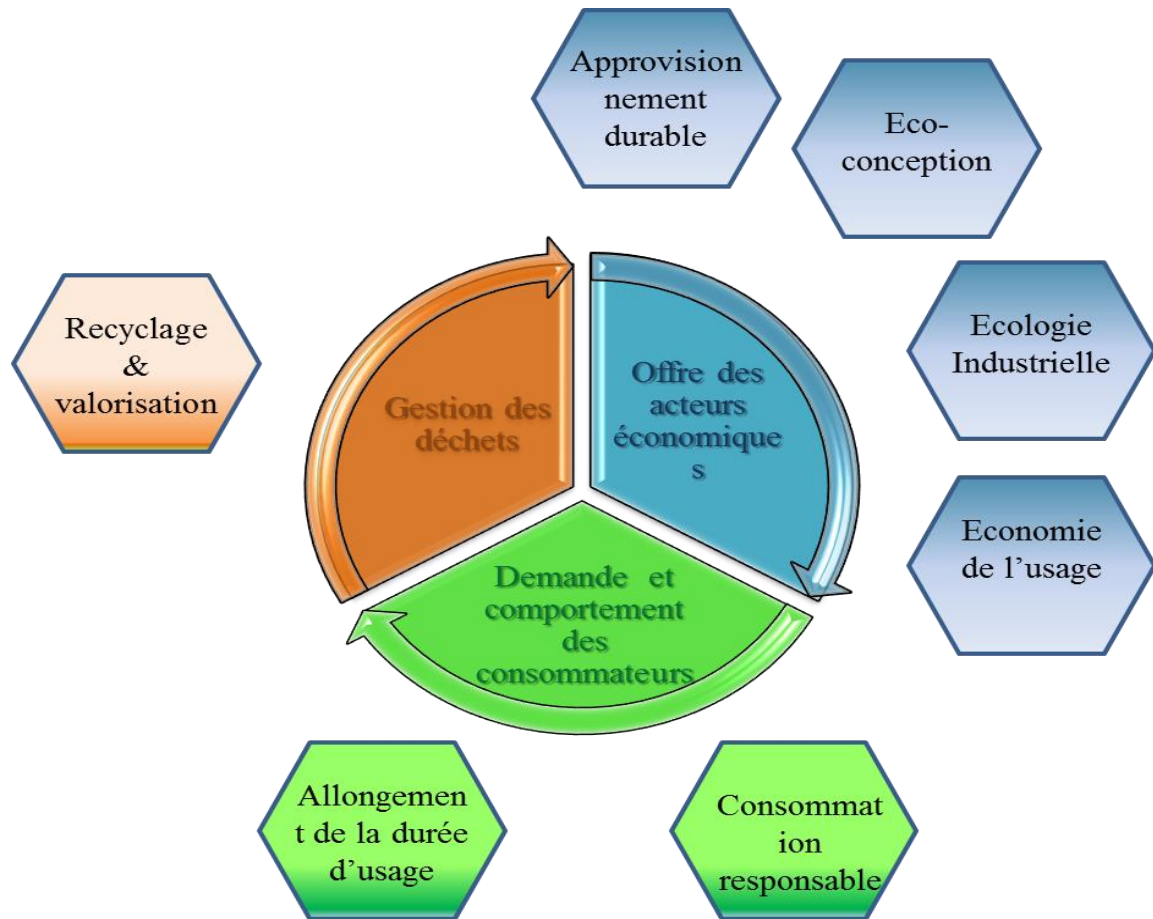


Figure n°02.08 : les piliers de fonctionnement de l'économie circulaire.
Source : Auteure. 2025

a. L'approvisionnement durable

Il s'agit d'un « mode d'exploitation/d'extraction des ressources visant à exploiter ces dernières de façon efficace tout en limitant les rebuts d'exploitation et en réduisant l'impact sur l'environnement. Ce mode d'exploitation peut concerner les matières énergétiques et minérales (mines et carrières), ou l'exploitation agricole et forestière. Il peut s'agir de matières ou d'énergies renouvelables ou non renouvelables. » (ADEME, 2013).

b. L'éco-conception

L'éco-conception : « c'est la conception d'un produit, d'un bien ou d'un service qui prend en compte, afin de les réduire, ses effets négatifs sur l'environnement tout au long de son cycle de vie, en cherchant à préserver ou à améliorer ses qualités ou ses performances » (ADEME, 2013).

c. L'écologie industrielle et territoriale

L'écologie industrielle : appelée également symbiose industrielle soutient la mise en œuvre des synergies intersectorielles où les déchets d'une entreprise deviennent les intrants d'une autre (Chertow, 2000). Cette démarche, initiée à l'échelle territoriale, s'inscrit dans une logique de collaboration et de mutualisation. Elle vise à optimiser l'utilisation des ressources et à réduire la dépendance aux énergies non renouvelables. En effet, ce processus induit des synergies multiples, telles que la valorisation et l'échange de flux industriels, la mutualisation de services aux entreprises, le partage d'équipements et la création de nouvelles activités (ADEME, 2013).

Le parc éco-industriel de Kalundborg (Danemark) illustre parfaitement cette approche : ses échanges de vapeur, d'eau et de sous-produits ont permis de réduire de 635 000 tonnes les émissions de CO₂ annuelles (Jacobsen, 2006).

d. L'économie de l'usage

Désignée également par le concept d'« économie de fonctionnalité », elle met l'accent sur l'utilisation plutôt que la possession, et favorise la vente de services associés aux produits plutôt que les produits eux-mêmes (ADEME, 2013).

L'objectif principal étant de transformer la logique de vente de biens en faveur de la vente de services ou de solutions intégrées qui offrent des fonctionnalités similaires ou accrues par rapport aux biens. Ce principe s'inscrit dans une logique de consommation responsable, où l'on aspire à alléger la pression sur les ressources et l'énergie, tout en générant des bénéfices environnementaux et sociaux.

A titre d'exemple la société Michelin a mis en place un service de « pneus kilomètre » destiné aux flottes de camions. Selon une étude de 2015 menée par Tukker, ce service a permis d'accroître la durée de vie des pneus de 20 %. Cependant, la mise en œuvre de ce modèle s'avère complexe en raison des réticences des consommateurs à adopter de nouvelles pratiques d'achat, souvent influencées par des habitudes profondément ancrées (Tukker, 2015).

e. La consommation responsable

La consommation responsable a pour objectif de guider les décisions d'achat des acteurs économiques et citoyens en intégrant une évaluation des impacts environnementaux à chaque étape du cycle de vie des produits (biens ou services). Elle

s'appuie sur les normes d'analyse du cycle de vie (ISO 14040/44), pour internaliser les coûts écologiques souvent externalisés dans les modèles linéaires, conformément aux objectifs de l'économie circulaire (Gong et al, 2012).

f. L'allongement de la durée d'usage du produit

L'allongement de la durée d'usage du produit correspond à la remise dans le circuit économique, des produits ne répondant plus aux besoins du premier consommateur. Pour y parvenir, il est essentiel de considérer les pratiques suivantes :

- Le réemploi, qui implique la remise dans le circuit économique des produits ne répondant plus aux besoins du premier consommateur.

- La réparation, qui permet aux biens en panne de retrouver une deuxième vie grâce à l'utilisation de pièces neuves ou d'occasion issues du processus de réutilisation. A titre d'exemple, l'indice de la réparabilité obligatoire en France depuis 2021 a augmenté de 40 % les taux de réparation des appareils électroménagers (ADEME, 2022). Néanmoins, l'obstacle majeur à la réparation réside dans l'obsolescence programmée, 54% des gros appareils électroménagers tombent en panne avant leur cinquième année d'utilisation (Guien, 2019).

- La réutilisation, qui consiste à réparer ou à démonter certains déchets, puis à trier les pièces encore en état de fonctionnement afin de les revendre.

g. Le recyclage & la valorisation des déchets

Le principe de recyclage, est défini comme la « réutilisation des matières premières issues des déchets, en boucle fermée (produits similaires) ou en boucle ouverte (utilisation dans d'autres types de biens) ». Ce principe constitue un enjeu écologique et économique majeur, il vise à réintroduire dans le cycle de production d'un produit des matériaux issus de produits en fin de vie ou des résidus de fabrication, participant ainsi à absorber d'immenses quantités de déchets destinés au paravent à l'élimination.

La valorisation des déchets pour sa part, englobe l'ensemble des processus par lesquels ces derniers, y compris les matières organiques, sont transformés en substances, matériaux ou produits. Cette transformation vise à rétablir la fonctionnalité initiale des éléments valorisés ou à leur conférer de nouvelles applications. Ainsi, la valorisation s'inscrit dans une logique de circularité des ressources, minimisant l'extraction de matières premières vierges et réduisant l'impact environnemental associé à l'élimination des déchets (ADEME,

2013).

L'économie circulaire apparaît ainsi comme un modèle économique permettant une gestion plus efficace des déchets sur les plans : économique, écologique et social, transformant ainsi la gestion des déchets d'un problème en une opportunité concrète pour atteindre les objectifs du développement durable.

Effectivement, elle représente une transformation majeure dans la gestion des déchets du fait qu'elle repose sur une approche radicalement nouvelle, cette dernière ne consiste plus à appréhender les déchets comme une contrainte environnementale à résoudre, mais plutôt comme une ressource à exploiter. En effet, du côté des producteurs, l'adoption de l'écologie industrielle et territoriale favorise la mutualisation des ressources et des services, transformant les déchets en matières premières pour de nouvelles activités.

L'éco-conception, quant à elle, intègre les considérations environnementales dès la conception des produits, tandis que l'économie de la fonctionnalité privilégie la vente de l'usage plutôt que la possession des biens.

Les consommateurs, de leur côté, sont appelés à adopter des comportements plus responsables, en privilégiant la consommation de produits éco-labellisés, en s'engageant dans des pratiques collaboratives telles que le prêt, la location et l'échange, en prolongeant la durée de vie des objets par l'entretien et la réparation, et en assurant un tri rigoureux des déchets pour faciliter le recyclage, mais il faut noter que le recyclage, bien que nécessaire, ne saurait suffire, car il consomme de l'énergie et ne s'applique pas à tous les déchets de ce fait la réduction de la production de déchets s'impose donc comme une priorité (prévention).

CONCLUSION

Les avancées conceptuelles et techniques des dernières décennies, qu'il s'agisse de la hiérarchie des déchets, de la gestion des déchets ou de l'économie circulaire, témoignent d'une évolution prometteuse, mais encore inachevée de l'intérêt porté au domaine de la gestion des déchets.

En effet, la hiérarchie de gestion, bien que fondée sur des principes scientifiques, rencontre des difficultés à s'imposer face aux logiques économiques, notamment dans les pays en développement où les contextes économiques, financiers et institutionnels encouragent l'adoption de solutions rudimentaires au détriment de solutions plus durables, et où la persistance à l'heure actuelle des décharges non contrôlées souligne l'écart entre les normes internationales et les réalités locales.

C'est dans cette optique que l'Agenda 2030 a établi un cadre d'action intégré pour le développement durable, dans lequel les objectifs de développement durable (ODD) et la gestion des déchets entretiennent des synergies profondes. En effet, il apparaît que, dans un contexte de gestion durable des déchets, il est possible de contribuer à la réalisation de l'ensemble des ODD, que ce soit de manière directe ou indirecte.

Paradoxalement, malgré cette importance capitale pour le développement durable, la gestion des déchets n'est pas érigée en objectif autonome, bien qu'elle influence de manière transversale sur l'ensemble des ODD.

Cependant, la concrétisation de ces synergies requiert l'alignement des impératifs globaux avec les contextes locaux (penser globalement, agir localement). Dans ce sens, l'économie circulaire se présente comme un modèle fédérateur, promouvant une approche systémique où la gestion des déchets est envisagée comme une source de matériaux réinsérés dans les cycles économiques, allongeant la durée de vie des produits, réduisant la pression sur les ressources naturelles et diminuant la production des déchets.

CHAPITRE III :

Cycle de vie d'un centre d'enfouissement
technique (CET) classe II: « de la conception
à la gestion de la post-fermeture »

INTRODUCTION

Les centres d'enfouissement technique sont apparus pour mettre fin aux pratiques antérieures d'élimination des déchets dans les décharges sauvages ou non contrôlées, en garantissant une élimination des déchets plus respectueuse de l'environnement et de la santé publique. Ils ont représenté la méthode la plus répandue pour l'élimination organisée des déchets, et ils demeurent encore une pratique courante dans de nombreux pays. Cette prééminence s'explique par plusieurs avantages, notamment la simplicité du procédé, le faible coût d'investissement, la grande capacité de traitement et le coût d'exploitation réduit par rapport à d'autres modes d'élimination.

À l'échelle internationale, les infrastructures dédiées à l'élimination contrôlée des déchets solides présentent des désignations variées selon les contextes nationaux. Ainsi, au Canada, elles sont désignées sous l'appellation de : Lieu d'Enfouissement Technique (LET), tandis qu'en France, le terme : Centre de Stockage des Déchets (CSD) est employé, en Algérie, ces installations portent le nom de Centres d'Enfouissement Technique (CET). Ces divergences terminologiques ne remettent toutefois pas en cause l'uniformité du procédé opérationnel sous-jacent, en effet, quelle que soit la nomenclature locale, ces structures reposent sur un principe commun : le confinement des déchets par enfouissement ou stockage souterrain, dans l'objectif de réduire leurs effets néfastes sur l'environnement permettant ainsi à concilier gestion des résidus solides et atténuation des risques écologiques associés.

A travers ce chapitre, nous allons nous pencher sur les centres d'enfouissement techniques des déchets ménagers de classe II, en tant qu'infrastructures essentielles pour la gestion des déchets, leur cycle de vie qui débute avec la conception, ensuite l'exploitation et la phase de post-exploitation et enfin la fermeture.

Par ailleurs, nous allons examiner comment les centres d'enfouissement technique (CET), en qualité d'installation pour la protection de l'environnement peuvent contribuer à atteindre certains objectifs de développement durable (ODD) adoptés à l'échelle internationale par les Nations Unies dans le cadre de l'Agenda 2030.

3.1. APERÇU GENERAL SUR L'ELIMINATION DES DECHETS SOLIDES

Longtemps, le mode d'élimination des déchets consistait à entasser les déchets solides dans un terrain et attendre que le temps fasse son œuvre. Aujourd'hui, les installations d'élimination de déchets sont devenues de véritables sites industriels, soumis à une réglementation stricte et faisant l'objet de règles rigoureuses de conception, d'exploitation et de surveillance.

Le rapport What a Waste 2.0 met en évidence une diversification des modes de traitement et d'élimination des déchets à l'échelle mondiale, l'analyse de la figure ci-dessous révèle une prédominance significative de l'enfouissement, qui représente à lui seul 33 % des pratiques observées, le recyclage, avec 25 %, se positionne en deuxième ce qui suggère une prise de conscience de l'importance de la valorisation des déchets, néanmoins, il est à noter que les méthodes alternatives, telles que le compostage (14 %) et l'incinération (11 %), restent relativement marginales. Enfin, les décharges contrôlées (4 %) et les CET (Centres d'Enfouissement Technique) avec récupération de gaz (8 %) représentent des options intermédiaires, tandis que les décharges à ciel ouvert (5 %) et les autres méthodes (1 %) occupent la dernière position (Kaza et al, 2018) (figure n°03.01).

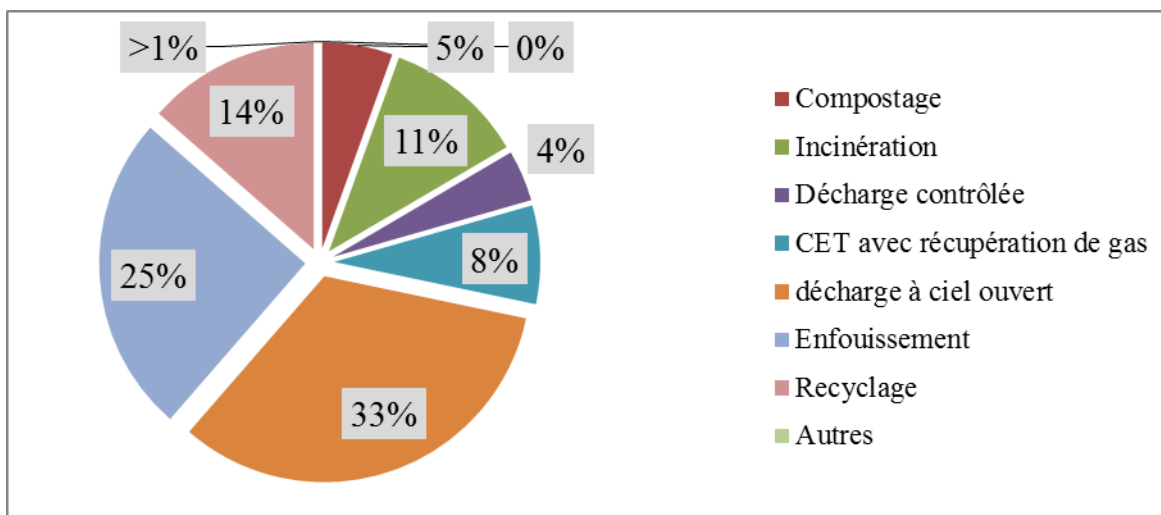


Figure n°03.01 : Répartition Mondiale des modes de traitement et d'élimination des déchets solides

Source: Kaza et al, 2018

Les pratiques d'élimination des déchets varient considérablement selon le niveau de revenu et la région, selon le rapport de la banque mondiale, les décharges à ciel ouvert sont très répandues dans les pays à faible revenu, où les centres d'enfouissement technique sont inexistantes ou insuffisants. Effectivement, environ 93 % des déchets sont brûlés ou

déversés sur les routes, les terrains vagues ou les cours d'eau dans les pays à faible revenu, alors que dans les pays à revenu élevé 2 % seulement des déchets sont mis en décharge. La principale raison de l'augmentation de la mise en décharge dans les pays en développement est l'absence d'autres méthodes de gestion des déchets, en plus du fait qu'il s'agit d'une option relativement bon marché par rapport aux autres options de gestion des déchets (Ngoc & Schnitzer, 2009).

3.1.1. Formes de la mise en décharge des déchets solides

Il existe plusieurs formes de mise en décharge des déchets solides, on note : la décharge publique, la décharge contrôlée et la décharge sanitaire ou le centre d'enfouissement technique, ces trois formes se distinguent les unes des autres par rapport à plusieurs facteurs, ces derniers sont divisés en deux grandes catégories : en premier lieu on trouve les facteurs environnementaux (l'atmosphère, le sol et sous-sol, l'eau de surface et souterraine, la faune et la flore) en deuxième lieu viennent les facteurs socio-économiques (les paysages, l'économie, la société, le cadre de vie), (tableau n°03.01).

Tableau n°03.01 : Comparaison entre les différents modes de mise en décharge des déchets solides

Facteur	Décharge publique	Décharge contrôlée	Décharge sanitaire (CET)
Facteurs environnementaux			
Atmosphère			
Existence du Feux	Oui acte intentionnel	Limité	Improbable
Rejets de gaz dangereux	Existent, en l'absence d'un captage de gaz	Existent, en l'absence d'un captage de gaz	Existent, en l'absence d'un captage de gaz
Contrôle des GES	Possible, mais avec une faible efficacité de collecte	Possible, l'efficacité de la collecte dépendra des conditions du site	Possible
Odeurs nauséabondes	Existante	Possible, dépendant du site et si les GES sont contrôlés	Minime, si les mesures adéquates sont prises afin d'assurer la couverture du déchet et le contrôle des

			GES
Sol & sous-sol			
Modification de la topographie	Oui	Oui	Oui
Contamination (lixiviat)	Oui	Possible, selon les conditions de la base de la décharge ou du revêtement	Non
Migration du gaz	Oui	Possible, selon les conditions du site	Non
Eau de surface & souterraine			
Canalisation des ruissellements	Non	Possible, conditionnée par les caractéristiques du site	Oui
Contamination	Probable	Possible dans le cas où les couches d'imperméabilité ne sont pas utilisées	Minime
Existence du système de surveillance	Non	Non	Oui
Flore			
Altération de la couverture végétale	Oui	Oui	Oui
Faune			
Changement de la biodiversité	Probable	Oui	Non
Existence du control des vecteurs	Non	Potentielle, dépendant des conditions que présente le site	Non
Facteurs socio-économiques			
Paysage			
Modification de l'état	Oui	Oui, peut être atténué à l'aide d'un tampon visuel	Oui, peut être atténué à l'aide d'un tampon visuel

		(écran)	(écran)
Populations			
Risques pour la santé	Oui	Potentiellement, selon les conditions du site	Potentiellement, selon les conditions du site
Image négative	Oui	Oui	Améliorée, s'il y'a une utilisation post fermeture du terrain
Education environnementale	Non	Oui, dans certains cas	Oui, avec une planification minutieuse
Economie			
Baisse de la valeur du foncier	Oui	Oui	Oui
Emploi formel	Non	Oui	Oui
Changement dans l'utilisation du terrain	Oui	Oui	Oui
Social			
Emploi informel	Oui	Oui, dans certains cas	Non

Source: United States Environmental Protection Agency, 2012

3.1.2. Avènement de l'enfouissement technique des déchets : « de la décharge brute au centre d'enfouissement technique »

Les centres d'enfouissement techniques sont venus pour faire face à la pratique de l'élimination dans les décharges sauvages qui sont désormais perçues comme une source d'altération de la santé publique et de l'environnement du moment où elles ne bénéficient pas d'une gestion appropriée, les impacts suivants sont observés :

- **La Pollution de l'air** : les sites d'élimination des déchets solides émettent des quantités importantes de méthane (CH₄), ils produisent également du dioxyde de carbone biogène (CO₂) et des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) ainsi que de plus petites quantités d'oxyde nitreux (N₂O), d'oxydes d'azote (NO_x) et de monoxyde de carbone (CO). Ces émissions produites par les sites d'élimination contribuent pour

environ 3 à 4 pour cent des émissions mondiales annuelles de gaz à effet de serre d'origine anthropique (GIEC, 2001).

- **Les risques d'incendies spontanés** : les incendies spontanés au niveau des décharges présentent des effets sur la santé humaine et l'environnement naturel : lors d'un incendie de décharge (à la fois en surface et sous la surface), des composés chimiques très variés sont générés participant à la dégradation de la qualité de l'air. Par ailleurs, les feux de décharge émettent également des composés très divers, parmi lesquels, le benzène et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), qui sont classés comme cancérigènes pour l'homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) (Observatoire régional de l'air de Guyane, 2012).

- **Pollution des eaux souterraines et des eaux de surface** : Elle est engendrée par l'infiltration de l'eau de pluie dans les tas de déchet et/ou le contact du déchet avec l'eau de ruissellement, cette eau va par la suite être chargée de polluants et se déverser ensuite dans le sol et les ressources en eau, les rendant ainsi contaminés.

- **Prolifération de la maladie** : En l'absence d'une couverture appropriée les déchets peuvent attirer les insectes, la vermine et d'autres animaux porteurs potentiels de maladies ce qui représente un risque pour la santé des travailleurs et les populations avoisinantes.

- **Les mauvaises Odeurs** : Le processus de décomposition de la fraction organique des déchets engendre des mauvaises odeurs ce qui a un impact négatif sur la qualité de vie du voisinage et touche même les valeurs de propriété.

En observant les impacts cités ci-dessus, l'enfouissement technique où les déchets sont éliminés dans une infrastructure spécialement conçue qui comprend des équipements de réduction des différentes pollutions environnementales et où les pratiques de contrôle des déchets sont soigneusement mises en œuvre, ne peut pas être assimilé à une mise en décharge. Au fait, l'enfouissement technique, avec ou sans valorisation préalable de la matière, est dans la plupart du temps l'option privilégiée avant une progression ultérieure vers des modes de traitement plus industrialisés et sophistiqués.

3.1.3. Modes d'élimination des déchets solides basés sur l'enfouissement

En ce qui concerne les modes d'élimination des déchets solides qui se base sur l'enfouissement, il existe 3 trois grandes principales formes. Il est à noter que ces procédés peuvent être distingués les uns des autres en raison des mécanismes et des impacts environnementaux qui leur sont propres, (figure n° 03.02).

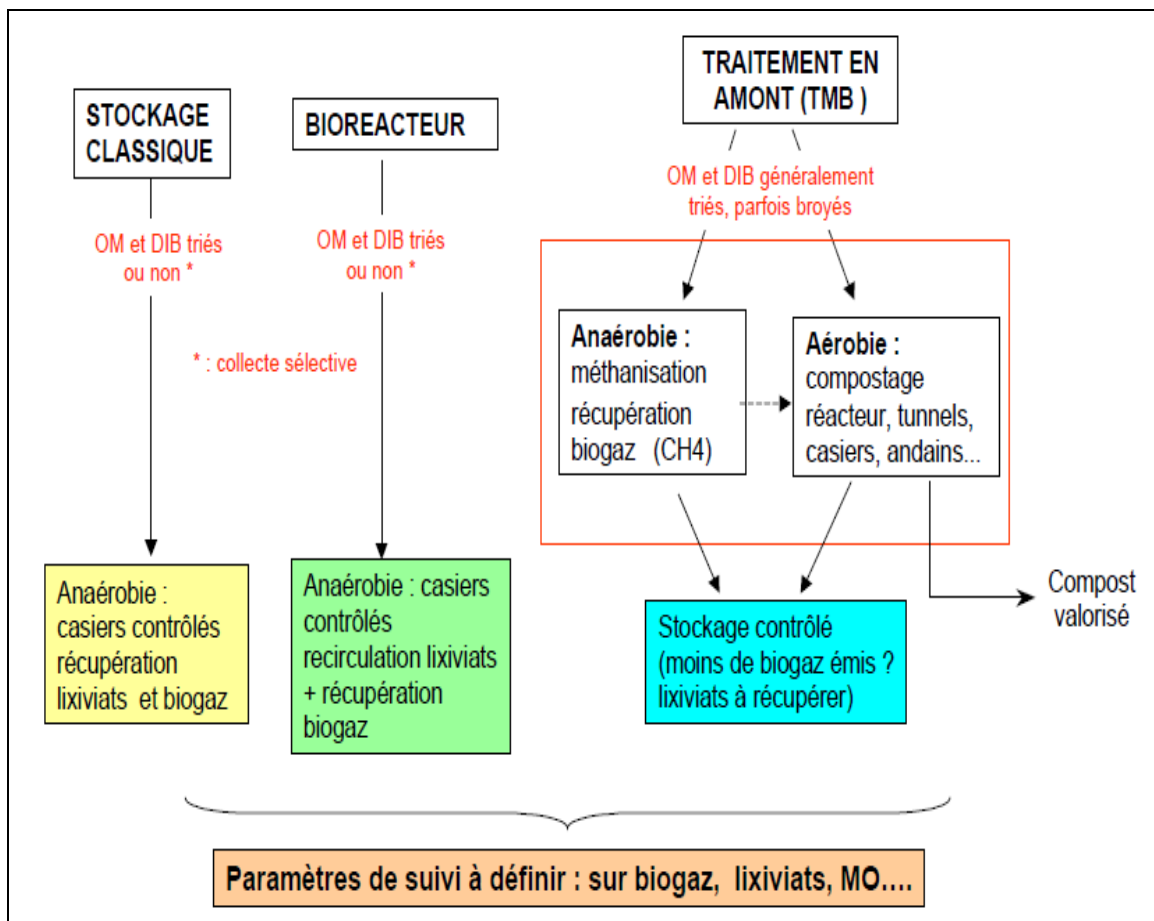


Figure n°03.02 : les formes d'enfouissement des déchets solides

Source : ADEME, 2008

a. **L'enfouissement simple** : ou bien « stockage contrôlé », il se fait sans prétraitement, dans des casiers dont la couverture est plus ou moins étanche ; le biogaz est récupéré et brûlé ou valorisé ; les lixiviats sont collectés et traités en station de traitement. Bien que certaines collectes sélectives puissent réduire les volumes de déchets enfouis, cette méthode reste associée à des impacts environnementaux majeurs. En effet ; la décomposition anaérobie des matières organiques dans ces sites est à l'origine de la production de méthane (CH_4), un gaz à effet de serre (GES) dont l'effet de serre est 28 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone (CO_2), comme l'indique le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC. 2014), pour leur part, les lixiviats,

chargés de métaux lourds et de composés organiques, contaminent fréquemment les sols et les nappes phréatiques, en particulier dans les régions dépourvues de systèmes de traitement avancés (Kjeldsen et al., 2002). Bien que les décharges contrôlées soient émettrices en quantité moindre par rapport au stockage classique, elles demeurent tributaires de la qualité des infrastructures (géo-synthétiques, réseaux de drainage). En termes de lixiviats, les décharges contrôlées réduisent de moitié les fuites de lixiviats, cependant, leur coût opérationnel élevé constitue un obstacle majeur à leur adoption dans les pays en développement (Gentil et al. 2011).

b. Le traitement des déchets en amont de l'enfouissement : TMB (traitement mécano-biologique) : Ce procédé comporte plusieurs étapes : une première phase de traitement mécanique, suivie d'une ou deux phases de traitement biologique : un traitement anaérobie (méthanisation) et/ou un traitement aérobie (compostage). Ce traitement avant enfouissement est réalisé dans le but de stabiliser le résidu (déchet), qui est par la suite soit mis au centre de stockage, soit valorisé sous forme de compost qui pourra être utilisé comme amendement organique pour l'agriculture. Il a pour effet de réduire les volumes de déchets destinés à l'enfouissement et d'améliorer l'homogénéité des déchets, facilitant ainsi leur décomposition ultérieure. En outre, une étude menée par un ensemble de chercheurs en évidence que le TMB (traitement mécano-biologique) réduit les émissions de gaz à effet de serre (GES) sur l'ensemble du cycle de vie des déchets entre 20 et 30 %, bien que son efficacité soit tributaire de la qualité du tri initial (Laurent et al. 2014).

c. Le traitement *in-situ*, lors de l'enfouissement « le bioréacteur » : L'emploi de bioréacteurs permet la modernisation du processus d'enfouissement, en ce sens qu'il optimise les conditions de décomposition. Cette optimisation a pour effet de réduire les impacts environnementaux. Les déchets subissent un prétraitement mécanique le plus souvent limité portant sur une simple opération de tri grossier, ou encore un broyage, ils sont par la suite mis dans des casiers spécialement conçus qui intègrent un système de recirculation contrôlée des lixiviats et une récupération active du biogaz. La recirculation des lixiviats accélère la dégradation anaérobie, ce qui se traduit par une augmentation de la production de CH₄. Ce dernier peut alors être capturé pour une valorisation énergétique, cette approche permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) jusqu'à 70 % en comparaison avec les décharges conventionnelles (Erses et al. 2008). Cependant, il convient de souligner que cette approche requiert des investissements initiaux substantiels et une surveillance rigoureuse des paramètres environnementaux, tels que le pH et

l'humidité, afin d'empêcher l'acidification des déchets (Bolyard et Reinhart, 2016). Les déchets ne sont pas stabilisés au moment de l'enfouissement, et leur dégradation a lieu au cours du stockage.

Malgré que les bioréacteurs et le traitement mécano-biologique représentent des avancées significatives par rapport à la mise en décharge classique, leur déploiement à grande échelle reste tributaire de politiques publiques rigides, de financements adaptés et d'une intégration des acteurs informels (Wilson et al. 2015).

3.2. LES CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DECHETS

3.2.1. Définition

Un centre d'enfouissement technique (CET) ou centre de stockage des déchets (CSD) ou encore la décharge sanitaire (appellation tirée de l'anglais : Sanitary Landfill) est : « un ensemble de 'casiers' divisés en alvéoles, indépendants sur le plan hydraulique et entourés de digues étanches ». Selon l'article 3 du décret exécutif n° 04-410 du 2 Dhou El Kaada 1425 correspondant au 14 décembre 2004 fixant les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission de ces déchets au niveau de ces installations, le CET serait donc « une Installation (classée) de traitement des déchets destinée à l'élimination des déchets, en minimisant les risques de pollution ou contamination de l'environnement.

Les CET représentent la méthode d'élimination des déchets solides la plus populaire, il s'agit d'un site d'élimination en sol appliquant de diverses techniques d'une manière à réduire le volume des déchets enfouis en les compactant et en leur appliquant une couche de couverture journalière (Davis et Cornwell, 1998), le contrôle des différents effluents est indispensable afin de garantir une élimination respectueuse de l'environnement et de la santé humaine.

Un CET est donc un site destiné à l'élimination des déchets solides, qui met systématiquement en œuvre certaines pratiques liées soit à la conception, soit à l'exploitation quotidienne ou encore au contrôle et à la surveillance, il s'agit des pratiques suivantes :

- L'utilisation de revêtements et de systèmes de collecte de lixiviats et de gaz afin de contrôler ou prévenir les effets environnementaux négatifs et leur impact ultérieur sur la santé publique et la sécurité.
- L'élimination des déchets dans une zone de travail spécifique et clairement définie.

- Le compactage des déchets afin de préserver les ressources du sol.
- L'application quotidienne de matériau de couverture afin de contrôler les risques liés à l'exposition des déchets.
- La surveillance des eaux souterraines afin de détecter d'éventuelles fuites dans les revêtements.

Le CET peut également évoluer vers la production énergétique par le biais de la valorisation du biogaz produit lors de la fermentation anaérobie de la fraction organique constituant les déchets ménagers (Asnoune, 2017).

3.2.2. Les classes des Centres d'enfouissement techniques

Dans tous les pays utilisant les centres d'enfouissement technique (CET) comme mode d'élimination de leur déchets solides, il existe trois classes de CET, en Algérie on trouve les classes suivantes :

Les CET classe I : destinés à recevoir les déchets spéciaux.

Les CET classe II : destinés à recevoir les déchets ménagers et assimilés (DMA).

Les CET classe III : destinés à recevoir les déchets inertes (figure n°03.03)

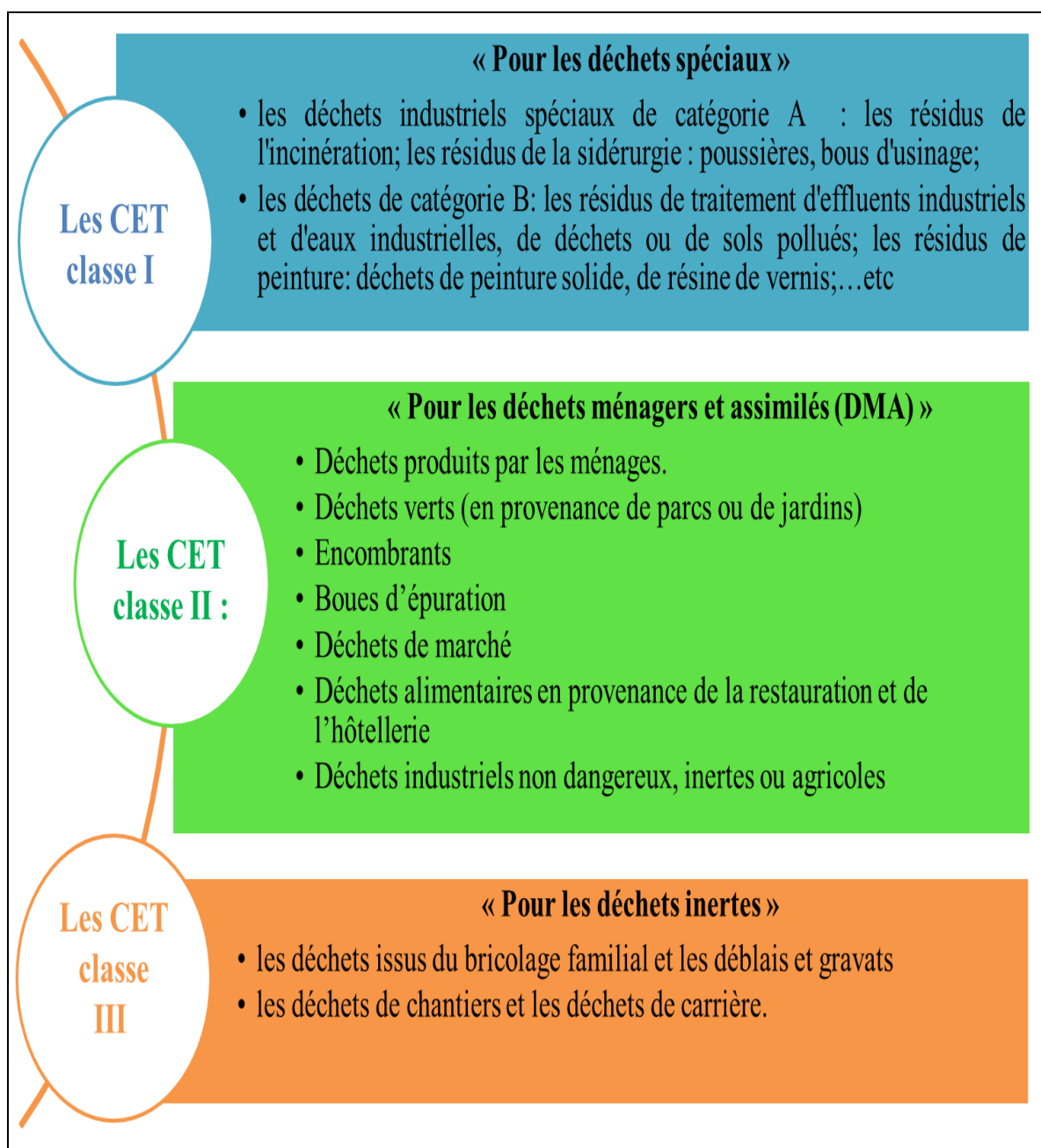


Figure n°03.03: Classification des Centres d'enfouissement technique en Algérie
Source : Auteur, 2024.

Soulignons que cette classification dépend de la nature du déchet que le CET va recevoir, par le terme nature on fait référence à la composition ainsi qu'à la dangerosité du déchet admis.

3.3. ANATOMIE GLOBALE D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE CLASSE II

Bien que la présente recherche s'intéresse uniquement au CET de classe 2 (déchets ménagers et assimilés) mais il existe certaines ressemblances au niveau de la conception, de la réalisation et de l'exploitation avec les deux autres classes de CET.

Dans un CET classe 2, les déchets enfouis sont de nature hétérogène, ils sont composés de matière organique biodégradable et de matière inorganique tels que : les plastiques, les verres, les céramiques, lorsque la fraction organique se dégrade et se décompose, elle déclenche une série de processus physiques, chimiques et biologiques, suite auxquels sont produits les lixiviats et les biogaz (figure n°03.04).

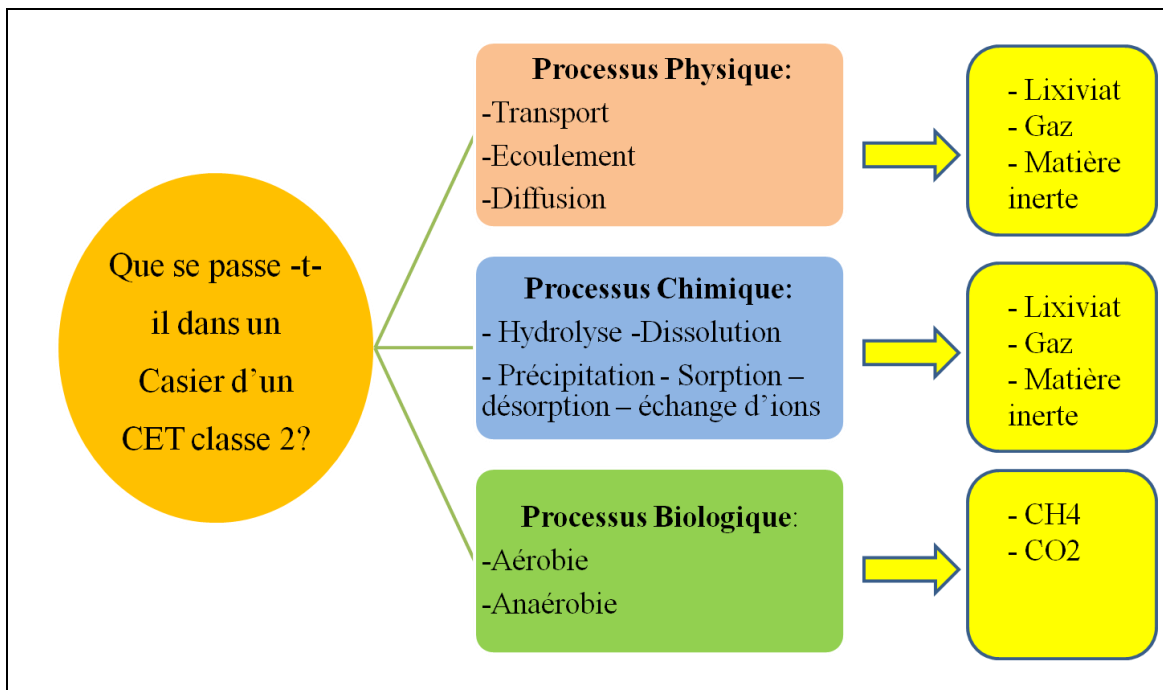


Figure n°0 3.04:Que se passe-t-il dans un casier d'un centre d'enfouissement technique des déchets ?

Source: Thonart, 2005.

Un centre d'enfouissement technique classe 2 est constitué de plusieurs éléments (MEER.2017), ces éléments sont présentés ci-dessous, (figure n° 03.05).

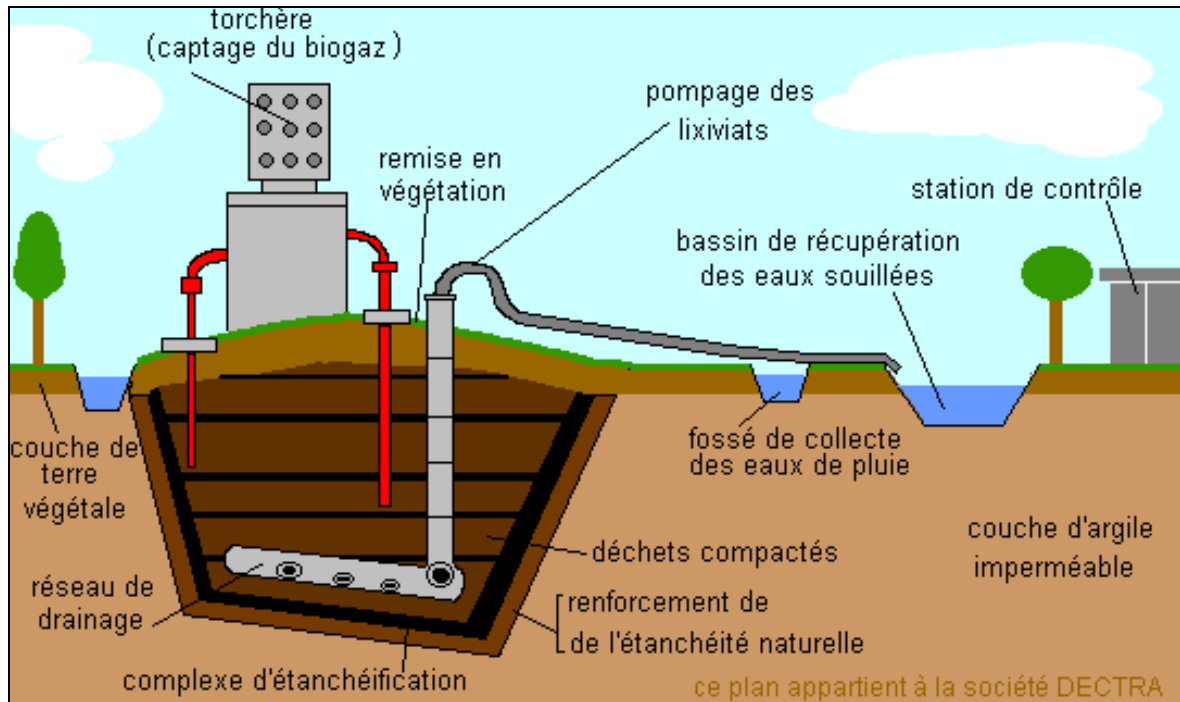


Figure n°03.05: Coupe schématique d'un CET typique

Source : ZENASNI, M A. (2023).

Le centre d'enfouissement technique classe 2, peut être réparti en deux grandes zones de fonctionnement :

- Une zone d'accueil & de réception :

Elle comporte un pont bascule, un bâtiment administratif, un parking pour véhicule, un garage pour engins, un hangar de maintenance, des installations sanitaires, d'hygiène et de sécurité (WC, vestiaires, réserve d'eau, etc.)

- Une zone de service & d'exploitation :

Elle représente l'élément central du CET et correspond à la zone d'exploitation du CET, elle est constituée de :

- Une sous-zone d'enfouissement des déchets proprement dit qui est délimitée en casiers.

- Une sous-zone de récupération et de traitement des effluents

- Une installation de récupération et de traitement des lixiviats

- Une installation de récupération et de traitement des biogaz

- Une sous- zone d'emprunt ou de stockage des matériaux de recouvrement

L'ensemble du CET est doté des éléments suivants :

- Une clôture
- Des voies et réseaux divers
- Un réseau de contrôle
- Des équipements d'exploitations
- Des aménagements paysagers.

3.4. CYCLE DE VIE D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE CLASSE II

Un centre d'enfouissement technique classe II est une installation conçu pour l'élimination des déchets ménagers et assimilés, ce type de CET, comporte différentes phases dans son cycle de vie, on énumère cinq grandes phases(5) :

La première phase « la Conception » : comporte toutes les études préliminaires nécessaires pour la construction du C.E.T : géologique, topographique, hydrauliques, géotechniques...etc.

La deuxième phase « La Réalisation » : englobe tous les travaux de terrassement, d'aménagement et de construction des différents éléments constituant le C.E.T

La troisième phase : « l'exploitation » : elle désigne la période fonctionnelle proprement dit du C.E.T, elle s'étale généralement sur une période allant de 5 à 20 ans.

La quatrième phase : « la Fermeture » : correspond à la période allant du remplissage total du dernier casier jusqu'à la fin de l'exploitation des installations de surveillance environnementale existantes du fait de la diminution du niveau des émissions (gazeuses et liquides), elle peut durer de 20 à 100 ans.

La cinquième phase : « la Post-Fermeture » : se caractérise par un niveau acceptable des émissions ainsi que par l'intégration des casiers avec leurs espace environnant.

3.4.1. Phase de conception

a. Collecte et étude des données préliminaires

Avant même d'initier la phase de sélection du site destiné à la réalisation d'un centre l'enfouissement des déchets, il est impératif de conduire une analyse préliminaire rigoureuse visant à identifier les besoins spécifiques liés à l'élimination des DMA, cette démarche préalable, exige une étude approfondie de la zone d'influence du CET, qui doit intégrer une pluralité de paramètres socio-environnementaux, techniques et démographiques.

En premier lieu, il convient de déterminer la durée de vie prévisionnelle du CET, un paramètre déterminant pour son adéquation aux projections territoriales, par ailleurs, une caractérisation détaillée des déchets s'avère indispensable, incluant non seulement leur nature physico-chimique mais également leur volume annuel généré, calculé à partir d'indicateurs tels que le taux de collecte actuel et les potentielles fluctuations saisonnières ou économiques. Par ailleurs, une analyse démographique prospective doit être menée, intégrant la densité de population à desservir par le futur CET, son taux d'accroissement prévisionnel et ses implications sur la production future de déchets.

En deuxième lieu, le taux de récupération des matériaux valorisables, doit être quantifié pour ajuster les estimations de résidus à enfouir, ces données, croisées avec des normes réglementaires et des impératifs de durabilité, permettent de modéliser la capacité requise du CET, allant du volume des casiers à la surface totale du CET, (figure n°03.06).

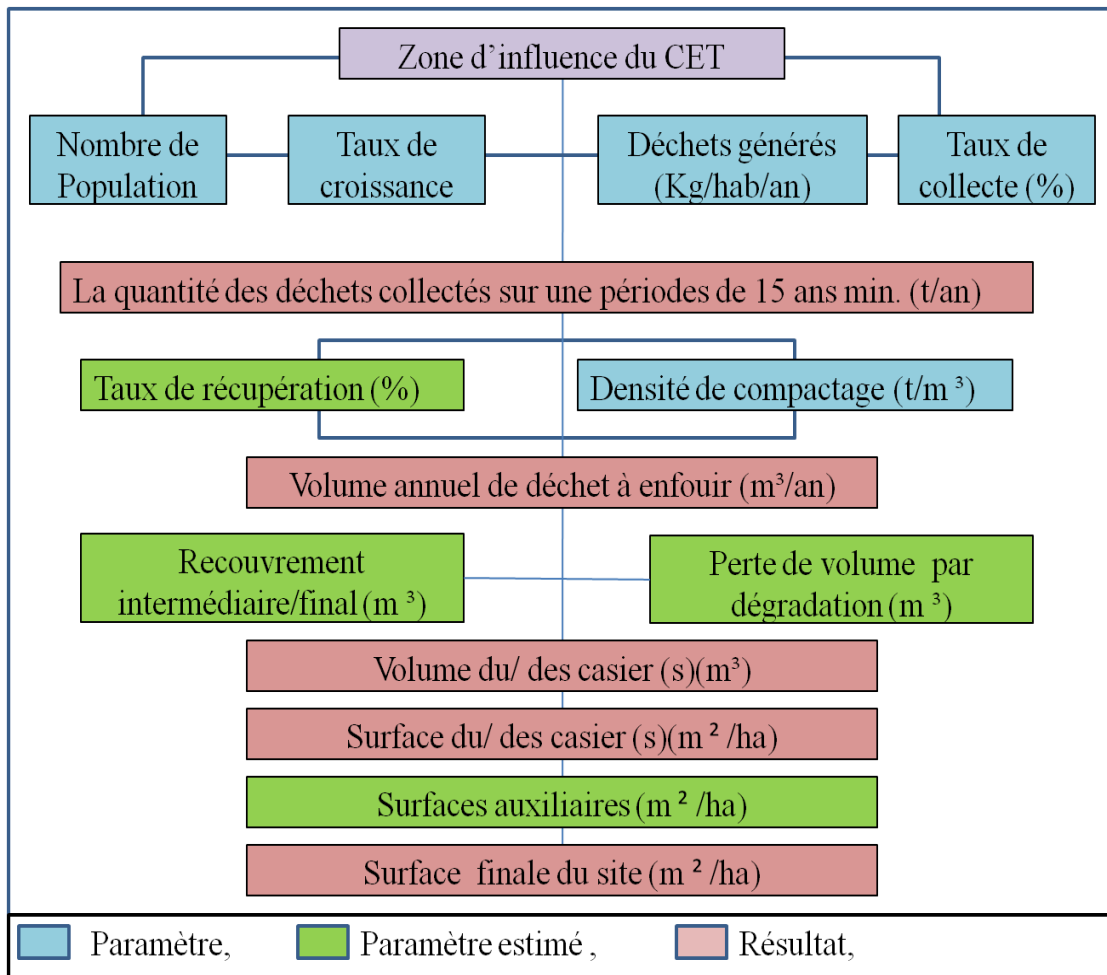


Figure n°03.06 : Processus d'identification des besoins en enfouissement technique des DMA

Source : MEER, 2017

Pour qu'un CET puisse être considéré rentable du point de vue économique, il est recommandé qu'il soit conçu pour une durée de vie minimale de 15 ans (MEER, 2017).

b. Choix du site & conception générale

Le choix du site pour l'implantation du CET ne doit pas être un choix anodin, à cet effet, il est nécessaire de mettre au point un processus adéquat de sélection des sites d'enfouissement, fondé sur l'examen des questions relatives à la croissance démographique, à la disponibilité du foncier, à l'hygiène publique, au respect de l'environnement et de la géologie, tout en étant économiquement et socialement acceptable pour la communauté (Baban et Flannagan, 1998).

Plusieurs recherches (Johnson, Richner et al. 1998, Sharholy, Ahmad et al. 2008, Tadros 2009, Öñüt et Soner 2008) ont abordé les facteurs susmentionnés dans les questions de choix de site de l'enfouissement, on cite quelques recommandations :

- En général, les sites dont la pente dépasse 1:5 ne sont pas considérés comme bons, car il peut y avoir un risque d'érosion du sol (Tadros 2009).

- Le processus de lixiviation a un impact critique sur l'environnement, il dépend de deux facteurs : L'hydrologie de la décharge et, la géochimie des matériaux de la décharge (Johnson, Richner et al. 1998).

- L'efficacité de la gestion des déchets solides municipaux (MSW), dépend de deux facteurs principaux, la capacité de transport et la disponibilité de la main-d'œuvre (Sharholy, Ahmad et al. 2008).

- La santé publique et la protection de l'environnement sont les considérations fondamentales pour le choix du site (Öñüt et Soner 2008).

A cet effet, le recours à la méthode d'analyse multicritères (AMC) s'avère d'une nécessité absolue, les critères analysés font partie de différents domaines scientifiques et socio-économiques tels que la géologie, l'hydrogéologie, l'hydrologie, la géotechnique et l'aménagement du territoire, (figure n°03.07).

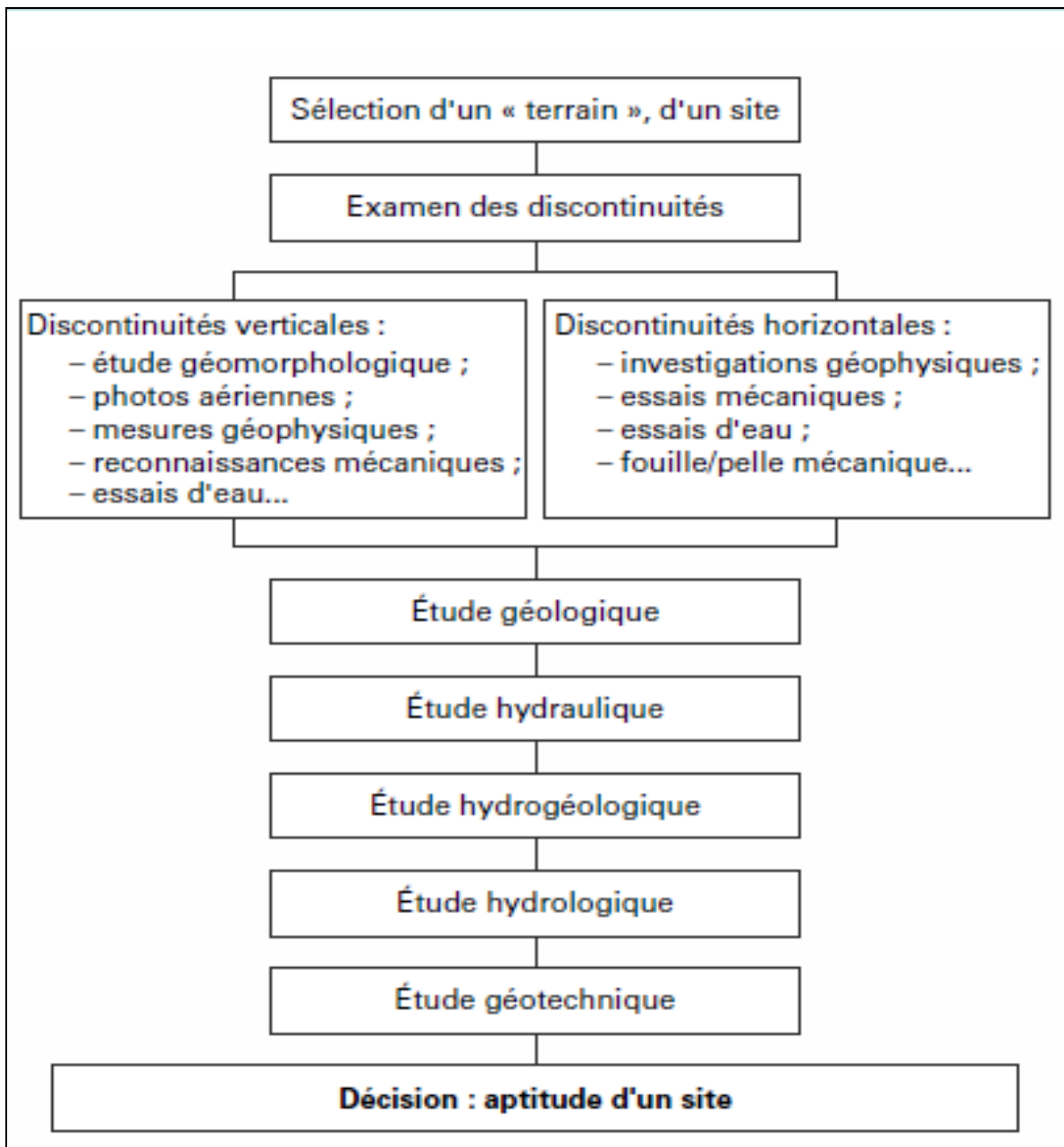


Figure n°03.07 : Etapes du choix du site d'un CET

Source : Billard, 2001

Etant donnée les nombreux facteurs qui influencent le processus de sélection du site du CET, et ce qu'ils présentent comme corrélations et limites internes et externes, il est donc approprié d'utiliser des logiciels mathématiques et techniques dans le processus de sélection du site comme le SIG : Système d'Information Géographique (Gómez-Fernández et al, 2024).

Une fois le choix du site effectué, il y'a lieu d'établir une étude sur les incidences sur l'environnement de la réalisation du CET afin d'estimer leurs effets probables sur l'environnement, on parle alors de l'étude d'impact sur l'environnement (EIE) & l'étude de

danger (EDD). Ces études ne sont pas complexes mais afin de pouvoir les réaliser, le maître d'œuvre doit avoir établis la conception générale du CET.

3.4.2. Phase de réalisation

La phase de réalisation débute avec l'obtention de l'autorisation auprès des autorités concernées, il s'agit des différentes opérations d'aménagement des composantes du CET.

a. Les bâtiments & infrastructures annexes

Dans un CET, on trouve les constructions et aménagements suivants :

- Le poste de contrôle et de pesée des déchets admis : il a pour fonction l'accueil, le contrôle et la pesée des flux de déchets arrivant sur le site du CET, il est recommandé par les experts de le concevoir en surélévation, pour garantir un bon contact avec les chauffeurs des camions afin de pouvoir effectuer facilement le premier contrôle visuel des bennes ouvertes.

- Le bâtiment administratif abritant les bureaux et la structure sociales du personnel (vestiaires, sanitaire, douches) : le CET représente un lieu de travail difficile, où le risque de contamination est élevé, pour cela il y'a lieu de veiller aux bonnes conditions de travail.

- Le hangar de maintenance : il est conçu pour accueillir les travaux d'entretien et de réparation des différents engins utilisés sur le site du CET, la maintenance est une action très importante a effectuer périodiquement afin de garantir la longévité des engins.

- La voirie et les réseaux divers : en ce qui concerne les infrastructures de circulation, on note différents types de voies en fonction de leur utilisation, on distingue : la circulation des poids lourds (camions & engins) et la circulation des gestionnaires du site. Chaque voie de circulation doit être conçue et dimensionnée selon le type de circulation qu'elle va recevoir.

Les espaces de stationnement sont conçus à l'intérieur du site pour les véhicules légers du personnel ou des visiteurs et en du site pour les camions de collecte des déchets dans le cas d'un CET à grand flux. Il faut noter également que le CET doit être couvert par les réseaux divers à savoir : le réseau d'alimentation en eau potable, le réseau d'assainissement et le réseau d'électricité.

- La clôture : le site du CET doit impérativement être clôturé, la clôture joue un double rôle : d'une part elle sert à délimiter le CET et d'autre part elle empêche toute intrusion sur le site et donc elle assure sa protection. Il existe quelques recommandations à suivre, en effet la clôture doit être d'une hauteur minimale de (2.00m à 2.50 m), elle doit également

avoir un aspect esthétique et pouvoir s'intégrer facilement au paysage naturel : pour cela il est préférable d'opter pour des clôtures grillagées ou bien des panneaux grillagés qui sont non seulement solides mais peuvent également recevoir une plantation grimpante contribuant ainsi à une meilleure intégration paysagère. Le coût ainsi que la facilité de maintenance sont aussi des critères à rechercher lors du choix de la clôture.

b. Les casiers

Dans un CET, le casier représente un élément d'une importance majeure, il constitue l'espace dédié à l'enfouissement des déchets, une conception ou une mise en œuvre déficientes de cet élément peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement, similaires à ceux d'une décharge illicite et sauvage.

Pour ces raisons et en plus d'une viabilité économique expliquée un peu en haut, il est appelé à assouvir les trois 3 exigences suivantes :

- Une excellente étanchéité : pour éviter toute infiltration et contamination du sous-sol.
- Un bon drainage : afin éviter une saturation d'eau à l'intérieur même du casier qui aura un effet d'affaiblir le compactage des déchets de diminuer leur volume à enfouir.
- Une bonne stabilité : pour faire face à tout incident de glissement ou de rupture, qui risquera de porter atteinte à l'étanchéité, au drainage, à la sécurité des travailleurs et même à l'environnement.

La réalisation des casiers se fait graduellement : on procède tout d'abord par la réalisation du premier casier, vers la fin de vie de ce dernier (qui correspond à la fin de son exploitation appelé point de saturation) on entame la réalisation du deuxième casier et ainsi de suite jusqu'à la réalisation de la totalité des casiers planifiés.

Lors du choix de l'emplacement du casier, plusieurs éléments doivent être pris en considération, tels que : la topographie du site, les espaces tampons, la zone de traitement des lixiviats qui doit être située en bas du casier afin de permettre un écoulement gravitaire du liquide.

Il est recommandé d'opter pour des formes géométriques simples afin de faciliter la mise en œuvre de l'étanchéité du casier, cette dernière est assurée par un système de barrières doublées :

- Une barrière passive (barrière géologique) : elle désigne la perméabilité du substratum qui permet d'éviter les risques de pollution du sol et des nappes phréatiques

causés par l'infiltration des lixiviats. Le substratum qui va constituer les flancs et la base du casier doit de ce fait présenter un coefficient de perméabilité $K_f \leq 10^{-9}$ m/s, en pratique, les études ont démontré qu'il n'est pas commun qu'une barrière géologique ne présente ce coefficient de perméabilité naturellement, pour cela il est conseillé de compenser le déficit en ajoutant une couche d'étanchéité minérale sous forme d'argile, de béton, ..., cette couche doit avoir une épaisseur minimale de 0,5m et présenter un coefficient de perméabilité $K_f \leq 10^{-9}$ m/s.

- Une barrière active (couche d'étanchéité) : cette couche d'étanchéité active a pour rôle de garantir que le casier soit hydrauliquement indépendant et que les lixiviats soient proprement collectés et drainés. Le dispositif d'étanchéité active le plus utilisé est composé de bas en haut des éléments suivants (figure n°03.08) :

- Une géo-membrane en PEHD, d'une épaisseur minimale de 2 mm (norme européenne : 2,5 mm)
- Un géotextile anti-poinçonnement de protection non- tissé de 600 g/m² minimum en polypropylène ou en polyéthylène (exclusion de tout autre type de géotextile)⁴.
- Une couche drainante⁵ d'une épaisseur de 30 cm, enveloppant un réseau de conduites de drainage permettant l'évacuation des lixiviats vers un collecteur principal.
- Eventuellement, un géotextile de filtration et de protection contre le rayonnement ultraviolet non tissé, d'ouverture de filtration de 100mm et de poids égale à 130 g/m²(en polypropylène ou en polyéthylène) l'exclusion de tout autre type de géotextile. Ceci est une protection/séparation supplémentaire entre les déchets souvent inhomogènes et la couche drainante.

⁴ Le choix du géotextile dépend en majorité de la hauteur des déchets à enfouir (au-delà de 15 m de déchets, un géotextile supérieur à 600 g/m² devra être choisi)

⁵ La couche est constituée d'un matériau drainant (gravier/gravillon 16/32 maximum 10/40) pauvre en teneur en chaud et de forme arrondie de préférence.

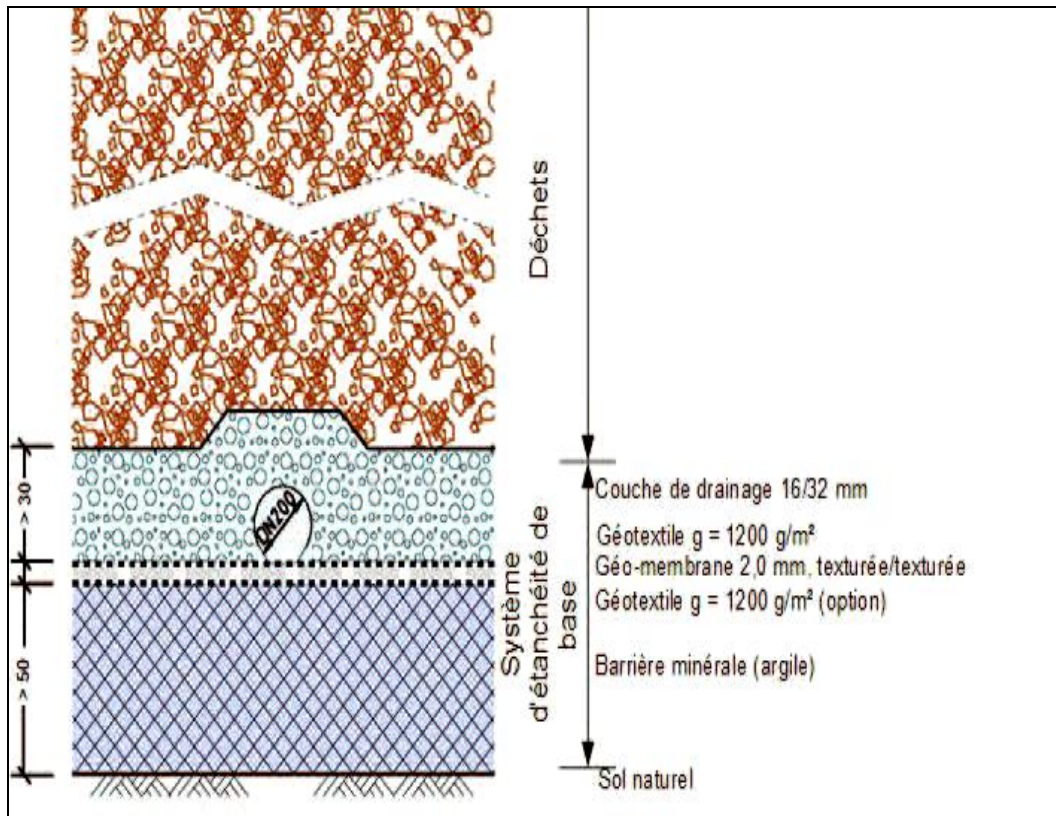


Figure n°03.08 : Composition du dispositif d'étanchéité active du bas du casier

Source : MEER, 2017

c. Le système de gestion des lixiviats

Vu que les lixiviats sont des substances dangereuses présentant des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé publique, il s'avère capital de les gérer de la manière la plus efficace possible, la gestion des lixiviats comprend leur drainage, leur collecte et leur traitement.

Veiller à la réalisation ainsi qu'au bon fonctionnement du système de gestion des lixiviats dans le CET permettra d'éviter plusieurs inconvénients entravant le bon fonctionnement du CET (figure n°03.09).

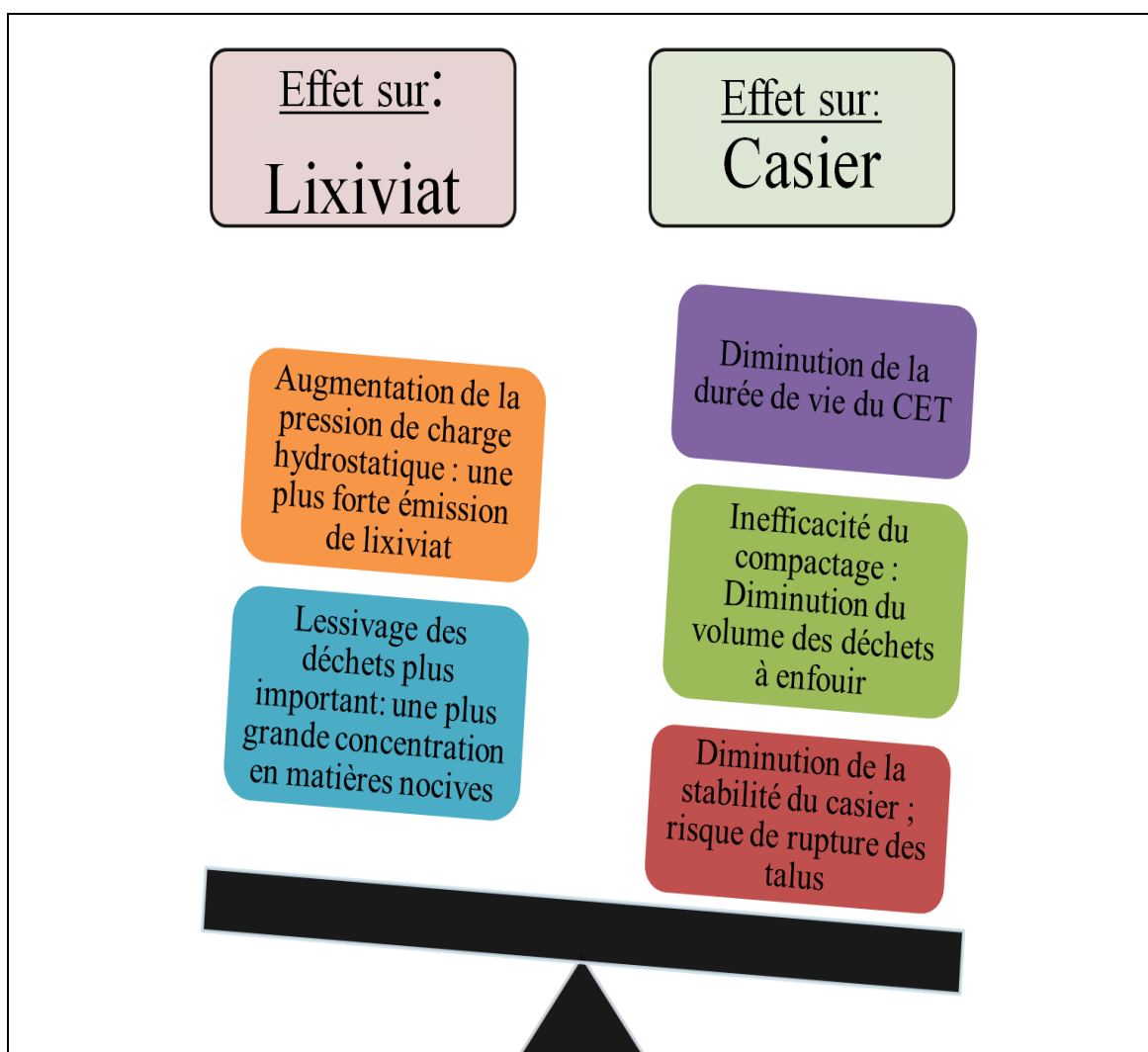


Figure n°03.09: Les impacts d'une mauvaise gestion des lixiviats
Source : MEER, 2017 + Traitement de l'auteure.

Le système de gestion des lixiviats est composé des éléments suivants (figure n°03.10) :

- Un système de collecte et de transport.
- Bassin de rétention.
- Réservoir de stockage.
- Station de traitement.

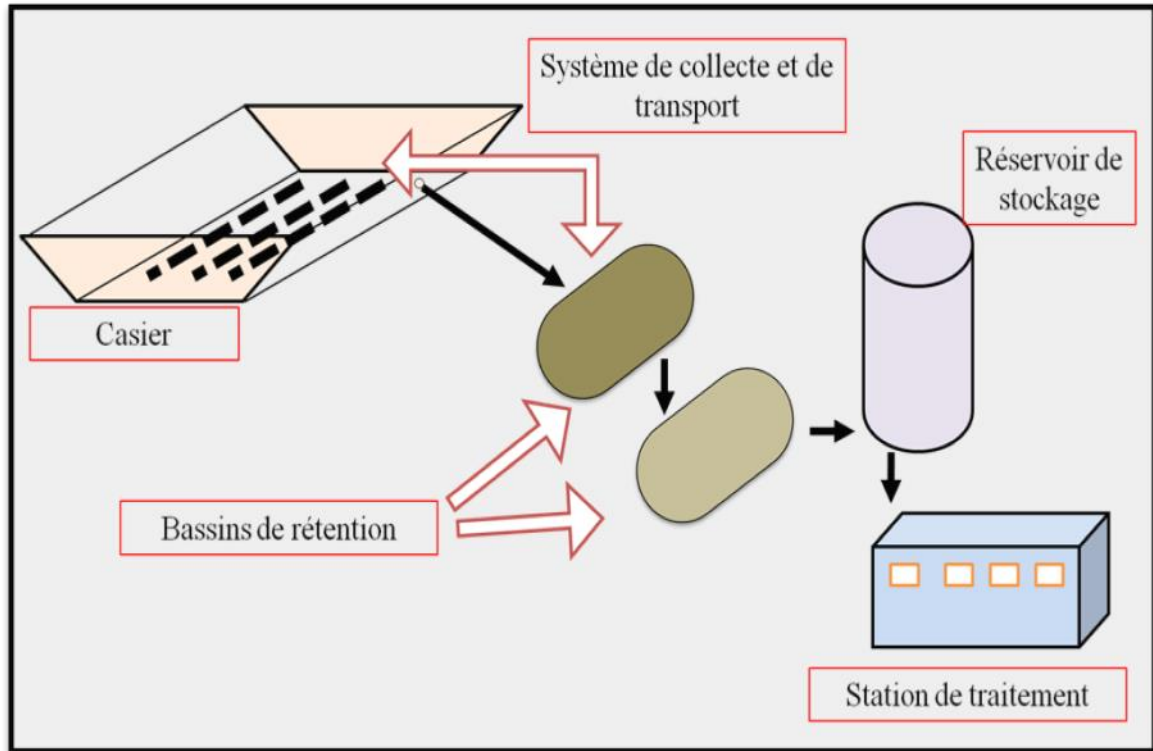


Figure n°03.10 : Les éléments du système de gestion des lixiviats

Source : Conception de l'auteure, sur la base de MEER, 2017

Le système de collecte et de transport :

Il a pour objectif de drainer les lixiviats en contact avec la géo-membrane du bas du casier, il se fait par le biais de tuyaux-crèpines en PEHD avec un diamètre de 200 à 250 mm et doivent présenter une résistance à une charge équivalente à plus de 30 tonnes.

Les conduites de drainage des lixiviats doivent répondre aux exigences énoncées dans le tableau suivant (tableau n°03.02) :

Tableau n°03.02 : Caractéristiques des tuyaux de drainage des lixiviats :

Matériau	PEHD résistance aux substances agressives.
Diamètre nominal	Ø 200mm (≥300mm pour l'inspection par caméra)
Longueur de section	Maximum 300m
Déclivité longitudinale	> 1%
Ecart entre les conduites	- 30 m (<50 m)

Source : Thonart et al ,2005

Les tuyaux sont enterrés dans une couche drainante d'une pente variant entre 2 et 5 %, formée généralement par du gravier rond (roulé) d'un diamètre de : \varnothing 10 - 16 [mm] et ne présentant aucune réactivité aux lixiviats.

Afin d'éviter le colmatage du système de collecte, il est recommandé la pose d'une couche de géotextile avec une couche de sable drainant ou une géo-grille par-dessus le système de drainage (figure n°03.11).

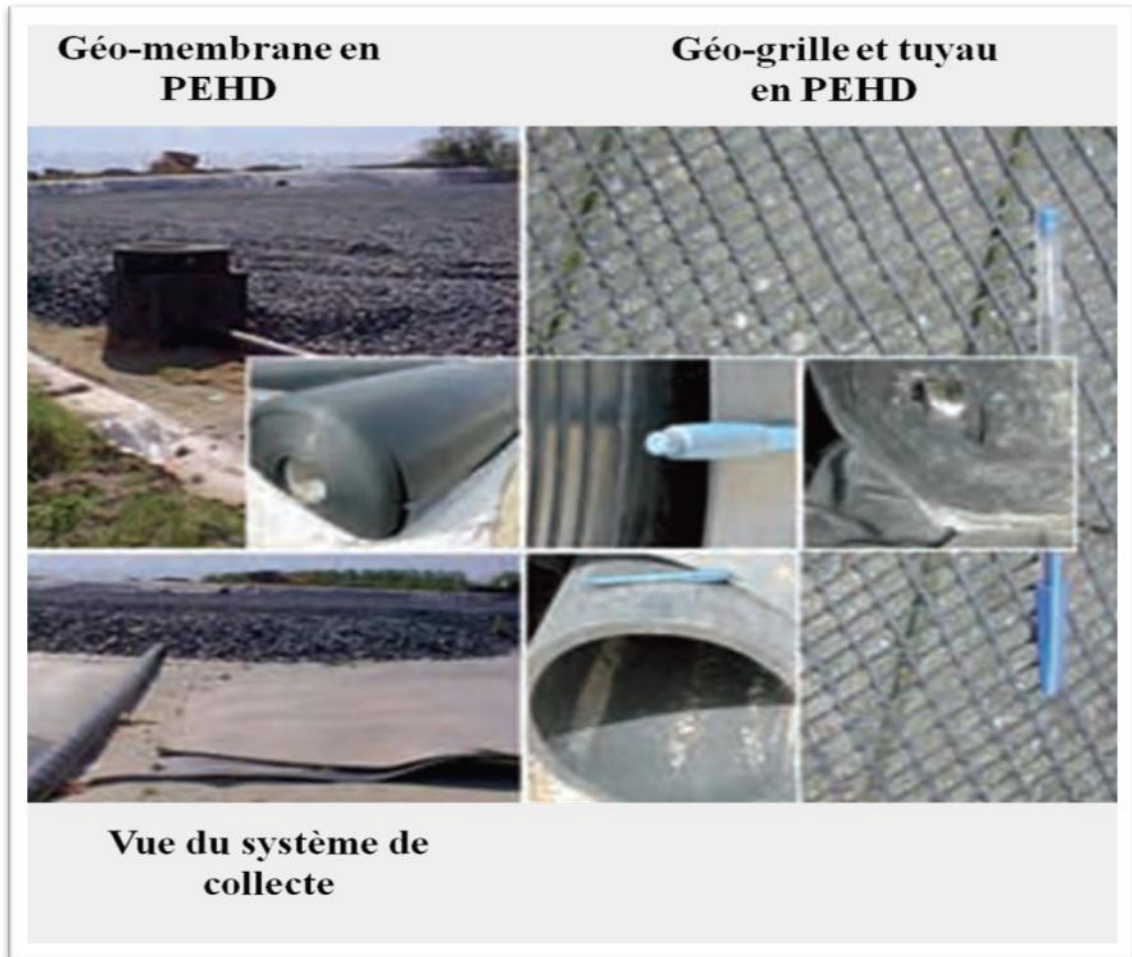


Figure n°03.11: Ensemble des matériaux composant le système de drainage des lixiviats dans un CET.

Source : Thonart et al ,2005

Les regards de collecte et de contrôle : il s'agit d'édifices qui transmettent les lixiviats aux conduites de collecte qui se trouvent en dehors du casier, ce sont des branchements de conduites pouvant être utilisés afin d'effectuer les opérations de contrôle et de maintenance des conduites de drainage.

Les lixiviats sont drainés par gravité vers les bassins de stockage à l'aide de conduites de transport pleines en PEHD de diamètre supérieur à celles utilisées à l'intérieur du casier.

Les bassins de rétention des lixiviats :

Ils ont pour rôle de retenir les lixiviats bruts issus directement des casiers d'enfouissement sans aucun traitement, de ce fait, veiller à leur conception ainsi qu'à leur réalisation, s'avère d'une nécessité absolue, dans ce cadre il existe quelques règles à respecter, à savoir :

- Appliquer une étanchéité identique à celle des casiers afin d'éviter toute fuite ou infiltration.
- Veiller au bon dimensionnement, ils doivent avoir une capacité de rétention suffisante en prenant en compte les cas de panne de pompage ou l'arrêt dû aux opérations de maintenance, à cet effet, il est recommandé un volume de stockage minimum équivalent à (20) vingt jours de production moyenne de lixiviat au minimum, ou bien (5) cinq jours de production absolue maximale.
- Choisir un emplacement en contrebas du site afin de garantir un écoulement gravitaire du lixiviat.
- En général, les bassins de rétention se présentent sous deux formes :
- Les bassins d'évaporation : c'est une forme particulière des bassins de rétention, ce qui signifie qu'ils suivent les mêmes principes de conception en matière de redondance, d'étanchéité ...etc. Leur particularité réside dans leur grande surface et leur faible profondeur (1,5 m de profondeur comprenant 0,5m d'hauteur de sécurité) afin de permettre aux lixiviats de s'évaporer. Cependant, ce type de bassins n'est envisagé que dans les pays présentant un rapport : précipitations/évaporation équivalent à 1/5.
- Les bassins de lagunage : le processus de lagunage est un système naturel qui imite le processus d'autoépuration des eaux superficielles. En effet dans ce milieu, l'action combinée de l'oxygène, des algues et de la micro-flore permet de purifier les eaux usées. L'ensoleillement joue également un rôle essentiel dans ce processus puisque les rayons ultraviolets désinfectent l'eau, tandis que la lumière stimule la croissance des algues, qui contribuent à l'épuration de l'eau.

Le lagunage ne constitue en aucun cas un traitement définitif des lixiviats, il est envisageable comme un prétraitement en association avec d'autres types de traitement adéquats.

La station de traitement des lixiviats : il existe plusieurs types de traitement/élimination applicables aux lixiviats, le choix d'un type par rapport à un autre se fait en fonction de certains critères en relation avec : les caractéristiques climatiques de chaque région, la consommation de l'espace (disponibilité), les besoins énergétiques, les matériaux de construction, les opérations de maintenance : durée, coût, ...etc.

Le tableau ci-après présente les critères de choix pour trois types de traitement/élimination, à savoir : la recirculation des lixiviats, les lagunes non aérées et l'osmose inverse (tableau n°03.03).

Tableau n°03.03 : Les critères de choix du type de traitement/élimination des lixiviats

Critères	Types de traitement/élimination des lixiviats		
	Recirculation des lixiviats	Lagunes non aérées	Osmose inverse
Conditions climatiques	Un climat sec	Climat non chaud	Aucun incident
Consommation de l'espace	Faible	Très élevée	Moyenne
Matériaux de construction	Disponible	Disponible	Difficilement disponible
Coût d'exploitation	Faible	Faible à moyenne	Elevée
Produits chimiques	Aucun	Aucun	Aucun
Consommation de l'énergie	Faible	Aucune	Elevée
Maintenance	Faible	Faible à moyenne	Elevée
Expertise	Formation basique	Formation basique	Formation intense

Source : MEER, 2017

L'installation de traitement des lixiviats doit être suffisamment dimensionnée, pour ce faire il existe un nombre de critères qu'il faut prendre en considération :

- la quantité et la concentration prévisionnelle de lixiviats (le débit).
- la capacité des bassins de rétention des lixiviats.
- le seuil de rejet à respecter.
- les horaires d'exploitation du site.

d. Le système de gestion des biogaz

Lors de l'élimination des déchets ménagers et assimilés par enfouissement, la fraction organique présente dans ce type de déchet, se dégrade et se décompose avec le temps et génère en plus des lixiviats, des gaz appelés : biogaz.

Les biogaz sont composés de plusieurs gaz, cependant ceux qui présentent les plus grandes concentrations sont le Méthane (CH_4) avec une concentration variante entre 50% et 60%, et le Dioxyde de Carbone (CO_2) avec une concentration se situant entre 35% et 50%.

Le biogaz contient également de faible quantité de Sulfure d'Hydrogène (H_2S), d'Ammoniac (NH_3) et d'Hydrogène (H_2) en plus d'autres substances en très faible quantité (> 1%), (figure n°03.12).

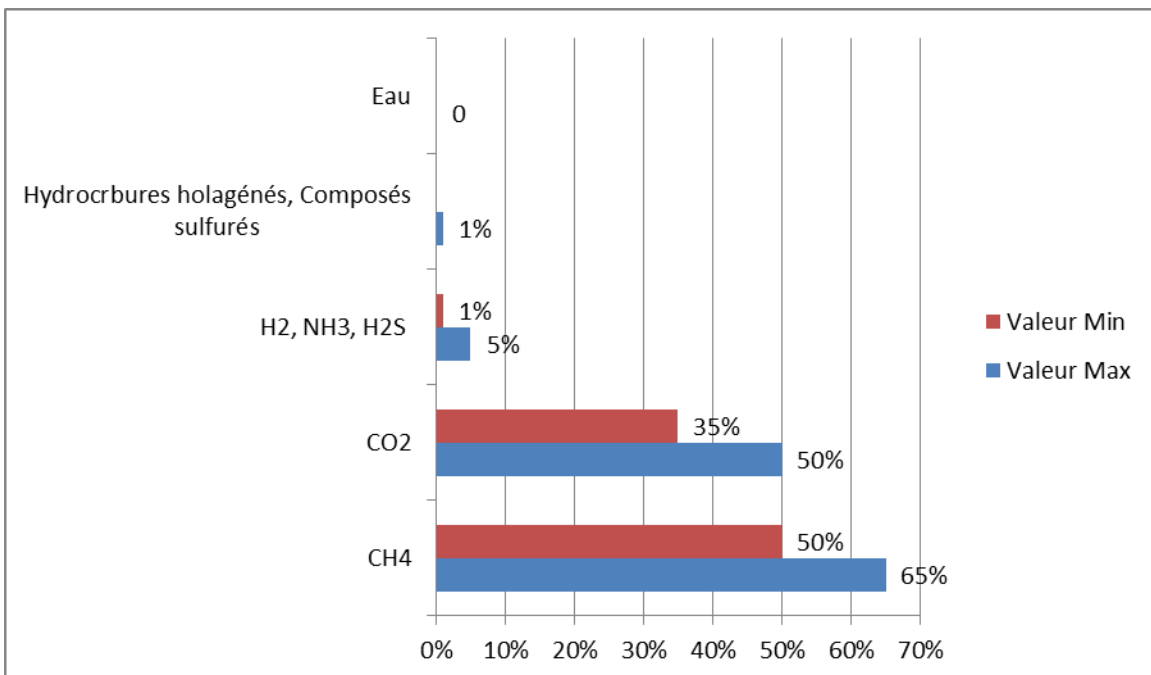


Figure n°03.12 : les composantes des biogaz dans le CET
Source : MEER, 2017+ traitement de l'auteure

La formation du biogaz ne débute qu'après environ 1 à 2 années d'exploitation du casier (enfouissement & compactage des déchets), le climat, la composition du déchet à enfouir ainsi que le procédé d'enfouissement en lui-même, jouent un rôle déterminant dans la quantité du biogaz qui va se former.

Le biogaz est composé majoritairement de gaz à effet de serre (GES), de ce fait il doit impérativement être collecté pour soit valoriser (valorisation énergétique), soit éliminer (brûlage). Pour la collecte, un choix doit se faire entre deux équipements : soit les puits de captage (système vertical), soit les collecteurs horizontaux (système horizontal).

3.4.3. Phase d'exploitation

a. Admission des déchets

L'admission des déchets est une procédure simple mais très importante pour le bon fonctionnement du CET. Les conditions d'admission doivent être définies avant la mise en exploitation de l'installation, il est obligatoire d'afficher une liste de l'ensemble des déchets admissibles, à l'entrée du site, les déchets admissibles sont définis en fonction de la classe du CET.

La procédure d'admission implique non seulement le contrôle de la compatibilité des déchets avec la liste autorisée mais également, le passage à la pesée, en effet chaque camion entrant au CET, doit impérativement passer sur le pont bascule pour être pesée.

La pesée est une étape très importante, c'est grâce à elle qu'on peut établir certains paramètres de suivi du fonctionnement d'un CET, tels que la quantité des déchets admis, la production par provenance, le coût.

En règle générale, la pesée se fait à l'aide d'un pont bascule, « Un pont bascule est nécessaire pour une pesée précise des déchets entrants, il devrait être situé à côté de la zone de réception des déchets et suffisamment loin de la voie publique afin d'éviter de faire la queue sur la route » (Landfill Manuals Monitoring, 2003).

La pesée est accompagnée d'une identification complète du déchet entrant, elle englobe : la quantité, les coordonnées du transporteur, la provenance, le paiement.

b. Remplissage des casiers

Le remplissage des casiers comprend trois étapes successives que sont : le déversement, l'épandage et enfin le compactage, pour ce faire on utilise généralement : le Bulldozer et/ou le compacteur à pied de moutons muni d'une lame frontale. Le remplissage

est une action qui doit être pensée et planifiée, de ce fait on préconise l'élaboration d'un plan de remplissage avant le début du déversement des déchets.

Pour leur part, les pentes finales du mont des déchets dans le casier ne doivent pas dépasser un rapport de 3H/1V ce qui se traduit par 03 mètres au sol pour 01 mètre en hauteur, ce rapport va permettre de faciliter l'accès des engins ainsi que le compactage (MEER, 2017).

Le compactage pour sa part, doit être pratiqué de manière quotidienne à des couches fines d'environ 60 cm de hauteur, toutefois, il est recommandé d'opter pour un simple tassement pour les premières couches de déchets déversées (2.00 m environ), afin d'éviter d'endommager les conduites de drainage des lixiviats. La bonne exécution du compactage fait en sorte que les déchets enfouis présentent un meilleur coefficient de compactage que celui de la terre de ce fait il participe efficacement à l'allongement de la durée de vie du CET en augmentant les capacités de réception des casiers, la densité de compactage varie généralement entre (0.8 à 1.2) t/m³ (MEER, 2017).

Enfin de chaque journée d'exploitation, il est préconisé d'appliquer une couche de couverture composée de la terre d'excavation stockée in situ d'une épaisseur variant entre (10 et 20) cm, cette couche est appelée : couche de couverture journalière, elle permet de lutter contre la propagation d'un certain nombre de nuisances, à savoir : les mauvaises odeurs, la prolifération d'insectes et de rongeurs et l'envol de déchets légers.

c. Les équipements

Les différents équipements, utilisés pendant les opérations d'enfouissement doivent être soigneusement sélectionnés pour un rendement optimal, les opérations pour lesquelles l'utilisation d'équipements lourds est demandée, comprennent :

- Le nivellement et l'entretien des voies d'accès au site,
- L'excavation et chargement du sol pour la couverture, et,
- L'épandage, le compactage et le recouvrement des déchets déposés.

Lors de la sélection des équipements, il faut veiller à ce que : les pièces de maintenance et l'entretien sont disponibles, les opérateurs peuvent utiliser efficacement l'équipement, l'efficacité du compactage est une priorité, (tableau n°03.04).

Tableau n°03.04 : Caractéristiques des équipements les plus utilisés dans les CET

Equipement	Avantages	Inconvénients
Compacteur	<ul style="list-style-type: none"> - Très efficace pour le compactage et le tassement des déchets. - Bonne mobilité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Très coûteux. - Disponibilité limitée.
Bulldozer	<ul style="list-style-type: none"> - Efficace pour l'épandage et le transport des déchets pour une courte distance. - Adapté au compactage. - Efficace pour recouvrir les déchets avec de la terre. - Disponible dans la plupart des pays. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inopérant pour excaver le sol.
Tractopelle	<ul style="list-style-type: none"> - Efficace en excavation et chargement de déchets/sols. - Disponible dans la plupart des pays. - Peut être utilisé à des fins multiples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inopérant pour le compactage.
Chargeur frontal à roues	<ul style="list-style-type: none"> - Efficace pour le chargement des déchets. - Grande mobilité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inopérant pour les excavations, le compactage et l'entretien des routes d'accès.
Chargeuses pelleteuses	<ul style="list-style-type: none"> - Efficace pour la plupart des opérations : excavation, application du sol et manipulation des déchets. - Grande mobilité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Inopérant pour le compactage. - Ne convient pas à l'excavation de certains sols tels que : argile dure.
Niveleuse	<ul style="list-style-type: none"> - Efficace pour le nivellement et l'entretien des voies d'accès au site. - Grande mobilité 	<ul style="list-style-type: none"> - Ne convient pas pour l'épandage et le transport des déchets.

Source: SPREP, 2010

Un certain nombre de facteurs doivent être pris en considération, ces facteurs comprennent le type de déchets à enfouir, la quantité de déchets entrants quotidiennement, les caractéristiques du site, les conditions météorologiques l'année, ...etc.

d. Gestion & contrôle des effluents

L'exploitation du CET ne se résume pas uniquement à remplir les casiers mais elle implique également la gestion des effluents produits par l'enfouissement des déchets : les lixiviats & le biogaz.

La gestion des lixiviats englobe non seulement leur collecte et traitement mais aussi des mesures visant leur réduction, il faut savoir que les quantités des lixiviats peuvent être réduites en bannissant par exemple l'admission des déchets liquides.

Le contrôle continu des bassins de rétention ou de lagunage est extrêmement recommandé en période de pluie, dans le cas où le remplissage n'atteint pas le niveau indiqué dans les plans, son contenu peut être laissé pour s'évaporer naturellement, cependant si le niveau maximal est presque atteint, une vidange s'avère d'une urgence absolue afin d'éviter son débordement.

Le deuxième effluent à contrôler est le biogaz engendré par la décomposition des déchets organiques, le biogaz est compté parmi les Gaz à Effet de Serre (GES), à cause de la forte présence du méthane et du dioxyde de carbone, c'est un gaz inflammable qui peut causer des incendies lorsqu'il est mal géré.

e. Gestion des nuisances

L'exploitation du CET donne naissance à plusieurs types de nuisances, ces dernières si elles ne sont pas réduites ou éliminées, elles représentent souvent une source de conflits avec les populations avoisinantes.

Les nuisances olfactives ont pour origine les flux de déchets frais entrant chaque jour au CET et leur décomposition dans les casiers, bien que cette nuisance est inévitable, il existe cependant des mesures d'atténuation basées sur l'application correcte des couches de couverture journalière, les nuisances sonores sont engendrées par la circulation et la manipulation des engins de compactage et des camions transportant les déchets, parmi les actions à réaliser pour réduire cette nuisance, la maintenance périodique du parc roulant du CET, la création d'un écran végétal composé d'arbres et de haies.

La poussière et les envols de déchets légers représentent également une nuisance à gérer, pour ce faire il est recommandé d'arroser les voies de circulation avec de l'eau ou de répandre du chlorure de calcium sur ces voies, en ce qui concerne les envols (papier, emballages légers...etc.) il faut bien appliquer la couche de couverture journalière. La

présence du déchet (frais ou en décomposition) non couvert attire les animaux de type « rongeurs » et forme un environnement propice au développement des insectes, spécialement les mouches et les moustiques, un bon compactage accompagné d'une couverture journalière de terre ainsi que l'élimination de toute forme d'eau stagnante aident à réduire cette forme de nuisance.

f. Le suivi

Durant toute la durée d'exploitation du CET, il doit faire l'objet d'un suivi qui touche toutes les activités entreprises, ce suivi est réalisé au moyen de différents outils tels que :

-Le journal d'exploitation, qui contient l'ensemble des informations relatives à chaque réception de déchets (caractéristiques, date & heure du déchargement,...etc.)

-Le rapport annuel, qui est établi chaque année et qui contient un descriptif de l'ensemble des opérations effectuées durant cette période (extension d'un casier ou sa fermeture, réparation, entretien,...etc.)

- L'Audit environnemental ; qu'il soit interne ou externe, est un outil de suivi qui peut être défini comme étant une expertise réalisée par des professionnels, c'est une appréciation/évaluation portant sur le règlement interne, l'organisation ainsi que les différentes opérations qui se déroulent au niveau de toute installation responsable d'un maillon de la chaîne de traitement des déchets, il a pour finalité : l'amélioration de la gestion, l'optimisation de l'utilisation des ressources et la limitation des risques (MEER. 2017).

L'audit est réalisé à l'aide d'une grille d'évaluation préétablie, se basant sur différents critères, ces derniers sont établis par rapport au type d'installation objet de l'audit, à la réglementation en vigueur et aux standards reconnus, l'audit est effectué après une visite sur terrain qui doit se faire obligatoirement en présence de l'exploitant de l'installation, il aboutit à une série de préconisations mesurables et réalistes, permettant ainsi de mesurer l'évolution du degré d'amélioration réalisé d'année en année.

g. Optimisation du fonctionnement du CET

L'optimisation du fonctionnement d'un centre d'enfouissement technique des déchets (CET) se réfère à l'amélioration d'un ou plusieurs processus et opérations liés à la gestion des déchets en son sein, dans un objectif d'optimiser son fonctionnement et ses performances. Elle englobe plusieurs actions évolutives selon les avancées réalisées en

matière de technologies de traitement et prétraitement des déchets, du contexte juridique de chaque pays, on cite :

- **Action de compactage** : L'optimisation implique une application efficace de compactage des déchets à enfouir, il faut dire que le compactage est un procédé essentiel dans le fonctionnement du CET, il contribue à l'amélioration de son fonctionnement en maximisant l'espace de stockage des déchets puisque plus les déchets sont compactés et tassés moins ils occupent d'espace et en allongeant la durée de vie estimative du CET.

-**Action de surveillance environnementale** : cette action participe à l'optimisation du fonctionnement du CET à travers : la détection des problèmes potentiels (fuites de lixiviats & de biogaz), la mise en place de mesures préventives et/ou correctives pour assurer la sécurité des infrastructures et de l'environnement, la réduction des impacts négatifs sur l'environnement (la mise en place de mesures d'atténuation telles que la capture et la valorisation du biogaz) et la veille au respect des réglementations environnementales mises en vigueur.

- **Action de prétraitement des déchets** : cette action joue un rôle crucial dans l'optimisation du fonctionnement d'un centre d'enfouissement technique des déchets, elle comprend : la réduction du volume des déchets par le broyage, le tri et la récupération des fractions valorisables, la stabilisation et le compostage des déchets organiques.

- **Action de valorisation** : quelle soit énergétique ou de la matière, la valorisation permet la transformation du déchet en ressource, elle ne remplace pas complètement l'enfouissement des déchets, mais elle le complète et participe à la diminution des quantités de déchet à enfouir, à l'atténuation des impacts environnementaux négatifs de l'enfouissement, à la maximisation de l'utilisation des ressources et donc à la sauvegarde des ressources non renouvelables.

En sommes, en adoptant ces actions d'optimisation on participe à réduire les risques associés à la manipulation des déchets dans un CET.

3.4.4. Phase de fermeture

La fermeture d'un CET prend lieu une fois ce dernier atteint sa capacité maximale d'enfouissement. Cette fermeture se traduit par la pose de la couche de couverture finale, appelée aussi : couche d'étanchéité de surface, en haut du casier, elle se compose de haut en bas des éléments suivants :

- Remise en culture & protection contre l'érosion.
- Terre de couverture.
- Géotextile $g=200\text{g/m}^2$, ($> 100\text{cm}$).
- Une couche de drainage des eaux de surface 16/32mm ($> 30\text{cm}$).
- Géotextile $g= 800 \text{g/m}^2$.
- Géo-membrane 2mm.
- En option: un système de détection des fuites.
- une Couche de dégazage en gravier non calcaireux ($> 50\text{cm}$).

La composition de la couche de couverture finale et la nécessité de sa mise en place ont non seulement des objectifs d'ordre technique mais aussi esthétique (figure n°03.13).

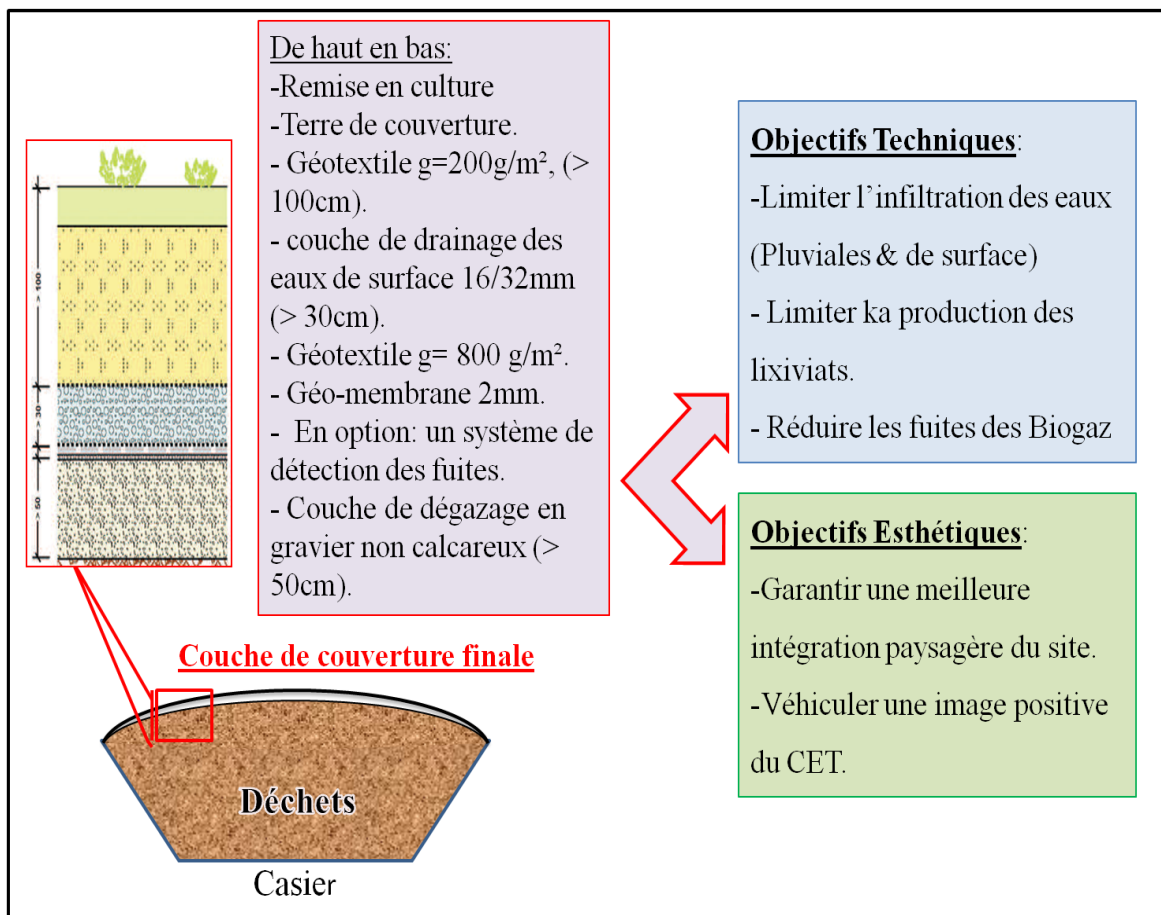


Figure n°03.13: Composition & objectifs de la couche de couverture finale
Source : MEER 2017+ Traitement de l'auteure.

3.4.5. Phase de post-fermeture

La phase de post-fermeture appelée également : exploitation d'un centre d'enfouissement technique des déchets, fait référence à la période qui suit la fermeture de ce centre. Durant cette phase il est essentiel de surveiller l'environnement pour détecter toute pollution éventuelle causée par les déchets enfouis. Des mesures de suivi sont mises en place pour surveiller la qualité de l'eau souterraine, de l'air, du sol et des écosystèmes voisins, elle est considérée comme une période de surveillance, de contrôle et de monitoring.

La phase de post-exploitation vise à minimiser les impacts négatifs à long terme sur l'environnement et à assurer la gestion responsable des déchets enfouis. Les réglementations environnementales spécifiques varient d'un pays à l'autre, et les exigences précises pour la phase de post-exploitation peuvent également différer en fonction des caractéristiques du site et des déchets enfouis, elle s'étale généralement sur une période pouvant atteindre 50ans, la fin de cette phase est déterminée sur la base d'un nombre de critères, à savoir :

- un système de couverture final (étanchéité de surface) : fonctionnel, stable et intacte.
- un corps de casier stable.
- des tassements réduits.

Une fois la phase de post-exploitation terminée, il est possible de réaménager le site du centre d'enfouissement. Cela peut impliquer des activités de restauration environnementale, telles que la remise en état des sols, la plantation de végétation adaptée ou la création de nouveaux espaces naturels.

3.5. RISQUES D'UN CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE

Contrairement aux décharges sauvages autrefois pratiquées, l'enfouissement technique des déchets est supposé éliminer les déchets tout en veillant à la salubrité et à la protection de l'environnement ainsi que de la santé publique. Les déchets ménagers et assimilés se caractérisent par la présence des matières organiques, avec des pourcentages qui varient d'un pays à un autre, une fois enfouis, ces déchets se décomposent et génèrent des effluents liquides et gazeux, qui peuvent être porteurs de risques à l'environnement et à la santé publique, ces risques sont liés soit à une mauvaise conception / aménagement soit à un problème dans leur gestion, ils peuvent causer :

- Une pollution de l'air : qui a pour origine, les biogaz issus de la décomposition des déchets, ces gaz sont majoritairement composés de méthane (CH₄) et de CO₂ et en faibles quantités d'azote (N₂) et d'oxygène (O₂) (en général, moins de 10 % du volume) ainsi que d'éléments sous forme de traces (< 0,1 % du volume), tels que l'hydrogène sulfuré (H₂S) et des composés organiques volatils (Lamsal et Tyagi, 2010).
- Une Pollution de l'eau de surface et des eaux souterraines : pouvant être causées par la présence des lixiviats : « sont des effluents liquides qui proviennent de la percolation, à travers le massif, de l'eau météorique et de l'eau contenue dans les déchets. Ils sont chargés en matières en suspension et composants solubles issus des déchets et en sous-produits de la dégradation des déchets (Renou et al, 2008), qui sont chargés de substances extrêmement polluantes.
- Une Pollution du sol : les eaux de surface qui parcourent le CET se chargent de polluants et contaminent les sols qui entourent le CET.
- Une Altération de la santé publique : la contamination des nappes phréatiques par les lixiviats peut être la cause de plusieurs maladies.
- Une Dégradation de la qualité de vie des habitants : par les nuisances : olfactives & visuelles.

3.6 .CONTRIBUTION DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE A LA REALISATION DES OBJECTIFS DE DEVELOPPEMENT DURABLE (ODD)

Les centres d'enfouissement technique, en tant qu'infrastructures techniques de gestion des déchets, occupent une place centrale dans la réalisation de multiples objectifs de développement durable (ODD). En effet, lorsqu'ils sont conçus et gérés correctement ils peuvent contribuer à atteindre plusieurs ODD, cette contribution englobe les ODD : 03, 06, 07, 08,09, 11, 12, 13, 15.

3.6.1. A l'ODD 03 : « bonne santé & bien-être »

Le passage de l'élimination des déchets dans les décharges sauvages, qui sont à l'origine de multiples formes de pollution, aux centres d'enfouissement technique contribue à la réduction des vecteurs de maladies (rongeurs, moustiques), de l'exposition aux déchets dangereux mais aussi au contrôle des différents effluents polluants. De ce fait, cette action soutient la cible 3.9 de l'ODD 3, qui est de diminuer le nombre de décès liés à la pollution, notamment les maladies à transmission hydrique (MTH).

3.6.2. A l'ODD 06 « eau propre et assainissement »

Contrairement aux décharges sauvages ou non contrôlées, les centres d'enfouissement techniques jouent un rôle essentiel dans la prévention de la contamination des eaux souterraines, ils sont équipés de dispositifs d'étanchéité (membranes géo-synthétiques) et de systèmes de collecte et de traitement des lixiviats, qui contribuent à la protection de la qualité de l'eau. L'ensemble de ces dispositifs s'inscrit dans le cadre de la Cible 6.3, qui vise à améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en minimisant les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses.

3.6.3. A l'ODD 07: « Énergie propre et d'un coût abordable »

La valorisation énergétique du biogaz, issu de la dégradation des déchets organiques au niveau des CET, illustre l'existence d'une synergie avec l'ODD n°7. En effet, les projets de valorisation énergétique de ces flux de biogaz produisent une énergie renouvelable, favorisant la cible n°7.2 de l'ODD (c'est-à-dire l'accroissement de la part des énergies renouvelables).

3.6.4. A l'ODD 08: « Travail décent et croissance économique »

Le bon fonctionnement d'un CET nécessite l'emploi d'une main d'œuvre considérable, ce qui contribue significativement à la création d'emplois verts. Cette tendance est en alignement avec la Cible 8.5 des objectifs de développement durable, qui vise à promouvoir le plein emploi et à garantir des conditions de travail décentes pour tous.

2.6.5. A l'ODD 09 : « Industrie, innovation et infrastructure »

La conception innovante des centres d'enfouissement technique des déchets tel que le CET bioréacteur, accélère le processus de dégradation des déchets et optimise la récupération d'énergie, contribuant ainsi à l'atteinte de la cible 9.4 qui vise la modernisation des infrastructures et le recours aux technologies et procédés industriels propres et respectueux de l'environnement.

3.6.6. A l'ODD 11: « villes et communautés durables »

Dans le contexte des villes durables, les centres d'enfouissement, dotés de technologies de réduction des impacts environnementaux, jouent un rôle déterminant, à titre d'illustration, l'enfouissement technique avec récupération de biogaz permet de réduire les émissions de méthane, un gaz à effet de serre dont l'intensité est 25 fois supérieure à celle du dioxyde de carbone (GIEC, 2021). Selon la Banque mondiale (2018),

l'implantation de systèmes de captage de biogaz sur les décharges permet de réduire jusqu'à 60 % des émissions liées aux déchets organiques, cette contribution participe à la réalisation de la cible 11.6 qui vise à réduire l'impact environnemental urbain et d'améliorer la gestion des déchets municipaux.

3.6.7. A l'ODD 12 : « Consommation et production responsables »

L'objectif de développement durable 12, vise à réduire la production de déchets par le biais de l'économie circulaire. En effet, les centres d'enfouissement doivent être optimisés en intégrant le tri, le compostage et la valorisation énergétique. En Europe, la directive 2018/850/UE concernant le contrôle du taux de la mise en décharge des déchets, a établi « un objectif de recyclage de 65 % des déchets d'ici 2035, tout en plafonnant la part des déchets destinés à l'enfouissement à 10 % ou moins. Cependant, dans les pays à faible revenu, moins de 20 % des déchets sont recyclés, ce qui perpétue un gaspillage de ressources » (United Nations Environment Programme, 2020). Dans cette optique et malgré qu'il représente le dernier niveau dans la hiérarchie des modes de traitement /élimination des déchets, le centre d'enfouissement technique optimisé contribue directement à l'atteinte des cibles : 12.4 (gestion écologique des produits chimiques et des déchets) et 12.5 (réduction des déchets par la prévention, le recyclage et la réutilisation).

3.6.8. A l'ODD 13 : « Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques »

Il est important de reconnaître que les centres d'enfouissement technique dont la gestion est déficiente représentent une source significative d'émissions de gaz à effet de serre, dont la source principale est la dégradation de la fraction biodégradable présente dans les déchets enfouis, de ce fait les CET équipés de systèmes de captage du méthane, transforment le biogaz en énergie, contribuant ainsi à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, comme l'indique la Cible 13.2 (intégrer des mesures relatives aux changements climatiques dans les politiques, les stratégies et la planification nationales).

3.6.9. A l'ODD 15: « Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres»

L'artificialisation des sols et la contamination des écosystèmes par les décharges sauvages ont eu, et ont toujours, un impact significatif sur la biodiversité. Les centres d'enfouissement technique des déchets, quant à eux, préconisent l'élimination écologique des déchets ainsi que la réhabilitation écologique post-exploitation (reboisement, création de zones humides), contribuant ainsi à l'atténuation de ces impacts. En effet, la prévention

de la contamination des sols par les lixiviats s'inscrit dans une démarche de préservation des écosystèmes, en cohérence avec la cible 15.1 de l'objectif 15, qui préconise une utilisation durable des écosystèmes terrestres.

CONCLUSION

L'avènement des centres d'enfouissement technique (CET) résulte d'une prise de conscience environnementale qui a impacté les modes d'élimination traditionnels des déchets, marquant ainsi une étape cruciale dans l'évolution des stratégies de gestion des déchets, en conciliant impératifs environnementaux, sanitaires et socio-économiques.

Le cycle de vie d'un centre d'enfouissement technique des déchets, élément essentiel de la chaîne de gestion des déchets, est un processus qui se caractérise par une séquence d'étapes chronologiquement ordonnées, débutant par une phase de conception dont l'élément principal est le choix du site à accueillir le CET, puis une phase de réalisation qui requiert la plus grande rigueur technique, ensuite une phase active où le CET est opérationnel, enfin, une fermeture et une réhabilitation du site marquent l'étape suivante, qui s'achève par une surveillance post-fermeture à long terme.

Chaque étape de ce processus est soumise à des réglementations strictes et à des considérations environnementales croissantes, jouant un rôle crucial dans la minimisation des impacts négatifs et la préservation de notre environnement pour les générations futures, en effet, la compréhension de ce processus complexe s'avère fondamentale pour appréhender les enjeux liés à l'élimination des déchets et encourager des pratiques plus durables.

Enfin, dans le contexte plus large de la gestion environnementale et de la réduction des risques de pollution des sols et des eaux, les centres d'enfouissement technique apparaissent comme des acteurs clés, ceci en favorisant la réduction des émissions de gaz à effet de serre, les CET contribuent à la réalisation de plusieurs Objectifs de Développement Durable (ODD), il s'agit particulièrement des : ODD 11 (villes durables), 12 (consommation responsable), 13 (lutte contre les changements climatiques) et 15 (préservation et restauration des écosystèmes terrestres).

CHAPITRE IV :

BENCHMARKING DES STRATEGIES
D'ELIMINATION DES DECHETS
MENAGERS : CAS DE L'ALLEMAGNE,
DU CANADA & DU MAROC

INTRODUCTION

L'élimination des déchets représente un défi planétaire, où se croisent des enjeux environnementaux, économiques et sociaux d'une acuité croissante. En effet, dans un contexte mondial marqué par l'urgence climatique, l'épuisement des ressources naturelles et l'expansion urbaine, l'élimination des résidus issus des activités humaines s'impose comme une priorité stratégique, face à cette réalité, les États déploient des stratégies nationales distinctes, reflétant leurs spécificités géographiques, leurs capacités technologiques, leurs priorités politiques et leur niveau de développement, cette diversité d'approches invite à une analyse comparative approfondie, susceptible de révéler des enseignements transversaux et des leviers d'action innovants.

Ce chapitre se consacre à l'étude comparée des stratégies d'élimination des déchets dans trois pays aux profils contrastés : l'Allemagne, le Canada et le Maroc, notre démarche méthodologique, fondée sur une démarche de benchmarking, vise à explorer la manière dont des contextes socioéconomiques et institutionnels variés influencent la conception et la mise en œuvre des stratégies d'élimination des déchets. L'expérience de l'Allemagne, souvent citée comme modèle européen d'économie circulaire, incarne une approche réglementaire stricte, soutenue par des investissements massifs et une culture citoyenne engagée, le Canada, État fédéral aux vastes territoires, illustre les tensions entre autonomie provinciale et coordination nationale, enfin le Maroc, quant à lui, offre un cas d'étude emblématique des pays en développement, où les impératifs de croissance rapide coexistent avec des contraintes structurelles, mais aussi avec des initiatives ambitieuses de transition écologique soutenues par des partenariats internationaux. L'objectif de cette comparaison est de dégager des pratiques exemplaires et des principes transférables, susceptibles d'éclairer notre réflexion dans notre contexte d'étude (Algérie).

4.1. DEMARCHE DU BENCHMARKING

4.1.1 .Démarche suivie

Afin de procéder au *benchmarking* (comparaison) des différentes expériences en matière d'élimination des déchets, une démarche structurée et méthodique a été conduite de la manière suivante (figure n°04.01) :

a. **Paramétrage** : Définition des critères et axes d'analyse, essentiels pour cadrer la comparaison.

b. **Analyse des stratégies** : Étude individualisée des stratégies de chaque pays (Allemagne, Canada, Maroc), permettant de comprendre leurs spécificités.

c. **Comparaison** : Mise en perspective des stratégies nationales, identifiant les similitudes, divergences et bonnes pratiques.

d. **Enseignements** : Synthèse des résultats, transformant les observations en recommandations ou leçons applicables pour notre cas d'étude.

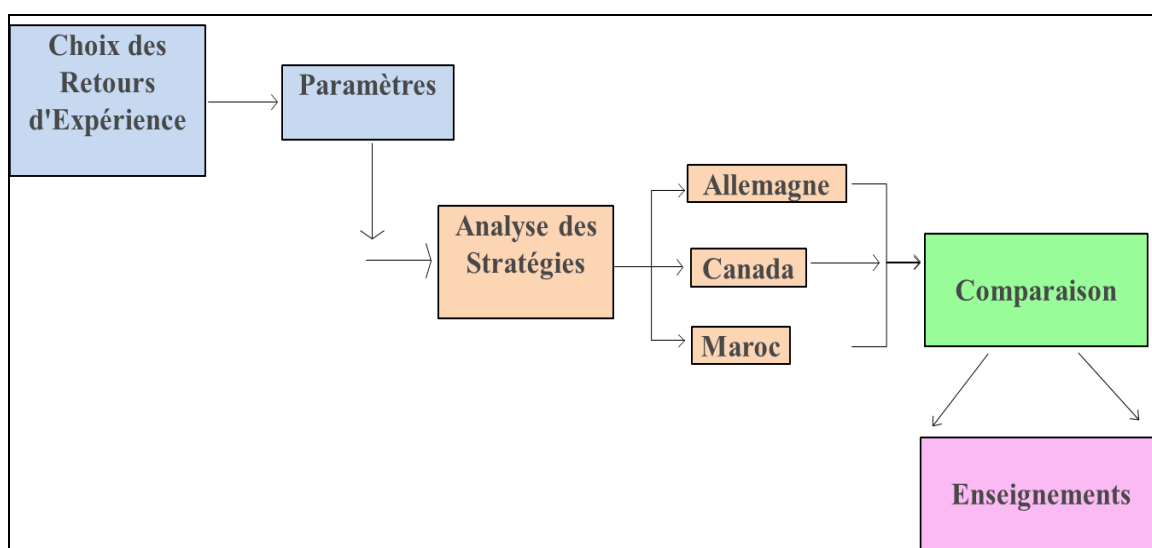


Figure n°04-01 : Démarche du Benchmarking

Source: Auteure. 2025.

4.1.2. Paramètres de sélection

Le choix de l'Allemagne, du Canada et du Maroc pour une analyse comparative des stratégies de gestion des déchets s'appuie sur des paramètres révélateurs de la diversité internationale des approches en matière d'élimination des déchets ménagers et assimilés, ces paramètres justifient la pertinence des retours d'expérience sélectionnés. En effet, Ils permettent d'identifier des bonnes pratiques adaptables (ex. : régulation allemande, flexibilité canadienne, résilience marocaine) tout en soulignant l'importance de

contextualiser les solutions. En outre, cette hétérogénéité des retours d'expérience, permet d'identifier des enseignements transposables à notre contexte d'étude (tableau n°04.01) .

Tableau n°04.01 : Paramètres du choix des retours d'expérience

Pays				
Paramètre de choix		Allemagne	Canada	Maroc
	Différences de développement économique	Développé	Développé	En développement
	Variété des approches stratégiques	Approche axée sur le recyclage, la valorisation énergétique et une réglementation stricte.	Approche variable selon les provinces et les territoires, avec une attention particulière pour la réduction à la source et la responsabilité élargie des producteurs.	En phase de transition, pour moderniser ses systèmes de gestion des déchets, promouvoir le recyclage et lutter contre les décharges sauvages.
	Contexte géographique	Union Européenne (UE)	Amérique du Nord	Moyen-Orient et l'Afrique du Nord (MOAN)

Source : Auteure. 2024

Les trois paramètres sur lesquels s'est basé le choix des trois pays comme des études de cas pour des retours d'expérience en stratégie d'élimination des déchets, sont : le développement économique, les approches stratégiques en matière d'élimination des déchets et enfin le contexte géographique.

a. Le développement économique:

La distinction entre pays développés (Allemagne, Canada) et pays en développement (Maroc) permet d'étudier comment les ressources économiques influencent les capacités d'innovation, la régulation et l'accès aux technologies. De plus, les retours d'expérience : allemand et canadien illustrent des systèmes matures, tandis que le Maroc révèle les défis des transitions accélérées et le rôle des aides internationales.

b. La variété des approches stratégiques:

L'Allemagne, offre un modèle normatif strict (recyclage avancé, responsabilité élargie des producteurs), alors que le Canada, avec sa gouvernance décentralisée, montre l'adaptabilité des politiques aux spécificités locales (ex. : provinces vs. territoires), le Maroc quant à lui, en phase de modernisation, fournit des enseignements sur l'intégration progressive de pratiques durables (fermeture des décharges sauvages) dans des contextes contraints similaires à l'Algérie.

c. Le contexte géographique:

Le choix de ces trois pays appartenant à des contextes géographiques différents, assure une vision équilibrée des réalités mondiales en matière de stratégie d'élimination des déchets. Indéniablement, ces régions distinctes qui comprennent l'union européenne (UE), l'Amérique du Nord et la région Moyen-Orient et Afrique du Nord (MOAN), mettent en lumière des différences qui enrichissent les retours d'expérience.

4.2. ANALYSE DE L'EXPERIENCE DE L'ALLEMAGNE : DE L'ENFOUISSEMENT MASSIF A L'INTERDICTION LEGALE DE LA MISE EN DECHARGES

La stratégie d'élimination des déchets ménagers en Allemagne a subi une transformation, passant d'un taux de mise en décharge de près de 90 % en 1970 à un taux de moins de 1%. Pour y arriver, le pays a progressivement adopté une approche intégrant des principes écologiques et économiques.

4.2.1. Phase 1 : L'ère du tout à la décharge (avant 1970)

Après la Seconde Guerre mondiale, la reconstruction de l'Allemagne s'est accompagnée d'une augmentation massive des quantités des déchets ménagers, gérés principalement par enfouissement. En effet, 90 % des déchets ménagers sont enfouis dans des décharges à ciel ouvert, souvent sans traitement des lixiviats ou des biogaz, à cette époque, chaque village et chaque ville avait sa propre décharge (environ 50 000 au total) (Nelles et al. 2016). De ce fait, on assiste à des problèmes de pollution des sols et des nappes phréatiques, à des émissions de méthane, mais également à une opposition citoyenne croissante, ce qui a conduit à une remise en question de ce modèle.

4.2.2. Phase 2 (1970–2005) : la transition à l'économie circulaire

La gestion des déchets en Allemagne a connu des changements majeurs depuis le

début des années 1970. En effet, les chocs pétroliers des années 1970 et la montée des mouvements écologistes (par exemple, le parti Die Grünen) ont catalysé un changement du modèle d'élimination des déchets existant.

- La première législation autonome en matière de gestion des déchets a été adoptée en 1972 (*Abfallbeseitigungsgesetz*)⁶, avec pour objectif la fermeture des décharges non-contrôlées et leur remplacement par des sites d'enfouissement centraux, réglementés et supervisés, mais sans obligation de tri.
- En 1986, une nouvelle loi sur la prévention et la gestion des déchets a été introduite, celle-ci stipulait la priorisation de la prévention et du recyclage des déchets sur leur élimination, en conséquence, une série de lois, d'ordonnances, de dispositions administratives et d'engagements volontaires en matière de gestion des déchets ont été instaurés (Zhang et al, 2010), parmi ces textes, on peut citer :
 - En 1990 : le système dual a été établi dans le but de prévoir l'ordonnance sur les emballages qui a été promulguée en 1991. Ce système est financé par une contribution versée par les producteurs de produits emballés, cette contribution donne lieu à l'apposition d'un « point vert » (*der Grüne Punkt*)⁷ sur les produits concernés, marquant ainsi leur éco-responsabilité. L'objectif de ce système est de diminuer le nombre de ventes d'emballages et de recycler les déchets d'emballages.
 - En 1991 : l'ordonnance sur les emballages, et des instructions techniques relatives au stockage, au traitement chimique, physique et biologique, à l'incinération et au stockage des déchets nécessitant une surveillance particulière.
 - En 1996 : la loi sur la promotion de la gestion des déchets en circuit fermé et sur la garantie d'une élimination des déchets compatible avec l'environnement (*KrW-/AbfG*), elle repose sur des cycles fermés et attribue la responsabilité de l'élimination aux acteurs de la chaîne de production et de distribution de biens. Cette approche a engendré un renforcement de la prise de conscience citoyenne quant à la pertinence du tri sélectif, a induit l'émergence de technologies de gestion des déchets novatrices et a contribué à l'accroissement des capacités de recyclage.

⁶ la loi sur l'élimination des déchets, conformément à cette loi les États sont tenus de soumettre des plans d'élimination des déchets et de fournir des installations d'élimination des déchets, les décharges illégales devraient être transformées en décharges contrôlée, cette loi fédérale a évolué vers la loi sur l'économie circulaire qui s'applique aujourd'hui.

⁷ Fondée en 1990, *Der Grüne Punkt* (Le Point Vert) est l'une des principales entreprises de collecte de déchets en Allemagne. Elle offre aux entreprises un système efficace de traitement des déchets et de collecte des objets usagés dans tout le pays, ce qui favorise la récupération des matières premières si importantes dans le cycle économique

Enfin, la directive 1999/31/CE du Conseil Européen, en date du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets et qui vise à promouvoir une réduction progressive des quantités de déchets destinés à l'enfouissement, avec un accent particulier sur les déchets qui peuvent être recyclés ou valorisés de toute autre manière. En vertu de cette directive, les États membres sont tenus de mettre en place une stratégie nationale visant à réduire les déchets biodégradables enfouis, et ce, dans un délai maximum de deux ans à compter de l'entrée en vigueur de la directive.

4.2.3. Phase actuelle (2005–présent) : Une gestion circulaire des déchets

En vertu de la législation en vigueur depuis le 1er juin 2005, la collecte intégrale des déchets biodégradables dans les municipalités est obligatoire, aussi l'élimination des déchets sans une étape préalable de prétraitement est formellement interdite. Ces opérations préliminaires sont réalisées dans des installations dédiées, telles que des incinérateurs ou des unités de traitement mécano-biologique, ayant pour finalité d'empêcher la dégradation des déchets dans les sites d'enfouissement.

La séparation des substances valorisables, constitue une étape préalable avant l'enfouissement des déchets permettant d'atteindre un taux de recyclage de 65 %, l'énergie résiduelle issue de la décomposition des déchets est par ailleurs récupérée soit 35 % du total, ce qui a permis de réduire la part de déchets destinés à l'enfouissement à moins de 1 % (Destatis, 2022). L'Allemagne a réussi à transformer sa gestion des déchets ménagers en un système intégré, combinant rigueur législative, technologie et participation citoyenne.

4.2.4. L'exemple de l'usine de traitement mécano-biologique (TMB) de Hanovre, Allemagne :

Depuis l'année 2012, la législation fédérale sur les déchets et la loi sur la gestion du cycle de vie des ressources (en allemand : Kreislaufwirtschaftsgesetz, KrWG 2012) constituent le fondement juridique de la politique de gestion des déchets en Allemagne. Elles mettent l'accent sur la promotion du recyclage et d'autres formes de valorisation des déchets, qu'il s'agisse de déchets recyclables ou de déchets de valorisation. Par ailleurs, en vertu de la directive européenne relative aux déchets de 2010, une hiérarchie des déchets en cinq étapes a été instaurée : la prévention, la préparation à la réutilisation, le recyclage, la valorisation autre et l'élimination. Face à l'interdiction de mise en décharge des déchets organiques (Directive européenne 1999/31/CE), les villes comme Hanovre ont adopté des

technologies de TMB pour traiter les déchets résiduels (figure n°04.02).



Figure n°04.02 : l'usine de traitement mécano-biologique (TMB) de Hanovre, Allemagne

Source : <https://www.aha-region.de/entsorgung-und-recycling/abfallbehandlung-und-deponien>, Consulté le 15.04.2024

Depuis l'année 2000, année durant laquelle le traitement mécanique a été opérationnel, et 2005, année durant laquelle le traitement biologique a été mis en service, l'usine TMB de Hanovre traite annuellement 200 000 tonnes de déchets résiduels, ce volume est issu d'un bassin de 1,1 million d'habitants, son processus de traitement se décline en deux étapes (Parveen et al, 2024) : La première étape : consiste en un traitement mécanique, en effet les déchets subissent un broyage, un criblage (avec une maille de 60 mm et 15 mm) et un tri, permettant la séparation des métaux ferreux (recyclés à 1,5 %) et d'une fraction à haut pouvoir calorifique (43,5 %), qui est envoyée vers des incinérateurs. La fraction fine, dont la taille est inférieure à 15 mm, et qui est riche en matière organique, est quant à elle orientée vers le processus de fermentation (figure n°04.03).

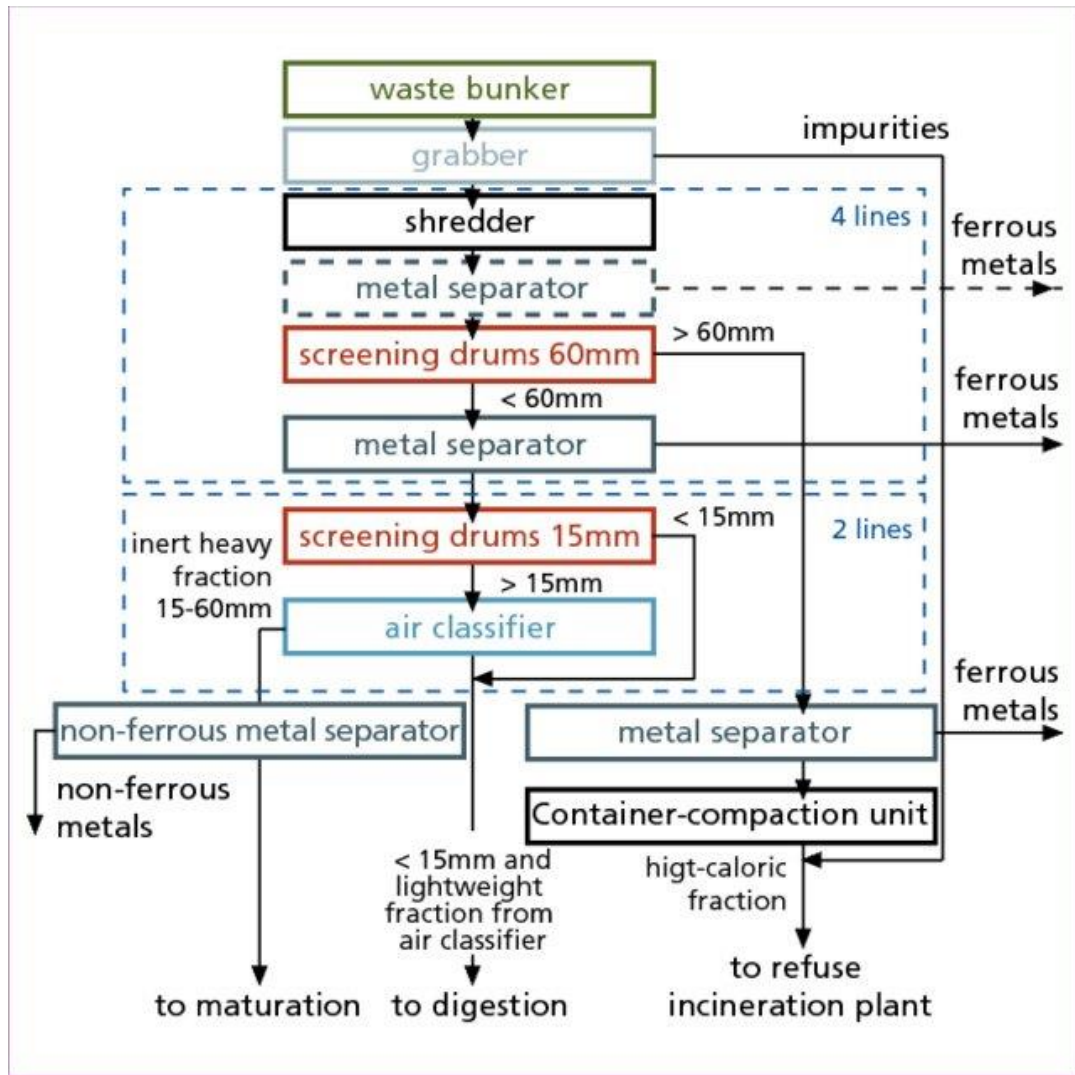


Figure n°04.03 : Organigramme du processus de l'installation de traitement mécanique des déchets
Source : Vielhaber, 2015

La deuxième étape : consiste en un traitement biologique où la fraction organique est soumise à une fermentation anaérobie, un procédé Valorga, durant une période de 20 jours, à une température comprise entre 35 et 42 °C, cette étape conduit à la production de biogaz, composé à hauteur de 55 % de méthane, qui est ensuite utilisé en cogénération pour générer 3,8 MW d'électricité. Enfin, les résidus de la digestion sont stabilisés par aération et maturation aérobie avant d'être enfouis ce qui représente 24 % des déchets entrants (figure n°04.04).

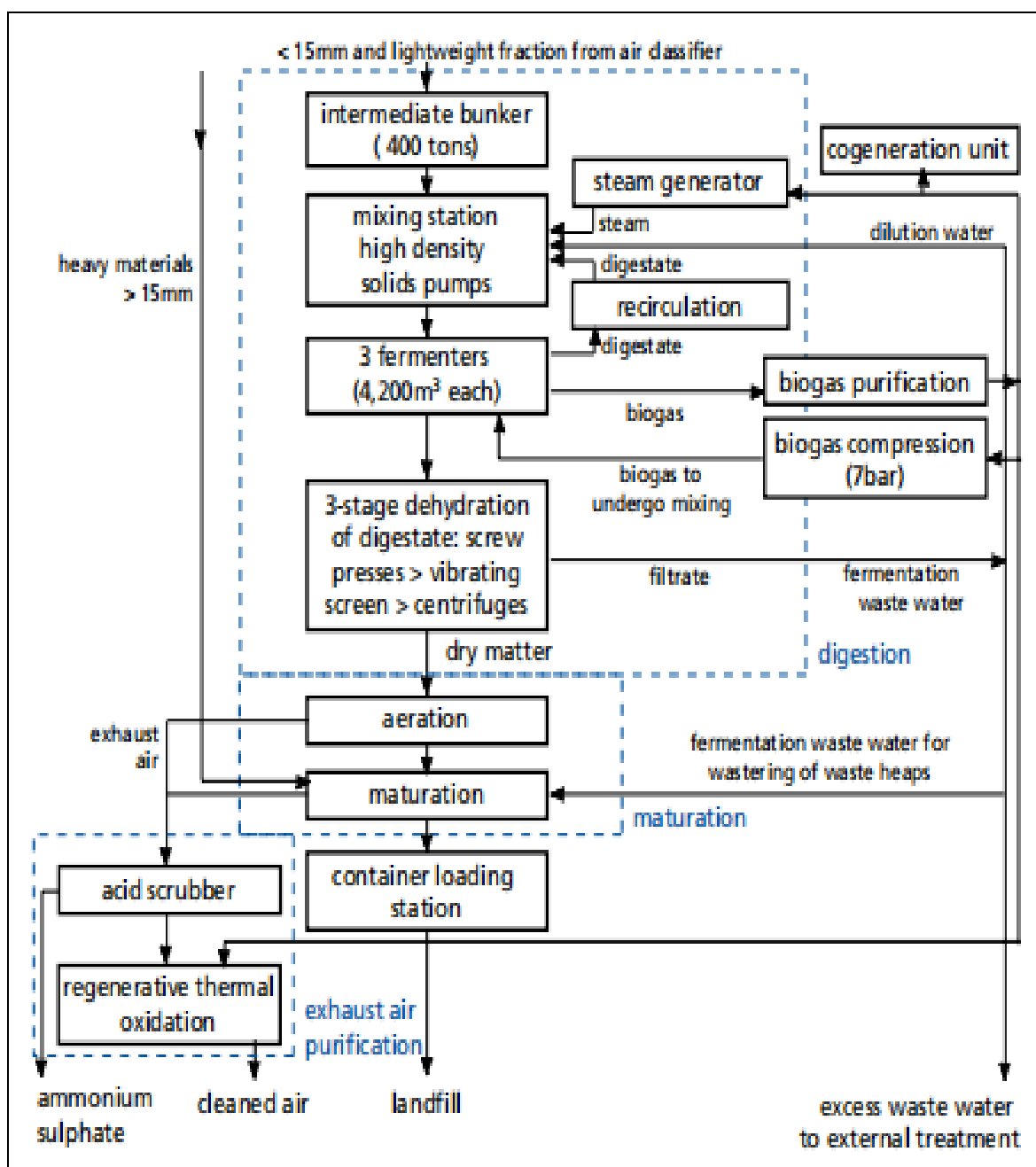


Figure n°04.04 : Organigramme de l'installation de traitement biologique des déchets
Source : Vielhaber, 2015

Cependant, il faut signaler qu'en Allemagne, la production de compost à partir de déchets ménagers n'est pas autorisée, de ce fait l'objectif de l'usine, en plus de la production de biogaz, est de stabiliser les déchets en dégradant la matière organique jusqu'à ce que les critères d'admission en décharge soient atteints.

L'usine de TMB de Hanovre opère du lundi au vendredi, structurée en trois équipes. L'introduction des déchets s'effectue entre 6 heures et 22 heures. Les équipements sont opérationnels entre 12 h et 14 h. Les travaux d'entretien sont planifiés pour être effectués

durant les équipes de nuit, afin d'optimiser l'utilisation des ressources et d'assurer la continuité des opérations. La figure ci-dessous illustre le bilan massique des étapes du TMB (figure n°04.05).

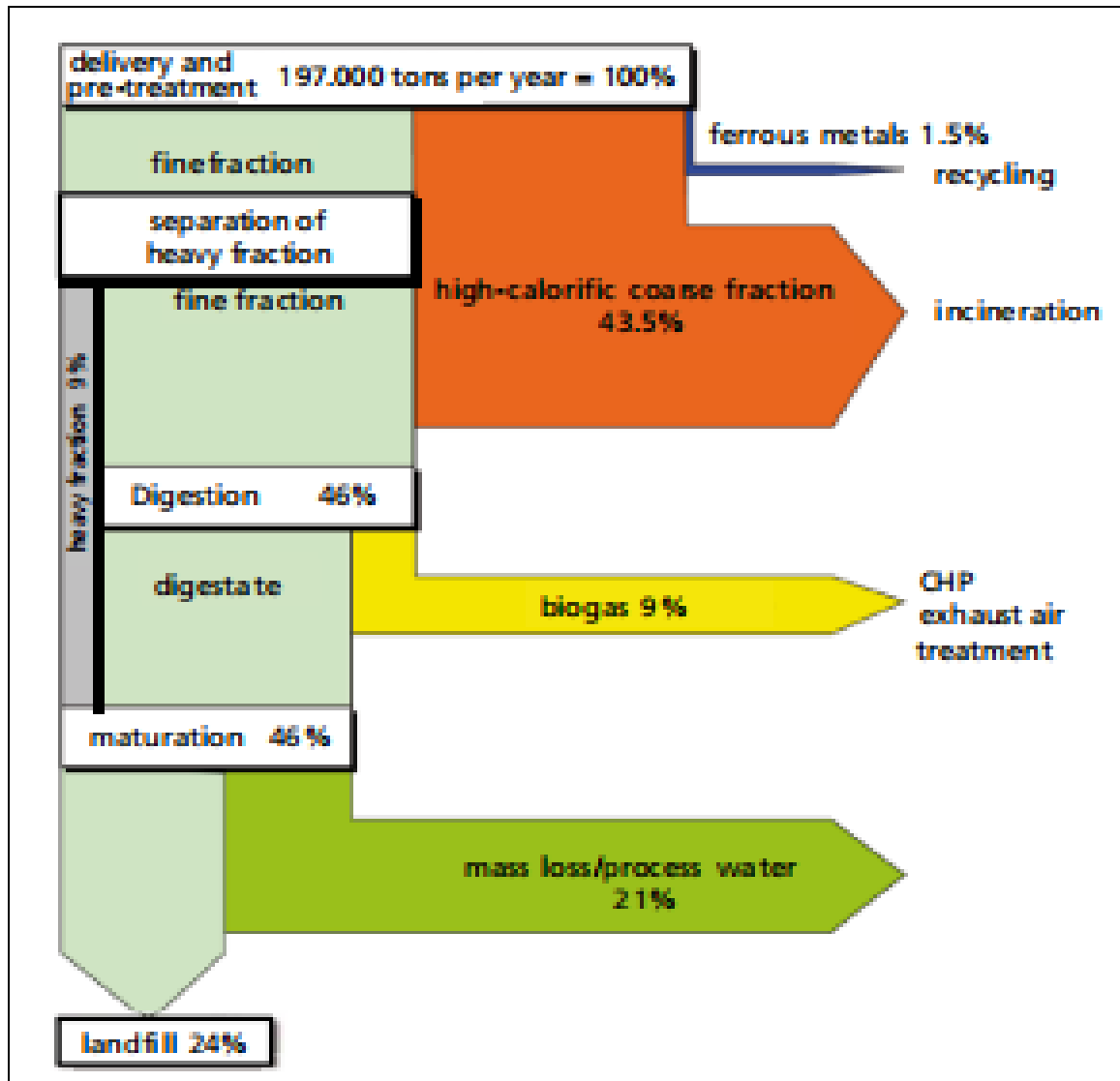


Figure n°04.05 : Bilan massique de l'usine de TMB de Hanovre

Source : Vielhaber, 2015

4.2.5. Résultat & Défis

La valorisation énergétique représente une part significative du processus de gestion, avec 66 % des déchets résiduels traités de cette manière. En revanche, 25 % des déchets sont destinés à l'enfouissement. Par ailleurs, le biogaz généré sur le site est utilisé pour couvrir ses besoins énergétiques et contribue à l'alimentation du réseau public, avec un excédent annuel de 7 GWh.

Défis : Le premier défi réside dans la durabilité des infrastructures, le procédé biologique pour sa part est soumis à des facteurs de dégradation tels que l'abrasion (verre, sable) et la corrosion (environnement humide, ammoniac), de ce fait, des rénovations majeures sont planifiées, incluant le nettoyage des fermenteurs et le remplacement des convoyeurs.

Par ailleurs, le second défi est lié à la concurrence économique, caractérisée par la diminution des coûts d'incinération, soulevant ainsi des interrogations quant à la pérennité du TMB.

L'usine TMB de Hanovre met en exergue les avantages et les inconvénients de la technologie TMB dans un contexte allemand. En effet, bien qu'elle se soit avérée efficace pour la valorisation énergétique et la réduction des enfouissements, l'avenir de cette technologie dépendra de sa capacité à s'adapter aux contraintes économiques et réglementaires, notamment par le biais de l'innovation dans la production de RDF et l'intégration des bio-déchets, la maintenance proactive et la flexibilité opérationnelle pour assurer la pérennité des infrastructures de traitement des déchets dans un contexte de mutations permanentes s'avère également d'une importance cruciale.

Dans le contexte international, la technologie TMB se présente comme une méthode prometteuse et accessible de gestion des déchets. En effet, grâce à leur grande flexibilité, les TMB peuvent être dimensionnés pour des zones d'élimination plus petites, selon les besoins, et peuvent toujours fonctionner de manière économique. Par ailleurs, il est important de souligner que le volume des CET/ décharge existants, peut être maintenu, offrant ainsi une flexibilité opérationnelle accrue.

4.3. ANALYSE DE L'EXPERIENCE DU CANADA : « DE LA MISE EN DECHARGE A UN RECYCLAGE ET UNE REDUCTION A LA SOURCE DES DECHETS »

Le Canada, caractérisé par une étendue territoriale considérable et une densité démographique variable, a historiquement opté pour la mise en décharge comme méthode de gestion de ses déchets ménagers. Cependant, à partir des années 1990, un changement de paradigme, associé à des crises liées à la saturation des sites d'enfouissement, a conduit à une réforme progressive des systèmes de gestion. Cette transition s'inscrit dans un cadre politique décentralisé, où les provinces détiennent l'autorité principale en matière d'environnement, conduisant à des disparités notables entre les différentes régions du pays.

4.3.1. Phase 1 : La domination des décharges (1945–1980) :

Dans le contexte de l'urbanisation et de la consommation de masse qui ont caractérisé l'après-Seconde Guerre mondiale, la gestion des déchets ménagers s'est trouvée confrontée à une augmentation significative des volumes de déchets produits, conduisant à une situation où les décharges se sont multipliées, souvent de manière non réglementée, pour répondre à cette augmentation, en effet, les sites d'enfouissement non réglementés, souvent aménagés de manière informelle, sont devenus la norme.

En 1970, 98 % des déchets municipaux canadiens étaient enfouis (Environnement Canada, 1991), en 1985, les premières réglementations, telles que la Loi sur les déchets dangereux promulguée, ont ciblé les substances toxiques, mais ont omis d'aborder les déchets ordinaires (résidentiels). Cependant, les préoccupations concernant la pollution, notamment les lixiviats et les émissions de méthane, ont progressivement suscité des critiques de la part de la société civile.

4.3.2. Phase 2 : l'essor du recyclage (1980-2000):

Les années 1980 ont constitué un tournant décisif, avec l'adoption de programmes pilotes de recyclage, notamment en Ontario et en Colombie-Britannique. La mise en place d'un cadre fédéral, symbolisée par l'adoption de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (la CEPA, 1988), a permis de structurer les efforts de recyclage au niveau national (Davies, 1988).

En 1990, le gouvernement canadien a initié un programme gouvernemental appelé : le Plan Vert, ce dernier a pour objectif de réduire de moitié la production de déchets au Canada d'ici l'an 2000. Afin d'atteindre cet objectif, il est impératif de mettre en œuvre une approche méthodique qui s'articule autour de quatre axes fondamentaux : la réduction, la réutilisation, la récupération et le recyclage, cependant, il est à noter que seulement 10 % sont effectivement recyclés (Bouffard, 1994)

De leur part, les provinces ont également développé leurs propres systèmes, illustrant une approche différenciée et adaptée aux spécificités de chaque région, on cite à titre d'exemple : - le programme Blue Box, mis en place en Ontario en 1983, qui a constitué le premier système de collecte sélective en Amérique du Nord, dès 1995, il a permis d'atteindre un taux de recyclage de 60 % pour les emballages (Mueller, 2013).

- Ou encore, la consigne des bouteilles en Alberta et au Québec qui a permis de réduire les déchets de verre de 90 % (Recyc-Québec, 2021).

Malheureusement, l'absence de coordination nationale a eu pour conséquence de limiter l'efficacité globale de cette mesure.

4.3.3. Phase 3 : Vers une économie circulaire (2000 à aujourd'hui)

Depuis les années 2000, le Canada tente d'aligner ses pratiques sur les principes de l'économie circulaire, sous l'influence d'accords internationaux comme l'Accord de Paris en 2015, ses efforts incluent :

- l'extension de la responsabilité des producteurs (REP) : adoptée au Québec en 2020 et en Colombie-Britannique en 2011, cette politique oblige les entreprises à financer le recyclage de leurs produits (CCME, 2022).

- l'interdiction des plastiques à usage unique à partir de 2022 par le gouvernement fédéral, dans le but de réduire les 3,3 millions de tonnes de plastique jetées chaque année (ECCC, 2022).

- les initiatives zéro déchet dans des villes comme Vancouver, où le taux de détournement des déchets atteint 64 % grâce au compostage obligatoire.

Le Canada a fait des progrès en matière de gestion des déchets ménagers, mais son système de gestion des déchets guidé par l'hétérogénéité des politiques provinciales et sa dépendance aux pratiques d'enfouissement des déchets constituent des obstacles majeurs.

4.3.4. L'exemple du lieu d'enfouissement technique (LET) de Sainte-Sophie (Québec, Canada)

Le lieu d'enfouissement technique (LET) Sainte-Sophie est situé dans la municipalité de Sainte-Sophie, dans la municipalité régionale de comté (MRC) de la Rivière-du-Nord (RDN). Le site de Sainte-Sophie opérationnel depuis 1964, est géré actuellement par la société *Waste Management Canada* (figure n°04.06).



Figure n°04.06: Le lieu d'enfouissement technique (LET) de Sainte-Sophie, Canada.

Source : WM Québec Inc, 2019, Étude d'impact sur l'environnement,

En outre, le site dessert sa région immédiate, à savoir la municipalité régionale de comté (MRC) de Rivière-du-Nord et les Laurentides, de même que des territoires contigus et environnants tels que la région administrative de Lanaudière, Laval, Montréal et une partie de la Montérégie, étendant ainsi son influence territoriale. Le LET reçoit les matières résiduelles d'origine résidentielle et également d'origine industrielle, commerciale et institutionnelle, cette infrastructure est par conséquent d'une importance majeure pour la gestion des déchets du Grand Montréal et des régions avoisinantes.

Pour leur part, les quantités de matières résiduelles enfouies annuellement ont connu une augmentation graduelle, passant de 20 000 t en 1964 à près de 1 Mt en 2019 (figure n°04.07).

Quantités de matières enfouies en tonnes	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019*
Matières résiduelles								
Déchets domestiques	499 834	792 395	830 898	816 502	777 291	801 019	764 259	736 821
Institutions, commerces et industries (ICI)	79 799	139 701	110 768	120 405	92 352	87 235	59 902	52 383
Construction, rénovation et démolition (CRD)	21 923	28 050	35 539	39 505	63 517	46 669	90 674	143 822
Boues municipales	1 469	18 504	14 452	19 926	16 811	18 943	15 481	14 961
Résidus d'écocentres et de centres de tri	0	0	0	0	3 937	38 687	50 735	44 890
TOTAL	603 024	978 650	991 656	996 339	953 908	992 552	981 051	992 877

Figure n°04.07: Les quantités de déchets enfouis entre 2012 et 2019

Source : Rapport d'enquête et d'audience publique (BAPE, 2020).

En termes d'infrastructure de fonctionnement du LET, nous observons la présence de plusieurs installations, à savoir :

- un poste d'identification et de contrôle ;
- des bâtiments administratifs et de service ;
- des systèmes de confinement géo-membranaires pour limiter la contamination des eaux souterraines
- un système de captage et de destruction du biogaz ;
- un système de captage et de traitement des eaux de lixiviation ;
- un ensemble de puits de suivi de la qualité de l'eau souterraine et du biogaz ;
- des stations de suivi de la qualité de l'eau de surface.

Dans le cadre du processus de valorisation énergétique du biogaz, celui-ci est actuellement récupéré et valorisé, dans une proportion d'environ 66 %, à l'usine de papier Rolland à Saint-Jérôme, pour fins d'alimentation des chaudières. La partie du biogaz non valorisée est captée et détruite par trois torchères à flammes invisibles. Dans le cadre du projet, un poste de compression du biogaz a été aménagé sur le site du LET. Un pipeline, opéré par la société Énergir, achemine le biogaz sur une distance de 13 km jusqu'à l'usine.

Il est important de noter que la capacité maximale du LET existant aurait été atteinte à la fin de l'année 2022, en réponse à cette situation, un projet d'agrandissement du LET (figure n°04.08) a été lancé en 2020 dont le coût de réalisation est estimé à 90 millions de dollars américains.

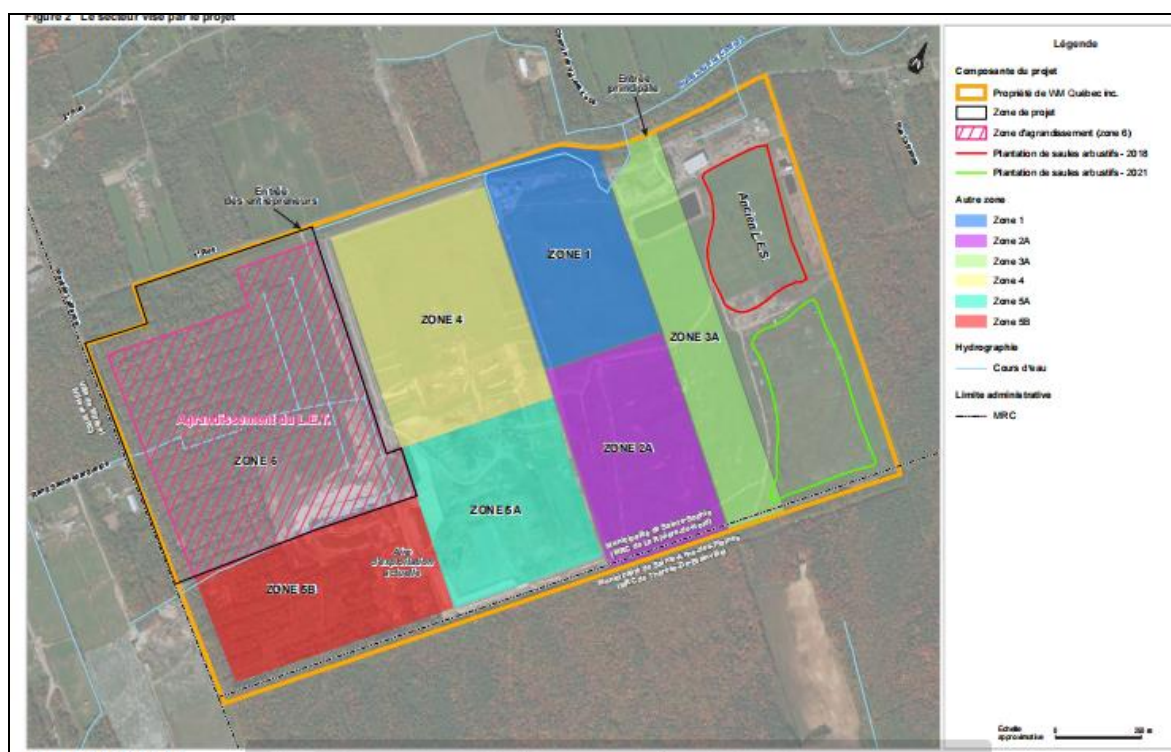


Figure n°04.08 : localisation du projet d'agrandissement du LET de Sainte-Sophie.
Source : Rapport d'enquête et d'audience publique (BAPE, 2020).

L'aire d'enfouissement projetée, d'une superficie de 51,25 hectares, est destinée à accueillir un volume total de 18 600 000 mètres cubes de déchets, avec une capacité annuelle maximale de 1 000 000 de tonnes de déchets, de ce fait, la durée de fonctionnement effective du LET pourrait s'étendre jusqu'en 2040.

Au cours du mois de décembre 2022, la société Énergir a soumis l'étude d'impact sur l'environnement de son projet, laquelle a été jugée recevable par le gouvernement du Québec en août 2023. Le projet en question a pour objectif de construire une canalisation destinée à l'injection de méthane, émis par le site d'enfouissement de Sainte-Sophie, situé dans les Laurentides, au sein du réseau de distribution.

Enfin, malgré une gestion moderne et réglementée, le site suscite des critiques quant aux risques résiduels de fuites de lixiviats, malgré la réalisation d'audits environnementaux rigoureux (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2020).

4.4. ANALYSE DE L'EXPERIENCE DU MAROC

La gestion des déchets ménagers au Maroc été longtemps basée sur l'élimination dans les décharges sauvages, cependant elle a pris un tournant décisif en 2017 avec l'adoption de la Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD). Cette initiative répond à une pression environnementale croissante due à l'urbanisation rapide (64 % de la population vivant en ville en 2023), au tourisme de masse et aux engagements internationaux du Maroc en matière de climat (Accord de Paris, Objectifs de Développement Durable)

4.4.1. Phase 1 : la dominance des décharges sauvages « avant l'an 2000 »

Durant cette période la gestion des déchets était caractérisée par l'absence d'un cadre législatif spécifique pour régir l'élimination des déchets, à l'exception notable du Dahir de 1975 sur l'hygiène publique, dont l'application était toutefois limitée. Vers la fin des années 1990, la gestion des déchets était marquée par la présence de plus de 300 décharges non contrôlées, générant des pollutions des sols et des risques sanitaires.

4.4.2. Phase 2 : la restructuration institutionnelle en faveur d'une gestion déléguée (2000–2015)

Au début des années 2000, un ensemble de dispositions institutionnelles, législatives et des initiatives expérimentales, soutenues par des accords internationaux, ont vu le jour :

- au début des années 2002, on assiste au transfert de la gestion des services de propreté vers une organisation déléguée, permettant de surmonter les difficultés inhérentes à une gestion trop rigide et centralisée, tout en favorisant une approche plus efficiente et adaptée aux réalités du secteur.
- en 2006 : le Dahir n° 1-06-153 du 22 novembre 2006 portant promulgation de la loi n° 28-00 relative à la gestion et à l'élimination des déchets ;
- en 2008, l'instauration du Programme National des Déchets Ménagers (PNDM) pour la période 2008-2023, dont les principaux sont les suivants (NYA , 2020):

Amélioration de la collecte: Atteindre des taux de collecte de 85 % en 2016, 90 % en 2020, et viser 100 % d'ici 2030.

Modernisation du secteur: Professionnaliser la gestion des déchets solides.

Infrastructures: Construire des centres d'enfouissement et de valorisation pour toutes les zones urbaines (100 %) à l'horizon 2034.

Réhabilitation: Remettre en état toutes les décharges existantes (100 %) en 2020.

Suppression des décharges illégales: Fermer les décharges non contrôlées avant 2020.

Développement du tri et du recyclage: Mettre en place des plans directeurs de gestion des déchets dans toutes les préfectures et provinces, et initier des actions pilotes de tri pour atteindre 20 % de recyclage en 2020.

Gestion des décharges contrôlées: Créer 15 décharges contrôlées dans les principaux centres urbains.

- En 2009 : - Décret n° 2-09-284 du 8 décembre 2009 fixant les procédures administratives et les prescriptions techniques relatives aux décharges ;
- En 2010, le Maroc a légiféré sur la gestion des déchets plastiques avec la loi 22-10. Cette loi interdit la fabrication de sacs plastiques non biodégradables pour le marché local, encourageant l'utilisation de matériaux plus respectueux de l'environnement (Zaouaq & Zaouaq, 2019).
- En 2011, le Maroc a adopté la Charte nationale de l'environnement et du développement durable. Après l'adoption de la nouvelle constitution en 2011, la question de l'environnement a gagné en importance.
- Entre 2012 et 2015, un plan de traitement des décharges publiques a été lancé, pour un investissement de 3,2 milliards d'euros, l'objectif est d'accélérer le rythme d'aménagement des décharges contrôlées, par la création de 44 nouvelles décharges et la reconversion des 300 décharges sauvages.

4.4.3. Phase 3 : Vers une économie circulaire (2015–présent)

En 2016, le Maroc comptait 11 centres d'enfouissement techniques fonctionnels, avec des projets de construction de 80 nouveaux sites et la fermeture de 174 décharges, ces sites sont confrontés à plusieurs problèmes, notamment (GIZ, 2014): une exposition directe au public, l'absence de voies de circulation, l'absence de services de sécurité, une gestion hétérogène des déchets (ménagers, médicaux, industriels, etc.), une implantation spontanée (souvent sans étude d'impact environnemental), l'utilisation des rejets par le bétail pour se nourrir, ce qui pose des risques de pollution pour la qualité de la viande humaine, d'accumulation de substances toxiques, de contamination par des vecteurs de maladies, etc.

- En 2017, le Maroc a élaboré une Stratégie Nationale de Développement Durable (SNDD), qui énonce un objectif clair en ce qui concerne la gestion des déchets. Ainsi, il

s'agit d'atteindre un taux de recyclage de 20 % d'ici l'année 2030, et de promouvoir une économie circulaire autour de trois axes principaux : la réduction, le recyclage et la valorisation des déchets (Dahchour, & El Hajjaji, 2020).

Enfin en 2022, le nombre de centres d'enfouissement et de valorisation (CEV) opérationnels s'élèvera à cinq et le taux de mise en CEV s'élevait à environ 45% contre 10 % avant 2008, on assiste également à la mise en place de trois nouveaux centres supplémentaires à Tiznit, Taroudant et à la Caisse d'assurance et de prévoyance sociale (CAB).

4.4.4. L'exemple du centre d'enfouissement et de valorisation (CEV) d'Oum Azza à Rabat.

Le Centre d'Enfouissement et de Valorisation (CEV) d'Oum Azza créé en 2007, représente une composante essentielle du dispositif de gestion des déchets à l'échelle régionale, plus précisément dans la région de Rabat-Salé-Témara. Géré par le Groupe Pizzornot, cet établissement s'étend sur un terrain de 100 hectares et dessert 13 communes, sa capacité annuelle de traitement atteint 700 000 tonnes de déchets, couvrant ainsi une population de 3 millions d'individus, en 2022 environ 44 ha sont déjà saturés (figure n°04.09).



Figure n°04.09: le Centre d'enfouissement et de valorisation (CEV) d'Oum Azza
Source : Prenant, 2015.

Il est important de préciser qu'en 2010, un changement notable fut opéré avec l'implantation, au sein de l'ancien CET, d'un espace dédié au tri sélectif des déchets. Cette initiative marque une évolution significative dans la gestion des déchets à Oum Azza, marquant un passage d'une simple décharge à un centre d'enfouissement des déchets puis à un centre d'enfouissement et de valorisation (Arib, 2019).

L'objectif du CEV est de mettre en œuvre un modèle économique et technique qui soit adapté aux particularités africaines où les déchets ménagers sont composés à hauteur de plus de 60 % de matière organique. L'ambition affichée est d'intégrer ces déchets dans une économie circulaire, en combinant les méthodes traditionnelles d'enfouissement, de valorisation et un traitement environnemental rigoureux.

Dans le cadre de ses opérations, le CEV a recours à des casiers étanches afin de prévenir toute forme de pollution du sol. Les lixiviats, dont le volume annuel est estimé à 200 000 mètres cubes, font l'objet d'un traitement par osmose inverse, une technique qui représente 10 % du processus global, et par évaporation forcée avec prétraitement biologique, une approche qui constitue 90 % du traitement. Cette méthode innovante permet de réduire les coûts totaux à environ 45 dirhams par mètre cube, cependant, en Mars 2021, en raison des fortes pluies, une des digues de rétention d'un des six bassins où est stocké plus 400 000 m³ de lixiviat, a cédé engendrant des risques de pollution des nappes phréatiques (Kabbadj, 2022).

Afin de pallier les nuisances olfactives, une approche multifactorielle a été préconisée. Ainsi, la mise en œuvre d'infrastructures telles que des bio-filtres végétaux, des rampes anti-odeurs et une réduction des amas de déchets a été recommandée.

Le centre de tri au niveau du CEV, génère un chiffre d'affaires de 4,5 millions de dirhams, il est géré par la coopérative ATTAWAFOUK composée de 153 membres, dont 22 femmes. Cette structure permet non seulement de traiter annuellement 35 000 tonnes de déchets, ce qui représente 5 % du total des déchets générés dans la région, mais également d'améliorer l'image négative associée aux ramasseurs d'ordures, appelés « Mikhala⁸ » en dialecte marocain, puisqu'ils sont désormais reconnus comme des travailleurs bénéficiant d'une pension quotidienne.

En ce qui concerne la valorisation des déchets, plusieurs projets sont à noter (Prenant, 2015):

Un projet expérimental, mené en collaboration avec Lafarge Maroc, a pour objectif le traitement de 120 000 tonnes annuellement de résidus issus du processus de tri. Cette

⁸ Terme péjoratif en dialectal marocain se référant au chiffonnier

initiative vise à valoriser ces résidus sous forme de combustibles de substitution, communément appelés : RDF (*Refuse Derived Fuel*).

Un programme de compostage, issu d'une collaboration entreprise avec Éléphant Vert, permettant ainsi de traiter annuellement 100 000 tonnes de déchets verts et de les transformer en compost destiné à l'usage agricole (figure n°04.10).

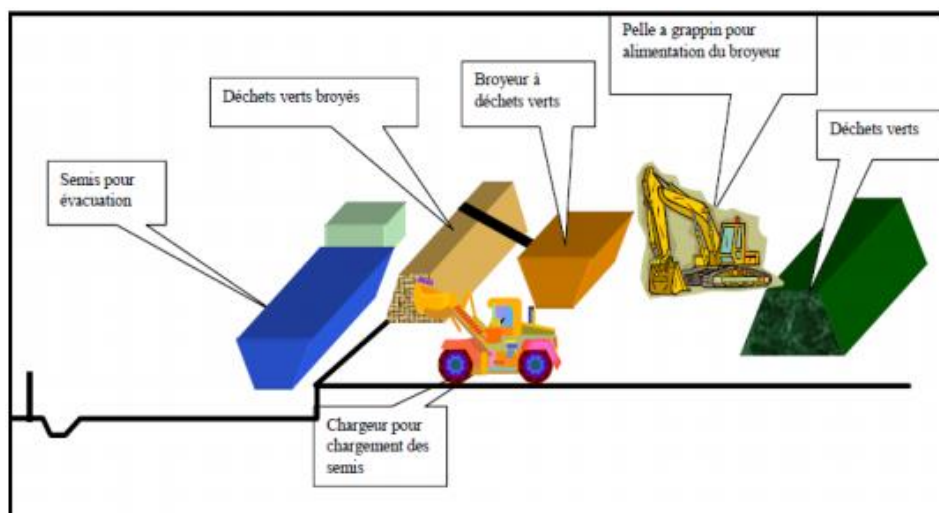


Figure n°04.10:Plateforme du projet de valorisation des déchets verts
Source : Prenant, 2015.

Dans le cadre de la valorisation du biogaz, la collecte du méthane en vue de la production d'électricité est confiée à la société Eco-Methano-Gene, avec un rendement de 4 MW. Cette démarche permet la destruction de 80 000 tonnes équivalent CO₂/an, un objectif rendu possible grâce au soutien d'un projet de crédits carbone de la Banque mondiale (Figure n°04.11).



Figure n°04.11: Plateforme du projet de valorisation des déchets verts

Source : Prenant, 2015.

En 2016, la direction a initié un deuxième programme de valorisation, dont l'objectif était d'atteindre un taux de traitement de 90 % des déchets par le biais d'un bioréacteur « rustique » et d'une méthanisation accélérée. Les défis subsistants concernent l'optimisation du traitement des lixiviats, qui est essentielle à la viabilité économique du modèle.

Le CEV d'Oum Azza présente une approche novatrice et reproductible pour le continent africain. Cette approche combine la gestion durable des déchets, l'inclusion sociale par le biais de coopératives et la valorisation énergétique. Ce modèle s'inscrit dans une démarche d'économie circulaire, en ce sens qu'il vise à transformer les déchets en ressources, tout en tenant compte des contraintes techniques et financières qui caractérisent le contexte local.

4.5. BENCHMARKING : USINE MBT DE HANOVRE (ALLEMAGNE) / LIEUX D'ENFOUISSEMENT DE SAINTE-SOPHIE (QUEBEC) / CEV D'OUM AZZA (MAROC)

Les trois stratégies de d'élimination des déchets sont passées en revue, et ce, à travers les exemples concrets de chaque pays, les critères d'évaluation incluent des aspects tels que la technologie, l'impact environnemental, les coûts, la conformité réglementaire et les enjeux sociaux.

4.5.1. Les technologies et processus

En matière de technologies et de processus d'élimination des déchets, les résultats du tableau comparatif mettent en lumière des approches distinctes reflétant des contextes et priorités différents.

L'Allemagne à travers l'usine de Hanovre (TMB) se démarque par son intégration de technologies avancées (tri mécanique, fermentation anaérobie) permettant une réduction significative (75 %) des déchets enfouis. La production de RDF (43,5 %) et de biogaz (3,8 MW) illustre une stratégie axée sur la valorisation multi-filières, combinant recyclage, énergie et réduction de l'enfouissement ce qui en fait un modèle d'économie circulaire.

Le Canada à travers le LET de Sainte-Sophie (Québec) bien que centrée sur l'enfouissement technique, se modernise grâce au captage de biogaz (50–70 %) et à la conversion en électricité (~5 MW), une capacité légèrement supérieure à Hanovre. Cependant, l'absence de mention de tri ou de réduction des déchets enfouis souligne une dépendance persistante à l'égard de la mise en décharge, malgré une gestion responsable des lixiviats.

Enfin le CEV d'Oum Azza (Maroc), encore en développement, présente un potentiel prometteur avec l'appui international. Le tri préalable (5 %), la valorisation du biogaz (4 MW) et les projets pilotes (RDF, compostage) indiquent une volonté de diversifier ses processus. Toutefois, le faible taux de tri et la phase expérimentale des filières de valorisation reflètent des défis d'optimisation et de passage à l'échelle (tableau n°04.02).

Tableau n°04.02 : Comparaison par rapport aux technologies et processus employés.

Critère	Hanovre (TMB)	Sainte-Sophie (Québec)	Oum Azza (Maroc)
Type d'installation	Usine MBT intégrant tri mécanique, fermentation anaérobie et production de RDF.	Lieu d'enfouissement technique moderne avec captage de biogaz et gestion de lixiviats.	Centre d'enfouissement et de valorisation conçu avec l'appui international (ex. Banque mondiale), en développement.
Traitement des déchets	Séparation des matériaux recyclables, production de biogaz, réduction de 75 % des déchets enfouis.	Enfouissement avec captage partiel de méthane (50–70 %), Traitement des lixiviats.	Enfouissement de déchets municipaux, après tri.
Valorisation	Production de RDF (43,5 %), biogaz converti en électricité (3,8 MW).	Biogaz converti en électricité (capacité ~5 MW).	Tri de 5% des déchets admis, valorisation du biogaz, avec un rendement de 4 MW. Projets pilotes de production de RDF & de compostage

Auteure. 2024

Les disparités dans l'élimination des déchets entre Hanovre, Sainte-Sophie et Oum Azza illustrent l'influence significative des contextes locaux sur les approches adoptées : Hanovre se distingue par une infrastructure mature axée sur la réduction et la valorisation polyvalente, tandis que Sainte-Sophie optimise l'enfouissement par la valorisation du biogaz mais pâtit d'un manque de tri à la source ; Oum Azza, en phase de transition, requiert des investissements substantiels en infrastructures et technologies pour atteindre des standards comparables.

4.5.2. Impact environnemental

Concernant l'impact environnemental, le tableau comparatif (Tableau n°03-03), met en lumière des situations contrastées : Hanovre semble présenter l'approche la plus favorable en réduisant ses émissions de gaz à effet de serre (GES) par la capture de méthane et la substitution d'énergies fossiles, tout en intégrant le traitement des lixiviats par des stations d'épuration et le recyclage, et en limitant l'enfouissement. Sainte-Sophie, bien qu'effectuant une capture partielle du méthane réduisant significativement ses émissions, utilise l'enfouissement, ce qui implique une occupation importante des sols et une durée de vie limitée du site. Oum Azza, avec des émissions de GES légèrement contrôlées mais un impact climatique élevé, et une gestion des lixiviats combinant osmose inverse et évaporation forcée avec prétraitement biologique, fait face à une problématique d'extension de son site d'enfouissement en raison de sa localisation en zone périurbaine réservée à l'agriculture, soulignant des défis environnementaux plus importants (tableau n°04-03).

Tableau n°04-03: Comparaison par rapport à l'impact environnemental.

Critère	Hanovre	Sainte-Sophie	Oum Azza
Émissions de GES	Réduction via captage du méthane (biogaz) et substitution d'énergies fossiles.	Captage partiel du méthane (réduit les émissions de 60–70 %).	Émissions légèrement contrôlées (faible captage de méthane), impact climatique élevé.
Gestion des lixiviats	Traitement intégré via stations d'épuration et recyclage.	Système de collecte et traitement chimico-biologique.	10 % par osmose inverse, 90 % évaporation forcée avec prétraitement biologique.
Utilisation des sols	Réduction de l'enfouissement (24 % des déchets entrants).	Occupation de vastes surfaces, durée de vie limitée (20–30 ans).	Problématique d'extension en zone périurbaine, réservée aux activités d'agriculture.

Auteure. 2024

4.5.3. Aspects économiques

En examinant le tableau comparatif sous l'angle des aspects, on peut observer pour chacune des expériences : Pour le site de Hanovre : on remarque un coût d'investissement

élevé et une rentabilité dépendante du marché, en effet les coûts d'investissement sont significativement élevés (environ 50 millions d'euros pour l'usine). Cependant, il est important de noter que ces coûts sont partiellement compensés par des subventions européennes et locales, ce qui atténue l'impact financier initial pour la région. La rentabilité de l'installation à Hanovre quant à elle, est présentée comme dépendante de deux facteurs principaux : le prix du Combustible Dérivé de Déchets (RDF) et le prix de l'électricité. De plus, il existe une pression face à l'incinération, ce qui pourrait potentiellement impacter la rentabilité à long terme si des alternatives plus coûteuses devaient être mises en place.

Le site de Sainte-Sophie se caractérise par des coûts d'investissement modérés, estimés à environ 20 millions d'euros, qui englobent notamment des technologies de captation de biogaz et de gestion des lixiviats, témoignant d'une approche environnementale potentiellement plus onéreuse initialement. Sa rentabilité repose sur une stratégie de revenus diversifiée, combinant la vente d'électricité et les redevances d'enfouissement, ce qui constitue un avantage certain. Néanmoins, un point d'attention majeur réside dans les coûts de long terme élevés qui, s'ils ne sont pas maîtrisés, pourraient significativement impacter la rentabilité globale de l'installation sur sa durée d'exploitation.

Enfin le site d'Oum Azza se distingue par des coûts d'investissement initiaux faibles, rendus possibles en grande partie grâce à des financements internationaux. Cependant, cette économie initiale pourrait être contrebalancée par des coûts opérationnels potentiellement sous-évalués, risquant d'entraîner des difficultés budgétaires ultérieures. La rentabilité de l'installation est qualifiée de limitée et fortement tributaire d'aides externes, une dépendance accentuée par une récupération des ressources restreinte qui freine le développement de revenus complémentaires, rendant ainsi sa pérennité économique à long terme (tableau n°04.04).

Tableau n°04.04 : Comparaison par rapport à l'aspect économique.

Critère	Hanovre	Sainte-Sophie	Oum Azza
Coûts d'investissement	Élevés (≈ 50 M€ pour l'usine), avec des subventions européennes et locales.	Modérés (≈ 20 M€ pour captage de biogaz et gestion des lixiviats).	Faibles (financements internationaux), mais coûts opérationnels sous-estimés.
Rentabilité	Dépend des prix du RDF et de l'électricité ; pression face à l'incinération.	Revenus via vente d'électricité et redevances d'enfouissement ; coûts de long terme élevés.	Rentabilité limitée ; dépendance aux aides externes et à la récupération limitée.
Emplois	Main-d'œuvre hautement qualifiée pour la maintenance et l'exploitation technique.	Main-d'œuvre qualifiée (gestion du biogaz) et les travaux manuels.	Main-d'œuvre non-qualifiée (intégration des travailleurs informels via les coopératives).

Source : Auteure. 2024

Enfin on peut dire qu'en termes d'aspects économiques, Hanovre se caractérise par des investissements initiaux élevés, compensés par des subventions et un potentiel de rentabilité lié aux marchés du RDF et de l'électricité. Sainte-Sophie affiche un équilibre avec des coûts d'investissement modérés et des revenus diversifiés, mais la maîtrise des coûts à long terme est cruciale. Quant à Oum Azza, malgré de faibles coûts d'investissement grâce à des financements externes, elle fait face à une rentabilité limitée et dépendante, nécessitant une gestion rigoureuse des coûts opérationnels et une amélioration de la valorisation des ressources pour assurer sa viabilité.

4.5.4. Conformité réglementaire

En ce qui concerne la conformité réglementaire, on observe des situations différentes (Tableau n°03-05), le site de Hanovre opère dans un cadre réglementaire européen, respectant strictement la directive européenne sur la hiérarchie des déchets ainsi que la 30ème ordonnance fédérale allemande sur la protection contre les émissions. Cela indique un niveau de conformité élevé avec des normes environnementales établies et

potentiellement contraignantes.

Le site de Sainte-Sophie quant à lui est en conformité avec les normes québécoises et canadiennes concernant les gaz à effet de serre. Cela signifie que le site est intégré dans un cadre réglementaire provincial et fédéral spécifique, avec des exigences propres en matière d'émissions et de gestion des déchets.

Enfin pour le site d'Oum Azza, le cadre réglementaire est en développement, s'appuyant sur la stratégie nationale marocaine des déchets pour la période 2020-2030, ce qui suggère que les normes sont peut-être moins établies ou en cours de mise en œuvre par rapport aux contextes européen et québécois. Il est possible que les exigences réglementaires soient moins strictes actuellement, mais elles sont susceptibles d'évoluer avec la progression de la stratégie nationale (tableau n°04.05).

Tableau n°04.05 : Comparaison par rapport à la conformité environnementale.

Critère	Hanovre	Sainte-Sophie	Oum Azza
Normes	Respect strict de la directive européenne (hiérarchie des déchets) et 30. BImSchV.	Conformité aux normes québécoises (MDDELCC) et canadiennes (gaz à effet de serre).	Normes en développement (stratégie nationale marocaine des déchets 2020–2030).
Contraintes	Coûts élevés de dépollution de l'air, dépendance aux changements des prix du RDF.	Obligation de réhabilitation post-fermeture (fonds provisionnés).	Dominance de la composante organique des déchets, faible taux de récupération, absence d'une collecte sélective.

Auteure. 2024

En définitive, on peut dire que par rapport à la conformité réglementaire, Hanovre (Allemagne) se situe dans un cadre européen établi et strict, impliquant potentiellement des coûts de mise en conformité supérieurs mais garantissant une protection environnementale élevée. Sainte-Sophie (Canada), quant à elle, respecte les normes québécoises et canadiennes, particulièrement axées sur la réduction des gaz à effet de serre, témoignant d'une adaptation au contexte local. Enfin, Oum Azza (Maroc) évolue dans un environnement réglementaire en développement, basé sur la stratégie nationale marocaine,

offrant une flexibilité initiale mais nécessitant une adaptation future aux normes en cours de définition.

4.5.5. Enjeux sociaux et acceptabilité

Une analyse du tableau comparatif, en tenant compte des enjeux sociaux et de l'acceptabilité locale, révèle des disparités marquées entre les trois sites étudiés.

À Hanovre, l'acceptation locale semble relativement bonne, avec des conflits qui restent limités. Cette situation peut être attribuée à la réduction des nuisances, telles que les odeurs et le trafic, suggérant ainsi une gestion efficace des impacts environnementaux perçue positivement par la communauté environnante. En outre, la mise en œuvre de projets éducatifs sur le recyclage et l'intégration dans la transition énergétique pourrait renforcer ce sentiment d'acceptation en impliquant la population dans une démarche proactive.

La situation à Sainte-Sophie est marquée par une opposition croissante des communautés voisines en raison de préoccupations liées aux risques sanitaires. Cette opposition indique un manque d'acceptabilité locale significatif, potentiellement dû à une communication insuffisante, à des impacts perçus comme négatifs sur la santé, ou à un manque de confiance dans les mesures de sécurité. Des programmes de compensation pour les riverains, comme le financement d'équipements publics, sont mis en place, ce qui suggère une tentative de répondre à ces préoccupations et d'améliorer l'acceptabilité.

Pour le cas d'Oum Azza, le CEV fait face à des tensions sociales importantes, liées à l'insalubrité et à l'occupation des terres. Ces tensions indiquent un niveau d'acceptabilité locale très faible, avec des enjeux sociaux majeurs à résoudre. L'insalubrité peut impacter directement la qualité de vie et la santé des populations, tandis que les questions d'occupation des terres peuvent générer des conflits fonciers et un sentiment d'injustice. Des initiatives de formalisation des récupérateurs informels via des coopératives sont en cours, ce qui pourrait être une tentative de répondre à certains enjeux sociaux et d'améliorer l'inclusion, mais l'acceptabilité globale semble nécessiter des efforts plus larges (tableau n°04-06).

Tableau n°04.06 : Comparaison par rapport aux enjeux sociaux.

Critère	Hanovre	Sainte-Sophie	Oum Azza
Acceptation locale	Conflits limités grâce à la réduction des nuisances (odeurs, trafic).	Opposition croissante des communautés voisines à cause des risques sanitaires.	Tensions sociales liées à l'insalubrité et à l'occupation des terres.
Impact social	Projets éducatifs sur le recyclage ; intégration dans la transition énergétique.	Programmes de compensation pour les riverains (ex. financement d'équipements publics).	Initiatives de formalisation des récupérateurs informels via des coopératives.

Auteure. 2024

E résumé, on peut conclure que le site de Hanovre bénéficie d'une situation favorable grâce à la réduction des nuisances et à l'engagement communautaire, tandis que Sainte-Sophie fait face à une opposition croissante malgré des compensations, nécessitant un dialogue renforcé sur les risques sanitaires. Oum Azza, quant à elle, est confrontée à des tensions sociales majeures liées à l'insalubrité et à l'occupation des terres, rendant indispensables des efforts significatifs en matière de résolution de conflits, d'amélioration sanitaire et d'inclusion sociale.

4.5.6. Synthèse

Les trois approches de gestion des déchets présentées offrent des perspectives distinctes : le TMB d'Hanovre, bien que favorisant la circularité, requiert un investissement financier conséquent et s'avère plus adapté aux pays industrialisés, le LET de Sainte-Sophie constitue une solution transitoire intéressante, particulièrement si elle est combinée à la valorisation énergétique des déchets, quant aux CEV d'Oum Azza, son efficacité dépend fortement d'un soutien technique et réglementaire adéquat afin d'éviter les pratiques d'enfouissement illégales.

Ce benchmarking souligne deux observations importantes concernant les stratégies d'élimination des déchets :

- En premier lieu, il met en évidence l'hybridation des pratiques, qui peuvent s'inspirer de l'Allemagne sur le plan technologique, du Maroc en matière de partenariat et

d'inclusion, et du Québec en termes de rigueur, et qui pourrait ainsi inspirer les décideurs à éviter de définir un standard pour la gestion et l'élimination des déchets.

- En deuxième lieu, il apparaît que le choix technologique dépend des priorités nationales, ainsi que de la maturité des infrastructures locales.

4.6. IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS POUR L'ALGERIE

La comparaison des stratégies de gestion des déchets en Allemagne, au Canada et au Maroc, structurée autour de paramètres socio-économiques, géographiques et institutionnels, offre des enseignements précieux pour inspirer le cas algérien. L'Allemagne incarne un modèle normatif rigoureux, fondé sur l'économie circulaire et la responsabilité élargie des producteurs, pertinent pour renforcer le cadre réglementaire algérien. Le Canada, avec sa gouvernance décentralisée, illustre l'importance d'adapter les politiques aux spécificités régionales, une approche adaptée aux disparités territoriales de l'Algérie (littoral vs. zones sahariennes, zones urbaines vs. zones rurales). Le Maroc, en transition accélérée grâce à des partenariats internationaux, démontre comment moderniser les infrastructures malgré des contraintes budgétaires. Pour l'Algérie, plusieurs enseignements peuvent être tirés de cette analyse comparative des retours d'expériences:

- **Premièrement « la diversification des stratégies »** : L'Algérie pourrait bénéficier d'une diversification de ses stratégies de gestion et d'élimination de ses déchets, en s'inspirant des meilleures pratiques de chaque site étudié. En effet, l'intégration de technologies de tri et de valorisation, comme à Hanovre, permettrait de réduire la dépendance à l'enfouissement et de créer de la valeur à partir des déchets. La valorisation énergétique du biogaz, à l'instar de Sainte-Sophie, pourrait constituer une source d'énergie renouvelable.

- **Deuxièmement « l'adaptation au contexte local »** : Il est crucial d'adapter les solutions au contexte local algérien, en tenant compte des spécificités économiques, sociales et environnementales. Les investissements doivent être planifiés en fonction des capacités financières du pays, et les technologies doivent être appropriées au niveau de développement des infrastructures et de la qualification de la main d'œuvre.

- **Troisièmement « le renforcement du cadre réglementaire et de son application »** : Un cadre réglementaire clair et appliqué est essentiel pour assurer une gestion efficace et durable des déchets. L'Algérie pourrait s'inspirer des normes européennes, tout en les

adaptant à ses propres réalités.

- **Quatrièmement « l'implication des acteurs »** : L'acceptabilité sociale est un facteur clé de succès, de ce fait il est important d'impliquer les communautés locales, de sensibiliser la population à l'importance de la gestion des déchets, et de mettre en place des mécanismes de compensation équitables.

- **Cinquièmement « le développement des compétences»** : La formation et le développement des compétences sont indispensables pour assurer une gestion efficace des installations et promouvoir l'innovation dans le secteur des déchets.

CONCLUSION

L'élimination des déchets, enjeu mondial aux implications environnementales, économiques et sociales multidimensionnelles, révèle des stratégies nationales contrastées façonnées par les contextes socioéconomiques, la disponibilité des ressources et les priorités politiques. En effet, l'analyse comparative des approches de l'Allemagne, du Canada et du Maroc réalisée dans le cadre de ce chapitre, a mis en lumière cette diversité, tout en identifiant des enseignements transposables à notre contexte d'étude.

L'Allemagne, pionnière de l'économie circulaire, repose sur un cadre législatif strict (loi *Kreislaufwirtschaftsgesetz*), une responsabilité élargie des producteurs et des technologies de tri avancées, atteignant un taux de recyclage de 68 %, bien que dépendante d'investissements massifs. Le Canada, marqué par un fédéralisme décentralisé, présente des disparités régionales : des provinces comme la Colombie-Britannique privilégient des systèmes de consigne étendus et des biométhaniseurs, tandis que les zones rurales peinent à réduire leur dépendance à l'enfouissement, illustrant les défis d'harmonisation des politiques et d'inclusion des communautés autochtones. Le Maroc, en transition écologique accélérée via son Plan National des Déchets Ménagers, combine fermeture des décharges sauvages, projets de valorisation énergétique et coopération internationale, mais doit surmonter des lacunes financières, un faible engagement citoyen et des inégalités ville-campagne, partiellement compensées par le secteur informel. Malgré ces divergences, des convergences émergent : le rôle central de la législation, l'innovation technologique (tri automatisé, biométhanisation) et l'importance de l'éducation citoyenne. Les défis restent néanmoins spécifiques : l'Allemagne doit réduire l'exportation de déchets, le Canada renforcer la cohésion interprovinciale, et le Maroc accélérer l'inclusion rurale. Cette analyse souligne l'absence de modèle universel, mais valorise des principes transposables tels que l'internalisation des coûts environnementaux, l'intégration des acteurs informels et les partenariats public-privé. Elle invite à une approche contextualisée qui combine régulation rigoureuse, adaptation aux réalités locales et inclusion sociale, offrant un cadre de réflexion pour optimiser les systèmes de gestion des déchets dans un contexte de ressources limitées et d'impératifs durables.

CHAPITRE V :
L'ELIMINATION DES DECHETS
SOLIDES EN ALGERIE : «
RETROSPECTIVE ET PREMICES DE
CHANGEMENT »

INTRODUCTION

En Algérie, la gestion des déchets municipaux constitue un enjeu environnemental majeur, car elle est principalement fondée sur des pratiques de gestion linéaire, où l'ensemble des déchets est éliminé en fin de chaîne, en conséquence cette approche a été à l'origine de multiples dégradations environnementales. Toutefois, une évolution sur les plans : réglementaire et stratégique, a été observée ces dernières années impactant particulièrement la phase de l'élimination.

En effet, cette évolution s'est matérialisée par la ratification d'accords et de protocoles environnementaux et de développement durable, et l'adoption de mesures législatives spécifiques, d'une part, la loi n°01-19 du 12 décembre 2001 stipule que les déchets doivent être éliminés de manière saine et respectueuse de l'environnement, ce respect de l'environnement implique, de fait, un « saut technologique » dans les infrastructures dédiées à l'élimination des déchets, symbolisé par les centres d'enfouissement technique (CET). Par ailleurs, l'Algérie a mis en place une politique environnementale ambitieuse, traduite dans la Stratégie Nationale de l'Environnement (SNE), cette initiative, guidée par des priorités gouvernementales stratégiques, vise à optimiser la gestion des déchets. Enfin, récemment dans une volonté d'assurer une transition écologique, l'état a conçu une démarche stratégique d'envergure nationale, intitulée "Stratégie nationale de gestion intégrée des déchets à l'horizon 2035", qui vise à promouvoir un modèle économique innovant, caractérisé par la réduction de la consommation de ressources naturelles et la préservation de l'environnement, cette stratégie a été renforcée par l'adoption de la loi n°25-02 qui vient modifier et compléter la loi n°01-19.

L'objectif de ce chapitre est de comprendre l'évolution de la pratique de l'élimination des déchets ménagers et assimilés (DMA) en Algérie, pour atteindre cet objectif une première partie de ce chapitre a été consacrée à la présentation d'un état général relatif aux DMA (production, composition, politiques de gestion et d'élimination), ensuite la seconde partie a été accordée à l'état de l'élimination dans les CET, enfin, une troisième et dernière partie présente les prémices de changements envisagés par la nouvelle loi 25-02 ainsi que la nouvelle stratégie de gestion intégrée des déchets.

5.1. PRODUCTION & COMPOSITION DES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES EN ALGERIE

En raison de l'urbanisation croissante, de l'augmentation du nombre de population et du changement des modes de consommation, la gestion des déchets est désormais un problème majeur auquel les gouvernements sont confrontés quotidiennement à l'échelle mondiale.

La gestion des déchets ménagers et assimilés en Algérie peut être qualifiée de traditionnelle, c'est une approche de gestion dans laquelle les déchets sont collectés, transportés et éliminés de manière linéaire, c'est-à-dire de la source vers un site d'enfouissement ou une installation de traitement. Cette méthode se concentre sur la simple élimination des déchets sans chercher à réduire, à réutiliser ou à recycler les déchets.

L'approche linéaire présente de nombreux défis économiques et environnementaux, elle ne prend pas en compte le potentiel de recyclage et de réutilisation des matériaux, contribue à l'épuisement des ressources naturelles, à la pollution des sols et de l'eau et à la production de gaz à effet de serre résultant de la décomposition des déchets organiques dans les sites d'enfouissement.

Dans la chaîne de gestion des déchets, l'élimination est la dernière étape, elle comporte toutes les opérations de traitement thermique, physico-chimique et/ou biologique, de mise en décharge, d'enfouissement, d'immersion et de stockage des déchets, ainsi que toutes autres opérations ne débouchant pas sur une possibilité de valorisation ou autre utilisation du déchet (Article 03 de la loi 01-19). Pour sa part, selon Navarro (2003), avant toute réflexion sur le choix d'une filière de traitement pour un déchet donné, il y a lieu de réaliser deux étapes préliminaires : la première concerne tous les travaux d'analyse et les tests de comportement qui doivent permettre de bien connaître le déchet au plan qualitatif mais aussi au plan quantitatif et spatio-temporel, la seconde consiste à choisir la stratégie de gestion la mieux adaptée aux quantités et aux caractéristiques des déchets produits.

5.1.1. Des quantités en constante augmentation

Selon le rapport de synthèse de l'étude sur la Stratégie nationale et le plan d'action de Gestion Intégrée des Déchets à l'horizon 2035 (SNGID), l'Algérie comptait environ 39,6 millions d'habitants en 2016. Les projections démographiques faites dans le cadre de ce rapport suggèrent que la population atteindra 50 millions d'habitants en 2030, puis 54,5

millions d'habitants en 2035. Une synthèse des projections démographiques de l'Algérie et de la production des DMA pour l'année 2035 est présentée ci-dessous (figure n°05.01).

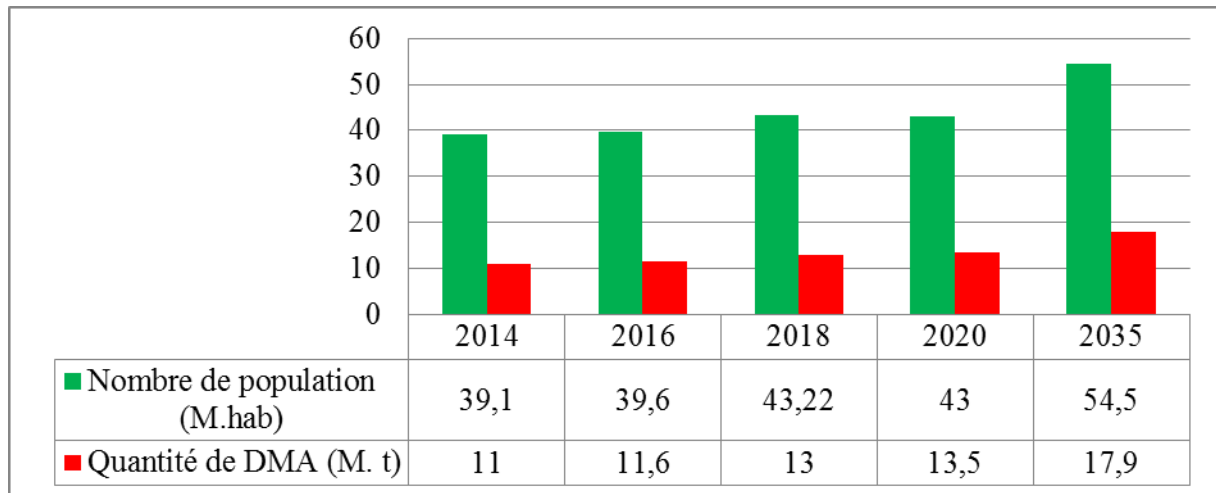


Figure n°05.01 : L'évolution de la population vs l'évolution des DMA à l'horizon 2035 en Algérie

Source : ONS (2016, 2020) + AND (2014, 2016, 2018, 2020) + MEER 2018

Concernant les quantités de DMA produites en Algérie, elles sont estimées à 13 millions de tonnes en 2018 et devraient atteindre 17 millions de tonnes en 2035. Cette augmentation est attribuable à une combinaison de facteurs, à savoir la croissance démographique qui dépassera les 50 millions d'habitants en 2035 et le développement du potentiel économique. En outre, la production de DMA par habitant connaîtra une hausse significative, passant de 0,8 kg/hab/jour en 2016 à plus de 1,23 kg/hab/jour en 2035 (MEER, 2018).

5.1.2. Une composition de moins en moins organique

Une comparaison des données issues des trois dernières campagnes de caractérisation des déchets (2010, 2014 et 2018) effectuées par l'agence nationale des déchets (AND) a révélé une tendance générale concernant la composition des déchets ménagers et assimilés (DMA), cette dernière se caractérise par : en premier lieu, il a été observé un déclin de la fraction organique, qui a chuté de 62,12 % à 53,55 %, néanmoins elle demeure toujours dominante, en second lieu, une hausse notable a été enregistrée pour les déchets plastiques, le carton et les textiles, principalement issus des emballages de produits de consommation courante, (figure n°05.02).

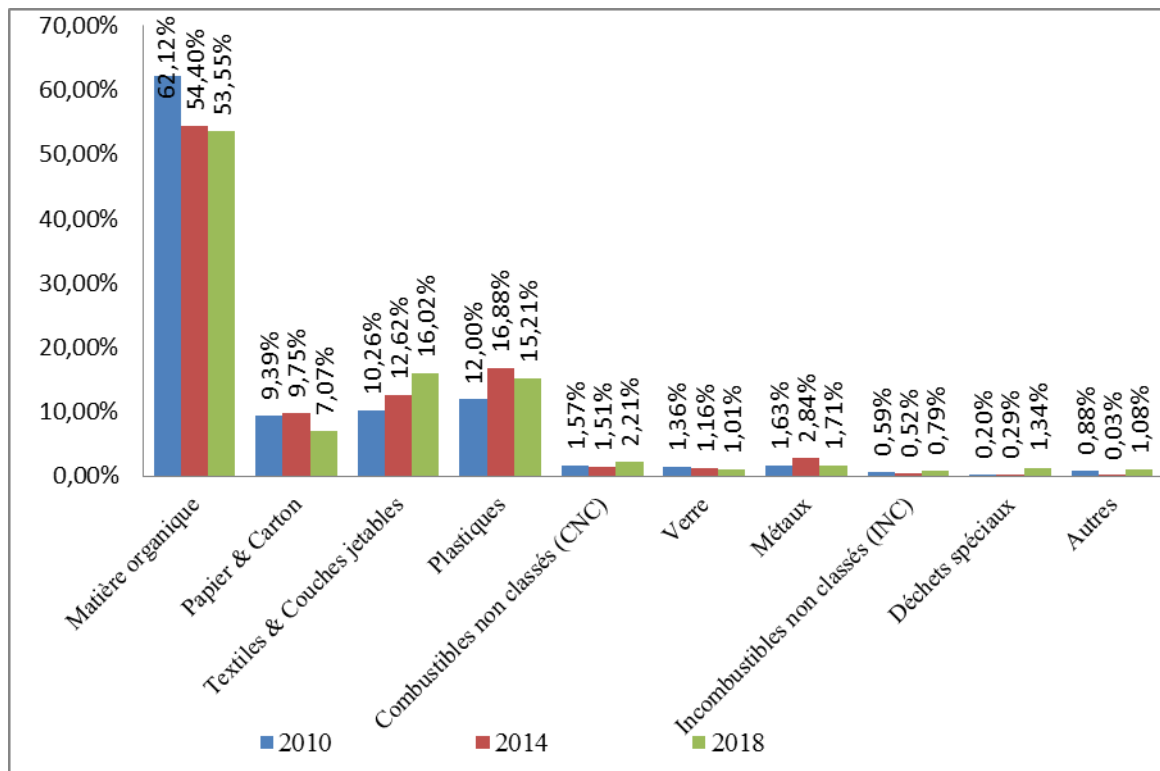


Figure n°05.02 : Evolution de la composition des DMA en Algérie (entre 2010 & 2018)

Source : AND. 2010, 2014, 2018

Il ressort de cette comparaison que cette évolution dans la composition des DMA traduit une transformation significative des habitudes de consommation des ménages algériens.

5.2. CADRE JURIDIQUE & INSTITUTIONNEL DE LA GESTION DES DMA EN ALGERIE

5.2.1. Cadre juridique

Le cadre juridique de la gestion des déchets, défini par les lois et réglementations environnementales, vise avant tout à protéger l'environnement et la santé publique, tout en promouvant des méthodes de gestion durable des déchets. Il est à noter que ces lois varient d'un pays à l'autre, en fonction des besoins et des réalités environnementales locales.

La gestion des déchets constitue une préoccupation de portée mondiale, à l'instar de nombreux autres pays, l'Algérie s'attache à perfectionner continuellement son cadre juridique pour répondre aux enjeux environnementaux grandissants, ceci s'illustre à travers les textes juridiques suivants :

- La loi 83-03 du 05 février 1983, relative à la protection de l'environnement représente le premier texte législatif de mise en œuvre de la politique nationale de protection de l'environnement. Elle est abrogée en 2003 par la loi 03-10 du 19 juillet 2003, qui fixe les principes généraux d'une gestion écologique rationnelle. Cette loi vise à concrétiser les principes de prévention, de précaution, de pollueur-payeur, d'information et de sensibilisation.

- Le décret n°84-378 du 14 décembre 1984 est venu renforcer la loi 83-03, ayant pour objet de fixer les conditions de nettoyage, d'enlèvement et de traitement des déchets solides urbains. Le décret a également défini les normes d'aménagement et d'exploitation des sites de décharge ainsi que les procédés de traitement des déchets.

- La loi 01-19 du 12 décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, traitant des aspects inhérents à la prise en charge des déchets. Elle se base sur les principes suivants pour renforcer le cadre législatif pour une meilleure gestion des déchets : la prévention, l'organisation des opérations de collecte, de tri, de transport, de réutilisation et de recyclage, l'élimination et la responsabilisation des générateurs de déchets.

- La loi 25-02 du 20 février 2025, modifiant et complétant la loi 01-19 du 12 décembre 2001, ce nouveau texte juridique a pour vocation d'accélérer la transition vers une économie circulaire, ceci à travers l'introduction de nouveaux principes de gestion des déchets tels que : l'éco-conception, la modification de la hiérarchie des modes de gestion des déchets d'une manière à inclure : la préparation à la réutilisation, la réutilisation, la réparation, la valorisation et enfin l'élimination. En outre, elle a aussi pour ambition de réduire l'impact environnemental et sanitaire des déchets et finalement, elle met l'accent sur la responsabilisation de l'ensemble des parties prenantes (à savoir les producteurs, les consommateurs ainsi que les autorités).

a. Apport de la loi 01-19 à l'élimination des déchets ménagers et assimilés

L'Algérie est l'un des pays disposant d'un arsenal juridique des plus actifs en matière de législation de la gestion des déchets du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord. C'est le deuxième pays, après la Tunisie, à avoir promulgué, le 12 décembre 2001, une loi-cadre (n°01-19) relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, et ce, après avoir constaté que la loi n°83-03 du 05 février 1983 relative à la protection de l'environnement ne comporte pas le mot « gestion » mais le mot « élimination »

En effet, la loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, la gestion et l'élimination des déchets constitue le point de départ de la nouvelle stratégie en matière d'élimination des déchets. Elle se base sur des principes universellement admis à savoir, la prévention et la précaution pour réduire des déchets à la source, le principe du pollueur-payeur, la notion de producteur de déchets recycleur ainsi que le droit du citoyen à l'information sur les risques et leurs impacts sur la santé et l'environnement. Cette loi fut le point de départ de la mise en œuvre d'un programme opérationnel concernant les déchets ménagers et assimilés (DMA) appelé Programme National de Gestion Intégrée des Déchets Municipaux (PROGDEM) (TOLBA et al, 2020).

En parcourant les 72 articles qui composent cette loi, on remarque que dix-sept (17) articles ont été consacré à l'élimination des déchets, allant de la définition jusqu'aux dispositifs de se mise en place et de surveillance des installations de traitement ainsi que de leur mise en conformité, en passant par le choix du site et les modalités de leur exploitation.

En effet, dans son article 2, elle prévoit une gestion et élimination des déchets, basées sur les principes suivants : Prévenir et réduire la production de déchets et les dangers à la source. Une organisation pour le tri, la collecte, le transport et l'élimination des déchets. La valorisation des déchets par réutilisation, recyclage et autres actions visant à obtenir des matériaux ou de l'énergie réutilisables à partir de ces déchets. Élimination des déchets respectueuse de l'environnement ; Information et sensibilisation accrues des citoyens sur les risques liés aux déchets et leurs implications pour la santé et l'environnement, et les mesures pour éviter, atténuer ou compenser ces risques. Les sites existants de l'élimination des déchets doivent être inventoriés et la demande en capacité d'élimination doit être quantifiée et exprimée.

En terme de dispositions pénales, toute exploitation non conforme aux dispositions de la loi 01-19, engendra un emprisonnement de huit (08) mois à trois (03) ans, ainsi qu'une amende dont la valeur varie entre cinq cent mille (500.000) à neuf cent mille (900.000) dinars ou bien l'une de ces deux peines (art 63). Enfin, la loi 01-19 a également annoncé la création d'un organisme public qui a pour mission la promotion de la collecte, du tri, du transport, du traitement, de la valorisation ainsi que de l'élimination des déchets (art 67).

Cependant la loi ne fournit pas explicitement une hiérarchie claire sur les options d'élimination des DMA, cela implique que les producteurs de déchets ne sont

ni contraints ni encouragés à utiliser les moyens d'élimination les plus efficaces économiquement et les plus respectueux de l'environnement.

Afin de renforcer la partie opérationnelle de la loi 01-19 et de veiller à son exécution, un ensemble de textes ont vu le jour, ils sont représentés dans la figure ci-après (figure n°05.03):

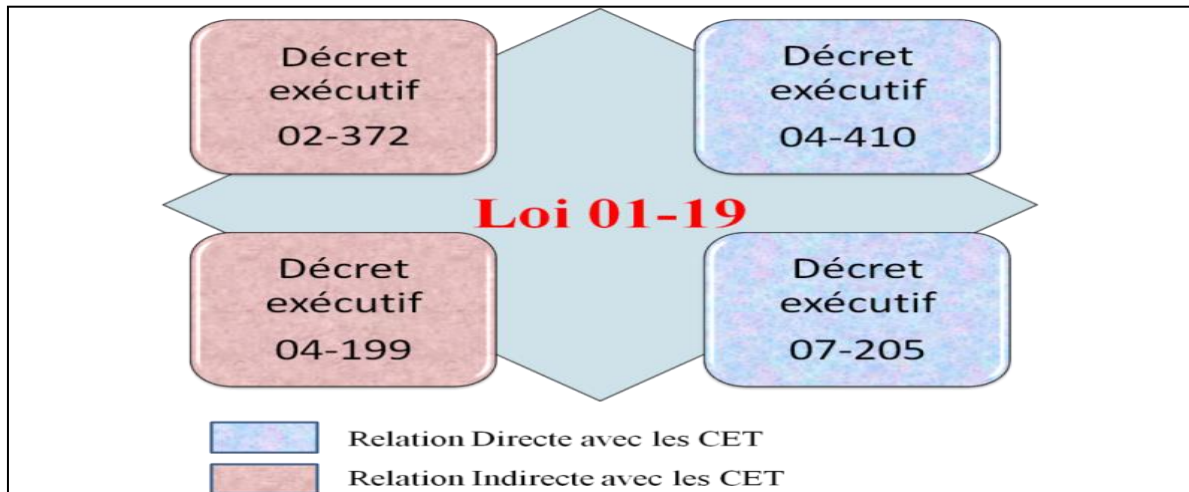


Figure n°05.03 : les décrets d'application de la loi 01-19.

Source : Conception de l'auteure

Il s'agit de deux décrets exécutifs en relation directe et deux autres en relation indirecte avec les centres d'enfouissement technique des déchets :

- Décret exécutif n° 04-410 du 14 décembre 2004 qui fixe les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission de ces déchets au niveau de ces installations, ce décret est en relation directe avec le centre d'enfouissement technique du moment où ce dernier est au yeux de la législation algérienne une installation de traitement des déchets.

- Décret exécutif n° 07-205 du 30 juin 2007 déterminant les modalités et procédures d'élaboration, de publication et de révision du schéma communal de gestion des déchets. En effet c'est au niveau de ce dernier que les modalités d'élimination des déchets de chaque commune sont décidées en outre l'élimination par enfouissement, ce qui met ce décret en relation directe avec le CET.

- Décret exécutif n° 02-372 du 11 novembre 2002 relatif aux déchets d'emballages, ces derniers constituent une partie de l'ensemble des flux des déchets acceptés dans une CET, ce qui amène à qualifier la relation avec le CET d'indirecte.

- Décret exécutif n° 04-199 du 19 juillet 2004 qui détermine les modalités de création, d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages "Eco-Jem", la relation établie avec le CET est

également de nature indirecte comme il traite d'une partie des déchets destinés à l'enfouissement.

5.2.2. Cadre institutionnel

Une gestion efficace des déchets nécessite un cadre institutionnel bien structuré, ce dernier fournit une base solide pour la coordination, la réglementation, la responsabilité et la sensibilisation nécessaires pour relever les défis posés par les déchets tout en favorisant un environnement propre et durable. En Algérie l'architecture globale du cadre institutionnel relatif à la gestion des déchets est composée de trois niveaux (figure n°05.04).

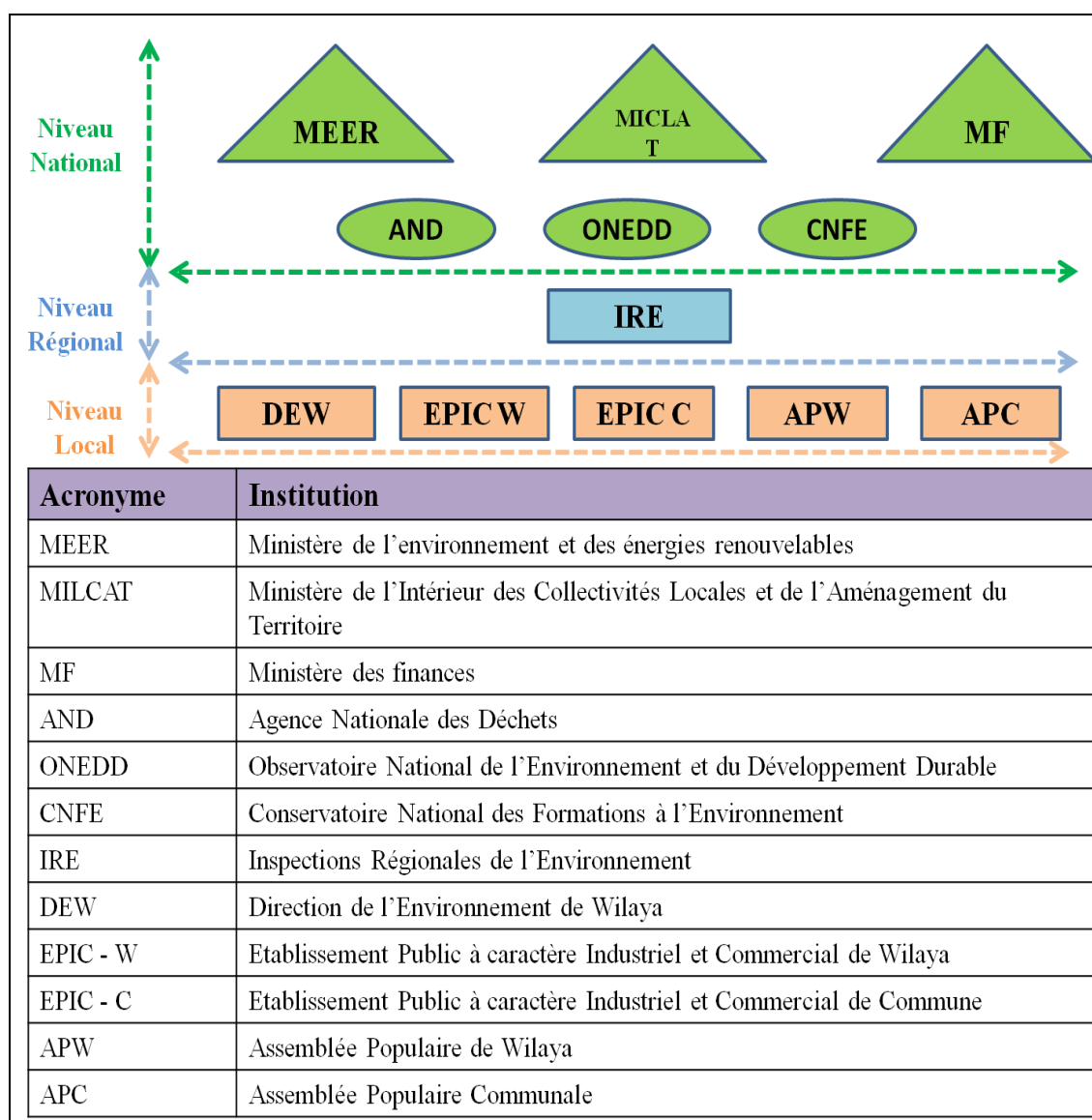


Figure n°05.04 : Architecture du cadre institutionnel national de la gestion des déchets

Source : Conception de l'auteure sur la base de MEER, 2018.

a. Au niveau national

Les institutions responsables de la gestion des déchets, relevant du niveau national sont constituées de :

- **Ministère de l'environnement et de la qualité de vie**: Il est le premier responsable environnemental au niveau national et sa principale mission est d'élaborer et de proposer les éléments de la politique environnementale nationale.

- **Ministère de l'Intérieur des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire (MICLAT)** : son rôle est de veiller à la prise en considération de l'environnement dans les instruments d'aménagement du territoire mais également d'apporter l'appui notamment financier dans les actions relatives à la gestion des déchets.

- **Ministère des Finances (MF)** : c'est à son niveau qu'est déterminés : la fiscalité environnementale (subventions, taxes, redevances, etc.) ainsi que les budgets relatifs à la gestion des déchets.

- **Agence Nationale des Déchets (AND)** : créée par le décret exécutif n°02-175 du 20 mai 2002, elle possède un statut d'EPIC : Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial, est placée sous la tutelle du MEER. Elle a pour missions principales : Accompagner les collectivités locales dans leur mission de gestion des déchets, Créer, actualiser et traiter une banque de données nationale sur les déchets, Initier, mener ou participer à des études, des recherches et des projets pilotes dans le domaine de tri, de collecte, de transport, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets, Participer à l'élaboration des schémas communaux de gestion des déchets, initier et soutenir des programmes de sensibilisation et d'information en matière de gestion des déchets, Mettre en place, promouvoir et exploiter le système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages Eco-Jem.

- **Conservatoire National des Formations à l'Environnement (CNFE)** : sa création remonte au mois d'Août 2002, il bénéficie du statut d'EPIC (Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial) et assure la formation, d'accompagnement, de sensibilisation et d'éducation environnementale de divers intervenants publics ou privés en collaboration avec les pouvoirs publics et le secteur privé le CNFE est implanté sur tout le territoire national à travers ses annexes appelés : « Maisons de l'Environnement ».

b. Au niveau régional

Au niveau régional, il s'agit des Inspections Régionales de l'Environnement (IRE) : elles représentent des organismes décentralisés de l'Etat, elles veillent au respect de la réglementation en matière de protection de l'environnement,

c. Au niveau local

Le cadre institutionnel local en matière de gestion des déchets, est représenté par :

- **Direction de l'Environnement de Wilaya (DEW):** elles ont été mises en place pour garantir un cadre de vie et un environnement hygiénique sur le territoire de la wilaya, Il leur incombe de garantir la coopération entre les différents acteurs pour créer un programme de préservation de l'environnement, de délivrer des permis et des autorisations environnementales (notamment pour l'exploitation des CET), et de fournir des informations au public sur l'état de leur environnement.

- **Etablissements Publics à caractère Industriel et Commercial (EPIC) au niveau des Communes ou bien des Wilayas :** La wilaya et la commune peuvent établir des établissements publics de wilaya ou de commune dotés de la personnalité morale et de l'autonomie financière pour gérer leurs services publics, en matière de gestion des déchets les EPIC au niveau local sont généralement chargés de collecter, de transporter et de traiter les déchets.

- **Assemblée Populaire de Wilaya (APW) :** Dans le domaine des déchets, le code de la wilaya demeure restreint, il reprend des affirmations générales sur l'environnement comme :

- La wilaya collabore avec l'État dans le domaine de la protection de l'environnement (article 1)

- L'Assemblée Populaire de Wilaya (APW) crée des commissions permanentes en son sein pour les questions relevant de son domaine de compétence, notamment celles relatives à la santé, à l'hygiène et à la protection de l'environnement (article 33).

- L'APW exerce des compétences en matière de protection de l'environnement (article 77). - Une banque de données est créée au niveau de chaque wilaya qui regroupe toutes les études, informations et statistiques économiques, sociales et environnementales concernant la wilaya (Article 81).

- **Assemblée Populaire Communale (APC)** : Les obligations de la commune en matière de gestion des déchets solides et des ordures ménagères sont précisées dans le code de la commune, en effet selon l'article 07 du code communal, la commune est responsable de la protection de l'environnement et de l'hygiène publique, en particulier en ce qui concerne l'évacuation et le traitement des eaux usées et des déchets solides urbains. Pour sa part la loi n° 01-19 exige que la commune établis un schéma local de gestion des déchets ménagers et assimilés. Sur son territoire, la commune met en place un service public pour la collecte, le transport et, si nécessaire, le traitement des déchets ménagers et assimilés.

5.3. L'ELIMINATION DES DMA EN ALGERIE

L'élimination des déchets par mise en décharge ou enfouissement, est l'une des méthodes les plus anciennes et les plus couramment utilisée pour se débarrasser des déchets solides, ceci est dû principalement à son faible coût ainsi qu'à la simplicité de sa mise en œuvre (Thonart et al, 2005).

Le mode d'élimination des déchets ménagers et assimilés (DMA) appliqué en Algérie est la mise en décharge, soit par le biais des Centres d'enfouissement technique (CET de classe II) ou bien à travers les décharges contrôlées (DC) lorsqu'il s'agit des petites communes (AND, 2020), on trouve aussi les décharges sauvages.

Les CET de classe II sont réservés au groupement de plusieurs communes de plus de 100 000 résidents mais aussi sont constitués de plusieurs casiers, pour leur part les DC sont conçues pour des agglomérations de moins de 100 000 résidents et sont équipées d'un seul casier, les sites des décharges sauvages sont généralement disposés de manière spontanée sans aucun aménagement de base (les services du Ministère de l'Environnement ont recensé entre 3 000 et 3 200 décharge sauvages, dont 1 700 ont été réhabilitées ou fermées).

Les coûts d'élimination des DMA sont déterminés par l'EPIC de gestion des CET et imposés aux communes, ils varient d'une wilaya à une autre (entre 800 et 1 200 DA/tonne).

Cependant, il faut noter qu'en matière du choix du mode d'élimination à appliquer, malgré les orientations générales des politiques étatiques, il ne peut y avoir de règles précises dans ce domaine, chaque cas doit être pris comme cas particulier, le mode d'élimination adéquat ne peut se faire qu'après une étude technique et économique approfondie (cheniti, 2014).

5.3.1. L'élimination des déchets au sens de loi 01-19

Au terme de l'article 02 de la présente loi, l'élimination des déchets englobe un traitement écologiquement rationnel des déchets, autrement dit, elle constitue une des options de traitement fournies par la législation algérienne qui doit garantir la protection de la santé publique ainsi que de l'environnement.

Dans l'article 03, l'élimination des déchets a été explicitement définie comme étant : « toutes les opérations de traitement thermique, physico-chimique et biologique, de mise en décharge, d'enfouissement, d'immersion et de stockage des déchets, ainsi que toutes les opérations ne débouchant pas sur une possibilité de valorisation ou autre utilisation du déchet » (loi 01-19).

5.3.2. Le Programme National de Gestion des Déchets Ménagers et Assimilés (PROGDEM) : une nouvelle approche de l'élimination des déchets

Ce programme a permis l'élaboration d'un nombre considérable de schémas directeurs de gestion des déchets ménagers (SDGDM). En effet, 1 257 schémas ont été élaborés pour les 1 541 communes du pays. Par ailleurs, la mise en œuvre de 500 SDGDM dans les grandes villes a également été effectuée (Makhloufi et Bouadam, 2022). La mise en œuvre du PROGDEM constitue le prolongement de la loi n°01-19 et est le point de départ et le cadre de référence de la nouvelle politique en matière de gestion des DMA. Les trois composantes du PROGDEM sont : (a) l'élaboration des schémas directeurs de gestion des DMA ; (b) la fermeture et réhabilitation des décharges sauvages et (c) la construction des Centres d'Enfouissement Technique (CET) et acquisition des moyens matériels.

Les objectifs tracés par le PROGDEM sont tridimensionnels :

- Une dimension environnementale : à travers les principes de prévention et de réduction des déchets ainsi que l'élimination respectueuse de l'environnement.
- Une dimension économique : à travers la promotion de la valorisation des déchets
- Une dimension sociétale : qui se voit à travers l'amélioration de la qualité de vie des habitants par : la réduction du taux de chômage qui sera éventuellement absorbé partiellement par les emplois que doit générer la dimension économique, l'information et la sensibilisation environnementales des citoyens sur les différents risques liés à la gestion des déchets, ainsi que par l'amélioration du service de la collecte des déchets.

Les principales actions sont les suivantes:

- Elaboration et mise en œuvre des plans communaux de gestion des déchets ;
- Aménagement de sites de mise en décharge contrôlée ;
- Promotion des activités de recyclage et de valorisation des déchets ;
- Introduction de nouvelles formes de gestion ;
- Adaptation graduelle de la taxe d'enlèvement des déchets ménagers et amélioration de son taux de recouvrement ;
- Sensibilisation, formation et éducation.

En ce qui concerne l'élimination des déchets deux des trois objectifs visés portent sur l'élimination des déchets, en effet, il vise à éradiquer les pratiques illégales de mise en décharge : Il s'agit particulièrement de :

- La décontamination des sites des décharges sauvages ;
- La remise en état et la réhabilitation des sites assainis en utilisant les terres d'excavation stockées dans les futures décharges pour déchets inertes;
- La mise en place de dispositifs de surveillance et de sanctions permettant d'éviter la reconstitution de décharges sauvages.
- La veille à ce que l'élimination se déroule dans des conditions garantissant le maintien de l'hygiène de la préservation de l'environnement par la construction des centres d'enfouissement technique et les décharges contrôlées.

Dans cette optique et afin de garantir la rupture avec les pratiques archaïques de dépôt de tous types de déchets dans des décharges sauvages et des sites inappropriés, le PROGDEM a initié l'adoption d'un mode d'élimination qui soit respectueux de l'environnement mais aussi à la fois économique, notamment pour les villes de moyenne importance, accessible au plan technologique et relativement durable, il s'agit de la construction de centres d'enfouissement technique qui doivent être conçus conformément aux spécifications et indications techniques des plans communaux de gestion établis au préalable. Ces centres seront dotés d'un statut leur permettant un fonctionnement autonome avec des ressources propres et pérennes (Djemaci, et Ahmed Zaïd-Chertouk, 2011).

- En 2018, dans son rapport, le programme de gestion des déchets municipaux (PROGDEM) lancé depuis 2001, présente les statistiques suivantes en matière des sites d'élimination (MEER, 2017): la réalisation de plus de 81% de schémas de gestion des

déchets municipaux (1 258 sur les 1 541 communes existantes), 306 CET et DC (réalisés ou en cours), 38 CET pour des déchets inertes réalisés et 5 en études, 19 centres de tri dont 10 en exploitation, 30 déchetteries dont 10 achevées, l'éradication de 1700 dépotoirs et décharges sauvages communales, la réhabilitation des 150 plus grandes décharges existantes.

Cependant, beaucoup de structures sont encore, soit en réalisation, soit en cours de lancement, à l'exemple des CET et DC, dont seulement 43% sont en cours de réalisation, ou encore les 25 stations de transfert en réalisation, dont aucune n'est encore opérationnelle à ce jour.

5.3.3. Analyse rétrospective de l'élimination dans la politique environnementale nationale

En 1983, la préoccupation environnementale était régie à travers la Loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement qui avait pour objet la mise en œuvre d'une politique nationale de protection de l'environnement tendant à la protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles; à la prévention et à la lutte contre toute forme de pollution et nuisance et à l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie.

En matière de gestion des déchets, le seul texte législatif existant en cette époque est le décret n° 84-378 du 15 décembre 1984, fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets solides urbains. Ce texte définit la notion de déchets solides urbains, les modalités et la fréquence de la collecte et d'évacuation des déchets selon la taille des communes par rapport à leur population respective. Ainsi, le décret fixe les normes du choix d'aménagement et d'exploitation du site, le traitement de ces déchets est effectué au moyen des procédés suivants : la décharge surveillée, la décharge contrôlée, la décharge compostée, la décharge broyée, le compostage et enfin l'incinération.

A partir des années 2000, le gouvernement algérien a mis en œuvre des réformes dans le cadre de la Stratégie nationale de l'environnement (SNE), cette stratégie a défini de nouvelles orientations de la politique environnementale visant à introduire une culture de conservation et de promotion de l'environnement.

Le programme environnemental a commencé immédiatement avec la mise en place du Plan National d'Action pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD) qui peut être divisé en deux programmes en termes de composantes déchets : le Programme National de Gestion des Déchets Dangereux (PNAGDES) et le Programme de

Gestion des Déchets Municipaux (PROGDEM), d'autre part, des institutions ont été créées: l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD) ; l'Agence Nationale des Déchets (AND) ; le Conservatoire National des Formations à l'Environnement (CNFE) en 2002» et plusieurs lois ont été promulguées, nous citons à titre d'exemple : la loi cadre n° 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets; la loi n°01-20 du 12 Décembre 2001 relative à l'aménagement du territoire dans le cadre du développement durable, la Loi n° 02-02 du 05 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral et la Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'Environnement dans le cadre du développement durable.

En outre, les rapports nationaux sur l'état de l'environnement (RNE), publiés en 2000, 2002 et 2004, ont mis en évidence des constats préoccupants concernant la gestion des déchets. Celle-ci s'est avérée inadaptée, incohérente et inefficace, conduisant à une propagation rapide de cette problématique et générant des enjeux sanitaires et environnementaux majeurs. En effet, 3 000 décharges sauvages ont été recensées, dont 350 situées dans les grandes villes du pays, en plus de nombreux dépotoirs

5.4. LA VALORISATION DES DMA EN ALGERIE

De nos jours, le déchet doit être considéré comme une ressource, une source génératrice d'emplois et de richesse, un gisement à exploiter et à valoriser, la valorisation des déchets peut être qualifiée du maillon manquant pour boucler la chaîne linéaire de la gestion des déchets et œuvrer pour sa transformation en une gestion circulaire.

La valorisation et l'élimination des déchets sont deux approches complémentaires de la gestion des déchets, alors que l'objectif général de la première est de transformer les déchets en ressources, en leur donnant une nouvelle vie, la seconde a pour objectif est de se débarrasser des déchets de manière sûre et maîtrisée. De ce fait, il apparaît que la valorisation des déchets représente une alternative durable à leur simple élimination, contribuant significativement à réduire les volumes à traiter. Cependant, certaines catégories de déchets, inaptes à la valorisation, nécessitent toujours des méthodes d'élimination contrôlées.

Une gestion optimale des déchets repose donc sur une approche combinée, intégrant à la fois la valorisation et l'élimination, afin de minimiser l'impact environnemental tout en optimisant l'utilisation des ressources

Il est à constater qu'en Algérie, le secteur de la valorisation des DMA est sous-exploité, ceci est dû à de diverses contraintes rencontrées par les opérateurs tant sur le plan organisationnel que sur le plan institutionnel, ce qui entraîne des pertes importantes sur le plan économique. Et entrave le passage d'une économie linéaire une économie circulaire mondialement recherchée.

La valorisation des DMA en Algérie se présente sous deux formes : une valorisation par le biais du compostage et une valorisation par le bien du recyclage (AND, 2021).

En comparant le taux de valorisation des DMA en 2020 qui est d'environ 9,83 % à une production annuelle de 13,5 millions de tonnes en 2020, on constate que ce taux est relativement faible par rapport aux quantités colossales de déchets éliminés, constituant ainsi une réelle perte économique et faisant pression sur non seulement les ressources naturelles mais aussi sur les installations d'élimination des déchets entre autres les CET.

5.4.1. Impact de la responsabilité élargie du producteur sur la promotion de la valorisation des déchets :

La responsabilité élargie du producteur (REP) a pour mission la mise en application du principe « Pollueur- Payeur » et d'inciter les producteurs à prendre en charge la gestion des déchets causés par leurs produits tout au long de leur cycle de vie, même après leur utilisation par les consommateurs. Il s'agit d'un instrument économique ayant pour but d'encourager les producteurs à assumer la responsabilité financière et matérielle de la gestion de leurs déchets, l'objectif principal de la REP est la prévention en encourageant les producteurs à adopter des pratiques de conception plus durables, la réduction de la quantité de déchets et la promotion du recyclage et de la valorisation des produits en fin de vie.

La REP s'organise dans des filières spéciales pour chaque type de déchets, son succès dépend de la mise en œuvre efficace de réglementations appropriées, de la collaboration entre les acteurs de l'industrie et de l'engagement des consommateurs.

En Algérie, la loi 25-02 a introduit la notion de responsabilité élargie du producteur (REP) dans le cadre de la gestion intégrée des déchets, comme l'illustrent les dispositions suivantes :

- La création d'éco-organismes chargés de la gestion des déchets issus des produits (Art. 7 modifié), en outre, l'article 7 bis 1 introduit l'obligation pour les producteurs de financer la gestion des déchets par le biais d'une éco-contribution.

Par ailleurs, on ne peut évoquer la REP, sans parler d'éco-Jem : le système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages, qui a été promulgué en 2004, par le décret exécutif n° 04-199 du 19 juillet 2004, qui a pour ambition de réduire la quantité de déchets à traiter, de promouvoir le recyclage et la valorisation des déchets, d'économiser les matières premières vierges et de créer des emplois verts.

L'Eco-Jem sert d'interface entre les producteurs de déchets d'emballage et les recycleurs, ainsi qu'entre les collectivités locales, les recycleurs et le grand public, (figure n°05.05).



Figure n°05.05 : Fonctionnement du système Eco-Jem
Source : AND, 2016

Malgré tous les bénéfices apportés par ce système : soulagement des communes dans la gestion des déchets d'emballages, création de nouvelles sources de revenus pour soutenir la mise en place de la collecte sélective, et renforcer les opérations de sensibilisation et de communication des citoyens, mais malheureusement sa mise en application du système

« Eco-Jem » n'a pas encore été faite depuis 2004.

Selon l'AND, il n'y a que quelques textes d'application qui doivent être achevés pour que le dispositif soit opérationnel, il s'agit de :

- Un projet d'arrêté fixant le territoire opérationnel des réseaux spécifiques a été mis au point et soumis au Ministère chargé de l'Environnement.
- Un projet d'arrêté interministériel fixant les droits d'adhésion et de a été soumis au Ministère des Finances.

- Un arrêté ministériel fixant le territoire opérationnel des réseaux spécifiques de récupération et de valorisation selon le volume et la nature des déchets d'emballages est en cours d'élaboration.
- Un projet d'arrêté interministériel ratifiant le cahier des charges relatif aux contrats de services passés entre l'AND et les prestataires de services pour les différentes opérations de collecte, de tri et de valorisation des déchets a été finalisé et soumis.

5.4.2. Le compostage

L'une des principales méthodes de valorisation de la fraction organique présente dans les DMA est le compostage. Il s'agit d'un élément crucial de la chaîne de valorisation des déchets car il permet non seulement la réduction de la fraction organique destinée à l'enfouissement, mais aussi la production d'un engrais naturel qui remplace les engrais chimiques et est très bénéfique pour les sols.

Enfin, il n'existe aucune loi spécifiquement consacrée aux installations de compostage et à la production de compost. Cependant, comme les installations de compostage sont considérées comme des installations classées, elles doivent systématiquement respecter les dispositions relatives à celles-ci.

En Algérie, malgré la quantité de la matière organique composant nos déchets et qui représente 53,55 % de la composition totale (AND, 2018), le taux de compostage au niveau national ne dépasse pas 1 % et se limite en des projets pilotes, on cite à titre d'exemple le projet pilote : le programme d'appui à la gestion intégrée des déchets (AGID).

Le projet d'Appui à la Gestion Intégrée des Déchets (AGID) est une collaboration entre le Ministère de l'Environnement et la Direction de Coopération Belge, il touche 03 wilaya du Nord- Ouest Algérien à savoir : Mascara, Bel Abbes et Mostaganem.

Le projet a démarré en janvier 2017, en commençant par un atelier de formation destiné aux acteurs en charge de la mise en place du pilote de compostage dans les wilayas concernées, l'objectif est de permettre aux acteurs locaux d'acquérir les connaissances et les méthodes nécessaires pour le compostage des déchets organiques, en tenant compte des capacités et des caractéristiques de chaque wilaya.

En terme de résultats : le pilote de Mascara a échoué en raison des difficultés à fournir une quantité suffisante de déchets à composter.

Les deux autres pilotes (Bel Abbes et Mostaganem.) ont été une réelle réussite puisqu'ils ont permis aux responsables de l'EPIC d'acquérir un savoir-faire sur la mise en œuvre de la collecte sélective à petite échelle au niveau des marchés et à se familiariser avec le processus de compostage.

5.4.3. Le recyclage

Le recyclage vise principalement à réduire la quantité de déchets envoyés en décharge, à préserver les ressources naturelles, à réduire l'impact environnemental et à soutenir l'économie. Bien qu'il soit encore sous-développé, le secteur du recyclage et de la valorisation des déchets en Algérie se présente à travers deux filières principales : la filière formelle et la filière informelle (MEER, 2018) :

- La filière formelle, appartenant au secteur privé ou bien public, cette filière comprend un ensemble d'opérateurs industriels organisés autour d'un réseau de : fournisseurs, de grossistes et d'opérateurs de valorisation.

- La filière informelle : c'est une filière d'une grande importance économique, elle est relativement structurée. Les déchets sont collectés et triés et, occasionnellement, par des éboueurs du service officiel mais dans la plus part du temps par des collecteurs-trieurs au niveau des décharges contrôlées et des centres d'enfouissement technique.

L'objectif de l'Algérie est de mettre en place un marché intégré de recyclage et de valorisation des déchets dans le but de soutenir l'économie du pays, afin d'atteindre cet objectif, plusieurs mesures ont été prises, dont la plus récente consiste à créer une commission interministérielle pour surveiller la mise en œuvre du plan d'action pour le développement du recyclage et de la valorisation des déchets, dont la mission est de dresser un inventaire exhaustif de la gestion et du traitement des déchets en Algérie, tous types confondus, en plus d'évaluer les textes juridiques actuels concernant la gestion des déchets pour en définir l'efficacité et l'impact (MEER. 2022).

La lecture de la figure ci-dessous, montre qu'en 2002, seulement 2 % des déchets solides étaient recyclés, pour passer à 5 % en 2009. Le taux de recyclage a augmenté pour atteindre 7 % en 2014, enfin 2022 on enregistre environ 10 %. Il est clair que l'activité du recyclage est en constante progression ; ceci peut s'expliquer par diverses raisons, on cite entre autres : la réduction progressive du nombre des décharges sauvages, le développement des activités de récupération au niveau des stations de transfert et des CET, l'encouragement de l'Etat à investir dans ce domaine, (figure n°05.06).

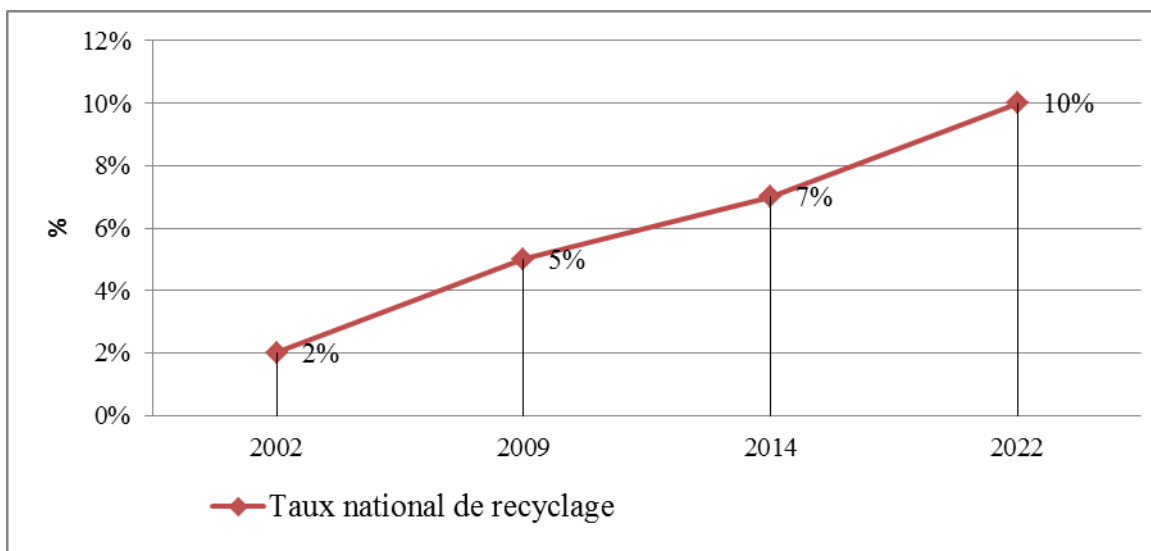


Figure n°05.06 : Evolution du taux de recyclage en Algérie

Source : ONS 2013, MEER 2018, BOUADAM 2022

Sur le territoire national, le papier/carton, les plastiques, les métaux, le verre et le bois sont les matériaux les plus recherchés, la figure ci-après nous présente le taux de valorisation de chaque matériau faisant partie des DMA, (figure n°05-07).

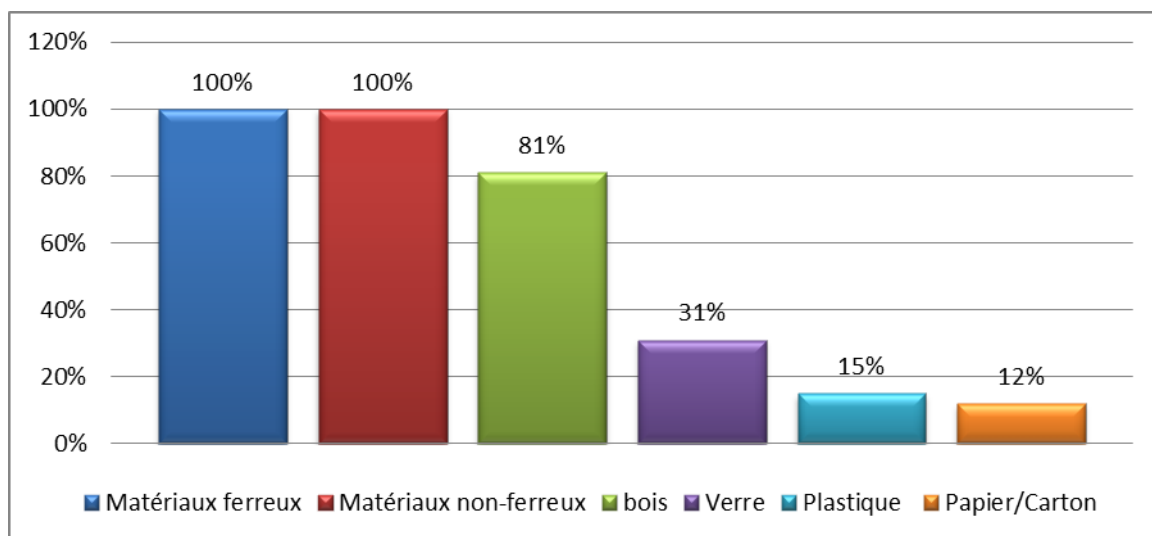


Figure n°05-07 : Le taux de valorisation de matériau composant les DMA en Algérie

Source : AND, 2020 + traitement de l'auteur.

On peut dire qu'en ce qui concerne les métaux ferreux et non ferreux la valorisation est maximale avec un taux de 100%, le bois est la deuxième filière la plus valorisée avec un taux de valorisation de 81 % des quantités produites. Cette filière est constituée globalement des emballages en bois tels que les palettes et les cagettes qui sont récupérés séparément pour le réemploi, la réutilisation ou le broyage.

Malgré les "modestes" quantités récupérées, le taux de valorisation des déchets de verre est d'environ 30 %, au fait, bouteilles et flacons en verre sont les plus recherchés en

termes de valorisation, ces derniers sont récupérés dans centres d'enfouissement technique classe 2, les décharges contrôlées mais aussi au niveau des entreprises industrielles (usines de fabrication de bouteilles, industrie pharmaceutique, etc.).

Les plastiques pour leur part présentent un taux de valorisation de 15 %, ces quantités récupérées au niveau des CET classe 2, des décharges brutes et des décharges contrôlées, en plus des entreprises. Enfin La filière de papier et carton présente un taux très proche à celle du plastique évalué à 12 %.

En terme de quantité, la filière de valorisation des métaux ferreux est la plus importante à l'échelle du pays, environ 628 915 tonnes sont valorisées chaque année, cela comprend les déchets de fonte, d'acier et de fer, qui sont issus de différents domaines, tels que le domaine des bâtiments et travaux publics (BTP), les déchets de plastique et de papier/carton représentent respectivement 304 321 T/an et 108 396 T/an, ensuite en quantités très rapprochées avec 66 392 tonnes/an pour les métaux non-ferreux et 58 895 tonnes/an pour le bois, on trouve enfin le verre avec une quantité de 41 724 tonnes/an (AND, 2021).

Le marché algérien du recyclage des déchets, présente de réelles perspectives pour la croissance économique et la protection de l'environnement, dans le rapport de la SNGID 2035, l'évolution quantitative de la fraction recyclable des DMA présente un futur prometteur (figure n°05.08).

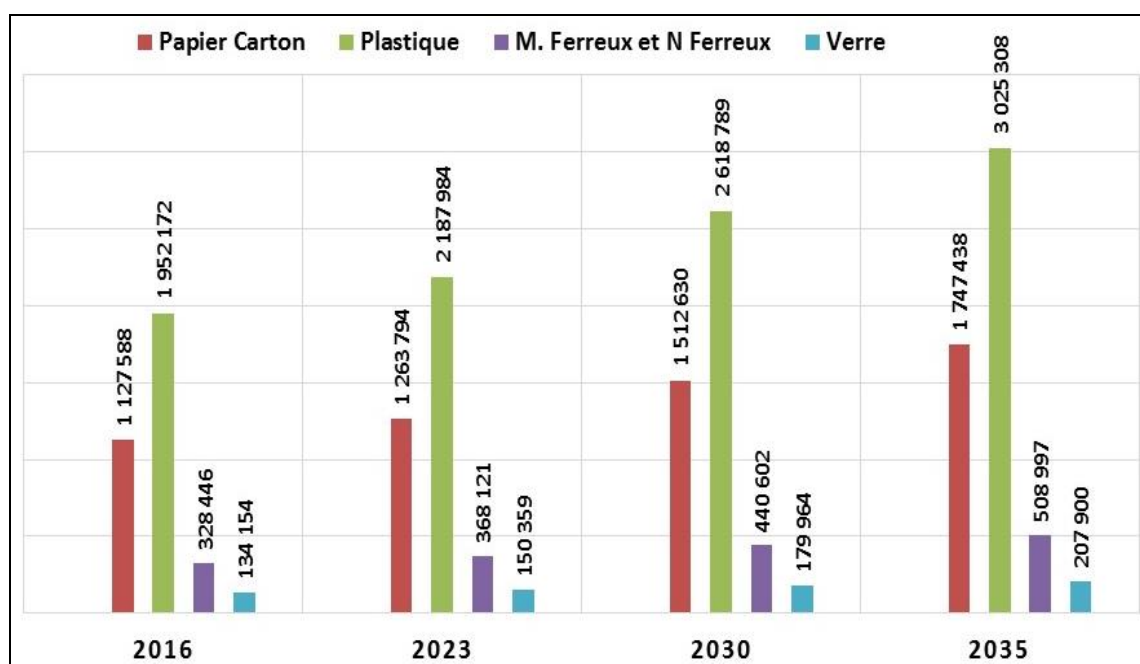


Figure n°05.08 : Perspectives d'évolution de la fraction recyclable en Algérie.

Source : MEER, 2018

Cependant il existe quelques entraves pour le développement de l'activité du recyclage au niveau national : le manque de ressources et d'infrastructures, les décharges sauvages, le faible taux de récupération, le manque de la conscience environnementale chez le citoyen, en constituent les principales.

5.5. APERÇU GENERAL SUR LES CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE EN ALGERIE

Malgré tous les efforts consentis dans le domaine de l'élimination des DMA, seulement 35 à 40% des DMA sont enfouis dans les centre d'enfouissement techniques (CET) et les décharges contrôlées et 55 à 60% sont entreposés dans les décharges sauvages. La gestion des CET incombe aux EPIC/CET créés dans chaque wilaya. L'instruction interministérielle n°22 du 11 novembre 2006 établit les conditions d'organisation et de fonctionnement de ces EPIC/CET, ainsi que les organes de gestion.

Concernant l'importance des investissements orientés vers le secteur de la gestion des déchets en général, on note que durant la période (2002 – 2016), le secteur des déchets a dépensé 88,1 milliards de DA, principalement financés par le gouvernement central et de nombreux programmes spéciaux (95 %), ainsi que par des financements étrangers (2,8%). Le gouvernement local, qui finance les opérations, ne finance qu'une infime partie des dépenses, soit 0,5 %, tandis que les fonds de développement régionaux et de dépollution (1,2%) ne financent qu'une infime partie. En outre, il y a eu des investissements de 67,4 milliards de DA au cours de la même période, la part accordée aux centres d'enfouissement technique et décharges contrôlées dépasse la moitié de ce montant (figure n°05.09).

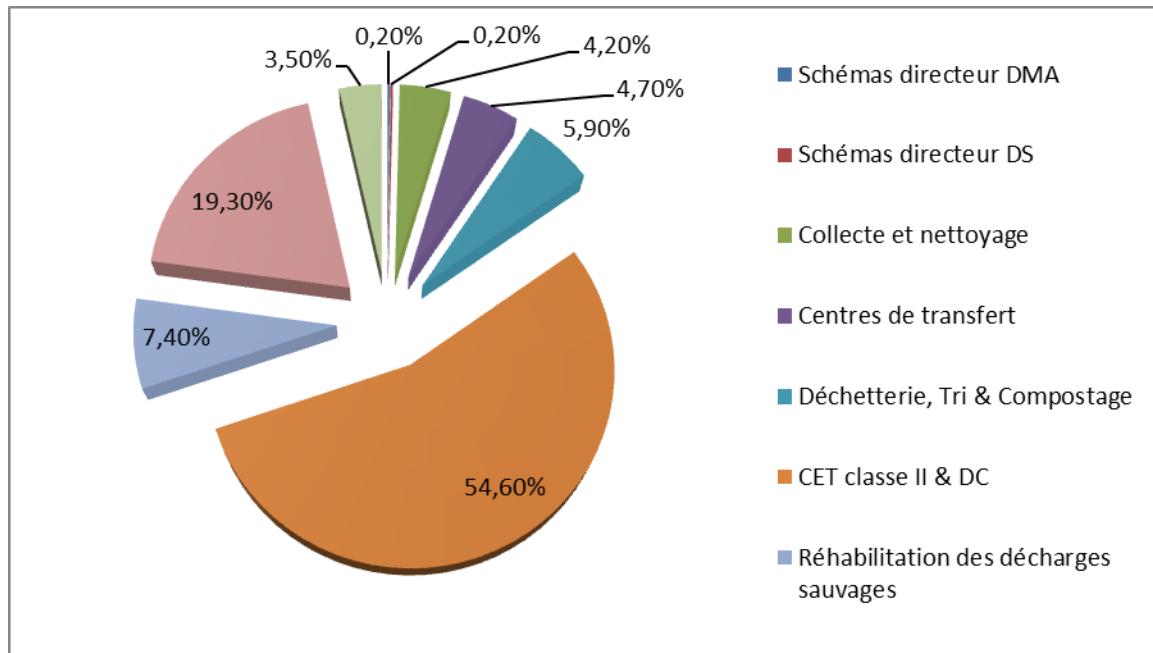


Figure n°05-09 : Répartition des dépenses d'investissement durant la période 2002-2016 Source : Auteur sur la base de MEER, 2017

D'après la figure ci-dessus, le plus grand montant d'investissement accordé entre 2002 et 2026 concerne la construction de décharges contrôlées ou de CET, il représente 54,6%, soit 36,8 milliards de DA ce qui représente plus que la moitié de la totalité des dépenses en deuxième position nous trouvons l'acquisition et la réalisation de quatre incinérateurs avec 13 milliards de DA soit 19,3%, Les dépenses supplémentaires représentent 26,1% du montant total et comprennent diverses catégories de dépenses (les schémas directeurs, centres de transfert, réhabilitation des décharges sauvages...etc.)

5.5.1. Acteurs intervenant dans le fonctionnement des CET

Plusieurs acteurs interviennent dans le cycle de vie d'un CET, ces acteurs interviennent à différents niveaux et avec des responsabilités variées afin de garantir que les centres d'enfouissement des déchets fonctionnent de manière sûre, efficace et respectueuse de l'environnement. On compte 05 acteurs (figure n°05.10):

- L'Etat qui garantit le financement des projets.
- Les APW qui approuvent et valident l'ensemble des besoins et attribuent les ressources nécessaires.
- Les directions d'environnement de wilaya (DEW), qui assurent une triple mission : la coordination avec l'État, les Wilayas et les municipalités, la supervision et le contrôle des EPICs et enfin l'information sur l'état de l'environnement.
- Les APC qui sont vis-à-vis de la loi le première responsable de l'élimination des déchets sur leurs territoires.
- Les EPICs chargées de l'exploitation et de la gestion des CET.

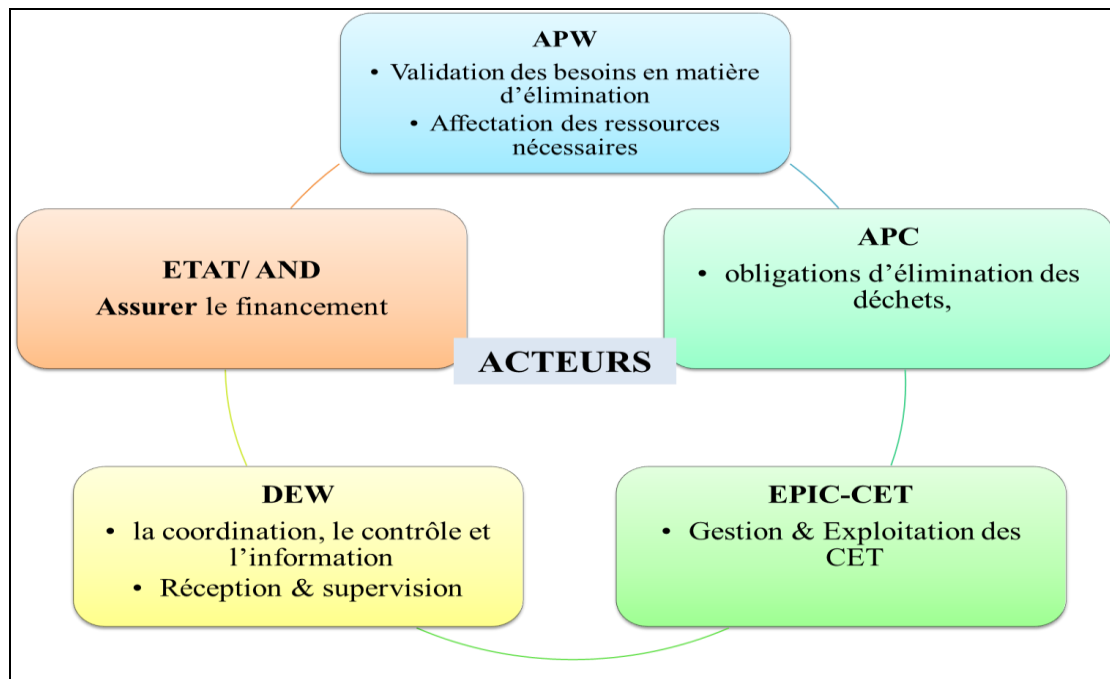


Figure n°05.10 : Les acteurs intervenant dans le cycle de vie d'un CET

Source : Conception de l'auteur à partir de la SNGID 2030

5.5.2. Quantité des DMA traités par enfouissement

Pour la période 2014-2020, le nombre installations de traitement des déchets ménagers (par élimination) sont passés de 141 à 191 installations, sur les 191 installations de traitement fonctionnelle on distingue 90 décharges contrôlées et 101 CET. Cette augmentation s'explique d'une part par l'accroissement de la quantité des déchets produits et de l'autre part par la réhabilitation des décharges sauvages anciennement exploitées, (figure n°05.11).

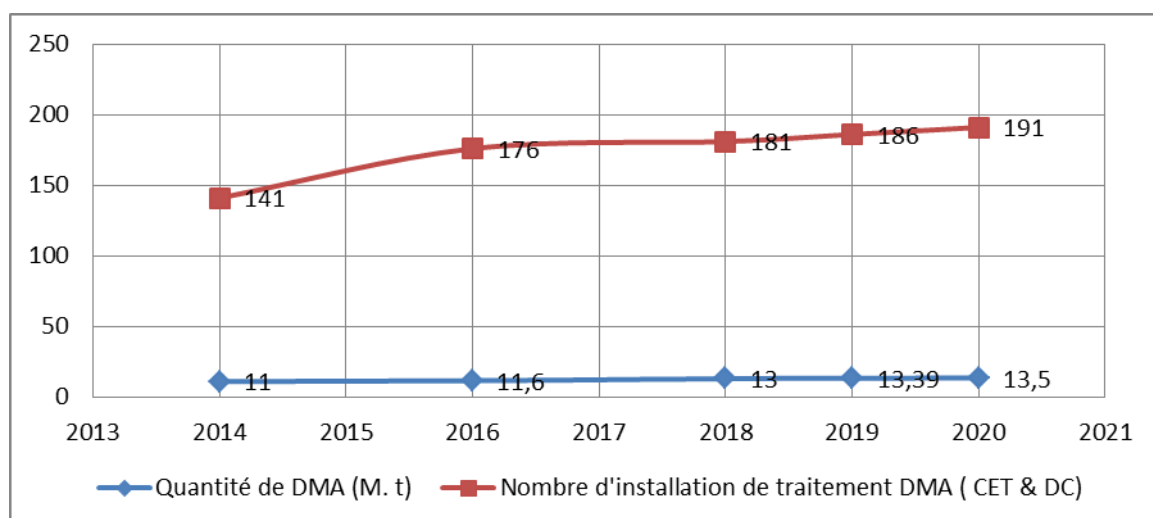


Figure n°05.11 : Evolution des quantités de DMA et de leurs installations de traitement

Source : Conception de l'auteur sur la base des données de l'AND, 2020

Selon l'AND (2021), la quantité de DMA traitée dans les CET et DC était estimée à 6 MT en 2020, soit un taux de traitement de 45 % par rapport à la quantité totale générée, qui était estimée à 13,5 MT. Il est important de se rappeler que le taux de collecte à l'échelle nationale est nettement inférieur à 100 % (entre 85 et 90 % dans les zones urbaines et en dessous de 70 % dans les zones rurales).

5.5.3. Répartition géographique des CET en Algérie

En matière de répartition géographique des CET de classe II (DMA) sur le territoire national, on peut dire qu'elle est principalement influencée par deux facteurs : le premier est par rapport à la répartition spatiale de la population et le second est par rapport à la concentration des activités économiques et administratives, (figure n°05.12).

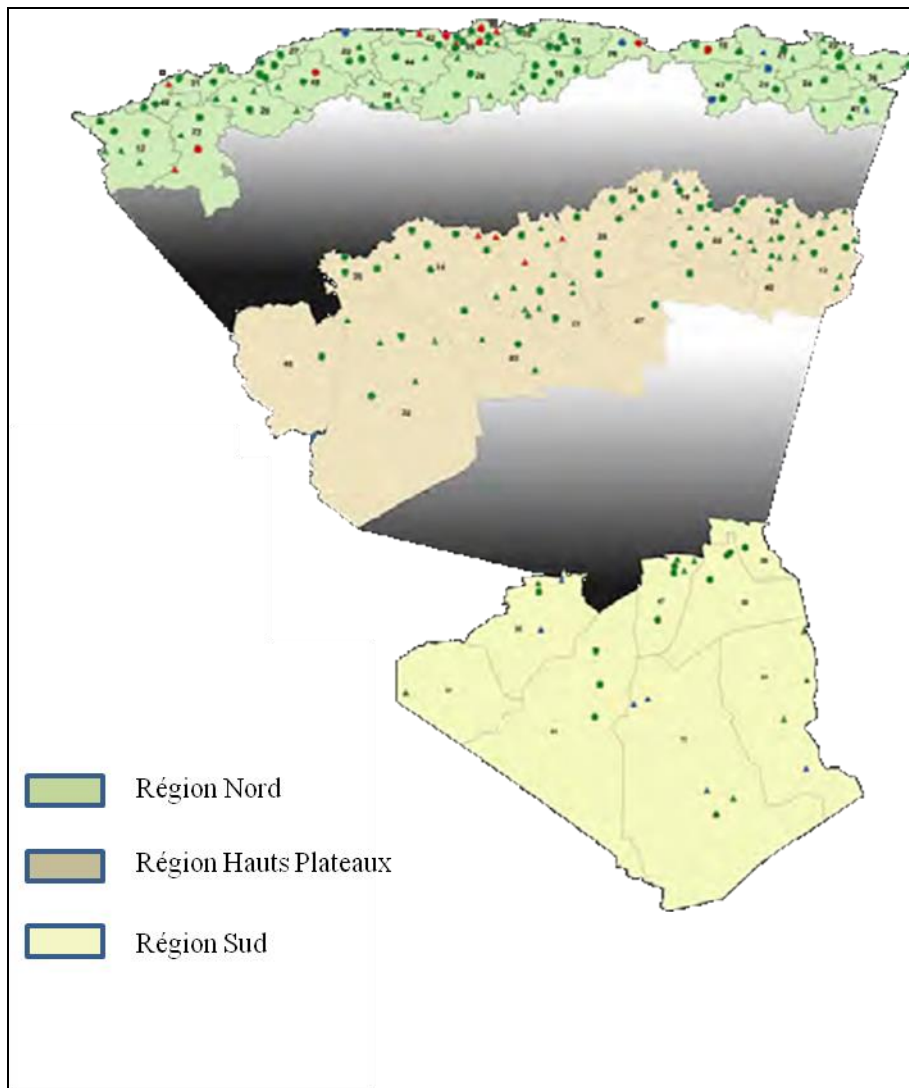


Figure n°05.12 : Répartition géographique des CET en Algérie.

Source : AND, 2020

On remarque une forte concentration de ces installations dans la région Nord et des Hauts plateaux avec 89 CET et 81 décharges contrôlées, ce qui représente 90 % du parc total national. Le reste des installations, qui représentent 10 % seulement du total, se trouvent dans la région Sud, avec 12 CET et 09 décharges contrôlées.

5.5.4. Taux de saturation des CET en Algérie

En matière de saturation, il faut noter que la composition des déchets enfouis, la qualité du compactage et le mode d'exploitation sont tous des facteurs qui déterminent une exploitation rationnelle des casiers. Cependant le recours à une seule méthode de traitement des DMA (par mise en décharge) combinée à l'augmentation continue de la production de DMA provoque une forte pression sur les DC et les CET conduisant à une saturation prématurée de ces installations (Figure n°05.13).

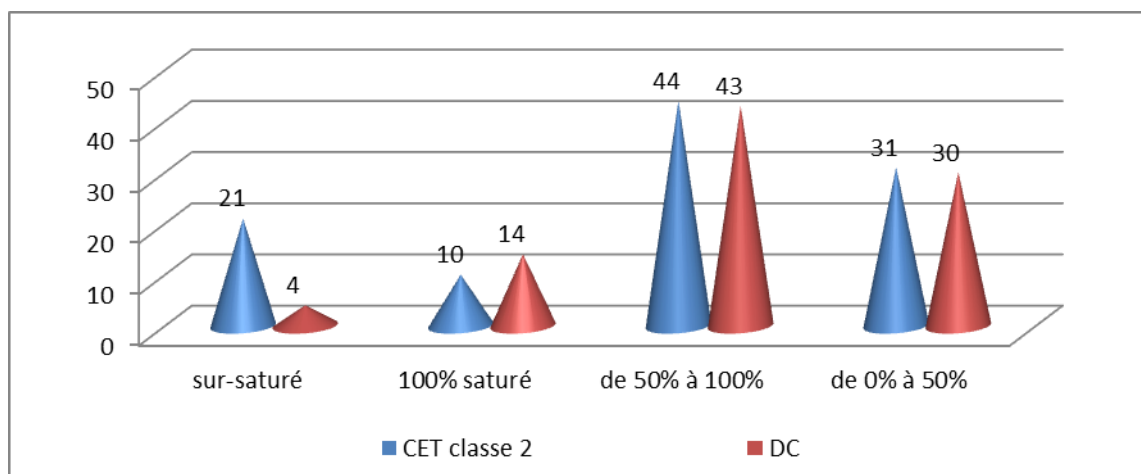


Figure n°05.13 : Taux de saturation au niveau national des CET & DC

Source ; AND, 2021+ Auteure

L'élimination des déchets ménagers et assimilés au niveau des CET se fait dans les casiers, il existe des CET qui fonctionnent avec 01 seul casier et d'autres avec 02 voir plus de casiers. La Décharge contrôlée pour sa part fonctionne avec 01 seul casier. La figure ci-dessus montre que sur les 197 casiers formant les installations opérationnelles d'élimination des déchets, 61 casiers présentent un taux de saturation se situant entre 0% et 50%, le reste des casiers ont de différents taux de saturation, on trouve : 25 sont sursaturées, 24 sont saturées à 100% et 87 casiers présentent un taux de saturation qui se situe entre 50% et 100%.

Concernant les 106 centres d'enfouissement technique en exploitation on note 31 casiers présentent un taux de saturation se situant entre 0% et 50%, 44casiers présentent

un taux de saturation qui se situe entre 50% et 100%, 10 sont saturées à 100% et enfin 21 sont sursaturés.

Le détournement de certains types de déchets destinés aux CET, notamment les déchets valorisables constituent une action primordiale pour lutter contre la saturation précoce des casiers d'enfouissement. Le taux de récupération des DMA dans les décharges contrôlées et CET de classe 2 est très faible en 2020. Cela a sans aucun doute un double impact économique et environnemental : d'une part, c'est une perte d'un gisement important de matière valorisable pouvant constituer une matière première secondaire une fois récupérée et recyclée et d'autre part, les effets négatifs sur l'environnement en terme d'atteinte à la biodiversité et de pollution diverses : atmosphérique, hydrique et des sols.

5.5.5. Traitement des effluents

Pour ce qui est du traitement des effluents, il s'agit principalement de deux types : des effluents liquides appelés : lixiviats et d'autres gazeux appelés : biogaz.

Le traitement des lixiviat est obligatoire vu leur niveau élevé de toxicité, ils existent différentes méthodes de traitement, le choix de la méthode de traitement doit être basé sur des critères bien identifiés : caractéristiques climatiques du site (pluviométrie, température, évaporation), caractéristiques géotechniques (perméabilité, stabilité,...) disponibilité foncière, ressources hydriques (de surface ou souterraines).

La méthode de traitement des lixiviat utilisée en Algérie est le traitement par osmose inverse, en 2018, les services du MEER ont fait doté 33 CET par des unités de traitement par osmose inverse d'une capacité de 80 m³/jour chacune (AND, 2019). Malheureusement, le reste des CET fonctionnels au niveau du territoire national ne disposant pas de station de traitement des lixiviat, se contente du lagunage, une méthode simple qui se base sur l'épuration naturelle basée sur la phyto-épuration.

Le lagunage constitue en réalité, un prétraitement et non un traitement. Cependant, il faut noter que malgré la simplicité de ce procédé, il est d'un côté un grand consommateur d'espace et de l'autre côté c'est une méthode applicable dans des climats n'ayant pas de fortes intempéries : une averse importante peut déborder les bassins de lagunage et donc occasionner une pollution du sol et du sous-sol (figure n°05.14).



Figure n°05.14 : Localisation des stations de traitement des lixiviats au niveau national

Source : AND. 2019

Pour leur part les biogaz ne bénéficient actuellement d'aucune collecte, ni traitement, ni valorisation, dans la majorité des CET, les puits nécessaires à cet effet sont soit inopérants, soit inexistantes.

Afin de suivre et évaluer l'action de l'élimination des DMA, l'Agence Nationale des Déchets a entamé une série d'expertises sur plus de 50 installations CET (classe II & DC). Les résultats obtenus ont révélé de sérieux dysfonctionnements sur les niveaux : technique (de conception et/ou de réalisation) et/ou de gestion, il s'agit notamment de : la saturation prématurée des casiers ; la contamination du sol et des cours d'eau et des nappes phréatiques; la pollution atmosphérique; et l'exploitation inadéquate (AND, 2017).

5.6. LES PREMICES DE CHANGEMENT POUR L'ELIMINATION DES DECHETS EN ALGERIE

5.6.1. Apport de la loi n°25-02 modifiant et complétant la loi n° 01-19 à l'élimination des déchets

La promulgation de la loi 25-02, marque un tournant significatif dans la gestion des déchets en Algérie, de par la modernisation du cadre juridique établi en 2001 et son alignement sur les enjeux environnementaux actuels. Les contributions majeures de cette loi résident dans les points suivants :

- Assurer la transition vers une économie circulaire à travers :

- Une nouvelle hiérarchisation des modes de traitement est proposée, elle privilégie la réutilisation, la réparation et le recyclage, en tant que mesures préventives, avant l'élimination finale des déchets, ce qui a pour effet de réduire la pression sur les CET et les décharges, et de contribuant ainsi à une gestion durable des ressources en diminuant le gaspillage.
 - La promotion de l'éco-conception, où les producteurs se voient dans l'obligation de réduire l'impact environnemental de leurs produits dès la phase de conception, permettant de promouvoir la production de biens plus durables et à limiter la production accélérée de déchets.
 - Le renforcement de la valorisation qui passe par le développement du compostage, de la méthanisation et de la valorisation énergétique, transformant ainsi les déchets en ressources, telles que l'énergie, l'engrais ou les matières premières et réduisant le taux de mise en décharge.
- Accroître la responsabilisation des acteurs par le biais de :
- D'une part, l'instauration d'une part du principe de la responsabilité élargie des producteurs (REP) qui implique que les producteurs et metteurs sur le marché assument financièrement et organisent la gestion des déchets issus de leurs produits par l'intermédiaire d'éco-organismes, et de l'autre part l'introduction d'une éco-contribution à caractère obligatoire afin de financer les opérations de collecte et de traitement des déchets.
 - L'obligation renforcée des générateurs de déchets d'effectuer le tri à la source et l'interdiction de mixer les déchets dangereux avec les autres types de déchets, en cas de non-respect de ces obligations, des sanctions pénales sévères sont prévues, pouvant conduire à des amendes allant jusqu'à 6 millions de dinars algériens et/ou des peines de prison.
- Lutter contre les déchets plastiques et la pollution marine via :
- L'interdiction progressive des plastiques à usage unique, notamment dans les zones côtières.
 - Promouvoir une gestion spécifique des déchets marins, impliquant l'intégration de leur traitement dans les schémas régionaux (wilayas côtières).
- Instauration de nouvelles mesures structurelles et opérationnelles :

- La nouvelle stratégie nationale de gestion intégrée des déchets qui est élaborée par le ministre de l'environnement pour définir les objectifs et priorités de la gestion des déchets.
- La création d'un système national d'information et de cartographie pour mieux suivre les flux de déchets.
- Elaboration des schémas de wilaya de gestion intégrée des déchets ménagers, inertes et spéciaux.
- L'obligation de la valorisation des déchets organiques par compostage/ méthanisation, réduisant les émissions de gaz à effet de serre dans les CET et les décharges.

Enfin, l'analyse de cette nouvelle loi, illustre les efforts déployés par l'Algérie pour s'aligner avec les standards internationaux et la dynamique de développement durable, elle met en œuvre une combinaison d'innovation réglementaire et d'outils opérationnels.

5.6.2. La SNGID 2035 : pour une circularité de la gestion des déchets en Algérie.

Dans le but d'atteindre l'objectif du développement durable ODD 12 et l'ODD 13, portant respectivement sur les consommations et productions responsables et sur la lutte contre les changements climatiques, notamment les cibles de:

- La réduction de moitié au niveau mondial, du volume de déchets alimentaires par habitant, à l'horizon 2035.

- La diminution significative de la production de déchets, en adoptant les principes de : la prévention, la réduction, le recyclage et la réutilisation.

- L'intégration des mesures correspondant aux changements climatiques dans les politiques, les stratégies et la planification nationale pour chaque pays.

L'Algérie s'est vu lancer un programme ambitieux pour l'économie circulaire à l'horizon 2035, elle s'est engagée dans une démarche d'économie circulaire et de gestion intégrée de ses déchets afin d'apporter une forme de circularité au secteur de la gestion des déchets qui demeure jusqu'à présent linéaire dans son fonctionnement se résumant seulement à : la collecte, le tri et le recyclage, et d'en faire une filière économique génératrice de richesse et d'emploi.

L'étude sur la Stratégie nationale et le plan d'action de Valorisation Intégrée des Déchets à l'horizon 2035 (SNGID) a été réalisée dans le cadre du Programme d'Appui au

Secteur de l'Environnement (PAPSE), un programme de coopération initié depuis 2012 entre l'Algérie et l'Union Européenne totalisant 54 millions d'euros, 34 millions d'euros fournis par l'UE et 20 millions d'euros fournis par l'État algérien (MEER, 2018).

Dans son rapport sur l'état des lieux de la gestion des déchets, la SNGID a estimé que dans le contexte actuel de la poursuite du développement socio-économique de l'Algérie et de l'augmentation de sa population qui devrait atteindre les 51 millions d'habitants à l'horizon 2035, les déchets deviendront l'un des grands enjeux de l'Algérie à moyen terme. En effet, il est prévu que la production de déchets en Algérie augmente de 34 millions de tonnes actuellement à 73 millions de tonnes d'ici 2035. En raison de l'augmentation du volume des déchets, il y aura des coûts importants. Les coûts actuels de gestion des déchets, qui sont totalement subventionnés par l'État et sont estimés à 73 milliards de dinars par an, devraient atteindre environ 178 milliards de dinars par a d'ici 2035.

5.6.3. Les objectifs fondamentaux de la SNGID2035

L'objectif principal de la SNGID 2035 est de fournir à l'Algérie une stratégie nationale de gestion intégrée des déchets à l'horizon 2035, afin de créer une société sans déchets, de promouvoir l'économie circulaire et verte, et d'assurer l'accompagnement de la transition par des plans nationaux de mise en œuvre et des outils de suivi-évaluation efficaces.

La stratégie vise à atteindre cinq objectifs fondamentaux établis par les Nations Unies:

- Prévenir le gaspillage : en limitant la production de DMA à 1,1 kg par jour par habitant et en encourageant la réduction des déchets provenant d'autres sources.
- Favoriser le tri sélectif : en encourageant la séparation à la source pour recycler ou composter 30% de DMA, 30% de (déchets solide) DS et 50% de déchets inertes.
- Réduire les risques pour l'environnement et la santé des déchets finaux : en éliminant les décharges illicites, en gérant les risques après fermeture pour tous les types de décharges et éliminer les déchets ultime au niveau des CET conformes aux normes internationales.
- Appliquer le principe du pollueur-payeur : en utilisant les taxes fixes et variables, les prix des services et la responsabilité élargie des producteurs, il est possible d'appliquer le principe du pollueur payeur et de couvrir à 100 % les coûts opérationnels de collecte et de traitement.

- Améliorer le rôle du secteur privé : en encourager le secteur privé à créer 40 000 emplois directement et indirectement liés à la gestion des déchets grâce à des réformes économiques.

5.6.4. Les axes stratégiques de la SNGID 2035

La stratégie repose sur 4 axes stratégiques :

- **La construction de l'infrastructure adéquate** : dans le but de favoriser la valorisation des déchets il est nécessaire de mettre en place des infrastructures suffisantes, telles que : une collecte sélective des fractions valorisables, le renforcement du rôle du secteur privé et le partenariat public/privé dans la construction de centres de tri, de compostage et de recyclage pour tous les flux de déchets, la rénovation des centres d'enfouissement techniques (CET) existants et la construction de nouveaux CET l'éradication de toutes les décharges illégales.

- **La réforme du cadre juridique et institutionnel** : afin de remédier aux lacunes farinant la mise en application de la stratégie il est indispensable d'améliorer les réglementations en modifiant la loi carde du 01-19 du 12 décembre 2001 concernant la gestion, le contrôle et l'élimination des déchets, d'une façon à attribuer une plus grande importance au volet de la valorisation des déchets. Par ailleurs, il s'avère essentiel de créer des organisations de coopération et de concertation impliquant des parties prenantes publiques et privées pour plus de transparence.

- **Le renforcement de la communication et de l'éducation** : le passage à une gestion intégrée des déchets suggère l'intégration de tous les acteurs impliqués dans le processus de leur gestion, dans cette optique : producteurs, gestionnaires ou bien consommateurs, sont tous appelés à un changement dans leurs manières de produire ou de consommer. Ce changement en faveur de l'économie circulaire ne peut se réaliser sans une sensibilisation continue par le biais de : l'éducation, la formation et l'information.

- **La restructuration du cadre financier et économique** : Pour plus d'efficacité dans l'application du principe du pollueur payeur il a été envisagé de faire augmenter le montant de la taxe d'enlèvement des ordures ménagères (TEOM) jusqu'à 8000 dinars algériens, afin d'atteindre un taux de recouvrement de 80%, la taxe d'enfouissement a été revue également à la hausse, elle est désormais fixée à 2000 dinars algériens par tonne dans le but de rendre l'enfouissement moins accessible. Par ailleurs, les autorités souhaitent instaurer des mesures incitatives (économiques, financières, fiscales,...) pour encourager la participation

du secteur privé, en particulier dans les processus de tri, de recyclage et de récupération des déchets il s'agit de mettre en application le principe de la Responsabilité Elargie du Producteur (REP).

5.6.5. L'enfouissement technique des DMA dans (SNGID) 2035 : vers un nouveau modèle de monitoring des CET

Actuellement la SNGID 2035 n'est qu'à sa mission 1, afin de stimuler la réflexion et de guider la Mission 2, un travail préliminaire de simulations a été entrepris, par conséquent, un certain nombre de scénarios et d'hypothèses ont été élaborés, concernant les CET et d'une manière globale, les simulations ont aboutis à la mise en œuvre d'un nouveau modèle de gestion, basé sur le principe de la circularité, cette circularité va être atteinte par la création de plusieurs boucles de valorisation afin de rompre avec l'ancien modèle de gestion linéaire de « tout à la décharge », les boucles de valorisation se réfèrent aux activités de tri, de compostage et de recyclage, ne laissant ainsi admis aux CET que les déchets ultimes. Une série d'indicateurs ont été mis en place pour l'évaluation du degré de performance de la SNGID, l'élimination y présentée comme un indicateur à part entière (tableau n°05.01).

Tableau n°05.01 : Indicateurs d'évaluation de la gestion intégrée des déchets

Indicateur		Valeur cible de l'indicateur de performance						
Sujet	Définition	2016	2019	2022	2025	2028	2031	2035
Prévention	Quantité de DMA produits en kg / an / habitant	0,79	0,56	0,90	0,95	1,00	1,04	1,10
Valorisation	Taux de valorisation DM	7%	8%	10%	14%	19%	23%	29%
	Taux de valorisation DA	13%	13%	14%	22%	28%	34%	42%
	Taux de valorisation DS	41%	41%	41%	42%	43%	45%	47%
	Taux de valorisation DI	0%	5%	16%	31%	46%	53%	60%
Elimination	Part des déchets (hors déchets inertes) enfouis dans des CET aux normes internationales	0%	0%	1%	24%	47%	70%	100%
	Nombre de décharges sauvages restant à fermer puis réhabiliter	1 300	880	340	0	0	0	0
Equilibre financier	Taux de couverture des coûts (OPEX + CAPEX) par les recettes pour les communes et EPIC de collecte	NA	5%	21%	51%	78%	96%	100%
Création d'emplois	Nombre net d'emplois créés en cumulés en ETP (emplois directs secteur privé et public, indirects et informels)	NA	2 650 ETP	11 850 ETP	26 000 ETP	44 000 ETP	63 500 ETP	91 000 ETP
Atténuation du changement climatique	Emissions nettes annuelles par le secteur de la gestion des déchets (en t CO2eq.)	22 millions tCO2eq	25 millions tCO2eq	26 millions tCO2eq	21 millions tCO2eq	14 millions tCO2eq	7 millions tCO2eq	-3 millions tCO2eq

Source: Dorbane et Hachemi, 2023

La lecture du tableau ci-dessus par rapport à l'élimination des déchets, indique clairement la volonté de l'Etat Algérien de rompre définitivement avec la pratique des décharges sauvages et de continuer à adopter l'enfouissement technique des déchets comme méthode d'élimination préconisée, ceci jusqu'à l'horizon 2035, en s'assurant du respect des normes internationales en la matière et le développement progressif des activités de valorisation des déchets (compostage et recyclage).

A noter que jusqu'à 2022, seulement 1% des déchets (hors déchets inertes) ont été enfouis dans des CET en respectant les normes internationales.

a. Résultats du diagnostic de la mission 1

Dans le cadre de la mission 1 de la SNGID 2035, une évaluation de la performance des centres d'enfouissement techniques des déchets classe 2 a été réalisée, le diagnostic a porté sur : la sensibilité des milieux, l'appréhension des travaux de génie civil, les infrastructures liées à l'exploitation, la gestion des pollutions et nuisances au niveau du site et enfin le

suivi et la surveillance (interne ou externe). Les résultats obtenus ont constitué le scénario de base pour les futures améliorations, (figure n°05.15).

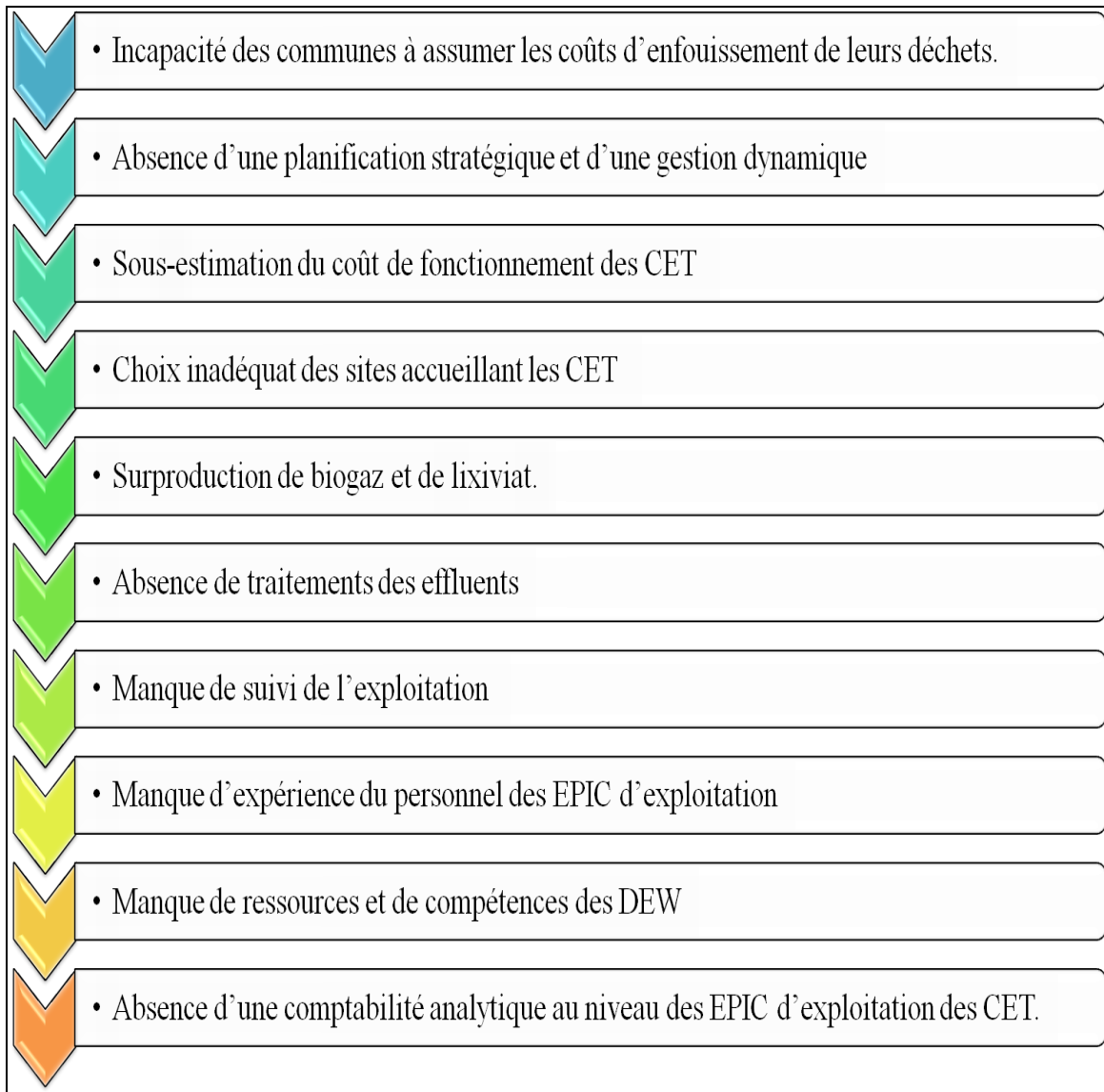


Figure n°05.15 : Résultats du diagnostic des CET
 Source : Conception de l'auteur sur la base des données de la SNGID 2035

En examinant la place de l'élimination des déchets dans cette stratégie, plusieurs remarques surgissent :

En premier lieu, on constate que l'éradication des décharges sauvages continue à avoir la même attention. Cependant, il est à constater l'absence d'une démarche de classement visant la priorisation des actions de réhabilitation de ces décharge sauvages.

En deuxième lieu, les centres d'enfouissement technique présentent plusieurs anomalies liées soit à l'étude, à la réalisation ou encore à leur exploitation, en général les sites destinés à l'implantation des CET sont dépourvus des conditions nécessaires pour ce type d'installation ils sont conditionnés par la disponibilité de terrains et occupent souvent les sites d'anciennes décharges réhabilitées.

Il y'a également un décalage entre la phase d'étude et celle de réalisation dû à des lacunes au niveau de la planification.

Enfin, malgré que la loi stipule qu'un permis et un programme de contrôle et de suivi du fonctionnement de ce type d'installation force est de constater que beaucoup de CET n'en disposent pas.

b. Recommandations issues de la mission 1

Dans le cadre de la SNGID 2035, un ensemble de simulations ont été élaborées d'une part, pour tenter d'équilibrer les ressources financières déployées pour la gestion des déchets en : diminuant l'écart entre les dépenses gouvernementales colossales et les revenus trop bas et d'autre part pour pouvoir atteindre les objectifs du développement durable (ODD12 & ODD13) précédemment évoqués.

En ce qui concerne les Centres d'enfouissement technique, on trouve la proposition d'un modèle de gestion des CET avec Tri, Recyclage et Compostage, qui peut être utilisé pour construire ou réhabiliter un CET, réhabiliter une décharge sauvage, construire ou réhabiliter une installation de compostage, construire ou réhabiliter une installation de tri pour le recyclage, ou construire des bassins pour le traitement des boues des stations d'épuration des eaux usées et des huiles.

De plus, en utilisant tous les indicateurs financiers, le modèle propose de calculer la viabilité financière des investissements pour un EPIC ou une société privée, l'approche suivie se résume ci-dessous (figure n°05.16).

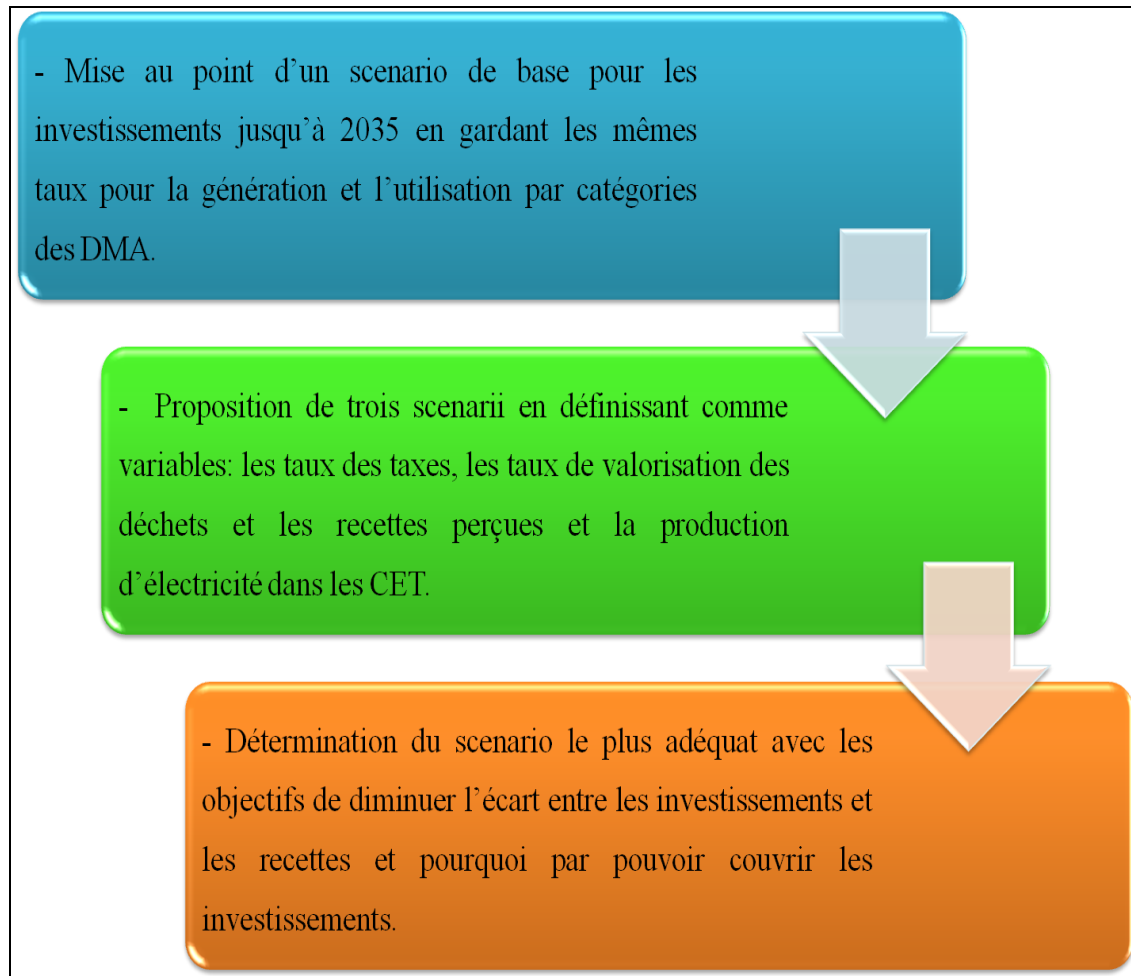


Figure n°05-16 : Etapes de mise au point de scénarii de monitoring des CET

Source : Conception de l'auteur sur la base du MEER, 2018

L'aboutissement de cette démarche était l'élaboration de plusieurs scénarios tels que présentés dans les tableaux à venir :

- Le scénario n°1, représente une simulation de référence, dans laquelle tous les taux (de collecte, de compostage, de recyclage) ont été maintenus sans aucun changement pour la totalité de la période de simulation (2017-2035), l'enfouissement n'a également pas connu d'amélioration au niveau des quantités à enfouir ou bien les opérations inadéquates de capture du méthane et traitement des lixiviats

Pour le financement, le montant de la TEOM n'a connu aucun changement, en revanche le taux de recouvrement de cette taxe a connu trois variations celle de 25%, de 50% et enfin de 80%. Cependant il est à signaler que le prix du compost n'a pas été pris en considération, seuls les prix moyens de marché des matériaux non-transformés de recyclage sont considérés, (tableau n°05.02).

Tableau n°05.02 : Scénario n°01 « Référentiel » (2017-2035)

Investissement	Financement	
- Taux de collecte : 82,7% - Taux de compostage : 1% - Taux de recyclage : 7% Enfouissement : 31%	TEOM : montant actuel sans variation	a- Taux de recouvrement de 25% b- Taux de recouvrement de 50% c- Taux de recouvrement de 80%

Source : Conception de l'auteur sur la base des données du MEER, 2018

- Le scénario n°2 représente une simulation qui a touché le volet : investissement ainsi que le volet : financement, pour la période de simulation (2017-2035) le taux de collecte est passé à 100%, celui du compostage à 15% et celui du recyclage à 15%.

Le taux d'enfouissement pour sa part n'a pas été clarifié bien que le fonctionnement des CET a connu une amélioration remarquable en intégrant la capture/valorisation du méthane (en électricité) et traitement des lixiviats la valeur ainsi que le taux de couverture de la TEOM ont connu des changements.

Il faut signaler que les coûts moyens de marché pour le compost et de matériaux non-transformés de recyclage sont pris en considération, (tableau n°05.03).

Tableau n°05.03 : Scénario n°02 (2017-2035)

Investissement	Financement	
- Taux de collecte : 100% - Taux de compostage : 15% - Taux de recyclage : 15% Enfouissement : Capture/Valorisation du Méthane + Traitement des lixiviats.	TEOM : montant recalculé	a- Taux de recouvrement de 25% b- Taux de recouvrement de 50% c- Taux de recouvrement de 80%

Source : Conception de l'auteur sur la base des données du MEER, 2018

- Le scénario n°03 pour sa part comporte également des modifications, en ce qui concerne le volet investissement : on remarque que le taux de collecte est passé à 100%, celui du compostage à 25% et celui du recyclage à 25%. Le fonctionnement des CET a connu une amélioration remarquable telle qu'évoquée dans le scénario n°02, en intégrant la capture/valorisation du méthane (en électricité) et traitement des lixiviats, la TEOM a connu des changements au niveau du taux de recouvrement (en passant de 25% à 50% et puis à 80%) ainsi qu'au niveau du montant. Pour leur part, les coûts moyens de marché pour le compost le recyclage sont considérés, (tableau n°05.04).

Tableau n°05.04 : Scénario n°03 (2017-2035)

Investissement	Financement	
- Taux de collecte : 100% - Taux de compostage : 25% - Taux de recyclage : 25% Enfouissement : Capture/Valorisation du Méthane + Traitement des lixiviats.	TEOM : montant recalculé	a- Taux de recouvrement de 25% b- Taux de recouvrement de 50% c- Taux de recouvrement de 80%

Source : Conception de l'auteur sur la base des données du MEER, 2018

- Le scénario n°4 représente une simulation avec un taux de collecte de 100%, un taux de compostage de 50% et un taux de recyclage à 25%, le fonctionnement des CET a connu une amélioration au niveau de la capture/valorisation du méthane (en électricité) et du traitement des lixiviats (tableau n°04-05), la valeur de la TEOM a été revue à la hausse et son taux de couverture a également connu des changements.

Il convient de noter que, à l'instar du scénario n° 03, les coûts moyens de marché pour ce scénario, pour le compost et les matériaux non transformés issus du recyclage, sont pris en considération.

Une des conclusions de ce modèle est que les revenus du compostage et du recyclage des DMA au niveau d'un CET sont très faibles et ne pourront pas contribuer à réduire l'écart entre les investissements et les recettes de la TEOM pour l'enfouissement et le droit de dépôt.

Ajouté à cela, malgré toutes les améliorations touchant le taux de recouvrement de la TEOM, il reste insuffisant même pour couvrir le coût de transport. A cet effet il est recommandé de l'augmenter pour arriver à 1% des revenus des ménages (conformément aux normes internationales).

Tableau n°05.05 : Scénario n°04 (2017-2035)

Investissement	Financement	
- Taux de collecte : 100% - Taux de compostage : 50% - Taux de recyclage : 25% Enfouissement : Capture/Valorisation du Méthane + Traitement des lixiviats.	TEOM : montant recalculé	Taux de recouvrement de 25% Taux de recouvrement de 50% Taux de recouvrement de 80%

Source : Conception de l'auteur sur la base des données du MEER, 2018

CONCLUSION

Le regard rétrospectif apporté à l'élimination des déchets en Algérie a montré que durant les années 90, elle se résumait à la pratique des décharges sauvages ou non-contrôlées, ce n'est qu'après la promulgation de la loi 01-19 qu'une attention particulière a été accordée à l'élimination écologiquement rationnelle des déchets. Par ailleurs, l'adoption du PROGDEM a constitué une réelle révolution en interdisant la mise en décharge non contrôlée, en éradiquant les décharges sauvages déjà existantes mais aussi en mettant un programme pour la réalisation des centres d'enfouissement technique (CET) et des décharges contrôlées (DC).

Malheureusement, pour les installations d'élimination des déchets fonctionnelles (CET et DC), après plusieurs décennies de mise en place, un constat alarmant se présente : il s'agit de la gestion non conforme aux exigences environnementales recommandées pour ce type d'installations surtout en matière d'effluents liquides et gazeux, qui sont relâchés dans le milieu naturel sans aucun traitement.

Cependant, des prémices de changements se présentent à travers la promulgation de la loi 25-02 qui marque un tournant décisif vers une approche plus durable et responsable de la gestion des déchets, elle introduit une réforme visant entre autres à optimiser l'élimination des déchets par une approche hiérarchisée et préventive, en effet, elle instaure une **hiérarchie des modes de traitement** (préparation à la réutilisation, réutilisation, réparation, valorisation, élimination), positionnant cette dernière comme ultime recours. Par ailleurs, elle impose une **valorisation systématique** préalable à l'élimination, notamment pour les déchets organiques (compostage/méthanisation) et les décharges générant du biogaz, cette réforme vise à aligner l'Algérie sur les standards internationaux, protégeant ainsi l'environnement et la santé publique dans une logique de gestion intégrée et durable des déchets.

Un autre point important apporté par la loi 25-02 réside dans l'adoption de la Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des Déchets à l'horizon 2035, ce projet permettra à l'Algérie de mettre en place une meilleure gestion intégrée des déchets, contribuant ainsi au développement de l'économie verte et circulaire, à la réduction de la pollution environnementale mais aussi à la réalisation des objectifs de développement durable (ODD) liés à la gestion des déchets. En matière d'enfouissement technique la SNGID a défini un nouveau modèle de gestion optimisée des centres d'enfouissement technique, axé sur la valorisation des déchets par le tri, le recyclage et le compostage.

CHAPITRE VI :
LA GESTION DES DECHETS MENAGERS
ET ASSIMILES A CONSTANTINE

INTRODUCTION

La gestion des déchets peut être conceptualisée comme une chaîne complexe, composée de multiples maillons interdépendants. Elle inclut la compréhension de la composition du gisement de déchets, la collecte, le transport, ainsi que la valorisation ou l'élimination. En outre, la recherche et le développement de nouvelles technologies et pratiques, ainsi que d'approches innovantes en matière de collecte, de recyclage et d'élimination, jouent un rôle crucial dans l'amélioration continue de ce processus. L'élimination des déchets est un processus crucial pour gérer les déchets produits par les activités humaines de manière sécurisée et respectueuse de l'environnement. Historiquement, l'élimination par enfouissement, qui constitue la pratique la plus répandue dans les pays en voie de développement, a prédominé. C'est dans ce contexte que les centres d'enfouissement technique ont été conçus. Ils ont pour vocation de minimiser les effets environnementaux des déchets solides et occupent une place importante dans la gestion globale des déchets.

Dans le contexte contemporain, la gestion des déchets s'impose comme une préoccupation majeure sur le plan national en matière de préservation de l'environnement. L'accroissement significatif des volumes de déchets et les coûts conséquents associés à leur gestion et leur élimination ont engendré une prise de conscience cruciale concernant ce secteur. En réponse à cette situation, la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Déchets à l'horizon 2035 (SNIGD-2035) a été mise en œuvre, avec pour objectifs principaux l'optimisation de la gestion des déchets, la réduction de la production de déchets, le développement du tri sélectif, le recyclage et la valorisation des déchets.

Afin de répondre de manière approfondie à la problématique de l'avenir de la pratique de l'enfouissement technique des déchets en Algérie, nous avons opté pour la ville de Constantine comme support et champ de recherche. Pour ce faire, nous avons jugé opportun de fournir un aperçu détaillé de l'ensemble du processus de gestion des déchets solides urbains, mettant en lumière les installations de traitement et d'élimination, ainsi que les projets en corrélation avec l'objectif de notre recherche.

6.1. PRESENTATION SUCCINCTE DE LA WILAYA DE CONSTANTINE

La wilaya de Constantine est située entre les latitudes : 36°05'35"N et 36°37'27"N et 06°18'34"E et 07°02'57"E, elle a des altitudes allant de 167 à 1364 m au-dessus du niveau de la mer. La wilaya est à environ 245 km de la frontière orientale Algéro-Tunisienne, et à environ 431 km de la capitale Alger à l'ouest, à 89 km de Skikda vers le Nord et à 235 km de Biskra vers le Sud.

6.1.1. Situation administrative

La wilaya de Constantine jouit d'une situation centrale stratégique à l'Est algérien, elle est limitée (figure n°06.01) :

- Au nord, par la wilaya de Skikda ;
- A l'est, par la wilaya de Guelma ;
- A l'ouest, par la wilaya de Mila ;
- Au sud, par la wilaya d'Oum El Bouaghi.

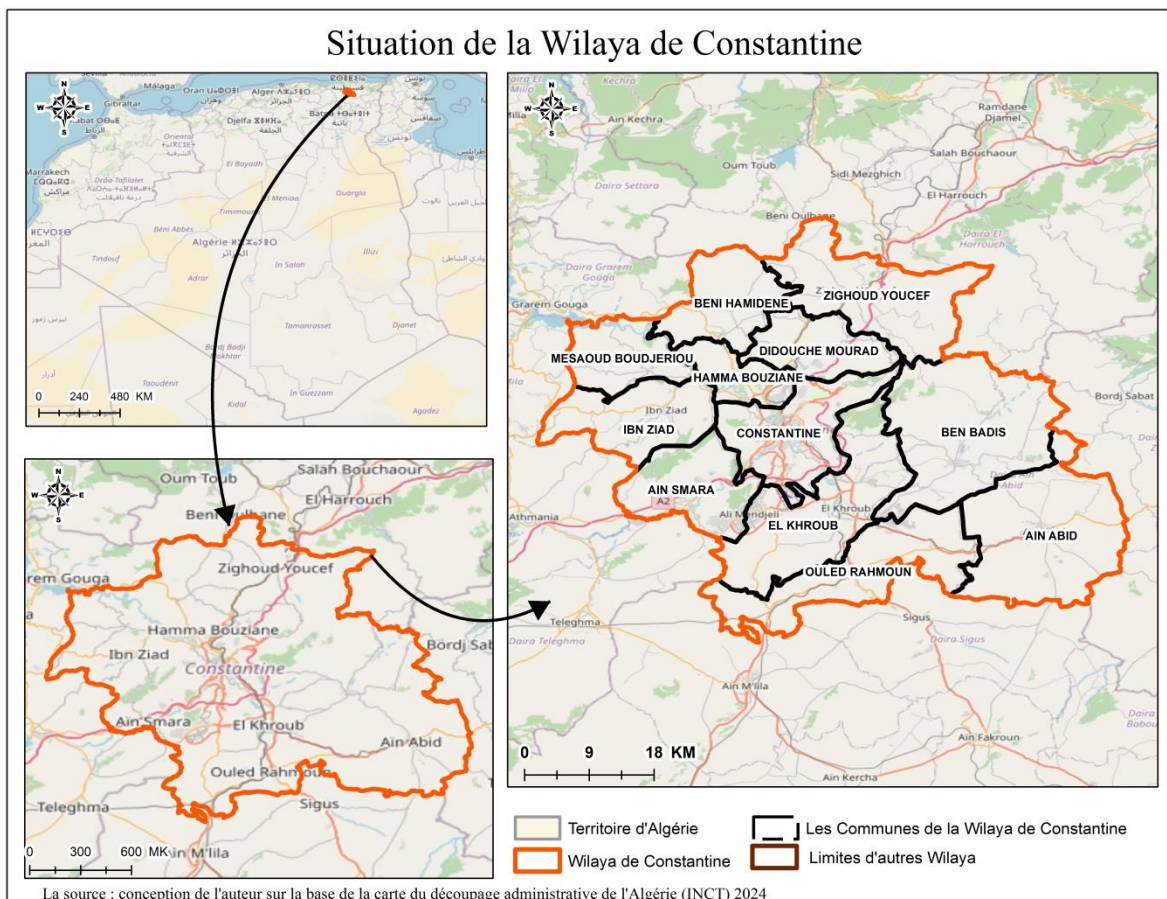


Figure n°06.01 : Situation de la wilaya de Constantine & son découpage administratif
 Source : Conception de l'auteur à partir de la carte du découpage administratif de l'Algérie (INCT), 2024

6.1.2. Découpage administratif de la wilaya

La wilaya de Constantine, appelée également la capitale de l'Est Algérien, s'étend sur une superficie de l'ordre de 2187Km², du point de vue administratif, elle est divisée en 12 communes regroupées en 6 daïras.

La plus grande commune en termes de superficie est la commune de Zighoud Youcef avec une superficie de 310km² ce qui représente 14,17% du territoire de la wilaya, on trouve en deuxième position la commune d'Ouled Rahmoune avec 255 Km² (soit 11,66%), la troisième position est partagée entre deux communes, il s'agit de : El-Khroub et d'Ibn Badis avec 240 km² de superficie (10,97%), en quatrième position on trouve la commune de Constantine avec 232km², en cinquième position vient la commune de Didouche Mourad avec 209Km² (soit 10,61%), on trouve ensuite les communes de moins de 200km² : Ibn Ziad, Beni Hmidene, Ain Smara, Ain Abid, Messaoud Boudjeriou avec respectivement : (151, 131, 125, 116, 107) km² et enfin la plus petite est la commune de Hamma Bouziane avec 71 km² (soit 3,25%), (tableau n° 06.01).

Tableau n°06.01 : Superficies des communes de la wilaya de Constantine

Daira	Commune	Superficie en km ²	%
Constantine	Constantine	232	10,61
El-khroub	El-khroub	240	10,97
	Ain smara	125	5,72
	Ouledrahmoune	255	11,66
Ain abid	Ain abid	116	5,30
	Ibn badis	240	10,97
Zighoudyoucef	Zighoudyoucef	310	14,17
	Beni hmidene	131	5,99
Hammabouziane	Hammabouziane	71	3,25
	Didouchemourad	209	9,56
Ibn ziad	Ibn ziad	151	6,90
	Messaoud boudjeriou	107	4,89
Surface totale wilaya		2187	100,00

Source : Annuaire statistique de la wilaya de Constantine 2020 + traitement de l'Auteur.

6.1.3. Classement des communes selon le taux d'urbanité :

Le taux d'urbanité, qui mesure la proportion de la population vivant dans les zones urbaines par rapport à la population totale, peut avoir un effet significatif sur la gestion des déchets, il est clair que les défis liés à la gestion des déchets dans les zones urbaines densément peuplées sont plus susceptibles de se poser lorsque le taux d'urbanisation est élevé.

En se basant sur la concentration de la population dans les zones urbaines ou rurale, les services de la wilaya ont classé l'ensemble des communes de la wilaya de Constantine en 03 grandes catégories , on trouve les communes à prédominance urbaine (PU) : où la population vivant dans les zones urbaines est supérieur à 75 %, ensuite les communes mixtes (MI) : où le pourcentage de la population vivant dans les zones urbaines se situe entre 45 % et 75% et enfin les communes rurales (TR) : où la commune est dans sa totalité rurale, (figure n°06.02).

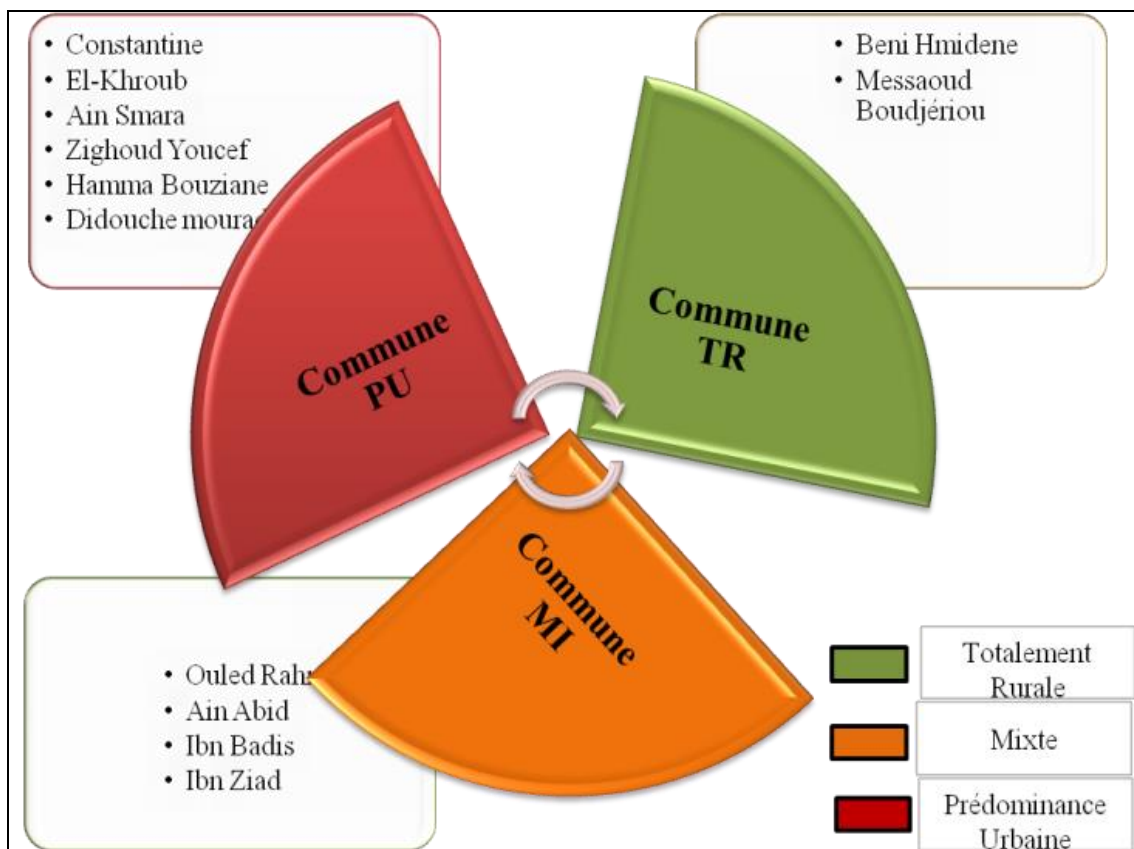


Figure n°06.02 : Répartition des communes selon le taux d'urbanité

Source : Conception de l'auteure sur la base des données de l'Annuaire statistique de la wilaya de Constantine 2020.

6.1.4. Caractéristiques du relief

La planification, la conception et l'exploitation des centres d'enfouissement technique sont fortement influencées par le relief. Afin de minimiser les impacts environnementaux et de garantir leur sécurité à long terme, il est essentiel de prendre en compte les caractéristiques topographiques locales lors de la sélection de l'emplacement, de la conception et de la gestion des CET.

La wilaya de Constantine se divise en 03 entités physiques distinctes qui sont représentés par (Annuaire statistique de la wilaya de Constantine, 2020) :

- **Les zones montagneuses** : Le nord de la wilaya se compose d'un relief montagneux accidenté principalement composé de la chaîne numidique qui se prolonge au nord-est par le massif du Djebel-Ouahch, qui s'étend sur une superficie de 500 Km² et traverse plusieurs communes de la wilaya.

Le mont de Chettaba à l'ouest, le Rocher de Constantine fortifié par de grands escarpements très abrupts et Oum Settas au sud sont les autres anticlinaux importants de la wilaya. À l'extrême Nord de la wilaya, le mont Sidi Driss culmine à 1 364 m d'altitude.

- **Les vallées & les bassins intérieurs**: Les bassins s'étendent de Ferdjioua (wilaya de Mila) à Zighoud Youcef (wilaya de Constantine), le bassin intérieur de Mila se prolonge autour de la commune de Messaoud Boudjeriou, en continuité avec le bassin de travertins de Hamma Bouziane et les dépressions de Didouche Mourad et de Béni Hamidène, ce qui constitue la frange intérieure de la wilaya.

Quatre vallées existent pour relier le tell et les hautes terres du sud : la vallée supérieure du Rhumel se trouve à Ain-Smara, la vallée du Boumerzoug se trouve à El-Khroub, la vallée inférieure du Rhumel se trouve à Ibn Ziad- Hamma Bouziane et la vallée de l'Oued Smendou se trouve dans la commune de Béni Hamidène.

- **Les hautes plaines** : Le début des hautes terres de l'Est algérien et les glacis se situe au sud, il est annoncé par la régularité du relief et la plénitude des glacis d'Ain-Abid et d'Ouled Rahmoune.

6.1.5. Utilisation et Couverture des sols

Prendre connaissance des données relatives à l'utilisation et la couverture du sol de la wilaya de Constantine est cruciale pour la gestion des terres et l'élaboration des politiques d'élimination des déchets, plus spécialement les projets de réalisation des centres

d'enfouissement techniques étant donné que ces derniers nécessitent d'énormes surfaces.

Selon une recherche établie par Gana et al. et publiée en 2017, cette recherche vise à surveiller et examiner les modifications de l'utilisation et de la couverture des sols pour les années 1987, 2000 et 2015 dans la wilaya de Constantine, à identifier le changement d'une catégorie de couverture terrestre à une autre en employant une méthode de post-classification, et finalement à examiner les facteurs déterminants générateurs des modifications de l'usage/couverture des sols. Les résultats de cette recherche ont abouti que sur l'ensemble de la période d'étude, 1987-2015, (68,12%) de la superficie totale de Constantine est restée inchangée, tandis que (31,87%) a subi une conversion entre les catégories d'utilisation et d'occupation des sols la couverture du territoire de la wilaya, ces changements sont représentés ci-dessous. En effet, les terres agricoles ont connu une augmentation de 13 % tandis que les zones bâties ont connu une augmentation de 375 % (de 2,11 % à 10,04 %), (figure n°06.03).

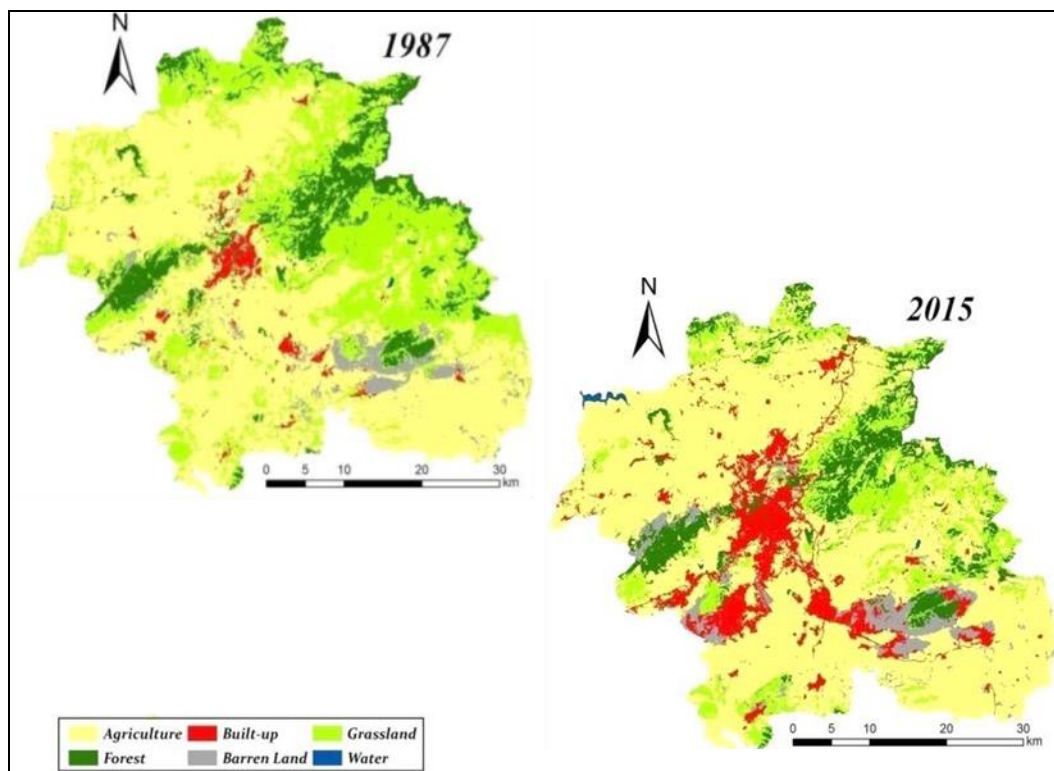


Figure n°06.03 : Evolution de l'occupation du territoire de la wilaya de Constantine (1987-2015)

Source : Gana et al, 2017

Cependant, la superficie des zones de végétation a diminué considérablement puisque les forêts et les prairies ont connu une baisse de 54 % et 9,11 %, respectivement, particulièrement dans la partie Est de la wilaya, les zones stérile (barren area) qui

englobent les zones de sol exposé ou les zones à très faible couverture végétale, les terrains vagues, les carrières et les gravières, ont également connu une augmentation passant de 3.95% à 5.06%, enfin la surface des plans d'eau a aussi augmenté de 0.03% à 0.28%.

Ces modifications ont pour cause majeure un développement économique et démographique accéléré : le couvert végétal a subi pour des changements, on assiste à la perte de biodiversité et l'augmentation de l'agriculture en raison des facteurs socio-économiques, notamment l'expansion de l'agriculture, les incendies forestiers et le surpâturage simultanément ainsi que la conversion de la végétation naturelle et des terres stériles.

Les incendies de forêt et les activités humaines sont les principales causes du déclin des forêts, plus de 4 300 hectares de terres forestières ont été significativement touchés par les incendies de 1987 à 2015, en particulier en l'été, avec un taux moyen de 148 ha par an.

De plus, en raison des nouveaux programmes de relogement, la zone bâtie a considérablement augmenté, la superficie des plans d'eau a également augmenté à cause de la construction de nouveaux barrages et de lacs artificiels à des fins industrielles et agricoles (Gana et al, 1017).

6.1.6. Climat

La prise en compte des caractéristiques climatiques propres à chaque wilaya dans la gestion des déchets s'avère d'une nécessité absolue, pour une gestion efficace et durable des centres d'enfouissement technique, les données climatiques sont essentielles car elles permettent de prendre en compte les variations météorologiques et climatiques qui peuvent avoir un impact sur la gestion des déchets, la sécurité et l'environnement.

Même lors de la planification de la fermeture et de la réhabilitation d'un CET, les données climatiques sont prises en compte car elles ont un impact sur la stabilité des terrains, la végétation et d'autres aspects de la réhabilitation post-exploitation.

La wilaya de Constantine s'identifie par un climat de type continental, qui se caractérise par des étés chauds et secs, et des hivers froids, cependant en raison des changements climatiques on assiste à des périodes de sécheresse estivale de plus en plus fréquentes et longues.

Dans ce qui suit on va s'intéresser uniquement aux données climatiques relatives aux : température, précipitation et humidité, relevant de la période de 2018 à 2022.

6.1.7. Précipitations

Les précipitations peuvent causer des problèmes d'inondation dans un CET particulière au niveau des bassins de rétention des lixiviats dont le débordement peut causer de graves pollutions du sol et des eaux (de surface ou souterraines), les données climatiques aident à anticiper ces événements et à mettre en place des systèmes de gestion des eaux pluviales appropriés, tels que des bassins de rétention ou des canaux de drainage.

Les précipitations enregistrées pour la wilaya de Constantine durant la période allant de 2018 à 2022 sont caractérisées par un cumul pluviométrique total de 412,8mm, la pluviométrie moyenne mensuelle varie entre 0,4mm en mois de Juillet et 61,1 mm en mois de Mars avec des écarts importants entre le nord et le sud, (figure n°06.04).

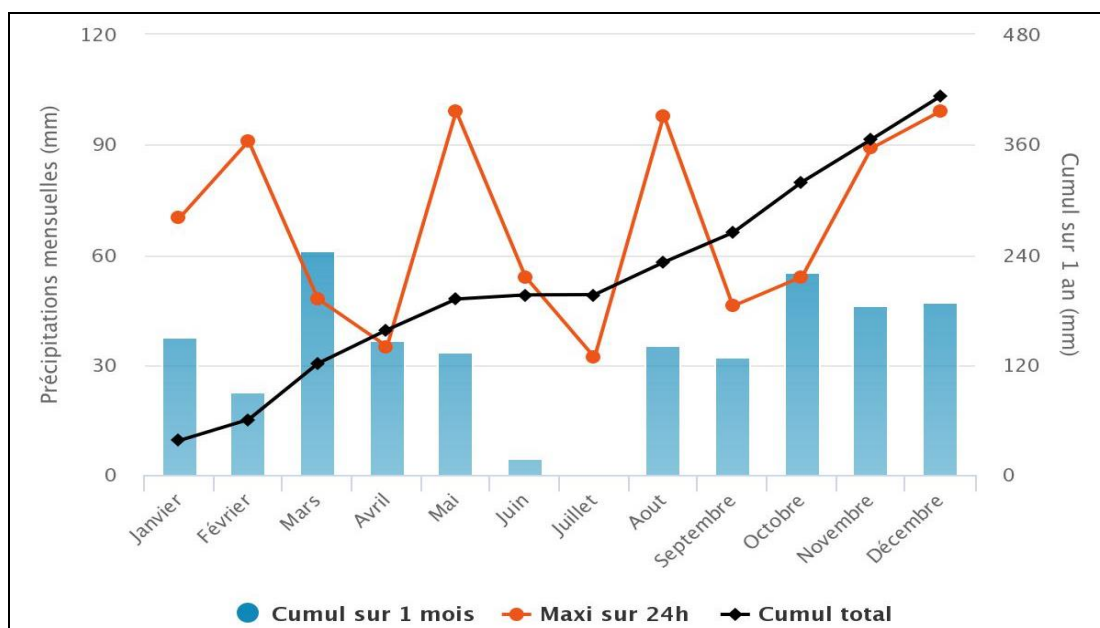


Figure n°06.04 : les précipitations à Constantine (2018-2022)

Source : Infoclimat.fr (Consulté le 20/02/2023)

6.1.8. Température

Les centres d'enfouissement technique (CET) peuvent être affectés différemment par la température : Le processus de décomposition peut être accéléré par des températures élevées, ce qui peut entraîner une production accrue de gaz biologique principalement le méthane qui est un puissant gaz à effet de serre et à l'origine des nuisances olfactives dans le site, un autre effet résultant des températures élevées qui est l'augmentation des risques

d'incendie dans les CET, ces incendies peuvent être difficiles à éteindre et peuvent provoquer la libération de substances toxiques dans l'air.

Durant la période allant de 2018 à 2022, la moyenne de la température maximale est enregistrée au mois de Juillet avec 36,9°C tandis que la moyenne des températures minimales est de 1,9°C enregistrée au mois de Janvier, (figure n°06.05).

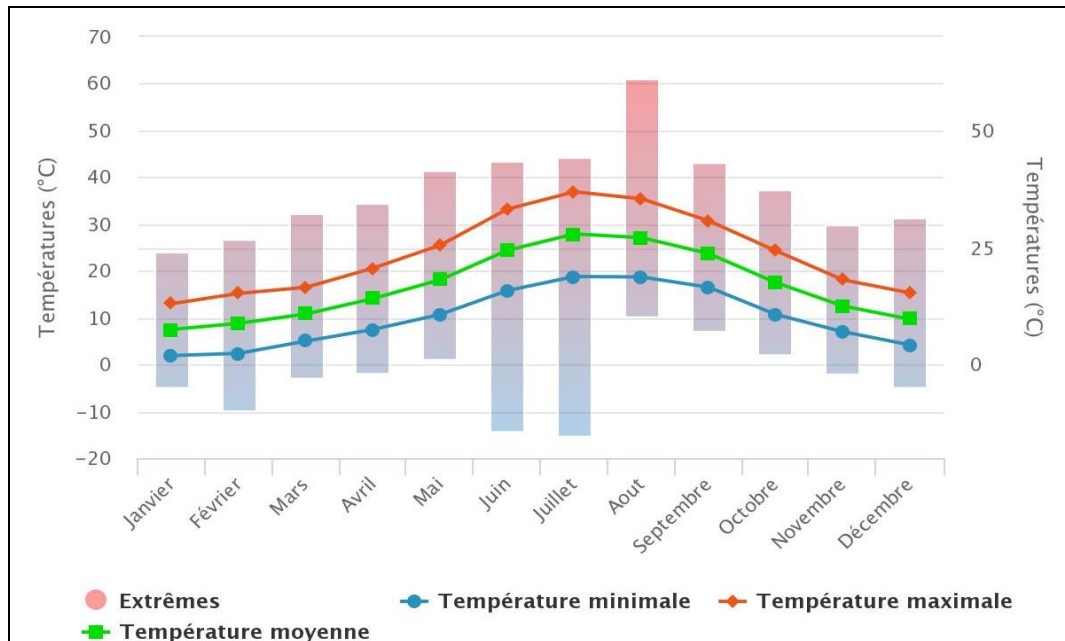


Figure n°06.05 : les températures à Constantine (2018-2022)

Source : infoclimat.fr (Consulté le 20/02/2023)

6.1.9. Humidité

Le taux d'humidité conjugué à une composition des déchets riche en résidus organiques, peut affecter le fonctionnement des centres d'enfouissement technique, en effet elle peut participer à une dégradation plus rapide des déchets organiques et à la formation du méthane, à accroître et accélérer la production de lixiviats, à une instabilité des déchets dans les casiers.

L'humidité relative pour la période 2018-2022 s'identifie par des valeurs assez élevées dans l'ensemble, le taux d'humidité le plus élevé est enregistré en mois de Janvier elle atteint 75.43 %, tandis que la valeur la plus basse est mesurée durant le mois de Juillet avec 43.82 %, (figure n°06.06).

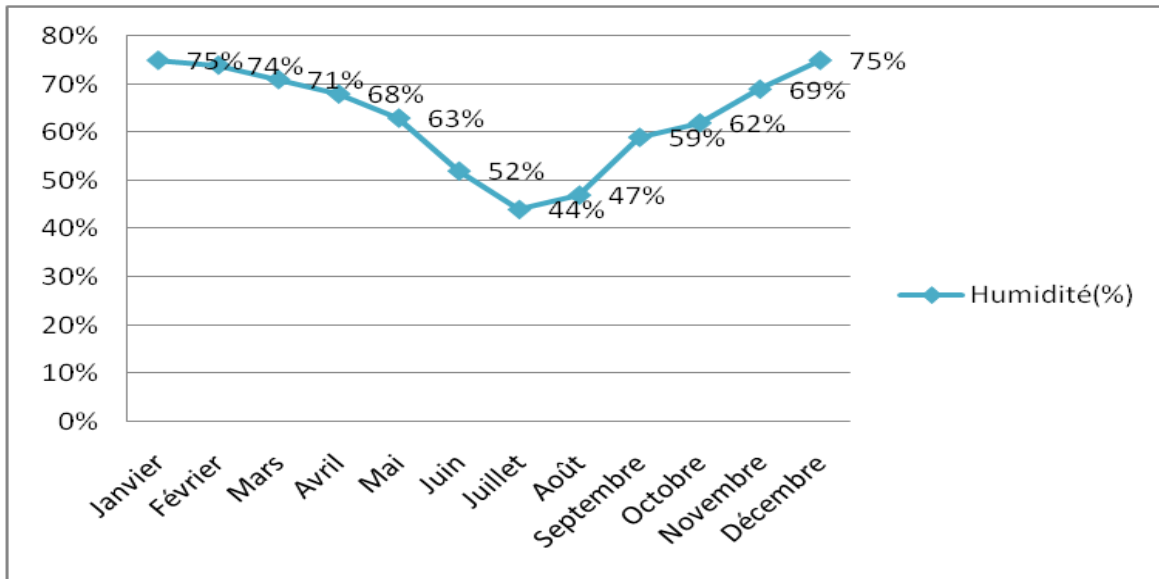


Figure n°06.06 : les valeurs de l'humidité à Constantine (2018-2022)

Source : Etablie par l'auteure sur la base des données de <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/constantine/constantine-499/> (Consulté le 25/02/2023)

6.1.10. Population

L'évolution de la population présente un impact significatif sur la gestion des centres d'enfouissement technique en modifiant la quantité, la composition et les besoins en élimination des déchets. Pour garantir une gestion durable des déchets dans leur région, les autorités locales et les gestionnaires de déchets doivent surveiller de près ces caractéristiques démographiques et s'adapter en conséquence. En effet, la planification des CET, l'investissement dans de nouvelles infrastructures et les efforts de sensibilisation environnementale peuvent être modifiés.

La planification d'un système d'élimination des déchets requiert une compréhension approfondie de la production de déchets ménagers. Cette production est soumise à des fluctuations en raison de divers facteurs, parmi lesquels le nombre d'individus constituant la population concernée se présente comme le facteur prépondérant à considérer.

Par rapport à l'objectif principal de cette étude, l'accent sera mis sur l'analyse de la répartition de la population à l'échelle des douze communes constituant la wilaya de Constantine.

La wilaya de Constantine compte environ 1 310 952 habitants en 2020 (Annuaire statistique de la wilaya de Constantine, 2020), répartis sur l'ensemble de ses communes, la commune la plus peuplée est la commune de Constantine comportant 40% du total de la

population, vient ensuite la commune d'El-Khroub avec 29%, les 31% de la population qui reste sont répartis sur dix communes avec des faibles pourcentage variant entre 1% pour la commune de Beni Hmidene et 8% pour la commune de Messaoud Boudjeriou ,(figure n°06.07).

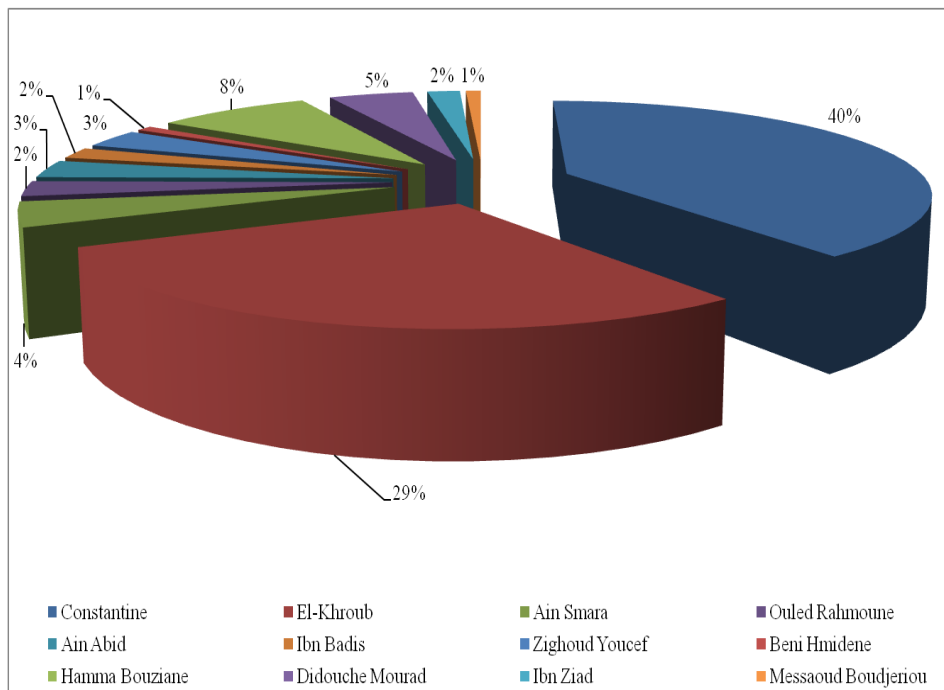


Figure n°06.07 : Concentration de la population de la wilaya de Constantine par commune 2020

Source : Annuaire statistique de la wilaya de Constantine 2020 +Auteure

A l'échelle de la wilaya de Constantine, on peut avancer qu'elle a connu un développement démographique impressionnant, elle est passée de 938475 habitant en 2009 à 1216869 habitant en 2015, pour enfin arriver à 1 310952 habitant en 2020, cette évolution accélérée a fait de la gestion des déchets un réel défi en raison de la grande génération des déchets dépendant du nombre d'habitants énorme et de la limitation d'espace pour leur élimination.

A l'échelle communale, chaque commune a son propre rythme de croissance démographique, à ce sujet on remarque que la commune de Constantine a connu un léger ralentissement dans sa croissance démographique entre 2009 et 2025 ceci est dû principalement à des opérations de relogement très importantes et urgentes de ses résidents afin de répondre aux besoins des résidents des bidonvilles, des logements précaires en ruine ou situés dans des zones inondées.

Ce relogement a été fait vers les villes nouvelles Ali Mendjeli et Massinissa à la

commune d'El Khroub ce qui explique l'accélération de la croissance démographique au niveau de cette commune, (figure n°06.08).

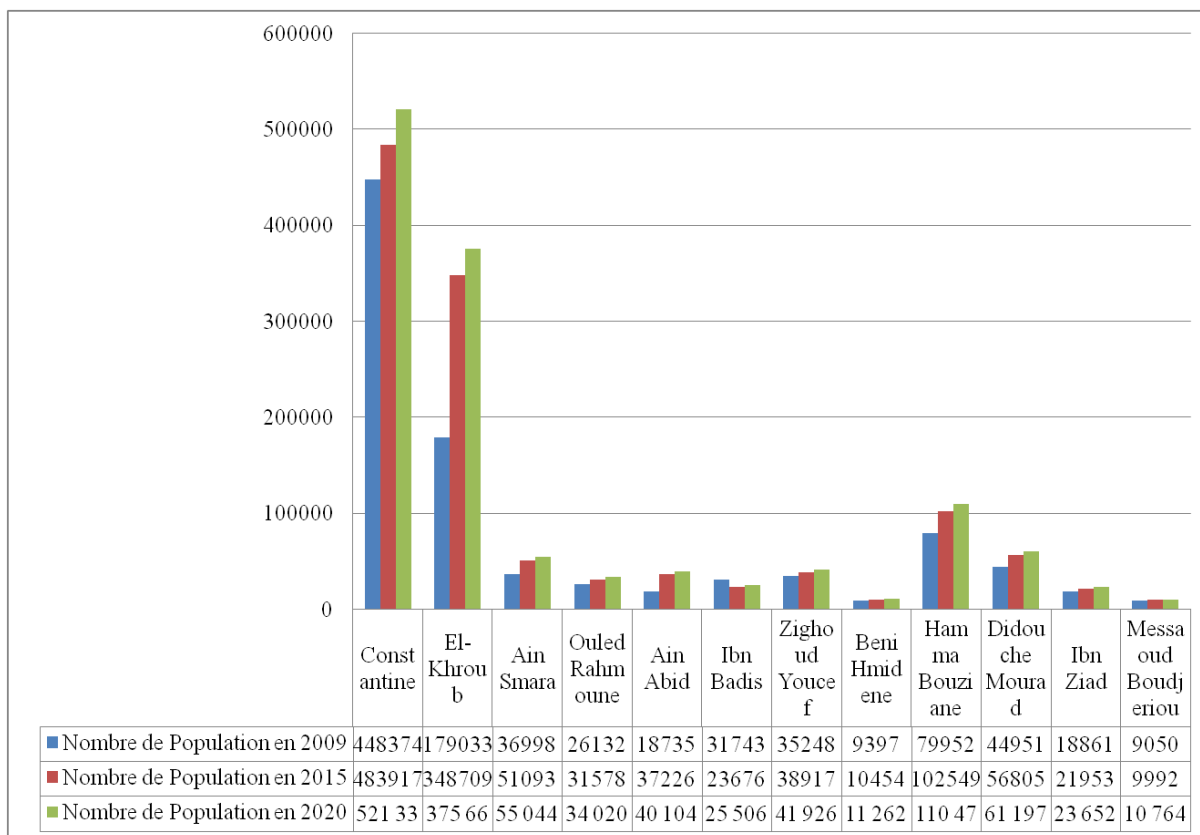


Figure n°06.08 : Evolution démographique des communes de la wilaya de Constantine

Source : Etablie par l'Auteure sur la base des données de l'Annuaire statistique de la wilaya de Constantine 2020

6.1.11. La densité démographique à travers les communes de la wilaya

Outre la quantité plus importante de déchets produite dans les zones les plus peuplées ce qui implique une plus grande capacité de stockage dans les CET, il y'a également la sélection du site d'un CET qui peut être influencée par la densité démographique ; en effet il peut être plus difficile de trouver des zones appropriées pour l'établissement de nouveaux CET dans des régions densément peuplées en raison de la proximité potentielle avec des zones résidentielles.

La densité démographique moyenne de la wilaya de Constantine est évaluée à 599 habitant/km², on enregistre un écart important entre l'ensemble des communes, les trois communes les plus denses sont : Constantine avec 2248 habitant/km², El-Khroub avec 1565 habitant/km² et Hamma Bouziane avec 1556 habitant/km², ensuite la densité chute à 440 habitant/km² au profit de la commune d'Ain Smara, la commune la moins dense est

commune de Béni Hmidene avec seulement 86habitant/km² (figure n°06.09).

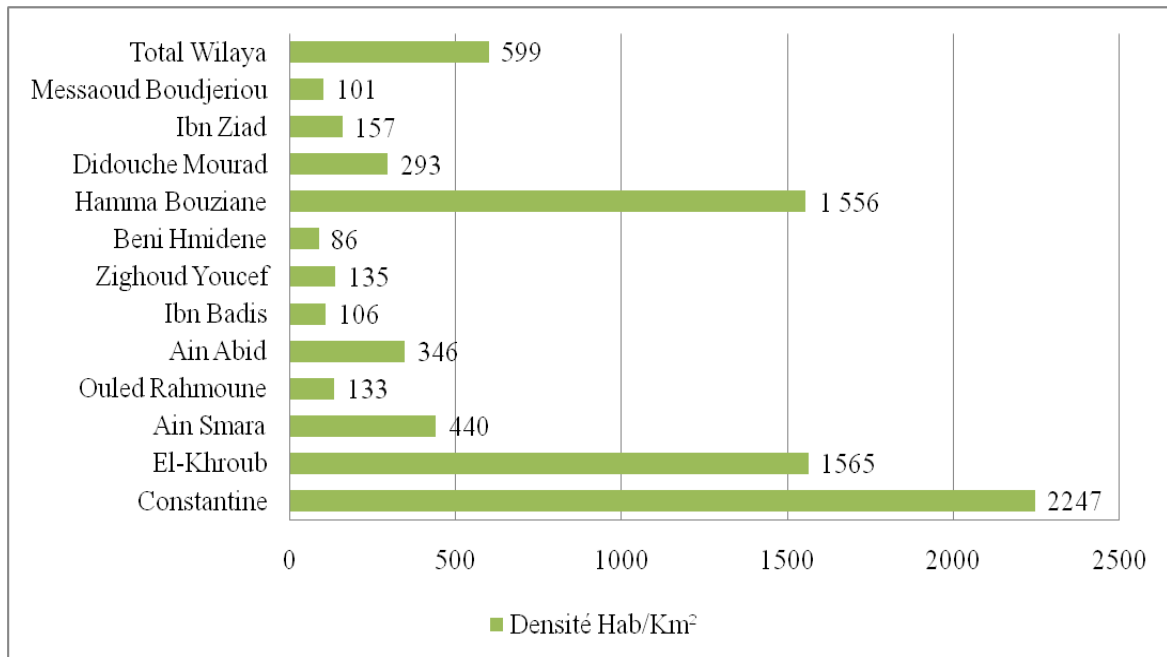


Figure n°06.09 : Densité de la population par commune de la wilaya de Constantine (Hab/Km²)

Source : Etablie par l'Auteure sur la base des données de l'Annuaire statistique de la wilaya de Constantine 2020.

6.2. LES DECHETS MENAGERS ET ASSIMILES A CONSTANTINE

Dans le cadre d'une gestion optimale des déchets, il est essentiel de disposer d'informations précises sur le gisement de déchets, tant en termes de quantité que de qualité. Cette connaissance est fondamentale pour sélectionner les méthodes de traitement les plus appropriées, telles que la valorisation énergétique, la valorisation matière, le compostage ou l'enfouissement.

Cette analyse approfondie permettra l'identification des filières de traitement les plus appropriées, telles que la valorisation énergétique, la valorisation matière, le compostage ou l'enfouissement.

6.2.1. Quantité produite des DMA

En 2020, la quantité des déchets produite au niveau de la wilaya de Constantine est estimée selon l'annuaire statistique de la wilaya à 460285 tonnes, la production varie d'une commune, (figure n°06.10).

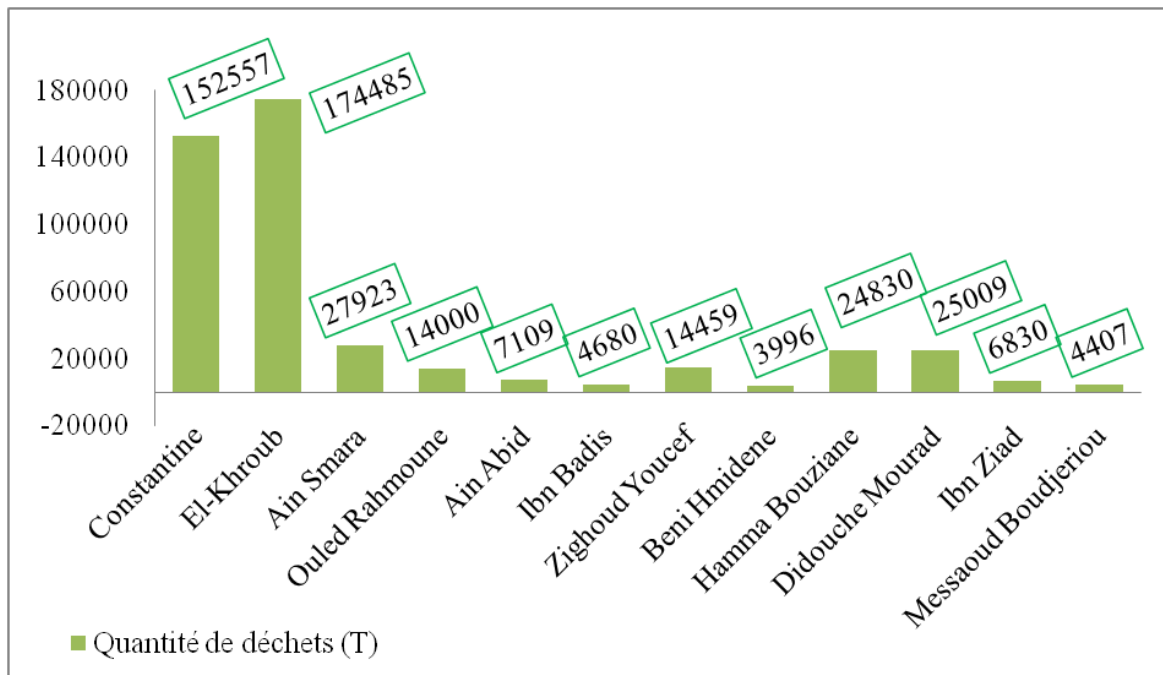


Figure n°06.10 : Quantité des déchets de la wilaya de Constantine par commune (2020)

Source : Etablie par l'auteure sur la base des données de l'annuaire des statistiques de la wilaya de Constantine 2020.

Les 460285 tonnes de déchets sont produits essentiellement par les communes d'El-Khroub et de Constantine avec respectivement : 174485 tonne et 152557 tonne ce qui représente plus que la moitié du total de la quantité générée (71%) ce qui place la commune d'El-Khroub en première position en matière de génération des déchets, le reste de la quantité totale qui représente 29% est réparti entre les dix communes qui restent, en comparant le gisement produit par chaque wilaya en remarque qu'il est en relation proportionnelle avec le nombre d'habitants.

Cependant en calculant le taux de production annuel par habitant, on remarque que la commune de Ain Smara est classée en première position avec 507,29 kg/hab/an devant ainsi les communes les plus peuplées comme Constantine avec 292,63kg/hab/an et El-Khroub avec 464,46kg/hab/an, ceci peut s'expliquer par : un nombre de population assez bas par rapport à la quantité des déchet générée au niveau de la commune, mais également à une concentration d'activités génératrices de DMA dans cette commune à l'exemple de la Zone d'Activité (ZAC), le marché hebdomadaire. Le taux annuel de production des déchets calculé pour la wilaya de Constantine est de 351,11kg/hab/an, (figure n°06.11) ;

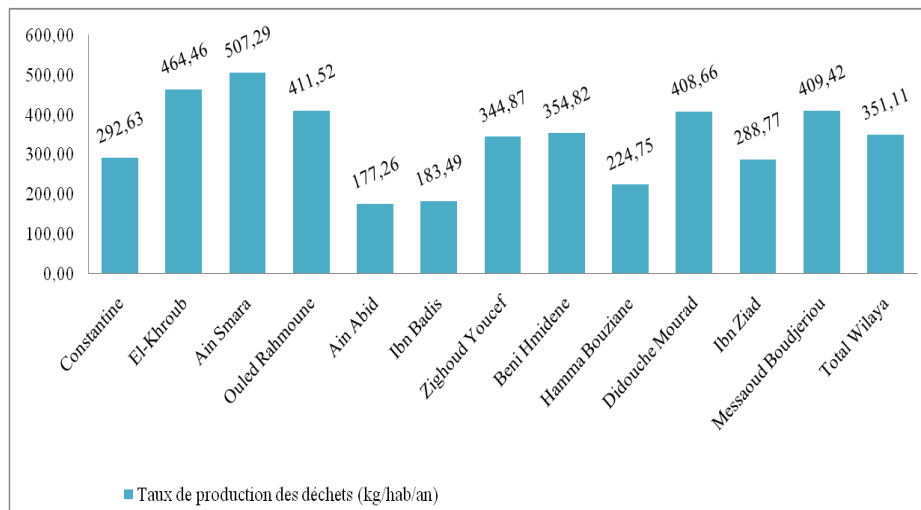


Figure n°06.11 : Le taux annuel de production des déchets par commune et par habitant (2020).

Source : Etablie par l'auteure sur la base des données de l'annuaire des statistiques de la wilaya de Constantine 2020

6.2.2. Caractéristiques des DMA

La composition des DMA produits au niveau de la wilaya de Constantine, selon la campagne de caractérisation des DMA la plus récente (2018-2019) révèle une dominance des matières organiques avec plus de 53,5%, qui sont suivis par le plastique avec presque 15,41%, nous trouvons ensuite des quantités assez faibles de couches jetables avec environ 8,34%, le Papier/Carton avec environ 8,05%, les textiles avec environ 6,78% et enfin on trouve la catégories : autres qui comporte des fractions très faibles ; de métaux, verre, chaussures, déchets inertes ,complexe/composés, leur quantité représente environ 7,91%, (figure n°06.12).

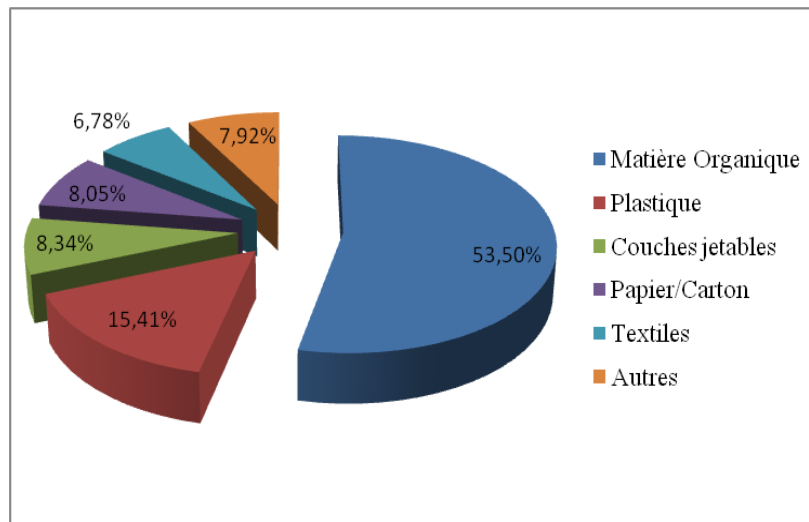


Figure n°06.12 : la composition des DMA de la wilaya de Constantine

Source : Etablie par l'auteure sur la base du rapport de caractérisation AND (2018-2019)

Cette composition révèle une forte présence des bio-déchets et une dispersion significative de matériaux faiblement valorisés, soulignant des enjeux spécifiques en matière d'élimination et de valorisation des DMA.

En comparant la composition des DMA de la wilaya de Constantine avec la composition des DMA au niveau national, on remarque une composition presque similaire, les différences sont minimales et ne dépassent pas les 3% , (figure n°06.13).

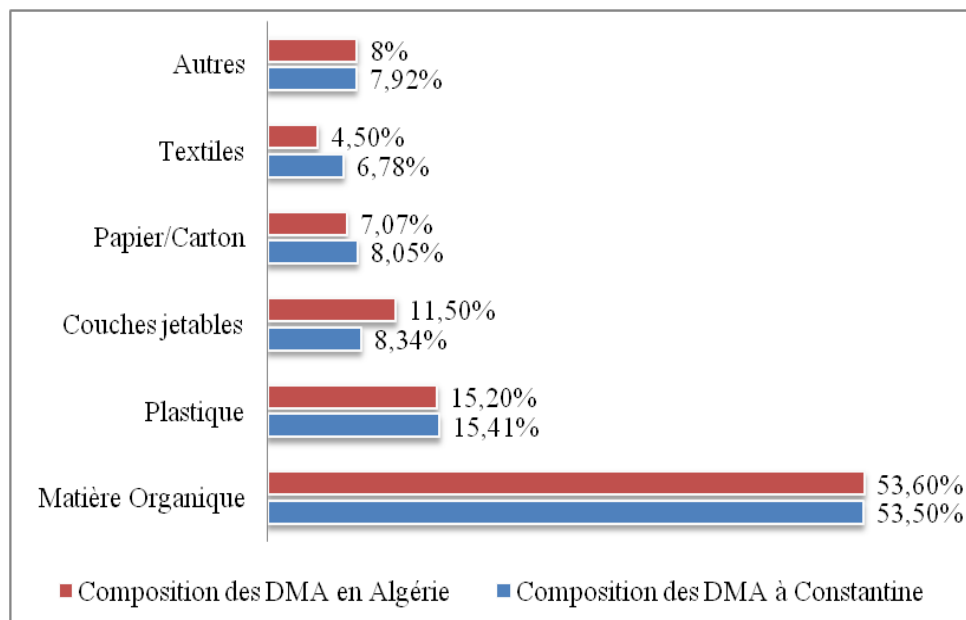


Figure n°06.13 : Comparaison entre la composition des DMA à Constantine & au niveau national

Source : Etablie par l'auteure sur la base du rapport de caractérisation AND (2018-2019)

6.3. LA GESTION DES DECHET MENAGERS ET ASSIMILES A CONSTANTINE

La gestion des déchets fait intervenir plusieurs organismes (publics & privés), à différents niveaux : collecte, traitement, supervision et planification...etc. Au niveau de la wilaya de Constantine nous trouvons :

- La direction de l'environnement de la wilaya (DEW)
- Les directions de l'assainissement et de l'environnement (DAE) : pour les communes de Constantine et d'El-Khroub.
- Les services d'hygiène des dix communes qui restent de la wilaya de Constantine.
- Les différents établissements publics à caractère industriel et commercial EPIC responsables de la collecte et du transport des DMA.

6.3.1. La collecte et le transport des déchets solides à Constantine

a. Les organismes chargés de la collecte & du transport

L'opération de collecte et de transport des DMA au niveau du territoire de la wilaya est réalisée par quatorze (14) établissements à caractère économique et commercial (EPIC), outre la société par action (SPA) Société Polyvalente de Travaux & Environnement, « SOPTE » du complexe Divindus., on remarque que la commune de Constantine possède deux EPIC, une société de collecte en plus de 32 micro-entreprises, la commune d'El-Khroub possède quant à elle deux EPIC de collecte, pour les reste des communes chacune d'entre elles possède une seule EPIC de collecte, (tableau n°06.02).

Tableau n°06.02 : Organismes de la collecte/transport des DMA de la wilaya de Constantine

Commune	Organismes responsables de la collecte/transport des déchets
Constantine	-EPIC (PROP.CO) : Etablissement public de propreté de la commune de Constantine.
	-EPIC (PROPREC) : Etablissement public de propreté et de santé de la wilaya de Constantine.
	SOPTE : Société par action polyvalente de travaux et Environnement. Unité Constantine.

	-MICRO-ENTREPRISES (32)
El-Khroub	-EPIC (EPCA) : Etablissement public à caractère industriel et commercial d'assainissement de la commune du Khroub
	EPIC (EGUVAM) : Etablissement public à caractère industriel et commercial de gestion urbaine de la ville d'Ali Mendjeli.
Ain Smara	-EPIC (EPAS) : Etablissement public de propreté et de l'aménagement de la Commune Ain Smara.
Ouled Rahmoune	- EPIC (ENOR) : Etablissement public de propreté de la Commune Ouled Rahmoune.
Ain Abid	- EPIC (EPCA Ain Abid) : Etablissement public pour l'aménagement de la Commune Ain Abid.
Ibn Badis	- EPIC (EPCI) : Etablissement public de propreté et de l'aménagement de la Commune Ibn Badis.
Zighoud Youcef	- EPCNEVZY: Etablissement public de propreté et de l'aménagement des espaces verts de la Commune Zighoud Youcef
Beni Hmidene	- EPCEE : Etablissement public pour l'aménagement de la Commune Beni Hmidene
Hamma Bouziane	- HAMMAVERTE : Etablissement public de maintenance et de propreté de la Commune Hamma Bouziane.
Didouche Mourad	- EPIC EGUCDM : Etablissement public pour l'aménagement urbain de la Commune Didouche Mourad.
Ibn Ziad	-EPIC GUCIZ : Etablissement public pour l'aménagement urbain Commune Ibn Ziad.
Messaoud Boudjeriou	-EPIC EGUMB : Etablissement public pour l'aménagement urbain Commune Messaoud Boudjeriou.

Source: Direction de l'environnement de la wilaya de Constantine 2020

Selon les services de la direction de l'environnement de la wilaya de Constantine, le taux de collecte des déchets ménagers par ces établissements est insuffisant par rapport aux quantités produites. Cette situation trouve son origine dans l'incapacité de ces institutions à couvrir l'ensemble du territoire de la wilaya, en raison d'un manque de moyens matériels et humains, ainsi que d'une structure inadéquate. Par ailleurs, le Schéma communal de gestion des déchets ménagers se révèle être, dans la plupart des cas, obsolète (lorsqu'il existe).

b. Les structures de support pour la collecte et le transport des déchets

Outres les moyens humains et matériels de gestion des déchets, la wilaya de Constantine dispose également de nombreuses structures faisant partie du maillon de collecte et de transport des déchets ménagers et assimilés, il s'agit de la station de transfert des DMA. Cette structure très importante relève de la responsabilité de l'Etablissement Public de Gestion des Centres d'Enfouissement Technique de la Wilaya de Constantine (EPWG-CET CONSTANTINE).

- La station de transfert des DMA

La wilaya de Constantine compte une seule (01) station de transfert des déchets, mise en service le 04/02/2018, elle est localisée à l'Est de la commune d'Ain Smara, au 13^{ème} Km (Hadj Baba), juxtaposant la déchetterie, elle s'étale sur une superficie de deux (02) Hectares et opère avec une capacité de 400t/j de déchet, venant des communes de : Constantine et d'Ain Smara, (figure n°06.14).

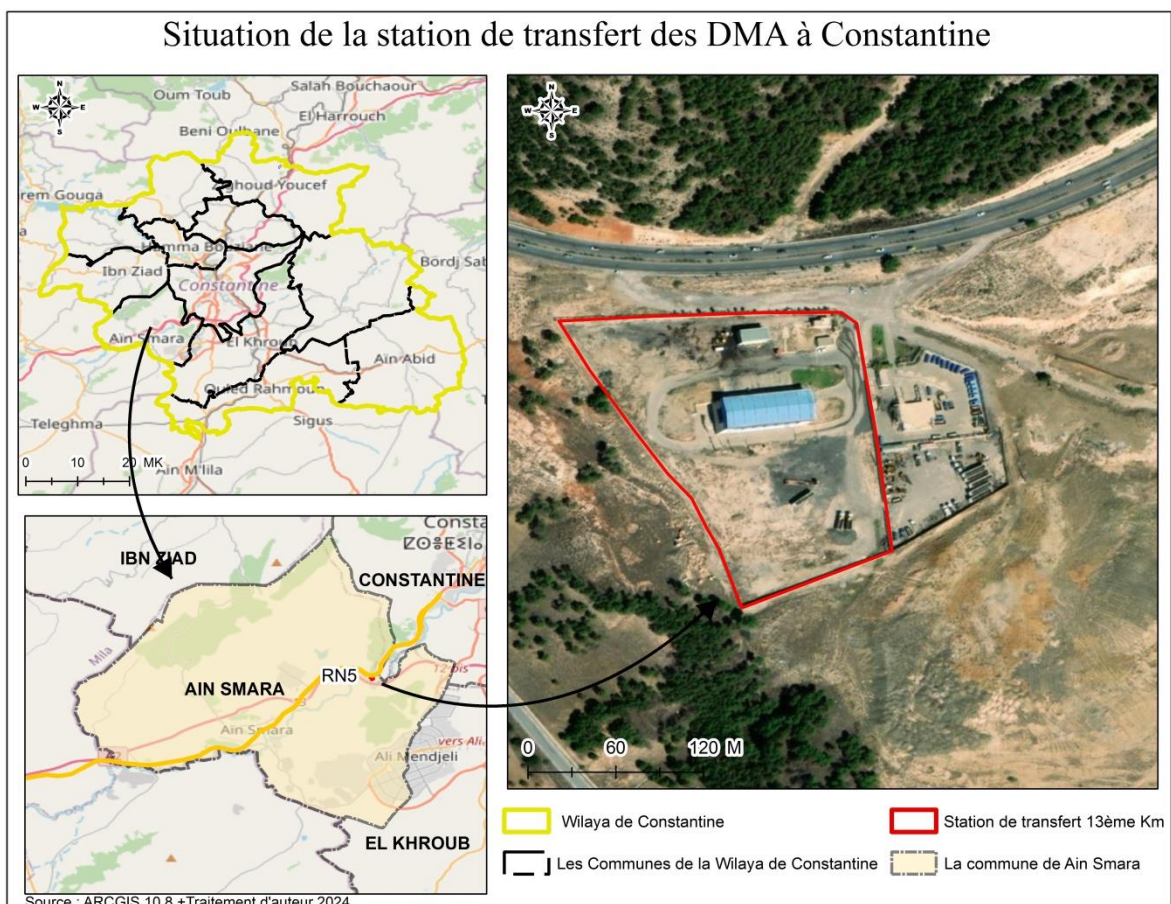


Figure n°06.14 : Carte de situation de la station de transfert du 13 km. Aine Smara
Source : auteure 2024.

Par définition une station de transfert des déchets est : « un ensemble d'installations et de moyens pour transférer les déchets d'un point à un autre plus distants : transport direct économiquement non rentable. Elles peuvent être dédiées au compactage des déchets solides avant leur acheminement vers les sites d'élimination éloignés. » (Dictionnaire de l'environnement).

Le fonctionnement de cette station est comme suit : une fois les déchets arrivés à la station de transfert, les camions seront dirigés vers le quai de déversement pour vider leurs charges dans un hangar de stockage aéré, par la suite ces déchets vont être chargés dans des semi-remorques de type Fond Mouvant Alternatif (FMA) d'une capacité de 90m³, puis acheminés vers les lieux d'élimination, (figure n°06.15).



Figure n°06.15 : La station de transfert des DMA à Ain Smara. Constantine

Source : Auteure + google earth 2023

Il faut noter également que l'EPIC EPWG-CET de Constantine procède également à la récupération des déchets recyclables au niveau de la station de transfert en signant des conventions avec des entreprises spécialisées dans ce domaine. Durant l'été 2019, la

station de transfert a été ravagée par un incendie, les travaux de réhabilitation ont débuté fin décembre 2019, par la dépose et la réinstallation de la toiture, ainsi que la construction des murs extérieurs, la station a repris ses activités à la fin 2020, (figure n°06.16).



Figure n°06.16 : Incendie de la station de transfert des DMA à Ain Smara
Source : Direction de l'environnement de la wilaya de Constantine, 2019.

Afin d'assurer l'ensemble des fonctions qui lui sont attribuées, la station de transfert dispose des moyens humains et matériels illustrés dans le tableau ci-dessous (tableau n°06.03)

Tableau n°06.03 : Moyens humains et matériels de la station de transfert du 13 Km à Constantine

Moyens humains	Moyens matériels	Structure & Aménagements
<ul style="list-style-type: none"> - 01 Chef d'unité. - 01 Technicien supérieur en environnement. - 04 Agents polyvalents. -03Chauffeurs semi-remorques. 	<ul style="list-style-type: none"> - 06 Semi-remorques FMA 90m3 - 02 Chargeurs sur pneus. - 04 Camions tracteurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Loge de gardien -Local administratif - Atelier de maintenance - Aire de chargement -Hangar de stockage aéré - Bâche à eau

Sources : EPIC EPWG-CET de Constantine, 2023.

L'analyse des données recueillies a permis de mettre en exergue l'impact de la mise en service de la station de transfert des déchets de la wilaya de Constantine sur l'optimisation

du processus global de gestion des déchets. Cette démarche a été conduite dans une perspective à la fois économique et écologique, visant à réduire les impacts environnementaux tout en maximisant l'efficacité opérationnelle.

Cette démarche a permis d'atteindre un triple objectif : d'une part, sur le plan économique, la réduction des coûts de transport par l'économie du carburant des nombreux camions de collecte et la rationalisation de leur utilisation ; d'autre part, sur le plan écologique, la diminution des émissions de gaz d'échappement des camions de collecte ; enfin, sur le plan social, la réduction de la circulation routière et la création d'emplois dits « verts ».

En 2018, l'activité de récupération opérée au niveau de la station de transfert a conduit à l'enregistrement d'un bénéfice total s'élevant à 11 849 990 DA, (tableau n°06.04).

Tableau n°06.04 : Les bénéfices réalisés au niveau de la station de transfert du 13ème Km

Matière	Quantité (kg/an)	Prix unitaire de vente (da/kg)	Bénéfice (da)
Film	3 090	30	92 700
PEHD	86 961	40	3 478 440
FER	18 860	14	264 040
PET	396 190	20	7 923 800
AL	1 294	35	45 290
Cuivre	15 240	300	45 720

Source : DEW de Constantine. 2018

6.3.2. Le traitement des DMA à Constantine

Selon une définition large, le traitement des déchets correspond à l'ensemble des opérations visant à réduire, à éliminer, à transformer ou à réutiliser les déchets (Bliefert C. et Perraud R., 2004).

Entre 2014 et 2017, la quantité de déchets traités a connu une augmentation significative, tandis que la quantité de déchets non traités a montré une tendance à la baisse (figure n°06.17).

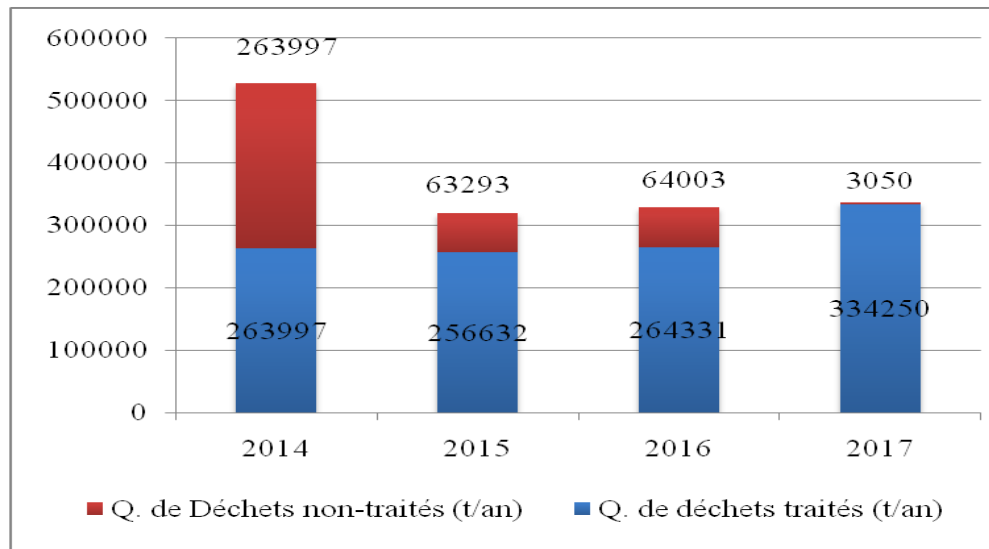


Figure n°06.17 : Evolution du traitement des DMAs au niveau de la wilaya de Constantine

Source : AND, 2018.

Cependant, d'après les services de la direction de l'environnement, à partir de 2019, la quantité de déchets traités au niveau des différentes structures d'élimination de la wilaya est estimée à environ 252 tonnes par an. En outre, il a été constaté que 0,08 tonne de déchets sont déversés dans des décharges municipales non contrôlées ou dans la nature. Cette situation peut être attribuée à la fermeture du CET de Boughareb par la population locale. Par conséquent, il a été estimé que les structures dédiées à l'élimination des déchets ménagers dans la wilaya de Constantine sont insuffisantes.

À l'heure actuelle, la gestion des déchets ménagers au niveau de la wilaya de Constantine se limite à leur élimination par mise en décharge, que ce soit dans des décharges contrôlées ou sauvages.

a. Les décharges

Dans le contexte des pratiques de la gestion des déchets dans la wilaya de Constantine, la diversité des dénominations utilisées pour désigner les différents types d'installations de stockage des déchets soulève des défis méthodologiques. En effet, cette diversité, qui inclut des termes souvent utilisés de manière non standardisée, rend difficile l'établissement d'un recensement exhaustif des décharges existantes.

Dans ce contexte, nous avons adopté une classification personnelle pour l'appliquer à notre travail, qui nous a permis de distinguer trois catégories de décharges : la décharge contrôlée (DC) ou réglementée, la décharge brute (DB) et la décharge sauvage (DS).

La décharge contrôlée (réglementée) : est considérée comme étant un lieu de stockage

des déchets qui est soumis à la réglementation, à des contrôles set qui jouit d'une autorisation de la part des services compétents.

La décharge brute : désigne une décharge autorisée d'une manière officieuse ou tolérée dans un endroit réservé à cet effet, où le générateur du déchet est autorisé officieusement pour y déposer ses déchets.

Enfin la décharge sauvage : elle fait référence à tout déversement incontrôlé et clandestin effectué par certains habitants, il s'agit d'une violation de la réglementation en matière de gestion des déchets, (tableau n°06.05)

Tableau n°06.05 : Répartition des décharges sur les communes de la wilaya de Constantine

N°	Commune	Type de la décharge	Lieu	Superficie
01	Constantine	/	/	/
02	Hamma Bouziane	DC	Hai Guaref	2H
03	Ibn Badis	DB	Jbel Qarqara	-
04	Zighoud Youcef	DB	Cité El-fedj	4H
05	Didouche Mourad	DB	Ain El-khayoute	8H
06	El-Khroub	/	/	/
07	Ain Abid	DB	Jbel Qarqara	-
08	Beni Hmidene	DB	El-hafair route El-marra	2H
09	Ouled Rahmoune	DB	Jbel Qarqara	-
10	Ain Smara	DC	Djbel Sedjar sur le CW101 menant à la nouvelle ville Ali Mendjeli.	1H
11	Messaoud Boudjeriou	DB	El-mina	2H
12	Ibn Ziad	DC	Djar El-hamzaoui	2H

Source : Auteure+ DEW de la wilaya de Constantine, 2021

Au cours du deuxième semestre et après la fermeture du CET par les habitants de la commune d'Ibn Badis, les déchets ménagers ont été déversés dans la décharge contrôlée de la commune d'Ain Samara, où la quantité de déchets a été estimée à 115 519 tonnes.

Pour sa part, la décharge contrôlée de la commune de Hamma Bouziane a reçu environ 21.840 tonnes, alors que la décharge contrôlée de la commune d'Ibn Ziad au lieu-dit "djbel Qarqara" a débuté son exploitation depuis le 01-09-2019, et a reçu environ 1,995 tonnes de déchets.

b. Les Centres d'enfouissement technique

Dans la section suivante, une présentation synthétique des CET présents sur le territoire de la wilaya de Constantine sera fournie, l'analyse approfondie de ces structures sera présentée dans le chapitre numéro 06.

En vertu des directives établies par le PROGDEM et conformément au schéma communal de gestion des déchets élaboré en 2006 pour les communes relevant du groupement de Constantine, la Direction de l'Environnement de la wilaya de Constantine (DEW) a procédé à la planification et au financement de la construction de deux centres d'enfouissement technique de classe II. Ces centres ont été conçus pour remédier à la prolifération de décharges illégales le long de la route nationale (RN5) reliant les communes de Constantine et d'Ain Smara, (figure n°06.18).

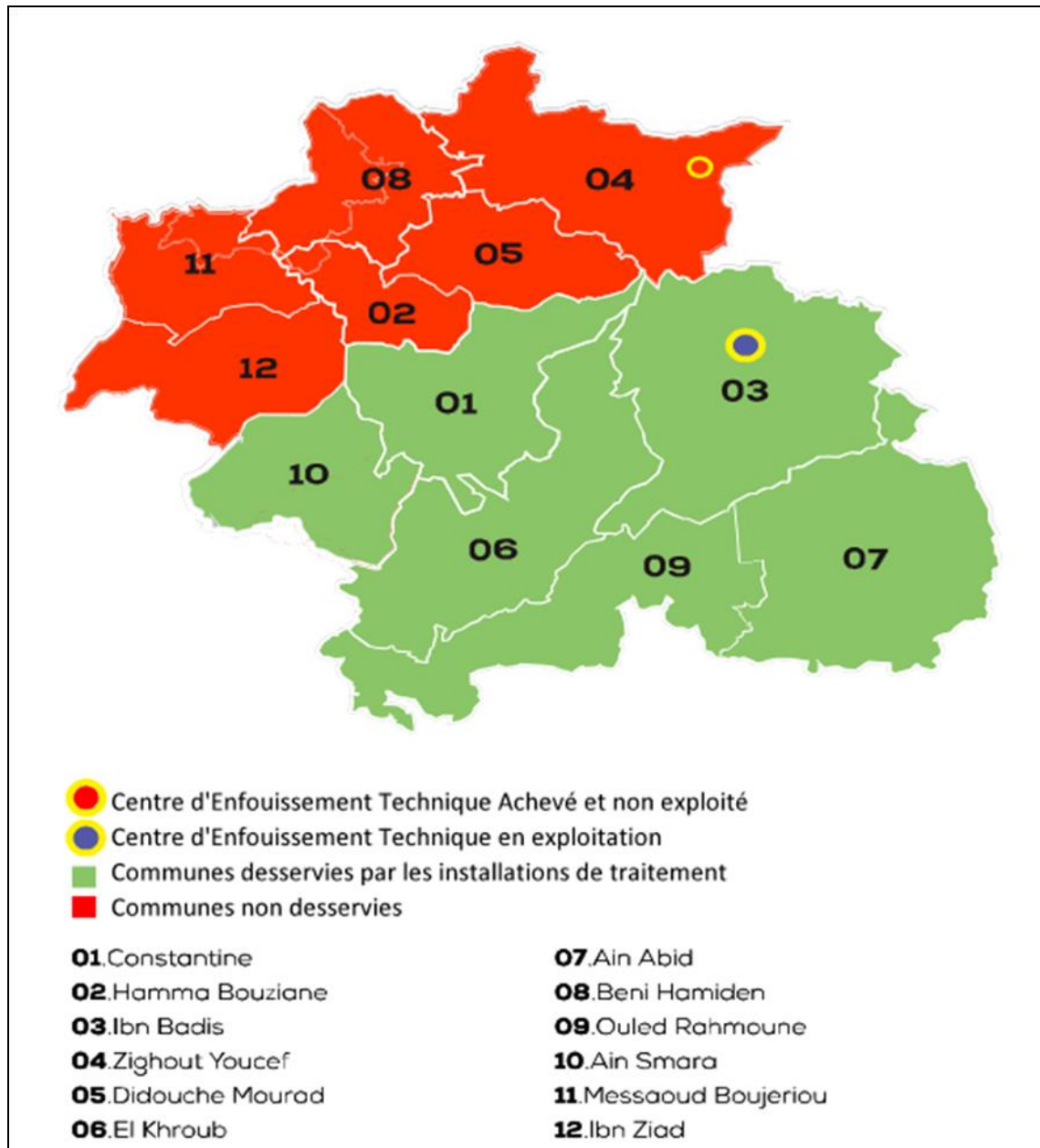


Figure n°06.18 : Répartition des CET classe II sur le territoire de la wilaya de Constantine

Source : AND. 2018

Le Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Boughareb, situé dans la commune d'Ibn Badis, est entré en exploitation en 2010. Ce centre d'enfouissement technique est implanté sur une superficie d'environ 78 hectares et traite les déchets des communes d'Ain Smara, El-Kheroub, Constantine, Ain Abid, Ouled Rahmoun et Ibn Badis, avec une capacité journalière estimée à 600 tonnes. Au cours du premier semestre de l'année 2019, le CET de Boughareb a reçu un volume total de 112 654 tonnes de déchets, en fonction des données recueillies. Le centre a été fermé à partir du 15 juin 2019 pour diverses raisons qui

seront détaillées dans le cadre de cette recherche.

Le CET d'EDOGHRA, situé à la commune de Zighoud Youcef, qui occupe une surface d'environ 30 hectares n'a pas été exploité pour deux raisons principales. D'une part, la présence d'un certain nombre d'anomalies techniques a été constatée. D'autre part, l'opposition des habitants a été prise en compte par les autorités compétentes.

6.3.3. La valorisation des déchets solides à Constantine

Dans le cadre de ses activités, le PROGDEM a fait de la promotion et du renforcement de la récupération et de la valorisation des déchets solides une priorité. Ces actions, en plus d'être un moyen parmi d'autres de passer d'une gestion linéaire des déchets à une gestion circulaire, contribuent à la sauvegarde des ressources naturelles. En effet, elles permettent de créer des matières premières secondaires issues du recyclage. De plus, elles participent à la diminution des quantités de déchets destinés à l'enfouissement, ce qui contribue à allonger la durée de vie des centres d'enfouissement technique.

a. La récupération

La récupération et le tri des déchets sont des activités primordiales pour la mise en œuvre et le développement de la valorisation. Dans ce sens, au niveau de la wilaya de Constantine, les éboueurs représentent le premier maillon de la chaîne de récupération étant les premiers à « fouiner » les sacs et les poubelles lors des opérations de collecte. Ensuite, on trouve les chiffonniers (formels ou informels) qui parcourent les voies et les rues pour récupérer les matières recyclables des points de collectes ou bien directement dans les décharges publiques et les CET.

Les matières récupérées sont constituées principalement de plastique tout type confondu, les autres produits populaires sont les métaux non ferreux, les chiffons et le carton, toutes ces matières sont par la suite revendues soit en décharge ou chez des recycleurs spécialisés. Ces pratiques, qu'il faut combattre, représentent des violations des règles sanitaires et des réglementations en vigueur, dans cette optique que le schéma communal de gestion des déchets du groupement communal de Constantine a émis une liste de recommandations :

- la création d'au moins une déchetterie au niveau de chaque commune, exception faite pour la commune de Constantine qui nécessite trois déchetteries.
- le lancement d'un projet pilote de collecte sélective des DMA.

- La récupération au niveau des déchetteries :

Par définition la déchetterie est « un lieu aménagé, surveillé et clôturé où les particuliers et les entreprises peuvent apporter leurs déchets encombrants et d'autres déchets triés en les répartissant dans des contenants différents afin de les valoriser, traiter ou stocker au mieux » (Dictionnaire de l'environnement), la wilaya de Constantine s'est dotée de deux (02) déchetteries une située à Ain Smara et l'autre à Constantine (figure n°06.19).

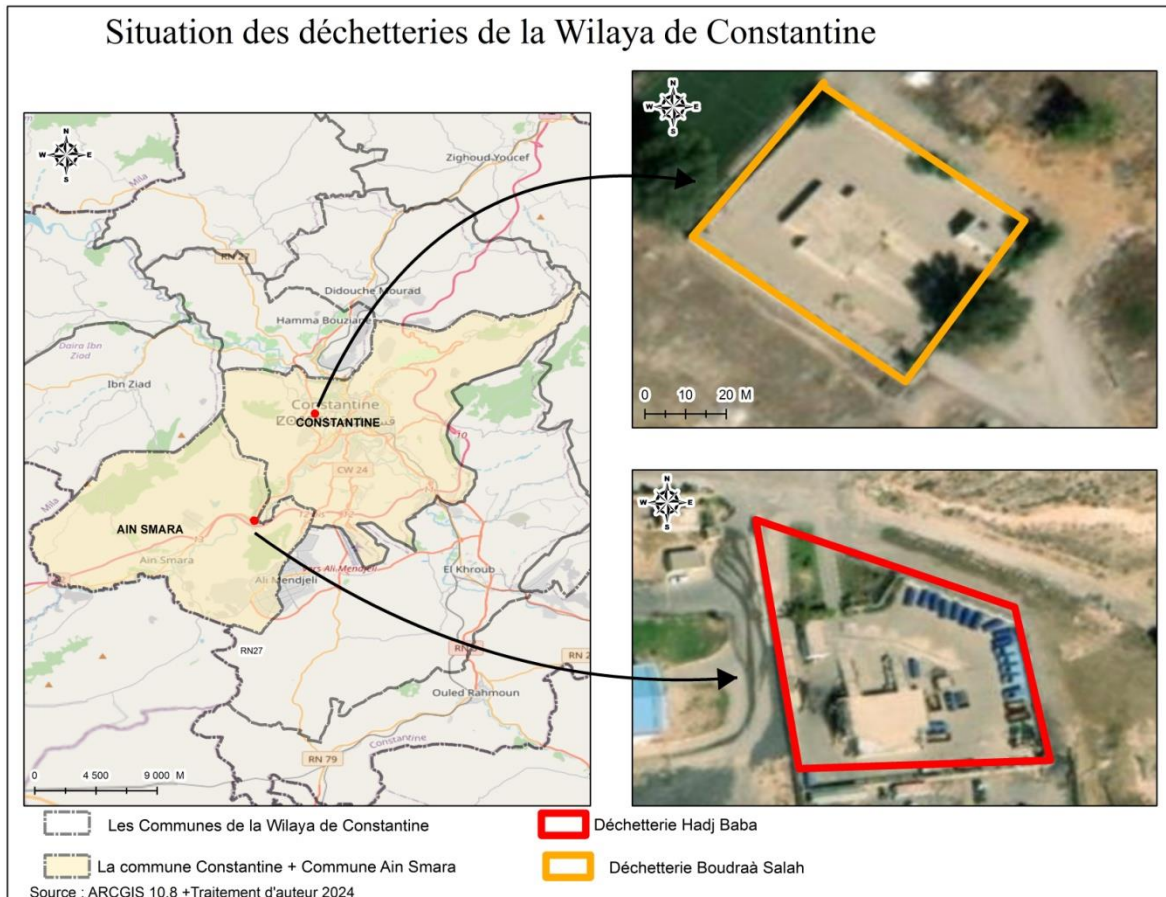


Figure n°06.19: Situation des déchetteries de la wilaya de Constantine.

Source : Auteure.2014

- La déchetterie de Hadj baba au lieu-dit 13^{ème} Km à Ain Smara :

La déchetterie de Hadj Baba, située au 13^{ème} kilomètre d'Ain Smara, est une infrastructure dédiée à la récupération des déchets recyclables triés. Elle est conçue pour accueillir les particuliers et les entreprises, et occupe une superficie de 2 500 mètres carrés. Cette infrastructure joue un rôle essentiel dans la préservation de l'environnement en prévenant les dépôts sauvages. Elle contribue également à prolonger la durée de vie des centres d'enfouissement technique (CET) en détournant une partie des déchets recyclables de l'enfouissement. En outre, elle soutient l'économie circulaire en alimentant le marché du

recyclage avec la matière première, (figure n°05-20).



Figure n°06.20: la déchetterie Hadj Baba du 13^{ème} Km à Ain Smara

Source. Auteure + googleearth 2023

Depuis sa mise en service qui correspond au 10/07/2013, la déchetterie opère comme un lieu de récupération des déchets recyclables : verre, plastique, carton, matériaux ferreux et non ferreux. Elle offre ses services gratuitement aux habitants qui veulent se débarrasser de leurs déchets recyclables y compris les encombrants, en les apportant eux même à la déchetterie. Il existe une autre formule de travail où l'EPIC chargée de la gestion de la déchetterie met en location des moyens de récupération (caissons et containers) à la disposition des générateurs de déchets qui le désirent tels que : les hôtels, les entreprises ou bien l'Aéroport Mohamed Boudiaf de Constantine. En 2017, la déchetterie a permis la récupération de 115000 kg de plastique, 80 000 kg de carton et 56 000 kg d'autres

matériaux (AND.2017), en 2018 les bénéfices réalisés par la mise en vente des matières récupérées sont représentés ci-dessous (tableau n°06.06).

**Tableau n°06.06 : les bénéfices économiques réalisés au niveau de la déchetterie
13Km**

Déchet	Quantité (kg/ an)	Prix unitaire de vente (da/kg)	Bénéfice (da)
Plastique (PET)	2 150	20	43 000
Film en plastique	1 950	30	58 500
Carton	21 234	05	106 170
Fer	14 776	14	206 864

Source : DEW de Constantine 2018.

- La déchetterie de Boudraa Saleh à Constantine :

La déchetterie de Boudraa Saleh à Constantine, située dans le quartier dans le lieu appelé « El-Kahira » à Boudraa Saleh, a été inaugurée en avril 2023 après une période d'inactivité due à des problèmes techniques. Ce centre de gestion des déchets, d'une superficie de 2 500 m², a été réalisé en 2010. Cette infrastructure est mise à la disposition des citoyens de la commune de Constantine afin de leur permettre de recycler leurs déchets de manière gratuite et sans frais.

Les matières réceptionnées font l'objet d'un tri sélectif avant d'être acheminées vers les usines de traitement. Ces dernières les valorisent en les employant comme matières premières, conformément au plan directeur de gestion des déchets ménagers de la commune de Constantine.

- La collecte sélective par les bacs semi-enterrés dans le cadre du projet de renforcement du dispositif de collecte des déchets et nettoyage de Constantine

Contexte : C'est durant le mois de décembre de l'année 2012 que la ville de Constantine a été désignée comme capitale de la culture arabe (CCA) par l'organisation arabe pour l'éducation, la culture et les sciences (ALECSO)⁹, le montant global alloué aux

⁹L'ALECSO : est une organisation basée en Tunisie, qui a été créée conformément à l'article 3 de la Charte arabe pour l'unité culturelle et a été officiellement annoncée au Caire le 25 juillet 1970, elle active sous les auspices de la Ligue arabe, qui promeut la langue arabe à travers le développement des domaines éducatifs, culturels et scientifiques aux niveaux régional et national et la coordination entre eux et entre les États membres arabes.

diverses activités de cette manifestation n'a été débloqué qu'en Février 2014, il a été évalué à 74.1Milliard de Dinars (Soualah et Benabbas-Kaghouché. 2017).

Cette initiative représentait non seulement une occasion à saisir pour mettre en valeur la dimension culturelle de la ville de Constantine mais pour également améliorer les autres dimensions entre autres : environnementale, en effet cet évènement était une opportunité pour lancer le projet pilote déjà évoqué dans le schéma communal de gestion des déchets, on parle alors du : « Projet de renforcement du dispositif de collecte des déchets et nettoyage de Constantine », qui a été chapoté par la direction de l'environnement de la wilaya et dont la gestion a été attribuée en premier lieu à l'EPIC EPWG CET mais qui a par la suite été remplacé par l'EPIC PROPCO.

Le projet en question avait pour objectif principal l'embellissement de l'image de la ville de Constantine. Pour ce faire, il a mis en place le tri sélectif des déchets ménagers et assimilés par le biais de bornes d'apport volontaire (BAV). À cet objectif principal s'ajoutent d'autres objectifs, tels que la modernisation du système de pré-collecte et de collecte des DMA, ainsi que la promotion des activités de récupération et de recyclage. En outre, le projet a bénéficié d'une campagne de sensibilisation à l'intention des citoyens de la ville, à travers laquelle la direction de l'environnement a eu recours à diverses techniques et moyens : émissions radio, annonces publicitaires à la radio, dépliants, livrets, etc.

Dans le cadre de ce projet, des bornes d'apport volontaire (BAV) ont été installées dans les zones de collecte suivantes : le centre-ville, le 20 août, Fadhila Saadan, Ben Boulaid, Filalli, les Terrasses, Boussouf, Zouaghi, Sidi Mabrouk, Cité Daksi, Bab El Kantara, Djebel El Ouehch et Sakiet Sidi Youcef. La répartition du budget total alloué à ce projet est illustrée ci-dessous (tableau n°06.07).

Tableau n°06.07 : la répartition du budget total du Projet de renforcement du dispositif de collecte des déchets et nettoyage de Constantine

Article	Unité	Prix total en DA (HT)	Etat
BAV enterrée (Fourniture et pose)	125	110 783 500,00	Réceptionnées
camion à benne-tasseuse muni d'une grue avec pince KINSHOFERT. (Fourniture)	02	27 037 200,00	01 seul camion réceptionné
BAV semi-enterrée (Fourniture et pose)	100	5 937 785 ,00	Réceptionnées
corbeille poubelle (Fourniture et pose)	665	62 436 300,00	Réceptionnées
Montant global en DA (HT)		206 194 785,00	
Montant global du projet (AP)		250 000 000,00	

Source : DEW de Constantine. 2019

Au total 225 bornes d'apport volontaire ont été acquises , elle sont réparties comme suit :

-125 bornes enterrées : destinées à être implantées dans les zones suivantes : Centre-ville, marché, site historique et habitat collectif, elles ont pour effet de diminuer les nuisances : visuelle et olfactive émanant des déchets.

-100 bornes aériennes : destinées à être implantées dans les zones à habitat dispersé ou pavillonnaire, (figure n°06.21).



Figure n°06.21 : les BAV semi-enterrées
Source : DEW de Constantine + Auteure

Cependant, ce projet, qui visait à revaloriser l'image de la ville de Constantine et à optimiser la gestion de ses déchets, n'a pas atteint les objectifs escomptés. Cette situation est attribuable à plusieurs dysfonctionnements survenus à divers échelons, notamment :

L'insuffisance des moyens mécaniques de collecte adaptés au type de récipients utilisés, à savoir un seul camion de type camion à benne-tasseuse muni d'une grue avec pince, a empêché l'effectuation de toutes les rotations programmées. Cette situation a entraîné un dysfonctionnement majeur du système de gestion des déchets de la ville,

conduisant à des odeurs nauséabondes et à la prolifération d'insectes et de rongeurs.

Cette situation a entraîné une accumulation des déchets, générant des odeurs nauséabondes, et a transformé les BAV en points de rejet de déchets infestés par les insectes et les rongeurs, en plus des BAV semi-enterrées qui n'ont pas été mises en service, (figure n°06.22).



Figure n°06.22 : les BAV aériennes
Source : DEW de Constantine + Auteure

Le recours à des moyens de collecte inadaptés à la réalité du terrain a été observé. En effet, l'utilisation de camions de collecte d'une longueur d'environ 13 mètres s'avère inefficace dans certains secteurs de la ville, en raison de l'étroitesse des voies.

En outre, le manque de moyens de pré-collecte est attribuable au dysfonctionnement d'un grand nombre de BOV semi-enterrées, qui ont été remplacées par des BOV aériennes ou par des bacs de simple capacité.

b. Le compostage

Dans le cadre du schéma communal de gestion des déchets, il y a eu le lancement d'un projet pilote de compostage, les déchets concernés par ce projet sont : les déchets verts issus des activités de jardinage, les déchets en provenance des marchés de fruits et légumes et ceux de l'industrie agroalimentaire et enfin, les déchets des ménages à condition d'un tri rigoureux.

Pour des raisons d'ordre économique et technique (coûts élevés et complexité d'exploitation) il a été envisagé d'opter pour une unité mobile d'une capacité de 10 t/jour, qui va occuper une surface d'environ 2 ha nécessaire pour les andins pour la décomposition des déchets broyés.

Le gisement des déchets visés représentait environ 3 % de la matière à l'époque, une seule unité à la commune de Constantine a été recommandée comme projet pilote.

La programmation d'autres unités est en fonction de la réussite du projet pilote (figure n°06.23).

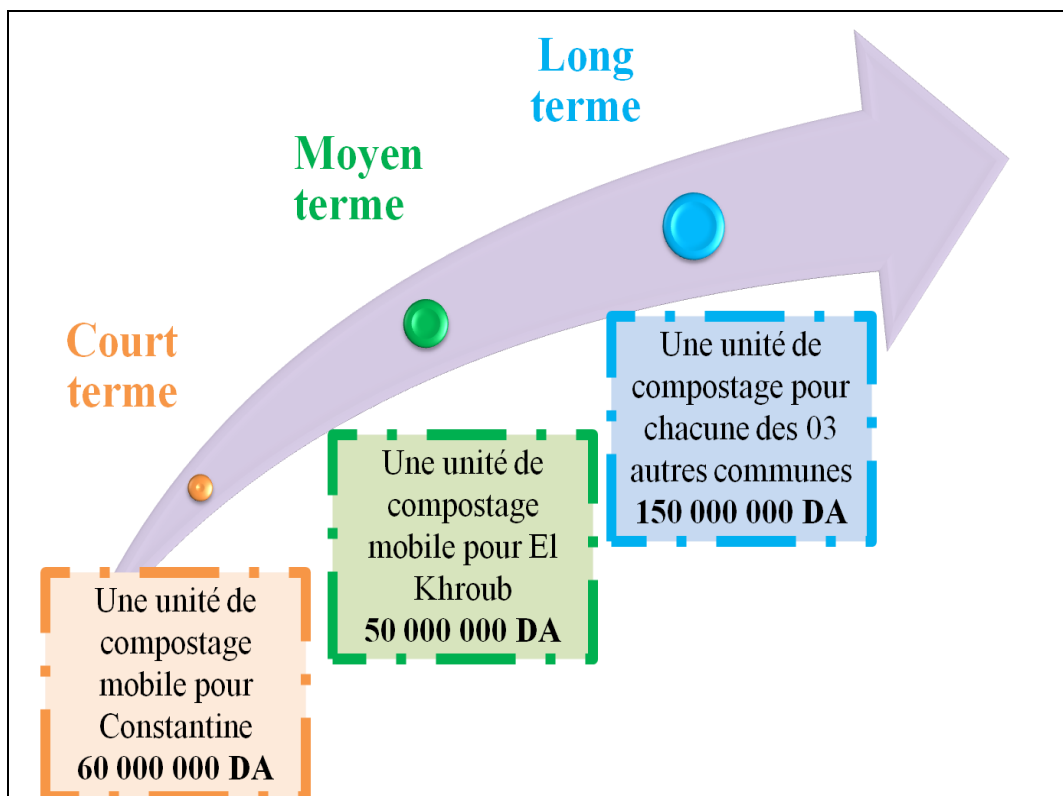


Figure n°06.23 : Programmation et coûts des investissements dans le compostage

Source : DEW de Constantine 2006 + Traitement de l'auteur 2023

Le caractère mobile de cette unité lui a permis d'être exploitée sur différents site (CET, Décharge contrôlée, pépinière), son fonctionnement se base principalement sur deux machines mobiles ou tractable, il s'agit d'un broyeur mobile et d'un crible rotatif tractable (Figure n°06.24).

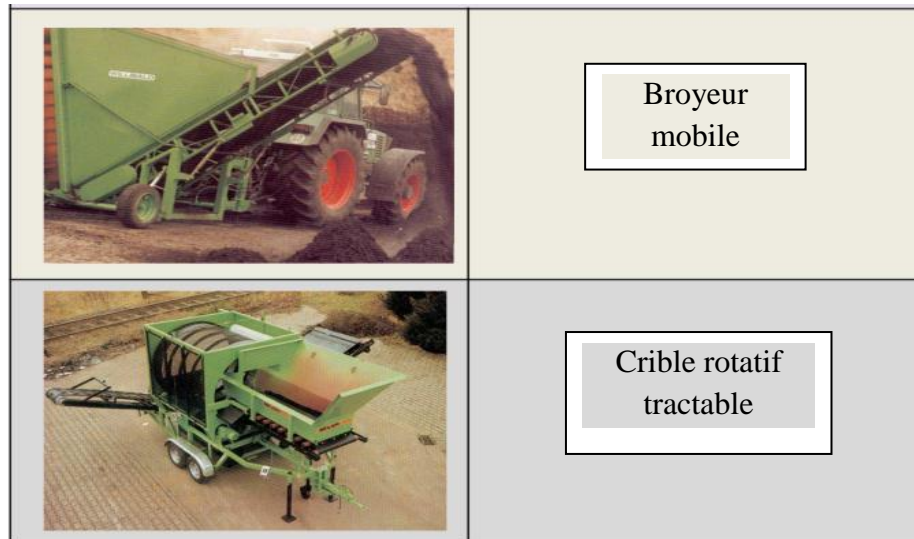


Figure n°06.24 : Les moyens matériels de l'unité mobile de compostage
Source : schéma communal de gestion des déchets du groupement de Constantine (2004).

c. Le recyclage

En matière de recyclage, il est établi que ce type de valorisation connaît une stagnation, non seulement au niveau de la wilaya de Constantine, mais également au niveau national. Cette situation trouve principalement son origine dans un déficit de ressources, tant financières que matérielles, pour mettre en œuvre des pratiques de valorisation optimales. Elle est également attribuable à une sensibilisation et une motivation insuffisante des ménages en faveur de la mise en application du tri sélectif.

Le développement de l'activité de recyclage est susceptible d'engendrer des bénéfices dans les domaines économiques, environnementaux et sociaux. En premier lieu, il permettra d'absorber des quantités considérables de déchets recyclables qui seraient autrement destinés à être enfouis dans les centres d'enfouissement technique. En outre, le recyclage permettra de donner une seconde vie aux déchets en leur conférant le statut de produit, et non plus de déchet synonyme de « fin de vie ».

En conséquence, le recyclage devient un élément essentiel de la chaîne de gestion des déchets, et non plus une simple option, mais une nécessité impérieuse pour atteindre une gestion intégrée et efficace des déchets. À cet égard, la wilaya de Constantine a bénéficié d'un projet pilote qui sera détaillé dans la suite de ce document.

6.4. RENFORCEMENT DU SECTEUR DE LA GESTION DES DECHETS SOLIDES A CONSTANTINE: LE PROJET PILOTE « GESTION INTEGREE DES DECHETS AU NIVEAU LOCAL AIM-WELL»

Le projet, intitulé « Gestion intégrée des déchets au niveau local », propose un modèle national de valorisation des déchets ménagers et assimilés à faibles émissions de gaz à effet de serre. Il repose principalement sur une collaboration entre le ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables (MEER) et la SOPTE (Société Polyvalente des Travaux de l'Environnement), filiale de Divindus. Cette initiative renforce le partenariat public-privé dans le domaine de la gestion des déchets. Le projet consistera à mettre en œuvre des modèles de gestion des déchets dans deux villes algériennes : Constantine et Sétif.

Le projet susmentionné est cofinancé par l'Algérie et le Canada, avec un soutien financier additionnel de la part du Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) et du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) Algérie. Dans ce qui suit, seul le volet relatif à la wilaya de Constantine est traité, l'initiative poursuit quatre objectifs majeurs, (figure n°06.25).

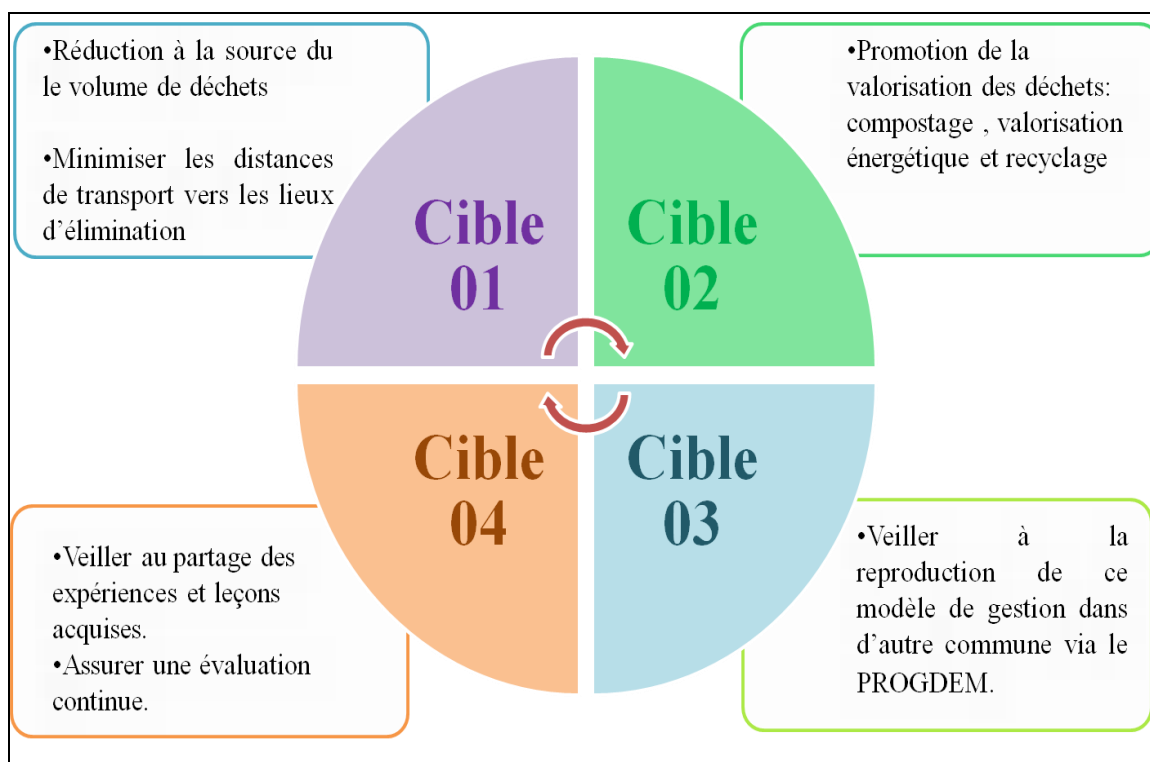


Figure n°06.25 : Les cibles du projet – pilote : « Gestion Intégrée des déchets au niveau local » à Constantine.

Source : Etablie par l'auteure sur la base de NU, 2020.

Ce projet ambitieux a pour objectif de promouvoir une gestion intégrée des déchets. Cette démarche, initialement mise en œuvre au niveau local, vise à être généralisée à l'échelle nationale par le biais d'un programme d'actions méticuleusement défini. Pour ce faire, il s'agit en premier lieu de réduire autant que possible, d'une part, la quantité de déchets à collecter à leur source et, d'autre part, les distances à parcourir entre les lieux de collecte et d'élimination, à savoir les centres d'enfouissement technique (CET). En outre, le programme ambitionne d'initier, de soutenir et de promouvoir la valorisation des déchets par l'intégration active de pratiques telles que le compostage, la méthanisation et le recyclage dans le processus de leur gestion.

Une fois ces actions lancées sont maîtrisées, et le modèle est jugée réussi il faut passer à sa reproduction au niveau local et national, enfin vient l'étape du suivi des actions de l'évaluation continue du projet afin de pouvoir détecter et corriger toute anomalie ou problème mais aussi pouvoir partager les enseignements tirés de chaque expérience (NU, 2020). Les étapes de déroulement du projet sont représentées ci-dessous , (figure n°06.26) .

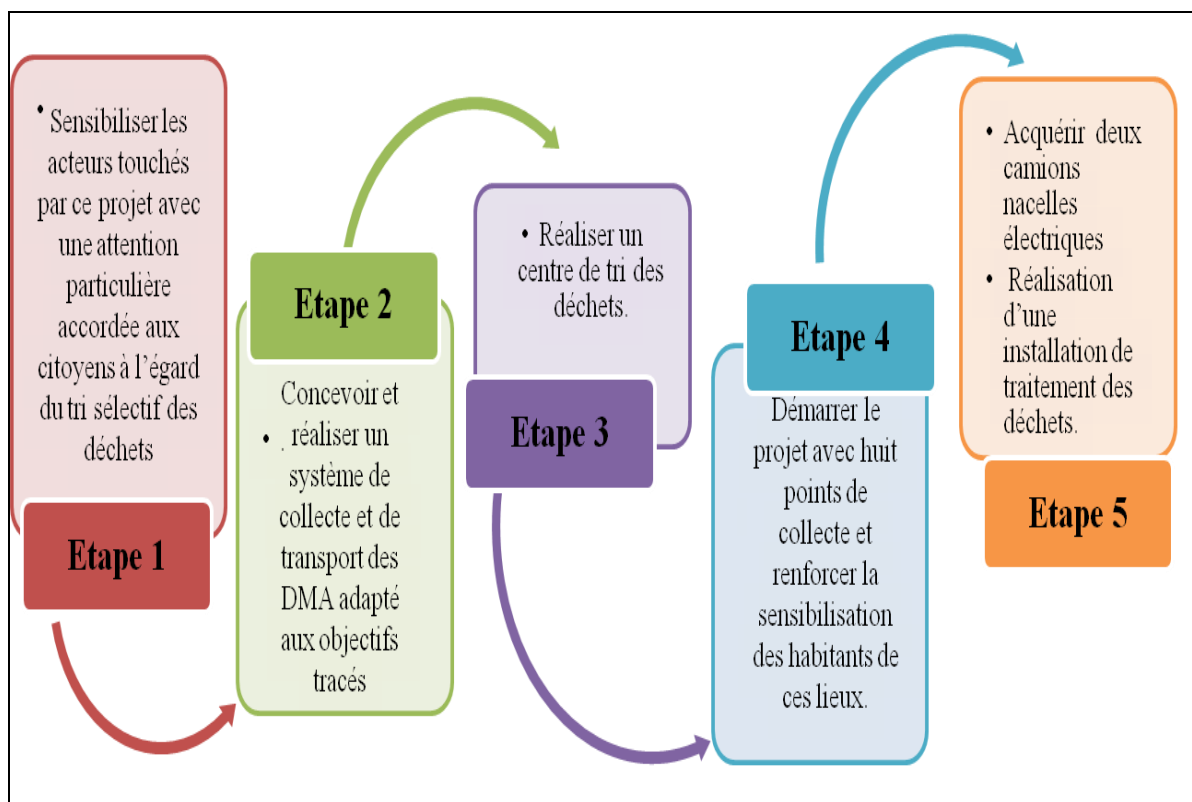


Figure n°06.26 : les étapes du projet de Gestion Intégrée des déchets au niveau local à Constantine

Source : Etablie par l'auteur sur la base de NU, 2020.

➤ **Lieu d'implantation du projet :**

Sur la proposition de la SOPTE, les installations de tri et de valorisation des déchets seront localisées sur un site clôturé d'une superficie d'environ 8 hectares qui se situe à 16 km au sud-est de la commune Constantine et à 5 km au sud-est de la commune d'El Khroub. Ce choix a été motivé par les raisons suivantes :

-le site est une propriété de la SOPTE et est libre de toutes charges.

- Le site proposé est situé dans la zone industrielle El-Tarf, cette dernière est munies d'un réseau d'assainissement de type séparatif, les eaux pluviales sont par la suite collectées dans un bassin pour une éventuelle utilisation.

- le site ne présente pas de valeur naturelle ou patrimoniale à sauvegarder et il est loin des zones d'habitat (SOPTE. 2020).

➤ **Fonctionnement des unités de tri et de transformation**

Le gouvernement algérien et la SOPTE ont conclu un accord pour trier 500 tonnes par jour de quatre agglomérations, puis passer à 750 tonnes par jour et finalement à 1 000 tonnes par jour. Au départ, la SOPTE devra renvoyer tous les déchets des villes de Constantine et El Khroub. Les déchets provenant de la ville de Constantine seront d'abord transportés via la station de transfert d'Aïn Smara.

A travers le schéma synoptique de fonctionnement que nous avons élaboré, nous pouvons voir que la production de lixiviats ou de méthane a été évitée puisque les déchets qui y sont apportés chaque jour sont traités en quelques jours.

Cependant, il reste des déchets résiduels à traiter, tels que les déchets liquides extraits (qui dépassent 40%), les déchets non réutilisables (qui dépassent 30% des déchets séchés), les cendres de fond des déchets incinérés (qui dépassent 25% des déchets incinérés) et les particules fines provenant du processus d'incinération si elles ne sont pas filtrées ou précipitées.

Par ailleurs, les déchets non réutilisables et les cendres, qui pourraient encore représenter 20% du poids des déchets traités, nécessitent toujours l'utilisation d'une décharge, comme le CET de Boughareb. Le volume de liquide extrait des déchets avant traitement sera également extrêmement important et pourrait affecter la capacité du réseau d'assainissement dédié ce qui peut demander certaines modifications, (figure n°06.27).

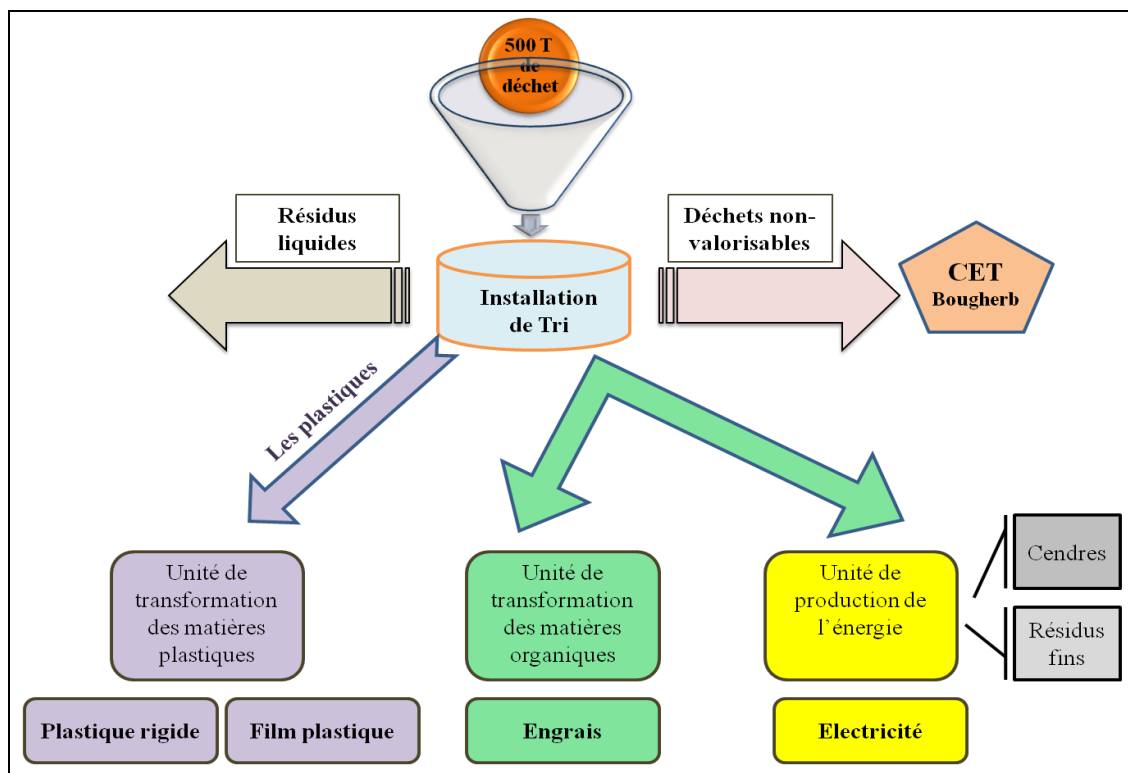


Figure n°06.27 : schéma synoptique de fonctionnement des installations de tri et valorisation du Projet

Source : Etablie par l'auteur sur la base NU, 2020.

Le fonctionnement de ces installations, en plus de la mise en œuvre effective du tri sélectif à la source, met l'accent sur le principe des 3R : réduire, réutiliser, recycler. L'objectif est de diminuer les émissions des gaz à effet de serre (GES) à chaque étape de la chaîne de gestion des déchets. Pour ce faire, il est procédé au tri des déchets en amont, à leur recyclage et à leur transformation. Seuls les déchets dits « ultimes », qui ne peuvent pas être valorisés, sont envoyés au CET/à la décharge. Cette approche a pour effet de réduire les émissions au niveau du CET/de la décharge, mais aussi de diminuer significativement la distance cumulée parcourue pour le transport des déchets jusqu'à leur lieu d'élimination.

En somme, ce projet s'inscrit en parfaite conformité avec les réformes préconisées par la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Déchets d'ici 2035 (SNGID 2035), qui vise à promouvoir une gestion durable des déchets en mettant l'accent sur le tri, le recyclage et la valorisation, tout en transformant le secteur de la gestion des déchets en un moteur de l'économie et de la création d'emplois.

CONCLUSION

Constantine, capitale de l'Est algérien, se distingue par une localisation géographique stratégique, un climat de type continental et une topographie complexe, donnant naissance à trois entités physiques distinctes : les montagnes, les vallées et les plaines. La wilaya de Constantine a connu une augmentation exponentielle de sa population, qui s'est établie à 1 310 952 habitants en 2020. Ce nombre, en comparaison avec la surface totale de la wilaya, révèle une densité de population de 599 habitants/km², ce qui confère une prééminence à l'utilisation de l'espace pour des services essentiels tels que le logement, l'éducation, la santé, le commerce et les loisirs. Cette dynamique démographique pose un défi majeur en matière de gestion des infrastructures, notamment en ce qui concerne la recherche de sites adaptés pour l'implantation et l'entretien des installations nécessaires à la gestion des déchets. L'augmentation significative de la population a eu un impact notable sur la quantité de déchets produits, qui a connu une augmentation considérable au cours des dernières décennies. La gestion des déchets dans les zones densément peuplées, telle que celle étudiée dans le cadre de cette recherche, présente plusieurs défis uniques. En effet, le nombre élevé d'habitants générant des quantités importantes de déchets, combiné à la limitation des espaces disponibles pour leur élimination, constitue un enjeu majeur pour la gestion des déchets urbains. Cette situation est caractérisée par un déséquilibre marqué entre la capacité des infrastructures existantes et la production de déchets urbains.

Face à cette situation, la wilaya a déployé des efforts considérables pour mettre en œuvre des structures de soutien, conformément aux articles de la loi 01-19 et aux directives du PROGDEM. Ces structures comprennent des déchetteries, une station de transfert et deux centres d'enfouissement technique de classe II. Cependant, ces centres ne sont plus opérationnels, ce qui souligne les défis rencontrés dans la gestion des déchets de la wilaya. En réponse à l'ampleur de la quantité de déchets à éliminer, la fermeture du CET de Boughareb a engendré une perturbation significative du réseau de gestion des déchets. Cette situation a entraîné un retour à l'ancienne pratique de l'enfouissement des déchets, conduisant à la réapparition de décharges contrôlées, brutes et sauvages.

Par ailleurs, dans un souci de modernisation du secteur de la gestion des déchets solides, les pouvoirs publics de la wilaya ont mis en œuvre des projets pilotes visant à améliorer l'image des quartiers pilotes et le cadre de vie des résidents. Ces initiatives, qui comprennent la mise en place d'une collecte sélective et la promotion de la valorisation, illustrent l'engagement des autorités pour l'amélioration de la gestion des déchets dans la

région. À cet égard, un premier projet pilote a été mené en 2015, dans le cadre de l'événement « Constantine, capitale de la culture arabe », afin d'installer des bornes d'apport volontaire semi-enterrées ainsi que des bornes aériennes pour le tri sélectif. Cependant, ce projet n'a pas rencontré le succès escompté.

Le deuxième projet pilote, actuellement en phase de déploiement, a été initié par le Ministère de l'Environnement en collaboration avec le Programme des Nations unies pour le développement (PNUD). Ce projet vise à valoriser les déchets plastiques, à produire de l'énergie à partir des déchets organiques, à promouvoir l'économie circulaire et à mettre en place un modèle communal de gestion intégrée des déchets, à la fois à l'échelle régionale et nationale.

CHAPITRE VII :

EVALUATION DE LA PRATIQUE DE
L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES
DMA A CONSTANTINE

INTRODUCTION

A l'échelle mondiale, la gestion des déchets constitue un enjeu de taille, en raison de la croissance démographique continue qui se traduit par une augmentation substantielle des quantités de déchets, notamment dans les zones à forte densité de population. L'Algérie n'a pas été épargnée par cette dynamique. Afin d'y remédier, des mesures adéquates ont été mises en œuvre, dont la loi 01/12 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. Cette législation stipule que le centre d'enfouissement technique (CET) doit se substituer aux décharges publiques conventionnelles, en vue de préserver l'environnement. Dans le cadre de cette démarche, le programme national de gestion des déchets ménagers (PROGDEM), initié en 2002, a marqué une transition significative par rapport aux pratiques antérieures d'élimination des déchets, notamment celles liées à la mise en décharge sauvage. Ces efforts ont abouti à l'élaboration de plusieurs schémas directeurs de gestion des déchets et à la mise en place de centaines d'installations de traitement, dont 162 centres d'enfouissement technique, dont 87 sont actuellement opérationnels.

Dans le contexte de la wilaya de Constantine, la décision de construire des équipements et des installations destinés à la gestion des déchets a été prise en 2004, en conformité avec le schéma communal de gestion des déchets solides urbains. Ce programme a inclus la construction de deux centres d'enfouissement technique pour les déchets ménagers et assimilés (DMA). Le premier est situé dans la commune d'Ibn Badis, tandis que le second se trouve dans la commune de Zighoud Youcef. Ces deux centres d'enfouissement technique (CET) ont été érigés en réponse à la prolifération des décharges sauvages, phénomène qui a défiguré l'image de la wilaya.

Dans le cadre de cette recherche, le présent chapitre a pour objet de fournir une compilation exhaustive des données pertinentes pour chacun des CET de la wilaya de Constantine. Cette démarche vise à offrir une vision actualisée de la situation en matière d'enfouissement technique des DMA. Dans cette perspective, nous procéderons à la présentation et à l'analyse de chacun des CET déjà réalisés, étant donné que le troisième CET n'est qu'en phase de choix du site.

7.1. INVENTAIRE DES CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUES DES DMA A CONSTANTINE

La wilaya de Constantine avec un taux annuel de production des déchets ménagers et assimilés de 351,11kg/hab/an pour une population de 1 310 952 habitant en 2020, ne dispose que de deux (02) CET réalisés et un (01) CET en cours d'étude (Phase du choix du site), (tableau n°07.01).

Tableau n°07.01 : Les CET classe II de la wilaya de Constantine

CET	Réalisé		En cours d'étude
Nombre	01	01	01
Commune	Commune de Zighoud Youcef	Commune d'Ibn Badis	Commune d'Ain Abid
Lieu	Doghra	Boughareb	Douames
Durée de fonctionnement	NEANT	5 ans	Pas encore déterminée (en phase de sélection du site)

Source : Auteure. 2023

Conformément au décret exécutif 07/144 du 09 Mai 2007 fixant les nomenclatures des installations classées pour la protection de l'environnement, les centres d'enfouissement technique sont classés dans la catégorie 2719 classe 2 : stockage et traitement des ordures ménagères et autres résidus.

7.2. LA GESTION DES CENTRES D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DE LA WILAYA DE CONSTANTINE

Les centres d'enfouissement technique de la wilaya de Constantine, sont gérés par l'Etablissement Public De Gestion Des Centres D'enfouissement Techniques Et Traitement Des Déchets De La Wilaya De Constantine (EPIC EPWG – CET), c'est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) qui a été créé par l'arrêté interministériel N° 1733 du 01/10/2008, l'EPWG - CET a commencé à fonctionner en mars 2010, dont les principales missions sont :

- Assurer l'élimination par enfouissement des déchets municipaux au niveau des

centres d'enfouissement techniques de la Wilaya de Constantine. - Gestion de la station de transfert DMA Km 13, à Ain Smara.- Assurer la récupération des déchets recyclables à la déchetterie située au Km 13, à Ain Smara et celle de Boudraa Salah à Constantine. - Gérer la décharge de déchets inertes de la nouvelle ville Ali Mendjeli et assurer leur élimination (jusqu'à fermeture en 2023).

L'EPIC EPWG-CET supervise plusieurs installations d'élimination ou de valorisation des déchets qui ont été construites et réalisées par la DEWC, telles que deux centres d'enfouissement technique (CET), deux déchetteries, une station de transfert de déchets et une décharge des inertes (figure n°07.01)

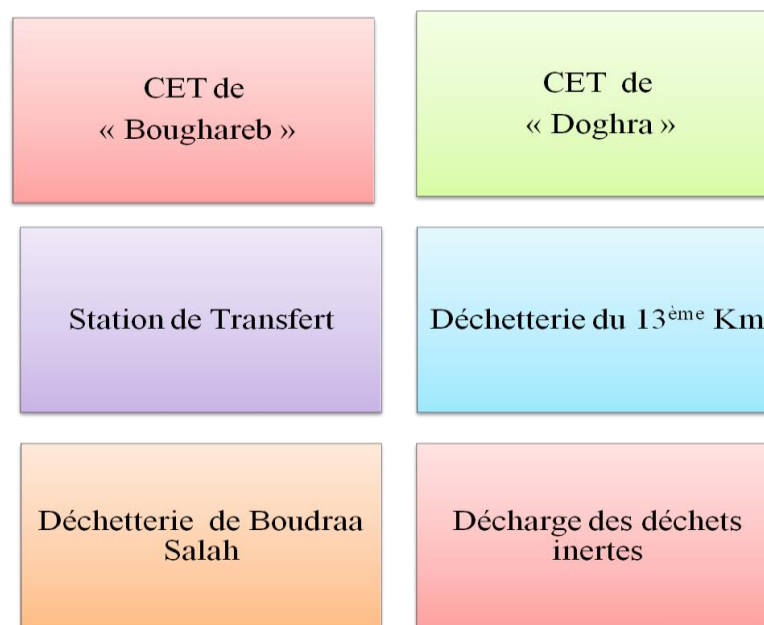


Figure n°07.01 : les installations gérées par l'EPWG-CET
Source : EPIC EPWG-CET + traitement de l'auteur

7.3. LE CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE « DOGHRA » A ZIGHOUD YUCEF

Le centre d'enfouissement technique de Doghra est situé dans la partie nord de la wilaya de Constantine à environ 30 km de la ville de Constantine, exactement au nord de la commune de Zighoud-Youcef, au lieu-dit Doghra situé aux frontières avec la wilaya de Skikda, les plus proches habitations sont distantes d'environ 500m, (figure n°07.02).

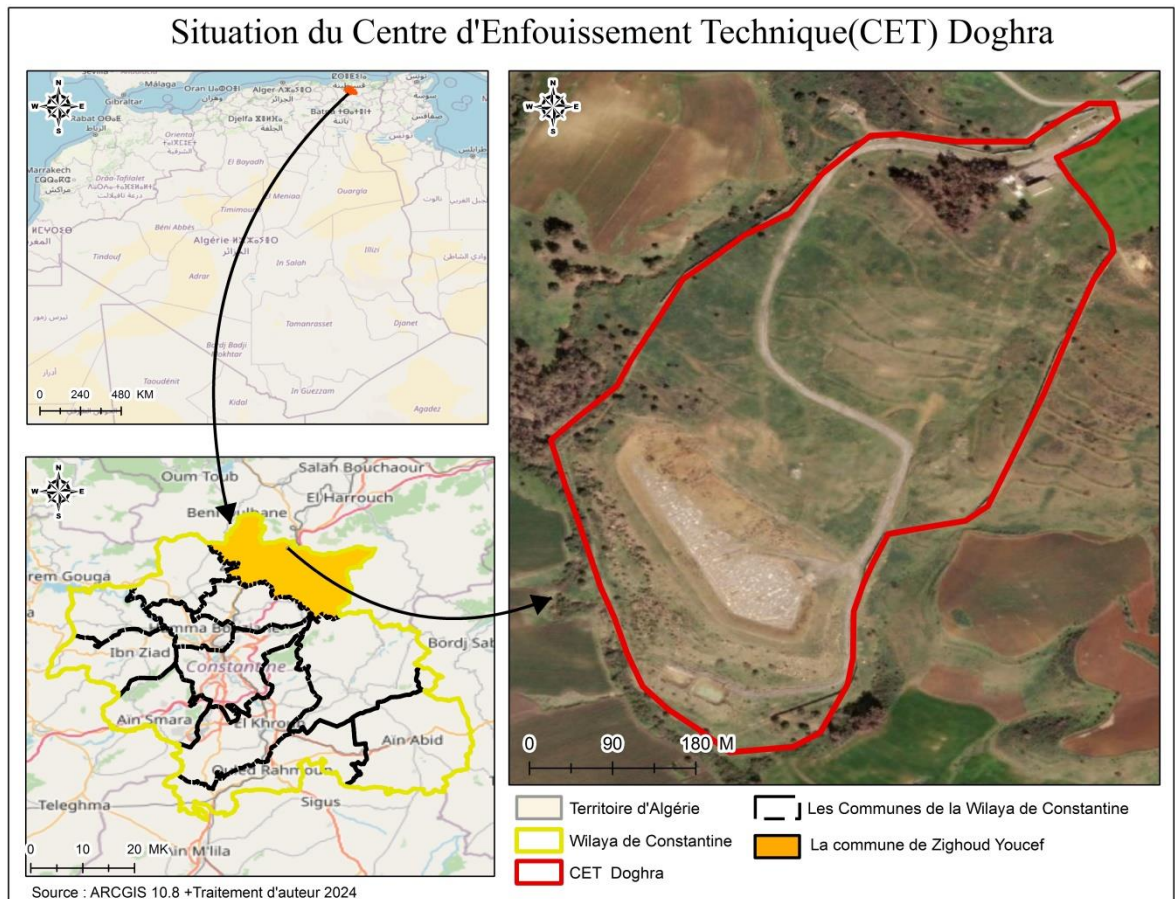


Figure n°07.02 : Situation du CET « Doghra »
Source : Auteure, 2024

7.3.1. Communes à desservir

Le CET « Doghra » a été réalisé afin de recevoir les déchets ménagers et assimilés provenant de quatre communes du nord de la wilaya de Constantine à savoir :Hamma Bouziane, Beni Hmidene, Zighoud Youcef et enfin Didouche Mourad. La capacité était d'environ 300tonnes par jour, mais depuis son inauguration le 30/10/2015, le CET n'a pas été mis en exploitation en raison d'un nombre de dysfonctionnements d'ordre technique d'une part et de l'autre part à cause de l'opposition des habitants locaux.

7.3.2. Composantes du CET « Doghra »

Le CET « Doghra » est composé des éléments suivants :

- Une clôture mixte : dure et grillage.- Une poste de contrôle équipé d'un pont bascule pour le pesage des camions entrants.- Une voie interne d'accès au casier d'enfouissement.- Un seul casier d'enfouissement.- Deux bassins de rétention du lixiviat.(lagunes), (figure n°07.03).

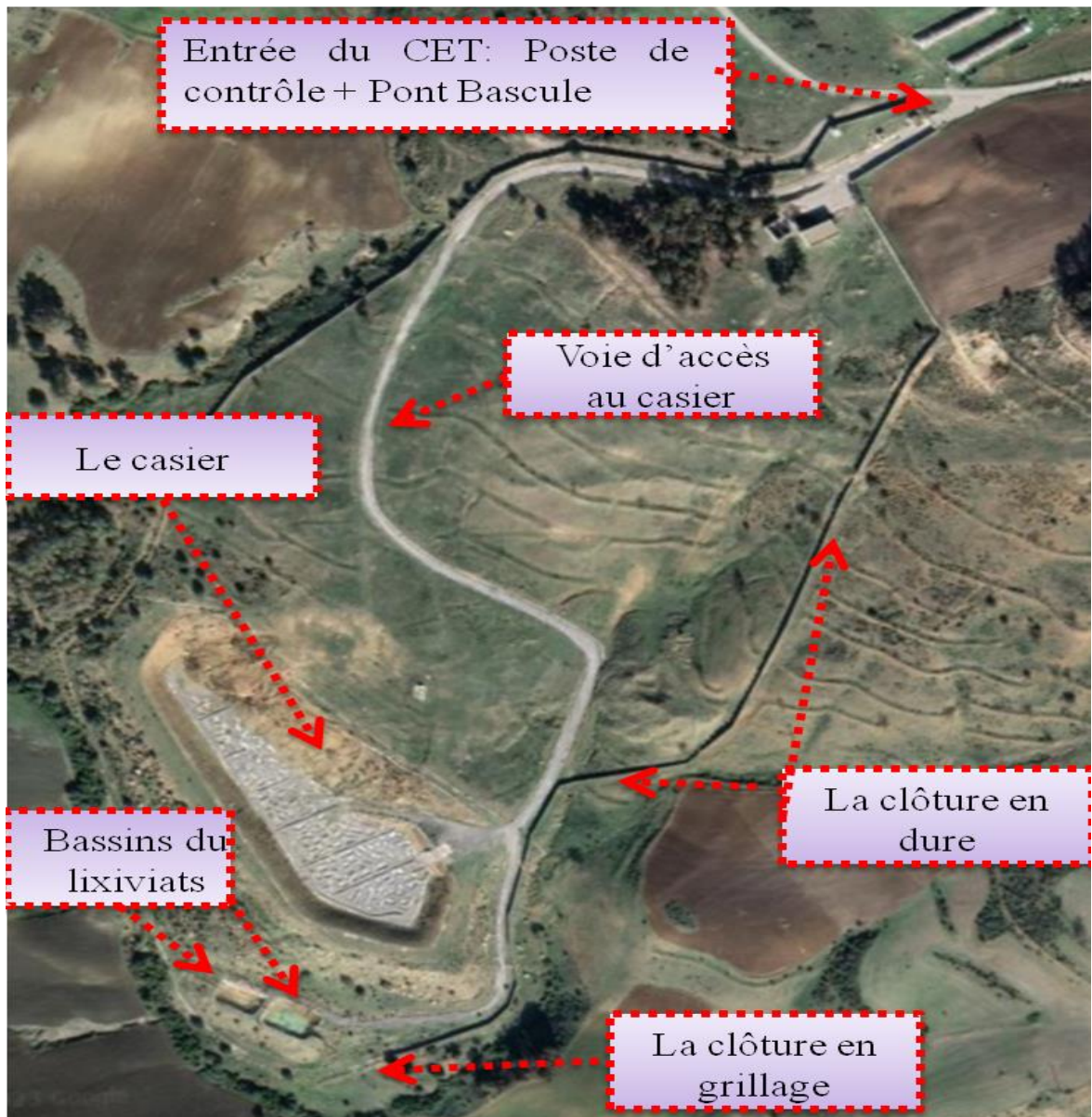


Figure n°07.03 : Composantes du CET de Doghra

Source : Google earth + auteure, 2023

7.3.3. Caractéristiques générales du site

Le CET se trouve au milieu de terres à vocation agricole et forestière, avec une fréquentation pédestre aux alentours de CET, y compris des bergers avec leurs troupeaux, (figure n°07.04)

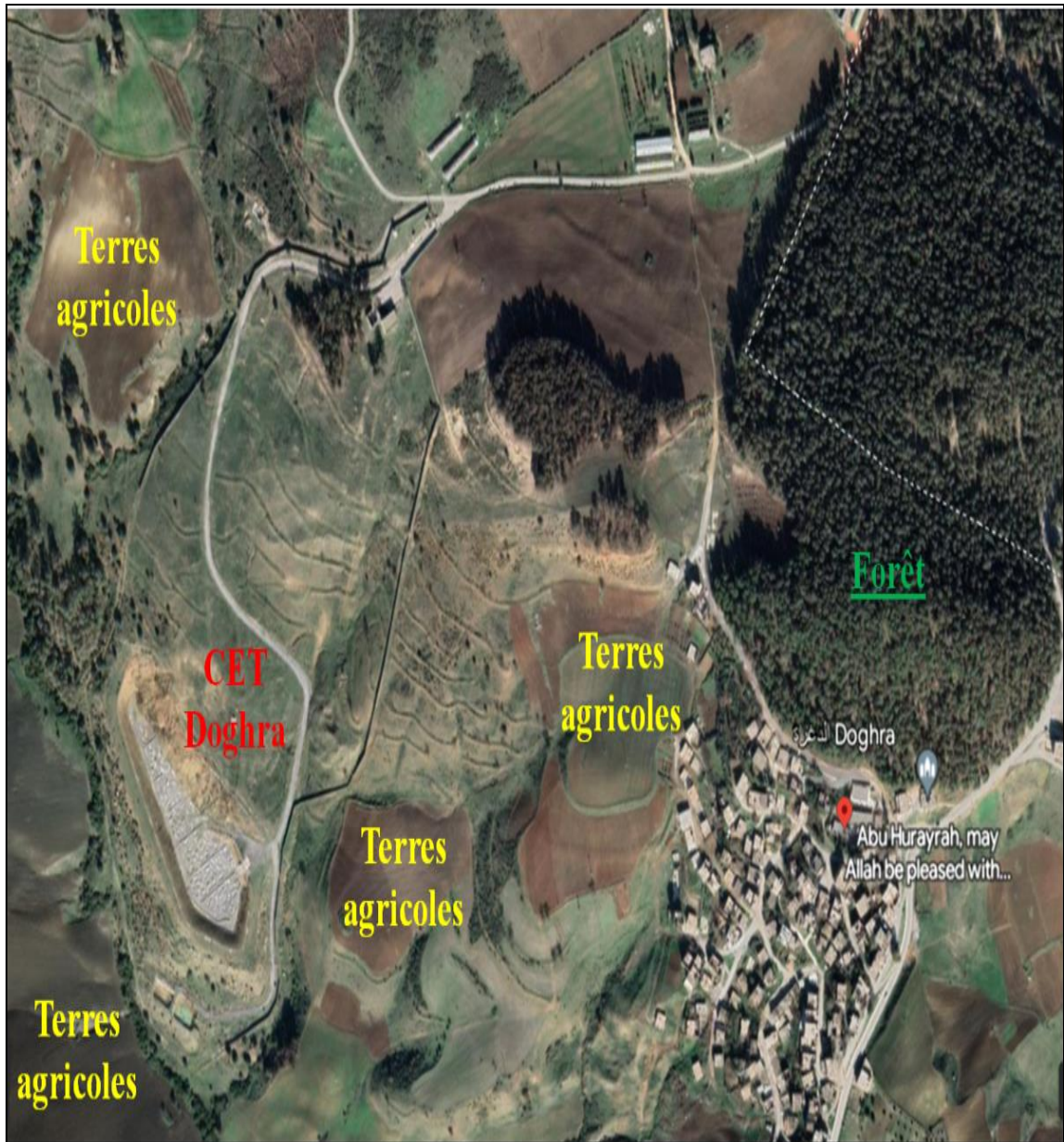


Figure n°07.04 : Situation du CET Doghra au milieu de terres agricoles
Source : Google Earth +auteur, 2023.

Le site connaît une pluviométrie annuelle de 500 à 700 mm et un vent de direction nord-sud, en ce qui concerne l'environnement humain, il y a des maisons à environ 500 mètres du site, (figure n° 07.05).

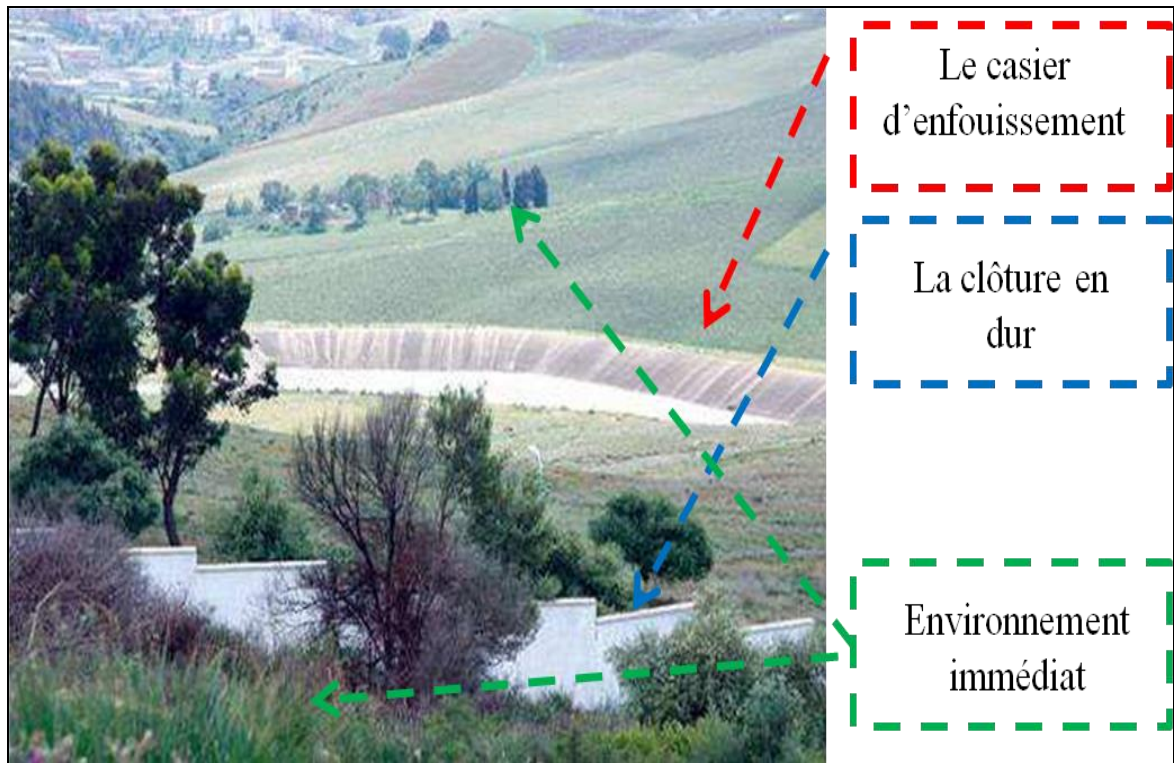


Figure n°07.05 : le CET de Doghra dans son environnement immédiat

Source : Elwatan.com du lundi 31 octobre 2016 + Traitement de l'auteure

7.3.4. L'accessibilité au site du CET

L'accès au CET se fait par une voie étroite, qui s'étale sur une distance d'environ 1 km à partir de la route principale et traverse une zone d'habitat, ce qui peut causer des nuisances olfactives et acoustiques pour les riverains suite aux passages répétés des camions chargés de déchets en plein milieu de leur cité.

Par ailleurs, le CET de Doghra a été conçu pour recevoir une quantité de déchets estimée à 300 tonnes par jour et à raison d'une moyenne de 4 tonnes par camion. Le CET recevra 75 camions par jour, qui pour pouvoir accéder au site, ces véhicules lourds et assez large disposent d'un seul portail pour l'entrée et pour la sortie ce qui va logiquement créer des problèmes de circulation interne et même de congestion à l'extérieur du CET, par contre les panneaux de signalisation internes sont bien installés dans le CET.

À propos de la clôture : le site est clôturé avec un mur en dure de 03 trois mètres qui l'entoure entièrement, avec un grillage pour la partie inférieure où se trouvent les bassins de lixiviats, (figure n°07.06).



Figure n°07.06 : La voie d'accès au CET de Doghra

Source : Audit. 2015

7.3.5. Les caractéristiques géotechniques

L'étude géotechnique, réalisée le 09/09/2012, révèle une variété de couches géologiques sur le site : le sous-sol est composé de deux faces principales ; le premier est argileux et le second est conglomératique. L'étude démontre également l'existence de plusieurs passages de sables en lentilles discontinues et une couche conglomératique hétérogène. Les niveaux d'argile intercalaires quant à eux présentent des épaisseurs variables d'une zone à une autre, selon leur position (Etude géotechnique du site Doghra. 2012).

7.3.6. Le casier d'enfouissement

Le CET dans sa totalité, occupe une surface d'environ 30 ha sur laquelle il est prévu de construire quatre (04) casiers d'enfouissement.

Chaque casier ayant une durée de vie estimée de 05 ans, mais actuellement, un seul casier a été réalisé avec une capacité de 300 000 m³. Ce dernier a été mis hors fonction depuis sa réalisation pour des raisons techniques.

En effet, le casier connaît une instabilité dans son côté nord, cette instabilité conjuguée avec d'autres facteurs détectés par l'audit environnemental (mauvais drainage des eaux de surface, nature du terrain) ont abouti à un affaissement du talus du casier et à la dégradation de la couche de protection active (couche de géo-membrane partiellement arrachée), ce qui causera l'infiltration de lixiviats lors de la mise en exploitation (figure n°07.07).

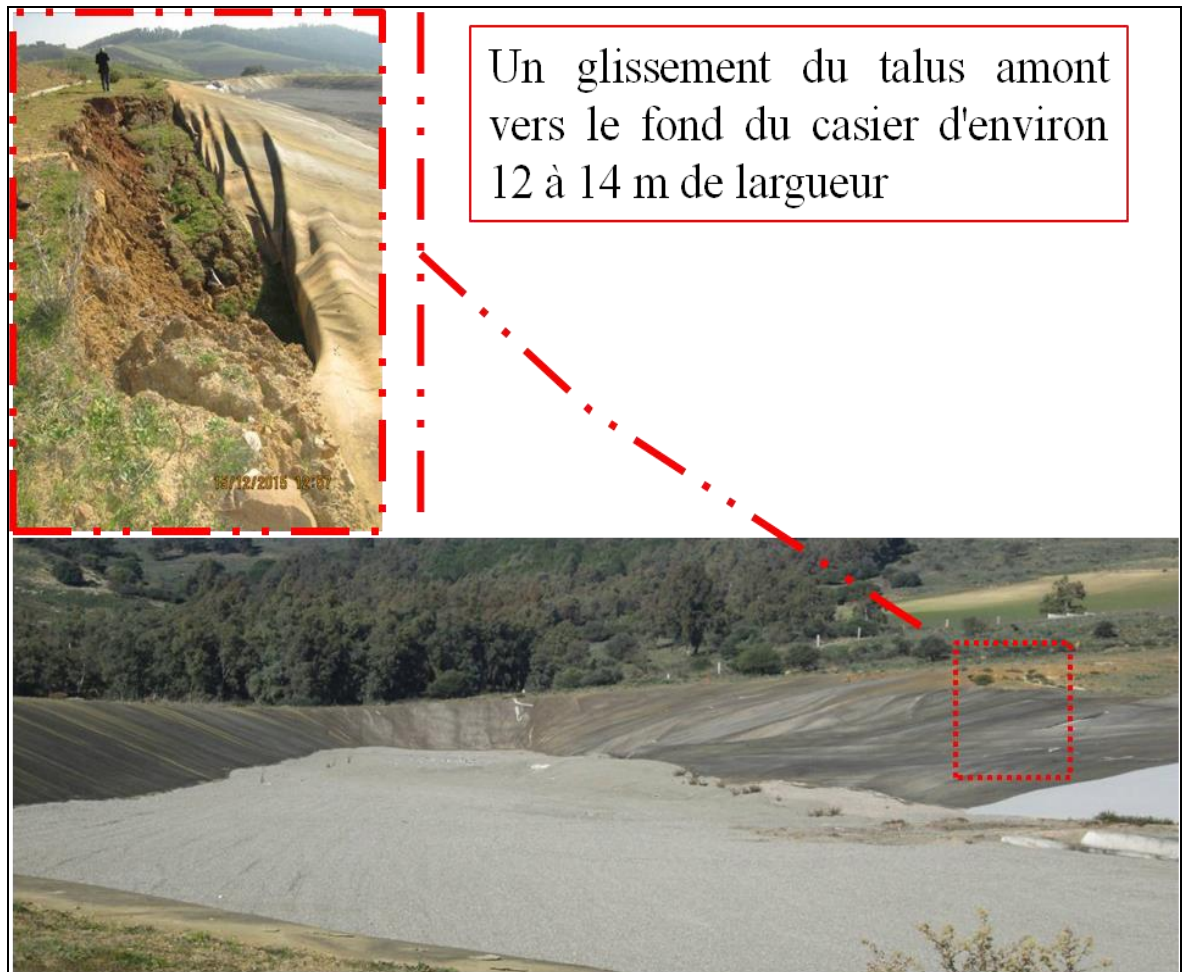


Figure n° 07.07: Effondrement partiel du casier.

Source : Audit 2015+auteure 2020

7.3.7. La gestion des effluents

Dans un CET classe II, on est appelé à gérer deux types d'effluents : hydriques et gazeux, en ce qui concerne les effluents liquides (lixiviat) le CET Doghra dispose d'un système de collecte et de rétention du lixiviat. Il s'agit de deux bassins, en revanche il n'existe pas d'installation de traitement du lixiviat, insinuant que les lixiviat une fois collectés seront traités par lagunage en période sèche (été) et réinjectés dans le casier en période d'intempérie afin d'éviter le débordement des bassins.

L'un des bassins de rétention des lixiviat connaît un affaissement causant un décollement de la couche d'isolation du bassin, cet état de fait peut être à l'origine d'une pollution en cas d'infiltration des lixiviat dans le sol non isolé (figure n°07.08).



Figure n°07.08 : Rupture de l'étanchéité du bassin de rétention du lixiviat.

Source : Audit 2015+ Auteure

Pour leur part, les effluents gazeux sont présentés par les biogaz dégagés par la dégradation de la fraction biologique présente dans les déchets. Le CET est démunie de tout système de captage des biogaz.

7.3.8. Déficiences et problèmes

Le centre d'enfouissement technique (CET) de Doghra a fait l'objet d'un audit environnemental. Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'un programme d'audits environnementaux menés dans le contexte d'un projet de coopération entre le ministère de l'Environnement et des énergies renouvelables (MEER) et l'Agence de coopération allemande (GIZ). Intitulé « Gestion des déchets et économie circulaire », ce projet vise à améliorer les performances environnementales de divers centres d'enfouissement technique.

L'audit, qui a duré trois jours, a été réalisé les 16, 17 et 18 décembre 2015, c'est-à-dire avant la mise en exploitation prévue en 2016. Les résultats obtenus ont révélé un nombre de dysfonctionnements, à ces derniers venant s'ajouter quelques déficiences soulevées lors de la visite du site en 2018. Il a été constaté que :

- Les voies d'accès au casier présentaient une pente avec des virages. Cette configuration a été jugée comme présentant des dangers potentiels pour la circulation des camions, en raison de la propension à des glissements et dérapages.

- Les bassins de rétention des lixiviats présentent des défaillances manifestes. Ils sont situés à une distance environ de cinq (5) mètres d'un cours d'eau utilisé pour l'irrigation des terres avoisinantes. Cette situation accroît significativement le risque de pollution des eaux.

- Le talus amont du casier connaît un glissement qui s'étale sur 14m environ vers le fond du casier, ce qui a nui à l'étanchéité du casier, ce glissement a pour cause : la mauvaise gestion des eaux de surface ainsi que la non stabilité du talus même avant exploitation.

En définitive, le CET de Daghra, dont les travaux d'aménagement ont coûté 250 000 000,00 DA, a été fermé définitivement par le ministère de l'Environnement et des Énergies renouvelables. Cette fermeture fait suite à l'opposition de la population locale et à diverses difficultés techniques suite aux rapports des commissions d'enquête envoyées sur place.

7.4. LE CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE « BOUGHAREB A IBN BADIS (EL HARIA) »

D'après les informations, fournies par le schéma directeur de gestion des déchets solides urbains du groupement de Constantine, le CET de Boughareb a été conçu pour éliminer les DMA en provenance de trois communes appartenant au groupement de Constantine, à savoir : Constantine, Ain Smara et El Khroub. Cependant l'étude d'impact sur l'environnement mentionne cinq (5) communes que sont : Constantine, Ain Smara, El Khroub, Hama Bouziane et Didouche Mourad. Avec sa mise en exploitation en 2010, le CET commença à réceptionner les déchets ménagers & assimilés en provenance de quatre communes : Ibn Badis, Ain Abid, Ouled Rahmoune et El Khroub.

7.4.1. Le cycle de vie du CET « Boughareb »

L'exploitation du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Boughareb, initiée en 2010, a été marquée de tensions significatives, culminant par sa fermeture temporaire fin

2014 sous la pression des communautés locales. Les investigations et observations réalisées sur le site d'Ibn Badis ont révélé plusieurs dysfonctionnements critiques. Il a notamment été établi que l'implantation de zones résidentielles à proximité immédiate du site a été réalisée postérieurement à la mise en service de l'infrastructure, soulignant un défaut de planification territoriale. Par ailleurs, les mesures d'atténuation des nuisances olfactives, pourtant prévues dans le cadre opérationnel, n'ont pas été déployées, exacerbant les réclamations des populations riveraines. En outre, les bassins de traitement du lixiviat, conçus pour contenir les effluents polluants, ont présenté des défaillances techniques majeures, conduisant à des rejets non contrôlés dans les cours d'eau avoisinants. Ces fuites ont engendré une contamination des ressources hydriques exploitées par les agriculteurs locaux, notamment via les forages destinés à l'irrigation, aggravant ainsi les conflits socio-environnementaux autour de la gestion du site. Ces dysfonctionnements vont faire l'objet d'une analyse dans les lignes qui vont suivre.

En 2014, dans un contexte d'exacerbation des tensions entre les populations riveraines et les gestionnaires du Centre d'Enfouissement Technique (CET), cet établissement a fait l'objet d'actes de vandalisme commis par des membres de la communauté locale. Ces incidents ont entraîné la dégradation matérielle du portail d'accès et des infrastructures administratives, ainsi que l'incendie de deux camions d'une capacité de 10 tonnes, de deux bulldozers et d'un compacteur. De surcroît, des dommages structurels ont été constatés sur une pelle mécanique sur chenilles et une chargeuse-pelleteuse, reflétant l'intensité des conflits socio-environnementaux liés à l'exploitation du site.

Le CET a été rouvert en 2015 mais le casier a aussitôt atteint la saturation totale et a été fermé en fin du premier semestre de la même année. Cependant à partir du 2^{ème} semestre de l'année 2015 et jusqu'au premier semestre de l'année 2019, le CET a continué à recevoir les déchets pour les déverser dans une décharge qui existait déjà dans son périmètre. Cette activité a pris fin suite à un incendie qui s'est déclenché au sein de la décharge et qui a provoqué une grande colère chez les citoyens ce qui a conduit à des actes de riposte, de refus pour finir avec des demandes de sa fermeture immédiate, chose qui est finalement arrivée.

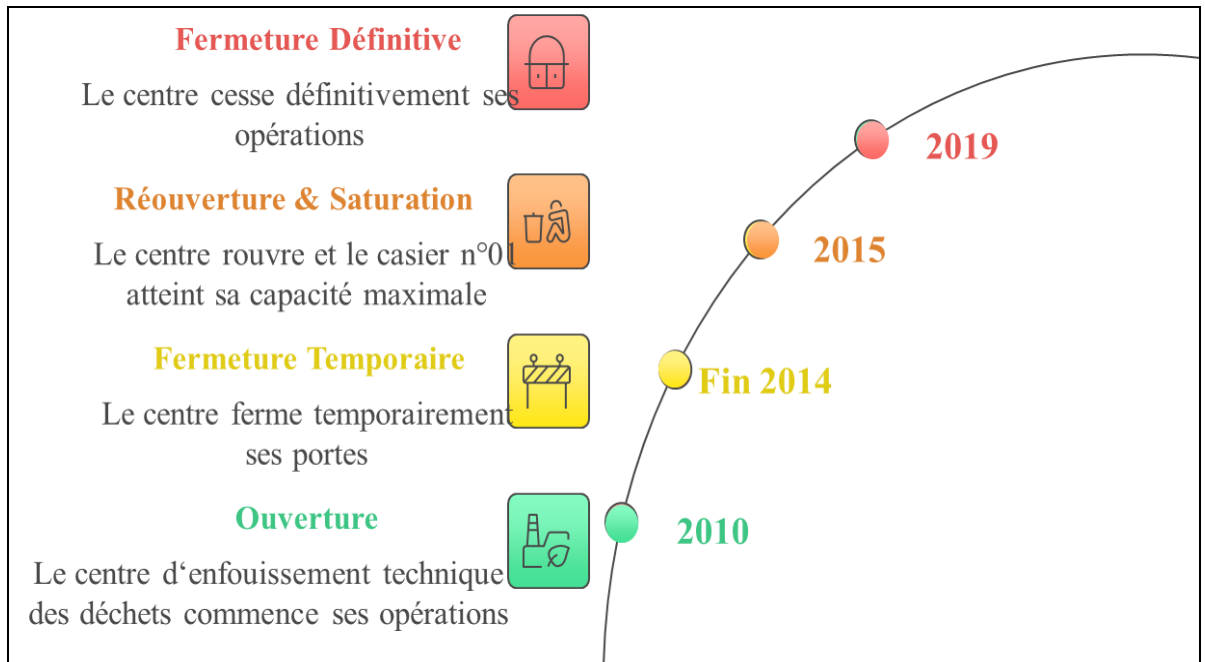


Figure n°07.09 : Cycle de vie du CET de Boughareb

Source : EPWCET + DEW + auteure

Depuis sa fermeture forcée, l'EPIC EPWG-CET a procédé aux activités suivantes

- La maîtrise de l'incendie
- La couverture des déchets.
- La stabilisation des déchets.
- Le nettoyage de la voie d'accès au CET.
- Le désherbage du terrain du CET.
- La réduction des nuisances, y compris la poussière et les odeurs.
- La création d'une barrière visuelle le long de la route d'Ain Abid en plantant des eucalyptus et des roseaux le long de la route d'Ain Abid.
- La sollicitation de l'AND pour un audit du CET.
- l'initiation des démarches pour la construction d'un second casier de stockage avec un coût de 251516 907 dinars.
- La demande d'équiper le CET d'une station de traitement des lixiviats.

7.4.2. La Grille d'analyse

Contrairement au premier cas d'étude le CET de « Doghra », qui n'a fait l'objet que d'un constat général, du fait qu'il n'a jamais été mis en exploitation, le CET « Boughareb » a connu une exploitation qui s'est étalée sur plusieurs années, de ce fait l'analyse de son fonctionnement serait plus approfondie, elle est basée sur une grille d'analyse, confectionnée à partir de plusieurs sources bibliographiques (voir chapitre introductif).

L'ensemble des critères d'évaluation adopté, a été divisé en deux grandes :

- La catégorie des critères liés à la conception (tableau n°07.02)
- La catégorie des critères liés au fonctionnement. catégories (tableau n°07.03).

Tableau n°07.02 : les critères d'évaluation de la conception du CET « Boughareb »

Critères de conception		
N°	Critère	Elément d'analyse
01	La localisation	- Distance habitations et locaux - Fréquentation aux abords
02	Site & Milieu Naturel	- Caractéristiques topographiques & géotechniques du sol - Occupation du sol - Particularités et servitudes - Espaces naturels sensibles
03	La clôture	- Nature - Hauteur - Etat
04	La circulation interne	- Etat - Largeur - Signalisation
05	Eclairage	- Etat & Couverture
06	Bâtiment administratif	- Eau - Gaz - Electricité - Sanitaires
07	Aire d'entretien & de maintenance	- Aménagée - Equipé : eau, électricité
08	Les casiers	- Nombre

		<ul style="list-style-type: none"> - Surface - Etat - Etanchéité
09	La gestion des lixiviats	<ul style="list-style-type: none"> - existence - Caractéristiques
10	Les eaux de surface	<ul style="list-style-type: none"> - Pluviométrie - Présence de cours d'eau
11	les unités de traitement ou de valorisation des déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Existent ou non - Caractéristiques
12	Intégration paysagère	<ul style="list-style-type: none"> - Niveau par rapport au terrain naturel - Ecran planté - Espace vert

Source : Conception de l'Auteure, 2022

Tableau n°07.03 : les critères d'évaluation de l'exploitation du CET « Boughareb »

Critères d'exploitation/fonctionnement		
N°	Critère	Elément d'analyse
01	Accessibilité	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'axes routiers principaux - Signalisation routière : Directionnelle ou sécuritaire - Gardiennage - Nombre
02	Accueil & contrôle des déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Panneau d'information à l'entrée - Identification du véhicule - Contrôle de la nature des déchets
03	Pesage & enregistrement des déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Existe ou non un pont bascule - Fonctionne ou non - Lié à un réseau informatisé ou non - Identification des volumes de déchets dans les camions - Identification de l'origine des déchets
04	L'enfouissement & le compactage des déchets	<ul style="list-style-type: none"> - Méthode d'enfouissement - Réalisé ou non (compactage) - Matériel utilisé

05	Les couvertures journalières	- Réalisé ou non - Source - Lieu de stockage
06	Le traitement des lixiviats	- Réalisé ou non
07	Le traitement des biogaz	- Réalisé ou non
08	Le suivi de l'exploitation	- Suivi quotidien - Suivi mensuel - Suivi annuel

Source : Conception de l'Auteure, 2022

7.4.3. Evaluation de la conception du Centre d'Enfouissement Technique

« Boughareb »

a. La localisation

Le centre d'enfouissement technique de Boughareb est localisé à 05 Km au Sud du chef-lieu de la commune d'Ibn Badis et à 40 Km du chef-lieu de la wilaya de Constantine, il s'étend sur une surface de 78 Ha.

Selon les données fournies par l'étude d'impact dur l'environnement du CET « Boughareb », il se trouve exactement au lieu appelé « Gouchgach » au Sud-Est d'El Haria, les coordonnées Lambert relatives au site sont : X : 865,720 et Y : 340,320.

Pour ce qui est de l'utilisation antérieure, le site est composé de terre à vocation agropastorale : 13530 Ha sont affectés aux parcours et à environ 02Km on constate la présence d'un bon nombre d'exploitations agricoles collectives.

Le CET ne s'éloigne de que de 1.5 Km de la plus proche zone d'habitation en l'occurrence le village de KHENNABA, cette situation a engendré beaucoup de mécontentement de la part des habitants de ce village du fait des odeurs nauséabondes émanant du CET pouvant être senties à l'intérieur des maisons, de la prolifération des insectes et des animaux errants, ce qui affecte énormément la qualité de leur cadre de vie, (figure n°07.10).

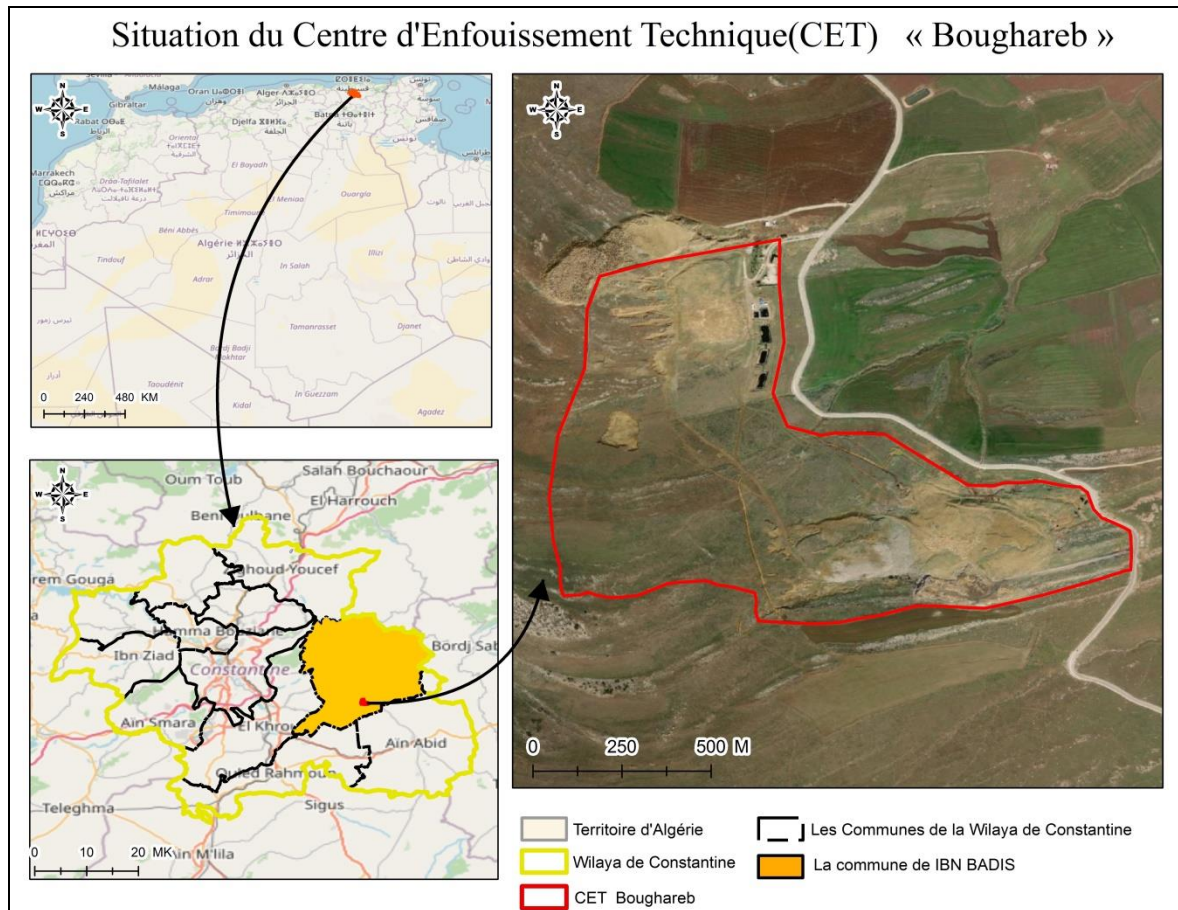


Figure n°07.10 : Situation du CET « Boughareb »

Source : Auteure, 2024

b. Site & milieu naturel

Le site sur lequel le CET a été réalisé fait partie du territoire communal de Ibn Badis, elle est située dans une région à caractère montagnard appartenant à l'Atlas tellien et dont les altitudes varient entre 870 m et 1320 m, (tableau n°07.04)

Tableau n°07.04: Répartition de la superficie communale d'Ibn Badis par classes de pentes

Classes de pentes	Superficie(Ha)
< 3%	1 630
3 % - 12%	23 004
12,5% - 20%	4 445
> 25%	2 421
Total	31 520

Source : EIE du CET de Boughareb.

D'après les données fournies par le tableau , on remarque que la classe de pente 3% - 12% représente la majeure partie (près de 40%) de territoire de la commune d'Ibn Badis, les autres classes de pente 12,5 % -25 % et plus de 25 % quant à elles, correspondent aux principaux reliefs : djebel Oum Settas, Djebel Djennane El Lobba, Kef Keraou et le Sud-Est de Gouchgach.

Selon les informations hydrologiques de la ville d'Ibn Badis, le terrain se trouve dans une zone moyennement vulnérable à la pollution des eaux souterraines. Par conséquent, il est nécessaire de prendre des mesures compensatoires pour imperméabiliser le sol et drainer le lixiviat.

Les sondages géologiques ont révélé l'affleurement de bancs de grés épais qui imposeront une contrainte lors de la construction des casiers, ce qui entraînera des coûts supplémentaires pour les travaux de terrassement.

La conclusion de l'étude géotechnique confiée au Laboratoire national des Travaux publics de l'Est (LTPE), est la suivante :

- Le terrain du CET est très accidenté, il présente une pente variant de 03 à 10%.
- La composition géologique n'est pas homogène : argile et grés.
- Les argiles ont de très bonnes valeurs d'imperméabilité : entre 10^{-6} Cm/s et 10^{-9} Cm/s, le site est considéré comme semi-perméable.
- La résistance des grés à la compression est élevée.
- Le site donne naissance à plusieurs Talwegs, il s'agit d'écoulements temporaires (en hiver) mais qui déversent leurs eaux dans l'Oued Boumerzoug, ce qui présente un risque de contamination.
- De nombreux affleurements montrent la présence d'épais bancs de grés.

En matière d'occupation du sol, la distribution des terres dans la commune est caractérisée par l'importance des parcours qui s'élèvent à 15 630 ha sur une superficie totale de 31 520 ha, soit un pourcentage de 49,58%.

La céréaliculture et les jachères représentent respectivement 61,51 % et 32,79 % de la superficie totale.

Le site se caractérise par un potentiel agricole limité, il n'y a presque aucune zone irriguée. Elles ne représentent que 94 hectares, soit 0,29 % de la superficie totale de la SAU (8860 hectares).

L'économie agricole de la commune repose principalement sur l'élevage. La vocation pastorale de la commune, est confirmée par le nombre important d'ovins et de bovins.

La superficie totale des forêts représente 6464 hectares, représentant 22 % de la superficie de la commune.

L'implantation d'un CET sur ce site comporte des avantages et des inconvénients qui doivent être soigneusement pesés, (tableau n°07.05):

Tableau n°07.05: Avantage et inconvénient du site du CET de Boughareb

Critère	Avantage	Inconvénient
Topographie du site	/	Légère accidentée du site
Hydrologie	* Collecte aisée des lixiviats grâce au drainage. * Réseau hydrographique dense favorisant l'évacuation des eaux	* Risques de pollution des cours d'eau avoisinants (oued Nehas et Tarf) par les lixiviats en cas de défaillance du drainage
Hydrogéologie	* Absence de nappe phréatique à proximité. *Nappe phréatiques régionales hors zone d'influence. * Site situé sur grès de Numidie et argile imperméables.	* réalisation de forages domestiques. * possibilité de surcoûts en matière de travaux de terrassement.
Situation	* Eloignement des habitations limitant les nuisances. * Faible potentialité agricole du terrain minimisant l'impact	- la présence de quelques exploitations agricoles aux alentours. - Eloignement des zones de collecte - la vocation des terres avoisinantes (agro-pastorale) - les activités de l'élevage qui l'entourent.

Accessibilité	* Accès aisé au site par route goudronnée Très faible trafic à proximité immédiate du site	La route d'accès est une voie à double sens
Capacité	* Superficie importante de 78 hectares. * Présence de collines pouvant augmenter la capacité de stockage	*Terrain domanial nécessitant une indemnisation.
Mesures post-fermeture		Il n'y a pas de renseignements concernant les mesures applicables au site après sa fermeture.

Source : EIE du CET de Boughareb.

Finally, vu l'indisponibilité de l'assiette foncière pouvant abriter un projet aussi grand que ce CET, le choix de la commune d'Ibn Badis s'est imposé.

c. La clôture

Le périmètre du CET d'Ibn Badis est clôturé par un mur d'une hauteur de 2m50, sa longueur est de 4830m, le mur est en parpaing et connaît une dégradation et destruction dans certaines de ses parties ; en effet on a pu noter l'effondrement de quelques parties ce qui a permis aux animaux errants d'accéder au CET (figure n°07.11)



Figure n°07.11 : Etat de la clôture du CET de « Boughareb »

Source : Auteure, 2019 et 2020

Lors du choix d'un type de clôture, plusieurs paramètres sont à prendre en considération, ceci selon le type d'installation à clôturer, pour le CET ces paramètres sont: la délimitation du site, assurer la sécurité des lieux, avoir un aspect esthétique et enfin le coût, l'application de ces paramètres sur notre cas d'étude a donné les résultats mentionnés dans le tableau suivant (tableau n°07.06)

Tableau n°07.06 : Evaluation de la clôture

Paramètre	Evaluation	Observation
Délimitation du site	Pris en considération	Le site est parfaitement délimité
Sécurité	Partiellement pris en considération	Parties effondrées ce qui permet de s'introduire à l'intérieur du CET
Esthétique	Non-Pris en considération	Aucun traitement paysager
Coût	Non- Pris en considération	La mise en place d'une clôture en parpaing est plus couteuse que celle de type Zimmerman

Source : Auteure 2022

Selon ces données les éléments forts de la clôture se trouvent dans la délimitation du site ; en effet, le site présente une délimitation précise, ce qui revêt une importance capitale pour assurer la sécurité et le contrôle d'accès.

Les points faibles de leur côté résident dans:

La sécurité du site est compromise par la présence de parties effondrées dans la clôture, ce qui peut entraîner des intrusions. Ces parties endommagées doivent être réparées ou remplacées pour améliorer la sécurité du site.

Le tableau révèle également, qu'aucun traitement paysager n'a été effectué en termes d'esthétique. Cela peut engendrer un impact sur l'image du site. Il serait judicieux de planter des arbres, des arbustes ou des fleurs afin de rendre le site plus attrayant et améliorer ainsi son 'esthétique.

Le coût: tel qu'il est mentionné dans le tableau : la mise en place d'une clôture en parpaing est plus coûteuse que celle d'une clôture de type Zimmerman, de ce fait, il est important de prendre en compte le coût global du projet, y compris l'entretien et la durabilité, lors du choix du type de clôture.

d. La circulation interne

Les voies de circulation à l'intérieur dans un Centre d'Enfouissement Technique, désignent l'ensemble des voies conçues afin d'assurer :

- La circulation des camions arrivants sur le site.
- La circulation des engins de travail sur le site.
- Le contrôle du site par le gestionnaire du CET

En ce qui concerne le CET d'Ibn Badis nous constatons que les voies réservées à la circulation des camions transportant les déchets sont en bitume, d'une largeur de 07 mètres, à sens unique et en bon état.

Pour ce qui est de la circulation des engins ainsi que des véhicules de contrôle, elle doit se faire sur des pistes carrossables renforcées avec du gravier pour éviter tout glissement ou formation des boues, un traitement absent au niveau des pistes du CET d'Ibn Badis, ce qui rend la zone d'enfouissement difficilement accessibles voir inaccessible durant les périodes des intempéries, (figure07.12).



Figure n°07.12 : Etat général des voies de circulation interne au CET de « Boughareb »

Source : Auteure. 2017, 2019, 2020

e. L'éclairage

L'éclairage du CET est un élément d'une grande importance du point de vue de sécurité, au niveau du CET de « Boughareb », il est assuré par des lampadaires unilatérales et bi-latérales l'éclairage est assuré principalement dans l'entrée du CET, la zone de pesage, le bloc administratif et le parc des engins. Le reste du périmètre du CET n'est pas couvert par l'éclairage, ce qui crée des contraintes pour les agents de gardiennage pendant la nuit, (figure n°07.13).



Figure n°07.13: l'éclairage du CET de Boughareb

Source ; Auteur. 2020

f. Bâtiment administratif et l'aire d'entretien & de maintenance

Il existe un bâtiment administratif de R+1, accolé à l'atelier de maintenance, il est raccordé aux réseaux de gaz, électricité et à l'assainissement, (figure07.14).

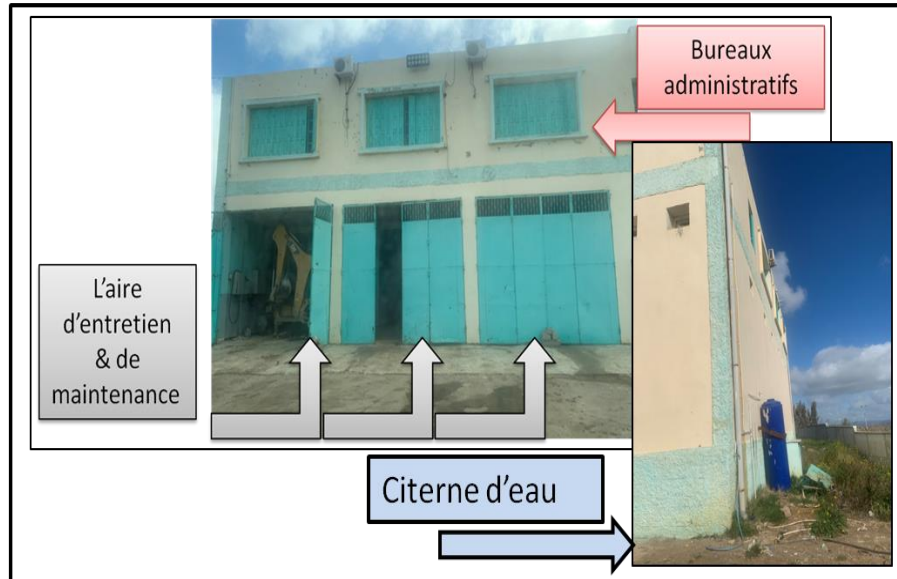


Figure n°07.14 : Le bâtiment administratif

Source ; Auteur. 2019

Le Bâtiment est raccordé au réseau d'eau potable en plus de l'existence d'une citerne placée en dehors du bâtiment en cas de coupure, on peut également noter l'inexistence d'un réseau téléphonique ainsi qu'une mauvaise couverture en téléphonie mobile, ce qui représente un réel danger en cas d'accident quelconque.

Il faut également noter que le rez-de-chaussée du bâtiment administratif est utilisé comme une aire d'entretien & de maintenance des engins et véhicules du CET.

g. Les casiers

Un CET comprend plusieurs casiers qui seront mis en exploitation graduellement, un casier est une unité hydrauliquement indépendante de stockage des déchets, il peut comprendre plusieurs cellules « alvéoles » qui correspondent à la chronologie d'exploitation du casier et à la gestion des couvertures intermédiaires et finales.

Un casier est généralement équipé de système de drainage des lixiviats et du biogaz ainsi qu'un système d'étanchéité artificiel. Le CET de Boughareb a été conçu pour abriter 10 casiers pour une durée de vie (exploitation) estimée à 30 ans vu sa grande surface qui est de 78 ha dont 41 ha sont destinés uniquement à l'enfouissement des DMA. Actuellement le CET ne comprend qu'un (01) seul casier réalisé, les caractéristiques sont présentées dans le tableau n°07.07 et la figure n°07.15, ci-dessous:

Tableau n°07.07 : Caractéristiques du casier n°1

Casier n°01	
Etat	Fonctionnel (saturation en 2015)
Superficie	3 Ha
Volume	200 000 M ³
Quantité Journalière de déchets	700 T/J

Source : EPWCET. 2013+ Traitement de l'auteure

**Figure n°07.15 : Exploitation et fermeture du casier n°01.**

Source : Auteure, 2015, 2018+ DEW 2017

h. La gestion des lixiviats

La gestion des lixiviats comprend deux étapes importantes ; la collecte et le traitement. Dans ce qui suit nous allons se pencher sur le volet « collecte », le volet « traitement » pour sa part va être traité dans l'analyse du fonctionnement.

En ce qui concerne la collecte, le CET d'Ibn Badis a été doté d'un réseau de collecte des lixiviats, ce réseau est placé au fond du casier et le transport du liquide pollué se fait

par gravité. Selon les orientations de l'étude d'impact sur l'environnement, il est recommandé d'utiliser des drains en PEHD ou PVC d'un diamètre minimum de 30 cm avec des parois épaisses et qu'ils soient posés sur un lit de gravier drainant et couverts avec ce même matériau afin d'assurer une résistance aux charges produites par les déchets enfouis ainsi que leur compactage.

Il a été remarqué la présence des lixiviats aux abords du casier, ce qui mène à penser que soit le système d'étanchéité du casier est défaillant, soit les conduites transportant les lixiviats sont fissurées, ce qui présente un réel risque de contamination du sol, des eaux souterraines et de surface, (figure n°07.16).



Figure n°07.16 : La présence des lixiviats en bas du casier fermé

Source : Auteure 2018. 2020.

i. Les eaux de surface

On vise par « eaux de surface » les eaux pluviales circulant à la surface proche ou à l'intérieur même du périmètre du CET. Le site du CET se caractérise par une pluviométrie moyenne évaluée à 4mm/j, qui s'étale du mois de décembre au mois d'avril, avec une moyenne de 150 jour de pluie.

Le réseau hydrographique est relativement dense en descendant vers le Rhumel. Il existe des risques de pollution des eaux de l'oued Nehas et de l'oued Tarf, qui pourraient transmettre la pollution à l'oued Boumerzoug.

En ce qui concerne les eaux présentes à l'intérieur du périmètre du CET de Boughareb, elles doivent être gérées d'une manière à éviter leur stagnation et à réduire leur percolation des déchets, à cet effet et suite aux directives de l'étude d'impact sur l'environnement du CET d'Ibn Badis, il a été réalisé un système de drainage par des caniveaux au niveau des voiries ainsi qu'en bas du casier qui va permettre leur évacuation vers les talwegs, cependant ces caniveaux sont bouchés et mal entretenus (manque de nettoyage) ce qui nuit à leur drainage (figure n°07.17).



**Figure n°07.17 : Etat des caniveaux de drainage des eaux à l'intérieur de CET
« Boughareb »**

Source : Auteur, 2022

j. Les unités de traitement ou de valorisation des déchets

Il est commun d'envisager la réalisation d'unités pour le traitement et la valorisation des déchets dans les centres d'enfouissement technique des DMA. Deux types d'unités sont les plus répandues : le centre de tri et le centre de compostage.

Au niveau du CET de Boughareb il n'existe aucune unité de ce genre, le traitement des

déchets se limite dans des opérations de tri effectuées manuellement à l'intérieur du casier d'enfouissement, les matières visées sont le plastique principalement, ces matières une fois récupérées seront par la suite stockées dans des espaces à proximité du casier pour être vendues plus tard, (figure n°06-18) .



Figure n°07-18 : Stockage du plastique récupéré dans le CET « Boughareb »

Source : Auteur, 2022

k. Intégration paysagère

Dans l'étude d'un centre d'enfouissement technique, le critère d'intégration paysagère implique l'aménagement du site du CET de manière à le rendre visuellement plus acceptable dans son environnement en utilisant de la végétation pour atténuer l'apparence du site. Pour la gestion des centres d'enfouissement technique des déchets, l'intégration des paysages est cruciale, à la fois sur le plan environnemental et social, du moment où elle offre une acceptabilité visuelle : en permettant de rendre le site de stockage plus attrayant et respectueux de l'environnement (Préfecture de l'Oise, 2013), en contribuant à réduire l'impact visuel des CET de déchets en les intégrant plus harmonieusement dans le paysage environnant (Agence Epure Paysage, 2016), en participant à la protection des milieux naturels et écologiques limitrophes (Préfecture des Yvelines, 2018), et enfin en œuvrant pour une meilleure acceptation sociale puisque la population locale peut accepter un centre de stockage si il est bien aménagé et intégré dans le paysage (Inspection Générale de l'Environnement, 2002)

Malheureusement, en dépit de tous les avantages cités ci-dessus, le CET de Boughareb n'a bénéficié que d'un minimum d'attention en matière d'intégration paysagère, il s'agit de plantations : arbres et arbustes localisés aux alentours de l'espace de stationnement des véhicules utilitaires et de la zone de pesage. (figure n°07.19).



Figure n°07.19 : Ecran végétal discontinu pour embellir l'entrée du CET
Source : Auteure. 2018, 2020

7.4.6. Evaluation de l'exploitation du Centre d'Enfouissement Technique « Boughareb »

a. Accessibilité

L'accessibilité au CET se fait par le CW 133 menant vers Constantine, elle est assurée par une seule voie à double sens, d'une largeur de 07m, l'entrée du CET se situe à gauche de cette voie, ce positionnement de l'entrée occasionne beaucoup d'embouteillages ayant pour cause l'incompatibilité de la largeur de la voie avec le flux des camions transportant les déchets en plus du trafic habituel de la population empruntant cette voie (figure n°07.20).

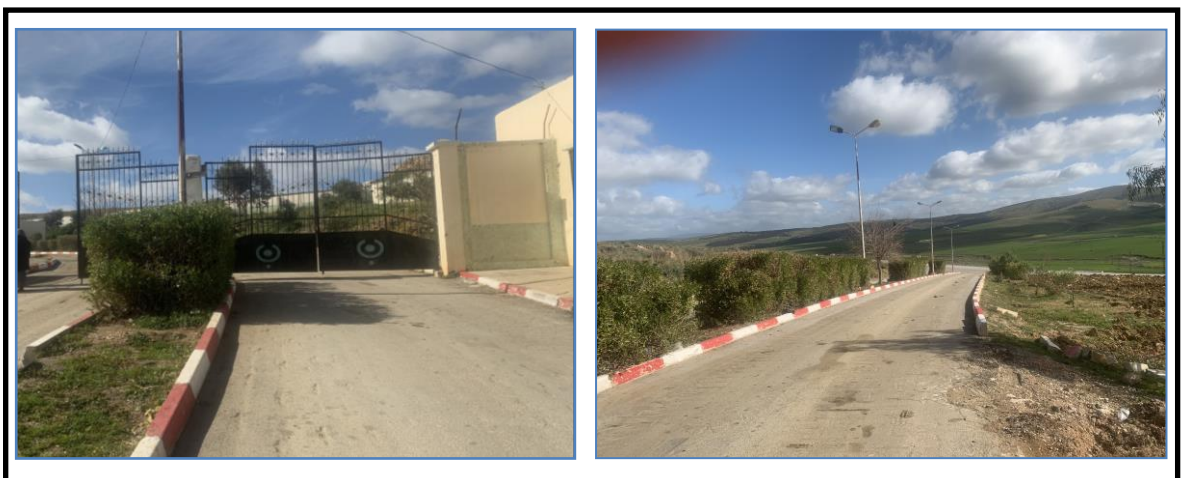


Figure n°07.20 : Accès au CET de « Boughareb »
Source ; Auteure 2020.

b. Accueil & contrôle des déchets

Tous les déchets arrivant au CET doivent subir un contrôle qui a pour but de vérifier la compatibilité de ces déchets avec la liste des déchets admissibles dont dispose l'agent, à l'entrée du CET d'Ibn Badis, il existe une loge réservée pour les agents de sécurité qui sont chargés de contrôler le contenu de chaque camion arrivant au CET, ce contrôle est suivi par une opération d'admission (figure n°07.21).



Figure n°07.21 : Poste de contrôle
Source ; Auteure, 2020.

On peut remarquer que la loge a été conçue au même niveau que la voie de circulation ce qui empêche l'agent de s'assurer du type de déchet contenu dans les véhicules entrants dont la hauteur varie de 2 à 3 mètres.

c. Pesage & enregistrement des déchets

Le pesage et l'enregistrement des déchets représentent l'opération d'admission, qui se fait au niveau d'une loge à côté du pont bascule, où on recueille les informations concernant : le tonnage, la provenance, l'immatriculation, le paiement. La pesée est une étape très importante, c'est grâce à elle qu'on peut établir certains paramètres de suivi du fonctionnement d'un CET, tels que la quantité des déchets admis, la production par provenance, le coût.

En règle générale, la pesée se fait à l'aide d'un pont bascule, « Un pont bascule est nécessaire pour une pesée précise des déchets entrants, il devrait être situé à côté de la zone de réception des déchets et suffisamment loin de la voie publique afin d'éviter de faire la queue sur la route » (landfill manuals monitoring, 2003).

Le CET d'Ibn Badis est équipé d'un pont bascule de type « Hors Sol », c'est-à-dire qu'il est monté en surface, cependant lors de notre visite sur terrain en 2019, on a pu constater qu'il est hors service à cause de l'endommagement de ses capteurs, ce qui fait

que les quantités exactes du déchet admises au CET sont méconnues, elles sont plutôt calculées par rapport à la capacité du camion transportant les déchets, (figure n°07.22)



Figure n°07.22 : Loge d'admission et système de pesage du CET d'Ibn Badis

Source : Auteure, 2019

d. L'exploitation du casier »

Le CET de « Boughareb » est le seul centre d'enfouissement technique ayant fonctionné au niveau de toute la wilaya de Constantine. Il a commencé à être exploité en 2010, en recevant les déchets de 06 communes au lieu de 04 initialement programmées : Constantine, Ibn badis, Ain Smara, El Khroub, Ain Abid et Ouled Rahmoun. L'exploitation du casier consiste en l'étalage des déchets, leur compactage et la pose de la couche de couverture intermédiaire composée de la terre végétale.

Le CET de « Boughareb » couvre une superficie totale de 78 hectares dont 41 hectares sont destinés à l'enfouissement technique des déchets (le CET a été conçu pour abriter 10 casiers au total), cependant (1) un seul casier a été réalisé et mis en exploitation depuis l'année 2010 jusqu'à sa fermeture officielle en 2019. Ce dernier s'étend sur une superficie de 3 ha et présente une capacité d'enfouissement de 200 000 m³, ce volume sera théoriquement rempli de 80 % de déchets compacts (soit 160 000 m³) et de 20 % de terres

de couverture (soit 40 000 m³). L'évolution des quantités de déchets ménagers et assimilés (DMA) enfouis dans le centre d'enfouissement technique (CET) de Boughareb sur la période de 2010 à 2015, indique que depuis la mise en service du CET de « Boughareb », l'augmentation des quantités de DMA enfouis est généralement observée, avec une variation significative d'une année à l'autre, on peut distinguer deux périodes principales :

De 2010 à 2012 : La période de 2010 à 2012 est marquée par une légère augmentation des quantités de DMA enfouis d'année en année, passant de 57304,79 tonnes en 2010 à 72261,34 tonnes en 2011 pour ensuite baisser en 2012 à 53642,4 tonnes. Cette irrégularité des tonnages enfouis peut s'expliquer par le fait que durant cette période, le CET recevait les déchets en provenance de quatre (04) communes seulement : Ibn Badis, Ain Abid, OuledRahmoune et El Khroub, dont la majorité sont des commune mixtes (MI), où la proportion de la population résidant en milieu urbain varie de 45 % à 75 %.

De 2013 à 2015 : Dès 2013, les quantités de DMA enfouis augmentent rapidement, passant de 180414 tonnes en 2013 à 273600,36 tonnes en 2014 pour baisser légèrement à 258969 tonnes en 2015. Ceci peut s'expliquer par plusieurs facteurs, tels que la croissance démographique & l'augmentation du niveau de vie des citoyens conduisant à une plus grande consommation qui se traduit par une plus grande production de déchets. Cependant le facteur ayant l'impact le plus significatif pour nous est l'augmentation du nombre de communes qui déversent leurs déchets au CET passant de 4 à 6 en ajoutant les communes de : Constantine et d'Ain Smara puis à 5 en retirant la commune d'Ain Smara en 2015, notons que la commune de Constantine à elle seule produit 60% en 2013, 57.63% en 2014 et 53% en 2015 de la totalité des tonnages de déchets enfouis au CET de Boughareb, (figure n°07.23).

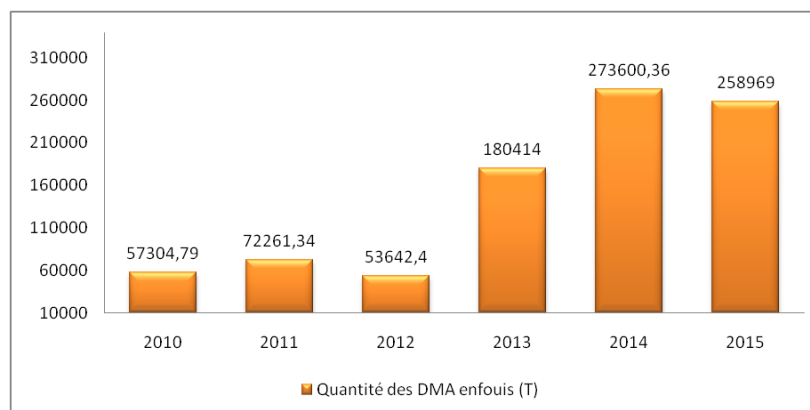


Figure n°07.23: Quantité des DMA enfouis CET de Boughareb (2010-2015)

Source : Conception de l'auteure sur la base des données de l'EPWCET

Après avoir atteint sa saturation en 2015, le CET a continué à recevoir les déchets pour les déverser dans la décharge qui se situe dans son enceinte, d'après la figure n° ,on remarque que la quantité de DMA déversés a diminué de manière constante de 2016 à 2019 : la plus grande quantité de DMA déversés a été enregistrée en 2016 (350 000 T), tandis que la plus petite quantité a été enregistrée en 2019 (102 612,408 T), la diminution est de l'ordre de 70 % entre 2016 et 2019, la cause principale de cette diminution est la saturation de la décharge et son attribution pour recevoir uniquement les déchets de la commune d'Ibn Badis ,(figure n°07.24).

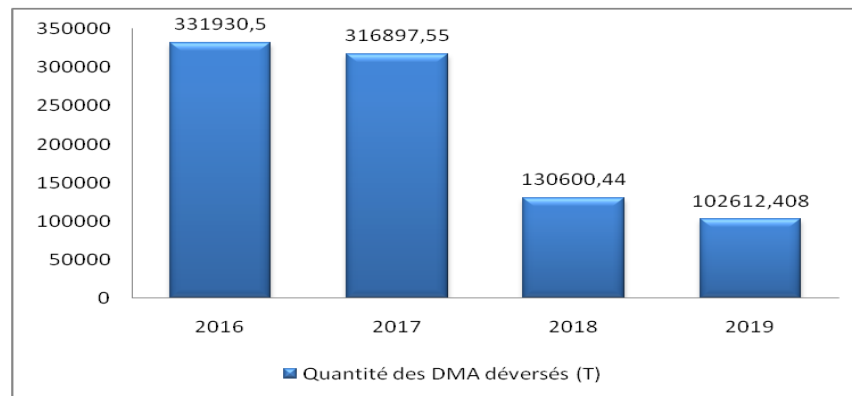


Figure n°07.24: Quantité des DMA admise au CET de Boughareb après la saturation (2016- 2019)

Source : Conception de l'auteure sur la base des données de l'EPWCET

L'action de compactage des déchets est indispensable pour le bon fonctionnement du CET. En effet, l'enfouissement des déchets sans compactage présente un impact direct sur le volume des déchets enfouis et fait en sorte que le casier soit donc saturé avant terme. Autrement dit : appliquer un bon compactage permettra l'enfouissement d'une plus grande quantité de déchet et donc l'allongement de la durée de vie du casier en cours d'exploitation ce qui allongera la durée de vie du CET. Le taux de compactage retenu dans les schémas de traitement des DMA et l'étude d'impact sur l'environnement du groupement de Constantine est compris entre 50 % et 80 %.

Afin d'atteindre un bon taux de compactage et vu la composition de nos déchets en Algérie qui est caractérisée par une forte présence de la matière organique difficilement compactable par rapport aux déchets d'emballage, il est recommandé d'utiliser un compacteur à pied de mouton, le compactage devra être réalisé sur une couche de déchet de 80 cm.

Faute de l'endommagement de l'unique compacteur à pied de mouton, l'action de compactage n'a été réalisée qu'en début de l'exploitation du CET, par la suite les déchets

ont été enfouis par simple étalage à l'aide d'un engin appelé retro-chargeur.

e. Les couvertures journalières

La couverture journalière est une couche de terre naturelle déposée sur la couche du déchet et compactée à la fin de chaque journée d'exploitation, cette couche va permettre de lutter et diminuer les différentes nuisances associées à l'exploitation du CET, telle que : la mauvaise odeur, l'envol des déchets légers, la propagation des rongeurs et animaux errants...etc. Au niveau du CET de Boughareb cette pratique a été négligée, les chargés de l'exploitation ont estimé que la mise en place de cette couche va diminuer la capacité d'enfouissement du casier.

f. Le traitement des lixiviats

En théorie, une fois que le liquide qui compose les lixiviats est récupéré via un système de collecte, il est par la suite acheminé vers une zone de traitement, qui se compose en général des éléments suivants : un bassin de stockage, un bassin de sédimentation, une citerne de stockage temporaire et une installation de traitement, elle doit être délimitée par une clôture grillagée.

L'étude d'impact sur l'environnement du CET de Boughareb stipule que la collecte des lixiviats générés par l'exploitation du CET soit réalisée par la mise en place d'un drain central en PVC au niveau de chaque casier qui a pour objectif de collecter et d'évacuer toutes les eaux de percolation vers un point bas dont l'extrémité est reliée à une buse en béton dont le diamètre varie en fonction de la quantité d'eaux de percolation à évacuer. Il est nécessaire de recouvrir ce drain central d'une couche de sable fin et d'une couche de gravier de granulométrie faible à moyenne.

Pour le traitement des lixiviats collectés, jusqu'en 2021, ce traitement se faisait par lagunage aéré. Il s'agit d'une technique simple et moins coûteuse en comparaison avec d'autres qui ne requiert ni l'utilisation de substances chimiques ni d'énergie externe. C'est une méthode biologique de traitement qui repose sur une série de bassins aérobies afin de décomposer la pollution organique et minérale (Khattabi et al, 2002). Le lagunage comporte également quelques contraintes telles que : un espace important nécessaire : un grand risque de pollution des sols et des eaux souterraines.

N'assurant pas une élimination complète de tous les polluants: le lagunage n'a pas la capacité d'éliminer tous les polluants présents dans les lixiviats, en particulier les métaux lourds et certains composés organiques persistants. Il est donc essentiel de combiner le

lagunage avec d'autres méthodes d'épuration, comme la filtration ou l'osmose inverse, afin d'obtenir un traitement optimal des lixiviats.

Sur le terrain, on a pu constater qu'au niveau du CET d'Ibn Badis, le lagunage est pratiqué comme étant l'unique moyen de traitement après lequel ils sont rejetés dans la nature avec tout ce qu'ils présentent comme risques sur la faune, la flore et la santé humaine.

À partir de l'année 2021, le CET de « Boughareb » a bénéficié d'une station de traitement des lixiviats, financée par le MEER à travers le fonds national de l'environnement et du littoral (MEER, 2022), cette station est hors service depuis 2023, (figure n°07.25).

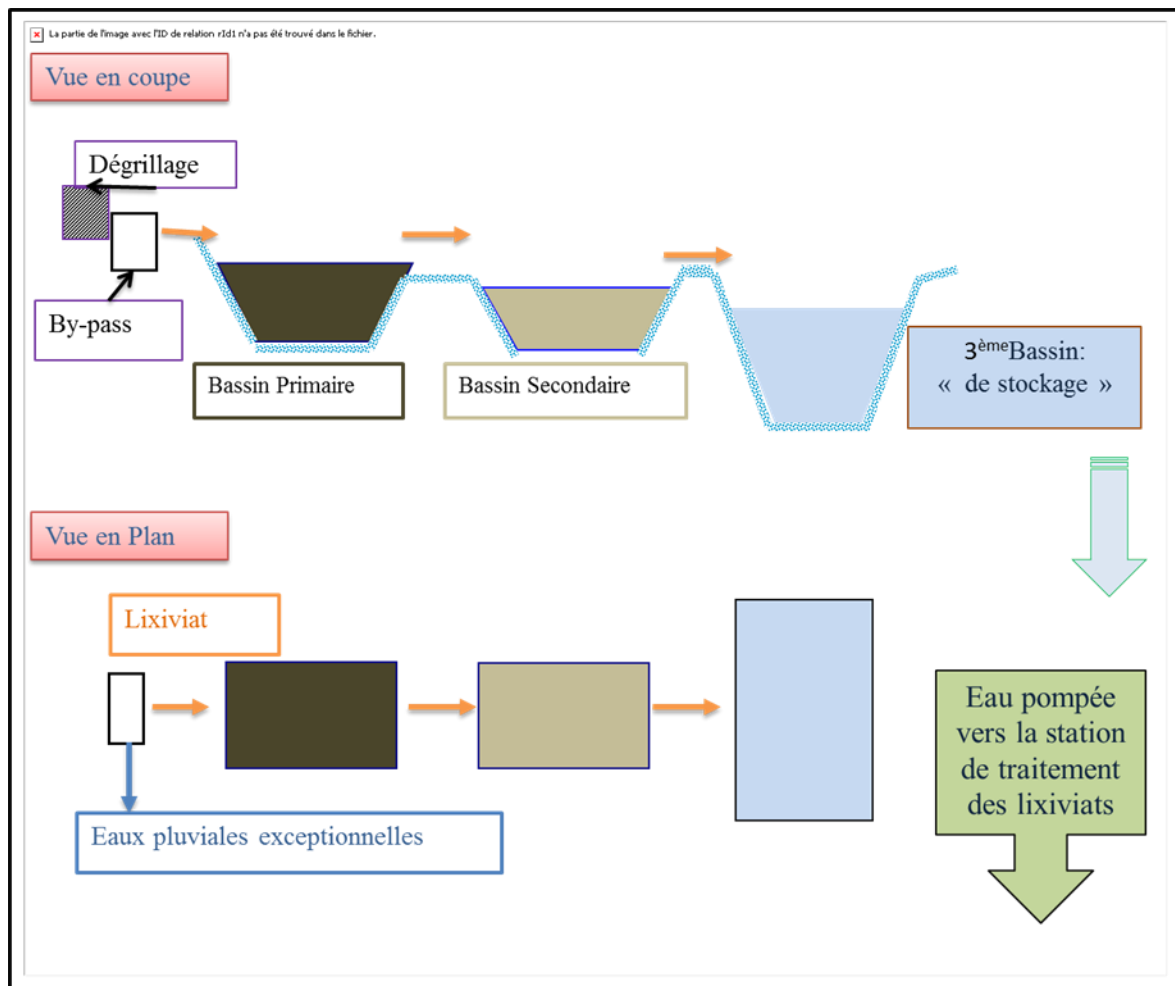


Figure n°07.25 : Synoptique du système de traitement des lixiviats au niveau du CET de Boughareb

Source : Auteure. Sur la base des données du schéma de traitement des DMA du Groupement de Constantine, 2023

La zone de traitement par lagunage au niveau du CET d'Ibn Badis se compose d'une série de trois (03) bassins à ciel ouvert, successivement installés, avec une délimitation par

grillage de l'ensemble de cette zone : le premier bassin dit « primaire » ainsi que le deuxième bassin « secondaire » sont de dimensions identiques qui sont de: 1600 m² chacun. Un troisième bassin de stockage est de moindre importance puisqu'il accueillera les eaux claires, il présente des dimensions de 400 m, ce qui représente une superficie totale de $(1600 \times 2) + 400 = 3600$ m² (figure n°07.26).

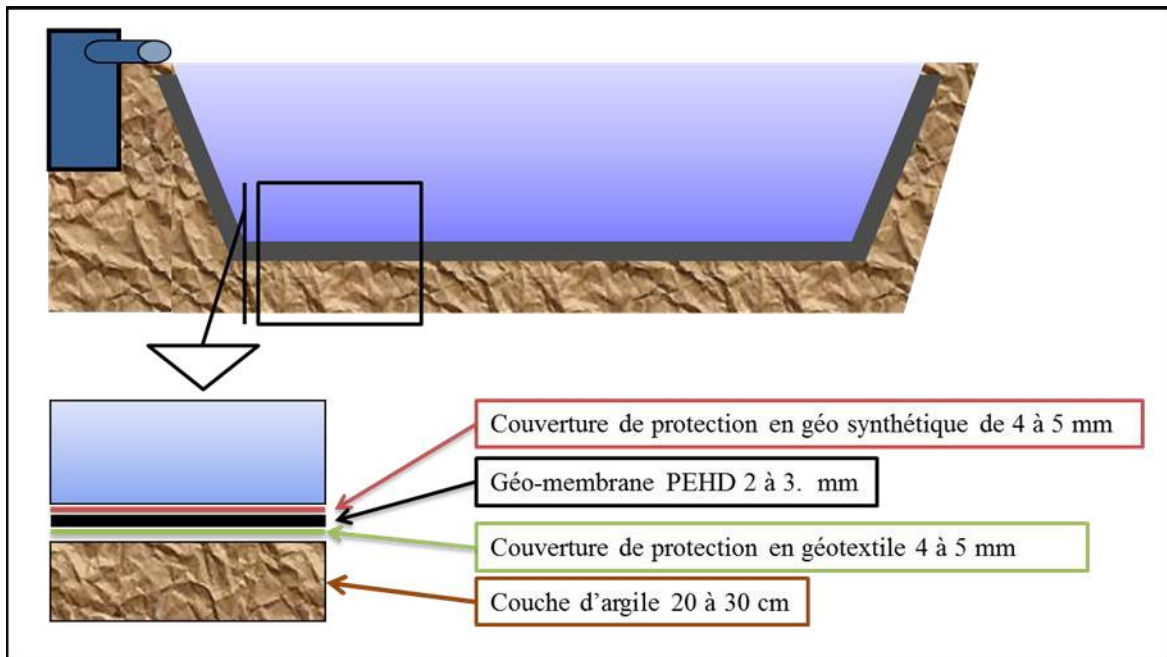


Figure n°07.26 : Coupe verticale sur une lagune

Source : Schéma Directeur de gestion des déchets solides urbains du Groupement de Constantine +Traitement de l'auteur.

La collecte et le traitement des lixiviats au CET d'Ibn Badis sont l'un des principaux problèmes rencontrés. Le dispositif de collecte des lixiviats présente des défaillances et ne permet pas de collecter tous les lixiviats produits. On a pu remarquer des fuites assez importantes du lixiviat en bas du casier ce qui peut se traduire par des fissures au niveau des conduites acheminant les lixiviats du casier vers les bassins de lagunages. Pendant les périodes de fortes crues, les bassins de lagunage débordent dans un ruisseau qui traverse les terres agricoles situées à proximité du site et qui rejoint l'oued Nehas et l'oued Taref, ce qui augmente le risque d'une contamination des eaux de surface, (figure n°07.27).



Figure n°07.27 : problèmes de gestion des lixiviats aux CET de Boughareb.

Source : Auteure 2018 et 2020

g. Le traitement des biogaz

La gestion des bio gaz formés à l'intérieur du casier par la dégradation de la matière organique contenue dans les déchets enfouis, englobe leur extraction puis leur valorisation/élimination, dans le cas où ces gaz restent enfermés le risque d'explosion et de prise de feu est très élevé.

L'élimination des biogaz au niveau du CET de Boughareba été envisagée par le biais de brûlage à travers la mise en place de torchères à l'intérieur de buses en béton perforées. Les torchères seront installées à une distance de 40 à 50 mètres. En règle générale, la formation des biogaz ne commence qu'au bout de deux (02) ans d'exploitation, cependant, même après la fermeture du casier, aucune mesure ou système d'élimination des bio gaz n'ont été installés.

h. Les moyens humains & matériels

Les moyens humains et matériels constituent une condition impérative pour une plus grande efficacité opérationnelle et pour pouvoir mieux répondre aux exigences de la réglementation en vigueur.

Le tableau suivant résume les moyens humains et matériels, dont dispose le CET de « Boughareb » (tableau n°07.08).

Tableau n°07.08 : Moyens humains & matériels du CET de Boughareb.

Moyens humains		Moyens matériel	
Poste	Mission	Moyen	Etat & Mission
Chef d'unité	superviser le personnel, de planifier les opérations, de respecter les réglementations et de gérer le budget du centre d'enfouissement.	2 Camions	loués afin de transporter les déchets vers le centre d'enfouissement.
14 employés	les tâches quotidiennes d'exploitation du centre d'enfouissement, comme le pesage des déchets, le déchargement des camions, le compactage des déchets et l'entretien du site.	2 Citernes	garantir l'alimentation en eau dans le CET, puisque le CET n'est pas raccordé au réseau d'AEP
10 gardiens	La sécurité du site et le contrôle des accès.	Tracteur	En état de marche, employé pour effectuer différentes tâches, comme le remorquage des remorques, le nivellement du terrain et le nettoyage du site.
		Retro-Chargeur	En état de marche, employé afin de remplir les camions de déchets et de niveler le terrain.
		Groupe électrogène	En état de marche, employé afin de fournir de l'électricité en cas de coupure de courant.
		Pont bascule	En état de maintenance, il sert à mesurer les déchets qui arrivent
		Chargeur à Chenille	En état de marche, employé afin de charger les déchets lourds et de déplacer les matériaux sur le site.
		Compacteur de marque VANDEL (en panne)	En panne, il est employé pour compacter les déchets dans le but de diminuer leur taille et d'optimiser l'espace de stockage.

Source : EPIC de gestion des CET de la Wilaya de Constantine + Auteure.

En analysant les données citées plus hauts, on peut dire que la présence d'un personnel relativement nombreux au centre d'enfouissement permet de réaliser les tâches

quotidiennes d'exploitation. Egalement l'existence d'un vaste parc matériel, permet de réaliser la majorité des tâches requises pour l'exploitation du site. Cependant, on a pu soulever quelques points faibles qui peuvent nuire au bon fonctionnement du CET, on note :

Le manque de personnel qualifié : aucun document n'indique si le personnel est compétent pour les tâches à accomplir. Le centre d'enfouissement pourrait nécessiter une formation de son personnel ou un recrutement de personnel qualifié. L'état de certain nombre de matériel qui est soit vieillissent et en panne, ce qui peut restreindre la capacité du centre d'enfouissement à fonctionner de manière optimale. Le pont-basculé en état de maintenance: Le pont bascule est en travaux de maintenance, ce qui empêche la pesée des déchets à l'entrée du site. Cela peut engendrer des difficultés dans le contrôle des quantités de déchets entrant et dans la facturation des clients et dans le suivi de l'exploitation du CET.

i. Le suivi de l'exploitation

L'objectif du suivi de l'exploitation est d'assurer un contrôle interne du fonctionnement du CET, ceci afin de détecter le moindre dysfonctionnement et agir pour le résoudre, il veille au bon déroulement des différentes étapes de l'exploitation du CET, allant de la réception des camions de déchets jusqu'au traitement des différents effluents et l'entretien périodique des engins.

Au niveau du CET de Boughareb, on a pu soulever différentes déficiences affectant son exploitation :

- Une exploitation aléatoire du casier : l'enfouissement des déchets dans le casier doit se faire de façon graduelle ; le casier est fractionné en un nombre d'alvéoles qui vont par la suite être remplies une par une. Dans notre cas, le casier a été initialement divisé en 03 alvéoles, cependant lors de l'exploitation toute la surface du casier a été utilisée en même temps.

- Les déchets ne subissent plus d'opération de compactage, ce qui nuit à l'exploitation du casier faisant diminuer sa durée de vie.

- Les envois : à l'absence d'une collecte sélective, les déchets admis au CET d'Ibn Badis contiennent une quantité importante de : papier, plastique et carton. En raison de leurs poids, ces déchets peuvent s'envoler et se déplacer en dehors du casier voir même en dehors du CET ; ceci est du majoritairement à l'absence de la couche de couverture

journalière qui doit se faire en fin de chaque journée d'exploitation du casier.

- Les nuisances olfactives : une grande partie des déchets admis au CET est de types organiques qui en se décomposant génère de forte odeur nauséabonde et crée de ce fait une nuisance olfactive ressentie sur le site et par le voisinage. Ceci a pour causes: l'absence d'un réseau de dégazage des biogaz ainsi que la couche de couverture journalière.

- La prolifération des insectes et rongeurs : les CET d'ibn Badis est responsable de la prolifération des rongeurs et les insectes qui sont à l'origine de beaucoup de plaintes de la part des riverains, il faut rappeler qu'ils peuvent véhiculer certaines maladies. En effet, les casiers à ciel ouvert du CET représente un milieu idéal de vie et de reproduction.

- L'atteinte au cadre de vie : les habitants du voisinage du CET déplorent l'état de leur cadre de vie qui connaît une dégradation juste quelques temps après le début de l'exploitation du premier casier, à cause de : la propagation des insectes, vermines et rongeurs et les nuisances olfactives et visuelles.

Le CET de « Boughareb », qui a été ouvert en 2010, avait pour objectif d'apporter une élimination respectueuse de l'environnement et de moderniser le secteur de la gestion des déchets. Cependant, malheureusement, il a été fermé quatre ans plus tard en raison des protestations des résidents de la commune d'Ibn Badis, qui sont confrontés à des odeurs désagréables et à des problèmes de lixiviats.

7.5. EVALUATION DE LA PRATIQUE DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE A LA WILAYA DE CONSTANTINE (ANALYSE SWOT)

La méthode de l'analyse SWOT est une méthode d'évaluation stratégique qui vise à repérer les Forces (Strengths), les Faiblesses (Weaknesses), les Opportunités (Opportunities) et les Menaces (Threats) d'une entreprise, d'un projet ou d'une organisation. Grâce à cette approche, il est possible de dresser un portrait exhaustif des éléments internes et externes qui influencent une entité, ce qui facilite la création de stratégies en tirant parti des atouts, en résolvant les lacunes, en exploitant les opportunités et en anticipant les risques (Analyse-swot, s. d.), (figure n°07.28).

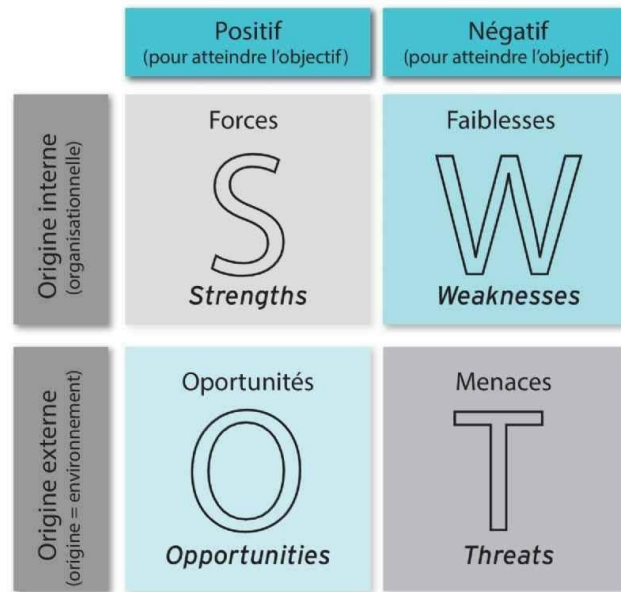


Figure n°07.28 : la matrice SWOT

Source : https://cdn.edistatic.fr/image/upload/c_scale,f_auto,q_auto,w_800/v1/Img/FICHE_OUTIL/2023/2/324670/schema-matrice-swot-1-F.jpg (Consulté le 20. 02.1023)

L'application de cette méthode d'analyse a permis d'aboutir aux résultats suivants :

7.5.1. Les Forces (Strenght) :

- Le CET d'Ibn Badis joue un rôle essentiel dans la gestion des déchets ménagers et assimilés au niveau de la wilaya de Constantine, en garantissant leur traitement et leur élimination en respectant les réglementations en vigueur.

- Une grande capacité de stockage : Le CET dispose d'une superficie considérable estimée à 78 hectares, dont 41 hectares sont réservés à l'enfouissement (38 hectares actuellement disponibles), ce qui lui confère une capacité de stockage importante, permettant ainsi de traiter une grande quantité de déchets sur une période prolongée.

- La traçabilité : Le CET de Boughareb dispose d'un système de pesage et d'identification qui permet de mesurer les DMA entrant et de déterminer leur origine, ce qui est bénéfique pour les études en environnement et pour le système de gestion des DMA en général.

- L'existence d'une station de traitement des lixiviats : le CET est équipé d'une station de traitement des lixiviats, un liquide provenant de la décomposition des déchets, ce qui permet de réduire son impact sur l'environnement.

- La possibilité de valorisation des biogaz : Le gaz généré par la décomposition des déchets (biogaz) composé principalement du méthane, peut être exploité pour générer de l'électricité ou de la chaleur, ce qui offre une occasion de mettre en valeur une ressource

énergétique renouvelable.

7.5.2. Les Faiblesses (Weakness)

- L'accessibilité du CET : l'accès au CET est assuré par une seule voie à double sens, déjà existante avant sa réalisation, la mise en exploitation du CET a provoqué un problème énorme d'embouteillage au niveau du tronçon assurant l'accès au CET du fait de la sous-dimension de la voie par rapport aux flux de camions entrant dans le CET.

- La fermeture du premier casier sans la création d'un nouveau : Le premier casier fonctionnel du CET a été fermé après avoir atteint sa saturation, sans qu'un deuxième casier soit réalisé et mis en service pour diverses raisons (le manque de financement, la bureaucratie, ...etc). Cela a entraîné une crise majeure pour l'élimination des DMA provenant de six communes, cet état de fait indique clairement une absence d'une planification et de coordination entre les différentes parties intervenantes, ce qui pose un défi majeur pour la gestion future des déchets (Soukehal & Bouadam, 2022).

- Les incendies : plusieurs incendies ont survenus au sein du casier n°1 durant son exploitation, ceci est dû à l'absence d'un système de captage et de gestion des biogaz émanant de la décomposition des DMA enfouis dans le casier, ce qui engendre des fumées toxiques ainsi qu'une atteinte à la qualité de l'air (pollution atmosphérique) et au bien-être de la population riveraine.

- Une gestion déficiente des lixiviats : au CET de Boughareb, la gestion des lixiviats, un effluent liquide extrêmement pollué et polluant, pose des difficultés pour diverses raisons, notamment l'utilisation du système de lagunage comme seule méthode de traitement, le retard enregistré dans la mise en place de la station de traitement des lixiviats (mise en place après la fermeture du casier n°1) et l'arrêt de cette dernière une année plus tard.

- Les nuisances olfactives : Les odeurs désagréables dégagées du CET sont une source de gêne majeure pour les habitants riverains, impactant ainsi leur qualité de vie et provoquant leur colère et refus.

- Absence d'une gestion des biogaz : Aucune gestion n'est mise en place pour les biogaz (pas de captage ni élimination), et la valorisation des gaz d'enfouissement n'est pas encore mise en place sur le site, ce qui prive le CET d'une source potentielle de revenus et de valorisation énergétique, tout en impactant la qualité environnementale.

7.5.3. Les opportunités (Opportunities)

- L'amélioration du traitement des lixiviats : En utilisant des technologies novatrices et en installant une station de traitement plus performante, il serait possible de réduire l'impact environnemental du CET et de préserver les ressources en eau.

- L'encouragement étatique des activités de valorisation des DMA : la valorisation des DMA représente un secteur en pleine expansion en Algérie surtout avec l'encouragement des politiques de l'Etat notamment la stratégie nationale de gestion intégrée des déchets qui met l'accent sur la nécessité d'augmenter le taux de valorisation des DMA et de réduire impérativement le taux de mise en décharge et/ou d'enfouissement. En développant de nouvelles industries de valorisation, les centres de stockage des DMA pourraient avoir la possibilité de générer des revenus et de diminuer leur dépendance aux subventions publiques.

- Le développement de l'économie circulaire : ce qui impliquerait l'intégration des centres d'enfouissement techniques des DMA dans une approche d'économie circulaire afin de maximiser la valorisation des DMA et de diminuer la quantité de déchets et donc d'allonger leur durée de vie.

- La mise en place d'un dispositif de collecte et de valorisation des biogaz : En utilisant un système de collecte et de valorisation des biogaz, il sera possible de diminuer l'empreinte écologique du CET en contrôlant les émissions de gaz à effet de serre, en produisant de l'énergie renouvelable mais aussi de générer des revenus supplémentaires pour le CET.

- La modernisation et le renforcement du secteur de la gestion des déchets : l'application du tri à la source et d'une collecte sélective, pourraient diminuer la quantité des déchets à enfouir et augmenter sa durée de fonctionnement

- Amélioration de l'implication des populations locales : l'une des principales raisons de la fermeture prématurée du CET de Boughareb est l'opposition de la population locale. Par conséquent, la mise en œuvre de programmes de sensibilisation et d'implication des populations locales en tant qu'acteurs à part entière serait bénéfique pour favoriser une meilleure acceptation du CET, renforcer la collaboration entre les différentes parties prenantes et favoriser une gestion durable des déchets.

- La mise en place d'un dispositif de contrôle des odeurs : L'implémentation d'un dispositif de régulation des odeurs efficace, comme des dispositifs de désodorisation ou des bio-filtres, permettrait de diminuer considérablement les nuisances olfactives et d'améliorer

la qualité de vie des habitants des zones environnantes.

7.5.4. Les Menaces (Threats)

- L'augmentation continue de la quantité de déchets produite entraîne une pression croissante sur la capacité du CET, ce qui risque de le saturer plus rapidement que prévu.

- L'évolution des réglementations environnementales : ce qui pourrait entraîner des exigences plus rigoureuses pour le CET en ce qui concerne la réalisation de nouveaux casiers, le traitement des déchets et la protection de l'environnement, ce qui demanderait des investissements considérables et engendrerait des problèmes bureaucratiques.

- L'opposition de la population riveraine : Les populations voisines qui s'opposent au CET pourraient faire obstacle à la réouverture du CET de Boughareb mais également aux futurs projets de réalisation d'autres CET sur le territoire de la wilaya de Constantine, rendant ainsi la gestion future des déchets plus complexe.

- Le financement : Les investissements nécessaires pour améliorer la gestion des déchets et réduire son impact environnemental pourraient être restreints par le manque de financement adéquat.

Les résultats de l'analyse SWOT du CET d'Ibn Badis soulignent des défis importants concernant l'élimination des déchets par enfouissement dans la wilaya de Constantine. En effet, en dépit de sa contribution cruciale au traitement et à l'élimination des déchets, le CET de Boughareb a fait face à des défis majeurs liés à sa saturation et fermeture avant terme, aux perturbations qu'il a causé et à la nécessité d'améliorer ses performances environnementales.

7.6. DEFAILLANCES DE LA PRATIQUE DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DMA A CONSTANTINE

L'enfouissement des déchets ménagers est une pratique répandue dans les pays en développement, souvent perçu comme la méthode la plus facile et la plus abordable économiquement pour gérer les quantités de déchets croissants. Toutefois, la pratique l'enfouissement présente des défaillances majeures tant sur le plan environnemental, social, économique ainsi que politique :

7.6.1. Inexistence d'infrastructures d'enfouissement technique opérationnelles :

En dépit des investissements colossaux dépensés pour la réalisation de deux centres d'enfouissement technique dédiés au DMA au niveau des communes d'Ibn Badis et de Zighoud Youcef, ces deux installations d'élimination des DMA sont actuellement fermées,

une fermeture prématurée ou avant même ouverture. Cette situation a conduit les autorités locales à se tourner vers l'exploitation des décharges publiques déjà existantes ou bien la réouverture d'anciennes décharges fermées comme celle de la sortie Ouest de la ville d'Ain Smara. Les décharges actuellement en exploitation sont soumises à une pression due à la fermeture des deux CET, elles sont en mauvais état de gestion, avec un manque de compactage régulier des déchets, une absence de recouvrement quotidien et un tri informel anarchique par les récupérateurs. Cette situation encourage la multiplication des insectes, les risques d'incendies et de sérieux risques, pour l'environnement et la santé.

7.6.2. Pertes économiques :

L'enfouissement technique tel qu'il est pratiqué à Constantine (enfouissement sans récupération de la fraction valorisable présentée dans les DMA) peut être considéré comme une perte de ressources secondaires qui pourrait être réutilisée par le recyclage.

7.6.3. Inadaptabilité du plan de gestion et de traitement des DMA :

Les communes de la wilaya de Constantine ne disposent pas de plans de gestion et de traitement des DMA récents le seul plan disponible date de l'année 2002, ce qui se traduit par l'absence d'une stratégie cohérente et d'un plan d'action concret pour la gestion durable des DMA à l'échelle de tout le territoire de la wilaya. Le recours à la mise en décharge reste la solution par défaut faute d'alternatives structurées de valorisation (tri, recyclage, compostage).

7.6.4. Déficit en ressources financières et techniques :

Les financements alloués à la gestion des déchets ne suffisent pas à effectuer les investissements requis dans des CET conformes aux normes, l'investissement initial est considérable, que ce soit en termes d'infrastructure, d'équipement ou des différentes études et autorisations requises. La création de sites d'enfouissement nécessite en effet des investissements importants pour aménager les terrains, installer des systèmes de drainage, collecter les gaz et assurer la surveillance. L'achat de matériel approprié, comme les compacteurs et les excavateurs, représente également un coût important, face à ces coûts exorbitants les CET de la wilaya de Constantine ont été réalisés d'une manière défectueuse : absence de station de traitement des lixiviats, absence de système de collecte et de traitement des GES ou encore utilisation d'engins vétustes et lenteur de leur réparation.

Finalement, la réalisation des études d'impact environnemental et les procédures

administratives liées à l'obtention des autorisations peuvent demander du temps et être coûteuses, l'étude d'impact du CET de Boughareb a été réalisée en 2002 alors que les travaux du CET ont été finalisés en 2010.

En outre, il y a un déficit du personnel compétent et de formation pour la conception, la construction et l'exploitation de ces infrastructures.

7.6.5. Difficultés liées au relief accidenté :

La wilaya de Constantine présente un relief montagneux et escarpé qui rend difficile l'identification de sites adaptés pour l'implantation de nouveaux CET, en termes d'accessibilité, de stabilité des sols et d'éloignement des zones résidentielles.

7.6.6. Rareté du foncier :

La wilaya de Constantine se caractérise par un taux d'urbanisation élevé évalué à 76,38% (ONS, 2008), ce qui rend l'identification de sites susceptibles de recevoir un centre d'enfouissement technique une mission difficile. En effet, les CET consomment de grandes surfaces de terres, ce qui peut être en conflit avec d'autres usages des terres, tels que l'agriculture ou l'habitat.

7.6.7. Opposition de la population :

La construction de nouveaux sites d'élimination des déchets (CET), suscite souvent l'opposition des communautés locales, qui craignent les conséquences néfastes sur leur santé et leur qualité de vie, l'inacceptation sociale des habitants des deux sites de CET de la wilaya de Constantine (celui d'Ibn Badis & de Zighoud Youcef) a été parmi les principales causes de leur fermeture.

7.6.8. Risques de contamination :

Les CET font face à un défi de contamination triple : le sol, les eaux et l'air. A cause de l'arrêt de la station de traitement des lixiviats installées récemment au CET de Boughareb, la wilaya de Constantine risque la contamination des sols et des eaux souterraines qui peut être causée par les lixiviats qui se forment au niveau des casiers du CET ou bien qui sont présentes dans les lagunes lorsque ces dernières débordent, ce qui représente une véritable menace pour la santé humaine et l'écosystème naturel.

Les CET de la wilaya de Constantine ne sont pas dotés d'un système de captage et d'élimination/valorisation du méthane dont ils sont responsables de la production, ce qui peut contaminer l'air. Ce gaz à effet de serre puissant qui non seulement contribue au

changement climatique, mais qui est également une source des dangers liés aux incendies de déchets qui peuvent provoquer des fumées toxiques, des désagréments olfactifs pour les habitants proches des zones d'enfouissement ($\leq 200\text{m}$).

7.6.9. Non-conformité avec les objectifs du développement durable :

La ville de Constantine, à l'instar de la majorité des villes de l'Algérie, recourt à l'enfouissement technique des déchets pour l'élimination de ses déchets. Cependant, dans un contexte où l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD) est une priorité de portée mondiale, il devient impératif de considérer la corrélation entre cette pratique d'élimination et les objectifs de l'Agenda 2030, il s'agit particulièrement des ODD spécifiquement liés aux domaines de la santé et du bien-être, de l'eau propre et de l'assainissement, de l'énergie propre et d'un coût abordable, du travail décent et de la croissance économique, de l'industrie, de l'innovation et des infrastructures, ainsi que des villes et des communautés durables, et de la lutte contre les changements climatiques.

L'évaluation a révélé que la pratique actuelle de l'enfouissement technique constitue un obstacle majeur à l'atteinte des Objectifs de Développement Durable, ceci à travers la pollution atmosphérique, les nuisances olfactives et les risques sanitaires directes et indirects. En effet, la pratique actuelle de l'enfouissement menace la durabilité des ressources hydriques à travers l'absence du traitement des Lixiviats et la valorisation du biogaz, cette pratique présente des freins pour l'atteinte l'objectif relatif à l'industrie, innovation et infrastructure qui résident dans l'inadéquation des infrastructures.

Ces défauts intensifient les impacts négatifs sur l'environnement (pollution de l'air, des sols et de l'eau) et la société (nuisances, opposition des citoyens). Néanmoins, la pratique de l'enfouissement technique (CET) pourrait devenir un moteur pour atteindre les objectifs du développement durable, en adoptant des solutions telles que la valorisation énergétique du biogaz, la modernisation du traitement des lixiviats et le développement d'une économie circulaire axée sur la valorisation des déchets.

CONCLUSION

À travers l'évaluation de la pratique de l'enfouissement technique à Constantine, matérialisée principalement par l'étude du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Boughareb, cette recherche a permis de mettre en lumière une série de dysfonctionnements structurels et opérationnels. En effet, l'exploitation de deux grilles d'analyse a révélé des insuffisances significatives, tant au niveau de la conception du site caractérisée par des insuffisances dans la sélection des paramètres de choix du site, de l'accessibilité du CET,...etc. Qu'au niveau de son exploitation marquée par des pratiques non conformes aux normes établies pour protéger l'environnement et la santé publique. Ces dysfonctionnements compromettent non seulement l'efficacité du procédé d'enfouissement, mais génèrent également des risques palpables en raison notamment de la contamination des sols, des eaux et de l'air.

Cette analyse confirme ainsi l'hypothèse de recherche initiale, selon laquelle les modalités de conception et d'exploitation des infrastructures d'enfouissement à Constantine sont porteuses de défaillances. Il en résulte ainsi une inadéquation entre les impératifs de durabilité environnementale, de salubrité publique et les pratiques observées sur le terrain.

Par ailleurs, l'analyse SWOT du CET de Boughareb à Ibn Badis) ; unique CET ayant fonctionné au niveau de la wilaya de Constantine, a révélé des forces et des opportunités importantes, mais également des faiblesses et des menaces qu'il est essentiel de prendre en considération.

Ces constats soulignent d'une part l'urgence d'une révision des stratégies d'élimination des déchets, intégrant des normes rigoureuses, des contrôles renforcés et d'autre part l'obligation de consolider les atouts du CET, de surmonter ses déficiences, de saisir les opportunités et de réduire les risques, afin de garantir sa durabilité et pérennité et d'harmoniser la gestion des déchets avec les objectifs du développement durable de l'Agenda 2030.

CHAPITRE VIII :
LES PERSPECTIVES DE
L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES
DMA

INTRODUCTION

La gestion des déchets émerge comme un défi majeur des sociétés modernes, confrontées à une production croissante de résidus due à l'expansion démographique, à l'urbanisation galopante et à des modes de consommation non durables. Ces facteurs exacerbent les difficultés de traitement et de valorisation des déchets, révélant les limites des méthodes traditionnelles. Parmi celles-ci, l'enfouissement technique, longtemps privilégié dans les pays industrialisés pour son rôle supposé dans la réduction des pollutions, est aujourd'hui remis en cause et critiqué pour ses impacts environnementaux (contamination des sols, émissions de gaz à effet de serre), il cède progressivement la place à des stratégies innovantes, orientées vers la prévention, la réutilisation et le recyclage. Cette transition globale, inscrite dans une logique d'économie circulaire, marquant ainsi un tournant vers une gestion plus responsable, où les déchets sont perçus non plus comme un rebut, mais comme une ressource à réintégrer dans les cycles de production.

En Algérie, cette problématique revêt une acuité particulière, les autorités publiques, en collaboration avec les collectivités locales, peinent à répondre efficacement aux défis posés par l'accumulation des déchets solides. La wilaya de Constantine, à l'instar d'autres régions du pays, recourt massivement à l'enfouissement technique, perçu comme une solution immédiate. Cependant, cette méthode soulève des inquiétudes majeures quant à son efficacité par rapport au contexte local de la wilaya de Constantine. En effet, si les CET permettent théoriquement de contenir les nuisances, leur efficacité réelle dans un contexte marqué par des contraintes géographiques, des ressources limitées et une croissance urbaine non maîtrisée reste sujette à caution. Les inquiétudes portent notamment sur les risques de contamination des sols et des nappes phréatiques, l'émission de gaz à effet de serre et l'occupation d'espaces devenus rares. Ces limites appellent une remise en question systémique des pratiques actuelles et une exploration urgente de modèles alternatifs ou complémentaires.

Dans cette optique, l'élaboration de scénarios prospectifs se révèle un outil incontournable pour anticiper les mutations nécessaires, ce qui permettrait, d'une part, de modéliser les implications foncières de la persistance de l'enfouissement et, d'autre part, d'évaluer l'environnement politique, économique, social, technologique, environnemental et légal, susceptible d'influencer les alternatives émergentes.

8.1. LES PERSPECTIVES DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE EN ALGERIE :

La prospection de l'enfouissement des déchets constitue un outil d'aide à la décision pour les futures politiques nationales dans le domaine de la gestion des déchets, c'est un levier stratégique pour le choix d'une méthode adéquate d'élimination des déchets en Algérie. En effet, son intérêt réside dans sa capacité à appréhender, de manière anticipative, les différents enjeux associés à la gestion des déchets pour pouvoir identifier par la suite les ruptures, inerties ou innovations. Pour ce faire, nous avons choisi un outil d'analyse stratégique très réputé, il s'agit de l'analyse PESTEL.

8.1.1. Pourquoi l'analyse PESTEL ?

L'élimination des déchets fait partie intégrante de la gestion des déchets, un domaine complexe, soumis à diverses réglementations et influencé par des facteurs sociaux, économiques et environnementaux en perpétuelle mutation. Dans ce cadre l'analyse PESTEL se présente comme un instrument multifacette qui donne une perspective complète de ce domaine et dont l'application offre une perspective plus précise sur les défis à relever et les opportunités à exploiter. Effectivement, en décryptant les facteurs externes visés, elle permet d'identifier les opportunités, les menaces et de façonner une stratégie à long terme.

8.1.2. Définition & historique :

L'analyse PESTEL est une approche à multiples facettes qui permet non seulement d'évaluer les forces existantes afin de mieux comprendre l'orientation stratégique d'une organisation mais également d'aider à prendre des décisions réfléchies et informées sur les activités de l'organisation (Song et al. 2017).

Cette méthode trouve ses racines dans les années 1960, grâce aux recherches de Francis Aguilar qui a d'abord élaboré l'analyse PEST qui avait pour but initial la compréhension de l'environnement externe des différentes organisations (Yüksel .2012), cette version préliminaire a progressivement évolué pour intégrer les aspects environnementaux et légaux (Richardson. 2006). L'analyse offre une vision claire du projet grâce à une synthèse globale lors d'une étape de réflexion qui peut varier en durée, elle facilite l'identification des effets positifs ou négatifs qui pourraient influencer la future démarche du projet (Ballester. 2022). La dénomination PESTEL est un acronyme présentant six variables :

Politique, Économique, Social, Technologie, Environnementale et Légal (figure n°08.01).

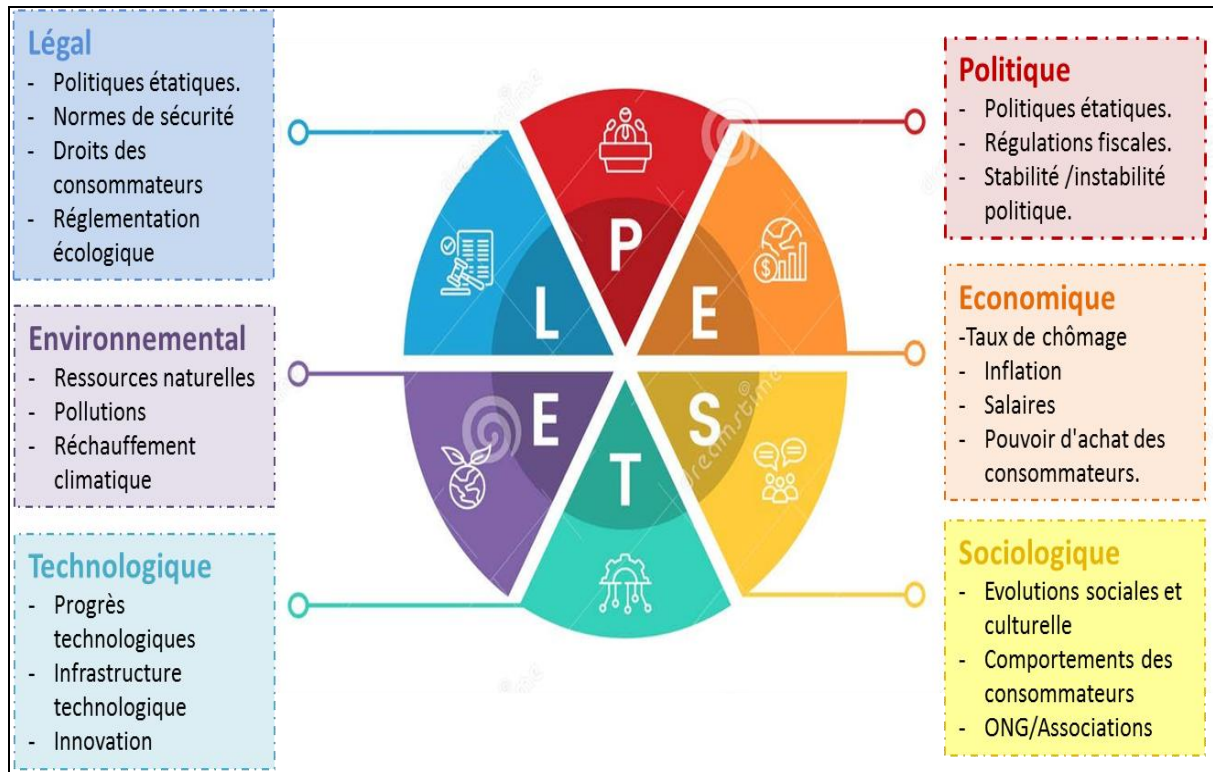


Figure n°08.01 : l'analyse PESTEL et ses variables

Source: <https://fr.dreamstime.com> + traitement de l'auteure (Consulté le 10/10/2024)

Chaque lettre de l'acronyme PESTEL symbolise un composant précis à examiner lors de l'analyse (Çitilci, T. & Akbalık, M., 2020), nous trouvons :

- Le « P » pour « Politique » : englobe les politiques de l'État, les lois et règlements, ainsi que les régulations fiscales, les directives gouvernementales, les risques d'ordre politique, les scrutins électoraux et la stabilité ou l'instabilité politique susceptible d'avoir un impact sur la société, etc.

- Le « E » pour « Économie » : englobe les éléments économiques comme l'augmentation du PIB, le taux de chômage, le taux de change, inflation, salaires et le pouvoir d'achat des consommateurs, etc.

- Le « S » pour « Sociologique » : couvre la démographie, les transformations démographiques, les évolutions sociales et culturelles, ainsi que les comportements des consommateurs, les organisations non gouvernementales, le système de santé et d'assurance, etc.

- Le « T » pour « Technologique » : englobe les systèmes informatiques, les progrès technologiques, l'infrastructure technologique et l'innovation, etc.

- Le « E » pour « Environnemental » (ou Écologique) : évalue les éléments

environnementaux comme le climat/météo/nature, les ressources naturelles, les pollutions, le réchauffement climatique, la pression sociétale pour mettre en œuvre des pratiques durables, etc.

Le « L » pour « Légal » : englobe les lois et réglementations susceptibles d'influencer la société, à l'instar de la réglementation écologique, du droit du travail, des normes de sécurité ou encore du les droits des consommateurs et du droit commercial, etc.

8.1.3. Evaluation du macro-environnement de l'enfouissement technique des déchets à Constantine « la matrice PESTEL »

L'analyse PESTEL est utilisée pour la planification stratégique, ce qui permet aux gestionnaires de prendre en considération les variables macro-économiques dans la conceptualisation de la stratégie concernant le développement de l'entreprise. (Amar et Afroukh, 2023), afin de réaliser cette analyse il est crucial de respecter la démarche méthodologique suivante (figure n°08.02) :

a. Etape 01 : Identification des facteurs : Pour chaque composante de l'analyse PESTEL (politique, économique, sociale, technologique, écologique et légale), il faut déterminer les facteurs pertinents ayant un effet possible sur notre thème de recherche « l'enfouissement technique des déchets à Constantine », il s'agit dans cette étape de faire un listing de tous les éléments pouvant impacter la pratique de l'enfouissement technique à Constantine/ Algérie.

b. Etape n°02 : Recherche d'information : Lors de cette étape on est appelé à collecter les données les plus fiables et les plus actualisées possible sur les facteurs identifiés dans l'étape précédente (étape 01), pour ce faire on va exploiter diverses sources telles que : les articles et les publications scientifiques, les différents rapports gouvernementaux, le web, les articles de presse, les expertises.

c. Etape n°03 : Scission des facteurs : Diviser les facteurs de chaque élément PESTEL en deux catégories en fonction de leur influence sur notre objet de recherche, si le facteur présente un impact positif il est classée comme une opportunité, en contrepartie s'il présente un impact négatif il est classée comme une menace.

d. Etapes n°04 : Appréciation de chaque facteur. : A l'aide d'un système de notation (généralement de 1 à 5), on évalue l'importance de chaque facteur. Cependant, il faut prendre en considération l'incertitude que présentent certains facteurs (possibilité de changement dans le futur).

e. Etape n°05 : Identification des variables pivots. : Les variables pivots sont des facteurs ayant une influence importante et continue sur l'objet de l'analyse PESTEL, leur identification ainsi que leur prise en considération va aider à la mise en place d'une stratégie plus solide et plus flexible.

f. Etape n°06 : Croisement des variables pivots. : Sur la base du croisement des variables pivots identifiés dans l'étape 05, il est possible d'élaborer des perspectives de développement sous forme de scénarios.



Figure n°08.02 : les étapes de l'analyse PESTEL

Source : Auteure 2025

Les résultats de l'analyse PESTEL sont illustrés une évaluation approfondie des facteurs macro-environnementaux qui peuvent influencer le futur de l'enfouissement technique en Algérie. Elle offre aux décideurs une boussole pour naviguer dans un environnement complexe et sert de fondement à des recommandations stratégiques éclairées. Cette analyse a été réalisée à l'aide d'un outil informatique, plus précisément un fichier Excel, mis à disposition sur une plateforme de gestion en ligne (Imboden, s. d.), cette plateforme est gérée par la Haute École Suisse (HEVs, 2018)¹⁰, un établissement

¹⁰ La HES-SO Valais-Wallis Est un Véritable Hub de Formation Tertiaire et de Recherche Appliquée Au Cœur des Alpes Suisses, Offrant des Formations Bachelor et ES Multilingues et Axées Sur la Pratique Professionnelle Dans des Domaines Aussi Variés Que les Sciences de L'ingénieur, L'économie, le Tourisme, L'informatique, la Santé, le Travail Social et L'art Appliqué. <https://www.hevs.ch/fr/hes-so-valais-wallis/>

reconnu pour son expertise dans le domaine du management (figure n° 08.03).

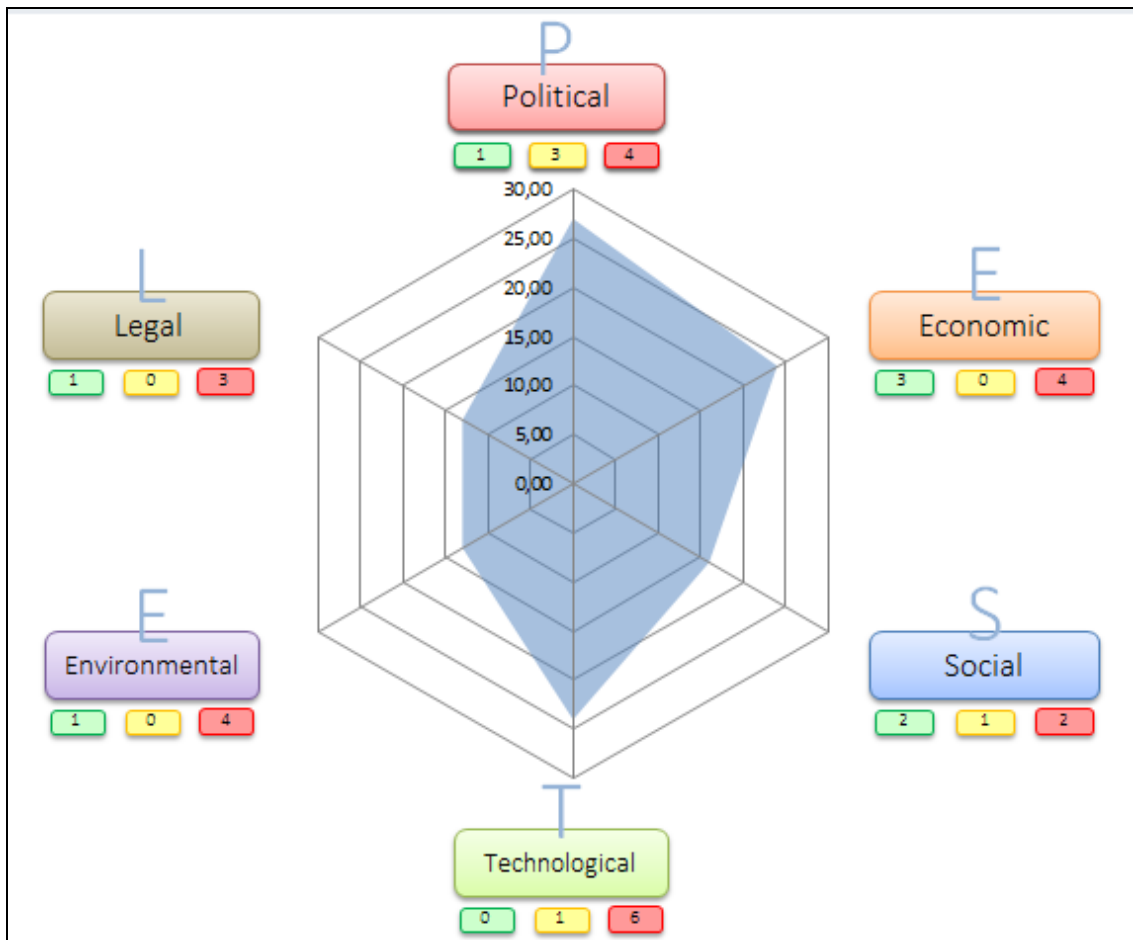


Figure n°08.03 : Radar PESTEL du macro-environnement de l'enfouissement technique en Algérie.

Source : Auteure.2025

Le radar représente le degré d'influence de chaque facteur en incluant les impacts, tant positifs que négatifs¹¹, indiqués, respectivement par les rectangles de couleur verte et rouge.

La figure se caractérise par la présence de deux classes d'influences distinctes: la première classe qui exerce une forte influence (elle présente des scores entre 24 et 27 points), cette classe englobe les facteurs : politiques, économiques et technologiques. La deuxième classe remembre pour sa part les facteurs de basse influence avec des scores entre 13 et 16 points, il s'agit des facteurs : Ecologique ou environnementaux, légaux et Sociaux.

¹¹ Dans le cadre de la présente recherche, l'impact positif est celui qui renforce la continuité de la pratique de l'enfouissement technique, alors que l'impact négatif est celui qui réduit le recours à l'enfouissement technique.

- Pour la première classe, on note la dominance du facteur politique avec un score de 27 points, puis vient en deuxième position les facteurs: technologique et économique avec 24 points chacun.

Nous pouvons remarquer que les facteurs politiques présentent dans l'ensemble des impacts négatifs qui œuvrent pour réduire la recours à l'enfouissement technique, ils comprennent l'engagement mondial et les priorités gouvernementales en matière de développement durable qui vont influencer les politiques nationales de gestion des déchets. On trouve également la volonté étatique à mettre en place une nouvelle stratégie de gestion intégrée des déchets la SNGID 2035 qui prévoit l'augmentation des taxes d'enfouissement et l'optimisation de la gestion des CET à travers la récupération des biogaz.

On note également les coopérations internationales qui participent à l'amélioration du secteur de la valorisation des déchets (ex : GIZ à travers le projet Gestion des déchets et Economie Circulaire, la Banque Mondiale via le projet AIM WELL) enfin l'adoption de la nouvelle loi 02-25 portant révision de la loi cadre de la gestion des déchets loi 01-19, qui vise une intégration de l'économie circulaire et de ses principes dont l'application va participer à réduire considérablement les volumes de déchets à enfouir.

En deuxième position on trouve les facteurs économiques (avec 24 points) qui exercent également de fortes influences qu'on va qualifier de « mixtes ». D'une part, ces facteurs impactent en défaveur de l'enfouissement technique avec une gestion défailante du secteur de la gestion des déchets basée sur le financement quasiment étatique, on note aussi les coûts de gestion des externalités environnementales générées durant l'exploitation des CET (traitement des lixiviats, captage du méthane, surveillance environnementale), les coûts de la surveillance environnementale post-exploitation, l'encouragement du secteur économique privé surtout à travers les start-up qui innovent dans la valorisation des déchets.

De l'autre part, ils agissent en faveur de la pratique de l'enfouissement technique, ceci à travers : une croissance économique dépendante des recettes issues des hydrocarbures qui participe à réduire les investissements pour la valorisation des déchets (énergétique ou de matière), le secteur informel qui absorbe une grande quantité des déchets valorisables réduisant ainsi la quantité de déchets à enfouir et allongeant la durée de vie des CET et enfin le coût élevé des autres méthodes d'élimination des déchets par rapport à l'enfouissement technique qui pousse les autorités à choisir la méthode

économiquement abordable.

En ce qui concerne le facteur technologique en deuxième position également (avec 24 points), il apparaît qu'ils exercent une forte influence négative sur le devenir de l'enfouissement technique en Algérie car, il diminue le recours à l'enfouissement à travers l'adoption de procédés technologiques innovants, qui permettent de valoriser les déchets. Cette valorisation des déchets a pour effet d'optimiser le fonctionnement du CET et de prolonger sa durée de vie (Bouadam et al. 2022).

Par ailleurs, les innovations en matière de tri à la source par les citoyens, telles que l'application MOUSTTAFID¹², contribuent également à cette dynamique. Enfin le développement de la recherche au sein des universités et des centres de recherche, peut aboutir à la mise au point de solutions innovantes et mieux adaptées au contexte algérien diminuant la dépendance aux technologies importées.

- La deuxième classe des facteurs du macro-environnement de l'enfouissement technique comprend les facteurs : sociaux, environnementaux et légaux.

Les résultats pour le facteur social (avec un score de 16 points), révèlent qu'il exerce une influence ambivalente sur la pratique de l'enfouissement technique des déchets. D'une part, il favorise cette pratique en raison de la croissance démographique, qui engendre une hausse des volumes de déchets à enfouir, et des habitudes de consommation des Algériens, caractérisées par une utilisation en augmentation du plastique et un gaspillage alimentaire significatif. D'autre part, le facteur social s'oppose à l'enfouissement technique en raison de la prise de conscience environnementale croissante, de la sensibilisation aux effets sanitaires de cette pratique, qui alimente le syndrome NIMBY (Not In My Backyard) (Les villageois s'opposent au centre d'enfouissement, 2009) et l'opposition des populations à l'implantation de Centres d'Enfouissement Technique (CET) (Réalisation de centres d'enfouissement technique à Blida, 2021). De plus, la distance minimale de 200 mètres entre les CET et les habitations les plus proches est jugée insuffisante pour garantir la sécurité et le bien-être des riverains, en effet une évaluation de la distance moyenne acceptable a abouti à une distance moyenne de 4,09 kilomètres : une valeur nettement supérieure à la distance minimale prescrite par la réglementation en vigueur (Djemaci. 2015).

Avec un total de 13 points identifiés, deux facteurs principaux se distinguent, à savoir

¹² Eurl MOUSTAFID, Algeria, Blida, DZ, <https://www.moustafid.dz>

le facteur environnemental et le facteur juridique. Le facteur environnemental exerce une influence défavorable sur la construction des Centres d'Enfouissement Technique (CET), principalement en raison de leur contribution au phénomène de changement climatique. En effet, les CET en Algérie ne captent pas le méthane (CH₄), un gaz à effet de serre (GES) puissant, alors qu'à l'échelle mondiale, les décharges contribuent à hauteur de 5 % aux émissions totales de GES.

Par ailleurs, les CET exercent une pression significative sur les ressources naturelles et la biodiversité, en raison de la consommation d'espaces étendus pour leur implantation, ce qui entraîne la dégradation, voire la disparition, des écosystèmes naturels environnants. De plus, le risque de contamination des sols et des eaux en cas de catastrophes naturelles, dû à la défaillance potentielle des systèmes d'étanchéité active, confère aux CET un caractère hautement dangereux, les assimilant à des bombes à retardement environnementales.

Le facteur légal influence négativement la pratique actuelle des Centres d'Enfouissement Technique (CET), comme en témoignent plusieurs éléments. Premièrement, le cadre réglementaire est en constante évolution, comme en atteste la révision en 2025 de la loi 01-19 qui s'est traduite par la promulgation d'une nouvelle loi qui a intégré des dispositions relatives à l'économie circulaire, à la Responsabilité Élargie du Producteur (REP) et à la valorisation des déchets. Ces modifications législatives devraient contribuer à réduire la quantité de déchets produits et celle destinée à l'enfouissement, limitant ainsi cette pratique aux seuls déchets ultimes. Deuxièmement, des conflits environnementaux et des litiges avec les communautés locales émergent en raison des impacts négatifs des CET sur l'environnement et la santé publique. Enfin, les engagements internationaux de l'Algérie, notamment la ratification de l'accord de Paris et son obligation de réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES), imposent des contraintes légales supplémentaires qui renforcent les défis associés à l'exploitation des CET.

Enfin, les résultats de cette analyse démontrent clairement que l'avenir de l'élimination des DMA dans les centres d'enfouissement technique à l'échelle nationale est principalement piloté par les facteurs politiques et technologiques, soutenus par des dynamiques économiques contrastées. Toutefois, les pressions sociales, environnementales et légales, bien que moins influentes, jouent un rôle croissant dans la remise en cause des Centres d'Enfouissement Technique. Dans cette perspective, il convient d'examiner la situation de notre cas d'étude (échelle locale).

8.2. LES PERSPECTIVES DE L'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE DES DMA A CONSTANTINE

En élaborant des scénarios de prospection de l'enfouissement technique des déchets, il est possible d'anticiper les évolutions potentielles dans ce domaine et de repérer les opportunités nouvelles. Chacun de ces scénarios comporte des bénéfices et des désavantages, et la décision sera prise en fonction des priorités de la ville de Constantine en matière de durabilité environnementale, de faisabilité technique et économique, ainsi que des préférences et des besoins de la communauté locale.

8.2.1. Choix de la période :

En choisissant la période 2024-2035 pour élaborer des perspectives en matière de gestion des déchets, on peut aligner les actions avec :

- Les objectifs de développement durable (ODD) : en effet, cette période correspond à la dernière étape pour atteindre les ODD, en particulier ceux concernant la gestion des déchets, l'action pour le climat et la préservation de la vie sur Terre. La mise en place de perspectives à cet horizon permet de participer activement à ces objectifs mondiaux.

Toutefois, dans le présent travail, nous allons nous focaliser sur la problématique dont la wilaya de Constantine souffre le plus, il s'agit de l'indisponibilité du foncier. En effet le foncier constitue une entrave de taille pour le choix des sites qui vont accueillir les futures CET, étant donné que les CET sont de grands consommateurs du foncier.

Afin de connaître les besoins en foncier requis pour l'élimination des déchets à l'horizon de 2035, les données utilisées sont issues du rapport national de caractérisation de l'Agence Nationale des Déchets, établi pour la wilaya de Constantine en 2018 étant donné qu'il est le plus récent.

Il convient de noter que pour l'élaboration de ces scénarios prospectifs, nous avons employé une méthode de calcul issue des travaux de Gérard et d'Uding Rangka.¹³

Dans un premier temps nous allons avoir besoin d'estimer la quantité des déchets qui va être produite de 2024 à 2035, pour ce faire on s'est appuyé sur l'Étude sur la Stratégie Nationale et le Plan d'Action pour la Gestion Intégrée des Déchets et leur Valorisation à l'horizon 2035, qui estime que le taux de production annuel des déchets ménagers et assimilés s'élève à 3%. En appliquant ce taux nous avons arrivé aux résultats présentés ci-

¹³ Pour les détails de la méthodologie, veuillez consulter la partie méthodologie de la thèse.

dessous (figure n°08.04).

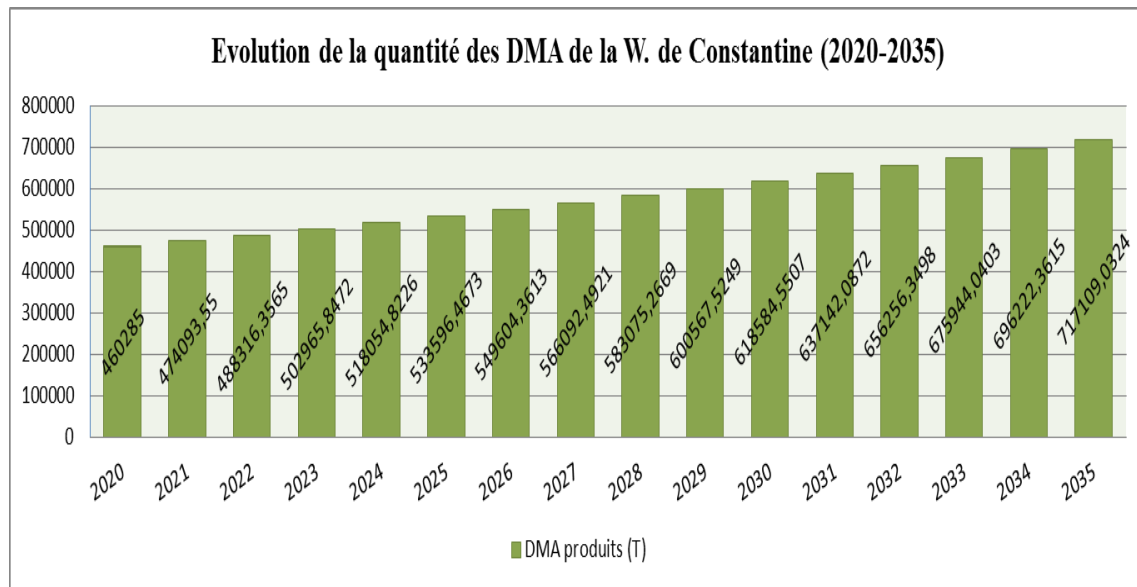


Figure n°08.04 : Evolution de la quantité des DMA de la wilaya de Constantine.
Source : Auteure. 2024

On remarque une croissance constante de la quantité de déchets ménagers et assimilés (DMA) générés dans la wilaya de Constantine pour la période 2020-2035. Cette augmentation est assez constante, sans changement notable, elle passe d'environ 460285 tonnes en 2020 à près de 717 109 tonnes en 2035.

Plusieurs éléments pourraient expliquer cette évolution, comme l'accroissement de la population, l'expansion économique, la transformation des habitudes de consommation...etc,

L'analyse de cette évolution met en évidence un défi important pour la wilaya de Constantine : la gestion d'une quantité de déchets qui ne cesse de croître, pour s'y remédier, il est crucial d'adopter des actions ambitieuses et concertées à tous les niveaux, les autorités locales pour leur part, seront sans aucun doute amenées à s'ajuster à cette tendance afin de garantir une gestion efficace et durable de ces déchets.

8.2.2. Scénario 1 : Maintien de l'enfouissement comme solution principale

Le premier scénario développé est un scénario tendanciel, il va constituer un scénario de référence par rapport à d'autres scénarios on va le nommer Sc. réf, dans ce scénario, on continuera à utiliser les méthodes d'enfouissement actuelles sans prendre des mesures significatives, visant à diminuer la quantité de déchets enfouis ou à améliorer la gestion des sites d'enfouissement à Constantine, en gardant les mêmes le même taux de compostage (1%) et de recyclage (7%) de 2016, la figure suivante représente les quantités

en tonnes des déchets produits, recyclés et compostés pour la période (2024-2035), (figure n°08.05).

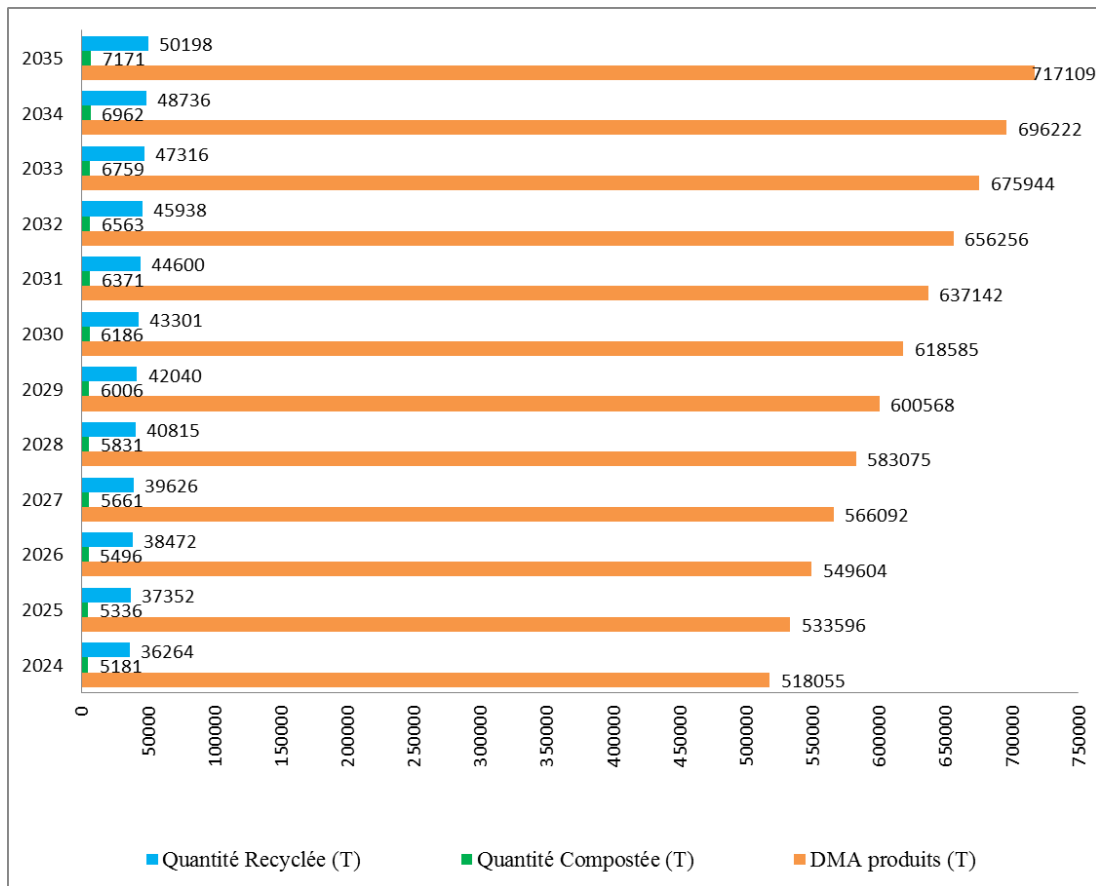


Figure n° 08.05: Scénario de référence
 Source : Auteure. 2024

En comparant les quantités obtenues après les différentes actions de valorisation (compostage et recyclage), on remarque que les faibles taux de compostage et de recyclage ne présentent qu'un effet marginal sur la quantité de déchets destinée à l'enfouissement, (figure n°08.06).

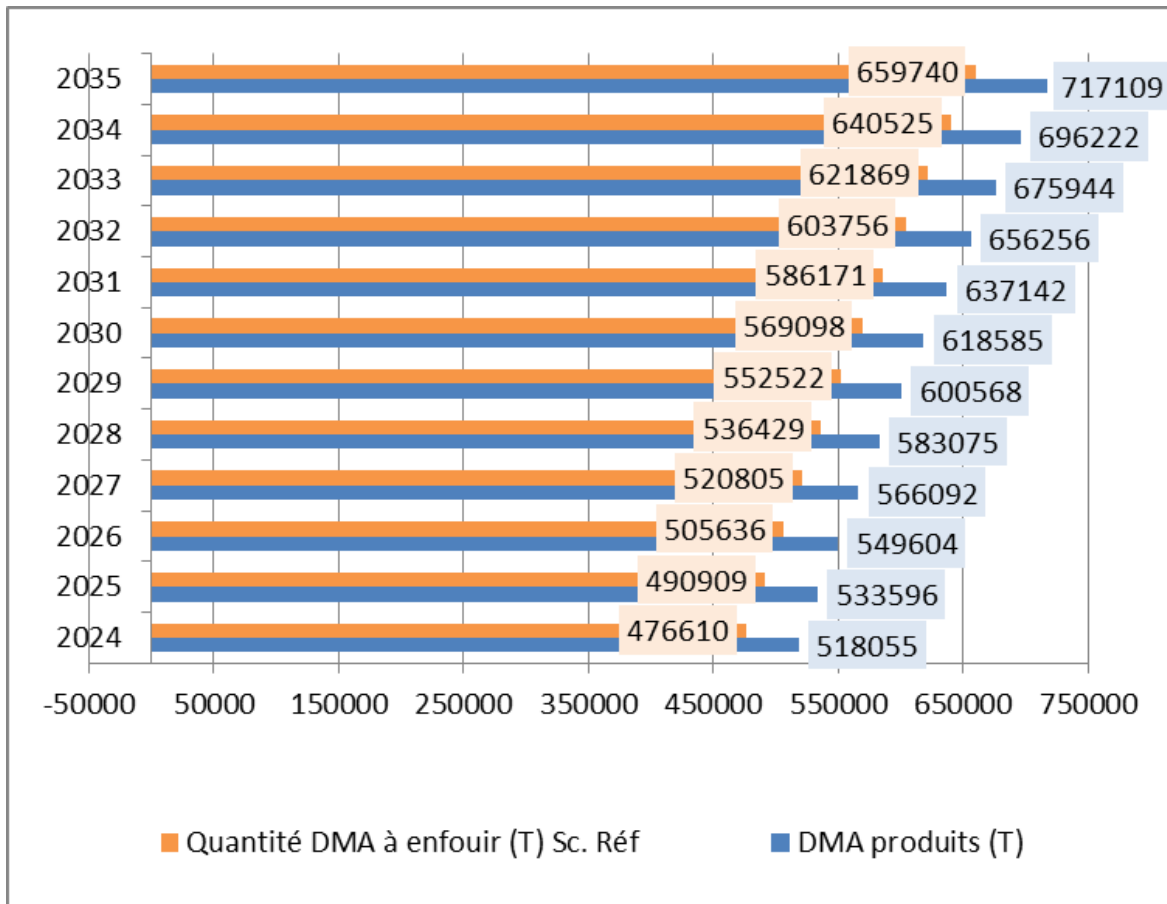


Figure n°08.06 : Scénario Réf . de l'évolution des quantités de DMA produites vs à enfouir dans la W. Constantine

Source : Auteure. 2024

Afin de pouvoir connaître l'effet de l'enfouissement technique sur la consommation du foncier, nous avons employé la méthode citée précédemment, les résultats de ces calculs pour la période (2024-2035) sont représentés ci-dessous (la figure n°07-07) .

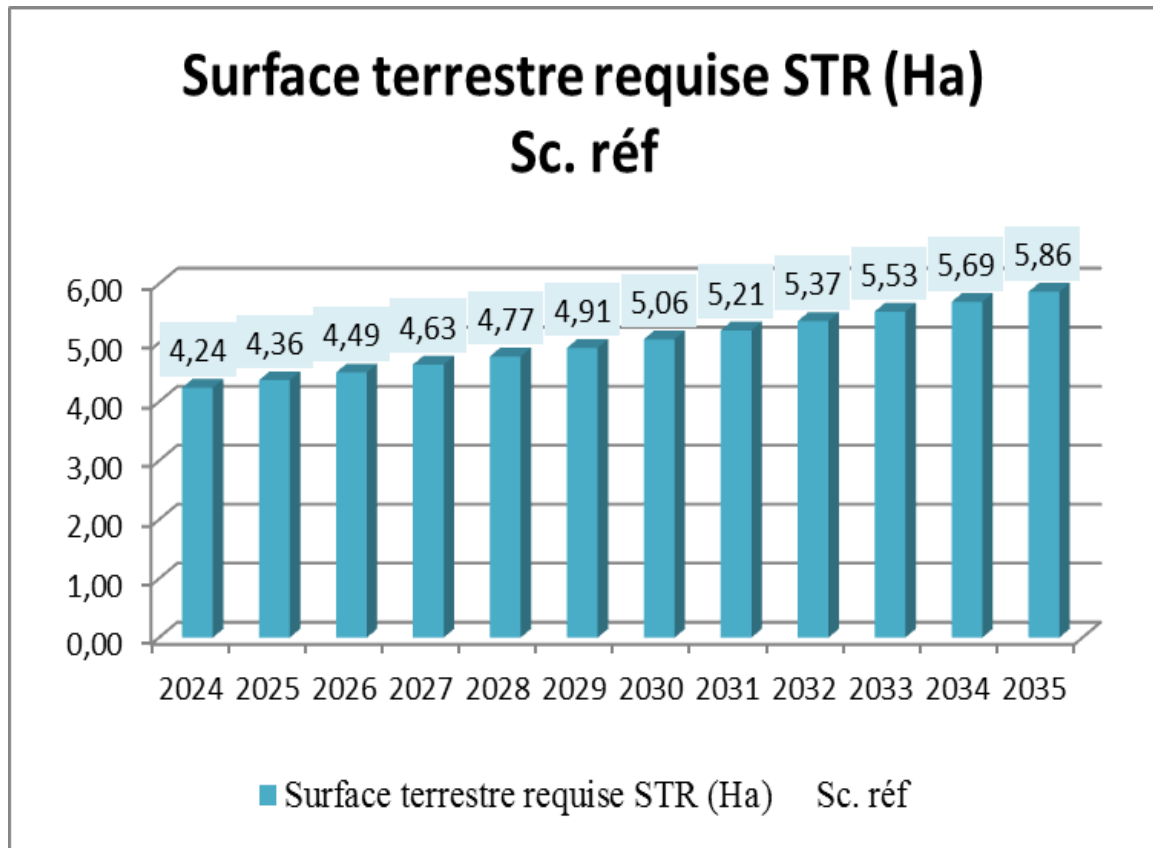


Figure n° 08- 07 : Evolution de la surface terrestre requise pour l'enfouissement sous le scénario de référence (2024-2035)

Source : Auteure. 2024

En observant la figure ci-dessus , on peut noter une tendance à l'augmentation de la consommation du terrain entre 2024 et 2035, effectivement sur la période en question, la consommation du foncier continue de croître sans relâche d'année en année passant de 4.24 Ha en 2024 à 5.86 Ha en 2035, cette progression soulève plusieurs défis importants tels que : la diminution de la biodiversité et le manque de ressources.

Le foncier disponible retenu pour le présent travail est de 11,358Ha (Gana et al, 2017), il comprend uniquement les surfaces stériles malgré que ces dernières regroupent des zones où le sol est exposé ou bien de faible couverture végétale ou encore les terrains vagues, les carrières et les gravières, ce qui suggère une diminution de cette surface en raison de l'application des critères de choix des sites relatives à la création de CET.

Si on procède à une comparaison de la surface du foncier disponible avec les résultats de la simulation de la surface consommée par l'enfouissement technique des DMA dans la wilaya de Constantine (Sc. Réf) évalué à 60,13Ha, il s'avère clair que d'ici 2035 on va assister à une pénurie des sites pour la construction de futurs centres d'enfouissement

technique en raison de la non disponibilité du foncier (figure n°08.08).

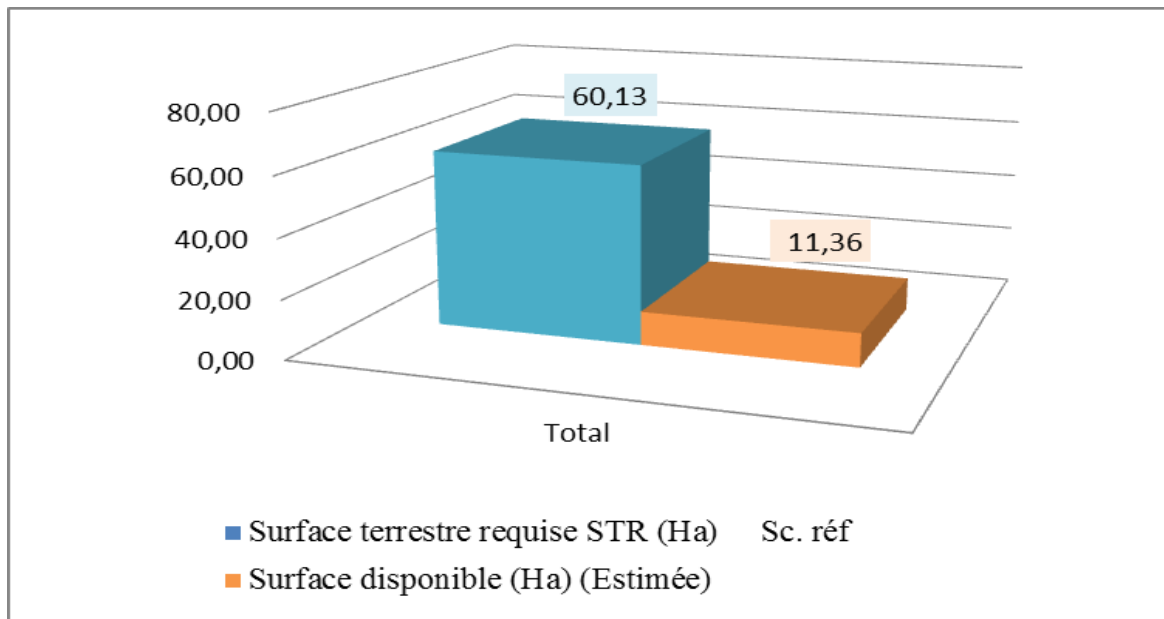


Figure n°08.08 : Comparaison de la surface requise pour l'enfouissement par rapport à la surface disponible (Sc. Réf) pour la période (2024-2035)

Source : Auteure. 2024

On remarque clairement la différence marquée qui existe entre la surface foncière disponible pour l'enfouissement et celle requise ou bien nécessaire, en effet la « Surface terrestre requise (STR) » (60,13ha) dépasse largement la « Surface disponible (Estimée) » qui est de 11,36 hectares, soulignant un déséquilibre notable de : 48,77 hectares. Les résultats de ce scénario de référence évoquent une crise de foncier inévitable, le scénario de référence indique clairement que l'enfouissement technique des déchets ne pourra être pratiqué sans trouver des solutions pour augmenter la surface disponible ou réduire les besoins.

En plus de la question cruciale liée à la disponibilité/ consommation du foncier, ce scénario peut également avoir d'autres conséquences telles que :

- Une augmentation des impacts environnementaux et sanitaires liés à l'enfouissement, comme la contamination des sols et des eaux souterraines, la pollution de l'air par des gaz à effet de serre et la prolifération des parasites.

- Il existe des risques de surcharge des capacités d'enfouissement, ce qui entraîne des difficultés de gestion des déchets et une augmentation des coûts.

- Une démotivation pour élaborer des solutions alternatives à l'enfouissement technique.

8.2.3. Scénario2 : Développement de la valorisation des déchets « scénario SNGID »

Le présent scénario va viser à développer la valorisation des déchets en se basant sur les préconisations de la SNGID 2035, dont un petit rappel s'avère absolument nécessaire.

a. La Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Déchets (SNGID) 2035 : Enjeux et Perspectives

La gestion des déchets en Algérie repose sur un équilibre fragile entre des investissements publics majoritairement étatiques et des recettes fiscales limitées, provenant principalement de la Taxe d'Enlèvement des Ordures Ménagères (TEOM). Face à cette situation, la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Déchets (SNGID) 2035, a identifié trois axes stratégiques majeurs : l'intégration des principes des 4R (Réduction, Réutilisation, Recyclage, Valorisation) pour une meilleure optimisation des flux financiers et matériels, la pérennisation des infrastructures existantes à travers des modèles de gestion durables, et la diversification des sources de financement, notamment par le biais de mécanismes innovants inspirés de l'économie circulaire.

b. Le potentiel de valorisation :

La valeur marchande des DMA valorisables a enregistré une augmentation significative, passant de 151 milliards de dinars en 2021 à 207 milliards de dinars en 2022 (CNESE. 2024). Ce potentiel justifie amplement l'ambition de la SNGID 2035 de réduire l'écart entre dépenses publiques et recettes grâce à la valorisation, alternative à la dépendance actuelle à la TEOM. Toujours dans le cadre de la SNGID, l'impact de la valorisation a été analysé selon deux axes complémentaires :

Axe 1 : Modernisation des Centres d'Enfouissement Technique (CET) pour les Déchets Ménagers et Assimilés (DMA), intégrant des technologies de captage du méthane et de production d'électricité.

Axe 2 ; Évaluation économique et environnementale du recyclage et du compostage hors CET, incluant une analyse de marché et des gains carbone.

Suite à ces résultats, (04) quatre simulations ont été élaborées, dont seule une variante du scénario 4 satisfait aux critères d'équilibre financier et d'alignement sur les Objectifs de Développement Durable (ODD 11, 12, 13). Les conditions de succès incluent : une augmentation progressive de la TEOM pour atteindre un taux de recouvrement de 41,12 % d'ici 2035, une performance technique visant des taux : de recyclage de 25 % et

compostage de 50 %, avec des effets mesurables dès 2022 et enfin une valorisation énergétique : captage du méthane dans les CET, contribuant à une réduction cumulative de 71 millions de tonnes équivalent CO₂ entre 2017 et 2035.

Ainsi, le deuxième scénario proposé dans le cadre de la présente recherche qu'on va nommer : « Sc.A », va être caractérisé par le développement de la valorisation des déchets avec un taux de recyclage de 25 % et un taux de compostage de 50 %, l'impact de l'application de ces taux sur les quantités de DMA à enfouir est représenté dans la figure suivante (figure n°08.09) :

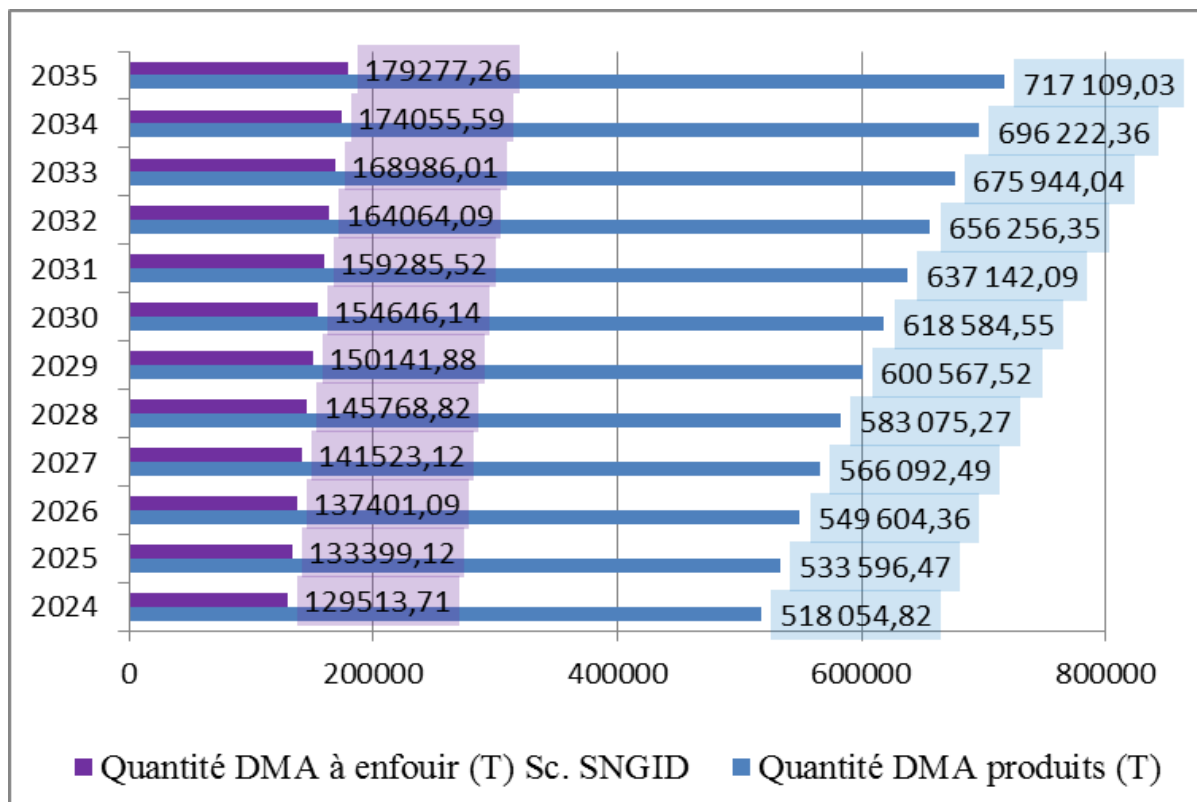


Figure n°08.09 : Scénario « SNGID » de l'évolution des quantités de DMA produites vs les quantités à enfouir dans la W. Constantine (2024-2035)

Source : Auteure. 2024

La simulation indique d'une part une tendance générale d'augmentation de la quantité totale de DMA produits annuellement, de l'autre part on assiste à une augmentation moins marquée de la quantité de DMA destinés à l'enfouissement, en effet même si la quantité de DMA à enfouir s'accroît aussi, l'augmentation est moins significative en comparaison avec la production globale, cela est le résultat du développement du recyclage, et du compostage.

En ce qui concerne la consommation du foncier par l'activité de l'enfouissement technique des déchets, les résultats obtenus sous ce scénario (Sc. SNGID) sont présentés ci-dessous (figure n°08.10).

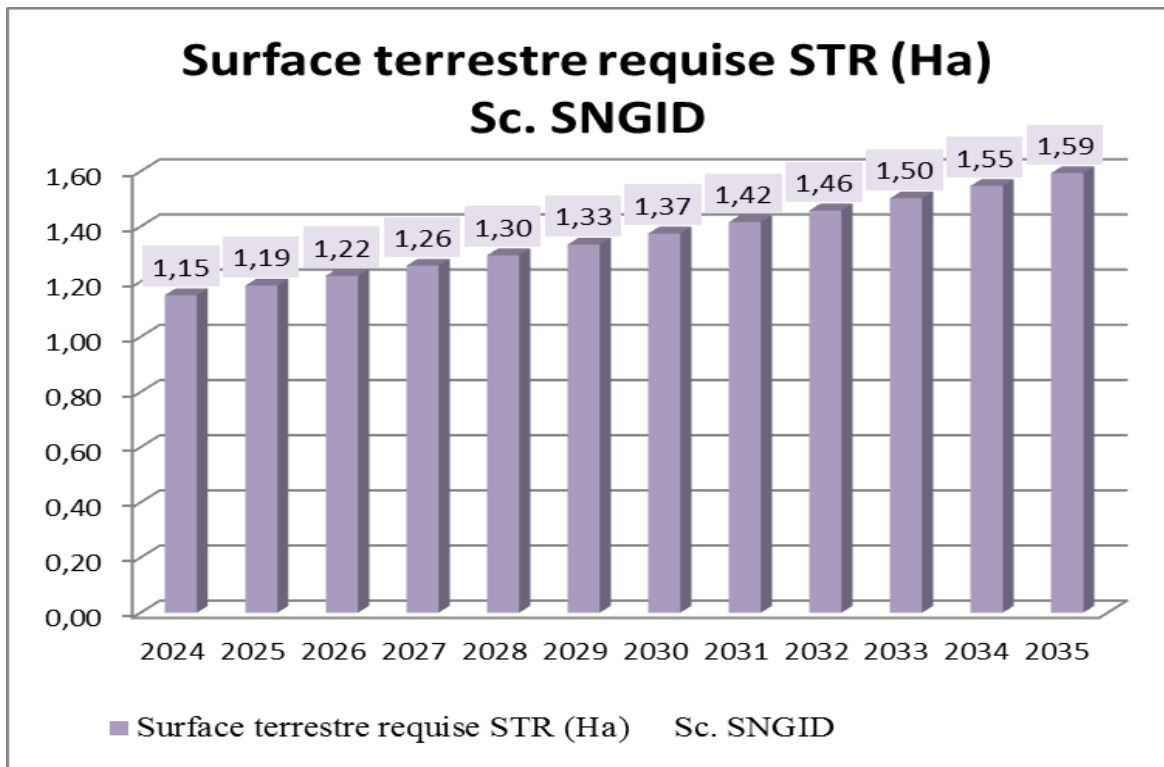


Figure n°08.10 : Evolution de la surface terrestre requise pour l'enfouissement sous le scénario SNGID pour la période (2024-2035)

Source : Auteure. 2024

On remarque une augmentation continue de la surface terrestre requise pour l'enfouissement des DMA dans la wilaya de Constantine, cette augmentation semble relativement linéaire, débutant à 1,15 hectare en 2024 et grimant à 1,59 hectare en 2035, la surface cumulée totale consommée durant cette période de 12 ans est de 16,34 Ha.

En procédant à une comparaison de ce total cumulé avec la surface disponible illustré par la figure ci-dessous, on remarque que la surface nécessaire pour l'enfouissement (16,34 hectares) est supérieure à la surface disponible (11,36 hectares), ce qui reflète un déficit d'environ 4,98 hectares, cet écart n'est pas aussi important que celui issu du scénario de référence (évalué à 48,77 hectares) mais il met l'accent sur le déséquilibre qui existe entre les besoins en matière de foncier et les ressources disponibles ce qui pourrait influencer la réalisation des centres d'enfouissement technique (CET), (figure n°08.11).

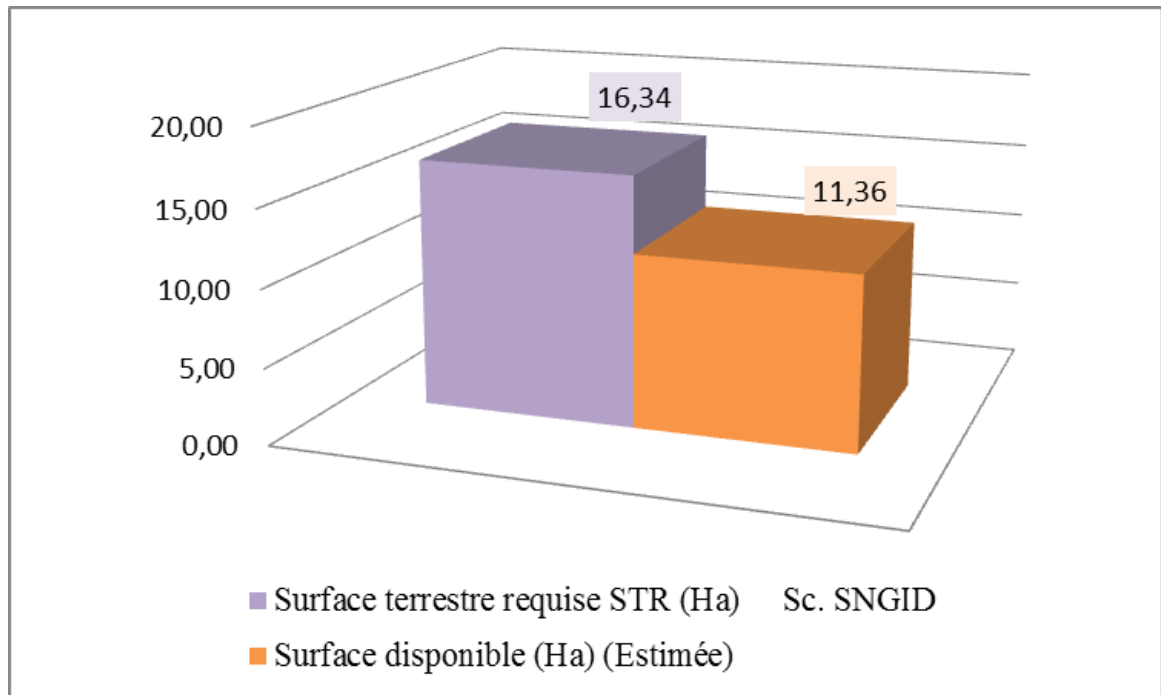


Figure n°08.11 : Comparaison de la surface requise pour l'enfouissement par rapport à la surface disponible (Sc. SNGID) pour la période (2024-2035)
Auteure, 2025.

8.2.4. Scénario 3 : projet AIM-WELL

Le troisième et dernier scénario va se baser sur le projet AIM WELL, un projet qui a pour objectif de promouvoir une gestion intégrée des déchets solides municipaux dans la ville de Constantine à travers la promotion de la récupération et la transformation des déchets.

Dans le cadre de ce projet, la matière résiduelle issue des processus de valorisation sera exclusivement destinée à l'enfouissement. Cette matière résiduelle se compose de déchets non réutilisables et de cendres, et représente 20 % du poids des déchets traités, de ce fait notre simulation est basée sur ce taux de mise en décharge, les résultats sur la quantité des déchets produite durant la période (2024-2035), illustrent une augmentation progressive des deux catégories de quantités au fil des années : les DMA à enfouir passent de 518 054,82 T en 2024 à 717 109,03 T en 2035, tandis que les DMA produits s'accroissent de 103 610,96 T à 143 421,81 T sur la même période, (figure n°08.12).

Le résultat de ce scénarios permet de mettre en exergue l'écart entre les quantités de déchets produits et celles qui étaient destinées à être enfouies dans les centres d'enfouissement technique avant le projet AIM WELL.

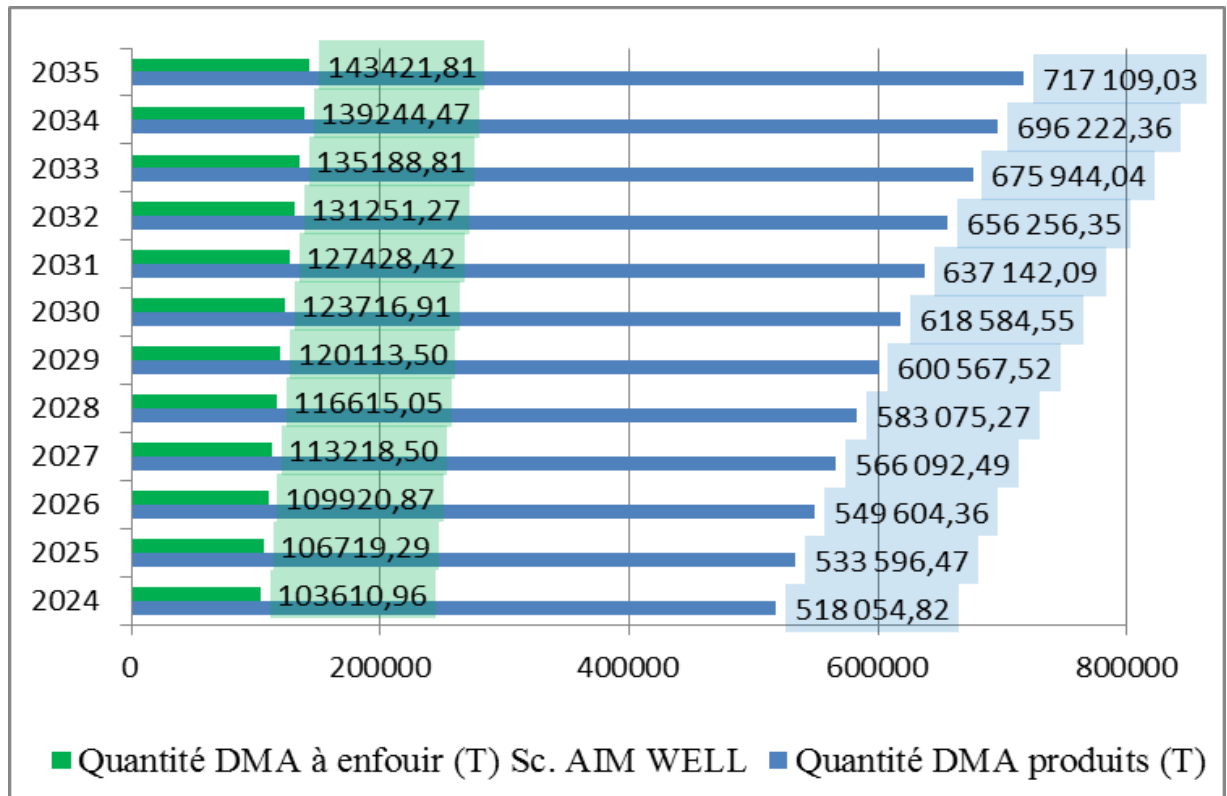


Figure n°08.12 : Scénario « AIM WELL » de l'évolution des quantités de DMA produites vs les quantités à enfouir dans la W. Constantine (2024-2035)

Source : Auteur 2025.

A propos des projections de la consommation du foncier par l'enfouissement technique des déchets découlant du scénario 3, la figure n° illustre les résultats obtenus sur l'évolution projetée de la **Surface terrestre requise (STR)**, exprimée en hectares (Ha), pour la période 2024–2035, selon le scénario « AIM WELL ». On observe une légère tendance à la hausse de la STR au fil des années. En 2024, la surface requise est d'environ 0,92 hectare, tandis qu'en 2035, elle atteint environ 1,27 hectare.

En comparant l'évolution de la surface terrestre requise (STR) pour les scénarios de développement AIM WELL avec celle du scénario précédent de la SNGID pour la période 2024 et 2035, on remarque que les deux scénarios de développement, prévoient une augmentation de la consommation du foncier exprimée en surface terrestre requise, cependant, en terme de consommation totale cumulée le scénario AIM WELL présente une consommation de 13,07 ha, soit une baisse de 3,27 ha par rapport au scénario de la SNGID qui se distingue par une croissance plus prononcée avec un total cumulé de 16,34 ha, (figure n°08.13).

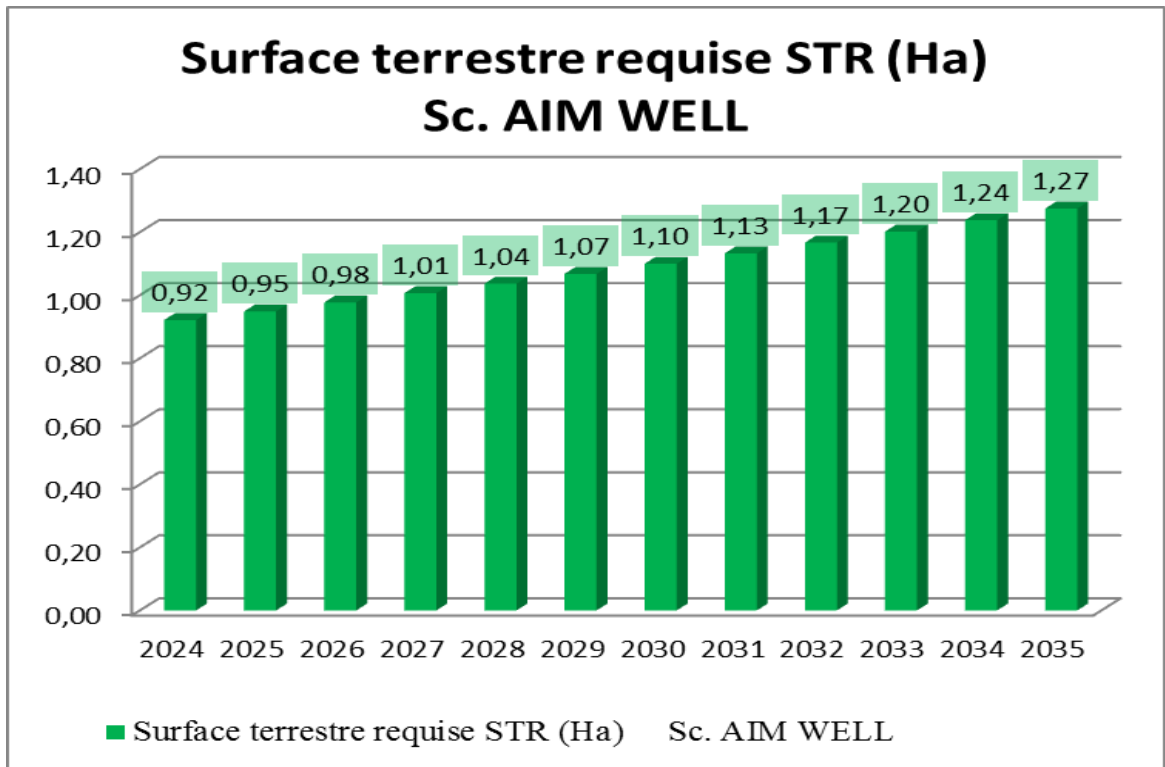


Figure n°08.13: Evolution de la surface terrestre requise pour l'enfouissement sous le scénario AIM WELL pour la période (2024-2035)
 Source : Auteure.2025

La comparaison entre la surface terrestre requise (STR) pour l'enfouissement dans le cadre du scénario "AIM WELL" et la surface disponible estimée, illustre un déficit de 1.71 ha indiquant une insuffisance foncière pour répondre au besoin d'élimination des DMA par enfouissement, (figure n°08.14).

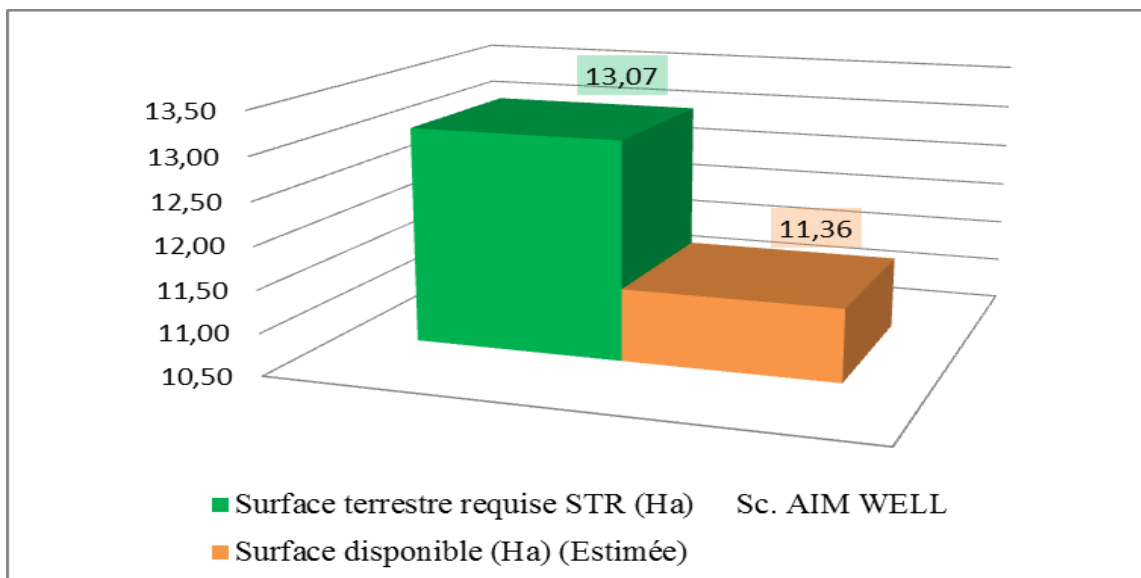


Figure n°08.14 : Comparaison de la surface requise pour l'enfouissement par rapport à la surface disponible (Sc. AIM WELL) pour la période (2024-2035)
 Auteure, 2025.

8.2.5. Estimation temporelle du déficit foncier : Comparaison des scénarios

L'analyse prospective de l'évolution de la demande foncière pour l'enfouissement (en hectares, Ha) sur une période de 12 ans (2024 - 2035), a donné lieu à trois scénarios distincts : le scénario de référence « Sc. Réf », le scénario « SNGID » et le scénario « AIM WELL » illustrés ci-dessous, (tableau n°08.01).

Tableau n°08.01 : Comparaison entre les surfaces requises pour l'enfouissement sous les trois scénarios.

Année	Surface disponible (Ha)	Surface requise (Ha) Sc. réf	Surface requise cumulée (Ha) Sc. réf	Surface requise (Ha) Sc. SNGID	Surface requise cumulée (Ha) Sc. SNGID	Surface requise (Ha) Sc. AIM WELL	Surface requise cumulée (Ha) Sc. AIM WELL
2024	11,36	4,24	4,24	1,15	1,15	0,92	0,92
2025	11,36	4,36	8,60	1,19	2,34	0,95	1,87
2026	11,36	4,49	13,09	1,22	3,56	0,98	2,85
2027	11,36	4,63	17,72	1,26	4,82	1,01	3,85
2028	11,36	4,77	22,49	1,30	6,11	1,04	4,89
2029	11,36	4,91	27,40	1,33	7,45	1,07	5,96
2030	11,36	5,06	32,46	1,37	8,82	1,10	7,06
2031	11,36	5,21	37,67	1,42	10,24	1,13	8,19
2032	11,36	5,37	43,04	1,46	11,70	1,17	9,36
2033	11,36	5,53	48,57	1,50	13,20	1,20	10,56
2034	11,36	5,69	54,26	1,55	14,74	1,24	11,80
2035	11,36	5,86	60,13	1,59	16,34	1,27	13,07
Total	11,36	60,13		16,34		13,07	

Source : Auteure, 2025.

La tendance globale pour les trois scénarios, se caractérise par une demande en foncier dépassant largement l'offre (la ligne horizontale rouge). En effet, les surfaces requises pour l'enfouissement pour les trois scénarios suivent des trajectoires ascendantes, reflétant une demande croissante en foncier :

Le scénario de référence affiche la croissance la plus marquée, atteignant environ 60,13 Ha en 2035, les scénarios : SNGID et AIM WELL indiquent quant à eux des besoins plus modérée en termes de foncier, culminant respectivement autour de 16,34Ha et 13,07 Ha.

Un point critique apparaît vers 2025-2026, où les surfaces requises cumulées du scénario de référence dépassent la surface disponible, signalant un déficit potentiel. Ce déficit apparaît également dans les autres scénarios mais pas aussi rapidement : Sc. SNGID en 2033 alors que AIM WELL en 2035.

Cette modélisation met en lumière les conflits d'usage du foncier résultant d'un manque d'une planification stratégique, elle offre ainsi un outil précieux d'aide à la décision pour un choix étudié de la méthode d'élimination des DMA la plus adaptée au contexte local de Constantine, (figure n°08.15).

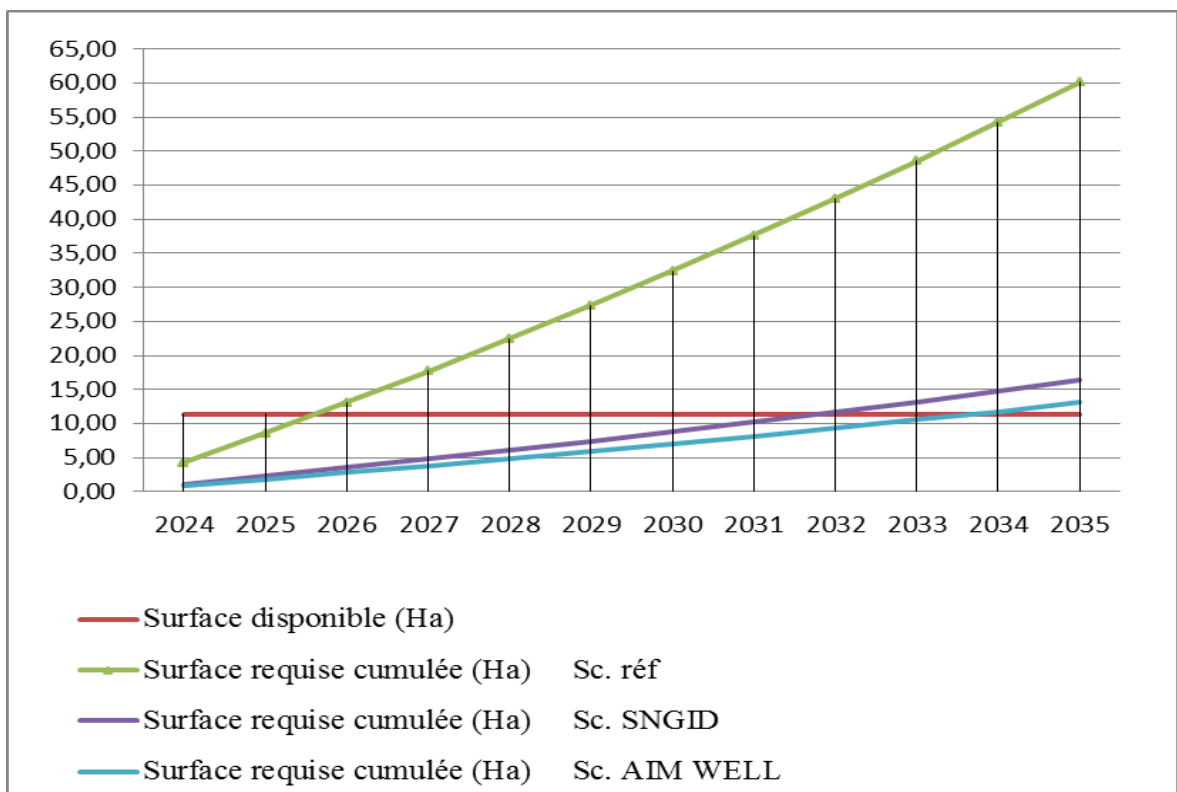


Figure n°08.15 : Estimation temporelle du déficit foncier pour les trois scénarios
Source : Auteure, 2025.

8.2.6. Synthèse comparative des scénarios

Afin de mieux cerner l'effet de chaque scénario d'élimination des DMA par enfouissement technique par rapport à l'autre sur la consommation foncière à Constantine, une analyse comparative a été entreprise, la comparaison prend en compte la DMA générée, la DMA à enfouir, la surface foncière disponible, la surface foncière requise pour l'enfouissement, le déficit foncier total et l'année de début du déficit, (tableau n°08.02).

Tableau n°08.02 : Synthèse comparative des scénarios : Ref. SNGID, AIM-WELL

scénarios	DMA générés (T)	DMA à enfouir (T)	Surface foncière disponible (Ha)	Surface foncière requise pour l'enfouissement (Ha)	Déficit foncier total (Ha)	l'année du début du déficit
Scénario Réf.	7 352 249,4	6 764 069	11,36	60,13	- 48,77	2026
Scénario SNGID		1 838 062,34		16,34	- 4,98	2033
Scénario AIM WELL		1 470 449,87		13,07	- 1,71	2035

Source : Auteure. 2025

L'évaluation des scénarios de gestion des déchets ménagers et assimilés (DMA) à Constantine met en lumière des enjeux critiques liés à la saturation des capacités d'enfouissement et à l'impératif d'adopter des approches hybrides et innovantes.

Le scénario de référence (Réf.), avec une production annuelle de 6 764 069 T de DMA, illustre les limites d'un modèle linéaire reposant exclusivement sur l'enfouissement. L'exigence d'une surface foncière de 60,13 Ha, entraînant un déficit de -48,77 Ha dès 2026, révèle non seulement une pression insoutenable sur les ressources territoriales, mais aussi les risques environnementaux et sanitaires associés à une dépendance accrue à la mise en décharge. Ce constat souligne l'urgence de diversifier les méthodes d'élimination et de valorisation des déchets, au-delà des pratiques traditionnelles.

Le scénario SNGID, en réduisant les DMA à 1 838 062,34 T et en reportant le déficit foncier (-4,98 Ha) à 2033, démontre l'impact positif d'une gestion plus rationnelle, intégrant probablement des mesures de tri et de recyclage partiel. Toutefois, même avec un gain de sept années supplémentaires avant saturation, ce scénario reste tributaire d'une logique d'enfouissement majoritaire. Son succès relatif appelle à une réflexion plus

profonde : la réduction des volumes enfouis ne suffit pas à elle seule à garantir une durabilité à long terme. La combinaison de méthodes complémentaires telles que : recyclage des matières valorisables, compostage des organiques, méthanisation, ou incinération avec récupération d'énergie, s'impose pour minimiser les rebuts ultimes et optimiser l'usage des infrastructures existantes.

Le scénario AIM WELL, le plus performant avec 1 470 449,87 T de DMA et un déficit résiduel de -1,71 Ha en 2035, incarne une avancée significative. Néanmoins, son efficacité repose elle aussi sur une réduction des déchets à enfouir, sans expliciter pleinement les mécanismes de traitement alternatifs sous-jacents, ce qui soulève des questionnements concernant la pérennisation des résultats acquis, une approche, intégrant non seulement la prévention et la réduction à la source, mais aussi un mix technologique adapté aux spécificités locales est plus que nécessaire. Par exemple, le compostage des déchets organiques pourrait alléger la charge des CET et l'utilisation de ce composte dans le domaine du bâtiment (Zaidi et Bouadam, 2024), tandis que la valorisation énergétique des déchets non recyclables réduirait leur volume final à enfouir. De même, le renforcement des filières de recyclage des plastiques, métaux et papiers diminuerait l'extraction de ressources vierges et les coûts liés à l'enfouissement.

Malgré que les scénarios SNGID et AIM WELL représentent une nette amélioration par rapport au modèle actuel, leur focalisation sur la réduction des volumes enfouis masque une lacune stratégique. En effet, ces deux scénarios, bien qu'innovants, négligent une dimension clé : la diversification explicite des méthodes d'élimination et de valorisation, pour répondre aux défis fonciers, climatiques et sanitaires, de ce fait Constantine doit impérativement combiner l'optimisation de l'enfouissement à une palette de solutions innovantes, en s'inspirant des principes de l'économie circulaire.

En finalité, ces résultats permettent de confirmer que l'élimination des DMA par enfouissement technique dans le contexte de Constantine est inadaptée et inadéquate. Cette situation est principalement attribuable à la rareté des ressources foncières, ce qui souligne l'importance de prendre en compte les spécificités locales dans les choix des méthodes d'élimination des déchets.

8.3. RECOMMANDATIONS STRATEGIQUES POUR UNE ELIMINATION PERENNE DES DMA

A partir de la comparaison établie précédemment, il s'avère claire que les recommandations doivent plaider pour une **stratégie intégrée de l'élimination des DMA**, où l'enfouissement ne serait qu'un maillon d'une chaîne multi-étapes. Les expériences internationales, comme celles de l'Allemagne, montrent que les systèmes les plus résilients associent régulation stricte des déchets enfouis, incitations économiques au recyclage, et technologies de pointe pour la récupération d'énergie.

8.3.1. Démarche méthodique

C'est dans l'objectif de mettre en œuvre des recommandations stratégiques qui alignent les enjeux locaux, nationaux et globaux, que nous avons réalisé une corrélation entre les éléments précédemment analysés, en l'occurrence : l'analyse SWOT, l'analyse PESTEL & les ODD, pour y parvenir nous avons suivis la démarche méthodologique suivante (figure n°08.16).

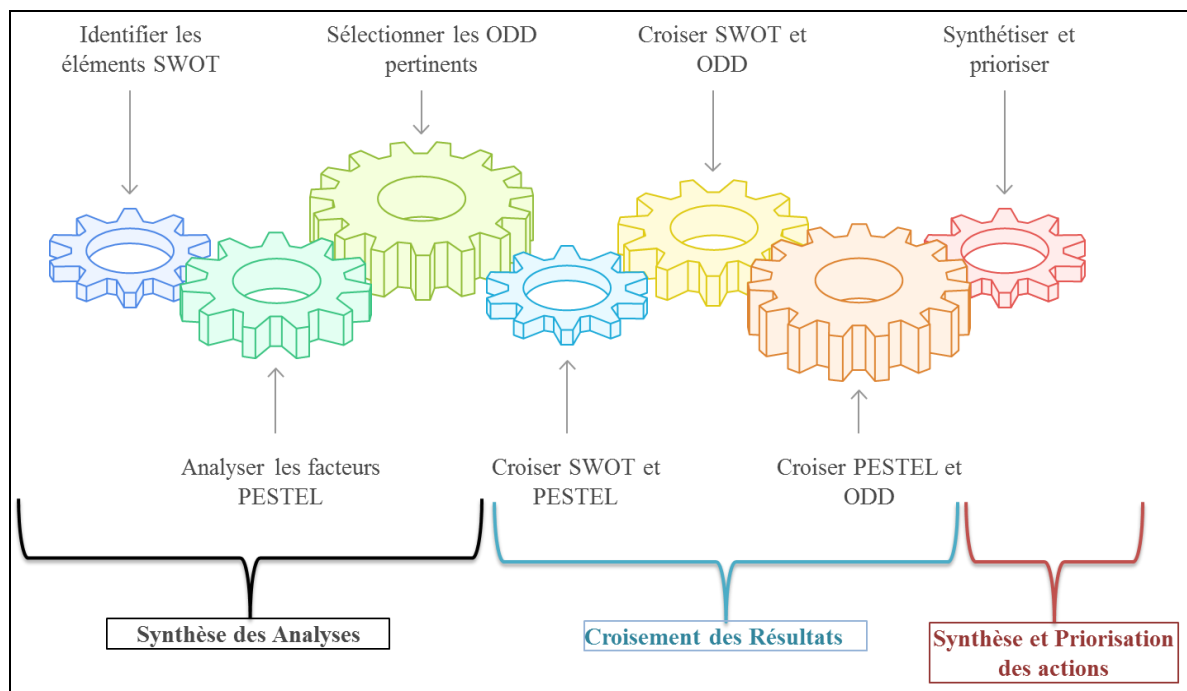


Figure n°08.16: Démarche méthodologique pour une corrélation SWOT, PESTEL et ODD

Source : Auteure.2025

La démarche est divisée en trois (03) grandes étapes :

Etape 1 : Synthèse des Analyses

Les résultats obtenus des analyses doivent être regroupés, il s'agit pour chacune de :

SWOT : Identifier Forces, Faiblesses (interne), Opportunités, Menaces (externe).

PESTEL : Analyser les 6 dimensions macro-environnementales.

ODD : Sélectionner les ODD pertinents (ceux ciblés par la SNGID).

Etape 2 : Croisement des résultats

Ce croisement est réalisé sur trois niveaux distincts, il est réalisé de la manière suivante :

- Croisement SWOT ↔ PESTEL : Relier les éléments externes (PESTEL) aux opportunités/menaces (SWOT).
- Croisement SWOT ↔ ODD : Associer forces/faiblesses aux ODD.
- Croisement PESTEL ↔ ODD : Lier les facteurs macro-environnementaux aux ODD.

Etape 3 : Synthèse et Priorisation des actions à recommander

Les résultats obtenus vont être synthétisés sous forme d'actions concrètes classées par ordre de priorité.

8.3.2. Croisement des différents résultats obtenus

Trois croisements sont réalisés (figure n°08.17)

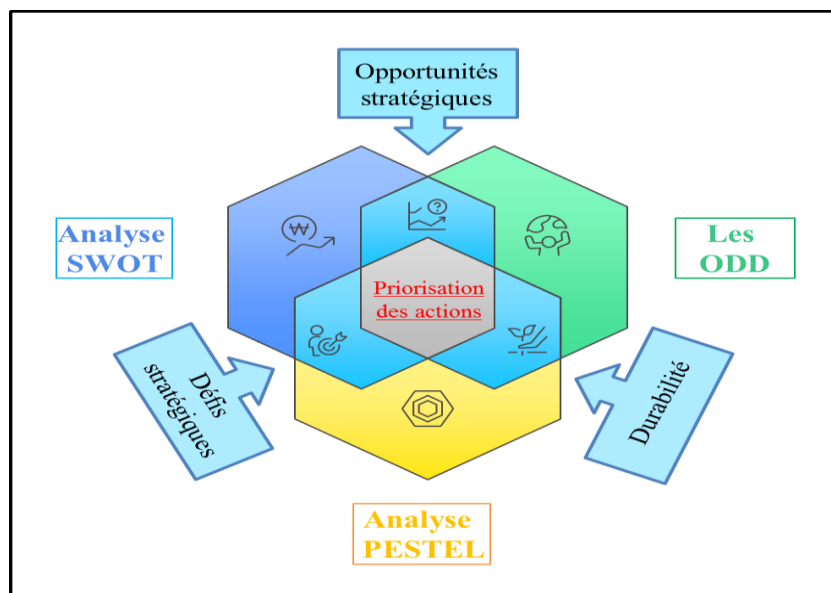


Figure n°08.17: Croisements SWOT/PESTEL/ODD

Source : Auteure.2025

a. Croisement SWOT ↔ PESTEL :

L'objectif est de relier les éléments externes (PESTEL) aux opportunités/menaces (SWOT), les résultats sont représentés ci-dessous (tableau n°08.03).

Tableau n°08.03 : Résultats du croisement des analyses SWOT / PESTEL

Élément PESTEL	Opportunités/Menaces (SWOT)	Lien
Politique (Score : 27)	Menace : Évolution des réglementations environnementales.	Les nouvelles lois (ex: loi 02-25) et la SNGID 2035 renforcent les exigences pour les CET, augmentant les coûts et les contraintes.
Économique (Score : 24)	Opportunité : Valorisation des DMA encouragée par l'État.	Les politiques économiques soutiennent les start-up et les projets de valorisation, réduisant la dépendance aux subventions publiques.
Technologique (Score : 24)	Opportunité : Modernisation du traitement des lixiviats et collecte des biogaz.	Les innovations technologiques (ex: systèmes de captage de biogaz) permettent de réduire l'impact environnemental et générer des revenus.
Social (Score : 16)	Menace : Opposition des populations riveraines.	La faible distance entre le CET et les habitations (200 m vs 4 km souhaité) alimente le syndrome NIMBY, menaçant la réouverture du site.
Environnemental (Score : 13)	Menace : Risque de contamination des sols et eaux.	L'absence de captage du méthane et les défaillances techniques aggravent l'empreinte écologique, alignée avec les critiques des ODD.
Légal (Score : 13)	Menace : Conflits juridiques liés aux impacts sanitaires.	La loi révisée 02-25 impose des restrictions accrues (ex: déchets ultimes uniquement), limitant la pratique de l'enfouissement.

Source : Auteure.2025

b. Croisement SWOT ↔ ODD :

L'objectif est d'associer forces/faiblesses issues de l'analyse SWOT aux ODD ciblés par la SNGID, les résultats sont représentés ci-dessous (tableau n°08.04).

Tableau n°08.04 : Résultats du croisement des analyses SWOT / ODD

ODD	Forces	Faiblesses
ODD 11 (Villes durables)	Valorisation des biogaz réduit les émissions de GES.	Nuances olfactives et embouteillages nuisent à la qualité de vie urbaine.
ODD 12 (Consommation responsable)	Capacité de stockage élevée prolonge la durée du CET.	Gestion déficiente des lixiviats et absence de tri à la source.
ODD 13 (Climat)	Station de traitement des lixiviats (potentiel améliorable).	Absence de captage du méthane et incendies fréquents.

Source : Auteure.2025

c. Croisement PESTEL ↔ ODD :

Réalisé afin de lier les facteurs macro-environnementaux de l'analyse PESTEL aux ODD visés par la SNGID, les résultats sont représentés ci-dessous (tableau n°08.05).

Tableau n°08.05 : Résultats du croisement des analyses ODD / PESTEL

Facteur PESTEL	ODD Impactés	Explication
Politique	ODD 11, 12, 13	La SNGID 2035 et les accords internationaux (ex: Paris) poussent à réduire l'enfouissement et à valoriser les déchets.
Économique	ODD 12	Le financement étatique limité et le secteur informel freinent l'innovation, mais les start-up pourraient stimuler l'économie circulaire.
Technologique	ODD 12	Les innovations (ex: application MOUSTTAFID) favorisent le tri et la valorisation, alignées avec l'ODD 12.

Facteur PESTEL	ODD Impactés	Explication
Social	ODD 11	La pression sociale (NIMBY) et la croissance démographique compliquent la gestion des déchets, mais la sensibilisation pourrait aider.
Environnemental	ODD 13	Les émissions de méthane et la dégradation des écosystèmes contredisent les ODD climatiques et de biodiversité.
Légal	ODD 13	Les conflits juridiques et la réglementation évolutive nécessitent une gouvernance renforcée.

Source : Auteure.2025

8.3.3. Actions et Recommandations

a. Optimisation Technique et Environnementale

Action 1 : Valorisation des biogaz

L'objectif principal de cette action est de réduire les émissions de méthane, un gaz à effet de serre (GES) puissant, tout en transformant cette ressource en énergie renouvelable. Cette démarche s'appuie sur l'**opportunité identifiée dans l'analyse SWOT** liée à la valorisation des biogaz, tout en répondant à la **faiblesse actuelle** du site, à savoir l'absence de gestion structurée de ces gaz. Sur le plan **PESTEL**, elle mobilise les **avancées technologiques** (systèmes de captage innovants) et contribue à l'**enjeu environnemental** de réduction des émissions de GES. Enfin, cette initiative s'aligne directement sur l'**ODD 13** (lutte contre les changements climatiques), en transformant une menace climatique en solution énergétique durable, tout en renforçant la performance écologique et économique du site

Action 2 : Modernisation du traitement des lixiviats

Cette action vise à éliminer les risques de pollution des eaux et des sols en modernisant les méthodes de traitement des effluents. Elle capitalise sur l'opportunité technologique identifiée dans l'analyse SWOT (utilisation de procédés novateurs) pour pallier la faiblesse actuelle du site, notamment l'inefficacité du lagunage, un système de traitement obsolète. Sur le plan PESTEL, elle s'appuie sur des solutions technologiques performantes (comme des stations de traitement avancées) et renforce la conformité

réglementaire, répondant aux exigences légales en matière de protection environnementale. Enfin, cette initiative s'inscrit pleinement dans l'ODD 12 (Consommation et production responsables), en optimisant la gestion des déchets pour limiter leur impact sur les ressources naturelles, tout en promouvant une approche durable et respectueuse des écosystèmes locaux.

b. Gestion des Conflits Sociaux et Acceptabilité

- **Action 3 : Sensibilisation et implication des habitants**

Cette action a pour objectif de réduire l'opposition locale (syndrome NIMBY) et de renforcer l'acceptation du CET par les populations riveraines. Elle répond à la menace identifiée dans l'analyse SWOT, liée au rejet des habitants, en s'appuyant sur l'opportunité d'implication citoyenne via des dialogues participatifs et des campagnes de sensibilisation. Sur le plan PESTEL, elle intègre la dimension sociale en réévaluant la distance réglementaire entre le CET et les habitations, tout en s'alignant sur la stratégie nationale SNGID 2035, qui promeut une gestion intégrée et durable des déchets. Enfin, cette démarche contribue directement à l'ODD 11 (Villes et communautés durables), en conciliant les impératifs techniques du CET avec le bien-être des populations, favorisant ainsi un développement urbain équilibré et respectueux des attentes locales

- **Action 4 : Contrôle des nuisances olfactives**

Cette action a pour objectif d'améliorer la qualité de vie des riverains en réduisant les nuisances olfactives générées par le CET. Elle s'attaque à la faiblesse identifiée dans l'analyse SWOT (odeurs persistantes) en exploitant l'opportunité offerte par l'installation de bio-filtres, une technologie efficace pour neutraliser les émissions malodorantes. Sur le plan PESTEL, elle mobilise des solutions technologiques avancées (systèmes de désodorisation) pour répondre à un enjeu critique de santé publique et de qualité de vie des citoyens. Enfin, cette initiative s'inscrit pleinement dans l'ODD 11 (Villes et communautés durables), en harmonisant les activités du site avec les besoins des populations locales, et en contribuant à créer un environnement urbain plus sain, résilient et respectueux du bien-être collectif.

c. Planification et Conformité Réglementaire

- **Action 5 : Création d'un nouveau casier et lutte contre la saturation**

Cette action vise à éviter une crise dans le secteur de l'élimination des déchets en

anticipant la saturation du CET et en diversifiant les solutions de gestion. Elle répond à la menace de saturation identifiée dans l'analyse SWOT en exploitant l'opportunité de financements internationaux (ex: partenariats avec la GIZ ou la Banque Mondiale) pour moderniser les infrastructures. Sur le plan PESTEL, elle s'appuie sur les coopérations politiques et les investissements économiques nécessaires pour développer des casiers supplémentaires ou des alternatives durables. Enfin, cette initiative s'aligne avec l'ODD 12 (Consommation et production responsables), en réduisant la dépendance à l'enfouissement grâce à des méthodes innovantes, tout en optimisant l'utilisation des ressources pour une gestion des déchets plus efficace et respectueuse des particularités locales de chaque wilaya.

- **Action 6 : Mise en conformité légale**

Cette action a pour objectif de respecter les nouvelles lois (telles que la loi 25-02) et de prévenir les litiges juridiques liés à l'exploitation du CET. Elle répond à la menace soulignée dans l'analyse SWOT, liée à l'évolution constante des réglementations, en instaurant une veille légale proactive et en adaptant les pratiques du site aux exigences légales. Sur le plan PESTEL, elle s'articule autour du facteur légal, en intégrant un cadre réglementaire dynamique (ex: économie circulaire, responsabilité élargie des producteurs) pour garantir la conformité et la transparence. Enfin, cette démarche s'aligne avec les ODD 11 (Villes durables), 12 (Consommation responsable) et 13 (Changements climatiques), en renforçant la réglementation visant la durabilité des opérations, en réduisant les impacts environnementaux et en soutenant les engagements nationaux et internationaux en matière de transition écologique et de justice climatique.

d. Transition vers l'Économie Circulaire

- **Action 7 : Promotion de la collecte sélective et de l'économie circulaire**

Cette action a pour objectif de réduire les volumes de déchets enfouis en favorisant une gestion plus durable et circulaire des ressources. Elle s'appuie sur l'opportunité offerte par l'économie circulaire (SWOT) pour compenser la faiblesse actuelle du site, notamment l'absence de tri efficace des déchets à la source. Sur le plan PESTEL, elle combine des innovations technologiques (comme l'application MOUSTTAFID, facilitant le tri citoyen) et le dynamisme du secteur privé, incité à investir dans des solutions de recyclage et de valorisation. Enfin, cette initiative s'inscrit pleinement dans l'ODD 12 (Consommation et production responsables), en réduisant le gaspillage des ressources, en promouvant des

modes de production durables et en alignant les pratiques du CET sur les principes d'une société sobre en carbone et respectueuse des limites planétaires.

- **Action 8 : Transition vers** une approche hybride de l'élimination

La transition vers une approche hybride de l'élimination des déchets nécessite la mise en place d'une stratégie intégrée. Cette stratégie ne saurait se limiter à un choix binaire entre l'enfouissement et la valorisation, mais doit plutôt être fondée sur un équilibre dynamique entre plusieurs méthodes de traitement et de valorisation. Ces méthodes comprennent la prévention, le réemploi, la valorisation matière, la valorisation énergétique et l'élimination sécurisée. Cette hybridation répond à trois impératifs : optimisation des ressources, réduction des volumes ultimes à éliminer et adaptation aux contraintes locales.

8.3.4. Priorisation des Actions

Les actions proposées ont été priorisées selon leur urgence et leur portée stratégique (figure n°08.18) :

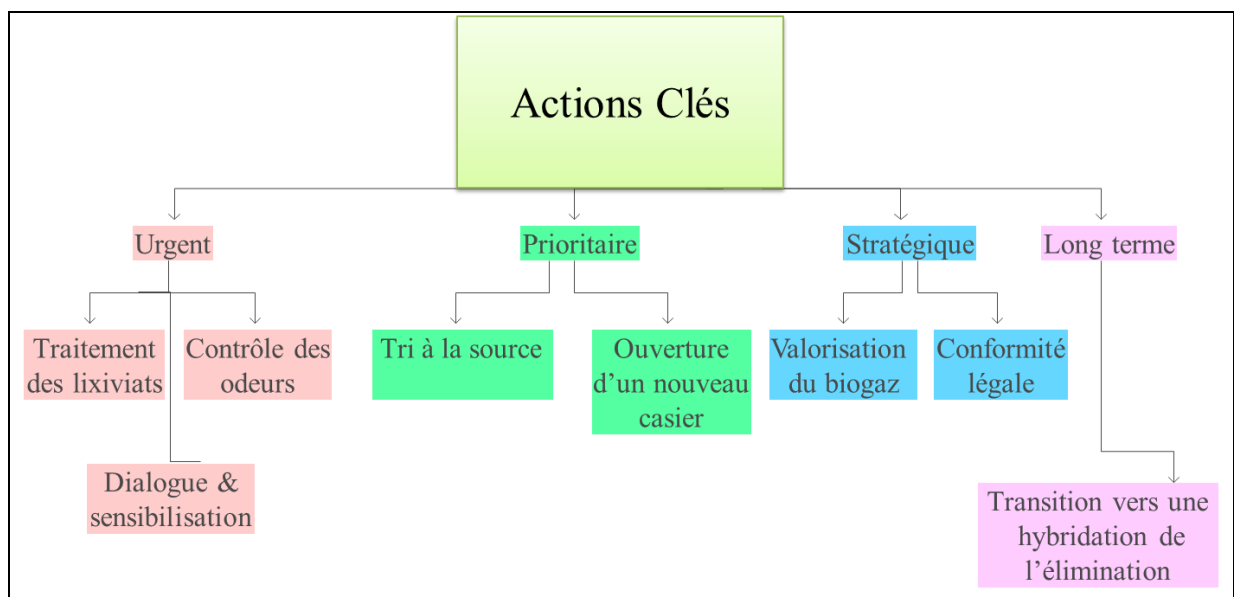


Figure n°08.18 : Hiérarchisation des actions clés

Source : Auteure.2025

Ainsi, on obtient la hiérarchie suivante :

- Les mesures urgentes, comme le dialogue/sensibilisation environnementale, le traitement des lixiviats et le contrôle des odeurs, visent à résoudre des problèmes critiques impactant directement l'environnement et les riverains.

- Les actions prioritaires, incluant l'ouverture d'un nouveau casier, et la mise en

application du tri sélectif des déchets ce qui va optimiser la capacité opérationnelle du site.

- Les actions stratégiques, tels que la valorisation du biogaz et la conformité légale, structurent une gestion durable et conforme aux réglementations.

- Enfin, les initiatives de long terme, comme la transition vers une hybridation des méthodes d'élimination des déchets.

Cette hiérarchisation permet d'agir de manière ciblée, en conciliant réactivité immédiate et vision prospective, les actions et recommandations qui en découlent, intègrent les enjeux techniques, sociaux, légaux et environnementaux identifiés dans les analyses SWOT et PESTEL, tout en s'alignant sur les ODD.

CONCLUSION

Ce chapitre a examiné les perspectives de l'enfouissement technique des déchets à travers une approche mixte, basée sur l'analyse PESTEL et sur la modélisation de la consommation foncière sous forme de scénarios prospectifs. Les résultats soulignent que l'évolution des Centres d'Enfouissement Technique (CET) est principalement dictée par des dynamiques politiques et technologiques, bien que les enjeux sociaux, environnementaux et légaux émergent comme des forces critiques remettant en cause leur viabilité à long terme.

La comparaison du scénario de référence, avec celui de la SNGID et du scénario d'AIM WELL pour la wilaya de Constantine, a révélé des écarts majeurs en matière de durabilité. Alors que le scénario référence expose une saturation foncière imminente à partir de 2026, les scénarios alternatifs, qui sont fondés sur la valorisation des Déchets Ménagers et Assimilés (DMA), prolongent la durée de vie de l'élimination des déchets au niveau des CET, jusqu'en 2033 pour le scénario de la SNGID et jusqu'à 2035 pour celui de AIM WELL. Ces écarts illustrent l'urgence d'abandonner les modèles linéaires au profit de stratégies intégrées, combinant prévention, valorisation et technologies de pointe, conformes aux principes de l'économie circulaire.

Les recommandations issues des croisements SWOT-PESTEL-ODD plaident pour une refonte de la stratégie d'élimination des DMA et l'adoption d'une approche hybride d'élimination. Par ailleurs, la réussite de cette transition repose sur quatre domaines d'actions prioritaires, il s'agit de: l'Optimisation Technique et Environnementale qui vise à réduire l'empreinte écologique des CET, la Gestion des Conflits Sociaux et l'Acceptabilité, pour intégrer les attentes des populations et limiter les résistances, la Planification et Conformité Réglementaire, afin d'anticiper les contraintes spatiales et légales, et la Transition vers l'Économie Circulaire, pour transformer les déchets en ressources et minimiser le recours à l'enfouissement.

CHAPITRE IX :
CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La gestion des déchets constitue un enjeu de portée planétaire, dont les répercussions sur l'environnement, la santé publique et l'économie sont considérables. À l'échelle mondiale, l'urbanisation accélérée, l'explosion démographique et les modes de consommation linéaires, ont conduit à une augmentation significative du volume de déchets générés. Face à cette crise, les méthodes traditionnelles d'élimination, révèlent leurs limites : pollution des sols et des nappes phréatiques, émissions de gaz à effet de serre. C'est ainsi que le recours à l'enfouissement technique des déchets est venu apporter une avancée majeure dans l'évolution des stratégies de gestion des déchets en conciliant impératifs environnementaux, sanitaires et socio-économiques.

Désormais, à l'échelle mondiale, l'enfouissement technique des déchets est considéré comme une solution temporaire, une pratique héritée d'une logique de « traitement en aval » appartenant à une gestion linéaire des déchets, sa pratique entre en contradiction avec les impératifs de la gestion durable et de l'économie circulaire.

Dans ce contexte, Constantine peut être considérée comme un exemple d'étude critique, souffrant d'une explosion démographique, d'une topographie complexe, d'une pression foncière exacerbée, de ressources financières limitées et d'infrastructures de gestion des déchets souvent obsolètes ou dépassées. Ainsi, elle éprouve des difficultés à concilier une réponse immédiate aux défis sanitaires et l'adoption de modèles d'élimination des déchets durables.

En application des directives du PROGDEM, Constantine utilise principalement les centres d'enfouissement technique et les décharges contrôlées pour l'élimination de ses déchets, une méthode jugée insuffisante pour répondre aux impératifs de durabilité. Cette réalité globale et locale soulève une double problématique: la première interroge la compatibilité de l'enfouissement technique, tel qu'il est actuellement mis en œuvre à Constantine, avec les normes établies en matière de conception et d'exploitation, ainsi qu'avec les spécificités socio-environnementales locales. En revanche, si cette méthode offre une solution immédiate, son efficacité à long terme est remise en cause par des dysfonctionnements structurels (conception inadaptée, gestion opaque) et des externalités négatives (risques de pollution, pression foncière). Une analyse rigoureuse s'est imposée donc pour évaluer dans quelle mesure ces pratiques respectent les principes d'ingénierie environnementale et s'intègrent harmonieusement au contexte géographique et socio-

économique de la région.

La seconde question quant à elle prolonge cette réflexion en explorant les voies de transition vers un modèle d'élimination plus résilient et circulaire, elle a examiné comment l'enfouissement technique pourrait évoluer pour concilier durabilité écologique, optimisation des ressources et adaptation aux contraintes foncières locales. Cette interrogation s'inscrit dans une perspective où l'intégration de technologies innovantes (valorisation énergétique, recyclage), de stratégies de réduction à la source et de mécanismes d'économie circulaire apparaît indispensable. L'objectif est de proposer un cadre opérationnel qui dépasse la logique linéaire du « stockage » pour embrasser une approche régénérative, alignée sur les limites écologiques et les besoins spécifiques du territoire.

En apportant les éléments de réponse recherchés par ces questionnements, ce travail vise à identifier les insuffisances du système actuel tout en esquisant des pistes de réforme structurelle. Elle s'ancre dans une démarche à la fois critique et prospective, cherchant à concilier exigences techniques, impératifs de durabilité et contextualisation territoriale, afin de contribuer à une prise de décision réfléchie et éclairée sur la méthode d'élimination la plus adéquate.

Au niveau international, le *Benchmarking* (analyse comparative) a révélé des stratégies contrastées ; l'Allemagne, pionnière de l'économie circulaire, a atteint un taux de recyclage de 68 % grâce à un cadre législatif strict et des technologies de tri avancées, en revanche, le Canada, présente une dépendance persistante à l'enfouissement malgré la pratique d'une valorisation énergétique innovante (bio-méthanisation). Enfin, le Maroc, engagé dans une transition écologique via son Plan National des Déchets Ménagers, tente de fermer les décharges sauvages tout en développant des projets de valorisation énergétique, malgré des contraintes financières et un faible engagement citoyen. Ces exemples soulignent l'absence de modèle universel, mais identifient des principes transposables à notre cas d'étude, il s'agit de la limitation de l'enfouissement aux déchets ultimes, de la promotion de la valorisation, de l'intégration des acteurs informels et de l'encouragement des partenariats public-privé.

En Algérie, les réformes législatives qui ont abouti à l'adoption de l'enfouissement technique des DMA comme la méthode qui va garantir une élimination des déchets respectueuse de l'environnement, témoignent d'une volonté de modernisation du secteur

des déchets. Toutefois, leur application se heurte à des réalités opérationnelles complexes, notamment à Constantine, où le Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Boughareb a connu une fermeture prématurée, illustrant les tensions entre ambitions réglementaires et pratiques sur le terrain.

Bien que l'enfouissement technique offre une réponse instantanée aux problèmes sanitaires, son efficacité est compromise par des défauts de conception (étanchéité insuffisante, contrôle inadéquat des lixiviats), une gestion inadéquate ainsi que des effets négatifs (risques de pollution, pression foncière). De plus, l'analyse SWOT du CET de Boughareb a permis d'identifier des opportunités sous-exploitées, comme la valorisation des déchets organiques, mais aussi des menaces structurelles, notamment la vulnérabilité aux catastrophes naturelles et les conflits sociaux liés à l'occupation des terres et aux pollutions provoquées par la mauvaise exploitation. Ces constats confirment l'hypothèse selon laquelle l'enfouissement technique, tel que pratiqué actuellement, est incompatible avec les impératifs de durabilité.

Par ailleurs, Les scénarios prospectifs, fondés sur l'analyse PESTEL et la modélisation de la consommation foncière, confirment l'urgence d'une transition. Alors que le scénario de référence prévoit une saturation foncière imminente dès 2026, les alternatives proposées par la SNGID et le programme AIM WELL prolongeraient la disponibilité foncière jusqu'en 2033-2035, grâce à une valorisation accrue des déchets ménagers. Cependant, les trois perspectives ont convergé pour conclure que l'élimination des déchets à Constantine ne saurait se faire par le biais de l'enfouissement technique. En effet, à défaut de foncier disponible, la construction d'un nouveau CET ne saurait être envisagée. Ce qui valide la seconde hypothèse qui stipule qu'une transition vers un modèle hybride, combinant valorisation, économie circulaire et contextualisation territoriale, constitue une alternative durable.

De ce fait, la réponse à la problématique initiale s'articule ainsi autour de deux axes validés par la recherche. Premièrement, l'enfouissement technique à Constantine, bien que répondant à une urgence opérationnelle, ne respecte pas les standards technique en matière de conception, d'exploitation et de contexte (infrastructures inadaptées, risques écologiques, négligence des spécificités locales) conséquemment, on appelle à une remise en question radicale de l'élimination des déchets par enfouissement technique à Constantine.

Deuxièmement, la transition vers un système circulaire, intégrant des innovations technologiques et une planification stratégique, s'impose désormais comme une nécessité plutôt qu'un choix. Cette transition permettrait non seulement d'optimiser l'utilisation des ressources et de réduire l'empreinte écologique, mais aussi d'aligner la gestion des déchets sur les impératifs de durabilité, de santé publique et de résilience territoriale.

Dans ce contexte, les combinaisons des analyses SWOT, PESTEL et ODD incitent à repenser la stratégie d'élimination des DMA d'une manière à s'inscrire dans le cadre des Objectifs de Développement Durable (ODD), pour s'y faire, il est crucial de se concentrer sur quatre axes prioritaires : l'Amélioration Technique et Écologique qui cherche à diminuer l'impact environnemental des CET, la Gestion des Conflits Sociaux et l'Acceptation, pour prendre en compte les besoins des communautés et réduire les oppositions, la Planification et le Respect de la Réglementation, dans le but d'anticiper les contraintes géographiques et juridiques, ainsi que la Transition vers l'Économie Circulaire, pour convertir les déchets en ressources tout en limitant le besoin en enfouissement.

Ainsi, la transition d'un modèle d'élimination linéaire à un système circulaire et contextualisé pourrait révolutionner la gestion des déchets en un levier de développement respectueux de l'environnement et équitable sur le plan social, en accord avec les objectifs mondiaux de développement durable.

En synthèse, la modification des systèmes de gestion des déchets ne saurait se limiter à des ajustements techniques, elle implique une transformation profonde des logiques économiques, des comportements sociaux et des cadres réglementaires, dans l'optique d'un développement véritablement durable. Les enseignements tirés de Constantine, bien que contextualisés, offrent des clés de lecture pour d'autres villes confrontées à l'urgence écologique, rappelant que l'innovation ne réside pas seulement dans la technologie, mais aussi dans la capacité à concilier impératifs globaux et réalités locales.

CHAPITRE X :
BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Actu-environnement. (n.d.). *Dictionnaire Environnement*. https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition.php4

ADEME. (2008). Rapport d'étude : Description des filières de traitement de déchets avant enfouissement et paramètres de suivi du stockage (Opération 1) Rapport final (tome I/II). Paris : ADEME.

ADEME. (2013). *Économie circulaire : notions*. https://www.avise.org/sites/default/files/atoms/files/20141124_ademe_economie_circu.pdf

ADEME. (2022). *Rapport annuel « Acteur(s) pour un monde plus sobre et solidaire »*. <https://librairie.ademe.fr/ged/7853/ADEME-Rapport-annuel-2022-012079.pdf>

Agence Epure Paysage. (2016, août). *Dossier de demande d'autorisation d'exploiter - volet paysager : Centre de valorisation de déchets de la Ramonière*. Préfecture du Pas-de-Calais. <https://www.pas-de-calais.gouv.fr/content/download/29875/199643/file/P08-4-Etude%20paysage.pdf>

Agence Nationale des Déchets. (2014). *Caractérisation des déchets ménagers et assimilés dans les zones nord, semi-aride et aride d'Algérie*. <https://and.dz/site/wp-content/uploads/2016/04/etude-caracterisation-2014-1.pdf>

Agence Nationale des Déchets. (2020). *Caractérisation des déchets ménagers et assimilés (campagne nationale 2018 / 2019)*. <https://and.dz/caracterisation-des-dechets-menagers-et-assimiles-campagne-nationale-2018-2019/>

Agence Nationale des Déchets. (2020). *Waste is Resource Magazine*. <https://and.dz/site/wp-content/uploads/Revue-AND-04-08-20-FR-web.pdf>

Ali, M. et Bella, V. Di. (2016). *Topic Guide: Solid Waste Management*. http://dx.doi.org/10.12774/eod_tg.april2016.alimetal

Amar, F. et Afroukh, J. (2023). « Modèle de Diagnostic Intégré Avancé ; Swot/Pestel, 7s Combinés ». *Revue Internationale des Sciences de Gestion*, 6(1), 428–453. <https://www.researchgate.net/publication/369374884>

Annuaire statistique de la wilaya de Constantine. (2020). Wilaya de Constantine.

Arib, F. (2019). *Des solutions sociales et innovantes pour une gestion durable des déchets au Maroc Cas de l'inclusion du secteur informel*. https://knowledgehub.unsse.org/wp-content/uploads/2019/06/299_Arib_Des-solutions-sociales-et-innovante_Fr.pdf

Asnoune, M. (2017). *Optimisation de la gestion des déchets ménagers dans quelques villes de l'Ouest algérien* [Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem].

Baban, S. M. et Flannagan, J. (1998). « Developing and Implementing GIS-assisted Constraints Criteria for Planning Landfill Sites in the UK ». *Planning Practice & Research*, 13(2), 139–151.

Ballester, P. (2022). Analyse des influences de l'environnement : vers un élargissement du modèle PESTEL aux regards des 17 objectifs du développement durable (SDG), le PESTEL-ID. HAL. <https://hal.science/hal-03704652v1>

Banque Mondiale. (2018). RAPPORT ANNUEL 2018. Dans <https://documents1.worldbank.org/>. Consulté le 7 octobre 2022, à l'adresse <https://documents1.worldbank.org/curated/en/375261538160229155/pdf/The-World-Bank-Annual-Report-2018.pdf>

Benderradji, M. E. H., Saint-Gerand, T. et Alatou, D. (2017). « Monitoring Land Use/Land Cover Dynamics in the Province de Constantine, Algeria using Remote Sensing and GIS ». *Indian Journal of Science and Technology*, 10(41). <https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i41/115586>

Bennafla, K. (2016). *Les bases de traitement des déchets solides* [Polycopié de cours]. <https://www.univ-usto.dz/images/coursenligne/btds.pdf>

Bergeron, F. (2015). « Analyse des systèmes de gestion des déchets par l'étude du mécanisme de répartition des déchets ». *Déchets Sciences et Techniques*, 69. <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.3198>

Bertolini, G. (1990). *Le Marché des Ordures : économie et gestion des déchets ménagers*. Paris : L'Harmattan.

Billard, H. (2001). « Centres de stockage des déchets : Conception ». *Techniques de l'ingénieur. Environnement*, 2(G2101), G2101-1.

biomass ». *American Society of Civil Engineers*.

Bolyard, S. C. et Reinhart, D. R. (2016). « Application of landfill treatment approaches for stabilization of municipal solid waste ». *Waste Management*, 55, 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.024>

Bouadam, R. (2022). L'Algérie face à ses déchets : outils et entraves de gestion vers quelles perspectives ? *Architecture et Environnement de L'enfant*, Vol.7 (N°1), 65-79. <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/499/7/1/183146>

Bouadam, R., Zaidi, H., Soukehal, I., Makhloufi, S., & Badreddine, H. (2022). Composting as a sustainable alternative to eliminate household and similar Waste in developing countries. *Humanities & Social Sciences Reviews*, 10(6), 01–14. <https://doi.org/10.18510/hssr.2022.1061>

Bowan, P. (2023). « Solid Waste Management Contribution to the Attainment of the Sustainable Development Goals ». *Journal of Sustainable Development Studies*, 16, 1–20. <https://www.researchgate.net/publication/375836780>

Brings Jacobsen, N. (2006). « Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects ». *Journal of Industrial Ecology*, 10(1–2). <https://doi.org/10.1162/108819806775545411>

Cary, P. (2011). Zuideau B. (éd.), 2010, Développement durable et territoire, Villeneuve d'Ascq, Presses Universitaires du Septentrion. 517 pages. Géographie, économie, société, 13(1), 112-113. <https://shs.cairn.info/revue-geographie-economie-societe-2011-1-page-112?lang=fr>.

Chalmin, P. et Gaillochet, C. (2009). *From Waste to Resource*. Paris : Economica.

Cheniti, H. (2014). *La gestion des déchets urbains solides : cas de la ville d'Annaba* [Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar-Annaba].

Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual review of energy and the environment*, 25(1), 313-337.

Çitilci, T. et Akbalık, M. (2020). « The Importance of PESTEL Analysis for Environmental Scanning Process ». Dans *Handbook of Research on Decision-Making Techniques in Financial Marketing*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-2559-3.ch016>

CNESE. (2021). *Principaux faits saillants à caractère politique, économique, social et environnemental. Rapport liminaire. Mars 2021.* <https://www.cnese.dz/cnese-portal/publications/2021>

CNESE. (2024). *Gestion des déchets ménagers et assimilés (DMA) et des déchets inertes (DI) en Algérie : État actuel, enjeux environnementaux et socio-économiques et recommandations pour une gestion durable.* Bulletin 05. Mars 2024. <https://www.cnese.dz/cnese-portal/publications/2024>

Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement (CMED). (1987). *Notre avenir à tous.* <https://digitallibrary.un.org/record/139811?ln=fr&v=pdf#files>

Connett, P. (2013). *Zero Waste: A Key Move towards a Sustainable Society.* <http://www.americanhealthstudies.org/zerowaste.pdf>

Dahchour, A. et El Hajjaji, S. (2020). « Management of Solid Waste in Morocco ». Dans *Waste Management in MENA Regions.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-18350-9_2

Davis, M. L. et Cornwell, D. A. (1998). *Introduction to Environmental Engineering: Troisième Edition.* New York : McGraw-Hill.

Denafas, G. et al. (2014). « Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four East European cities ». *Resources, Conservation and Recycling*, 89, 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.06.001>

Destatis. (2022). *Bilan des déchets 2022.* Office fédéral de la statistique. <https://www.destatis.de/DE/Themen/GesellschaftUmwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/Publicationen/publikationen-innen-abfallbilanz.html>

Développement durable et territoire. (2010). Dans *Presses universitaires du Septentrion eBooks*. <https://doi.org/10.4000/books.septentrion.15373>

Dictionnaire de l'environnement. (n.d.). *Station de transfert*. https://www.dictionnaireenvironnement.com/station_de_transfert_ID403.html

Direction de l'Environnement de la wilaya de Constantine. (2004). *Schéma communal de gestion des déchets du Groupement de Constantine*.

Direction de l'Environnement de la wilaya de Constantine. (2015). *Rapport d'audit environnemental du Centre d'Enfouissement technique Zighoud Youcef Doghra*.

Direction de l'Environnement de la wilaya de Constantine. (2019). *Incendie de la station de transfert des DMA à Ain Smara*.

Direction de l'Environnement de la wilaya de Constantine. (2020). **Organismes de la collecte/transport des DMA de la Wilaya de Constantine**.

Direction de l'Environnement de la wilaya de Constantine. (2021). *Répartition des décharges sur les communes de la wilaya de Constantine*.

Directive (2008/98/CE). (19 novembre 2008). Journal officiel de l'Union européenne Consulté le 11 janvier 2022, à l'adresse <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0098>

Directive (2018/850/UE). (30 mai 2018). Journal officiel de l'Union européenne Consulté le 11 janvier 2022, à l'adresse <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0850>

Djemaci, B. et Ahmed Zaïd-Chertouk, M. (2011). «*La gestion intégrée des déchets solides en Algérie. Contraintes et limites de sa mise en oeuvre*». Ciriec International. <https://www.ciriec.uliege.be/repec/WP11-04.pdf>

Djemaci, B. (2015). «*Quelle distance optimale pour résoudre le syndrome Nimby dans les villes Algériennes ? Cas de service de déchets* ». *El-Bahith Review*, 15. <http://www.webreview.dz/IMG/pdf/f1506.pdf>

Dorbane, N. et Hachemi, N. (2023). «*L'économie circulaire, une nouvelle approche de gestion des déchets. Quelles possibilités d'application en Algérie* ». *Revue TADAMSAD-UNEGMU*.

Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Rapport: Cities and Circular Economy for Food*. <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>

Environment Protection Agency. (2003). *LANDFILL MANUALS MONITORING*. Environmental Protection Agency. Ireland. <https://www.epa.ie/publications/compliance--enforcement/waste/EPA-Landfill-Monitoring.pdf>

Environmental Protection Agency. (2022). landfill check-list. Dans <https://www.epa.gov>. Consulté le 6 mars 2023, à l'adresse https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-10/9_6.%20Landfill%20checklist.pdf

EPA Research Impacts Report 2017. (2017). Dans <https://www.epa.gov/>. Consulté le 9 juillet 2022, à l'adresse https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-08/documents/epa-2018-science_annualreport_508compressed.pdf

EPIC EPWG-CET de Constantine. (2023). *Fiche technique de la station de transfert du 13 km à Constantine.*

Erses, A. S., Onay, T. T. et Yenigun, O. (2008). « Comparison of aerobic and anaerobic degradation of municipal solid waste in bioreactor landfills ». *Bioresource Technology*, 99(13), 5418–5426. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.008>

Etude géotechnique du site Doghra. (2012). Laboratoire des Travaux Publics Est.

Galvez-Cloutier, R. (2012). *Gestion intégrée de déchets solides municipaux.* <https://www.gci.ulaval.ca/fileadmin/gci/documents/rgalvez/Extra%2020539/gci-2102.pdf>

Gentil, E. C., Damgaard, A., Hauschild, M., Finnveden, G., Eriksson, O., Thorneloe, S., Kaplan, P. O., Barlaz, M., Muller, O., Matsui, Y., Ii, R., & Christensen, T. H. (2010). Models for waste life cycle assessment : Review of technical assumptions. *Waste Management*, 30(12), 2636-2648. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.004>

GIEC. (2001). *Bilan 2001 des changements climatiques rapport de synthèse.* https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR_syrfull_fr.pdf

GIEC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report.* <https://www.ipcc.ch/synthesis-report/>

GIEC. (2021). *Changement climatique 2021 : Contribution du Groupe de travail I au sixième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.* Dans <https://www.ipcc.ch/>. Consulté le 3 juin 2023, à l'adresse https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_French.pdf

Giusti, L. (2009). « A review of waste management practices and their impact on human health ». *Waste Management*, 29(8), 2227–2239. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.03.028>

GIZ. (2014). *Report on the Solid Waste Management in MOROCCO.* https://www.retechgermany.net/fileadmin/retech/05_mediathek/laenderinformationen/Marokko_RA_ANG_WEB_Laenderprofile_sweep_net.pdf

Gómez-Fernández, D., López, R. S., Zabaleta-Santisteban, J. A., Medina-Medina, A. J., Goñas, M., Silva-López, J. O., Oliva-Cruz, M., & Rojas-Briceño, N. B. (2024). Landsat images and GIS techniques as key tools for historical analysis of landscape change and fragmentation. *Ecological Informatics*, 82, 102738. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102738>

Gong, X., Nie, Z., Wang, Z., Cui, S., Gao, F., & Zuo, T. (2012). Life Cycle Energy Consumption and Carbon Dioxide Emission of Residential Building Designs in Beijing. *Journal Of Industrial Ecology*, 16(4), 576-587. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00415.x>

Gouhier, J. (1993). « Prendre en compte la dimension sociale ». *Revue Après Demain*, 352.

Guien Jeanne. Obsolescences : philosophie des techniques et histoire économique à l'épreuve de la réduction de la durée de vie des objets. Philosophie. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2019. Français. (NNT : 2019PA01H207). (tel-02421710)

Guillerme, A. (1989). Les ingénieurs et la Révolution. *Les Annales de la Recherche Urbaine*, 43(1), 71-84. <https://doi.org/10.3406/aru.1989.1464>

HEVs. (2018, 10 décembre). *Études tertiaires en Suisse | HES-SO Valais-Wallis* <https://www.hevs.ch/fr/hes-so-valais-wallis/> (Consulté le 20.02.2025)

Hoornweg, D. et Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: A global review of solid waste management*. Banque mondiale. <https://www.susana.org/resources/documents/default/3-3075-7-1522158768.pdf>

Hossein Farraji et al. (2016). « Waste Disposal: Sustainable Waste Treatments and Facility Siting Concerns ». <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9610-5.ch003>

Imboden, S. (s. d.). *Management stratégique*. iManagement. <https://www.2imangement.ch/fr/outils-de-management/management-strategique> (Consulté le 20.02.2025)

Inspection Générale de l'Environnement. (2002, 8 avril). *Rapport sur les installations de stockage de déchets ménagers et assimilés*. Ministère de l'Écologie. https://medias.vie-publique.fr/data_storage_s3/rapport/pdf/024000386.pdf

Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of industrial ecology*, 10(1-2), 239-255.

Javier, K. G. H., Macaranas, N. P., & Manalo, J. J. (2020). Towards a sustainable city and community: Examining the practices of Marikina City, Philippines. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 8(3), 76-86.

Kabbadj, O. (2022, 11 janvier). *Après Médiouna, SOS NDD décroche l'exploitation de la décharge d'Oum Azza pour les six prochains mois*. Telquel.ma. https://mobile.telquel.ma/2022/01/11/apres-mediouna-sos-ndd-decroche-lexploitation-de-la-decharge-doum-azza-pour-les-six-prochains-mois_1749876

Kaza, S. et al. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Banque mondiale. <http://hdl.handle.net/10986/30317>

Khatib, A. I. (2011). « Municipal Solid Waste Management in Developing Countries: Future Challenges and Possible Opportunities ». Dans *Integrated Waste Management*. InTech.

Khattabi, H., Aleya, L. et Mania, J. (2002). « Lagunage naturel de lixiviat de décharge ». *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 15(1), 411–419. <https://doi.org/10.7202/705462ar>

Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., & Christensen, T. H. (2002). Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate : A Review. *Critical Reviews In Environmental Science And Technology*, 32(4), 297-336. <https://doi.org/10.1080/10643380290813462>

L'Expression. (2009). Les villageois s'opposent au centre d'enfouissement. <https://www.lexpressiondz.com/regions/les-villageois-sopposent-au-centre-denfouissement-70599>

Laboratoire des Travaux Publics Est. (2012). *Etude géotechnique du site Doghra.*

Lamsal, B. P. et Tyagi, R. D. (2010). « Bioenergy and biofuel from biowastes and

Laurent, A., Bakas, I., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., Hauschild, M. Z., & Christensen, T. H. (2013). Review of LCA studies of solid waste management systems – Part I : Lessons learned and perspectives. *Waste Management*, 34(3), 573-588. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.10.045>

Le Courrier d'Algérie. (2021). Réalisation de centres d'enfouissement technique à Blida : les oppositions des citoyens à l'origine du gel des projets. <https://lecourrier-dalgerie.com/realisation-de-centres-denfouissement-technique-a-blida-les-oppositions-des-citoyens-a-lorigine-du-gel-des-projets> (Consulté le 8 janvier 2024).

Lepawsky, J. (2018). *Reassembling Rubbish: Worlding Electronic Waste*. MIT Press.

Maalouf, A. et El-Fadel, M. (2019). « Life cycle assessment for solid waste management in Lebanon: Economic implications of carbon credit ». *Waste Management & Research*, 37(1), 14–26. <https://doi.org/10.1177/0734242X18815951>

Makhloufi, S. et Bouadam, R. (2022). Inert Waste Management in Developing Countries : from Regulation to Practice - The Case of Constantine (Algeria). *International Journal Of Innovative Studies In Sociology And Humanities*, 7(11), 140-148. <https://doi.org/10.20431/2456-4931.071113>

Melosi, M. V. (1981). « Waste Management: The Cleaning of America ». *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 23(8), 6–

Ministère de l'Environnement et des Energies Renouvelables (MEER). (2018), *Étude sur la Stratégie Nationale et Plan d'Actions de la Gestion Intégrée et de la Valorisation des Déchets(SNGID). à l'Horizon 2035, Mission 1 : État des lieux de la gestion des déchets en Algérie, Rapport de synthèse.*

Ministère de l'Environnement (Canada). (2020). *Rapport d'analyse environnementale pour le projet d'agrandissement du lieu d'enfouissement technique de Sainte-Sophie*. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/evaluations/decret/2020/1227-2020-rae.pdf>

Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables (MEER). (2017). *Manuel techniques des Centres D'enfouissement technique (CET) Classe II*. <https://www.me.gov.dz/telechargement/centre-denfouissement-technique-cet-classe-ii/>

Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables (MEER). (2022). *Bilan des activités année 2022*. https://www.me.gov.dz/wp-content/uploads/2023/08/Bilan-MEER-2022-modifie.docfinal.doc2_221doc.pdf

Moberg, Å., Finnveden, G., Johansson, J., & Lind, P. (2004). Life cycle assessment of energy from solid waste—part 2: landfilling compared to other treatment methods. *Journal Of Cleaner Production*, 13(3), 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.025>

Montsaingeon, B. (2017). *Homo Detritus : Critique de la société du déchet*. Paris : Seuil.

Mueller, D. (2007). Book review : Zimring, F. (2005). *American Juvenile Justice*. New York : Oxford University Press. *Youth Violence And Juvenile Justice*, 5(4), 436-439. <https://doi.org/10.1177/1541204006297410>

Mueller, W. (2013). « The effectiveness of recycling policy options: Waste diversion or just diversions? ». *Waste Management*, 33(3), 508–518. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.007>

Nations Unies. (2020). *Algérie- Gestion Intégrée des Déchets solides au Niveau Local*. <https://www.un.org/fr/>

Nelles, M., Gruenes, J., & Morscheck, G. (2016). Waste management in Germany—development to a sustainable circular economy?. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 6-14.

Ngoc, U. N. et Schnitzer, H. (2009). « Sustainable solutions for solid waste management in Southeast Asian countries ». *Waste Management*, 29(8), 1982–1995.

Observatoire régional de l'air de Guyane. (2012). *Pollution de l'air par les incendies de décharge : cas des Maringouins à Cayenne*. https://www.atmo-guyane.org/wp-content/uploads/2014/04/2012-Pollution-de-l_air-par-les-incendies-de-decharge-cas-des-Maringouins-a-Cayenne-ref-09-12-CSFG-C.pdf

OCDE. (2023). *Perspectives économiques de l'OCDE, Volume 2023 Numéro 1*. <https://doi.org/10.1787/4d811166-fr>

Office national des statistiques. ONS. (2008). *Recensement général de la population et de l'habitat*.

Office national des statistiques. ONS. (2014). *Recensement général de la population et de l'habitat*.

Office national des statistiques. ONS. (2020). *Recensement général de la population et de l'habitat.*

ONU. (2021). Rapport sur les objectifs de développement durable. Dans <https://unstats.un.org>. Consulté le 30 juin 2023, à l'adresse https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2021_French.pdf#:~:text=Le%20taux%20mondial%20d'extr%C3%A4me%20pauvret%C3%A9%20a%20augment%C3%A9,ont%20bascul%C3%A9%20dans%20l'extr%C3%A4me%20pauvret%C3%A9%20en%202020.&text=Le%20nombre%20d'indicateurs%20inclus%20dans%20la%20base,160%20en%202019%20et%20211%20en%202021.

Onut, S. et Soner, S. (2008). « Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment ». *Waste Management*, 28(9), 1552–1559. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.05.019>

Oteng-Ababio, M. et al. (2013). « Solid waste management in African cities: Sorting the facts from the fads in Accra, Ghana ». *Habitat International*, 39, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2012.10.010>

Parveen, N., Jaipal, S., & Goel, S. (2024). Mechanical Biological Treatment of Municipal Solid Waste. Dans *Springer eBooks* (p. 181-195). https://doi.org/10.1007/978-3-031-49144-3_11

Pearce, D. W. et Turner, R. K. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Johns Hopkins University Press.

PNUE. (2005). *Fermeture d'un dépotoir à ciel ouvert et passage de la décharge à ciel ouvert à la décharge contrôlée et au remplissage sanitaire des terres.*

PNUE. (2021). *Rapport annuel.* <https://digitallibrary.un.org/record/4047346/files/1405560-FR.pdf>

Préfecture de l'Oise. (2013, 9 décembre). *Étude paysagère pour le centre de stockage de déchets non fermentescibles peu évolutifs à Hardivillers.* https://www.oise.gouv.fr/content/download/11522/73785/file/T_6_Etude_paysag_re_TERRE_ET_PAYSAGES_cle25fb8a.pdf

Préfecture des Yvelines. (2018, juin). *Étude paysagère - Demande d'autorisation au titre des installations classées : Projet de carrière de calcaire cimentier.* <https://www.yvelines.gouv.fr/content/download/16448/103309/file/2-%20Etude%20paysag%C3%A8re%20ENCEM%20OMNIBUS%20r%C3%A9duit.pdf>

Prenant, G. (2015). *Centre d'Enfouissement Technique Oum Azza.* https://www.unescwa.org/sites/default/files/event/materials/6_centre_denfouissement_technique_oum_azza_-_gerard_prenant_-_pizzorno.pdf

RADP. (11 novembre 2002). *Décret exécutif n° 02-372 du 11 novembre 2002 relatif aux déchets d'emballages.* *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°74.

RADP. (12 décembre 2001). Loi n° 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°77.

RADP. (12 décembre 2001). Loi n° 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement du territoire dans le cadre du développement durable. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°77.

RADP. (15 décembre 1984). Décret n° 84-378 du 15 décembre 1984 fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets solides. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°66.

RADP. (19 juillet 2003). Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'Environnement dans le cadre du développement durable. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°43.

RADP. (19 juillet 2004). Décret exécutif n° 04-199 du 19 juillet 2004 fixant les modalités de création, d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de traitement des déchets d'emballages. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°46.

RADP. (20 février 2025). Loi n° 25-02 du 20 février 2025 modifiant et complétant la loi n° 01-19 de 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°06.

RADP. (20 mai 2002). Décret exécutif n° 02-175 du 20 mai 2002 portant création, organisation et fonctionnement de l'Agence nationale des déchets. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°37.

RADP. (22 juin 2011). Loi n° 11-10 du 22 juin 2011 relative à la commune. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°37.

RADP. (30 juin 2007). Décret exécutif n° 07-205 du 30 juin 2007 fixant les modalités et procédures d'élaboration, de publication et de révision du schéma communal de gestion des déchets ménagers et assimilés. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°43.

RADP. (5 février 1983). Loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement. *Journal Officiel de la République Algérienne* n°6.

RADP. (5 février 2002). Loi n° 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°10.

RADP. (7 avril 1990). Loi n° 90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya. *Journal Officiel de la République Algérienne*, n°15.

Rangga, J., Syed Ismail, S., Rasdi, I., Karuppiah, K., & Ikmal Irozi, M. (2019). Environmental Impact, Health Risk, and Management Cost of Landfilling Practice: A Case Study in Klang, Selangor, Malaysia. *J. Waste Manag. Dispos*, 2, 1-12.

Rapport d'activités et de responsabilité environnementale et sociétale. (2024). Dans <https://www.afd.fr/>. GROUPE AFD. Consulté le 27 janvier 2025, à l'adresse https://www.afd.fr/sites/afd/files/2024-07-04-05-45/RARES_2024.pdf

Recyc-Québec. (2021). *Bilan de la consigne.* <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/webinaire-rv-rq-bilan-gmr-consigne.pdf>

Renou, S., Givaudan, J., Poulain, S., Dirassouyan, F., & Moulin, P. (2007). Landfill leachate treatment : Review and opportunity. *Journal Of Hazardous Materials*, 150(3), 468-493. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.077>

Richardson, S. (2006). Over-investment of free cash flow. *Review Of Accounting Studies*, 11(2-3), 159-189. <https://doi.org/10.1007/s11142-006-9012-1>

Sachs, J., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., & Woelm, F. (2022). *Sustainable Development Report 2022.* <https://doi.org/10.1017/9781009210058>

SafetyCulture. (n.d.). *Analyse SWOT.* Consulté le 8 janvier 2024, sur <https://safetyculture.com/fr/themes/analyse-swot/>

Schéma communal de gestion des déchets du Groupement de Constantine. (2004). Direction de l'environnement de la wilaya de Constantine.

Schübeler, P. et al. (1996). *Conceptual framework for municipal solid waste management in low-income countries.* SKAT.

Sharholy, M. et al. (2008). « Municipal solid waste management in Indian cities---A review ». *Waste Management*, 28(2), 459-467. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.02.008>

Song, J., Sun, Y., & Jin, L. (2017). PESTEL analysis of the development of the waste-to-energy incineration industry in China. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 80, 276-289. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.066>

[Soulah, A., & Benabbas-Kaghouché, S. \(2017\). L'événementiel : moteur de valorisation du patrimoine et de mise en tourisme? Cas de Constantine Capitale de la culture arabe 2015. *Sciences & technologie. D, Sciences de la terre*, 45, 17-31. <https://asjp.cerist.dz/en/article/58036>](https://asjp.cerist.dz/en/article/58036)

Soukehal, I. et Bouadam, R. (2022). « the impact of landfill diversion on land use and lifespan : a case study of the boughareb technical landfill centre in Constantine, Algeria ». *Analele Universității Din Oradea Seria Geografie*, 32(2), 74-84. <https://doi.org/10.30892/auog.322101-884>

SPREP. (2010). *A practical guide to landfill management in Pacific Island countries and territories.* https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/E-Learning/Moocs/Solid_Waste/Further_resources/Week_1/a_practical_guide_landfill_management.pdf

Tarr, J. A. (1996). *The Search for the Ultimate Sink: Urban Pollution in Historical Perspective*. University of Akron Press.

Thonart, P. (2005). *Guide pratique sur la gestion des déchets ménagers et des sites d'enfouissement technique dans les pays du Sud*. https://www.pseau.org/outils/ouvrages/ifdd_guide_pratique_sur_la_gestion_des_dechets_menagers_et_des_sites_d_enfouissement_technique_dans_les_pays_du_sud_2005.pdf

Tolba, T., Moroncini, A. et Kehila, Y. (2020). « Le recouvrement des coûts : un défi pour une gestion durable des déchets ménagers en Algérie. Cas de la commune d'Annaba ». *Ciriec International*. <https://www.ciriec.uliege.be/wp-content/uploads/2020/03/WP2020-03.pdf>

Tukker, A. (2013). Product services for a resource-efficient and circular economy – a review. *Journal Of Cleaner Production*, 97, 76-91. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.049>

United Nations Environment Programme. (2020). *Annual report*. Dans <https://wedocs.unep.org/>. Consulté le 2 février 2021, à l'adresse <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/32374/AR2019.pdf>

United Nations. (2015). *Global sustainable development report : 2015 edition advance unedited version*. Dans sustainabledevelopment.un.org. Consulté le 4 mars 2020, à l'adresse <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1758GSDR%202015%20Advance%20Unedited%20Version.pdf>

United Nations. (2016). *Global sustainable development report*. Dans <https://sustainabledevelopment.un.org/>. Department of Economic and Social Affairs., Consulté le 9 août 2022, à l'adresse [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2328Global%20Sustainable%20development%20report%202016%20\(final\).pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2328Global%20Sustainable%20development%20report%202016%20(final).pdf)

United Nations. (2020). *World Cities Report 2020 : The value of sustainable urbanization*. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). Consulté le 7 février 2021, à l'adresse https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf

United States Environmental Protection Agency. (2012). *International Best Practices Guide for Gas Energy Projects, "Global Methane Initiative*. Dans <https://www.globalmethane.org/>. Consulté le 7 juillet 2020, à l'adresse https://www.globalmethane.org/documents/toolsres_lfg_ibpgcomplete.pdf

United States Environmental Protection Agency. (2023). *Best Practices for Solid Waste Management : A guide for Decision-Makers in Developing countries : Solid waste management and climate change*. Dans <https://www.epa.gov/>. Consulté le 8 juin 2024, à l'adresse https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-07/SWM_Climate-Final.pdf

Vielhaber, B.(2015). *Mechanical-Biological Treatment Plant in Hanover, Germany*.

Wilson, D. C., & Velis, C. A. (2015). Waste management – still a global challenge in the 21st century : An evidence-based call for action. *Waste Management & Research The Journal For A Sustainable Circular Economy*, 33(12), 1049-1051. <https://doi.org/10.1177/0734242x15616055>

Yüksel, I. (2012). Developing a Multi-Criteria Decision Making Model for PESTEL Analysis. *International Journal Of Business And Management*, 7(24). <https://doi.org/10.5539/ijbm.v7n24p52>

Zaidi, H., et Bouadam, R. (2024). Impact of partial substitution of sand by compost on the mechanical and thermal parameters of concrete. *Budownictwo I Architektura*, 23(3), 099-113. <https://doi.org/10.35784/bud-arch.5942>

ZENASNI, M A. (2023). [Centre d'Enfouissement Technique \(CET\). Consulté le 20/07/2023. https://insp-eniv.online/wp-content/uploads/2023/12/Centre-dEnfouissement-Technique.pdf](https://insp-eniv.online/wp-content/uploads/2023/12/Centre-dEnfouissement-Technique.pdf)

Zhang, D., Keat, T. S., & Gersberg, R. M. (2009). A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore. *Waste Management*, 30(5), 921-933. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.11.017>

ANNEXES

THE IMPACT OF LANDFILL DIVERSION ON LAND USE AND LIFESPAN: A CASE STUDY OF THE BOUGHAREB TECHNICAL LANDFILL CENTRE IN CONSTANTINE, ALGERIA

Imen SOUKEHAL*

Urban Techniques Management Institute, University Salah Boubnider Constantine 3 PO Box N°73
New City Ali Medjeli, Ain Lbey, Constantine, Algeria, e-mail: imen.soukehal@univ-constantine3.dz

Roukia BOUADAM

Urban Techniques Management Institute, University Salah Boubnider Constantine 3 PO Box N°73
New City Ali Medjeli, Ain Lbey, Constantine, Algeria, e-mail: roukia.bouadam@univ-constantine3.dz

Citation: Soukehal, I., & Bouadam, R. (2022). The Impact of Landfill Diversion on Land Use and Lifespan: A Case Study of The Boughareb Technical Landfill Centre in Constantine, Algeria. *Analele Universității din Oradea, Seria Geografie*, 32(2), 74-84. <https://doi.org/10.30892/auog.322101-884>

Abstract: Land filling is one of the most common methods of disposing of solid waste all over the world, however, with constantly increasing waste volumes and land scarcity, waste diversion and recovery are more likely the best answer to these concerns. This research paper presents an estimation of the diversion impact on the required land area and on the lifespan of a technical landfill centre (TLC) in Constantine, Algeria. Our methodology consists in drawing up three scenarios of operation of TLC, over a period of 15 years, with each scenario, applying a different waste diversion rate, results show that: waste diversion reduces land consumption and increases the TLC's lifespan in all three scenarios but diverting for composting is the most efficient one.

Key words: Technical Landfill Centre, Waste Diversion, Land Use, Lifespan, Households and Similar

* * * * *

INTRODUCTION

Developing and developed countries are facing increasing population growth, industrial development, financial progress and improvement, which are main factors, associated with production of huge amount of solid waste especially in the fast growing cities and urban dwellings (Akhtar et al., 2017). The disposal and management of municipal solid waste (MSW) is one of the most pressing issues confronting cities around the world. To ensure the protection of public health and the environment, effective solid waste management requires the use of a variety of treatment methods and technologies (Reza et al., 2013).

Land-filling is one of the dominant options for solid waste disposal all over the world (Laner et al., 2012). Landfills are the most environmentally friendly final destination for waste, but only waste that has no chance of being reused, recycled, or converted into energy should be disposed of there (Carević et al., 2021). However, landfills can pose serious risks to human health

*Corresponding author

and the environment, not designed or managed properly: in developing countries, the discharge of heavy metals into the ecosystem would have been decreased, but the use of landfills as a waste disposal method has been a big issue (Eludoyin and Gafar, 2020).

Landfills have been widely used for various reasons, which include their exploitation simplicity, low investment, and cheap operating costs (Vaverková et al., 2018), some studies indicated that almost 95% of municipal solid waste (MSW) was disposed of by land filling worldwide (Ghosh et al., 2015).

In Algeria, uncontrolled open dumping waste disposal has been applied for decades to dispose of solid waste, for many reasons including: low investment and low operation costs, but since 2001, the ministry in charge of environment has promulgated the first law on: management, control and waste elimination, and launched a national program of municipal solid waste management, whose objectives include: elimination of uncontrolled dumping sites, promoting recycling and selective sorting activities. Moreover, this program aims to ensure that solid waste is collected, stored and disposed of in a manner that guarantees public health and environment protection. According to Algerian regulations, MSW is identified as of household and similar waste (HSW), the total generation of HSW, in Algeria in 2018, is about 13.1 million tonnes with a rate of 0.8 kg/inhabitant/day (AND, 2019). According to a report published by the National Waste Agency: waste sorting and recovery could generate economic gains exceeding 56 Billion Algerian Dinars, thousands of job opportunities and rationalize the use of land required for land filling (AND, 2021).

Today, despite all the efforts made in the field of solid waste management, HSW is a major environmental issue in Algeria, as it is in many developing countries. The impact of dumping solid waste in uncontrolled landfills, population growth in urban communities, increases in per capita HSW generation rates, gaps in current related legislation, lack of strategic planning, limited collection services, lack of know-how, inappropriate technology and the inadequate financing are all major challenges facing solid waste management (AND, 2019). All HSW are collected in a mixed form without source sorting, which reduces the possibility of recycling and recovery and puts pressure on the capacity of the landfill which will push the authorities to build more landfills and thus consume more land. The choice of waste disposal technology is a key issue in the field of solid waste management; this decision may have long-term consequences for environmental development and economic growth (Torkayesh et al., 2021).

Land management and conservation objectives should be the foundation for proper landfill management. To limit landfill capacity loss, this should entail controlling the site to ensure that unsuitable waste is not accepted and the nature of received waste is known, as well as diverting waste that can be recycled or reused from landfills. Several research indicates that waste land-filling can be reduced by diverting recyclable waste fraction to alternative beneficial uses (Ajayi and Oyedele, 2017; Assamoi and Lawryshyn, 2012; Mueller, 2013; Smith, 2015), diverting waste from landfills is an important factor in increasing resource efficiency, reducing waste management's environmental impacts and increasing land availability. According to the United Nations Environment Programme, diverting organic waste from landfills can decrease methane emissions by 15-20 percent (Wilson et al., 2015), several countries have already started to encourage waste diversion from landfills, for example recycling and recovery are encouraged by European waste legislation, while disposal is avoided (Scharff, 2014) according to the Directive 1999/31/EC on landfill of waste: member states of the European Union, must reduce the amount of biodegradable municipal waste going to landfill to less than 35% (EEA, 2009). In Algeria, most of (HSW) are disposed in technical landfill centres or controlled disposals, only 7% of the global waste amount are recovered and recycled.

This study was carried out in 2017 in Boughareb technical landfill centre, a class II TLC for household and similar wastes, located in the Wilaya of Constantine, eastern of Algeria. The study's major aim is to shed light on the relationship between waste diversion from landfills and the availability of land required for this operation. The information it will provide is of interest on two

levels: at the local level, this data is necessary for better management of the Bouhareb TLC, and at the national level, it can provide state authorities with a different perspective on Algeria's only mode of disposal of household and similar waste, i.e. landfill. Furthermore, despite the fact that many researchers in developed countries have already addressed this issue, it is still relevant in developing countries such as Algeria. Indeed, in Algeria technical landfills centres are a novel method for disposing of more than 90% of waste generated in all the country. Despite the fact that landfilling consumes a significant quantity of land in Algeria, that's the only method of eliminating household and similar waste. Land is a scarce resource whose sustainable use could lead to the good social and economic adaptation capacity of communities (Linc et al., 2017).

Waste management in Algeria

Algeria has a surface area of 2,381,000 km² and a population of roughly 43 million inhabitants. Solid waste generation is at a rate of 0.8 kg/person/day. With an annual growth rate of around 3%, the country now generates 34 million tonnes of waste, comprising 13.1 million Mt of HSW. In Algeria, the waste management policy is part of the National Environmental Strategy (NES), as well as the National Environmental and Sustainable Development Action Plan (PNAE-DD), which was concretised by the promulgation of law 01-19 of 12 December 2001 relating to the management, control and disposal of waste. It is based on the National Programme for Integrated Solid Household Waste Management (PROGDEM), which was adopted in 2002. Solid waste management in Algeria, is divided into three sectors (the public sector, the formal private sector, and the informal private sector) (Swep-net, 2014):

- The public sector which is in charge of controlling and enforcing solid waste management and collection rules in communes;
- The official private sector which is involved in waste management, including collection and recycling;
- The informal private sector which is active in waste recovery.

Waste production and population growth in Algeria

Driven by significant demographic growth combined with a change in consumption patterns and a concentration in cities, in 2018, according to statistical data published by the national statistics office (ONS, 2018) more than 70% of Algeria's 42.22 million inhabitants were urban; whereas in 2014, the urban population was estimated at 65% (ONS, 2019). As for the production of waste per inhabitant, it has increased from 0.76 kg/d/h in 1980, to 0.8 kg/d/per inhabitant in 2018. The evolution of the population has been accompanied by a considerable increase in household and similar waste, after seven years (from 2011 to 2019), it has increased from 3.9 MT to 13 MT with a growth rate of about 3% per year (table 1).

Table 1. Population growth and waste generation in Algeria
(Data source: ONS & AND)

Years	Population M In.	Waste generation MT
2011	36.3	3.9
2014	39.1	11
2016	39.6	11.6
2018	42.23	13

Waste composition and disposal in Algeria

The 2018 waste characterization report shows that: 53.6% of waste composition is organic, plastic represents 15.2%, paper and cardboard are about 7.07%, disposal dippers are 11.5%, textile is 4.5%, and metal is about 1.72% (AND, 2019). Despite the fact that household and similar waste in Algeria includes large quantities of biodegradable materials which, when land-filled, this waste pose significant difficulties from a technical (operational), ecological, and economic point of view,

we note that the most common method of disposing of collected solid waste is land-filling: up to 95% of waste produced is dumped in various technical landfill centres and controlled dumpsites, without pre-treatment (AND, 2019). In Algeria, there are three classes of technical landfill centres (TLC): class I TLC for hazardous and special wastes, class II TLC for household and similar wastes (HSW) and class III TLC for inert wastes. Class II landfills are defined in Algeria as classified facilities designed for the storage of waste while minimizing the risks of pollution or contamination of the environment. The Algerian government has made significant investments in waste treatment facilities during the previous two decades. By 2020, around 221 treatment facilities have been built, with 191 of them already in service. Between 2014 and 2020, the number of operating waste treatment facilities in Algeria climbed from 141 to 191. This evolution is linked to demographic growth and economic development. Depending on the available acreage, each landfill typically consists of one to three or more cells (figure 1).

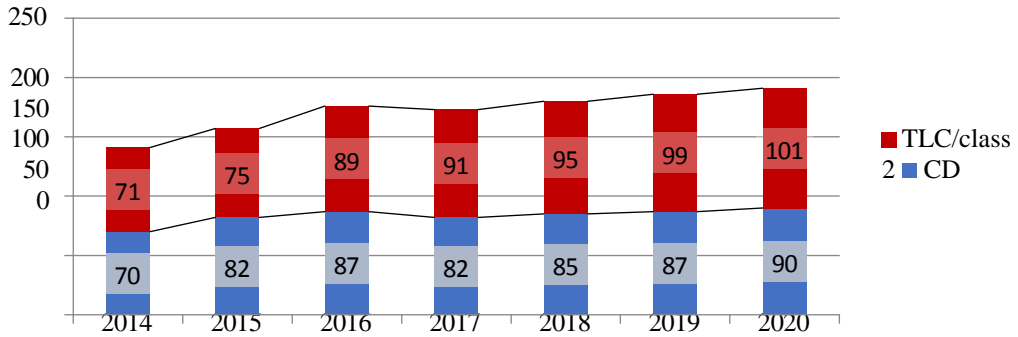
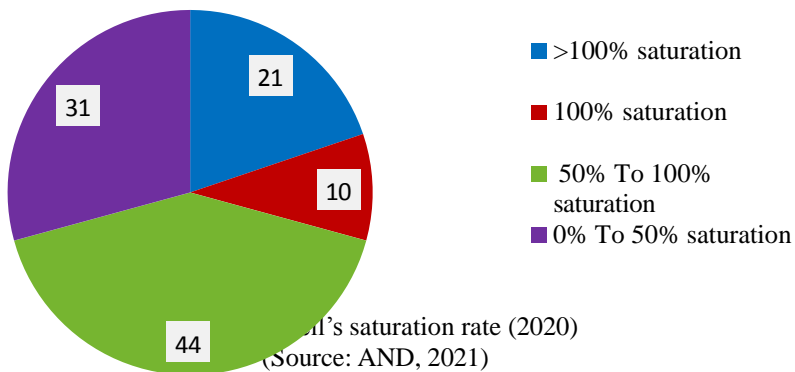


Figure 1. Evolution of HSW treatment facilities 2014-2020) (Source: AND, 2021)

In 2020, there are 280 cells nationwide, 62 of which have achieved saturation and are thus closed, 197 of which are operational, and 21 that have been established but are not yet operational, figure 2 shows that, of the 197 cells in operation, 87 are between 50% and 100% saturated, 24 are saturated and 25 are oversaturated. This reflects a critical situation in terms of life span and future land consumption (AND, 2021).



land's saturation rate (2020) (Source: AND, 2021)

MATERIALS AND METHODS

Study area

As shown in figure 3, the study area is a technical landfill centre (TLC) in the wilaya of Constantine, in the East of Algeria, called Boughareb TLC. This class II (TLC) is located 40 Km EST of the wilaya of Constantine, precisely in Ibn Badis municipality. The geotechnical study carried out on the TLC site yielded the following results:

- The topography of the site is moderately uneven, with a slope ranging from 3 to 10%;
- The geological structure is not homogeneous: clay and sandstone are found together;
- Clays have extremely high impermeability indices, ranging from 10-6 to 10-9 cm/s;
- The sandstone has a strong compressive resistance.

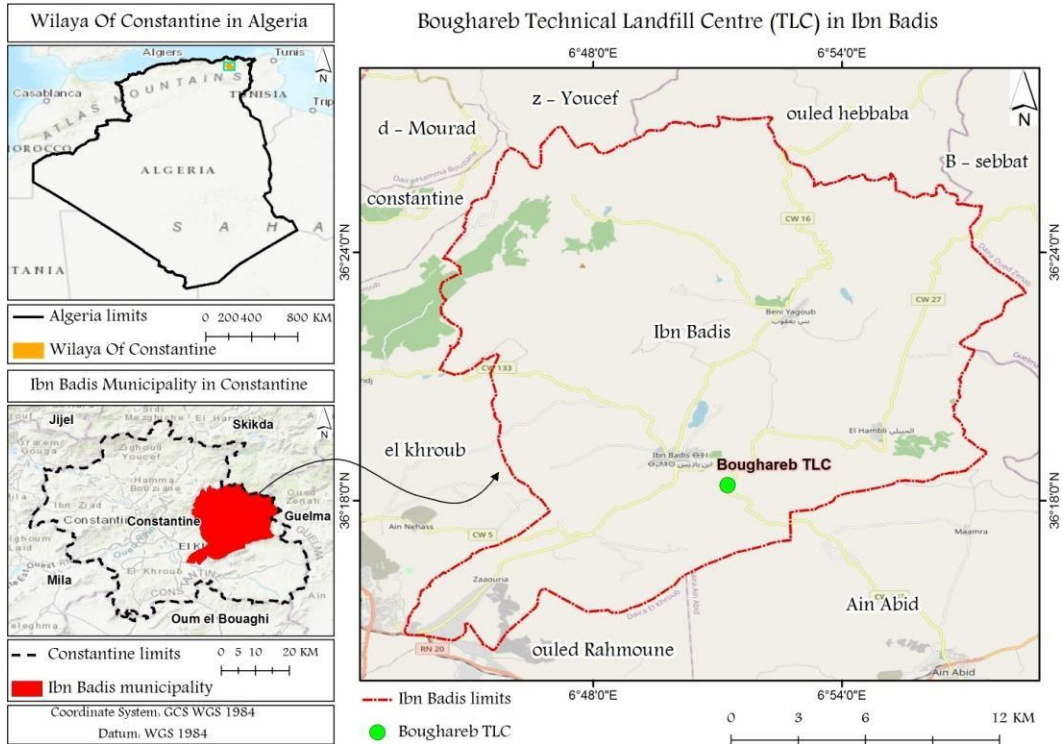


Figure 3. Localization of the study area (Source: Authors)

Given the unavailability of land capable of housing a project as large as the TLC project, the choice of the municipality of Ibn Badis was imposed despite: the slight unevenness of the site, its remoteness from the collection communes, the vocation of the neighbouring land (agricultural) the livestock activities surrounding it.

Boughareb TLC covers a total area of 78 ha, of which 41 ha are allowed for landfilling. Currently, it consists of only one (01) realized cell that spreads over an area of 3 ha, the remaining area allowed for landfilling is 39 ha. With a volume of 200,000 m³ and a total number of cells of 9, the overall landfill volume is 1,800,000 m³, this volume will be filled with 80% of compacted waste which represent 1,440,000 m³, and 20% of cover land which represent 360,000 m³.

Since the TLC has only been operated for 05 years from a 20 years estimated service life, the remaining period is 15 years.

Data collection

For this research paper, data was collected from variety of sources and covers the entire landfill’s first cell life service (from 2010 to 2014), consultation of legislative documents, annual operational reports prepared by the undertaking in charge of operating the landfill, characterization reports prepared by the national waste agency, in-depth reading of scientific studies and articles, and on-site observation were all part of the data collection process.

Primary data was collected from the technical landfill management company since it is required to provide monthly reports on received waste from each municipality and an annual report on the recovered waste, it consists; the amount and type of the waste arriving on the landfill facility, as well as the waste provenance.

Secondary data includes: demographic data and the national characterization report, it was collected from the national waste agency (AND). Both data were examined and synthesized into Excel files, graphs and tables.

Data treatment

The method consists of setting up three possible scenarios for the operation of the TLC over a period of 15 years (2022-2036), in order to demonstrate the impact of the diversion of TLC waste on the consumption of land as well as its duration of operation. The first scenario is a reference situation; it is based on waste land filling with no diversion (diversion rate = 00%), it is an operating method that was already used for the first cell; this scenario is known as BAU scenario, or business as usual. The second scenario is based on the use of only recyclable materials that are present in waste streams arriving at the TLC (textile, plastic, cardboard), Scenario A will be assigned to this scenario. In the third scenario (scenario B): the diversion will only affect the organic fraction and will be used for composting. Table 02 shows the different filling scenarios.

Table 2. Filling scenarios for Boughareb TLC
(Data source: Authors)

Waste global volume entering to the TLC (m ³)	Scenarios	Diversion rate	
		Recycling	Composting
9,110,271.62	Scenario BAU	0%	0%
	Scenario A	30.24%	0%
	Scenario B	0%	53.5%

However, the composition of waste admitted to the landfill has been only recorded for two years: 2011 and 2012. As a result, calculations will be based on data from the National Waste Agency's national characterization report established for the wilaya of Constantine for 2018. All of the equations used are listed below in chronological order.

“1” Waste diversion rate: $WDR = (\text{weight of diverted waste} / \text{weight of all waste}) \times 100$.

“2” Landfill space: $LFS = \Sigma (\text{MSWT} / \text{Waste density})$.

MSWT = Total Municipal solid waste disposed in the landfill (tonne): the equivalent of total household and similar disposed in the TLC (tonne).

Density of the waste = 0.75 tonne per cubic meter (t/m³) (ME, 2018).

“3” Required Land Area (ha): $RLA = \Sigma (\{LFS / \text{Landfill height}\} / 10000)$.

LFS: Landfill Space required annually in cubic meter per year (m³/year).

Landfill height = standard height of landfill, Algerian standard = 15 meter (ME, 2018).

10,000 = the conversion of m² to hectare (ha).

Note that TLC area calculation is done using Gerard's recommended method from 1998, Eq.2 and Eq.3 were used (Uding Rangka et al., 2019).

RESULTS & DISCUSSION

The Boughareb technical landfill centre receives the waste generated by six of the twelve communes of the wilaya of Constantine, this waste is mainly composed of organic matter, which represents 53.50%, the recyclable fraction represents a total of 30.24%, and it is made up of: plastic, paper/cardboard and textiles (figure 4).

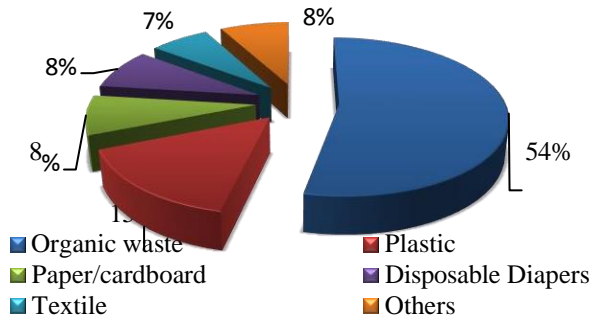


Figure 4. Constantine's waste composition 2018
(Source: AND, 2019)

Boughareb TLC is the only operational landfill in all the wilaya, it was receiving waste since 2010, from 06 municipalities: Constantine, ibnbadis, ainsmara, el khroub, ainabid and ouledrahmoun. Since it was put into operation, the quantity of waste admitted to the Boughareb landfill has steadily increased from 72,261.34 tons in 2011, to 331,930.5 tons in 2016, this increase is related not only to the parameters of population and consumption patterns but also the increase in the number of municipalities, which dump their waste in the landfill. There was a slight decrease in 2017 with 316,897.55 tons due to the commissioning of the transfer station in the municipality of Ain Smara, which is experiencing an evolving recovery activity.

Within the framework of the Study on the National Strategy and Action Plan for Integrated Waste Management and Recovery by 2035, the annual generation rate of household and similar waste was estimated at 3% (figure 5).

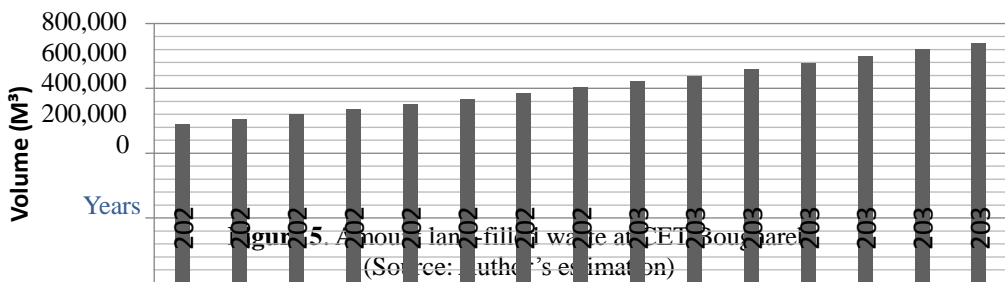


Figure 5. Annual landfill waste at ETB Boughareb
(Source: author's estimation)

As indicated in the data treatment section, three filling scenarios were developed. The BAU scenario is considered a reference. Under this scenario, there is no diversion. 100% of the waste will be landfilled, which represents 9,110,271.62 m³. The results show that the TLC will reach saturation (calculated at 1,440,000 m³), in 2 years and 313 days of operation, instead of the 15 years estimated in the technical study (figure 6).

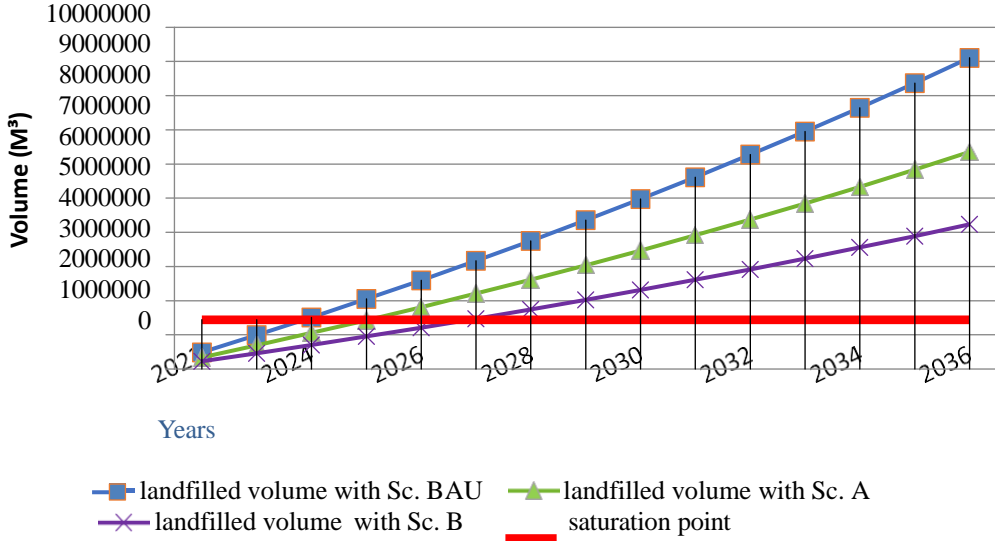


Figure 6. Filling scenarios for BougharebTLC
(Source: Author’s estimation)

For scenario A, which is applied for a waste diversion rate of 30.24%, including only the recyclable fraction, the results indicated an operating time of 04 years and ≈ 10 days (9.90), instead of the 15 years estimated in the technical. The total amount of waste that needs to be land filled is 6,355,325.48 m³.

For scenario B the operating time obtained was 05 years and 319 days, instead of the technical study's projected 15 years. The total amount of waste that will be deposited in landfills is 4,236,276.30 m³.

The results support the positive impact of waste diversion on reducing the amount of waste entering the TLC, which helps to extend the operating life of the TLC, the scenario that includes composting has the greatest advantage, due to the important presence of organic matter in the waste streams that reach the TLC.

Landfilling is considered the most economical and acceptable method for disposing of waste, but even so, it generates toxic leachate and biogas, which are considered greenhouse gases, and consume large land areas. Therefore, waste diversion from landfills is an important part of lowering waste management's environmental consequences and enhancing resource efficiency. The Boughareb TLC is intended to dispose household and similar waste over a 39-hectare area for 15 years. Data reveal that the BAU scenario will result in a land overconsumption of 60.74 hectares, or 21.74 hectares overrun. The functioning of the TLC under scenario A will also result in a 3.37 ha request land area (RLA) excess. The only scenario that matches the TLC technical

study's estimations is scenario B, which requests for waste diversion for composting, land consumption under scenario B is estimated at 28.24 ha (figure 7).

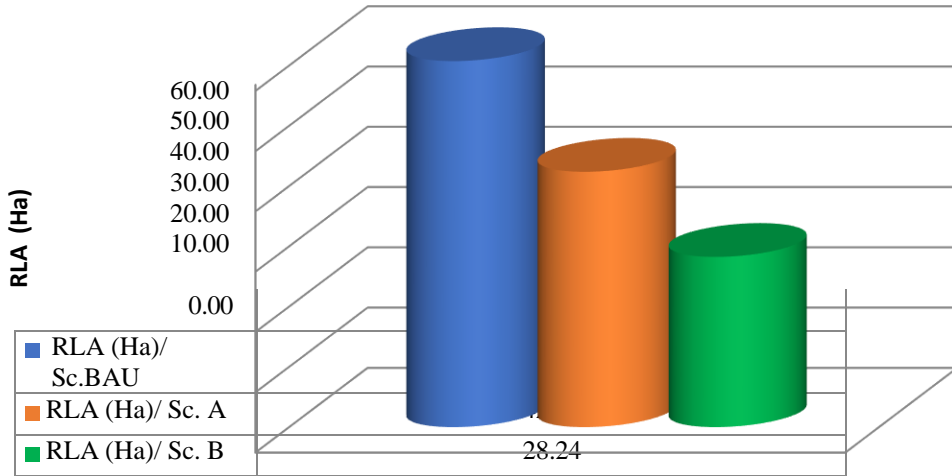


Figure 7. Required land filling area
(Source: Author’s estimation)

Because household waste and similar generation will increase, significantly larger land areas will need to be used for landfills. Waste disposal will necessitate a vast amount of land. The wilaya of Constantine extends over 224,549 hectares. In 2015, the land cover was: 61.69% for agriculture; 10.04% for built-up area; 9.81% for forest; 13.12% for grassland; 5.06% for water surfaces and 5.06% for barren land (Gana et al., 2017). Barren land is composed mostly of areas of exposed soil or areas with very little vegetation cover and includes bare rocks, quarries, and gravel pits. Their surface was estimated in 2015 at about 11,358 ha. They are the most suitable lands for building landfills. According to the results of this study and the land availability, the increased creation of household waste and similar in Constantine will necessitate the usage of a significantly larger area for waste disposal. The land demand will be so important that there will be a shortage of land required for land filling area. As a result, future crises will arise owing to the scarcity of land space, a valuable natural resource.

CONCLUSION

In Constantine, the elimination of household and similar waste is done either in controlled dumps, in wild dumps or in the technical landfill centre, despite the guarantees that the TLC present in terms of environmental protection, they consume large areas of non-recoverable land considering the enormous quantities of waste produced each year. The present study shows that landfilling waste without any recovery form is affecting massively not just the technical landfill centre’s lifespan, but also the required land area, furthermore the results attest the significant impact of waste diversion on the Boughareb TLC in Constantine, Algeria. In a business as usual (BAU) scenario where the diversion rate is 0%, the TLC will consume 60.74 hectares instead of 39 hectares and will not even reach the estimated lifespan in the engineering study. The TLC will be closed in 2 years and 313 days. While by applying waste diversion the land consumption will decrease and the lifespan of the TLC will increase considerably: by diverting for recycling only, it will consume 42.37 hectares and lifespan will increase by 1 year and 60 days, but by diverting for composting, the required land area will be under the estimated area, the TLC will need only 28.24 hectares and it’s lifespan will increase by 3 years and 6 days.

Algeria’s waste land filling rate will definitely lead to a waste and land crisis in the near future. This is due to a number of factors, including a lack of efficient household and similar waste recovery, the dominance of landfill as the only waste disposal option, and the absence of selective

waste collection. This situation could have negative consequences such as: a land problem that will have an influence on future development projects, a decline in land and property values, and a land use changing of areas surrounding the TLC, this land use changing is a result of anthropic factors which transform the natural landscape (Kerekes and Alexe, 2019). Therefore, there is a need to integrate existing and future landfills into the general city-level spatial planning framework for a coherent development planning process (Dada, 2020).

AKNOWLEDGMENTS

The authors would like to fully acknowledge the help given by the National waste agency (AND) and the Wilaya's Public Management Establishment of Technical Landfill Centre - Constantine (EPWG CET) for all the information provided to undertake this work.

REFERENCES

- Ajayi, S. & Oyedele, L. (2017). Policy imperatives for diverting construction waste from landfill: Experts' recommendations for UK policy expansion. *Journal of Cleaner Production*, 147, 57-65.
- Akhtar, A., Ahmad, A., Qureshi, M. & Shahraz, S. (2017). Households willingness to pay for improved solid waste management. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(2), 143-152. doi:10.22034/gjesm.2017.03.02.003
- AND. (2019). Caractérisation des déchets ménagers et assimilés. campagne nationale 2018 / 2019. Retrieved March 3, 2021, from <https://and.dz/site/wp-content/uploads/caract%C3%A9risation2019.pdf>.
- AND. (2021). *Rapport sur l'État de la Gestion des Déchets en Algérie*. Agence Nationale des Déchets. Retrieved July 15, 2021, from <http://and.dz/site/wp-content/uploads/rapport%20DMA2.pdf>.
- Assamoi, B. & Lawryshyn, Y. (2012). The environmental comparison of landfilling vs. incineration of MSW accounting for waste diversion. *Waste Management*, 32(5), 1019-1030.
- Carević, I., Sibinović, M., Manojlović, S., Batočanin, N., Petrović, A., & Srejić, T. (2021). Geological Approach for Landfill Site Selection: A Case Study of Vršac Municipality, Serbia. *Sustainability*, 13(14), 1-15. doi:10.3390/su13147810
- Dada, O. (2020). Environmental and health hazards of residents domiciled around Africa's largest landfill. *Journal of Environmental Planning and Management*, 64(9), 1642-1667. doi:10.1080/09640568.2020.1835621
- EEA. (2009). *Diverting waste from landfill, effectiveness of waste-management policies in the European union*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Eludoyin, O. & Gafar, M. (2020). Effects of urban waste on heavy metals concentration in Carica Papaya Linn and soil in Eneka Dumpsite, Port Harcourt, Rivers State, Nigeria. *Analele Universității din Oradea, Seria Geografie*, 30(2), 131-140. doi:10.30892/auog.302102-840
- Gana, M., Benderradji, M., Saint-Gerand, T. & Alatou, D. (2017). Monitoring Land Use/Land Cover Dynamics in the Province of Constantine, Algeria using Remote Sensing and GIS. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(41), 1-9. doi:10.17485/ijst/2017/v10i41/115586
- Ghosh, P., Gupta, A. & Thakur, I. (2015). Combined chemical and toxicological evaluation of leachate from municipal solid waste landfill sites of Delhi, India. *Environmental Science and Pollution Research International*, 22(12), 9148-9158. doi:10.1007/s11356-015-4077-7
- Kerekes, A. & Alexe, M. (2019). Evaluating Urban Sprawl and Land-Use Change Using Remote Sensing, GIS Techniques and Historical Maps. Case Study: The City of Dej, Romania. *Analele Universității din Oradea, Seria Geografie*, 29(2), 52-63. doi:10.30892/auog.292106-799

- Laner, D., Fellner, J. & Brunner, P. (2012). Site-specific criteria for the completion of landfill aftercare. *Waste Management & Research*, 30(9), 88–99. doi:10.1177/0734242X12453610
- Linc, R., Dincă, I., Tătar, C., Staşac, M., Nistor, S., & Bucur, L. (2017). The household independent cellars of oradea hills, Romania: a chance to continuity through the human and environmental capital. *Analele Universităţii din Oradea, Seria Geografie*, 27(2), 141-152.
- ME. (2018). *Centre d'enfouissement technique (CET) classe II : Etude, Réalisation, Exploitation*. Manuel Technique (Deuxième Edition). Retrieved September 15, 2022 from <https://www.me.gov.dz/fr/telechargement/centre-denfouissement-technique-cet-classe-ii/>.
- Mueller, W. (2013). The effectiveness of recycling policy options: waste diversion or just diversions? *Waste management*, 33(3), 508-518. doi:10.1016/j.wasman.2012.12.007
- ONS. (2011). *Démographie algérienne. Algérie*: Office National des statistiques: Retrieved February 4, 2022 from <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique182>.
- ONS. (2014). *Démographie algérienne. Algérie*: Office National des statistiques: Retrieved February 5, 2022 from <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique182>.
- ONS. (2016). *Démographie algérienne. Algérie*: Office National des statistiques: Retrieved February 4, 2022 from <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique182>.
- ONS. (2018). *Démographie algérienne. Algérie*: Office National des statistiques: Retrieved February 4, 2022 from <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique182>.
- ONS. (2019). *Population et Démographie*. Alger: Office National des Statistiques. Retrieved February 4, 2022 from <https://www.ons.dz/spip.php?rubrique13>.
- Reza, B., Soltani, A., Ruparathna, R., Sadiq, R., & Hewage, K. (2013). Environmental and economic aspects of production and utilization of RDF as alternative fuel in cement plants: A case study of Metro Vancouver Waste Management. *Resources, Conservation and Recycling* 81: 105-114.
- Scharff, H. (2014). Landfill reduction experience in the Netherlands. *Waste management* 34(11): 2218-2224. doi:10.1016/j.wasman.2014.05.019
- Smith, K. (2015). *Report: L.A. County must expedite recycling to meet landfill reduction goals*. *San Gabriel Valley Tribune*. Retrieved August 29, 2021, from www.sgvtribune.com/2015/07/13/report-la-county-must-expediterecycling-to-meet-landfill-reduction-goals/.
- Swep-net. (2014). *Rapport sur la gestion des déchets solides en Algérie*. Retrieved March 3, 2020, from https://www.resourcerecovery.net/sites/default/files/algerie_ra_fr_web_0.pdf.
- Torkayesh, A., Behnam, M., & Mehdi, R. (2021). Sustainable waste disposal technology selection: The stratified best-worst multi-criteria decision-making method. *Waste Management*, 122, 100-112. doi:10.1016/j.wasman.2020.12.040
- Uding Rangga, J., Syed Ismail, S., Rasdi, I., Karuppiah, K., & Ikmal Irozi, M. (2019). Environmental Impact, Health Risk, and Management Cost of Landfilling Practice: A Case Study in Klang, Selangor, Malaysia. *Journal of Waste Management and Disposal*, 2(1), 1-12.
- Vaverková, M., Adamcová, D., Zloch, J., Radziemska, M., Boas Berg, A., Voběrková, S., & Maxianová, A. (2018). Impact of Municipal Solid Waste Landfill on Environment – A Case Study. *Journal of Ecological Engineering*, 19(4), 55-68. doi:10.12911/22998993/89664
- Wilson, D., Rodic, L., Modak, P., Soos, R., Carpintero, A., Velis, C. & Simonett, O. (2015). *Global Waste Management Outlook*. United Nations Environment Programme.

Submitted:
December 16,
2021

Revised:
February 28, 2022

Accepted
March 3, 2022

Published online
October 20, 2022

ANNEXE B: article 02

Composting as a sustainable alternative to eliminate household and similar Waste in developing countries

Roukia Bouadam^{1*}, Halima Zaidi², Imen Soukehal³, Sonia Makhloufi⁴, Hamada Badreddine⁵

^{1,2,3,4}Institute of Urban Techniques Management, Constantine 3 University, Algeria and Laboratoire Géo-prospective, Environnement et Développement; ⁵Institute of Urban Techniques Management, Constantine 3 University, Algeria.

Email: ^{1*}roukia.bouadam@univ-constantine3.dz, ²halima.zaidi@univ-constantine3.dz, ³imen.soukehal@univ-constantine3.dz, ⁴sonia.makhloufi@univ-constantine3.dz, ⁵badreddine.hamada@gmail.com

Keywords

Composting, Organic Waste, Algeria, Reduction, Sustainable Alternative.

Article History

Received on 12th August 2022

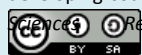
Accepted on 5th October 2022

Published on 8th November 2022

Cite this article

Bouadam, R., Zaidi, H., Soukehal, I., Makhloufi, S., & Badreddine, H. (2022).

Composting as a sustainable alternative to eliminate household and similar Waste in developing countries. *Humanities & Social*



Reviews, 10(6), 01-

14. <https://doi.org/10.18510/hssr.2022.1061>

Copyright @Author

Publishing License

Abstract

Purpose of study: The interest of this study is to show that the composting of various organic materials makes it possible to contribute to reducing the quantities of Waste sent to landfills and, consequently, the removal of their environmental impact. The aim is to show that aerobic composting of organic Waste can be an alternative to sustainable waste management in Algeria by examining the potential for producing compost from different organic waste streams.

Methodology: The method is based on analyzing documentary data, field surveys and experiments. The latter examines the potential for producing compost from different organic waste streams in Algeria. Three types of Waste are composted and analyzed: green Waste, kitchen waste and a combination. The experiment was carried out from March until June 2021; it involved using organic Waste to produce three different composts in their composition. Research has focused on studying the complex interplay between physical, chemical and biological factors that occur during composting and compost quality parameters.

Result: The results showed that composting the organic fraction of Waste reduced its mass by 22% for green Waste, 70% for kitchen waste and 63% for the mixture of the two. The variation of the process monitoring parameters (temperature, humidity, pH) corresponds perfectly to those established in previous studies. Through analysis and the germination test, the result has made it possible to obtain good-quality compost that can be used in agriculture.

Conclusion: The maturity of the composts obtained was checked by the germination test, demonstrating that the highest germination rate was recorded at the level of the soil-compost mixtures, regardless of the type of compost used. However, compost made from kitchen scraps alone has the highest rate. Chemical analyses of the composts confirmed these results, which are acceptable to French standards, given the lack of Algerian standards. This study demonstrates that composting has significantly reduced the Waste mass and obtained good quality compost.

INTRODUCTION

Solid waste management is a universal problem that affects every person in the world. It is one of the most significant challenges facing urban communities worldwide, especially in developing countries. Individuals and governments make consumption and waste management decisions that affect communities' daily health, productivity and cleanliness (Kaza et al., 2018). Indeed, Waste is a complex issue because of its dual status. It presents a nuisance given the pollution generated, as it is a "secondary" raw material, a deposit or a "useful" object that can be revalued. The waste management situation differs from country to country (low to middle income and high levels). Growing prosperity and migration to urban areas are linked to increasing waste generation per capita. Rapid urbanization and population growth are also creating larger population centres, making it increasingly difficult to collect all Waste and secure land for treatment and disposal (Kaza et al., 2018).

Urban waste management is expensive. Waste management can be the most oversized budget item for many local governments in low-income countries, where it accounts for almost 20% of municipal budgets on average. In middle-income countries, solid waste management typically accounts for more than 10% of municipal budgets and around 4% in high-income countries (world bank, 2022).



Nom et Prénom : Imen SOUKEHAL
tre : L'évaluation de l'enfouissement technique des déchets solides en Algérie :
pratiques et perspectives, l'exemple de la ville de Constantine.
Thèse en vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat en science
En gestion des techniques urbaines

Résumé

La gestion des déchets représente un défi mondial critique, exacerbé par l'urbanisation, la croissance démographique et le modèle de consommation linéaire. Les méthodes conventionnelles d'élimination, telles que l'enfouissement, sont insuffisantes et nuisent à l'environnement. Constantine, en Algérie, est un exemple de ces enjeux avec sa démographie, sa topographie complexe et ses infrastructures vieillissantes. La dépendance de la ville à l'enfouissement technique soulève des questions quant à sa compatibilité avec les normes locales et la transition vers une économie circulaire. La recherche vise d'une part à évaluer l'enfouissement technique des déchets ménagers dans le contexte spécifique de Constantine et de l'autre part à mettre en avant l'importance d'intégrer les paramètres contextuels dans le choix des méthodes d'élimination des déchets, afin d'optimiser leur adéquation aux spécificités locales, dans ce contexte une approche méthodologique mixte a été adoptée, elle est structurée autour d'une triangulation entre Benchmarking international, investigations contextualisée et modélisation prospective. La dimension comparative a permis de mettre en lumière des mécanismes transférables tels que la restriction de l'enfouissement aux résidus non valorisables et la formalisation des circuits informels de recyclage. Sur le plan local, le travail s'est appuyé sur un diagnostic multicritère du Centre d'Enfouissement Technique (CET) de Boughareb à Constantine, intégrant l'observation, la grille d'analyse et une analyse SWOT. Par ailleurs, des instruments prospectifs, dont une analyse PESTEL couplée à une modélisation prospective des pressions foncières, ont été mobilisés pour élaborer des trajectoires de transition écologique. Les résultats mettent en évidence un ensemble de dysfonctionnements majeurs dans le système actuel d'élimination des déchets à Constantine, il s'agit d'insuffisances conceptuelles et opérationnelles et une pression foncière croissante. Ces résultats soutiennent l'urgence d'une transition significative dans la gestion des déchets à Constantine en générale et dans le mode d'élimination des déchets en particulier. Effectivement, l'enfouissement technique, bien que solution immédiate, ne peut être envisagé dans le contexte de Constantine, seul un modèle hybride d'élimination basé sur l'intégration du recyclage, du compostage, de la valorisation énergétique et d'une contextualisation territoriale pourrait réduire l'empreinte écologique et prolonger la disponibilité foncière. Enfin, la recherche révèle des modèles de gestion adaptative, rompant avec les pratiques universalistes traditionnelles. Cette perspective renouvelle les stratégies décisionnelles, notamment pour l'élimination des déchets, en privilégiant l'adaptation au contexte plutôt que des solutions standardisées.

Mots clés : Constantine, Enfouissement technique, Evaluation, Contextualisation, Durabilité, Economie circulaire.

Directeur de Thèse : Roukia BOUADAM – Université Constantine 3

Année Universitaire : 2024-2025