

## **Valorisation des déchets solides ménagers (DSM) en agriculture urbaine et péri-urbaine dans la ville de Jérémie (Haïti)**

**Auteur :** Bernard, Ametel

**Promoteur(s) :** 10924

**Faculté :** Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

**Diplôme :** Master de spécialisation en production intégrée et préservation des ressources naturelles en milieu urbain et péri-urbain

**Année académique :** 2021-2022

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/15631>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# **VALORISATION DES DÉCHETS SOLIDES MÉNAGERS (DSM) EN AGRICULTURE URBAINE ET PÉRI-URBAINE DANS LA VILLE DE JÉRÉMIE (HAÏTI)**

**AMETEL BERNARD**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER DE SPECIALISATION EN PRODUCTION INTÉGRÉE ET PRÉSERVATION DES  
RESSOURCES NATURELLES EN MILIEU URBAIN ET PÉRI-URBAIN**

**ANNÉE ACADÉMIQUE 2021-2022**

**PROMOTEUR : STÉPHANE COGNET**

**Copyright** : Aux termes de la loi belge du 30 Juin 1994 relative au droit d'auteur, il est formellement interdit de procéder à la reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit sans l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique de Gembloux Agro-Bio Tech.

*Le contenu du présent document n'engage que l'auteur.*

# **VALORISATION DES DÉCHETS SOLIDES MÉNAGERS (DSM) EN AGRICULTURE URBAINE ET PÉRI-URBAINE DANS LA VILLE DE JÉRÉMIE (HAÏTI)**

**AMETEL BERNARD**

**TRAVAIL DE FIN D'ÉTUDES PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER DE SPECIALISATION EN PRODUCTION INTÉGRÉE ET PRÉSERVATION DES  
RESSOURCES NATURELLES EN MILIEU URBAIN ET PÉRI-URBAIN**

**ANNÉE ACADÉMIQUE 2021-2022**

**PROMOTEUR : STÉPHANE COGNET**

## **REMERCIEMENTS**

Ce travail a pu être réalisé grâce au soutien et aux efforts de nombreuses personnes envers qui je souhaite exprimer ma gratitude.

Je remercie d'abord les responsables de l'Académie de Recherche de l'Enseignement Supérieur Belge (ARES) pour cette opportunité qui m'a permis d'approfondir mes connaissances.

J'exprime ma gratitude à tous les professeurs de Gembloux Agro-bio Tech et de la Haute Ecole de Charlemagne pour leur volonté de nous transmettre les connaissances dans le master PPRN.

Je remercie mon Promoteur Stéphane COGNET d'avoir accepté de m'encadrer dans ce travail et pour son regard critique qui a été très constructif.

Je remercie le Coordonnateur du Master PPRN, le Professeur Haïssam JIJAKLI pour son dévouement et son temps mis à la disposition de cette formation.

Je tiens à remercier ma femme, Marie Carmecette GERMAIN et mes deux enfants (Amélie Junior BERNARD, Anne Sarah BERNARD) pour leurs supports inconditionnels au cours de cette étude.

Un merci particulier à Monsieur Dieuseul Robenson FONROSE, Maire de Lachapelle pour son soutien et ses conseils pendant la période de l'étude.

Enfin, je tiens à remercier mes collègues du master PPRN de la promotion 2021-2022, pour leurs collaborations. Particulièrement, je remercie mes compatriotes : Pierre Mackenson, Jean-Alfred, Hyppolite, Nixon, Claudel, Roselande, Madsen et Jean Luc.

## RÉSUMÉ

La gestion des déchets ménagers est un problème majeur depuis des décennies dans les pays en voie de développement comme Haïti, notamment dans la ville de Jérémie qui connaît une croissance démographique élevée. Dans le but de trouver des stratégies pour une meilleure gestion, cette étude a été réalisée dans la ville de Jérémie entre mars et juin 2022. Elle visait à contribuer à la mise en place d'un système de collecte sélective des déchets solides ménagers et au compostage de ces derniers aux fins de production de biofertilisant pour le développement durable de l'agriculture urbaine et périurbaine. A cet effet, la démarche méthodologique s'articulait autour de 3 grandes étapes : Enquête auprès des échantillons de ménages et des personnes cadres de la mairie ; Collecte et compostage des déchets solides ménagers biodégradables et Analyse des paramètres physico-chimiques des composts produits. Pour y parvenir, 45 ménages repartis en 3 groupes (zones) cibles et 3 responsables de la Mairie ont été enquêtés. Trois (3) bacs ont été utilisés pour le compostage des déchets solides ménagers.

Les résultats de l'enquête ont révélé que 91% des ménages ont utilisés des poubelles sans faire le tri. Cependant, les résultats de tri dans les ménages au sein des groupes (Alain Clérié, Bordes, Mackandal) ont relevé respectivement de 73%, 91% et 60%. La production moyenne journalière des DSM a été estimée respectivement dans les groupes (Alain Clérié, Bordes, Mackandal) de  $0,39 \pm 0,03$  kg/hab ;  $0,56 \pm 0,04$  kg/hab et  $0,25 \pm 0,03$  kg/hab. À l'issue des trois groupes de ménages, Trois composteurs ont été mis en place : [Groupe 1 (569,68 kg de déchets + 28,48 kg de bagasse) ; Groupe 2 (677,91 kg de déchets + 33,89 kg de bagasse) et Groupe 3 (429,19 kg de déchets + 21,46 kg de bagasse)] pour donner des rendements respectifs : 58% ; 53% et 62%. Les résultats des paramètres physico-chimiques ont révélé que le compost du groupe Alain Clérié a donné la meilleure teneur en (N-P-K) (12,82 kg/t N ; 5,68 kg/t P et 22,87 kg/t K) par rapport aux groupes de Bordes (10,17 kg/t N ; 4,88 kg/t P et 18,77 kg/t K) et de Mackandal (11,41 kg/t N ; 5,42 kg/t P et 21,09 kg/t K). Les rapports C/N d'Alain Clérié, Bordes et Mackandal ont été respectivement : 10,82 ; 11,65 et 10,69. Ces résultats obtenus sont en accord avec la norme NFU44051.

Cette étude a permis de mettre en évidence le potentiel de production des déchets solides ménagers dans la ville de Jérémie. La valorisation de ces DSMs par le compostage pourrait être une alternative à la gestion durable de l'environnement mais aussi dans la contribution au développement de l'agriculture urbaine dans la ville de Jérémie.

**Mots-clés** : Compostage, déchets biodégradables, valorisation, maraîchage, Jérémie

## **ABSTRACT**

Household waste management has been a major problem for decades in developing countries like Haiti, especially in the city of Jeremie, which is experiencing high population growth. With the aim of finding strategies for better management, this study was carried out in the city of Jeremie between March and June 2022. It aimed to contribute to the establishment of a system for the selective collection of household solid waste and the composting of the latter for the purpose of producing biofertilizer for the sustainable development of urban and peri-urban agriculture. To this end, the methodological approach was articulated around 3 main stages: Survey of samples of households and executives of the town hall; Collection and composting of biodegradable household solid waste and Analysis of the physico-chemical parameters of the composts produced. To achieve this, 45 households divided into 3 target groups (areas) and 3 officials from the Town Hall were surveyed. Three (3) bins were used for composting household solid waste.

The survey results revealed that 91% of households used trash cans without sorting. However, the sorting results in the households within the groups (Alain Clérié, Bordes, Mackandal) were respectively 73%, 91% and 60%. The average daily production of MSW was estimated respectively in the groups (Alain Clérié, Bordes, Mackandal) at  $0,39 \pm 0,03$  kg/hab;  $0,56 \pm 0,04$  kg/hab and  $0,25 \pm 0,03$  kg/hab. At the end of the three groups of households, three composters were set up: [Group 1 (569,68 kg of waste + 28,48 kg of bagasse); Group 2 (677,91 kg of waste + 33,89 kg of bagasse) and Group 3 (429,19 kg of waste + 21,46 kg of bagasse)] to give respective yields: 58%; 53% and 62%. The results of the physico-chemical parameters revealed that the Alain Clérié group's compost gave the best (NPK) content (12,82 kg/t N; 5,68 kg/t P and 22,87 kg/t K) compared to the Bordes (10,17 kg/t N; 4,88 kg/t P and 18,77 kg/t K) and Mackandal (11,41 kg/t N; 5,42 kg/t P and 21,09 kg/t K). The C/N ratios of Alain Clérié, Bordes and Mackandal were respectively: 10,82; 11,65 and 10,69. These results obtained are in accordance with the NFU44051 standard.

This study made it possible to highlight the potential to produce household solid waste in the city of Jeremie. The recovery of these DSMs by composting could be an alternative to the sustainable management of the environment but also in the contribution to the development of urban agriculture in the city of Jeremie.

**Key words:** Composting, biodegradable waste, recovery, market gardening, Jeremie

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	i
RÉSUMÉ .....	ii
ABSTRACT .....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES ANNEXES.....	viii
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS .....	ix
I. INTRODUCTION .....	1
II. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE .....	4
2.1. Clarifications des concepts.....	4
2.2. Généralités sur les déchets solides ménagers .....	5
2.2.1. Production des déchets ménagers dans les pays en développement .....	5
2.2.2. Composition des déchets ménagers dans les pays en développement .....	5
2.2.3. Production des déchets en Haïti .....	6
2.2.4. Gestion des déchets solides ménagers en Haïti .....	7
2.3. Généralités sur le processus de compostage .....	8
2.3.1. Procédure du compostage.....	8
2.3.2. Description du processus de compostage.....	9
2.3.3. Méthodes de compostage .....	10
2.3.4. Paramètres influençant le compostage .....	12
2.4. Critères de qualités d'un compost .....	13
2.4.1. Caractéristiques physiques et chimiques du compost .....	13
2.4.2. Indicateurs biologiques .....	14
2.4.3. Teneur en métaux lourds dans les composts .....	14
2.5. Éléments nutritifs majeurs des composts ménagers apportés en agriculture .....	15
2.5.1. Teneur en éléments fertilisants dans les composts.....	15
2.6. Rapport des éléments nutritifs d'un compost sur les caractéristiques physico-chimiques du sol .....	16
2.7. Importance de l'agriculture dans les villes.....	17
III.PHASE EXPERIMENTALE.....	18
3.1. Présentation de la zone d'étude.....	18
3.2. Matériel et Méthodes.....	20

3.2.1. Démarche méthodologique et matériels utilisés.....	20
3.2.2. Examen des comportements des ménages à la gestion des DSMs .....	21
3.2.3. Détermination de la quantité moyenne de déchets journaliers produits par habitant....	22
3.2.4. Évaluation de la capacité de tri des déchets dans les ménages .....	23
3.2.5. Valorisation de la partie des déchets ménagers biodégradables collectés en compost .	24
3.2.6. Détermination et comparaison de la composition en éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Mg) des composts obtenus à partir des groupes de ménages suivis.....	25
3.3. Traitement et analyse des données .....	26
IV. RESULTATS.....	27
4.1. Comportement socio-économique des groupes de ménages face aux DSM.....	27
4.1.1. Pourcentage de l'utilisation de poubelle dans les ménages.....	27
4.1.2. Modes d'évacuation des déchets solides ménagers (DSM) .....	28
4.2. Détermination de la production journalière des DSM dans les groupes cibles.....	29
4.2.1. Composition des déchets des trois groupes de ménages .....	30
4.3. Évaluation de la capacité de tri dans les ménages.....	30
4.4. Rendement des composts produits .....	31
4.5. Analyses des paramètres physico-chimiques des composts obtenus .....	31
V.DISCUSSIONS .....	33
VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	36
VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	38

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Production journalière de DSM par habitant dans les PED.....	5
Tableau 2. Composition des déchets solides ménagers (DSM) dans certains PED (en %) .....	6
Tableau 3. Valeurs limites admises (Normes CCME et NFU 44 051) .....	15
Tableau 4. Valeurs limites admises (Norme NFU 44 051) .....	16
Tableau 5. Caractéristiques socio-économiques des ménages enquêtés .....	27
Tableau 7. Composition des DSM par groupe de ménages (n=15).....	30
Tableau 8.Capacité de tri des ménages.....	31
Tableau 9. Rendement des composts obtenus par groupe de ménages .....	31
Tableau 10. Paramètres physico-chimiques des composts des trois composts obtenus.....	32

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1. Accumulation de tas de déchets dans les rues de la ville de Jérémie.....	7
Figure 2. Carte de délimitation de la commune de Jérémie .....	18
Figure 3. Température et pluviométrie de Jérémie.....	19
Figure 4. Localisation de la zone d'étude.....	20
Figure 5. Observation et pesage des sacs de déchets.....	23
Figure 6. Tri des déchets non-biodégradables .....	24
Figure 7. Pourcentage d'utilisation ou non des poubelles .....	28
Figure 8. Modes d'évacuation des DSM par groupe .....	29

## **LISTE DES ANNEXES**

Annexe 1 : Questionnaires des enquêtes .....	a
Annexe 2. Données des collectes des DSM dans les groupes .....	e
Annexe 3. Résultats des analyses physico-chimiques .....	h

## **LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS**

<b>ADEME</b>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
<b>BID</b>	Banque Interaméricaine de Développement
<b>BRH</b>	Banque de la République d'Haïti
<b>CEFREPADE</b>	Centre Francophone de Recherche Partenariale sur l'Assainissement, les Déchets et l'Environnement
<b>DSM</b>	Déchets Solides Ménagers
<b>ETM</b>	Éléments Traces Métalliques
<b>FAO</b>	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>IEPF</b>	Institut de l'Energie et de l'Environnement de la Francophonie
<b>IHSI</b>	Institut Haïtien de Statistique et d'Informatique
<b>MDE</b>	Ministère de l'Environnement
<b>MICT</b>	Ministère d'Intérieur des Collectivités Territoriales
<b>MO</b>	Matière Organique
<b>MS</b>	Matière Sèche
<b>ND</b>	Non- Défini
<b>MTPTC</b>	Ministère des Travaux Publics, Transport et Communication
<b>PED</b>	Pays en Voie de Développement
<b>PNUD</b>	Programme des Nations Unies de Développement
<b>SNGRS</b>	Service National de Gestion des Résidus Solides
<b>SMCRS</b>	Service Métropolitain de Collecte des Résidus Solides

## I. INTRODUCTION

De manière générale, la gestion des déchets domestiques reste un gros problème dans le monde. En 2016, la production mondiale a été estimée à 2,01 milliards de tonnes. Elle augmentera de 70 % d'ici 2050 si des changements ne sont pas apportés rapidement (Banque mondiale, 2018). De plus, plusieurs études ont également montré que la production de déchets solides est directement liée à l'urbanisation et au développement économique (Ahmed & Ali, 2006; Agdag, 2008).

Dans la plupart des pays en développement, les déchets solides ménagers (DSM) présentent à la fois des risques écologiques et sanitaires en raison du manque d'application des règlements en matière de gestion, de collecte des déchets efficaces et en grande partie non traités (Mpinda et al., 2016; Philippe & Culot, 2009). Située dans le bassin des Caraïbes, la République d'Haïti partage de nombreuses similitudes avec plusieurs pays africains en matière de gestion des déchets comme Cameroun et Burkina Fosa (Philippe, 2010). Les pratiques de collecte et de traitement des déchets solides à l'extérieur peuvent entraîner une pollution de l'air, de l'eau et du sol, ce qui présente des risques pour l'environnement et la santé humaine (Mpinda et al., 2016; Tchobanoglous et al., 1993), bien que les DSMs collectés contiennent très peu de métaux lourds. La collecte de ces ingrédients est généralement effectuée par des personnes à faibles revenus vivant en dessous du seuil de pauvreté (Philippe, 2010).

Les données du MTPTC (2021) montrent que le taux moyen de production journalière de déchets est de 0,7kg par habitant dans les zones urbaines et rurales de la région métropolitaine de Port-au-Prince, qui compte près de 3,5 millions d'habitants et génère environ 2450 tonnes de déchets solides municipaux par jour. Selon la même source, seulement 37 % des ordures sont ramassées chaque jour, ce qui signifie qu'environ 6 000 mètres cubes d'ordures ne sont pas ramassés et s'entassent dans les rues jour après jour. Ces déchets bloquent les systèmes d'évacuation d'eau en provoquant des inondations pendant la saison des pluies y compris en saison sèche en raison d'une sensibilisation insuffisante aux questions environnementales et de difficultés de financement.

Cependant, la croissance démographique entraîne non seulement une production importante de déchets urbains mais également une demande de plus en plus forte en denrées alimentaires (Useni et al., 2012). Pourtant, le secteur agricole haïtien qui avait présenté l'un des principaux maillons dans la création de l'emploi contribuant au développement économique et en absorbant le taux de chômage ne continue pas à le faire en raison de

manque d'accompagnement. De plus, il passe d'un taux d'emploi de 40,53% à 29,22% de la population active (Banque mondiale, 2018b); contribue à 20,35% du produit intérieur brut (BRH, 2016). Or, la production agricole de la municipalité de Jérémie ne peut pas satisfaire les besoins alimentaires des gens par rapport au taux de croissance démographique de 1,34 % l'an (IHSI, 2020). Les activités humaines ont accéléré l'épuisement et l'érosion des sols, obligeant les exploitations agricoles à exiger plus de nutriments que la régénération naturelle (Smucker et *al.*, 2005). Étant donné que la principale formule d'engrais utilisé est le 12-12-20 (N-P-K), il semble également y avoir un déséquilibre des éléments nutritifs du sol, ce qui peut entraîner un excès de potassium car la plupart des sites sont neutres à modérément alcalins de pH 7,0 à 8,2 (Hylkema, 2011).

Face à une demande alimentaire croissante et à l'accumulation de déchets domestiques dans les rues et dans les espaces ouverts, le traitement et le recyclage des déchets biodégradables sous forme de compost offrent une perspective intéressante et une stratégie alternative pour les agriculteurs notamment dans la production maraîchère. Ceux-ci constituent une nouvelle source d'intrants externes à moindre coût comme alternative pour pallier les problèmes de rareté et cherté des engrais chimique de synthèses. Les faibles niveaux de revenu et la taille des logements de certaines familles exigent un rendement plus élevé par hectare pour les agriculteurs, ce qui contribuera à avoir un impact direct de la disponibilité des aliments sur les marchés locaux. De part sa fonction de recyclage des déchets, l'agriculture urbaine et périurbaine agit comme un filtre pour la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles productives (Blalogue, 2009).

En effet, les déchets ménagers solides ne sont pas seulement un problème environnemental, mais aussi une perte économique importante qui peut être réduite en mettant en place un plan de gestion pour recycler la partie biodégradable en compost. C'est dans cette idée que notre étude s'inscrit dans les perspectives de proposer de solutions pérennes aux différents problèmes liés à la mauvaise gestion des déchets dans la ville de Jérémie.

Ce travail vise à contribuer à la mise en place d'un système de collecte sélective des déchets solides ménagers dans la ville de Jérémie avec une plateforme de compostage aux fins de développement d'une agriculture urbaine et périurbaine.

Plus spécifiquement, il vise à :

- Examiner les comportements des ménages à la gestion des DSMs ;
- Déterminer la quantité moyenne de déchets journaliers produits par habitant ;

- Évaluer la capacité de tri des déchets dans les ménages ;
- Valoriser la partie des déchets ménagers biodégradables collectés en compost;
- Déterminer et comparer la composition en éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Mg) des composts obtenus à partir des groupes de ménages suivis.

Notre démarche méthodologique pour atteindre les objectifs de l'étude et notre compréhension nous permettent de formuler les hypothèses suivantes :

- La collecte des déchets solides ménagers à la source et le tri serait effective et efficace ;
- La qualité agronomique des composts dépendrait du revenu des ménages et de la zone de collecte

## II. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

### 2.1. Clarifications des concepts

**Déchet** : Selon l'article 1er de la loi française n° 75-633 du 15 juillet 1975, un déchet est défini comme « tout reliquat de production, de transformation, d'utilisation ou de tout bien meuble abandonné ou que son détenteur a l'intention d'abandonner ».

**Déchets biodégradables** : Ce sont des déchets constitués majoritairement de matières organiques naturelles qui peuvent être décomposées plus ou moins rapidement par des bactéries et/ou des champignons avant d'être réutilisées (Sotamenou, 2012).

**Gestion des déchets** : C'est l'ensemble des activités de prévention, de première transformation, de collecte, de transport de tri, de traitement et de réutilisation ou d'élimination destinées à réduire leur impact sur la santé humaine et l'environnement (Yenamau Nkituahanga, 2010).

**Collecte sélective des déchets** : Il s'agit de trier et de séparer les déchets à la source dans les ménages en fonction de leur type en utilisant des conteneurs différents pour chaque composant ou groupe de composants (Philippe, 2010).

**Pré-collecte des déchets** : Il s'agit d'un ensemble d'activités permettant d'évacuer les déchets d'un lieu de production vers un lieu de prise en charge par un service de collecte communal ou autre.

**Traitement des déchets** : C'est un ensemble d'activités physiques, thermiques, chimiques ou biologiques qui entraînent une modification de la nature ou de la composition d'un déchet afin de réduire son potentiel polluant, son volume et sa quantité dans des conditions contrôlées (Koledzi, 2011).

**Compostage** : Désigne le processus contrôlé de décomposition des composants organiques d'origine végétale et animale en présence de communautés microbiennes dans des conditions aérobies, entraînant une augmentation de la température jusqu'à ce que la matière organique soit humifiée et stabilisée (Mulaji & Crispin, 2011).

**Ménage** : Un ménage, au sens économique, est une personne physique ou un ensemble de personnes physiques vivant ensemble sous un même toit et économiquement dépendantes les unes des autres.

## 2.2. Généralités sur les déchets solides ménagers

### 2.2.1. Production des déchets ménagers dans les pays en développement

Généralement dans les pays en voie de développement (PED), la production de déchets solides ménagers constitue véritablement une problématique publique. Celle-ci est une conséquence d'un manque des moyens de gestion et de valorisation. Dans certains pays en voie de développement, la production des déchets est plus élevée généralement dans des villes très plus importantes (tableau1). Par exemple, en Haïti la production journalière par habitant est plus élevée dans les trois plus grandes villes respectives : Port-au-Prince (0,58-0,67kg/habitant/jour); les Cayes (0,52kg/habitant/jour) et Cap- Haïtien (0,21kg/habitant/jour). De ce fait, Charnay (2005) a affirmé que pour mieux aborder les problèmes de la gestion des déchets solides, il est important de faire une projection de leur production dans le temps et en fonction de la démographie à travers les différentes grandes villes pour entreprendre des pistes de valorisations comme le compostage ou la récupération des matériaux recyclables.

Tableau 1. Production journalière de DSM par habitant dans les PED

Pays	Villes	Ratio (kg/hab/jr)	Références
Nigeria	Oyo	0,13	Afon & Okewole, 2007
Haïti	Cap- Haïtien	0,21	Philippe, 2010
Bangladesh	Chittagong	0,25	Sujauddin et al., 2008
Cambodge	Siem Reap	0,34	Parizeau et al., 2006
Haïti	Les Cayes	0,52	Julien, 2007
Haïti	Port-au-Prince	0,58-0,67	CEFREPADE, 2015
Congo	Kinshasa	0,50	Nzuzi, 2008
Nigeria	Abuja	0,58	Imam et al., 2008
Cameroun	Yaoundé	0,5-0,85	Ngnikam et al., 2017
Bénin	Bembéréké	1,90	Ngahane et al., 2015
Burundi	Kinama	0,70	Ngahane et al., 2015
Burkina Faso	Ouagadougou	0,54-0,85	Tezanou, 2002
RDC	Gombe	1,80	Ngahane et al., 2015
RDC	Kimbanseke	1,90	Ngahane et al., 2015
Zimbabwe	Harare	0,60- 0,70	Achankeng, 2003
Cameroun	Bafoussam	0,37	Ngnikam, 2000

Source : (Charnay, 2005 ; CEFREPADE, 2015; Liegui, 2019)

### 2.2.2. Composition des déchets ménagers dans les pays en développement

Les déchets ménagers sont des résidus collectés dans le cadre du service d'élimination de déchets avec des caractéristiques très variables et hétérogènes au sein des ménages. En effet, la composition des déchets ménagers est fonction des régions de production, de la culture,

des emballages, des habitudes de consommation de la population, du niveau de revenu des habitants, du type de climat, du type de collecte et d'agglomération (Aina, 2006; Liegui, 2019). Ainsi, les déchets ménagers recyclables ou non recyclables sont triés par matière, puis retournés dans leur filière de production initiale ou utilisés dans les applications qui les génèrent selon le type de déchets (Stephanie, 2009). Des études ont montré que la composition des déchets solides ménagers (DSM) est très variable en fonction des pays (tableau 2). Par exemple, le Cameroun (76,00-85,00%) et le Maroc (65,00-70,00%) ont respectivement les taux de déchets fermentescibles les plus élevés dans la composition des DSM (Hafid et *al.*, 2002; Ngnikam et *al.*, 2017). La composition des déchets est liée aux habitudes de consommation des ménages.

Tableau 2. Composition des déchets solides ménagers (DSM) dans certains PED (en %)

Pays	Déchets			Papiers	
	fermentescibles	Verres	Plastiques	/Cartons	Métaux
Benin	40,00-45,00	1,00-3,00	2,00-11,00	5,00-10,00	2,00
Burkina Faso	39,00	3,00	10,00	9,00	4,00
Cameroun	76,00-85,00	0,60-1,70	2,50-9,40	3,50-4,00	0,80-0,90
Égypte	60,00	2,50	1,50	13,00	3,00
Guinée	69,00	0,30	22,80	4,10	1,40
Ile Maurice	68,00	1,00	13,00	12,00	1,00
Inde	38,60	1,00	6,03	5,57	0,23
Liban	62,40	5,60	11,00	11,30	2,90
Malaisie	36,50	3,20	18,40	27,00	3,90
Maroc	65,00-70,00	0,50-1,00	2,00-3,00	18,00-20,00	5,60
Mauritanie	4,40	3,80	20,00	3,60	4,20
Mexique	45,00	8,00	8,00	22,00	4,00
RD Congo	67,30-68,40	-	1,50-3,94	1,05-1,84	1,05-1,31

Source : (Charnay, 2005 ; IEPF, 2005 ; Liegui, 2019)

### 2.2.3. Production des déchets en Haïti

D'après la Banque mondiale (2018), la production des déchets journalière en moyenne par personne est estimée à 0,58 kg. La majorité des déchets solides au niveau des villes haïtiennes est produite surtout dans les ménages et les marchés publics situés dans les quartiers. Toutefois, il faut signaler que la quantité de déchets produite varie en fonction des dimensions des villes et le nombre de ménages (Philippe, 2010).

#### 2.2.4. Gestion des déchets solides ménagers en Haïti

En Haïti, la gestion des déchets solides ménagers est confrontée à des problèmes d'ordres matériels, institutionnels et juridiques. Leur gestion durable dans l'environnement n'est pas perçue comme une nécessité par majorité la population. Dans la plupart des cas, les déchets sont jetés directement dans l'environnement sans aucun tri (figure 1). Toutefois, il y a de petites entreprises qui tentent de valoriser diverses catégories de déchets mais leurs actions sont limitées par manque de financement (PNUD, 2022).



Figure 1. Accumulation de tas de déchets dans les rues de la ville de Jérémie

Sur le plan gouvernemental relatif à la gestion des déchets, la loi du 21 septembre 2017 créant le Service National de Gestion des Résidus Solides (SNGRS) a remplacé le décret du 03 mars 1981 et constitue un pilier du cadre réglementaire et institutionnel du système de gestion des déchets solides en Haïti. Le SNGRS, sous la tutelle du Ministère de l'Environnement (MDE) travaille de manière à mettre en application les différentes modes de gestion des déchets solides en fonction de sa capacité. D'après l'article 5, le SNGRS a ses prérogatives suivantes :

- Acquérir tous biens mobiliers et immobiliers en vue de collecter des déchets solides, médicaux et à haute toxicité et d'assainir les espaces publics ;
- Sous-traiter avec les entreprises œuvrant dans le domaine ;
- Demander à la Direction Générale des Impôts (DGI) de mettre à sa disposition des espaces pour la collecte et la transformation des déchets solides, médicaux et à haute toxicité (Le Moniteur, 2017).

#### **2.2.4.1. Gestion des déchets solides ménagers à Jérémie**

La collecte des déchets est réalisée par le service de voirie de la mairie sans aucun tri au préalable. Généralement, les déchets sont cumulés dans certains coins des rues de la ville sur les chaussées ou dans des bacs. Le centre de réception finale, situé à environ 2 km de la ville et près d'une embouchure, à ciel ouvert, fonctionne comme un dépotoir de toutes sortes de déchets. À la suite du séisme du 14 août 2021, ce site n'est plus accessible. Ceci augmente le risque sanitaire et environnemental pour la population de la commune (Anonyme, 2021).

#### **2.2.4.2. Contraintes liées à la gestion des déchets à Jérémie**

La gestion des déchets a toujours été un problème dans la ville de Jérémie bien qu'il y ait des lois et arrêtés relatifs à cet effet. Par exemple, le décret du 03 mars 1981 créant le SMCRS (service métropolitain de collecte de résidus urbains solides) et celui du 26 octobre 1989 traitent la gestion des déchets (Julien, 2007). Même avec la loi du 21 septembre 2017 remplaçant le décret de 1989, les contraintes restent les mêmes parce que la majorité des activités de la ville est toujours exécutée par la municipalité avec des recettes insuffisantes pour faire les acquisitions et la réparation des matériels et de recruter du personnel qualifié. Ces contraintes augmentent le taux de déchets solides produits par les ménages dans les rues. Pourtant, une grande partie d'entre eux aurait pu être diminuée avec application des méthodes de compostage (*Ibid.*).

### **2.3. Généralités sur le processus de compostage**

#### **2.3.1. Procédure du compostage**

Selon la FAO (2005), le compostage est un processus naturel de dégradation ou de décomposition de la matière organique en compost par les micro-organismes en présence de l'oxygène ou non avec des conditions particulières. Autrement dit que le compostage est la décomposition des déchets pour former un produit appelé « compost » qui peut être utilisé comme amendement dans la fertilisation des champs. Le compost à base de déchets ménagers urbains est un mélange des déchets solides ayant subi au cours de sa fabrication un réchauffement naturel de la masse à une montée de température suivi de certaines opérations mécaniques comme le triage, le broyage, la dilatation, le tamisage, etc (Francou, 2003).

Cependant, le temps de compostage est variable car il dépend de multiples paramètres biotiques et abiotiques, dont certains ne peuvent pas être entièrement contrôlés. Pour un programme de compostage similaire, le temps de compostage varie selon le climat. Dans le cas du compostage conventionnel, certains auteurs ont constaté que la durée totale varie de

90 jours (Mitchell, 1996) à 180 jours (Sierra et *al.*, 2013) en milieu tropical, alors qu'en milieu tempéré la durée du compostage dépasse 300 jours pour des expérimentations menées au Danemark tout comme en Espagne (Albuquerque & J. Gonzalez, 2009; Eiland et *al.*, 2001).

### **2.3.2. Description du processus de compostage**

Le compostage est un processus biologique réalisé dans des conditions aérobies avec une humidité et une température suffisante pour transformer de manière hygiénique les déchets organiques en compost. Il est divisé en quatre phases :

#### **2.3.2.1. Phase de la mésophile**

Au cours de cette étape, les bactéries du compost combinent le carbone avec l'oxygène pour produire du dioxyde de carbone et de l'énergie. Une partie de l'énergie est utilisée par les micro-organismes et le reste est libéré sous forme de chaleur. Lorsqu'un tas de déchets organiques commence à se décomposer, les bactéries mésophiles se multiplient élevant la température du compost à 45°C (Debril, 2005). Les constituants des déchets biodégradables se décomposent facilement par rapport à ceux les plus résistants provoquant à la pourriture de leur cellulose (Graves & Hattemer, 2000).

#### **2.3.2.2. Phase des thermophiles**

Les bactéries thermophiles prennent en charge la plage de transition de 44°C à 52°C. C'est le début de la deuxième étape du processus. Les températures peuvent atteindre environ 70°C-80°C lorsque les micro-organismes thermophiles sont très actifs et génèrent beaucoup de chaleur (Mulaji & Crispin, 2011). Cette phase d'échauffement est rapide et peut ne durer que quelques jours, semaines ou mois. Ils ont tendance à rester dans la partie supérieure du bac à compost domestique où de la matière fraîche est ajoutée, tandis que dans le compostage en vrac toute la masse de compost peut devenir thermophile en même temps (Faverial, 2016).

#### **2.3.2.3. Phase de refroidissement**

Au cours de cette étape, les microbes chassés par les thermophiles migrent à nouveau dans le compost et recommencent à digérer la matière organique plus résistante. Les champignons et les organismes plus gros tels que les vers de terre et les cloportes qui décomposent les éléments plus grossiers en humus retournent également dans le compost. Il s'agit d'une période de ralentissement de l'activité et de baisse progressive des températures pour prendre la température du milieu ambiant (Mindele Ukondalemba, 2016).

#### **2.3.2.4. Phase de maturité**

C'est l'étape la plus longue et la plus importante. Elle commence par une température ambiante inférieure à 30°C, correspondant à la transformation du carbone en dioxyde de carbone et en humus, suivie de la transformation de l'azote en nitrate par les micro-organismes (CEFREPADE, 2012). Par ailleurs, les bactéries cèdent largement la place aux champignons, qui stabilisent la matière organique sous forme de composés humiques (ADEME, 2015).

#### **2.3.3. Méthodes de compostage**

Avant les années 1990, certaines villes compostaient les déchets solides ménagers et les revendaient aux agriculteurs avant même l'introduction des engrais minéraux de synthèses (Blum, 1992). Au fil du temps, de nombreuses méthodes de compostage ont été développées et la méthode utilisée dépend de la quantité de déchets et de la qualité des matières premières disponibles, des conditions climatiques et du compost requis par le producteur (Van der Wurff et *al.*, 2016).

##### **2.3.3.1. Compostage en Indore**

Le système de compostage Indore a été développé en Inde dans les années 1920 par Sir Albert Howard (1873-1947) en utilisant un mélange multicouche de matériaux à C/N élevé comme les feuilles et de matériaux à C/N aussi bas que les feuilles. En ce qui concerne le fumier de bétail, le rapport est d'environ 3:1. Des couches épaisses de résidus de culture sont recouvertes de fines couches de fumier, et celles-ci sont recouvertes de très fines couches de terre végétale et de calcaire. Les ordures sont placées dans des fosses ou des tranchées, ou empilées sur un terrain découvert à une altitude de 1,5 à 1,8 mètre, et tournées manuellement toutes les 6 à 8 semaines. Le temps total du processus de compostage de la méthode Indore est de 4 à 6 mois (Van der Wurff et *al.*, 2016).

##### **2.3.3.2. Compostage en andains**

Ce type de compostage a été mis au point par l'Université Rutgers, une méthode de pression positive (soufflage d'air) pour obtenir à la fois la demande en oxygène correcte et les conditions de température correctes (Leton and Stentiford, 1990). En effet, ce système d'empilage est un système de compostage "sans réacteur" ou à ciel ouvert. Avec cette méthode, l'air est fourni à travers des tubes perforés qui sont entraînés verticalement vers la cheminée sans tourner. Les extrémités des conduits sont ouvertes de sorte que l'air s'écoule de la cheminée vers les conduits en raison de l'effet de ventilation créé par l'échappement des gaz chauds. Comme il n'y a pas d'empilement en rotation, les matières premières doivent être

parfaitement mélangées et suffisamment structurées au départ pour éviter le compactage (Tinghino, 2010).

#### **2.3.3.3. Compostage en fosses**

Contrairement au compost en andain, le compost de fosse retient l'humidité tout en évitant de déranger les animaux. Il favorise l'augmentation de la température et accélère le processus de compostage. Les fosses peuvent être construites de différentes manières, elles peuvent être faites de briques ou elles peuvent être creusées dans le sol. De même, le compost en formation est plus facile à retourner dans la fosse aménagée. Cependant, lors du processus de compostage, il faut veiller à recouvrir la fosse pour éviter qu'elle ne devienne trop humide après une forte pluie. La profondeur optimale de la fosse varie en fonction des conditions locales du sol et des nappes phréatiques. Les fosses modèles doivent avoir une largeur de 1,5 à 2 m et une profondeur de 50 cm, avec des longueurs variables (Inckel et *al.*, 2005). L'idéal serait de construire au moins trois fosses qui permettent une sorte de renversement du compost. Ainsi, au bout d'une période de deux à trois semaines, tout le contenu de la fosse est transféré dans une deuxième fosse de manière continue pour arriver dans la troisième fosse tout en remplissant les fosses précédentes de déchets frais (Liegui, 2019).

#### **2.3.3.4. Compostage en bac**

Le compostage en bac est l'effet de mettre un mélange des matières premières dans des bacs en bois de dimension minimum de 1 m<sup>3</sup> qui sont retournés régulièrement jusqu'à ce qu'il devienne un compost après le cycle complet du processus. Chaque retournement se fait à l'aide d'une pelle ou d'une fourche pour apporter de l'aération suivi d'un arrosage contrôlé pour relancer l'activité microbienne (Tchakpa, 2011).

#### **2.3.3.5. Lombricompostage**

C'est l'ajout de vers de terre dans le processus de compostage des résidus organiques en compost. En effet, les vers de terre peuvent effectivement dégrader de nombreux types de matières organiques et sont capables d'absorber leur poids en matière par jour, c'est-à-dire qu'un kilogramme de vers de terre peut consommer un kilogramme de résidus par jour. De plus, les excréments de vers de terre fournissent des quantités importantes de nitrate, une forme d'azote facilement absorbée par les plantes, ainsi que du phosphore, du potassium, du calcium et du magnésium sous des formes utilisables (Mindele Ukondalemba, 2016).

### **2.3.4. Paramètres influençant le compostage**

Durant le compostage, les paramètres considérables qui participent à l'aboutissement du processus sont les suivants :

#### **2.3.4.1. Température**

L'activité optimale des micro-organismes qui permettent la décomposition des déchets correspond à une plage de température bien définie. A différentes températures, plusieurs types de micro-organismes sont impliqués dans ce processus (Mustin, 1987). De plus, la surveillance de la température est une mesure indirecte pour contrôler le niveau de biodégradation de la matière organique alors que le processus n'est pas terminé. Ainsi, pour créer une hygiène dans le compostage (Charnay, 2005), le retournement permet une aération des déchets avec une baisse de température de 55°C pendant 5 jours.

#### **2.3.4.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)**

Au cours du processus de compostage, le pH change en fonction de chaque étape en question. Elle commence par une phase acide, une phase de chauffage (pH inférieur à 7), puis passe à une phase alcaline (pH supérieur à 7), au cours de laquelle les bactéries pathogènes sont détruites. Enfin, il se rapproche de la neutralité (pH égal à 7) durant la toute dernière phase qui est la maturation (Znaïdi, 2002).

#### **2.3.4.3. Humidité**

La teneur en eau ou l'humidité des déchets compostés est essentielle à l'activité des micro-organismes. L'humidité optimale pour la dégradation se situe généralement entre 50 et 60 % (Filemon, 2008). La température et l'humidité étant des paramètres interdépendants, il est nécessaire de contrôler l'humidité et d'arroser régulièrement le compost décomposé après chaque tour (Charnay, 2005).

#### **2.3.4.4. Aération**

L'apport d'air est essentiel pour maintenir l'environnement aérobie nécessaire à la décomposition rapide et inodore de la matière organique. La quantité minimale d'oxygène requise dans le compost en décomposition est de 5 à 10 %, éventuellement avec des moyens d'aération et d'homogénéisation utilisés tels que le retournement manuel ou mécanique (Bromet & Somaroo, 2015).

#### **2.3.4.5. Granulométrie**

La taille moyenne des différents composants dans les déchets détermine en grande partie le taux de biodégradation, qui est étroitement lié à la durée du processus. Cependant, si la surface de contact entre les déchets et les micro-organismes est grande, l'effet de fermentation sera meilleur. D'autre part, des tailles de particules trop fines peuvent réduire la circulation de l'air tout en provoquant une insuffisance d'oxygène (Charnay, 2005). Une taille de particules trop élevée pour les déchets fermentescibles peut conduire à un apport excessif d'oxygène, ce qui réduit les élévations de température et assèche les températures croissantes du compost.

#### **2.3.4.6. Rapport carbone/azote**

Le rapport C/N est l'un des indicateurs qui peut montrer le niveau de la décomposition des matières organiques. Si ces éléments sont biodisponibles, le rapport C/N maximum pour la décomposition de la matière organique en humus est de 30/1. Cependant, un rapport C/N de 20 à 30 est préféré pour les microorganismes qui utilisent le carbone comme élément essentiel pour leur production d'énergie et l'azote comme élément essentiel pour leur production d'acides aminés et de protéines (Bromet & Somaroo, 2015). En outre, l'apport des déchets riches en azote nécessite une quantité carbonée presque au même niveau pour faciliter l'équilibre entre eux.

### **2.4. Critères de qualités d'un compost**

L'apport du compost à l'agriculture fait appel aux besoins de satisfaire de la fertilité de sol au lieu d'utiliser des produits de synthèse par rapport à la garantie de sa stabilité et de maturité adéquate. La qualité d'un compost est une notion moyennement complexe à définir et aux limites floues à utiliser bien qu'on a fréquemment employé dans le domaine agricole (Lasaridi et al., 2006). Toutefois, l'utilisation de manière inadéquate serait une source de nuisance pour les cultures malgré le niveau est différent que celui des produits chimiques. De plus, les principaux critères généralement admis pour faire une évaluation la qualité du compost sont les suivants : la maturité, les impuretés, les éléments traces, les microorganismes pathogènes, les polluants organiques et certaines caractéristiques physiques et chimiques (Said-Pullicino et al., 2007).

#### **2.4.1. Caractéristiques physiques et chimiques du compost**

Au niveau des paramètres physico-chimiques du compost, certains changements d'indicateurs tels que le pH et la conductivité électrique dus à la décomposition de la matière

organique suggèrent que ces paramètres peuvent constituer la trajectoire de stabilité du compost. Cependant, un pH acide est l'un des indicateurs qui peut orienter si le compost est immature, tandis que des valeurs de pH comprises entre 7 et 9 démontrent la stabilité et la maturité du compost (Avnimelec et *al.*, 1996). De plus, le rapport carbone/azote (C/N) est également utilisé comme l'un des paramètres importants pour déterminer le niveau de décomposition de la matière organique et la maturité du compost lors du compostage (Shanthi, 2018). Le rapport C/N du compost diminue et passe en dessous de 12, ce qui donne un indicateur de maturité (Iglesias-Jmenez et *al.*, 1995). Dans le cas contraire, l'ajout du compost dans le sol n'altère pas l'équilibre microbiologique du sol lorsque  $C/N < 15$  (Bernal, 1998 cité par Charnay, 2005). Il faut dire qu'on doit combiner la ration C/N à d'autres paramètres tels que le dégagement de  $CO_2$ , le processus de nitrification avant de tirer une conclusion sur la maturité du compost (Antil et *al.*, 2013).

#### **2.4.2. Indicateurs biologiques**

Selon Bernal et *al.* (2009), les indicateurs biologiques sont basés sur la maturité du compost, avec différents tests dont des tests de phytotoxicité. Pour cela, le paramètre d'analyse de la phytotoxicité est directement lié au taux de germination, car il donne une image instantanée du compost. Ainsi, une diminution du taux de germination indique la présence de phytotoxiques dans les composants qui forment les mélanges de déchets lors de la conversion en compost, tandis qu'une augmentation reflète la disparition de ces substances (Antil et *al.*, 2013). De plus, Zucconi (1981) a rapporté qu'un compost avec un taux de germination supérieure à 80% est exempt de phytotoxines et complètement mûri.

#### **2.4.3. Teneur en métaux lourds dans les composts**

Les niveaux de métaux traces métalliques (ETM) dans le sol soulèvent la possibilité de risques de pollution cumulés à long terme associés à leur utilisation. Cependant, le tri à la source est l'un des moyens d'éviter le compostage de ces déchets, qui devraient être contaminés par des niveaux élevés d'ETM ou de métaux lourds. En effet, les normes de qualité du contenu de ces éléments sont basées sur les normes recommandées (CCME au Canada et NFU 44 051 en France) (Tahraoui Douma, 2013).

Voici ci-dessous le tableau indiquant les valeurs limites admises pour les métaux lourds dans le compost par les normes canadienne du CCME et française du NFU 44 051 :

Tableau 3. Valeurs limites admises (Normes CCME et NFU 44 051)

Éléments de traces Métalliques	En mg/ kg de MS Compost CCME	En mg/ kg de MS Compost NFU 44 051
Arsenic (As)	13,00	18,00
Cadmium (Cd)	3,00	3,00
Chrome (Cr)	210,00	120,00
Cuivre (Cu)	400,00	300,00
Mercure (Hg)	0,80	2,00
Plomb (Pb)	150,00	180,00
Nickel (Ni)	62,00	60,00
Zinc (Zn)	700,00	600,00

Source:(CCME, 2005 et NFU 44 051; Tahraoui Douma, 2013)

## 2.5. Éléments nutritifs majeurs des composts ménagers apportés en agriculture

Le compostage permet d'utiliser les nutriments contenus dans les déchets pour intégrer le système dans le processus de recyclage, tels que : N, P, K, Ca, Mg et de contribuer à l'hygiène environnementale. En fait, les facteurs extrêmement importants pour l'utilisation réussie du compost comme amendement agricole sont la maturité et la stabilité (Said-Pullicino et *al.*, 2007), car il est difficile de l'évaluer en un seul test qui peut être évalué efficacement. De plus, il est nécessaire d'utiliser plusieurs indicateurs tels que le rapport C/N, le test de germination, la croissance des plantes (Said-Pullicino et *al.*, 2007).

### 2.5.1. Teneur en éléments fertilisants dans les composts

La teneur en éléments fertilisants majeurs retrouvés dans les composts ainsi que le rapport C/N est régit par des valeurs établies avec la Norme NFU44 051 (Tableau 4).

Tableau 4. Valeurs limites admises (Norme NFU 44 051)

Paramètres	Unité	Norme NFU 44 051 (Teneurs limites)	Unité	Directive Suisse De qualité
Matière Sèche (MS)	%	≥ 30	Kg/m <sup>3</sup>	-----
Matière Organique(MO)	% MB	≥ 20	Kg/m <sup>3</sup>	86-224
Azote total (N)	g/Kg	< 30	Kg/m <sup>3</sup>	2,6- 6,5
Azote soluble	g/kg	-----	Kg/m <sup>3</sup>	0,1-0,4
Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	g/Kg	< 30	Kg/m <sup>3</sup>	1,1-1,9
Potasse (K <sub>2</sub> O)	g/Kg	< 30	Kg/m <sup>3</sup>	2-6,2
Sodium (Na <sub>2</sub> O)	g/Kg	----	Kg/m <sup>3</sup>	----
Magnésie (MgO)	g/Kg	----	Kg/m <sup>3</sup>	1,4-3,9
Calcium (CaO)	g/Kg	----	Kg/m <sup>3</sup>	11-25
C/N	----	>8	-----	----

## 2.6. Rapport des éléments nutritifs d'un compost sur les caractéristiques physico-chimiques du sol

La composition des déchets ménagers urbains a un impact important sur les nutriments contenus dans le compost. Depuis le démarrage, ces déchets ont une forte teneur en humidité lors du processus de compostage, ce qui peut entraîner la production de lixiviat et d'odeurs, en particulier lors de la gestion et de l'élimination. De plus, les nutriments disponibles dans le compost proviennent de la transformation des composants des déchets.

L'utilisation du compost dans l'agriculture est l'un des principaux moyens de restaurer la fertilité des sols (structure et texture), qui est facilement absorbée par les plantes. En tant que modificateur, la matière organique joue non seulement un rôle dans l'amélioration des propriétés physiques du sol, mais aussi dans l'augmentation de la capacité tampon du sol. Ce compost chargé de chaux doit réagir avec l'acide carbonique de la solution du sol tout en étant neutralisant. Ainsi, le carbonate de calcium, insoluble dans l'eau, devient du bicarbonate soluble avec un pH égal à 8 (Koledzi, 2011). Cependant, des pistes pour diversifier les ressources organiques disponibles localement à moindre coût méritent d'être explorées plus avant. C'est le cas du compost fabriqué à partir de déchets ménagers biodégradables. La matière organique doit être récupérée des ordures ménagères sous forme de compost comme mode de gestion pour restaurer la fertilisation de ces sols (Mulaji & Crispin, 2011).

## **2.7. Importance de l'agriculture dans les villes**

L'agriculture urbaine et périurbaine est un moyen important pour améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des citoyens en apportant de trois types de bénéfices à savoir : économie, social et écologie. Notamment maraîchage, cette filière représente l'une des activités pouvant fournir des aliments frais aux différents restaurants au niveau de la ville et offre également plusieurs opportunités d'emploi pour d'autres secteurs de la ville (Dongmo et *al.*, 2005; Roy, 2009). De plus, ce modèle agricole offre des avantages sociaux, économiques et environnementaux importants par ses aspects multifonctionnels (Temple & Moustier, 2004). Quant aux jardins communautaires ou familiaux, il s'agit de jardins constitués de parcelles individuelles mises à la disposition des familles. Ils sont présents dans les villes des pays occidentaux depuis la révolution industrielle et en grand nombre jusqu'après la seconde guerre mondiale (Collectif, 2013).

Maintenant, des potagers collectifs fleurissent dans de nombreuses grandes villes du monde dans le but d'augmenter la disponibilité alimentaire et la biodiversité. De plus, ils permettent aussi la cohésion et le vivre ensemble au travail, à l'initiative de l'entreprise ou du salarié. Ainsi, la présence des potagers pédagogiques peut être organisée au sein ou autour d'une école en constituant une association qui permet d'introduire des formations sur l'apport nutritionnel de différents produits du potager. Les potagers peuvent être gérés individuellement, en groupe de plusieurs ou entièrement collectivement. Toutes ces possibilités peuvent coexister dans un même potager.

### III.PHASE EXPERIMENTALE

#### 3.1. Présentation de la zone d'étude

##### ❖ Caractéristiques géographiques de la ville de Jérémie

L'étude a été réalisée dans la ville de Jérémie, le chef-lieu du département de la Grand 'Anse. Ses coordonnées géographiques sont : 18°38'38" Latitude Nord et 74°06'52" Longitude Ouest. La superficie est de 427,22 kilomètres carrés et la densité de population est de 314 habitants/km<sup>2</sup>. La commune de Jérémie est bornée :

- Au Nord, par le Golfe de la Gonâve et la Mer des Antilles ;
- Au Sud, par les communes des Anglais et de Chardonnières ;
- A l'est, par la commune de Roseaux ;
- Et à l'ouest, par les communes de Moron et de Bonbon (figure 2) (IHSI, 2015)

Du point de vue géologique, la commune de Jérémie est dominée par deux types de sols : calcaire et basaltique. La commune de Jérémie est subdivisée en 9 sections communales : Basse Voldrogue, Haute Voldrogue, Haute Guinaudée, Basse Guinaudée, Ravine-à-Charles, Iles blanches, Marfranc, Fond-Rouge Dahère et Fond-Rouge Torbeck. Le relief de Jérémie est dominé par les mornes.

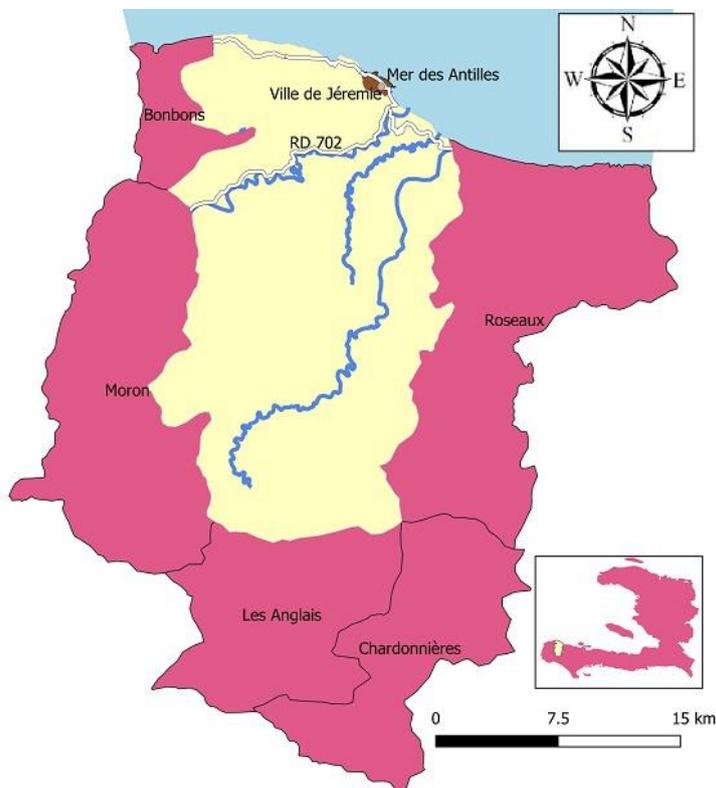


Figure 2. Carte de délimitation de la commune de Jérémie

## ❖ Climat

La commune de Jérémie a un climat tropical. La température moyenne annuelle est de 25,9°C. Le mois d'août est le plus chaud de l'année avec une température moyenne de 27,6 °C tandis que février avec 24,4°C est le mois où la température moyenne est plus basse durant l'année. Pour le mois d'octobre, l'humidité relative est de 83,62 %. C'est le plus humide et qui reçoit plus de jours de pluie en moyenne 15,40 jours tandis que février avec 78,04%, a la plus faible humidité relative et il reçoit en moyenne 7,53 jours. La pluviométrie annuelle est de 680 mm. Le mois le plus sec est juillet, avec 32 mm (figure 3).

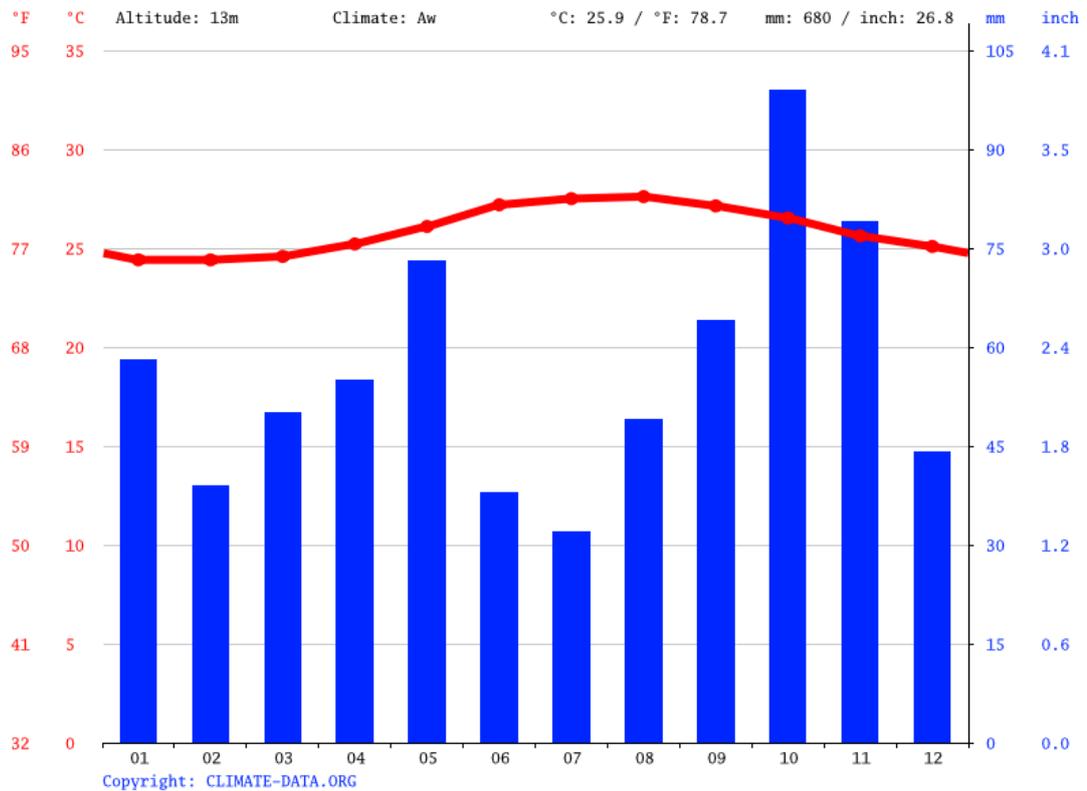


Figure 3. Température et pluviométrie de Jérémie

Source : <https://en.climate-data.org/north-america/haiti/departement-de-la-grande-anse/jeremie-764356/>

## ❖ Sélection des sites des groupes cibles

Cette étude a été réalisée sur trois sites de collecte différents afin de mieux appréhender la problématique liée à gestion des déchets dans la Ville de Jérémie. Des échantillons de trois groupes de ménages ont été sélectionnés sur l'ensemble des sites ayant les coordonnées géographiques respectives (figure 4) :

- Bordes (18°38'48.74''N; 74°07'25.75''W): Zone résidentielle où les ménages ont plus de moyens de subsistance ;
- Alain Clérié (18°38'46.97''N ; 74°07'00.36''W): Zone mixte où il y a un mélange des deux autres ;
- Mackandal (18°38'57.01''N; 74°06'51.05''W): Zone populaire où les moyens de subsistances sont limités.

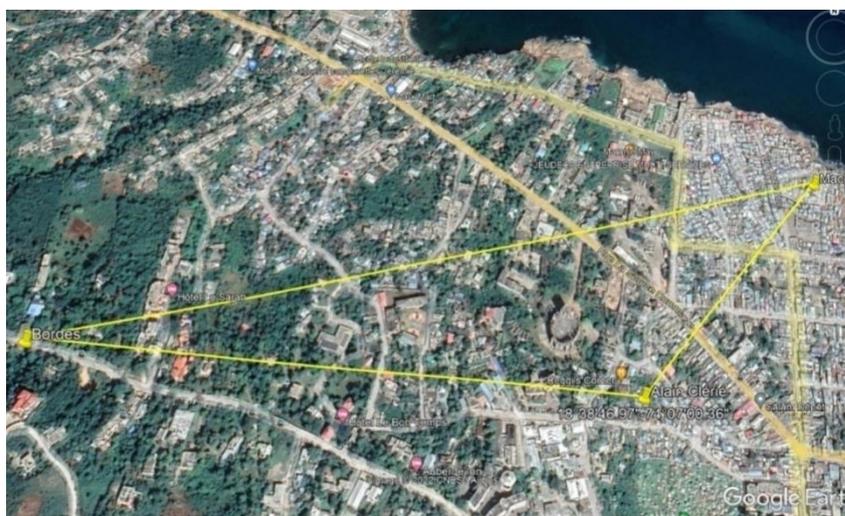


Figure 4. Localisation de la zone d'étude

## 3.2. Matériel et Méthodes

### 3.2.1. Démarche méthodologique et matériels utilisés

Dans cette étude, les démarches méthodologiques mises en œuvre ont été déroulées en 3 grandes étapes. Les étapes 1 à 2 concernaient les travaux réalisés sur le terrain. En premier lieu, une enquête a été réalisée auprès des échantillons de ménages sur les sites qui ont été sélectionnés et les responsables de la mairie. Par la suite, la collecte et le tri des déchets ont été réalisées afin de procéder à leur compostage qui a été la dernière étape de travaux de terrain. La troisième étape a concerné les analyses physico-chimiques au laboratoire des échantillons de compost qui ont été produits afin de réaliser des comparaisons pour chaque groupe de ménages cibles.

Pour atteindre les objectifs fixés, un ensemble de matériels a été utilisé depuis la préparation des formulaires d'enquêtes jusqu'au prélèvement des échantillons de compost pour faire les analyses physico-chimiques. Ils ont été répartis de façon suivante :

- **GPS (Global Positioning system)** pour la localisation des différentes zones sélectionnées en vue de prendre les échantillons dans la commune de Jérémie ;

- **Sacs de poubelles** mises à la disposition des ménages pendant une période de plus ou moins une semaine en vue de quantifier la production des déchets par ménage et par jour ;
- **Une carte topographique** pour faire la délimitation de la zone d'étude ;
- **Questionnaire d'enquête** afin de recueillir des données auprès des groupes de ménages cibles sur la réalité sur la gestion des déchets dans la commune de Jérémie ;
- **Une balance** de marque « Hanging Scale » et de portée 50 kg pour peser les déchets produits par ménage ainsi que la quantité de compost produit à partir des déchets récoltés ;
- **Un crayon, marqueur, adhésif, plume et cahier** pour enregistrer des informations dans la collecte des données ;
- **Les outils informatiques** pour la saisie des données ainsi que les analyses ;
- **Une fourche, une pelle** pour faire le retournement et le déplacement du compost ;
- **Une caméra numérique** pour les prises de vue de certaines activités.

### **3.2.2. Examen des comportements des ménages à la gestion des DSMs**

#### **3.2.2.1. Préparation des questionnaires**

Pour la réalisation des entretiens avec des ménages cibles, et des responsables de la mairie de Jérémie, deux types de questionnaires d'enquête ont été élaborés à cet effet. Le questionnaire pour les ménages a permis de collecter des informations sur le profil socio-économique des ménages, les pratiques de gestion des déchets, l'acquisition des sacs de poubelle ou pas, fréquence d'évacuation des déchets, leur contribution à la mise en place d'une structure de pré-collecte des déchets municipaux, leurs suggestions pour améliorer la gestion des déchets, etc. Tandis que pour celui de la mairie, les informations recherchées ont concerné principalement le pourcentage du budget communal utilisé dans la gestion des déchets, la quantité de déchets journalière générée au niveau de la ville par les ménages, les modes de gestion des déchets collectés par la mairie, la fréquence de collecte des déchets et les attentes envisagées pour permettre une amélioration dans la gestion des déchets.

#### **3.2.2.2. Choix des échantillons**

Dans le cadre de l'enquête qui a été réalisée, deux groupes de personnes ont été sélectionnés. L'un des groupes a été constitué des ménages et l'autre a regroupé des responsables au niveau de la mairie. La méthode aléatoire simple a été utilisée pour la sélection des échantillons de ménages. Un total de 45 ménages a été sélectionné. Ils ont été

répartis en trois (3) groupes de 15 ménages plus ou moins homogènes sur le plan socio-économique : Groupe 1 (les ménages du site d'Alain Clérié) ; Groupe 2 (les ménages du site de Bordes) et Groupe 3 (les ménages du site de Mackandal). Deux critères ont été pris en compte pour la détermination des groupes cibles. Ce sont: la zone de référence et l'intervalle de revenu par groupe.

### **3.2.2.3. Enquête auprès des ménages et des agents de la Mairie**

Avant l'enquête des ménages, des pré-tests ont été effectués dans chaque groupe, plus précisément auprès de deux familles par groupe. Ces pré-tests ont permis d'améliorer davantage le questionnaire en ajoutant d'autres questions plus directes et courtes afin de faciliter la réussite du travail. L'enquête auprès des ménages a débuté le 21 février 2022 et a terminé le 25 février 2022. Quinze (15) ménages dans chaque groupe ont été enquêtés. Au niveau de la mairie, 3 personnes ont été enquêtées en date du 28 mars 2022. Il s'agissait d'un Maire adjoint, d'un responsable de la voirie et un chauffeur. L'enquête réalisée auprès de la mairie avait pour but de permettre de mieux comprendre et corrélérer les modes de gestion de déchets décrites par les ménages enquêtés.

### **3.2.3. Détermination de la quantité moyenne de déchets journaliers produits par habitant**

#### **3.2.3.1. Collecte des déchets ménagers**

Des sacs numérotés par des marqueurs rouges, bleus et noirs ont été distribués aux ménages sélectionnés. La collecte des déchets solides ménagers a duré un mois. Elle a débuté le 01 mars 2022 et a pris fin le 31 mars 2022. Les différentes couleurs des marqueurs ont permis de différencier les types de déchets collectés et de mieux faire les tris des déchets biodégradables et ceux qui sont non-biodégradables. Les déchets biodégradables ont été collectés dans les sacs munis d'une écriture rouge. Les déchets non-biodégradables ont été collectés dans les sacs munis des écritures noires pour les plastiques, papiers, cartons et bleus pour les verres et les métaux. A cet effet, trois (3) sacs différents ont été distribués à chacun des ménages enquêtés tout en expliquant le principe du tri à la source afin que les déchets différents ne soient pas mélangés dans les sacs. La récupération des sacs a été réalisée deux fois par semaine plus précisément tous les mardis et samedis par un tricycle vers le lieu du centre de compostage.

La production journalière en moyenne des déchets ménagers par habitant a été calculée en faisant la somme des déchets ménagers collectés puis diviser les résultats obtenus par le nombre de jour de remplissage et la taille des ménages concernés.

### 3.2.4. Évaluation de la capacité de tri des déchets dans les ménages

Sur le site de traitement, les sacs ont été classés en fonction des différentes couleurs assignées afin de faciliter les observations. Tous les sacs ont été pesés avec une balance de marque « Hanging Scale » et ayant une portée de 50 kg (figure 5). Cela a permis de connaître la quantité de déchets produite par chaque ménage enquête pour chaque catégorie. Il a été observé que tous les ménages n'ont pas respecté les consignes de tri qui ont été donnés. Dans certains sacs, les déchets ont été mélangés. Certains ménages ont ajouté des cartons et des emballages métalliques dans les sacs destinés aux déchets plastiques. Les sacs destinés aux déchets biodégradables ont contenu d'autres constituants non-biodégradables.



Figure 5. Observation et pesage des sacs de déchets

Après la pesée des sacs contenant les déchets biodégradables, leur contenu a été versé sur une bâche en plastique pour faciliter le tri. Dans cette étape, tous les déchets non-biodégradables comme les plastiques, les morceaux de verre et des boîtes de conserve ont été enlevés manuellement avant de passer au compostage des déchets biodégradables (figure 6).



Figure 6. Tri des déchets non-biodégradables

### **3.2.5. Valorisation de la partie des déchets ménagers biodégradables collectés en compost**

#### **3.2.5.1. Processus de compostage en bac**

Le processus du compostage a débuté dans la première semaine du mois de mars 2022. Avant de mettre les déchets ménagers biodégradables en compostage, les grosses particules ont été découpées en de très petites particules environ 1cm à l'aide des machettes. Après cette opération, les particules ont été versées dans des bacs de volume d'un mètre cube (1 m<sup>3</sup>). Trois (3) bacs ont été utilisés à cet effet pour composter les déchets collectés au sein des trois catégories de ménages. La bagasse de canne-à-sucre a été ajoutée pour maintenir le rapport carbone et azote (C/N). A noter que l'ajout de la bagasse a été fait à un taux de 5% de la totalité des déchets collectés par groupe.

La température dans les bacs a été mesurée à l'aide d'un thermomètre de marque « TFA » muni d'une sonde avec une précision de +/-0,5<sup>0</sup>C. Le pré-compostage a démarré dans les trois bacs à la phase oxydative avec une température qui a varié entre 20 à 22<sup>0</sup>C. Cette température a augmenté au fur et à mesure pour atteindre 45-50<sup>0</sup>C dans les 15 premiers jours. La décomposition de la matière organique par les microorganismes a monté la haute température dans une fourchette de 67 à 72<sup>0</sup>C dès les 45 jours du processus. C'est bien la phase thermophile qui a commencé depuis à 45<sup>0</sup>C où il y avait une très forte hygiénisation des mélanges. Au début du processus, il y a eu dégagement de très fortes odeurs

désagréables. Toute suite, la température a diminué jusqu'à atteindre le niveau de 25 à 28°C. Ce phénomène a disparu à la fin du processus de compostage. Tout au long du processus de compostage, les déchets compostés ont été retournés régulièrement chaque trois (3) jours par une pelle et d'une fourche en vue d'assurer le renouvellement de l'air au niveau du processus. Le retournement a permis aussi de mélanger les différents composants afin de stimuler la décomposition des matières organiques. Les bacs ont été couverts par des bâches pour éviter tout excès d'eau au moment des pluies. Le processus du compostage des déchets ménagers collectés a été réalisé sur une période de trois (3) mois.

### **3.2.5.2. Détermination du rendement de la production des composts**

À la fin du processus de compostage, la quantité de compost de chaque groupe a été pesée afin de calculer le rendement. Le produit obtenu a été pesée puis faire le ratio entre la quantité de compost obtenu et la quantité des déchets compostés dans les bacs. Enfin, le résultat obtenu a été multiplié par 100 et exprimé en %.

### **3.2.6. Détermination et comparaison de la composition en éléments nutritifs (N, P, K, Ca, Mg) des composts obtenus à partir des groupes de ménages suivis**

Les composts obtenus ont été tamisés avec un tamis de maille de 10 mm. Un échantillon composite de 500g a été formé pour chaque groupe en prélevant des portions de compost à plusieurs endroits du tas de compost tamisé. A cet effet, trois échantillons ont été acheminés au laboratoire de « ASBL Centre de Michamps » travaillant de concert avec l'Université Catholique de Louvain (UCL) afin de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des composts obtenus. Les analyses ont été réalisées par les méthodologies suivantes :

- Majeurs totaux (K, Na, Ca, P et Mg) et oligo-éléments : minéralisation à l'acide nitrique après calcination à 450°C suivant une méthode dérivée de la norme ISO 6869
- Phosphore total : dosage par colorimétrie suivant la norme ISO 6491
- Azote total : méthode Kjeldahl
- Azote ammoniacal : extraction directe à l'eau + distillation
- Matières organiques : méthode par perte au feu
- Cendres totales : calcination à 450°C

### **3.3. Traitement et analyse des données**

Les données brutes recueillies à partir de l'enquête et de la phase d'expérimentation ont été organisées et traitées à partir d'une base de données conçue sur le logiciel Excel. Par la suite, elles ont été utilisées pour les calculs des moyennes et des écart-types et la réalisation des tableaux ainsi que les représentations graphiques.

## IV. RESULTATS

### 4.1. Comportement socio-économique des groupes de ménages face aux DSM

Les résultats de l'enquête ont révélé que les ménages ont été constitués de 60% de femmes et 40% d'hommes. Concernant les statuts d'occupation des maisons, 56% des ménages ont eu le statut de propriétaires, 13% étaient des héritiers et 31% étaient des locataires. 40% des chefs de ménages ont pratiqué le commerce, 16% ont travaillé dans des emplois privés ou publics et 44% ont travaillé dans d'autres secteurs d'activités. 100% des ménages enquêtés à Mackandal ont un revenu mensuel inférieur à 150 dollars américains (150 \$US). Tandis que dans la zone de Bordes, 100% des ménages enquêtés ont un revenu mensuel supérieur à 300 dollars américains (300 \$US). Pour la zone d'Alain Clérié, 100% ménages ont eu des revenus mensuels très variables (tableau 5).

Tableau 5. Caractéristiques socio-économiques des ménages enquêtés

Variables	Modalités	Fréquence	Pourcentage
Genre	Homme	18	40,0%
	Femme	27	60,0%
Taille du ménage	Homme/Femme	5	ND
Scolarisation	Homme/Femme	45	100,0%
Statut d'occupation des maisons	Propriétaire	25	56,0%
	Location	14	31,0%
	Héritage	6	13,0%
Principales activités	Commerce	18	40,0%
	Emploi privé/Public	7	16,0%
	Autres (couture, agriculture...)	20	4,0%
Revenus mensuels en dollars et zones cibles	Mackandal	X < 150	100,0 %
	Alain Clérié	Pas de limite	100,0 %
	Bordes	X > 300	100,0 %

#### 4.1.1. Pourcentage de l'utilisation de poubelle dans les ménages

Les résultats ont montré que 91% des ménages ont utilisé des poubelles au sein de leur maison pour évacuer les déchets. Par ailleurs, les 9% des ménages restants n'ont pas utilisé des poubelles (figure 5).

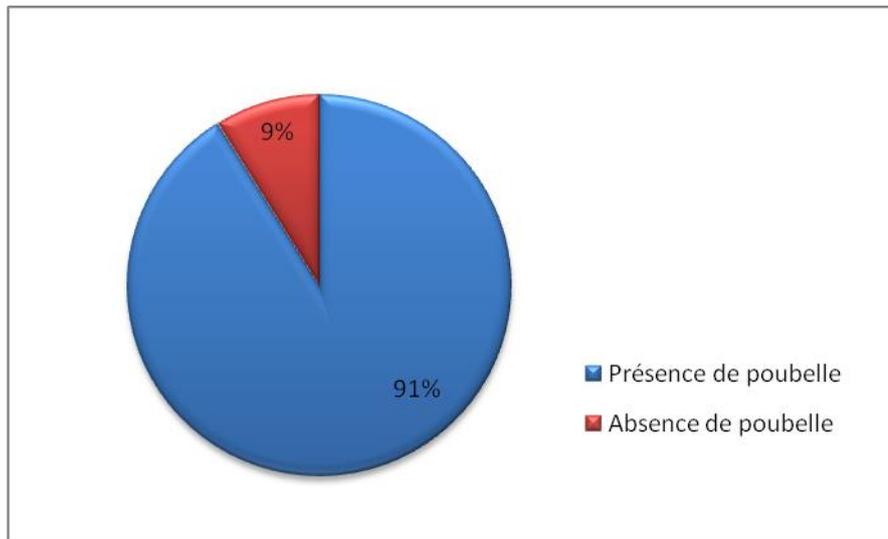


Figure 7. Pourcentage d'utilisation ou non des poubelles

#### 4.1.2. Modes d'évacuation des déchets solides ménagers (DSM)

Les résultats de l'enquête ont montré que l'autoévacuation des déchets solides ménagers a été plus fréquente pour les trois groupes cibles. En effet, 60% des ménages d'Alain Clérié ont pratiqué l'autoévacuation des déchets ; 26,67% ont utilisé les services des camions de la mairie pour évacuer leurs déchets et 13,33% ont utilisé d'autres moyens d'évacuation. Dans le groupe cible de Bordes, l'autoévacuation des déchets a été la pratique la plus courante avec un pourcentage de 66,67% des ménages tandis que 26,67% des ménages ont utilisé d'autres moyens d'évacuation et l'usage du service des camions de la mairie a été le moins fréquent avec un pourcentage de 6,66%. Dans le groupe cible de Mackandal, l'autoévacuation des déchets avec un pourcentage de 80 % de ménages a été la pratique la plus courante comme il a été révélé pour les deux autres groupes et l'usage du service des camions de la mairie a été pratiqué par 20% des ménages et les autres moyens d'évacuation n'ont pas été utilisés (figure 6).

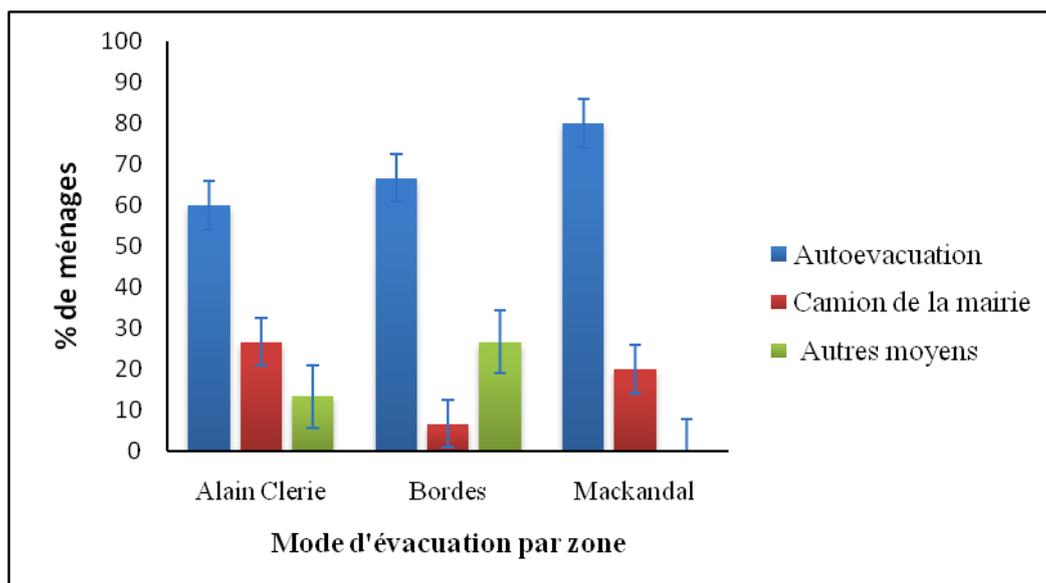


Figure 8. Modes d'évacuation des DSM par groupe

#### 4.2. Détermination de la production journalière des DSM dans les groupes cibles

Les résultats des collectes de déchets réalisées pour l'ensemble des 3 groupes cibles ont montré que les ménages ont produit en moyenne  $0,41 \pm 0,18$ kg de déchets/habitant/jour. La production maximale de déchets solides ménagers a été évaluée à  $0,46$  kg/habitant/jour tandis que la quantité minimale a été estimée à  $0,33$ kg/habitant/jour. Les résultats ont révélé que le groupe de ménages de Bordes ( $0,56 \pm 0,04$  kg/habitant/jr) a eu la production moyenne de déchets la plus élevée. Tandis que le groupe Mackandal ( $0,25 \pm 0,03$ kg/habitant/jr) a produit la plus faible quantité de déchets. La production de déchets en moyenne du groupe Alain Clérié ( $0,39 \pm 0,03$ kg/habitant/jr) a été plus faible que le groupe de Bordes et plus élevée que le groupe de Mackandal. La production minimale du groupe du groupe Alain Clérié a été estimée à  $0,35$  kg/habitant/jr et la production maximale a été estimée à  $0,44$  kg/habitant/jr. Tandis que la production minimale du groupe Bordes a été estimée à  $0,46$  kg/habitant/jr et la production maximale a été estimée à  $0,61$  kg/habitant/jr. En fin, la production minimale du groupe Alain Clérié a été estimée à  $0,19$  kg/habitant/jr et la production maximale a été estimée à  $0,33$  kg/habitant/jr (tableau 6).

Tableau 6. Production mensuelle de DSM de trois groupes de ménages de la ville de Jérémie

	Taille de l'échantillon (n)	Nbre d'habitant	Production de déchets en (kg/habitant/jr)		
			Moyenne± écart-type	Min	Max
<b>Groupe 1 (Alain Clérisé)</b>	15	76	0,39 ± 0,03	0,35	0,44
<b>Groupe 2 (Bordes)</b>	15	71	0,56±0,04	0,46	0,61
<b>Groupe 3 (Mackandal)</b>	15	78	0,25±0,03	0,19	0,33
<b>Total</b>	45	225	0.41± 0,03	0,33	0,46

#### 4.2.1. Composition des déchets des trois groupes de ménages

Les résultats de la composition des déchets obtenus au niveau des trois groupes de ménages ont montré que les pourcentages des déchets biodégradables ont été supérieurs à ceux des déchets non-biodégradables. Par ailleurs, le groupe Mackandal a donné le pourcentage de déchets biodégradables le plus élevé (71%) tandis que le groupe d'Alain Clérisé a donné (62%) et le groupe de Bordes a donné le pourcentage de déchets biodégradables le plus faible (55%). Cependant, le groupe de Bordes a donné le pourcentage de matière non-biodégradables le plus élevé (45%). Le groupe d'Alain Clérisé a donné (38%) et le groupe de Mackandal a donné le pourcentage de déchets non-biodégradables le plus faible (29%) (Tableau 7).

Tableau 7. Composition des DSM par groupe de ménages (n=15)

Groupes	Biodégradables	Non-biodégradables
Alain Clérisé	62,0%	38,0%
Bordes	55,0%	45,0%
Mackandal	71,0%	29,0%
<b>Moyenne</b>	63,0%	37,0%

#### 4.3. Évaluation de la capacité de tri dans les ménages

Les résultats des évaluations de la capacité de tri des ménages ont montré que le groupe Bordes a eu une très bonne capacité de tri (91%) comparativement au groupe d'Alain Clérisé

qui a eu un pourcentage de (73%) et le groupe de Mackandal a eu la capacité de tri à la source la moins intéressante (60%) par rapport aux deux autres (Tableau 8).

Tableau 8.Capacité de tri des ménages

Groupes	Pourcentages de DSM triés à la source
Alain Clérié	91%
Bordes	73%
Mackandal	60%

#### 4.4. Rendement des composts produits

La quantité de déchets compostés a varié de 450,65 kg pour le groupe de Ménages de Mackandal à 711,81 kg pour le groupe de ménages de Bordes. Par ailleurs, le groupe d'Alain Clérié a eu 598,16 kg de déchets compostés. La quantité de compost obtenu a varié de 279,40kg pour le groupe de Mackandal à 377,26kg pour le groupe de Bordes. La quantité de compost obtenu pour le groupe d'Alain Clérié a été de 346,93kg. Pour ce qui concerne le rendement, il a été estimé en pourcentage. En effet, Le rendement de compost le plus élevé a été obtenu pour le groupe Mackandal avec un pourcentage de 62% tandis que le rendement le plus faible a été obtenu avec le groupe Bordes pour un pourcentage de 53%. Pour le groupe d'Alain Clérié, le rendement a été estimé à 58 % (Tableau 9).

Tableau 9. Rendement des composts obtenus par groupe de ménages

Groupes	Quantité de déchets Compostés / kg	Quantité de compost obtenu /kg	Rendement %
Alain Clérié	598,16	346,93	58,00
Bordes	711,81	377,26	53,00
Mackandal	450,65	279,40	62,00

#### 4.5. Analyses des paramètres physico-chimiques des composts obtenus

Les résultats des analyses physico-chimiques des trois composts obtenus ont montré que la matière sèche a varié respectivement de 39,17% pour le groupe de Bordes à 45,54 % pour le groupe d'Alain Clérié et de 41,48 % pour le groupe de Mackandal. Le pourcentage de matière organique a varié dans le même sens que le taux de matière. En effet, il a varié de 21,33 % pour le groupe de Bordes à 24,98 % pour le groupe d'Alain Clérié. Pour le groupe de Mackandal, il a été évalué à 21,96 %. Le compost du groupe Alain Clérié a contenu la plus grande quantité d'azote total (12,82 kg/t)par rapport aux deux autres groupes Bordes et

Mackandal avec des valeurs respectivement (10,17 kg/t) et (11,41 kg/t). En revanche, le rapport C/N du groupe Bordes de 11,65 est supérieur aux deux autres groupes avec des valeurs respectivement de 10,82 pour Alain Clérié et 10,69 pour Mackandal. Le Compost du groupe Alain Clérié avec 22,87 kg/t de K<sub>2</sub>O a été révélé plus riche en potasse que les groupes de Mackandal et Bordes avec les valeurs respectives : 21,09 kg/t K<sub>2</sub>O et 18,77 kg/t K<sub>2</sub>O. La teneur en Phosphore a varié dans le même sens que la potasse. En effet, le groupe Alain Clérié avec 5,68 kg/t de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a été révélé plus riche en phosphore que les groupes de Mackandal et Bordes avec les valeurs respectives : 5,42 kg/t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 4,88 kg/t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tableau 10).

**Tableau 10. Paramètres physico-chimiques des composts des trois composts obtenus**

Éléments	Unité	Compost Alain Clérié	Compost Bordes	Compost Mackandal
Matière sèche	%	45,54	39,17	41,48
Matière Organique	%	24,98	21,33	21,96
Cendres totales	%	19,18	17,86	18,31
Cendres insolubles	%	5,86	7,30	6,13
Azote total (N)	kg/t	12,82	10,17	11,41
Azote N-NH <sub>4</sub>	kg/t	0,10	0,04	0,03
Potasse (K <sub>2</sub> O)	kg/t	22,87	18,77	21,09
Phosphore (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg/t	5,68	4,88	5,42
Sodium (Na <sub>2</sub> O)	kg/t	3,47	2,42	3,01
Magnésie (MgO)	kg/t	4,46	4,57	4,59
Calcium (CaO)	kg/t	39,62	29,72	33,89
C/N	----	10,82	11,65	10,69

**Source : ASBL Centre de Michamps**

## V.DISCUSSIONS

Les ménages, par leur choix de consommation, jouent un rôle incontournable dans l'évolution de la quantité de déchets ménagers générés dans l'environnement. D'après (Vicard, 2014) le déchet étant un sous-produit de la consommation que le consommateur cherche à se débarrasser. D'une façon ou d'une autre, certains ménages utilisent leurs propres moyens de collecte de déchets (poubelles). En effet, dans cette étude, les résultats de l'enquête réalisée auprès des ménages et des responsables de la mairie de Jérémie ont montré que 91% des ménages ont possédé des poubelles chez eux mais sans faire le triage de leurs déchets. Par ailleurs, 9 % de ménages n'ont pas utilisé de poubelles pour collecter les déchets produits. Généralement, quand les poubelles ne sont pas utilisées dans les ménages les déchets sont jetés à même le sol, dans les ravins ou dans les égouts.

Dans la ville de Jérémie, l'état intervient faiblement dans le processus de collecte et de gestion des déchets solides ménagers (DSM). Cette situation peut être expliquée par les résultats de l'enquête réalisée pour les trois groupes de ménages. En effet, l'auto-évaluation des DSMs a été la pratique la plus importante chez les ménages. Elle a été évaluée à 60 % pour le groupe Alain Clérié, 66,67% pour le groupe Bordes et 80%. Le service de collecte de la Mairie a été évalué à 26,67 % pour le groupe d'Alain Clérié, 20 % pour le groupe de Mackandal et 6,67% pour le groupe de Bordes. Par ailleurs, il faut signaler que la participation des services de la Mairie pour les groupes d'Alain Clérié et de Mackandal a été supérieure ou égale au résultat obtenu dans le département du Nord d'Haïti qui a été évalué à 20% (Philippe, 2010). La situation qui a été observée à Jérémie concernant la participation des services de l'état dans la collecte de déchets est valable pour d'autres régions en Haïti. La faible participation des services de l'état dans les collectes de déchets dans la ville de Jérémie peut être expliquée par le manque de matériels adéquats et de ressources financières disponible au niveau de la Mairie. Par exemple, la mairie dispose uniquement deux camions usagers pour desservir toute la ville. Malgré cela, les résultats ont révélé que les ménages enquêtés ont fait preuve d'une bonne capacité de tri. Les pourcentages de leur capacité de tri ont varié respectivement de 91% pour le groupe de Bordes, 73 % pour le groupe d'Alain Clérié et 60% pour celui de Mackandal. Toutefois, ces pourcentages sont inférieurs par rapport à un sondage qui a été réalisé dans la commune de Port-au-Prince où la capacité de tri a été évaluée à 97% (Pierre-Georges, 2020). Cette différence pourrait s'expliquer par la variation du niveau d'éducation, de sensibilisation, du mode de logement et d'habitude des échantillons de ménages dans la gestion des déchets pour chaque ville.

Pour ce qui concerne la production des déchets solides ménagers, les résultats ont montré que le groupe Bordes (0,56Kg/habitant/jour) a produit la quantité de DSMs la plus élevée comparativement aux groupes : Alain Clérié (0,39Kg/habitant/jour) et Mackandal (0,25Kg/habitant/jour). Ces valeurs obtenues ont été inférieures avec celles de la ville du Cap-Haitien et la ville des Cayes qui ont été chacune à 0,60Kg/habitant/jour (PNUD, 2022). Toutefois, ces différences s'expliquent par le fait que les villes du Cap-Haitien et celles des Cayes ont un flux d'activités économiques plus élevé par rapport à Jérémie. De ce fait, ces deux villes ont une plus grande capacité de générer les déchets que la ville de Jérémie.

Concernant la valorisation des déchets biodégradables en compost, les résultats ont donné des rendements de compost très intéressants. Les valeurs en pourcentage des rendements des différents groupes (Alain Clérié, Bordes et Mackandal) ont été respectivement 58%, 53% et 62% avec des quantités de composts obtenus respectivement : 346,93kg ; 377,26kg et 279,40kg. D'après Tahraoui Douma (2013), ces valeurs ont respecté la fourchette de la perte de masse en carbone admise dans le cadre du compostage des déchets solides ménagers (25 et 35%) avec une perte en eau. Ces rendements obtenus sont supérieurs à celui obtenu par Sereme et *al.* (2018) (50%) et le CEFREPADE (2005) qui a obtenu (33%). La raison de cette différence avec les résultats des auteurs susmentionnés pourrait s'expliquer par la méthodologie appliquée pour fabriquer des composts. En effet, les déchets ont été réduits en de très petites dimensions avant d'être compostés alors que Sereme et *al.* (2018) et CEFREPADE (2005) ont laissé leurs déchets compostés sans réduire leur taille. La quantité d'eau que les déchets ont été perdus au cours du compostage pourrait aussi donner cette différence.

Les analyses physico-chimiques des trois échantillons de composts ont montré que les principaux éléments fertilisants tels que les teneurs en azote total ont varié de 10,17kg/t pour le groupe Bordes à 12,82 kg/t pour le groupe Alain Clérié. La teneur en phosphore a varié de 4,88 kg/t pour le groupe Bordes à 5,68 kg/t pour le groupe Alain Clérié. Pour la potasse, elle a varié de 18,77 kg/t pour le groupe de Bordes à 22,87 kg/t pour le groupe Alain Clérié. Ces teneurs en NPK obtenus pour les trois composts fabriqués sont acceptables par rapport à la norme NFU 44-051. De plus, les résultats de l'azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub>) dans les composts analysés contiennent des valeurs entre 0,03 à 0,10%. En termes de qualité agronomique du compost, la maturité et la stabilité sont deux paramètres pertinents qui définissent la qualité du compost.

Concernant la maturité des composts, elle est souvent évaluée par le rapport C/N considéré comme un indicateur de maturité pour le compost. Les résultats du rapport C/N des trois échantillons de composts analysés (Alain Clérié, Bordes et Mackandal) ont donné des valeurs respectives : 10,82 ; 11,65 ; et 10,69. D'après Iglesias-Jimenez & Alvarez (1993), ces valeurs trouvées au cours de cette étude, ont indiqué que les composts étaient mûrs parce qu'elles sont inférieures à 12.

## VI. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de cette étude ont montré que les ménages de la ville de Jérémie ont produit plus de déchets biodégradables que de déchets non-biodégradables. Quand les déchets solides ménagers sont collectés et bien triés à la source ; ils peuvent être utilisés à des fins de compostage en utilisant la fraction biodégradable. Les rendements en pourcentage à l'issu des trois groupes de compostage réalisés ont été révélés plus intéressants par rapport à ceux obtenus par d'autres études réalisées dans d'autres endroits. Cette étude a permis de mettre en évidence le potentiel de production de déchets des ménages dans la ville de Jérémie. Il faut signaler que la valorisation des DSMs par compostage pourrait être une alternative intéressante aux mauvaises pratiques de gestion des déchets à Jérémie. Malheureusement, les déchets biodégradables des ménages sont laissés au niveau de la ville dans des points fixes au lieu d'être récupérés et utilisés pour augmenter la production agricole.

Dans le contexte actuel où beaucoup de gens s'intéressent à l'agriculture biologique et font la promotion pour l'application des amendements organiques comme source de fertilisants pour une agriculture durable, les résultats de l'étude deviennent plus intéressants.

Au regard des analyses physico-chimiques des différents composts obtenus, le groupe Alain Clérié a donné le compost qui a la plus grande teneur en (NPK). Par ailleurs, le groupe Bordes a donné le compost qui a la plus faible teneur en (NPK). Ces différences obtenues dans la teneur en éléments fertilisants des composts fabriqués pourraient être liées à la quantité de matière organique utilisée. Cependant, en dépit de ces écarts obtenus entre ces trois composts, ils peuvent être utilisés à des fins agricoles parce que les résultats des analyses ont montré que leur teneur en éléments respecte la norme NFU44051 qui établit les valeurs seuils en éléments pour qu'un compost soit utilisé. De plus, les rapports C/N ont montré que tous les composts ont atteint leur maturité. Pour finir, la qualité agronomique des composts obtenus pour les trois groupes varie indépendamment du revenu des ménages.

Dans l'optique d'assurer la gestion durable des déchets dans la ville, les recommandations suivantes ont été formulées et doivent être prise en compte pour approfondir les travaux futurs :

- Faire une évaluation économique pour comparer le prix des produits de synthèses et le coût de production de compost portant notamment sur la main-d'œuvre, du transport et des équipements ;

- Faire une étude de marché pour identifier les besoins des potentiels clients du compost des DSMs ;
- Tester d'autres paramètres de qualité du compost des DSMs ;
- Aider les ménages en leur fournissant les équipements nécessaires pour une meilleure gestion des déchets ;
- Intégrer beaucoup plus de ménages dans les échantillons de collecte des déchets solides ménagers à la source avant de procéder à leur compostage ;
- Promouvoir le compostage des parties des déchets biodégradables afin de réduire les nuisances causées par les déchets ;
- Mettre en place un programme de sensibilisation relatif à l'importance du compost pour une amélioration durable de la productivité des terres et la nécessité de transformer les contaminations en richesse pour le sol.

## VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ADEME. 2015.** Le compostage : Ce qu'il faut retenir (Vol. 2015).

**Afon, A. O., & Okewole, A. 2007.** Estimating the quantity of solid waste generation in Oyo, Nigeria. *Waste Management and Research* 25 (4): 371–379.

**Agdag, N. O. 2008.** Comparison of old and new municipal solid waste management systems in Denizli, Turkey. *Waste Management*, 2008, (in press).

**Ahmed, A. S., & Ali, M. 2006.** People as partners: Facilitating people's participation in public–private partnerships for solid waste management. *Habitat International*.

**Aina, M. P. 2006.** Expertises des Centres d'enfouissement techniques de déchets urbains dans les PED : contributions à l'élaboration d'un guide méthodologique et à sa validation expérimentale sur sites (Thèse de D). <https://doi.org/u>

**Albuquerque, J. A., & J. Gonzalvez, et al. 2009.** Evaluation of “alperujo” composting based on organic matter degradation humidification and compost quality. *Biodegr.* 20; 257-270.

**Anonyme. 2021.** Modes de gestion des déchets de Jérémie.

**Antil, R. S., Raj, Dev, N., & P.R. and Singh. 2013.** Evaluation of Maturity and Stability Parameters of Composts Prepared from Organic Wastes and Their Response to Wheat. *Waste Biomass Valor.*

**Avnimelec, Y., Bruner, M., Ezrony, L., Bruner, M., Sela, R., & Kochba, M. 1996.** Stability indexes for municipal solid waste compost. *Compost Science and Utilization*.

**Banque mondiale. 2018a.** Rapport de la banque mondiale sur la production des déchets. <https://www.banquemondiale.org/fr/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>,

**Banque mondiale. 2018b.** Taux d'emploi du secteur agricole dans la population active. <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SL.AGR.EMPL.ZS?locations=HT>

- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. 2009.** Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*.
- Blalogoe, C. P. 2009.** Problématique de la valorisation agricole des déchets solides ménagers de la ville de Cotonou. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), Faculté des Sciences et Techniques Chaire UNESCO Sciences, Technologie et Environnement.
- Blum, B. 1992.** Composting and the roots of sustainable agriculture. *Agriculture history* 66(2):171-188.
- BRH. 2016.** Rapport de la Banque République Haïtienne sur le secteur agricole, Haïti. [https://www.brh.ht/wp-content/uploads/rapport\\_2016.pdf](https://www.brh.ht/wp-content/uploads/rapport_2016.pdf)
- Bromet, H., & Somaroo, G. 2015.** Les techniques de compostage de déchets d'origine naturelle en Afrique et dans les Caraïbes. Plateforme Ressources. Burkina Faso, 12p.
- CEFREPADE. 2012.** Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement : Modalités de mise en place et de suivi d'installations décentralisées pérennes. Version d'août. 57p.
- CEFREPADE. 2015.** Rapport de la mission d'évaluation sur la gestion des déchets des acteurs de l'aide en Haïti, 44 p.
- Charnay, F. 2005.** Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement. Elaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost, Thèse de Doctorat, Université de Limoges.
- Collectif. 2013.** Agriculture urbaine : Aménager et nourrir la ville. Les éditions en environnement Vertigo, Montréal, 396 p. <https://doi.org/10.4000/metropoles.5019>
- Debril, J. 2005.** Gestion des déchets de Jussieu par le compostage.
- Dongmo, T., Gockowski, J., Hernandez, S., Awono, L. M. K., & Moudon, R. M. 2005.** L'agriculture périurbaine à Yaoundé : Ses rapports avec la réduction de la pauvreté, le développement économique, la conservation de la biodiversité et de l'environnement. *Tropicultura*, 23(3), 130– 135.

- Eiland, F., Klamer, M., Lind, A. M., Leth, M., & Bââth, E. 2001.** Influence of initial C/N ratio on chemical and microbial composition during long term composting of straw. *Microbial Ecology* 41,272- 280.
- FAO. 2005.** Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Documents de Travail Sur Les Terres et Les Eaux-FAO, 1-48.  
<http://www.fao.org/docrep/008/y5104f/y5104f05.htm>
- Faverial, J. 2016.** Compostage et vermicompostage des effluents d'élevage : Une alternative durable pour le recyclage des déchets d'origine animale. Université des Antilles.
- Filemon, A. 2008.** Solid waste management principles and practices.
- Francou, C. 2003.** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage- Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon, 288p.
- Graves, R. E., & Hattemer, G. 2000.** Chapter 2 Composting. In USDA (Ed.), *National Engineering Handbook* (p. 88).
- Hafid, N., El Hadek, M., Lguirati, A., & Bouamrane, A. 2002.** Évaluation d'une filière simplifiée de compostage des ordures ménagères. *Environnement, Ingénierie & Développement, Episciences*, pp.13-17.
- Hylkema, A. 2011.** Haïti Soil fertility analysis and crop interpretations for principal crops in the five winner watershed zones of intervention. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences.
- Iglesias-Jmenez, E., Perez Gracia, V., Espino, M., & Hernadez, J. M. 1995.** City refuse as a phosphorus source to overcome the P-fixation capacity of sesquioxide-rich soils. *Plant & Soils*, 148 : 115-127.
- IHSI. 2015.** Population totale, population de 18 ans et plus ménages et densités estimés en 2015.
- IHSI. 2020.** Taux de croissance démographique de la commune de Jérémie.  
<https://ihsi.ayiti.digital/>

- Imam, A., Mohammed, B., Wilson, D. C., & Cheeseman, C. R. 2008.** Solid waste management in Abuja, Nigeria. *Waste Management*, 468-472.
- Inckel, M., De Smet, P., Tersmette, T., & Veldkamp, T. 2005.** La fabrication et l'utilisation du compost. Série Agrodok No. 8. © Fondation Agromisa, Wageningen. ISBN Agromisa: 90- 8573-007-4. 71 p.
- Julien, H. R. 2007.** Typologie et analyse de la gestion des déchets municipaux (ordures ménagères et déchets de marché) de la ville des Cayes à Haïti. Mémoire Online. <https://www.memoireonline.com/11/13/7998/Typologie-et-analyse-de-la-gestion-des-dechets-municipaux-ordures-menageres-et-dechets-de-march.html>
- Koledzi, K. E. 2011.** Valorisation des déchets solides urbains dans les quartiers de Lomé (Togo) : Approche méthodologique pour une production, durable de compost. Thèse de doctorat, Université de Limoges, 185 p.
- Lasaridi, K., Protopapa, I., Kotsou, M., Pilidis, G., Manios, T., & Kyriacou, A. 2006.** Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. *Journal of Environmental Management*. 80, 58-65.
- Le Moniteur. 2017.** Loi portant création, organisation, fonctionnement du Service National de Gestion des Résidus Solides (SNGRS), Etat Haïtien. <https://www.ilo.org/dyn/natlex/docs/SERIAL/105289/128744/F35783731/HTI-105289.pdf>
- Leton and Stentiford. 1990.** A new control strategy for composting process based on the oxygen uptake rate.
- Liegui, G. S. 2019.** Vermicompostage : Une alternative durable de valorisation des déchets organiques ménagers en maraîchage périurbain à Yaoundé (Cameroun).
- Mindele Ukondalemba, L. 2016.** Caractérisation et tests de traitement des déchets ménagers et boues de vidange par voie anaérobie et compostage pour la ville de Kinshasa. Université de Liège, Belgique. 313p.
- Mitchell, A. 1996.** Production of *Eisinia fetida* and vermicompost from feed-lot cattle manure. *Soil Biol. Biochem.* 29, 763-766.

- Mpinda, M. T., Zakari, S., K. Abass, O., M. Nsokimieno, E. M., David Sebagenzi, G., Basheke, L. L., Kesonga, M., Henri de Paul I., N., & Rodrigue Khonde and Patrick Kasangij wa Kasangij. 2016.** Characterization of Household Wastes in D.R. Congo, a Case Study of Lubumbashi.
- MTPTC. 2021.** Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES), Projet de développement municipal et de résilience urbaine (MDUR).
- Mulaji, K., & Crispin, M. K. 2011.** Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la Province de Kinshasa (Rép. Dém. Du Congo). Gembloux Agro-Bio Tech.
- Mustin, M. 1987.** Le composte, gestion de la matière organique. Editeur: Paris: François Dubusc. ISBN : 2-864-72008-6. 954 p.
- Ngahane, E. L., Ukondalemba Mindele, L., Nsavyimana, G., Bigumandondera, P., Vasel, J.-L., & NgnikamE. 2015.** Analyse comparative des résultats de caractérisation d'ordures ménagères : Cas des communes de Bembéréké(Bénin), Kinama (Burundi), Gombe et Kimbanseke (RDC). Déchets, Sciences et Techniques, (69), 13–22. [https://doi.org/10.4267/dechets-sciences\\_techniques.3180](https://doi.org/10.4267/dechets-sciences_techniques.3180)
- Ngnikam, E. 2000.** Evaluation environnementale et économique de systèmes de gestion des déchets solides municipaux : Analyse du cas de Yaoundé au Cameroun. LAEPSI, Lyon, INSA LYON, 314 p.
- Ngnikam, E., Naquin, P., Oumbe, R., & Djietcheu, K. B. 2017.** Evolution des caractéristiques des déchets solides ménagers dans la ville de Yaoundé au Cameroun (1995-2015). Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement Du Bassin Du Congo, 8, 45–56. <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.3654>
- Nzuzi, F. L. 2008.** Kinshasa : Ville et environnement. Kinshasa : Le Harmattan. 282 p.
- Parizeau, K., Maclaren, V., & Chanthy, L. 2006.** Waste characterization as an element of waste management planning: Lessons learned from a study in Siem Reap, Cambodia. Resources Conservation & Recycling, 110-128.
- Philippe, F. 2010.** Aide à la décision dans la gestion durable des déchets solides ménagers (DSM) de la ville du Cap-Haitien (République d'Haïti). Gembloux, Belgique.

- Philippe, F., & Culot, M. 2009.** Household solid waste generation and characteristics in Cape Haitian city, Republic of Haiti. Elsevier, 6 p.
- Pierre-Georges, V. 2020.** Les émissions de biogaz issues des décharges à ciel ouvert, et la réduction des impacts par un schéma de valorisation et de traitement des déchets solides: Cas particuliers Port-au-Prince, Haïti.
- PNUD. 2022.** Gestion des déchets solides en Haïti du Laboratoire d'accélération d'innovations. [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-06/undp-ht-La%20gestion%20des%20dechets%20solides%20en%20Haiti\\_une%20analyse%20exploratoire.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-06/undp-ht-La%20gestion%20des%20dechets%20solides%20en%20Haiti_une%20analyse%20exploratoire.pdf)
- Roy, A. 2009.** L'agriculture urbaine dans les pays en développement : Levier à privilégier pour l'atteinte des objectifs du millénaire pour le développement? (Maitrise). Troyes: Sherbrooke, Université.
- Said-Pullicino, D., Kaiser, K., Guggenberger, G., & Gigliotti, G. 2007.** Changes in the chemical composition of water-extractable organic matter during composting, distribution between stable and labile organic matter pools. *Chemosphere* 66 (21): 66-76.
- Shanthi, K. 2018.** Evaluation of maturity parameters of vermicomposts prepared from different biodegradable wastes. *Int. J. of Life Sciences*.
- Sierra, J., Desfontaines, L., Faverial, J., Loranger-Merciris, G., & Boval, M. 2013.** Composting and vermicomposting of cattle manure and green wastes under tropical conditions: Carbon and nutrient balances and product quality. *Soil Res.* 51, 142-151.
- Smucker, GR., Fleurantin, G., McGahuey, M., & Swartley, B. 2005.** Agriculture in a Fragile Environment: Market Incentives for Natural Resource Management in Haiti. Report No 521-000-05-00055-0. Port-au-Prince : USAID.
- Sotamenou, J. 2012** La gestion des déchets solides à Yaoundé : La pertinence du compostage\_Éditions Universitaires Européennes.  
[https://www.researchgate.net/publication/275409862\\_La\\_gestion\\_des\\_dechets\\_solides\\_a\\_Yaounde\\_la\\_pertinence\\_du\\_compostage\\_Editions\\_Universitaires\\_Europeennes](https://www.researchgate.net/publication/275409862_La_gestion_des_dechets_solides_a_Yaounde_la_pertinence_du_compostage_Editions_Universitaires_Europeennes)

- Stephanie, L. M. 2009.** Gestion des déchets ménagers : Du consommateur à l'"acteur-citoyen" entre contrainte et persuasion [Aix-Marseille 2].  
<http://www.theses.fr/2009AIX24003>
- Sujauddin, M., Huda, S. M. S., & Hoque, A. T. M. R. 2008.** Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh. *Waste Management* 28 :1688-1695.
- Tahraoui Douma, N. 2013.** Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie. Thèse de doctorat, Université De Limoges, Algérie, 244 p.
- Tchakpa, C. 2011.** Caractérisation et valorisation par compostage aérobie des déchets solides ménagers du quartier Fidjrossè à Cotonou. Mémoire pour l'obtention de Master, Université d'Abomey Calavi, Cotonou (Bénin), 57 p.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil S.A. 1993.** Characteristics of humus produced from the anaerobic composting of the biodegradable organic fraction of municipal solid waste.
- Temple, L., & Moustier, P. 2004.** Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar). *Cahiers d'Agriculture*, 13, 15–22.
- Tinghino, V. 2010.** Mise au point d'un banc d'imprégnation et compostage de matières organiques. Rapport de stage Mise au point d'un banc d'imprégnation et compostage de matières organiques, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, France, 57 p.
- Useni, S., Baboy, L. L., Nyembo, K. L., & Mpundu, M. 2012.** Effet des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de Zeamays L. cultivées dans la région de Lubumbashi. *J. Appl. Biosci.*, 54, 3935-3943.
- Van der Wurff, A. W. G., Fuchs, J. G., Raviv, M., & Termoshuizen, A. J. 2016.** Handbook for Composting and Compost Use in Organic Horticulture (BioGreenho; M. R. and A. J. T. André W.G. van der Wurff, Jacques G. Fuchs, Ed.).
- Vicard, F. 2014.** L'implication des ménages dans un service public local d'environnement : Le cas de la gestion des déchets ménagers par les collectivités territoriales françaises  
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01080136/document>

**Yenamau Nkituahanga, A. 2010.** Problématique de la gestion des ordures ménagères dans la ville de Kinshasa : « cas de la commune de Masina ». Mémoire de fin d'études, Université de Kinshasa, RDC. 42.

**Znaïdi, I. E. A. 2002.** Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes.

**Zucconi, F. 1981.** Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22(2), 54–57

## ANNEXES

### Annexe 1 : Questionnaires des enquêtes

Questionnaire pour l'enquête auprès des ménages

Date : ...../...../..... Numéro: .....

Commune/Rue/Quartier : ..... Nom de l'enquêté:.....

#### A. Données socio-économiques du ménage

1. Sexe du chef de ménage a) Homme b) Femme

2. Age : .....

3. Taille du ménage enquêté.....

4. Quel est le niveau d'étude du chef de ménage ?

a) Non scolarisé b) Primaire c) Secondaire d) Universitaire

5. Quel est le statut d'occupation du chef de ménage de cette maison ?

a) Propriétaire b) Locataire c) Héritier d) Autres

6. Quelle est l'activité principale du chef de ménage ?

a) Commerce b) Employé privé ou publique c) Autres

7. Le chef de ménage a-t-il d'autres activités économiques ?

a) Oui b) Non

7.1. Si oui, laquelle ou lesquelles ?.....

8. Est-ce qu'il y a l'habitude de recevoir des transferts à l'Etranger ?

a) Oui b) Non

8.1. Si oui, combien de fois au cours d'un mois ?.....

9. Actuellement, quel est le revenu mensuel du chef de ménage ? .....

#### B. Données sur la gestion des déchets solides

1. Est-ce que vous utilisez une poubelle pour stocker les déchets ? a) Oui b) Non

1.1. Si oui, quel est le type ? a) Sachet b) Sac c) Vieux récipient plastique d) Autres

2. Où jetez-vous vos déchets après l'accumulation ?

- a) Bac métallique   b) Directement sur le sol dans les rues   c) Autres

3. Qui s'occupe de la gestion des déchets au sein de la maison ?

- a) enfants   b) la femme   c) le mari   d) Une personne rémunérée

4. Quelles sont les méthodes d'élimination de vos déchets ?

- a) Camion de la Mairie   b) Auto-évacuation   c) Autres

4.1. Si c'est le camion de la mairie, combien de fois par semaine :.....

5. Connaissez-vous le site des déchets solides de la ville de Jérémie ?

- a) Oui   b) Non

5.1. Si oui, laquelle ?

- a) Décharges améliorées   b) Décharges sauvages   c) Brulure en plein air   d) Autres

6. Est-ce que vous avez des frais à payer pour la collecte de vos déchets ?

- a) Oui   b) Non (passer à 6.2)

6.1. Si oui, combien de gourdes/ USD ? .....

6.1.1. Quel est votre analyse sur ce montant ? a) élevé   b) Raisonnable   c) faible

6.2. Si non, est-ce que vous êtes prêt à payer un service particulier ?.....

7. Existe-t-il une forme d'influence de gestion des déchets solides dans la ville ?

- a) Oui   b) Non

7.1. Si oui, laquelle et comment ? .....

8. Est-ce que la mauvaise gestion des déchets pourrait avoir des problèmes sanitaires sur votre famille ? a) Oui   b) Non

8.1. Si oui, aimeriez-vous d'apporter une amélioration dans vos déchets domestiques ?

- a) Pré-collecte   b) Apport dans des points fixes   c) Recyclage   d) Autres

8.2. Est-ce que vous êtes favorable à participer dans la mise en place d'une structure de pré-collecte ? a) Oui   b) Non

8.2.1. Si oui, quelle est la nature de cette participation ?

- a) Financière   b) Main d'œuvre   c) Matériel   d) Autres

9. Est-ce que vous avez l'habitude de faire de tri des déchets avant de les mettre en poubelles ? a) Oui   b) Non



a) Oui

b) Non

7.1 Si oui, lequel (lesquels) ?.....

8. Quel dispositif légal qui donne à la mairie une marge dans la gestion efficace des déchets solides au niveau de la ville ? .....

9. Est-ce qu'on a l'habitude de prendre des arrêtés municipaux pour la gestion des déchets solides?            a) Oui                            b) Non

10. Parlez –vous un peu des principales contraintes de la mairie dans la gestion des déchets solides au niveau de la ville de Jérémie ?.....

11. Quels sont les principaux problèmes rencontrés avec les ménages dans la gestion de déchets ?.....

12. Est-ce que la mairie a les moyens financiers pour mener ses actions à la gestion des déchets ?.....

## Annexe 2. Données des collectes des DSM dans les groupes

### Groupe Alain Clérié

Ménages	1 S.C	2 S.C	3 S.C	4 S.C	5 S.C	T. C	Ratio /jour	Ratio / hab / jour
1	9,60	14,40	14,80	16,80	9,80	65,40	2,11	0,42
2	8,80	16,20	14,40	13,40	9,60	62,40	2,01	0,40
3	10,40	14,80	16,20	12,60	8,80	62,80	2,03	0,41
4	10,60	13,60	13,40	14,60	10,80	63,00	2,03	0,41
5	11,20	13,80	14,60	15,20	9,60	64,40	2,08	0,42
6	7,60	13,80	12,40	14,60	6,80	55,20	1,78	0,36
7	9,40	11,60	15,20	10,40	10,60	57,20	1,85	0,37
8	8,20	12,40	14,60	14,20	12,40	61,80	1,99	0,40
9	13,60	14,40	16,80	14,60	9,20	68,60	2,21	0,44
10	9,80	18,20	14,80	14,40	8,60	65,80	2,12	0,42
11	9,20	10,80	14,20	10,60	9,80	54,60	1,76	0,35
12	11,40	11,60	10,80	16,20	8,80	58,80	1,90	0,38
13	9,60	14,40	10,40	14,60	10,20	59,20	1,91	0,38
14	8,20	12,60	10,80	13,80	9,80	55,20	1,78	0,36
15	9,60	12,80	14,60	14,40	12,20	63,60	2,05	0,41
Moyenne								0,39
Ecart type								0,03
Max								0,44
Min								0,35

S.C : Semaine de collecte      T.C : Totale collecte

## Groupe Bordes

<b>Ménages</b>	<b>1 S.C</b>	<b>2 S.C</b>	<b>3 S.C</b>	<b>4 S.C</b>	<b>5 S.C</b>	<b>T. C</b>	<b>Ratio /jour</b>	<b>Ratio / hab / jour</b>
16	10,80	20,80	22,20	24,40	9,60	87,80	2,83	0,57
17	9,40	24,60	22,40	22,20	8,40	87,00	2,81	0,56
18	10,40	22,80	21,80	22,60	16,60	94,20	3,04	0,61
19	11,20	18,60	24,20	16,40	8,20	78,60	2,54	0,51
20	10,80	22,20	20,60	22,80	12,40	88,80	2,86	0,57
21	12,20	20,40	22,20	20,60	12,80	88,20	2,85	0,57
22	11,60	20,20	24,60	22,80	14,20	93,40	3,01	0,60
23	7,80	20,80	26,40	22,40	10,60	88,00	2,84	0,57
24	10,80	22,20	24,80	22,80	12,40	93,00	3,00	0,60
25	11,60	22,40	24,20	22,80	12,80	93,80	3,03	0,61
26	9,40	18,60	20,80	22,40	10,20	81,40	2,63	0,53
27	12,30	20,80	23,60	23,20	12,60	92,50	2,98	0,60
28	10,80	22,40	24,80	22,60	9,80	90,40	2,92	0,58
29	11,60	22,20	20,80	18,40	10,40	83,40	2,69	0,54
30	9,20	14,60	16,20	16,80	14,40	71,20	2,30	0,46
Moyenne								0,56
Ecart type								0,04
Max								0,61
Min								0,46

S.C : Semaine de collecte T.C : Totale de collecte

## Groupe Mackandal

<b>Ménages</b>	<b>1 S.C</b>	<b>2 S.C</b>	<b>3 S.C</b>	<b>4 S.C</b>	<b>5 S.C</b>	<b>T.C</b>	<b>Ratio /jour</b>	<b>Ratio / hab / jour</b>
31	5,80	12,20	12,40	12,60	8,20	51,20	1,65	0,33
32	6,80	10,80	10,60	10,80	8,40	47,40	1,53	0,31
33	4,80	9,80	10,20	10,80	7,60	43,20	1,39	0,28
34	5,40	8,60	8,40	8,20	6,80	37,40	1,21	0,24
35	3,60	8,40	9,40	9,60	8,20	39,20	1,26	0,25
36	4,80	7,80	8,60	9,40	4,80	35,40	1,14	0,23
37	6,60	9,60	8,80	9,40	6,20	40,60	1,31	0,26
38	5,60	6,20	6,40	7,20	4,40	29,80	0,96	0,19
39	5,80	9,60	9,80	9,40	8,60	43,20	1,39	0,28
40	5,60	7,80	8,20	8,60	5,80	36,00	1,16	0,23
41	5,20	9,60	9,80	9,20	6,40	40,20	1,30	0,26
42	6,60	8,40	8,60	8,40	6,60	38,60	1,25	0,25
43	5,80	8,60	9,20	9,20	8,80	41,60	1,34	0,27
44	6,20	8,20	8,80	9,40	8,20	40,80	1,32	0,26
45	4,20	6,60	8,80	8,60	5,60	33,80	1,09	0,22
Moyenne								0,25
Ecart type								0,03
Max								0,33
Min								0,19

## Annexe 3. Résultats des analyses physico-chimiques

### Groupe Alain Clérié

#### ASBL Centre de Michamps

Horritine 1 - 6600 Bastogne  
Tel. 0032(0) 61 21 08 20  
Fax. 0032(0) 61 21 08 40  
centredemichamps@uclouvain.be  
TVA : BE 0443.590.403



Monsieur AMETEL Bernard  
Rue Pierquin 20  
5030 Gembloux

### BULLETIN D'ANALYSE DE : MATIERE ORGANIQUE

Numéro du laboratoire : **2202347**      Date d'arrivée : 20-06-22      Validation : 04-07-22  
Echantillonneur : AMETEL Bernard      Date de prélèvement : 10-06-22  
Référence extérieure (fournie par le client) : COMPOST MENAGER SOLIDE / Alain Clérié / ECHANTILLON 1.1  
Type de produit : 9007 Compost  
Type de spéculation : 999 Indéterminé ou autre produit  
Traitement :

Acidité (pH) : \*\*\*      C/N : 10.82

	<u>% de produit frais</u>	<u>% de produit sec</u>
Matière sèche	45.54	
Matière Organique	24.98	54.85
Cendres totales	19.18	42.12
Cendres insolubles	5.86	12.86

	<u>Kg / Tonne de produit frais</u>	<u>mg / Kg de matière fraîche</u>
Azote Total (N)	12.82 avec 0.8 % de N-NH4	Fer (Fe) ***
Azote ammoniacal (N-NH4)	0.10	Cuivre (Cu) ***
Potasse (K2O)	22.87	Zinc (Zn) ***
Phosphore (P2O5)	5.68	Manganèse Mn) ***
Sodium (Na2O)	3.47	
Magnésie (MgO)	4.46	
Calcium (CaO)	39.62	

Matière Organique par perte au feu      Carbone (C) = Matière organique / 1.8      Responsable Laboratoire WAVREILLE Bertrand

Remarques :

Mardi 5 Juillet 2022

A7

Ce rapport d'essai ne concerne que les objets soumis à l'essai. Ce rapport d'essai ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation du laboratoire. Lorsque le prélèvement n'a pas été réalisé par le laboratoire, les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'engage pas sa responsabilité par rapport aux informations fournies par le client. Si une déclaration de conformité est émise, l'incertitude de mesure n'est pas prise en considération. Les incertitudes de mesure (pour les paramètres accrédités), sont disponibles sur simple demande. Vos résultats analytiques sont susceptibles d'être traités statistiquement de manière anonyme par le réseau REQUASUD dont nous sommes membres. Les coordonnées d'envoi sont fournies par le client.

Membre de

www.centredemichamps.be

Avec le soutien de



## ASBL Centre de Michamps

Horritinc 1 - 6600 Bastogne  
 Tél. 0032(0) 61 21 08 20  
 Fax. 0032(0) 61 21 08 40  
 centredemichamps@uclouvain.be  
 TVA : BE 0443.590.403



Monsieur AMETEL Bernard  
 Rue Pierquin 20  
 5030 Gembloux

### BULLETIN D'ANALYSE DE : MATIERE ORGANIQUE

Numéro du laboratoire : **2202348**      Date d'arrivée : 20-06-22      Validation : 04-07-22  
 Echantillonneur : AMETEL Bernard      Date de prélèvement : 10-06-22  
 Référence extérieure (fournie par le client) : COMPOST MENAGER SOLIDE / Bordes / ECHANTILLON 2.1  
 Type de produit : 9007 Compost  
 Type de spéculation : 999 Indéterminé ou autre produit  
 Traitement :

Acidité (pH) : \*\*\*      C/N : 11.65

	<u>% de produit frais</u>	<u>% de produit sec</u>
Matière sèche	39.17	
Matière Organique	21.33	54.45
Cendres totales	17.86	45.61
Cendres insolubles	7.30	18.63

<u>Kg / Tonne de produit frais</u>		<u>mg / Kg de matière fraîche</u>	
Azote Total (N)	10.17 avec 0.4 % de N-NH4	Fer (Fe)	***
Azote ammoniacal (N-NH4)	0.04	Cuivre (Cu)	***
Potasse (K2O)	18.77	Zinc (Zn)	***
Phosphore (P2O5)	4.88	Manganèse Mn)	***
Sodium (Na2O)	2.42		
Magnésie (MgO)	4.57		
Calcium (CaO)	29.72		

Matière Organique par perte au feu

Carbone (C) = Matière organique / 1.8

Responsable Laboratoire  
 WAVREILLE Bertrand

Remarques :

Maisli 5 Juillet 2022

A7P

Ce rapport d'essai ne concerne que les objets soumis à l'essai. Ce rapport d'essai ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation du laboratoire. Lorsque le prélèvement n'a pas été réalisé par le laboratoire, les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'engage pas sa responsabilité par rapport aux informations fournies par le client. Si une déclaration de conformité est émise, l'incertitude de mesure n'est pas prise en considération. Les incertitudes de mesure (pour les paramètres accrédités), sont disponibles sur simple demande. Vos résultats analytiques sont susceptibles d'être traités statistiquement de manière anonyme par le réseau REQUASUD dont nous sommes membres. Les coordonnées de vos clients sont fournies par le client.

Membre de

[www.centredemichamps.be](http://www.centredemichamps.be)

Avec le soutien de



## ASBL Centre de Michamps

Horritine 1 - 6600 Bastogne  
 Tel. 0032(0) 61 21 08 20  
 Fax. 0032(0) 61 21 08 40  
 centredemichamps@uclouvain.be  
 TVA : BE 0443.590.403



Monsieur AMETEL Bernard  
 Rue Pierquin 20  
 5030 Gembloux

### BULLETIN D'ANALYSE DE : MATIERE ORGANIQUE

Numéro du laboratoire : **2202349**      Date d'arrivée : 20-06-22      Validation : 04-07-22  
 Echantillonneur : AMETEL Bernard      Date de prélèvement : 10-06-22  
 Référence extérieure (fournie par le client) : COMPOST MENAGER SOLIDE / Mackandal / ECHANTILLON 3.1  
 Type de produit : 9007 Compost  
 Type de spéculation : 999 Indéterminé ou autre produit  
 Traitement :

Acidité (pH) : \*\*\*      C/N : 10.69

	<u>% de produit frais</u>	<u>% de produit sec</u>
Matière sèche	41.48	
Matière Organique	21.96	52.95
Cendres totales	18.31	44.16
Cendres insolubles	6.13	14.79

	<u>Kg / Tonne de produit frais</u>	<u>mg / Kg de matière fraîche</u>
Azote Total (N)	11.41 avec 0.3 % de N-NH4	Fer (Fe) ***
Azote ammoniacal (N-NH4)	0.03	Cuivre (Cu) ***
Potasse (K2O)	21.09	Zinc (Zn) ***
Phosphore (P2O5)	5.42	Manganèse Mn) ***
Sodium (Na2O)	3.01	
Magnésie (MgO)	4.59	
Calcium (CaO)	33.89	

Matière Organique par perte au feu      Carbone (C) = Matière organique / 1.8      Responsable Laboratoire WAVREILLE Bertrand

Remarques :

Mardi 5 Juillet 2022

A7P

Ce rapport d'essai ne concerne que les objets soumis à l'essai. Ce rapport d'essai ne doit pas être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation du laboratoire. Lorsque le prélèvement n'a pas été réalisé par le laboratoire, les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Le laboratoire n'engage pas sa responsabilité par rapport aux informations fournies par le client. Si une déclaration de conformité est émise, l'incertitude de mesure n'est pas prise en considération. Les incertitudes de mesure (pour les paramètres accrédités), sont disponibles sur simple demande. Vos résultats analytiques sont susceptibles d'être traités statistiquement de manière anonyme par le réseau REQUASUD dont nous sommes membres. Les coordonnées devrais sont fournies par le client.

Membre de [www.centredemichamps.be](http://www.centredemichamps.be) Avec le soutien de

