



MÉMOIRE

En vue de l'obtention du Diplôme Master en Biologie

SPÉCIALITÉ : Protection des écosystèmes

THÈME

**Le compostage, alternative, pour valoriser les déchets
de restauration des entreprises et collectivités : cas des
restaurants Hasnaoua II (UMMTO) et de la Sonatrach
(Hassi Messaoud)**

Présenté par : ADJOUT MELISSA

BELKACEMI TAOUS

BEN SI SAID ZINEB

Devant le jury composé de :

Présidente	KROUCHI F.	PROFESSEUR	U.M.M.T.O
Examinatrice	CHOUAKI MOUHOUN S.	M.C.B	U.M.M.T.O
Promoteur	DERRIDJ A.	PROFESSEUR	U.M.M.T.O
Co-Promotrice	MOUAS BOURBIA S.	M.C.A	U.M.M.T.O



Remerciement

Nous tenons à remercier en premier lieu dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la santé pour achever ce travail.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre encadreur le Professeur DERRIDJ Arezki, de nous avoir permis d'entreprendre ce projet.

Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres du jury : Professeur Krouchi, Docteur Bourbia et Docteur Chouaki qui nous ferons l'honneur d'évaluer notre travail.

Notre gratitude s'adresse également à Madame TABET ingénieur du laboratoire commun de biologie pour son aide, sa sympathie et son apport pour le côté pratique de ce thème afin de mener au mieux ce travail.

Nous adressons également notre profonde reconnaissance à Mr Amroun directeur de la SH-FCP pour son aide, ses conseils, ses orientations et sa disponibilité.

Nos remerciements s'adressent aussi aux personnels du restaurant Hasnaoua II et à toute personne ayant participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

The background features three black graduation caps at the top, two yellow scrolls with red ribbons on the right, and two pink scrolls with red ribbons on the left. A circular wreath of light blue and green leaves and flowers surrounds the central text.

Dédicace

*J'ai le grand plaisir de dédier ce mémoire
à tous ceux qui me sont chers,
A mes chers parents, pour leur soutien et leur
amour,*

*Mes très chers sœurs Kahina, Kenza, Katia et mon cher
frère Idir. Je vous exprime à travers ce travail mes
sentiments de fraternité et d'amour.*

*Mes chères amies Mounia, Ania, Samira, Sabrina,
Hanane, Imene, Lycia, Lynda et Nadjet. En
témoignage de l'attachement, de l'amour et de
l'affection que je vous porte. Avec tous mes vœux de
bonheur, de santé et de réussite.*

Mes très chères camarades du trinôme Taous et Zineb.

A toute ma grande famille

A tous ceux que j'aime et à tous ceux qui m'aiment

Melissa 



Dédicace

Je dédie ce travail à,

Mon père ♥, ma mère, ma grande-mère, ma sœur Fatiha, mes deux frères Mohamed et Mahrez et mon cher LOULOÛ.

Que ce travail soit le symbole de ma reconnaissance de leurs amours infinis.

A toutes mes amies, Linda B, Ourida A, Linda M, Lycia, Mounia, Ania, Samira et Maggy, que je remercie pour leur soutien qu'elles m'ont apporté.

A mes chères camarades du trinôme Melissa & Zineb que je remercie vivement pour les merveilleux moments passés ensemble.

A tous ceux qui m'ont encouragé de près ou de loin.

Taous ♥



Dédicace

*Je tiens tout particulièrement à cœur de remercier **mes parents** pour m'avoir soutenu dans mon cursus et pour toute la fierté et la confiance qui ces m'ont apporté.*

*Je n'oublierai pas mes sœurs **Melissa, Zouzou, Maria** et mon frère **Tahar**, qui ont toujours su être là, pour le réconfort que je trouve auprès d'eux.*

*Et à mes proches pour leur amour et leur soutien spécialement **Nana**.*

*Un grand merci à mon cher **Wahab**, qui a toujours redonné la confiance et la volonté dont j'ai toujours besoin.*

*Enfin je tiens à exprimer ma reconnaissance à toutes mes amies **Maggy, Zouzou, Fatima, Maria** et spécialement mes camarades du trinôme **Taous et Melissa**.*

Et à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.

Ils sont nombreux et tous présents dans mon cœur.

Zineb 

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale..... 1

Chapitre I : Généralités sur les déchets

Introduction3

I.1. Définitions des déchets.3

I.2. Les Déchets ménagers et assimilés : Composition physico-chimique et gestion.4

I.2.1. La composition physique des déchets ménagers et assimilés.5

I.2.2. La composition chimique des déchets ménagers et assimilés.5

I.3. La quantité des DMA générés en Algérie.6

I.4. Les quantités des déchets du restaurant universitaire générés en Algérie.7

I.5. Les risques liés aux déchets.7

I.6. Le traitement des déchets ménagers et assimilés.8

I.6.1. Le traitement par élimination.8

I.6.1.1. La mise en décharge8

I.6.2. Le traitement par la valorisation.....8

I.6.2.1. La valorisation matérielle (recyclage)8

I.6.3. Le Traitement thermique9

I.6.3.1. L'incinération9

I.6.3.2. La Pyrolyse10

I.6.4. Le traitement biologique10

I.6.4.1. La bio-méthanisation11

I.6.4.2. Le compostage11

Conclusion.....12

Chapitre II : Généralités sur le compost

Introduction	13
II.1. Définitions.	13
II.1.1. Définition du compost.....	13
II.1.1.2. Définition du compostage.	13
II.2. Description du processus.	14
II.3. Pourquoi composter ?	15
II.4. les intérêts.	15
II.5. Les avantages du compost.	16
II.6. Les phases du compostage.	18
II.6.2. La phase thermophile.....	19
II.6.3. La phase de refroidissement.....	19
II.6.4. La phase de maturation.	19
II.7. Les méthodes du compostage.	20
II.7.1. La méthode Indore.	20
II.7.2. La méthode Bangalore.	20
II.7.3. La méthode du processus d'échauffement ou méthode de blocs.....	21
II.7.4. La méthode du compostage dans les fosses	21
II.7.5. La méthode du compostage dans les rigoles.....	22
II.7.6. Le compostage dans des enclos de vannerie.....	22
II.8. Les déchets à composter.	23
II.8.1. Les déchets de cuisine.....	23
II.8.2. Les déchets de la maison.....	23
II.8.3. Les déchets du jardin.....	24
II.9 Les 3 règles d'or du compostage.	24
II.9.1. Diversifier les apports de déchets.....	24
II.9.2. Maintenir une humidité suffisante.	24
II.9.3. Aérer et brasser les déchets.....	25
II.10. Les étapes du compostage.....	25
II.10.1. La récupération des déchets.	25
II.10.2. Le tri des déchets.....	25
II.10.3. Le stockage des déchets.	24
II.10.4. Le mélange ou l'homogénéisation des déchets.....	24
II.10.5. Le broyage.....	24

II.10.6. Les différentes phases du processus du compostage.	24
II.10.7. Le criblage et le stockage des déchets.	24
II.11. Les paramètres du compostage.....	25
II.11.1. Les Paramètres physiques.	25
II.11.1.1 La Température.	25
II.11.1.2. L'aération et l'humidité.....	25
II.11.1.3. Le Test d'humidité.	25
II.11.1.4. Le taux d'oxygène lacunaire.	25
II.11.1.5. La teneur en eau.	25
II.11.2. Les paramètres chimiques.....	25
II.11.2.1. Le pH.....	25
II.11.2.2. Le rapport C/N.	26
II.11.2.3. Les paramètres biologiques.....	27
Conclusion.....	31

Chapitre III : Généralités sur le palmier

Introduction	32
III.1. Définition de palmier dattier.	32
III.2. Sa taxonomie.	33
III.3. La description morphologique.	33
III.3.1. L'appareil végétatif.....	33
III.3.1.1. Le système racinaire.....	33
III.3.1.2. Les palmes.	33
III.3.1.3. Le stipe ou tige.....	33
III.3.1.4. Le rejet.	33
III.3.1.5. Le gourmand.	34
III.3.2. L'appareil de reproduction.	34
III.3.2.1. L'inflorescence.....	34
III.3.2.2. Les fleurs.....	34
III.3.2.3. Le fruit.	34
III.4. Les déchets du palmier dattier.	35
III.4.1 Utilisation générale et produits issus du palmier dattier.....	35
Conclusion.....	38

Matériels et méthodes

I.1. L'objectif.	39
I.2. Présentation de la région d'étude.	40
I.2.1. Présentation de la zone d'étude.	40
I.3. La sensibilisation.	41
I.3.1 Sensibilisation des responsables du restaurant.	41
I.3.2 Sensibilisation des travailleurs de la cuisine.	41
I.4. Enquêtes.	42
I.4.1. Observation globale au niveau du restaurant.	42
I.4.2 Enquête au niveau du jardin d'essais	42
I.4.3 Enquête au niveau des cafétérias de proximité de la fac	42
I.5. Les paramètres mesurés.	43
I.5.1 La quantité	43
I.6. Essai de valorisation des bio-déchets issus du restaurant universitaire Hasnaoua II (UMMTO).	44
I.6.1. Le choix du site de compostage.	45
I.6.2. La préparation de la plate-forme de compostage.	45
I.6.3. Récupération des bio-déchets du restaurant.	46
I.6.4. La mise en tas des bio-déchets récupéré.	46
I.7. Analyse biologiques pour les 2 échantillons de compost.	47

Résultats et discussions

II.1. Potentiel d'hydrogène « pH ».	51
II.2. Matière organique.	51
II.3. Le test de germination.	52

Schéma proposé de gestion durable des déchets ménagers et assimilés pour le restaurant du pôle universitaire Hasnaoua II.

Chapitre III : Schéma d'une plate-forme de compostage proposé pour une gestion durable des DMA de SH-FCP

III.1. Objectif.	53
III.2. Présentation SHFCP.	53
III.3. Situation géographique de la zone.	54
III.4. Les quantités de déchets générés par l'entreprise et nombres de personnels.	55

Conclusion générale.....60

Recommandations.....61

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des abréviations

ADEME	: agence de l'environnement et de la maîtrise de l'environnement
AND	: agence national des déchets
C/N	: rapport carbone / azote
CET	: centre d'enfouissement technique
CO	: carbone organique
DMA	: déchets ménagers et assimilés
DSA	: Direction des Services Agricoles
DSM	: déchets spéciaux des ménages
DTQD	: déchets toxiques en quantités dispersées
DTQL	: déchets toxique en quantités limitées
HAP	: hydrocarbure aromatique polycyclique
MAPAQ	: le ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec
MLE	: menzel Ledjmet Est
MO	: matière organique
MREE	: ministère des ressources en eau et de l'environnement
Mt	: millions de tonnes
PED	: pays en voie de développement
pH	: potentiel d'hydrogène
SH-FCP	: Sonatrach et First Calgary Petroleums
ONUAA	: Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

Liste des figures

Figure 01 : Composition Moyenne d'une poubelle ménagère en Algérie	10
Figure 02: Situation géographique de la Wilaya de Tizi-Ouzou	39
Figure 03 : Vue aérienne du pôle universitaire Hasnaoua II de l'Université Mouloud Mammeri	40
Figure 04 : Localisation géographique de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour le pôle Hasnaoua 2	40
Figure 05 : Opération de récupération des palmes sèches dans la zone de stockage d'EL HAMMA (ex d'Essai).....	42
Figure 06: Réalisation de 2 tas finals	44
Figure 07: Etat final du site après désherbage.....	44
Figure 08: Récupération et distribution des bio-déchets sur le sol	45
Figure 09: Mise en tas des bio-déchets	46
Figure 10: Dépôt du marc de café	47
Figure 11: dépôt des palmes sèches sur le tas	48
Figure 12: Mélanger et homogénéiser les déchets	49
Figure 13: Formation du tas final des bio-déchets	49
Figure 14 : Aspect visuel au cours de processus de compostage.....	54
Figure 15: mélange de compost avec de l'eau désilé	55
Figure 16 : tamisage du compost.....	55
Figure 18 : Les cendres avant calcination.....	56
Figure 19 : Mise en place du processus de germination des graines d'orge	57
Figure 20 : localisation géographique	60

Liste des tableaux

Tableau 01 : Composition physique des déchets ménagers et assimilés selon la norme.	5
Tableau 02 : Composition chimique élémentaire des déchets ménagers et assimilés en France	5
Tableau 04 : méthodes de traitement des ordures ménagères.....	8
Tableau 05 : chiffres clés de 2002 sur les déchets organiques concernés par les traitements biologiques	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 06 : Différents usages des produits et sous-produits du palmier dattier.	35
Tableau 07 : résultats de test de germination (échantillon 1)	55
Tableau 08 : résultats de test de germination (échantillon 2)	55
Tableau 09 : Quantités de déchets ménagers et assimilés généré par es 2 bases de la SH-FCP.	60

Introduction

Les problèmes liés à l'environnement ont entraîné la mise en œuvre du développement durable, vu qu'on n'arrive plus à fonctionner comme avant, on doit fonctionner selon un nouveau concept, plus équilibré et plus durable (Addou, 2009). Au sommet de la terre à Rio en 1992, les pays membres des Nations Unies reconnaissant ces problèmes, liés aux déchets et à la dégradation de l'environnement, ont donné naissance à la politique du développement durable qui est défini comme suit : « s'efforcer de répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité de satisfaire ceux des générations futures » (Martin, 2002).

Le monde des déchets, complexe et souvent méconnu, il est depuis quelques années un domaine en pleine expansion. Le traitement des déchets continuera d'évoluer, ainsi que sa réglementation, au fil de l'amélioration des connaissances (Bennama, 2016).

Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, nos comportements au quotidien ont bien changé par de nouveaux modes de vie et de consommation. Nous fabriquons des produits, nous les consommons, nous les jetons souvent après usage, nous nous en débarrassons sans tenir compte des conséquences qui peuvent affecter notre environnement et notre santé (Addou, 2009).

Aussi, au cours du dernier demi-siècle, la production de déchets, non seulement dans les pays industrialisés mais dans l'ensemble du monde, a cru de façon exponentielle, aggravée par l'accélération de l'urbanisation des populations. En outre, les quantités de déchets produites à la fois par l'industrie et par l'agriculture intensive ont connu une croissance beaucoup plus rapide que celle des populations. La situation est encore plus désastreuse dans le Tiers-monde où des villes comptant parfois une dizaine de millions d'habitants ne possèdent aucune décharge contrôlée, voire aucun système public d'élimination des déchets urbains (Ramade, 2005).

En référence au contexte algérien, il y'a lieu de constater que les conditions de ramassage, d'évacuation et d'élimination des déchets municipaux se détériorent de jour en jour (Chenane, 2008). De plus, les déchets des ménages algériens sont généralement non triés, collectés en mélange et déversés dans les décharges ou les CET.

En Algérie, la composition des déchets ménagers et assimilés sont de 80 % de déchets organiques, ainsi les déchets des oasis et des sous-produits-agricoles représentent un ordre de 135 000 tonnes de folioles de palmes sèches, 67 500 tonnes pour les rebuts de dattes et 5000 tonnes pour les pédicelles de dattes annuellement (Chehema et Longo, 2001).

Ces chiffres nous ont mené à réfléchir à travers notre recherche actuelle pour trouver un moyen de valorisation de nos déchets organiques et les déchets de sous-produit de palmiers en Algérie par compostage, ces derniers représentent une grande partie de l'azote tout en incorporant d'autres types de substances carbonées ; le produit final constitué est appelé « compost ».

Introduction

Le compostage est un processus biologique dans lequel les déchets organiques sont transformés par les micro-organismes du sol en une terre noire riche en matières nutritives. Cette terre noire, un produit stabilisé et hygiénique appelé compost, constitue un engrais naturel idéal pour les espaces verts, utilisable en agriculture et en horticulture pour l'amendement des sols en éléments nutritifs. L'apport de compost est un moyen simple et naturel d'enrichir la terre en humus, qui est la base de la fertilité et de la conservation des sols, et assure ainsi une meilleure aération et de rétention en eau (Huber, 2001).

Ce mémoire aurait pu être l'une des solutions pour la valorisation des bio-déchets du restaurant de la Sonatrach SH-FCP à Ouargla si le virus Covid-19 n'avait pas infesté toute la planète, donc comme plan B, nous avons maintenu l'idée du sud algérien sur le restaurant universitaire Hasnaoua II, tout en effectuant un schéma de gestion pour la SH-FCP dans le cadre du développement durable.

L'objectif de notre travail est le traitement des bio-déchets du restaurant universitaire Hasnaoua II par la technique du compostage en rajoutant des sous-produits de palmiers comme apport en carbone et nous avons réalisé des analyses physico-chimiques après 7 mois de compostage sans suivi en raison de la propagation du corona virus et du confinement total des régions donc les mêmes analyses ont été réalisées sur un autre compost suivi et rapporté par notre promoteur le professeur Derridj Arezki .

Notre travail se subdivise en 2 grandes parties dont la première est consacrée à un rappel bibliographique et comprends 3 chapitres :

1. Chapitre 1 comprends des généralités sur les déchets et leurs modes de gestion en Algérie.
2. Chapitre 2 illustre les techniques de compostage, les règles et les paramètres à suivre lors du processus.
3. Chapitre 3 vise à montrer les quantités de sous-produits de palmiers générés en Algérie.

La deuxième partie expérimentale, rapporte l'ensemble des matériels et méthodes que nous avons utilisé dans notre travail. Une autre est consacrée aux résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire d'analyse pour le compost. Enfin un chapitre supplémentaire est réalisé dans lequel nous avons proposé deux schémas de gestion des déchets ménagers et assimilées l'un pour le pôle universitaire Hasnaoua II de l'Université Mouloud Mammeri et l'autre pour la SH-FCP à Ouargla dans le cadre de l'économie circulaire.

Le mémoire s'achève par une conclusion générale suivie de quelques recommandations.

Introduction

Si les déchets ont été longtemps considérés comme des résidus sans valeur, des activités de production et de consommations industrielles et des usagers, il est reconnu aujourd'hui que le traitement des déchets constitue l'enjeu écologique de cette fin de siècle, et que la mise en place d'une véritable filière économique du traitement des déchets s'impose (Scriban, 1993).

Mais qu'est-ce qu'un déchet ? Au sens courant du mot, c'est un résidu de production ou de consommation sans valeur d'usage, qui doit, par conséquent être éliminé, ce qui entraîne un coût individuel ou social. Mais tout autant que les ressources, le déchet est un concept relatif à un contexte technologique et, par-là, culturel et historique. Si nous lui trouvons une valeur d'usage, par exemple comme matière première dans une production nouvelle, il cesse d'être un déchet pour devenir une ressource, une valeur d'échange potentielle et non plus un coût (Pierre, 1976).

La gestion des déchets solides urbains est au cœur des enjeux environnementaux auxquels les pouvoirs publics doivent faire face au quotidien. La gestion optimale et la mise en place des filières de valorisation et de recyclage sont des actions concrètes. Il est donc, de l'intérêt général que la quantité des déchets destinés à l'élimination soit réduite au maximum (AND, 2014).

Parmi les déchets solides générés en Algérie, les déchets ménagers et assimilés représentent la fraction la plus importante avec environ 13 millions de tonnes/an en 2018 (Zerouati, 2018. L'Algérie produit 34 millions de tonnes de déchets par an, sur le site www.aps.dz consultée le 12/22/2020). La maîtrise de leur composition est donc nécessaire pour évaluer au préalable leur potentiel risque pour le milieu récepteur et le choix du mode de traitement le plus optimal (AND, 2014).

I.1. Définitions des déchets.

Dans le secteur des déchets, le rôle des définitions (et du vocabulaire) est particulièrement critique. Ainsi, selon la loi 01-19 du 12 décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, le déchet est défini comme étant tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériaux, produit ou, plus généralement, tout objet, bien meuble dont le détenteur se défait, projete de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer. D'après, CNRS (2001) « Les termes de "bien meuble" et "abandon" font appel à des notions de droit civil appartenant à la terminologie du droit des biens. Le terme "abandon" pourrait rattacher juridiquement le déchet "bien meuble" à la catégorie des "choses sans maîtres", choses volontairement délaissées par leur propriétaire. Cependant, la notion de détenteur

et la définition de l'abandon renvoient implicitement à la responsabilité du producteur et/ou du détenteur de déchets.

Aussi, derrière tout déchet surtout générateur de nuisances, se trouve une personne physique qui le produit ou le détient et qui en est responsable jusqu'à son élimination finale. Et ce même si le déchet n'est plus physiquement entre ses mains (CNRS, 2001). Pour Bertolini (1990), le déchet est défini "comme un produit dont la valeur d'usage et la valeur d'échange sont nulles pour son détenteur ou son propriétaire. Ce déficit en valeur économique tient du fait que le déchet n'est pas un produit rare, contrairement à l'air par exemple».

I.2. Les Déchets ménagers et assimilés : Composition physico-chimique et gestion.

I.2.1 Définition.

Les déchets ménagers (ou de ménages), ce sont comme leur nom l'indique les déchets engendrés par les ménages, les familles et qui sont liées à la vie quotidienne des citoyens, les commerçants, les artisans, les déchets urbains (nettoyement des rues et des marchés), les déchets verts, les déchets encombrants, mais également par les collectivités locales, les entreprises et les industries lorsque ces déchets ne présentent pas de caractère dangereux ou polluant : papiers, carton, bois, verre, plastique, textiles, emballage, etc. (Addou, 2009).

Selon la législation algérienne relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, article 03 de la loi 01/19 du 12 décembre 2001 (JORADP), les déchets ménagers sont définis comme suit :

- ❖ **Déchets ménagers et assimilés:** tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers (Bennama, 2016).
- ❖ **Déchets organiques :** autre appellation des déchets fermentescibles. Ce sont les résidus d'origine végétale ou animale qui peuvent être dégradés par les micro-organismes pour lesquels ils représentent une source d'alimentation. Ils incluent : les végétaux, les déchets putrescibles de la cuisine et ceux collectés auprès des cantines et restaurants d'entreprises, les papiers et cartons souillés sous certaines conditions. Ces déchets sont utilisés pour la fabrication du compost (Safouhi et *al.*, 2015. Etude pour gestion durable des déchets ménagers de la ville de Batna, Algérie, déchets sciences et techniques, sur le site www.actuenvironnement.com consulté le 08/06/2020). (figure 01)

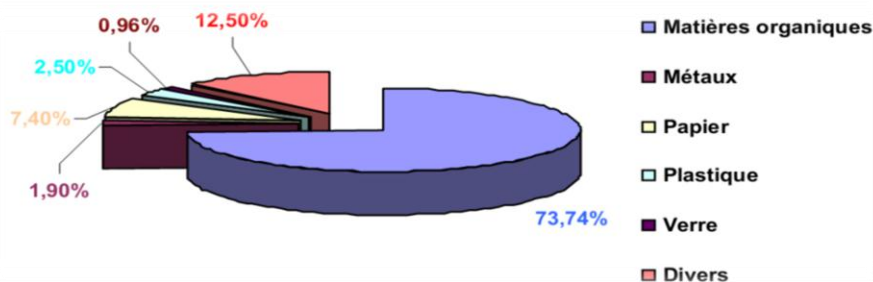


Figure 01: Composition moyenne d'une poubelle ménagère en Algérie (%) (Safouhi et *al.*, 2015).

I.2.2. La composition physique des déchets ménagers et assimilés.

Les principales composantes d'une poubelle ménagère restent celles répertoriées par la norme française (Afnor, 1996). Les principales familles de déchet rencontrées sont les suivantes (Tableau 01).

Tableau 01 : Composition physique des déchets ménagers et assimilés selon la norme (Afnor, 1996).

<input type="checkbox"/>	Fines (< 20 mm).
<input type="checkbox"/>	Putrescibles.
<input type="checkbox"/>	Papiers-cartons.
<input type="checkbox"/>	Complexes (Tétra brick).
<input type="checkbox"/>	Textiles (emballages textiles).
<input type="checkbox"/>	Textiles sanitaires (couches, coton hygiénique...).
<input type="checkbox"/>	Plastiques.
<input type="checkbox"/>	Combustibles non classes (CNC : bois, caoutchouc...).
<input type="checkbox"/>	Incombustibles non classes (INC : pierres, gravats...).
<input type="checkbox"/>	Verre,
<input type="checkbox"/>	Métaux,
<input type="checkbox"/>	Déchets ménagers spéciaux (batteries, piles, aérosols...).

I.2.3. La composition chimique des déchets ménagers et assimilés.

Cette caractérisation a pour principal objectif l'évaluation du potentiel polluant de ces déchets ou la mise en évidence de l'existence des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement.

Le tableau 02 donne les compositions chimiques élémentaires des déchets ménagers et assimilés en France (Ademe, 1998).

Tableau 02 : Composition chimique élémentaire des déchets ménagers et assimilés en France (Ademe, 1998)

Paramètres analyses	Teneur moyenne
Taux d'humidité	35% MH
Matière Organique Totale (COT)	59,2% MS
Carbone	33,4 % MS
Chlore	14 g/kg (MS)
Souffre	2,8 g/kg (MS)

Azote Organique	7,3 g/kg (MS)
Fluor	58 mg/kg (MS)
Bore	14 mg/kg (MS)
Cadmium	4 mg/kg (MS)
Cobalt	113 mg/kg (MS)
Chrome	183 mg/kg (MS)
Cuivre	1048 mg/kg (MS)
Manganèse	412 mg/kg (MS)
Mercure	3 mg/kg (MS)
Niickel	48 mg/kg (MS)
Plomb	795 mg/kg (MS)
Zinc	1000 mg/kg (MS)

MS : matière sèche ; MH : matière humide.

Il en ressort que la pollution contenue dans ces déchets est d'origine organique, minérale et métallique. La matière organique est apportée en grande partie par les déchets putrescibles et papiers-cartons (matière organique non synthétique) et par les plastiques (matière organique Synthétique) (Ademe, 1998).

Bien que cette composition chimique des déchets ne soit pas exhaustive, elle montre néanmoins déjà le risque sur la santé et l'environnement que les déchets peuvent représenter et la nécessité de traiter ces refus (Ademe, 1998)

I.3. La quantité des DMA générés en Algérie.

La croissance démographique, le développement des activités socio-économiques et les mutations du mode de vie et de consommation, favorisent grandement la production des déchets en milieu urbain. Selon les résultats d'une étude réalisée par le ministère de tutelle, "un volume de 34 millions de tonnes de déchets/an est produit en Algérie, dont 13 millions de tonnes de déchets ménagers et assimilés en 2018 (Zerouati, 2018). L'Algérie produit 34 millions de tonnes de déchets par an, sur le site www.aps.dz consultée le 12/11/2020).

Ce volume de déchets est appelé à atteindre, d'après l'étude, les 70 millions de tonnes à l'horizon 2035. Ce qui nécessite beaucoup d'efforts pour leur prise en charge en matière de traitement et d'élimination finale (Zerouati, 2018). L'Algérie produit 34 millions de tonnes de déchets par an, sur le site www.aps.dz consultée le 12/11/2020).

A ce jour, la mise en décharge est la destination finale la plus privilégiée pour l'élimination des déchets ménagers et assimilés du fait, de son faible coût par rapport aux autres filières comme l'incinération ou le compostage. Cet état de fait a provoqué la saturation des décharges existantes et a engendré des problèmes d'hygiène et de salubrité publique (odeurs nauséabondes, problèmes respiratoires, allergie, etc.). Ajouter à cela, le potentiel risque que constituent les lixiviats pour les nappes phréatiques ainsi que les émissions des gaz à effet de serre (AND, 2014).

I.4. Les quantités des déchets du restaurant universitaire générés en Algérie.

D'après les quantités énorme des DMA existante en Algérie (13 millions de tonnes / an en 2018) (Zerouati, 2018). L'Algérie produit 34 millions de tonnes de déchets par an, sur le site www.aps.dz consultée le 12/11/2020), la fraction organique représente 80 % de la quantité globale générée qui finit toujours par être éliminée et enfoui dans les CET ; par conséquent, elle devient nocive pour la santé humaine et l'environnement.

I.5. Les risques liés aux déchets.

A l'origine, ils préviennent de la consommation domestique, de l'activité professionnelle ou de la production agricole et industrielle, les déchets sont à la fois un risque et une ressource. Éliminés sans précautions, ils risquent non seulement de dégrader les paysages, mais aussi de polluer l'environnement et d'exposer l'homme à des nuisances et des dangers dont certains peuvent être très graves. Selon leurs propriétés, les déchets présentent un risque pour la santé. Selon Leroy (1997) les déchets peuvent présenter plusieurs dangers. Ils sont qualifiés de dangereux quand ils peuvent porter une atteinte directe à la santé de l'homme du fait qu'ils possèdent une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : irritants, nocifs, toxiques, cancérigènes, infectieux, inflammables, mutagènes, etc. (Desachy, 2001).

Selon Damien (2006) les déchets fermentescibles constituent des pathogènes qui peuvent proliférer et se fixer sur les déchets, en particulier la matière finement divisée comme les poussières, c'est dans cet état que ces déchets pénètrent dans les unités de traitement, leurs manipulation génère des émissions de micro-organismes dans les atmosphères de travail.

La pollution d'une rivière par un rejet inconsidéré de déchets est bien connue parce que ses conséquences apparaissent sans tarder ; mort des poissons, eutrophisation qui se manifeste par une prolifération des algues liée à l'enrichissement du milieu en élément nutritifs. La pollution des eaux de mer par le déversement de déchets est moins visible (Desachy, 2001).

Bien plus insidieuse est la dégradation de la qualité des eaux souterraines due à l'infiltration qui contribuent à l'alimentation en eau destinée à la boisson (Desachy, 2001). En fait, l'eau est le principal vecteur de la pollution générée par les déchets abandonnés ou éliminés dans des conditions écologiques peu satisfaisantes. Certains déchets sont susceptibles de polluer directement l'air si au contact de l'air ou de l'eau ou d'un acide, ils dégagent un gaz toxique. Mais ils peuvent aussi participer indirectement à la pollution atmosphérique lorsque leur traitement par incinération est réalisé dans des conditions mauvaises. Alors que la pollution des sols est la moins visible des

pollutions ; elle frappe avec retard. Un site pollué est un site dont le sol ou les eaux souterraines ont été pollués par d'anciens dépôts de déchets ou l'infiltration de substances polluantes, la pollution étant susceptible de provoquer une nuisance ou un risque permanent pour les personnes ou l'environnement (Desachy, 2001).

La production de déchets pose de sérieux problèmes d'élimination compte tenu des quantités en cause et de la toxicité de certains d'entre eux, source de risque pour l'environnement et pour les individus, elle s'accompagne aussi d'un gaspillage important de matière de devises, d'énergie et de possibilités d'emplois (Desachy, 2001).

I.6. Le traitement des déchets ménagers et assimilés.

I.6.1. Le traitement par élimination.

Selon l'Ademe in Faurie et *al.*, (2006), 98 % des ordures sont collectées et traitées de la façon suivante (tableau 03):

Tableau 03 : méthodes de traitement des ordures ménagères (Adem in Faurie et *al.*, 2006).

Mise en décharge	51%
Incineration pour récupération d'énergie	27%
Incineration sans récupération d'énergie	11%
Tri compostage	7%

I.6.1.1. La mise en décharge

Les décharges à ciel ouvert ont été remplacées par les décharges contrôlées, encore appelées centres d'enfouissement technique C.E.T (Berg et *al.*, 2009).

La mise en décharge contrôlée des déchets urbains est une méthode de gestion des déchets dans toutes les situations concernant d'importants tonnages car elle est choisie pour sa facilité et son faible coût (Miquel, 1998).

Les C.E.T diffèrent des décharges à ciel ouvert car les déchets sont compactés dans un trou et recouverts d'une fine couche de terre chaque jour.

Aux USA, les décharges contrôlées font payer des « frais de service » pour accepter les déchets (Berg et *al.*, 2009). Selon (Faurie et *al.*, 2006).

I.6.2. Le traitement par la valorisation.

I.6.2.1. La valorisation matérielle (recyclage)

Il est possible de valoriser, c'est-à-dire récupérer et de réutiliser de nombreux matériaux que l'on trouve dans les déchets pour fabriquer des nouveaux produits du même type ou d'un type différent (Berg et *al.*, 2009).

Il permet des économies de matière première et d'énergie tout en diminuant les frais de traitement des déchets (Berg et *al.*, 2006).

I.6.2.1.1. Le Recyclage du papier-carton

Les Etats-Unis recyclent actuellement environ 50 % de leurs papiers et cartons, le Danemark recycle 97 % de ses papiers-cartons (Berg et *al.*, 2009). Le recyclage du papier commence par le désencrage et se poursuit par une immersion dans une solution chimique afin de défibrer (Faurie et *al.*, 2006).

I.6.2.1.2. Le Recyclage du verre

C'est le meilleur exemple de recyclage de matériau. Avec 1.3 Mt/an, la France est le second pays d'Europe en quantité de verre recyclé, mais elle n'est que huitième en pourcentage par rapport à sa consommation, le verre constitue 10 % de déchets ménagers (Faurie et *al.*, 2006). Il coûte moins cher de recycler le verre que de le fabriquer à partir de matériaux neufs (Berg et *al.*, 2009).

I.6.2.1.3. Le Recyclage de l'aluminium

Le recyclage de l'aluminium est une des grandes réussites du recyclage aux Etats-Unis. Pour fabriquer une nouvelle canette en aluminium à partir d'une canette recyclée, il ne faut qu'une fraction de l'énergie qu'il faudrait pour en fabriquer une nouvelle à partir du métal brut (Berg et *al.*, 2009).

I.6.2.1.4. Le Recyclage des métaux

Les métaux recyclables sont le plomb, l'or, le fer, l'acier, l'argent et le Zinc. L'aspect économique influe beaucoup sur le fait que le métal soit recyclé ou jeté. On recycle beaucoup plus les métaux lorsque le prix des minerais est plus élevé que le prix des métaux recyclés. Ainsi, bien que les réserves de déchets métalliques soient assez constantes, la quantité du recyclage varie d'une année à l'autre (Berg et *al.*, 2009).

I.6.2.1.5. Le Recyclage du plastique

Le recyclage du plastique présente de nombreuses difficultés, en dépit des efforts accomplis par les industriels. Ces matières peuvent paraître semblables, mais il en existe en fait plus d'un millier de types qui réclament des traitements très différents. Aussi seulement 2 à 3 % soit 0.23 Mt/an sont réutilisés, 133 000 t sont valorisés en énergie, 7 000 t effectivement recyclés (Faurie et *al.*, 2006).

I.6.3. Le Traitement thermique

I.6.3.1. L'incinération

C'est la technique choisie par de nombreux syndicats intercommunaux en raison d'avantages majeurs. L'usine d'incinération occupe moins d'espace que la décharge et elle permet la

valorisation des ordures, en produisant de la chaleur, transformée en eau chaude alimentant le réseau de chauffage urbain ou en électricité (Faurie et *al.*, 2006).

En 2005, les États-Unis comptaient 88 usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) qui traitaient et valorisaient environ 14 % des déchets du pays (Berg et *al.*, 2009). Il est préférable de retirer certains matériaux des déchets avant leur incinération. Le verre ne brûle pas et lorsqu'il fond, il est difficile à retirer des fours. Bien que les déchets alimentaires brûlent, leur teneur élevée en eau fait souvent baisser le rendement des UIOM, il vaut mieux les retirer. Il est nécessaire de retirer les piles, les thermostats et les lampes fluorescentes (Berg et *al.*, 2009).

I.6.3.2. La Pyrolyse

La pyrolyse est la décomposition thermique de matières organiques en l'absence d'oxygène ou en atmosphère pauvre en oxygène (Berg et *al.*, 2009).

L'intérêt majeur de cette technique est que ses produits sont hautement valorisables. L'association par exemple de la pyrolyse en four tournant et de la gazéification permet d'obtenir du gaz de synthèse, mélange CO, H₂ pouvant servir de matière première à un très large éventail de synthèses de chimie organique. D'autres gaz issus de la pyrolyse peuvent servir de combustible pour chauffer le système, ou fabriquer de la vapeur pour la production d'électricité. Les déchets huileux sont valorisables en produits de raffinerie de haute qualité par hydrogénation. Et le coke est le principal déchet solide (Berg et *al.*, 2009).

I.6.4. Le traitement biologique

La matière organique présente la propriété d'être une substance biodégradable, c'est-à-dire qu'une action bactérienne, naturelle ou induite, la décompose assez rapidement en molécules simples utilisables par les plantes. Cette dégradation peut se dérouler en milieu aérobie (présence d'oxygène) ou anaérobie (absence d'oxygène), la mise à disposition d'air lors de cette dégradation induit une réaction de fermentation aérobie : c'est le principe du compostage (Lopez, 2002).

Selon (Bayard et Gourdon, 2007) les principaux déchets concernés par les traitements biologiques et leurs tonnages respectifs sont présentés dans le tableau 06 sur la base des données de l'ADEME (tableau 04).

Tableau 04 : chiffres clés de 2002 sur les déchets organiques concernés par les traitements biologiques (Ademe in Bayard et Gourdon, 2007).

Déchets des collectivités	Déchets des ménages	Déchets de l'agriculture et de la sylviculture
14Mt	31.4 Mt	375Mt

Voirie	Certains encombrants Et déchets verts 9.5 Mt	Ordures ménagères (sens strict) 21.9 Mt	Elevage
Marchés			Culture
Boues			Forêt
Déchets verts			

I.6.4.1. La bio-méthanisation

La bio méthanisation est un processus de fermentation similaire à celui ayant lieu dans le rumen d'une vache. Les matières qui entrent dans le digesteur (cuve où a lieu la fermentation) subissent une dégradation biologique réalisée par des micro-organismes (bactéries et archées). Cette fermentation se déroule en l'absence d'oxygène (anaérobiose) et à température constante (environ 40°C) (Heneffe, 2019).

C'est une transformation naturelle qui se réalise dans tous les milieux où l'on trouve la matière organique en absence d'oxygène et où les conditions physico- chimiques sont compatibles avec celles du vivant (Molleta, 2009).

I.6.4.2. Le compostage

Le compostage est un procédé biologique aérobie de dégradation et de valorisation de matière organique en un produit stabilisé et hygiénisé disposant des caractéristiques d'un terreau enrichi en composés humiques (Damien, 2006).

Cette décomposition de la fraction organique fermentescible des déchets s'opère en présence d'air et par des micro-organismes aérobies (bactéries, champignons, etc.) dans des conditions contrôlées : d'air, de température et d'humidité (Lebozec, 1994). Selon Dupriez et *al* (1987), le compost provient de la transformation aérobie de déchets organiques par le biais de micro-organismes., le compostage se pratique sur des plates-formes spécifiques, dans des conditions réglementées (Anonyme 1, 2012).

Conclusion.

Le suivi de l'évolution de la génération de déchets en fonction du développement et le changement des habitudes et coutumes des sociétés est indispensable pour une bonne gestion des flux. Pour cela, il est nécessaire d'avoir une méthode de caractérisation des déchets adaptée et à faible coût, permettant de suivre l'évolution de ces flux. Ce suivi est d'autant plus important dans les PED où le secteur informel est presque le seul acteur qui contribue dans la réduction des flux grâce à la récupération et la valorisation de certaines fractions de déchets (Soabi et *al.*, 2006).

Le modèle linéaire «produire, consommer, jeter» concept post révolution industrielle basé sur l'abondance des ressources a atteint ses limites, on s'engage aujourd'hui sur la voie de l'économie circulaire. Ce nouveau modèle économique se fonde à la fois sur les nécessités environnementales (les ressources sont limitées et les déchets peuvent devenir des matières premières) et sur le constat économique de la rareté grandissante des matières premières et de la dépendance nationale aux importations. En réponse, il propose une utilisation raisonnée et plus efficace des ressources ainsi que la mise en œuvre de modes de production et de consommation s'inscrivant dans une démarche de développement durable (Anonyme 3, 2014).

Le traitement des déchets dépend de la quantité et de la qualité des déchets générés, mais aussi, des conditions géographiques, géomorphologiques, climatiques, sociales, économiques, etc. Assez souvent, des traitements différents d'une région à une autre s'impose pour une gestion judicieuse des déchets. L'implantation des C. E. T., partout en Algérie est une erreur, eu égard aux problèmes rencontrés, à savoir, le foncier, l'intercommunalité, et la non adhésion des citoyens. En région montagneuse ou dans les déserts, nous ne pouvons opter pour des solutions ou des modèles de traitement identiques. Des études d'impact, ou de faisabilité doivent être faites pour en prévoir les atteintes à l'environnement, les perturbations écologiques, le désagrément social et aussi la durée de tels modèles de traitements. Le CET en zone urbanisée, où le problème de foncier n'existe pas, et les conditions pédoclimatiques sont favorables, peut être un modèle de traitement adéquat, à condition que le tri en amont, le mieux à domicile soit instauré pour une longévité plus importante du casier et une récupération et le recyclage de nombreux déchets (papiers, plastiques, etc.) (Communication écrite, Derridj, 2020).

Introduction

L'évolution des déchets suit étroitement celle des sociétés et les déchets du passé qui étaient essentiellement organiques (effluents d'élevages, déchets alimentaires, résidus végétaux, etc.) renferment aujourd'hui une gamme très hétérogène de produits (déchets verts, déchets alimentaires, effluents d'élevages et industriels, papiers, emballages plastiques et métalliques, etc.). Aux composts « artisanaux » destinés à un usage très local se sont ajoutés les composts industriels visant à digérer les déchets des collectivités et des industries agro-alimentaires, pour les valoriser en agriculture. Cette diversité des déchets, accentuée par la diversité des procédés de compostage conduit à une grande variabilité des composts produits (Leclerc, 2001).

La gestion des déchets constitue une préoccupation environnementale majeure pour les autorités en charge du secteur: Ministères, conseils de villes, communes, etc. La gestion de ces déchets et leur élimination devient donc une obligation. Le présent travail s'inscrit dans le contexte de la gestion, la valorisation et le recyclage des déchets ménagers par compostage qui est considéré actuellement comme l'une des composantes du développement durable (Chennaoui et *al.*, 2016).

Les déchets sont à la fois une source de nuisances pour l'environnement et un gisement important pour la récupération des matières premières. La valorisation des déchets reste le moyen le plus intéressant pour préserver la qualité de l'environnement. Les filières de récupération et de valorisation sont multiples pour une meilleure gestion des déchets. Les procédés de traitement des déchets ménagers contribuent largement à la réduction des nuisances et de leurs impacts sur l'environnement. Le compostage des ordures ménagères est le plus répandu car il conduit à leurs valorisations et à la gestion de la matière organique (Debray, 2002).

II.1. Définitions.

II.1.1. Définition du compost.

Le compost est une substance brune foncée et fragmentée (Salemi, 2012). Elle provient des restes de plantes, des fumiers animaux (Inckel et *al.*, 2005), ou des résidus putrescibles décomposés par l'action de micro-organismes, d'insectes et de vers de terre en présence d'oxygène, qui a atteint un état d'équilibre (Morency, 2006).

II.1.1.2. Définition du compostage.

La définition du compostage n'est pas une chose facile car c'est un processus complexe, plusieurs interprétations du compostage peuvent exister selon que les auteurs prennent en compte le caractère

naturel des transformations observées et des réactions biochimiques ou la maîtrise de la technique par l'homme (Znaidi, 2002).

Il existe plusieurs définitions assez voisines du compostage (Kaiser, 1981; de Bertoldi et *al*, 1983 ; Leclerc, 2001) qui permettent de le définir de la manière suivante :

Le compostage des déchets organiques reproduit le processus naturel de transformation dans le sol, des matières organiques fraîches, d'origine animale et végétale, en matière organique humifiée, communément appelée humus.

C'est une pratique ancienne, dont on trouve des témoignages dans les lointaines civilisations Romaine et même égyptienne (Martin, 2000). Cette pratique est aussi répandue dans les communautés amazigh (kabyles, du moins) où ils amoncellent plusieurs couches de déchets d'origine organique, souvent végétales et crottes des différents animaux d'élevage et même humaines qui constitue un réservoir d'engrais, exploité au fur et à mesure de leur ancienneté, et ceci pour amender les vergers (figuiers, etc.). Ce compost collectif au village est appelé « Agoudhou » (communication écrite, Derridj, 2020).

C'est aussi un processus de décomposition et de transformation plus ou moins contrôlés de déchets organiques biodégradables d'origine végétale et /ou animale. Cette biodégradation s'effectue généralement sous l'action de microorganismes aérobies décomposeurs (Leclerc, 2012).

C'est la transformation d'une matière organique très instable et fortement biodégradable en une matière organique stable (Chenni et Maghlouche, 2013). C'est une méthode de traitement biochimique qui consiste à utiliser l'action de divers organismes aérobies (dans des conditions où l'oxygène est présent) pour décomposer sous contrôle (aération, température, humidité) et de façon accélérée, les matières putrescibles. Cela, en vue d'obtenir un amendement organique stable d'un point de vue biologique, hygiénique et riche en humus, le matériel obtenu est appelé compost (Morency, 2006).

C'est aussi un procédé de dégradation naturelle des matières organiques par des micro-organismes, en présence d'humidité et d'oxygène (Sirdom).

II.2. Description du processus.

Le compostage est un processus contrôlé de dégradation des constituants organiques d'origine végétale et animale. Une succession de communautés microbiennes (bactéries, champignons), en condition aérobie (principalement), provoquent une augmentation des températures (Ménasseri, 2005, *in* Francou, 2003).

Le processus de compostage se produit grâce l'activité des micro-organismes (bactéries) et d'autres organismes plus grands tels que des vers et des insectes. Ceux-ci nécessitent certaines conditions pour pouvoir vivre. Elles comprennent l'humidité et l'air (Inckel et *al.*, 2005).

Pour faire du compost de la façon la plus efficace, il faut que les micro-organismes soient en mesure de travailler le mieux possible. C'est à dire que les quatre facteurs suivants doivent être combinés d'une façon optimale (Inckel et *al.*, 2005):

1. Type de matière organique
2. Air
3. Humidité
4. Température

Le taux de l'acidité (pH) est souvent mentionné aussi comme facteur déterminant. L'acidité dépend de l'apport d'air et d'humidité. Un tas de compost qui est bien construit deviendra rarement trop acide (Inckel et *al.*, 2005).

Le processus de compostage sera optimal lorsque (Inckel et *al.*, 2005). :

- Des matériaux variés qui ont différentes vitesses de décomposition sont associés.
- Les différents matériaux sont bien mélangés.
- La taille du tas varie entre 1 mètre sur 1 et 3 mètres sur 3. Ceci permet de maintenir la température à un niveau constant à l'intérieur du tas.

Un bon processus de décomposition passe par 3 phases consécutives : une phase d'échauffement (fermentation) ; une phase de refroidissement et une phase de maturation (Inckel et *al.*, 2005).

Ces différentes phases sont difficiles à discerner les unes des autres parce que le processus se déroule très progressivement. Plusieurs sortes de micro-organismes assurent au cours de chacune de ces phases la transformation de la matière organique en compost (Inckel et *al.*, 2005).

Le compostage se caractérise par une production de chaleur (40 à 70 °C) et à la fin du processus, par une perte de volume ainsi que par la production de composés humiques stabilisés. Ce processus offre de nombreux avantages. Car il permet la réduction des déchets ménagers, celle des déchets de fermes et des milieux urbains (Houot et *al.*, 2003) ; de plus son produit final, le compost, est utilisé pour l'amendement des sols, la fertilisation des cultures sur sol y compris en culture hors-sol

(M'Sadak et *al.*, 2013). Toutefois, la qualité du compost dépend à la fois de son mode de fabrication et de la nature des matières utilisées (Inckel et *al.*, 2005).

II.3. Pourquoi composter ?

Le compostage permet de transformer un matériau en fin de vie (le déchet) en un produit utilisable (le compost). L'intérêt premier d'un compost est d'être un amendement organique permettant d'améliorer la fertilité des sols (Kirchmann et Widen, 1994). Par rapport à des déchets non compostés le compostage présente un certain nombre d'autres avantages :

Le compostage permet de réduire les masses et les volumes d'environ 50% par rapport aux déchets initiaux. Ces réductions sont dues à la minéralisation des composés organiques, à la perte d'eau et à la modification de la porosité du milieu (Kirchmann et Widen, 1994).

La perte en matière organique entraîne une concentration des éléments minéraux au sein du compost (Kirchmann et Widen, 1994).

L'augmentation de la température permet la destruction des agents pathogènes. D'autres facteurs qui restent à étudier pourraient intervenir (Kirchmann et Widen, 1994).

II.4. les intérêts.

Le compostage est à la fois écologique économique et pratique.

- Ecologique : le compostage limite la quantité de déchets.
- Economique : le compost est un engrais naturel et gratuit.
- Pratique : il favorise et améliore la fertilité des sols dans le temps.

A ces aspects écologique et économique, s'ajoutent des aspects agronomiques et environnementaux liés à l'usage des composts dans l'agriculture biologique (Ademe, 2000; Medd, 2003).

II.5. Les avantages du compost.

L'utilisation du compost en agriculture pourrait permettre de lutter contre la dégradation des sols. En effet, il est généralement admis que les composts contribuent à l'entretien de la matière organique des sols, améliorant ainsi leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques et qu'ils

apportent des éléments fertilisants aux cultures (Leclerc, 2001). Il permet en un mot à la « restauration » des sols.

- Peut agir sur les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol.
- Améliore la rétention en eau des sols légers.
- Améliore la fertilité et la capacité d'échange cationique.
- Possède un pouvoir suppressif sur certaines maladies des plantes causées par des champignons (ex. Fusarium, Pythium, Rhizoctonia, Phytophthora, etc.), des nématodes ou bactéries lorsqu'il est bien réussi.
- Aide à décomposer les résidus de pesticides ou autres résidus synthétiques.
- Diminue la disponibilité de certains métaux lourds.
- Se caractérise comme étant un fertilisant et un amendement organique contenant peu, voire aucun pathogène (champignons, bactéries, insectes, etc.) et mauvaises herbes.
- Ne possède pas de restriction d'application en saison de culture pour la certification biologique, contrairement au fumier (MAPAQ- le compost comporte bien des avantages à découvrir).
- Amélioration de la structure des sols par augmentation des agrégats et des espaces vides.
- Réduction importante du glaçage et de l'érosion.
- Meilleure porosité à l'air et à l'eau.
- Effet isolant de la matière organique si les sols sont bien drainés.
- Meilleure rétention de l'eau en limitant les remontées capillaires ce qui réduit les problèmes de sécheresse, tout en favorisant une meilleure percolation (rôle d'éponge).
- Effets sur la biologie des sols : augmentation de l'activité des microorganismes.
- Augmentation de l'activité de la rhizosphère Inhibition de nombreux phytopathogènes (effets supprimeurs).
- Destruction plus rapide des molécules polluantes comme les pesticides, les hydrocarbures et des molécules considérées comme très stables (PCB, HAP, etc.).

- Meilleur développement racinaire et par conséquence, des plantes entières (Matra et Hanry, 2005).

II.6. Les phases du compostage.

De nombreux auteurs ont défini le processus de compostage à travers l'évolution thermique du compost (Mustin et *al.*, 1987 ; Poincelot, 1992 ; Epstein, 1997). Le compostage débute à la formation du tas, de l'andain ou plus simplement à la mise en place des déchets à composter (FAO, 2005). Ensuite la succession d'environnements thermiques différents conditionne les espèces microbiennes présentes tout au long du processus de compostage (McClintock, 2004). Les communautés microbiennes opérant durant le compostage diffèrent de celles présentes dans les déchets organiques initiaux et leur prolifération serait fonction de leur sélection par les conditions environnementales ambiantes (Ishii & Takii, 2003). Deux paramètres majeurs semblent influencer la composition et la succession des communautés microbiennes : l'évolution de la température, conditionnée par le mélange initial des matières premières et sa biodégradabilité (Steger et *al.*, 2007), et la disponibilité des nutriments (Ishii et Takii, 2003).

Plusieurs phases se succèdent dans un processus de compostage selon la qualité des matières impliquées ainsi que leurs proportions plus ou moins importantes. L'évolution de la température du tas peut permettre de suivre l'évolution du compostage est facilement évacuée et la température varie peu (Ishii & Takii, 2003).

Si le tas est de petite taille, la chaleur produite par les micro-organismes impliqués dans le compostage est facilement évacuée et la température varie peu (Paillat, 2008).

Si le tas est de taille importante, la chaleur est mieux conservée, et le suivi de la température du compost permet de distinguer plusieurs phases (Paillat, 2008). Selon le même auteur, ces dernières correspondent au développement successif de différentes communautés microbiennes, essentiellement des bactéries, dans les 2 premières phases mésophile, thermophile, puis majoritairement des champignons et des actinomycètes dans les 2 dernières, refroidissement et maturation. La phase de décomposition ou de fermentation, avec la dégradation de la matière organique fraîche dominante correspond au passage des déchets organiques bruts à un compost jeune prés humifié, puis la phase de maturation avec la biosynthèse de composés humiques dominante, correspond au passage du compost jeune à un compost mûr riche en humus.

La succession de 04 phases chronologiques en lien avec le dégagement de la chaleur dû à l'activité des micro-organismes ; ces phases sont largement décrites dans la littérature (Leclerc, 2001).

1. Mésophile
2. Thermophile
3. Refroidissement
4. Maturation. (Anonyme 2, 2012). (Annexe 01)

II.6.1. La phase mésophile.

C'est la phase initiale du compostage. Durant les premiers jours de compostage, la présence de matières organiques facilement biodégradables entraîne une forte activité microbienne (bactéries et champignons) générant une forte production de chaleur et une montée rapide de la température au cœur du compost (Inckel et *al.*, 2005).

Au cours de cette phase du compostage (mésophile), on assiste à une production de chaleur dans le tas de compost. C'est ce qu'on appelle la fermentation, et c'est le résultat de la décomposition des structures de fibres dures et complexes de la matière organique. C'est au centre du tas du compost que ce processus de décomposition est le plus important (Inckel et *al.*, 2005).

II.6.2. La phase thermophile.

Très vite la température atteint des valeurs de 60°C voire 75°C. Cette phase est appelée phase thermophile car seuls les micro-organismes thermorésistants (essentiellement des bactéries) peuvent survivre à ces hautes températures. Au cours de cette phase, une partie importante de matière organique est perdue sous forme de CO₂, et un assèchement du compost lié à l'évaporation de l'eau est souvent observé (Inckel et *al.*, 2005).

II.6.3. La phase de refroidissement.

Elle succède à la phase thermophile. La diminution de la quantité de matières organiques facilement dégradables provoque un ralentissement de l'activité microbienne. La chaleur générée par la dégradation microbienne est alors inférieure aux pertes dues aux échanges surfaciques et à l'évaporation, entraînant ainsi un refroidissement du compost. Cette phase de refroidissement peut être très progressive ou au contraire très rapide en fonction des conditions climatiques ou de la taille du tas de compost par exemple. Au cours de cette phase, des micro-organismes mésophiles colonisent à nouveau le compost (Inckel et *al.*, 2005).

II.6.4. La phase de maturation.

Au cours de la dernière phase appelée phase de maturation, les processus d'humification prédominent, ainsi que la dégradation lente des composés résistants. Cette phase de maturation dure jusqu'à l'utilisation des composts (Leclerc, 2001).

Au cours de cette phase, les bactéries laissent majoritairement place aux champignons, qui stabilisent les matières organiques sous formes de composés humiques. La durée de cette phase est de quelques mois (Anonyme 1, 2012).

II.7. Les méthodes du compostage.

II.7.1. La méthode Indore.

La méthode Indore est beaucoup utilisée pour la préparation du compost en couches. Le processus est facile à régulariser et a un déroulement régulier, du fait que le tas est retourné plusieurs fois et on obtient du compost en un peu de temps (Inckel et *al.*, 2005).

Le tas est construit sur une base de branches et de cannes. Puis on y ajoute successivement : une couche de matériel organique difficilement décomposable d'environ 10 cm, une couche de matériel organique facilement décomposable de 10 cm. une couche de 2 cm de fumier animal .Il faut répéter cette opération de placement en couches successives jusqu'à ce que le tas ait une hauteur de 1,5 à 2 m. Toute cette opération doit se faire dans une durée limitée, de préférence en une semaine (Inckel et *al.*, 2005). (Annexe 02)

II.7.2. La méthode Bangalore.

La méthode Bangalore est une autre méthode de fabrication de compost également très utilisée. La construction du tas est la même que pour la méthode Indore : on le construit également en une semaine, et il est fait de plusieurs couches successives. Lorsque le tas doit continuellement rester couvert il est plus difficile de régulariser le processus de décomposition et est moins adaptée aux personnes qui n'ont pas ou trop peu d'expérience dans la fabrication de compost (Inckel et *al.*, 2005).

II.7.3. La méthode du processus d'échauffement ou méthode de blocs.

Cette méthode ressemble à la méthode Bangalore, mais comporte un traitement spécial qui permet de transformer de grandes quantités de matière organique. On fabrique toujours de nouveaux blocs de matière organique, qui seront entassés (Inckel et *al.*, 2005).(annexe 03)

II.7.4. La méthode du compostage dans les fosses

Le compost est fabriqué dans des fosses ayant été creusées dans le sol est une méthode rapide, facile et moins onéreuse Le besoin en eau étant plus bas, la méthode convient dans des régions sèches, Mais le suivi du processus de décomposition est plus difficile que pour un tas qui est construit au-dessus du sol (Inckel et *al.*, 2005).

Les déchets à composter sont déposés dans un trou de 30 à 50 cm de profondeur, creusé dans le sol (Siredom, 2008). Une fosse modèle devrait mesurer 1,5 à 2 m de largeur, 50 cm de profondeur et peut avoir une longueur variable selon les conditions locales du sol et la nappe phréatique. Il convient de revêtir la fosse d'une mince couche d'argile. Souvent, on creuse plusieurs fosses l'une à côté de l'autre, pour permettre de verser le contenu d'une fosse dans l'autre (Inckel et *al.*, 2005). (annexe 04)

II.7.5. La méthode du compostage dans les rigoles

Le compostage dans des rigoles est la même que le compostage dans des fosses à l'exception que les plantes se cultivent directement au-dessus de la fosse contrairement au fait d'enlever le compost de la fosse et de l'étaler sur le sol. Il faut d'abord creuser une rigole. Les dimensions dépendent de la quantité de matériel disponible et du nombre de plantes que vous allez planter dans la rigole. La largeur de la rigole peut varier entre 50 cm et quelques mètres. La profondeur est 1 m ou moins et la longueur peut varier (Inckel et *al.*, 2005).

Elle est particulièrement utile contre les atteintes de termites du fait que la plupart d'espèces vivent au-dessus du niveau du sol (Inckel et *al.*, 2005).

II.7.6. Le compostage dans des enclos de vannerie.

La méthode de compostage dans des enclos de vannerie utilisée, s'il n'y a pas suffisamment de matériaux de compostage. Les substances nutritives sont bien utilisées dans un petit potager. Cette méthode convient aussi à l'utilisation des petites quantités de déchets (Inckel, 2005). (annexe 05)

La méthode est la suivante : creuser des trous circulaires d'un diamètre de 60 cm et d'une profondeur de 60 cm. Revêtir le fond avec du matériel difficilement décomposable. - Ajouter 8 cm de fumier animal, 15 cm de matériau végétal puis 0,5 cm de cendres - Répéter les phases 3 à 5 jusqu'à ce que le trou soit rempli, Recouvrir avec de l'herbe ou des feuilles afin d'empêcher l'eau et les substances nutritives d'être perdus. Marquer les contours circulaires du trou à l'aide d'une ronde, 10 cm en hauteur, utilisant des bâtons minces qu'il faut tresser (Inckel et *al.*, 2005).

II.8. Les déchets à composter.

II.8.1. Les déchets de cuisine.

- Epluchures, fruits et légumes en morceaux.
- Restes de repas : pain, fromage, pâte, etc.
- Coquilles d'œufs écrasées.
- Marc de café et thé, des boîtes d'œufs.
- Déchets de plantes Déchets du jardin : feuilles mortes, tontes de gazon, pailles et herbes (Anonyme 2, 2019).

II.8.2. Les déchets de la maison.

- Essuie-tout, papier blanc
- Papier journal
- Carton et cartonnets des boîtes d'œufs
- Fleurs fanées
- déchets de plantes (Anonyme 2, 2019).

II.8.3. Les déchets du jardin.

- Feuilles mortes •tontes de gazon.
- Pailles et herbes diverses restes de culture écorces, etc. (Anonyme 2, 2019).

II.9. Les 3 règles d'or du compostage.

Le compostage n'est possible que si les types de déchets sont équilibrés entre eux. Vous devez maintenir des apports équivalents de déchets azotés, carbonés, humides, secs, grossiers et fins (Anonyme 3, 2019).

II.9.1. Diversifier les apports de déchets.

- Il ne faut pas apporter trop de déchets à la fois et faire en sorte qu'ils ne soient pas trop humides. Il est donc nécessaire d'éviter les quantités de gazon trop importantes (Anonyme 3, 2019).
- Stockez pendant quelques jours vos déchets pour les faire perdre leurs humidités et une partie de leurs volumes (Anonyme 3, 2019).
- Pour accélérer son développement et l'homogénéiser, le compost doit être régulièrement oxygéné, surtout en début de cycle. Il est donc nécessaire d'effectuer un léger brassage au moment de l'apport des déchets. Un retournement bimensuel est ensuite suffisant. En mélangeant, vous éviterez les mauvaises odeurs et le blocage des fermentations (Anonyme 3, 2019).
- Mélangez du contour vers le centre.

II.9.2. Maintenir une humidité suffisante.

Pas de vie sans eau. Le compost doit toujours conserver son taux d'humidité. Si le contenu se dessèche trop, le processus s'arrêtera. Au contraire, s'il est noyé, votre compost pourrira (Anonyme 3, 2019).

- Trop d'humidité empêche l'aération, freine le processus et dégage des odeurs désagréables.
- Pas assez d'humidité et les déchets deviennent alors secs, les micro-organismes meurent et le processus s'arrête.
- Le mélange doit toujours être humide comme une éponge que l'on vient de presser.

II.9.3. Aérer et brasser les déchets.

- Pour accélérer son développement et l'homogénéiser, le compost doit être régulièrement oxygéné, surtout en début de cycle.
- Il est donc nécessaire d'effectuer un léger brassage au moment de l'apport des déchets. Un retournement bimensuel est ensuite suffisant.
- En mélangeant, vous éviterez les mauvaises odeurs et le blocage des fermentations.
- Mélangez du pourtour vers le centre (Anonyme 3, 2019).

II.10. Les étapes du compostage.

Plusieurs étapes sont distingués dans le processus du compostage une phase correspond à la récupération avec un stockage sur une courte durée de matière première puis la phase des différents traitements (Matrat et Hanry, 2005).

II.10.1. La récupération des déchets.

Cette première étape doit permettre le suivie des déchets réceptionnés. Elle prend en compte une analyse complète : Quantité, nature des déchets (rapport C/N, teneur en eau, etc.), contrôle de qualité (absence d'impuretés) (Matrat et Hanry, 2005).

II.10.2. Le tri des déchets.

Il sert à séparer les matières organiques fermentescibles des autres matières retrouvées dans les déchets hétérogènes. Le tri peut se faire à deux niveaux :

- 1- A la source, en amont.
- 2- Après collecte, en aval (Diaz et *al.*, 1993).

II.10.3. Le stockage des déchets.

Le stockage de déchets verts humides et hautement fermentescibles peut conduire à un dégagement de mauvaises odeurs. Il est préconisé de les intégrer rapidement à la chaîne de compostage. Certains déchets tels que les déchets ligneux peu fermentescibles peuvent être stockés (Matrat et Hanry, 2005).

II.10.4. Le mélange ou l'homogénéisation des déchets.

Certain déchets ne sont pas aptes à être compostés seuls, notamment les déchets trop humides ou contenant des matières organique hautement fermentescibles. Ces produits sont intéressants en mélange car fournissent les conditions optimales pour la fermentation (Matrat et Hanry, 2005).

II.10.5. Le broyage.

L'objectif du broyage est de fragmenter les déchets afin de faciliter leur attaque par les microorganismes. La diminution de la taille des particules augmente la surface du contact entre la matière organique et les microorganismes, accélérant ainsi la phase de fermentation (Matrat et Hanry, 2005).

II.10.6. Les différentes phases du processus du compostage.

Ce sont les suivantes : La phase mésophile, la phase thermophile, la phase de refroidissement et la phase de maturation (Matrat et Hanry, 2005).

II.10.7. Le criblage et le stockage des déchets.

Le criblage permet d'obtenir la granulométrie demandée par l'utilisateur (Matrat et Hanry, 2005).

II.11. Les paramètres du compostage.

Les principaux paramètres de contrôle du compostage sont ceux qui influencent les conditions, la température et les caractéristiques physico-chimiques initiales des matériaux mis en compostage (Matrat et Hanry, 2005).

II.11.1. Les Paramètres physiques.

II.11.1.1 La Température.

Le processus de compostage met en œuvre deux gammes de températures : mésophile et thermophile. Alors que la température idéale pour la phase initiale de compostage est de 20 à 45°C, par la suite, les organismes thermophiles ayant pris le contrôle des étapes ultérieures, une température située entre 50 et 70°C est idéale. Les températures élevées caractérisent les processus de compostage aérobie et sont les indicateurs d'une activité microbienne importante. Les pathogènes sont en général détruits à 55°C et plus, alors que le point critique d'élimination des graines d'adventices est de 62°C. Le retournement et l'aération peuvent être utilisés pour réguler la température (Rome, 2005).

L'activité optimale des micro-organismes qui décomposent les déchets correspond à une plage de température bien définie. Les bactéries mésophiles sont actives entre 20 et 45°C. Et les thermophiles entre 45 et 65°C (Paillat, 2008). Le suivi de la température est par ailleurs une mesure indirecte de l'intensité de la biodégradation lorsque le processus n'est pas terminé. Une carence en oxygène peut ainsi être décelée par la baisse de la température et corrigée par retournement des déchets pour aérer. Pour obtenir l'hygiénisation du compost (destruction des germes pathogènes et parasites présents dans les déchets) en compostage à l'air libre, une température de 55°C pendant 5 jours est nécessaire (Plateforme-Re-Sources, 2015).

L'augmentation de la température dès le second jour du compostage résulte de la production de chaleur. En effet, au cours du compostage, les composés organiques sont dégradés par les microorganismes suivant le phénomène de fermentation. Ce mécanisme biochimique est accompagné d'une forte production de chaleur et de gaz carbonique. La production de chaleur est due à l'action de certains micro-organismes dans le processus de compostage (Inckel et *al.*, 2005). (Annexe 06).

La surveillance de la température permet une mesure indirecte de l'intensité de la dégradation aérobie par la flore microbienne. À des températures inférieures à 20°C, seules les microorganismes psychrotrophes sont actifs. Entre 20 et 40°C, c'est le tour des mésophiles, mais les microorganismes thermophiles sont actifs seulement à des températures comprises entre 40 et 70°C (Mustin, 1987).

Cette élévation de la température est la conséquence directe de l'oxydation de la matière organique des substrats. L'oxydation permet ainsi la libération de l'énergie contenue dans les liaisons chimiques des molécules constitutives. Avec le compostage, l'intense activité des microorganismes génère une élévation de la température ce qui permet l'installation des microorganismes thermophiles et thermo-tolérants. Cependant, durant la phase de maturation qui succède à la phase thermophile, les pertes de chaleur par échange avec le milieu extérieur et la diminution des éléments nutritifs, engendrent une chute de température progressive et se rapproche de l'ambiante 25,2°C (Chennaoui et *al.*, 2016).

II.11.1.2. L'aération et l'humidité.

L'humidité et l'aération sont étroitement liées (Lardinois, 1993). L'aération insuffisante durant le processus de compostage produit des odeurs nauséabondes et des substances toxiques. L'oxygène utilisé par les micro-organismes provient de l'air présent dans les espaces ouverts entre les particules et la masse de compostage. Si les espaces (interstices) sont remplis d'eau, l'air est exclu et l'activité aérobie diminue (anaérobie).

L'aération peut être accomplie par retournement d'andains (compostage ouvert), par les retourneurs tabulaires (monts de compost), les enjambeurs (pour les andains triangulaires) ou par aération forcée (soufflerie) souvent moins efficace que le retournement. Le taux maximum d'humidité permissible varie avec la nature des déchets compostés, mais un taux de 55 à 65 % est généralement adéquat. L'eau est nécessaire au développement des micro-organismes et peut être apportée par

arrosage selon le cas. Si le tas est trop sec, le processus de compostage est lent ou arrêté, alors qu'au-dessus de 65 %, des conditions anaérobies se rencontrent (Lardinois, 1993).

Les micro-organismes ont besoin d'humidité pour vivre et pour se distribuer à travers le tas. L'activité des organismes se ralentira si le tas est trop sec. Mais si le tas devient trop humide, il n'aura pas assez d'air et les organismes de décomposition mourront. De ce fait, un processus de fermentation plutôt qu'un processus de compostage aura lieu dans le tas. Il faut une certaine expérience pour apprécier la quantité d'eau qui est nécessaire (Lardinois, 1993).

II.11.1.3. Le Test d'humidité.

Le taux d'humidité d'un tas de compost peut être très facilement testé : en enfonçant une petite botte de paille dans le tas. Le taux d'humidité est bon si, au bout de 5 min, la botte de paille est moite. Si la botte de paille est toujours sèche au bout de 5 min, c'est que le taux d'humidité est trop bas. Un tas de compost trop sec doit alors être arrosé régulièrement. Le mieux est d'utiliser un arrosoir ou une boîte de conserve percée de trous. On peut verser soit de l'eau pure, soit un mélange de 1 dose d'urine et de 4 doses d'eau. L'urine augmente la croissance des micro-organismes (Inckel et *al.*, 2005).

Si des gouttes d'eau restent accrochées aux brins de paille, le tas est trop humide. Il faut alors l'ouvrir immédiatement. Le matériau étalé peut sécher au soleil. On peut aussi le mélanger avec des matériaux secs. Après quelque temps, on pourra reconstruire le tas. Si c'est la pluie qui a causé un taux d'humidité trop important, il faudra mieux recouvrir le tas. Dans les deux cas (humidité trop faible ou trop forte), il faut recommencer le test au bout de quelques jours (Inckel et *al.*, 2005).

II.11.1.4. Le taux d'oxygène lacunaire.

C'est le pourcentage d'oxygène dans l'air des vides. Il joue un rôle primordiale dans le compostage aérobie des déchets car il est nécessaire à l'oxydation de la matière organique (Inckel et *al.*, 2005).

Il est en relation directe avec la granulométrie et l'aération du substrat à composter. Les besoins en O₂ sont très importants dans la phase initiale de formation du déchet puis diminuent rapidement au cours du temps (Inckel et *al.*, 2005).

Le maintien de bonnes conditions d'aération du compost permet d'éviter les phénomènes de fermentation anaérobie avec production de composé malodorants (Inckel et *al.*, 2005).

II.11.1.5. La teneur en eau.

Ce paramètre est important pour le développement de la flore microbienne au sein du compost. Dans les conditions optimales, la teneur en eau doit avoisiner 60 %. Cependant un déchet trop humide sera difficilement compostable car il est favorable à l'installation de conditions d'anaérobiose. Les quantités d'eaux formées par la réaction d'oxydation de la matière sont négligeables en regard des quantités d'eau évaporées par le dégagement de chaleurs (Inckel et *al.*, 2005).

Ainsi pour pallier la diminution de la teneur en eau, il peut être nécessaire d'arroser les matériaux en cours du compostage (Inckel et *al.*, 2005).

II.11.2. Les paramètres chimiques.

II.11.2.1. Le pH.

Le pH est un facteur important qui influence la plupart des réactions biochimiques catalysées par des enzymes, ce qui permet la biodisponibilité des nutriments et la solubilité des éléments minéraux pour les micro-organismes. Le processus de compostage se caractérise par un pH initial de 7,5 (Inckel et *al.*, 2005).

L'évolution du pH en fonction du temps montre trois phases différentes :

Une phase acidogène se produit au début du processus de dégradation : production d'acides organiques et de dioxyde de carbone (CO₂) par les bactéries acidogènes, décomposeurs du matériel carbone complexe, provoquant ainsi une diminution du pH initial. La seconde phase correspond à une alcalinisation : hydrolyse bactérienne des composés azotés avec production d'ammoniac (NH₃) associée à la dégradation de protéines et à la décomposition d'acides organiques (Charnay, 2005 ; Mustin, 1987). Le pH final optimal se situe donc vers la neutralité en fonction de la nature du substrat (Damien, 2004). Le suivi du pH est un indicateur du degré de décomposition biologique et biochimique. La première phase acidogène est difficilement observable car les acides gras volatils sont rapidement consommés comme l'indiquent les études de Monedero et *al.*, (2001) et Charnay, (2005).

L'obtention d'un pH basique en fin de compostage serait un indicateur de bon déroulement du processus de compostage. Alors que le pH acide proviendrait de la présence des acides acétique et lactique dans le tas en cours de compostage (Beck-Friis et *al.*, 2001). L'augmentation du pH de 8 à 9, serait dû aux ions NH₄⁺ libérés dans les composts matures (Tang et *al.*, 2004 ; Sundberg et *al.*, 2004).

L'importance du pH comme indicateur de la maturité du compost avait été signalée par (Albrecht, 2007) a signalé que le pH des composts mûrs varie entre 7 et 9 alors que celui des composts immatures serait acide (Matrat et Hanry, 2005).

Le pH (équilibre acide /base) il influe sur le processus de compostage par l'intermédiaire des conditions de développement de micro-organisme de la fermentation. L'optimum se situe entre 6 et 8 (Matrat et Hanry, 2005).

II.11.2.2. Le rapport C/N.

La consommation du carbone organique par la microflore libère une grande quantité de CO₂. La diminution progressive de la teneur en carbone du milieu a pour conséquence une diminution sensible de la valeur du rapport C/N (Pinelli, 2014 ; Pujol, 2012).

Les micro-organismes utilisent le carbone e pour leur production d'énergie et l'azote est utilisé pour leur production d'acides aminés et de protéines. La consommation microbienne de l'azote et du carbone entraîne une diminution du rapport C/N lors de la décomposition des déchets (Plateforme-Re-Sources, 2015). La majorité des études, relatives au degré de maturité des composts, se base sur l'évolution des paramètres physico-chimiques globaux : pH, rapport C/N (Charnay, 2005).

II.11.2.3. Les paramètres biologiques.

Le compost est un milieu plein de vie : un écosystème à lui seul. Si l'ensemble des êtres vivants qui le composent sont si discrets cela tien à leur petite taille : de quelques microns à quelques centimètres. Pourtant, sans l'ensemble de ces insectes, bactéries, acariens ou encore champignons, le processus de compostage n'existerait pas. Ils sont les artisans du compost : ils mâchent, retournent, brassent, aèrent, etc., pour un processus de compostage optimal (Anonyme 4, 2016).

Le processus de compostage est l'effet de l'activité des microorganismes et des macros organismes.

II.11.2.3.1. Les micros organismes.

Les bactéries sont les organismes majeurs intervenant dans les processus de décomposition mais beaucoup d'autres interviennent dans ces processus tels que les champignons, les bactéries, les vers et les insectes. Ces organismes provoquent la décomposition en se nourrissant des matières organiques (Anonyme 4, 2016).

- Appelés Organismes décomposeurs les micro-organismes et les macros-organismes impliqués dans les phénomènes de décomposition de la matière organique. Les bactéries sont les premiers micro-organismes impliqués. Elles arrivent avec la matière organique et démarrent les processus en altérant les matières organiques pour pouvoir se nourrir. Les bactéries croissent et se multiplient tant que les conditions leur sont favorables (Anonyme 4, 2016).
- Elles disparaissent au fur et à mesure que les conditions qu'elles ont contribué à changer deviennent plus favorables à d'autres organismes. Les champignons et les bactéries (plus particulièrement les actinomycètes) consomment directement les déchets et sont désignés comme décomposeurs de premier niveau. Ils sont assistés dans cette tâche par de plus gros organismes tels que vers de terre, scarabées, acariens, cloportes, vers blancs et autres mouches qui consomment aussi directement les déchets (Anonyme 4, 2016).
- Les micro-organismes décomposeurs de premier niveau sont ensuite consommés par les décomposeurs de second niveau tels que collemboles, protozoaires et rotifères. Les décomposeurs de troisième niveau se nourrissent des deux types précédents et comprennent entre autres les mille-pattes et les fourmis. Les organismes de chaque étage de la chaîne alimentaire assurent le contrôle des populations des niveaux inférieurs (Anonyme 5, 2019).

II.11.2.3.2. Les macros organismes

Ceux qui sont visibles à l'œil nu : (Fourmis, mille-pattes, larves, cloportes, escargots, limaces, araignées, géophiles, collemboles, etc.) (Anonyme 4, 2016).

- Ils arrivent en même temps que les champignons microscopiques et, en se nourrissant, ils coupent les déchets en petits morceaux, ce qui accélère le travail des bactéries. Leurs excréments sont enrichis en éléments nutritifs et participent à la fertilisation du compost (Anonyme 4, 2016).
- l'ami du jardinier par excellence : le ver rouge se nourrit essentiellement de déchets, et si vous avez la chance d'en avoir dans votre compost, vous vous apercevrez qu'ils font un travail de décomposition impressionnant ! Pour ceux qui voudraient s'en procurer pour accélérer leur compostage, on en trouve généralement en vente dans les magasins d'articles de pêche (Anonyme 4, 2016).

Le lombric sera plutôt présent dans le sol ou le compost mûr, puisqu'il passe son temps à ingurgiter et dégorger de la terre. En passant dans son tube digestif, cette terre s'enrichit en nutriments ; c'est

comme cela que le ver participe au brassage et à la fertilisation des sols. Leur présence dans un jardin est d'ailleurs révélatrice de la bonne santé de la terre (Anonyme 4, 2016). (Annexe 07)

La vitesse et l'efficacité du compostage sont liées à la présence d'une population microbienne adéquate. Si la présence de ces milliards de bactéries, les vers, des insectes et champignons est indispensable, leur ensemencement (l'ajoute de fumées d'animaux) ('activateurs' ou 'stimulateurs' de compostage) semble peu, voire pas utile. Les spores de ces micro-organismes existent en effet en quantités suffisantes dans la nature et il est beaucoup plus important de veiller à créer un milieu (pH, humidité, aération, C/N, etc.) favorable à leur développement. Dans des quelques systèmes permettent de recycler les déchets fermentescibles en un substrat fermenté constituant un pré-compostage accélérant la production de compost (Inckel et *al.*, 2005).

Conclusion

La gestion des déchets ménagers reste un problème dans tous les pays. L'élimination d'une partie organique de ces derniers par compostage permet d'élaborer une matière première (le compost) susceptible d'être utilisé en agriculture, surtout dans les zones arides, pauvres en matières organiques. Le compostage est la seule filière praticable à toutes les échelles, de la pratique domestique jusqu'aux installations industrielles.

Ce travail est basé sur la valorisation des déchets ménagers par la production du compost, par conséquent, à travers cette étude théorique, nous avons essayé de montrer et d'expliquer la méthode du compostage par Biodégradation et les différents paramètres à suivre au cours du processus.

La qualité du compost peut être évaluée par ses propriétés physico-chimiques et par son innocuité pour l'environnement.

Introduction

Le palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L., est la culture par excellence des régions chaudes et sèches du globe (Munier, 1973). Il est considéré comme la principale espèce, cultivée au Sahara.

Le palmier dattier fournit de la nourriture pour les populations locales et sa production est la seule qui fait l'objet d'un commerce d'exportation (Ozenda, 1991). En effet, le patrimoine phoenicicole algérien occupe une place stratégique dans l'économie des régions sahariennes.

Le palmier dattier espèce hétérozygote, Monocotylédone et dioïque est confronté à deux problèmes majeurs : l'âge avancé des palmiers qui limite le nombre de rejets disponibles et les maladies cryptogamiques, surtout le Bayoud qui a disséminé plus de 3 millions de palmiers en Algérie (Saka et al. 1997).

Les sous-produits du palmier dattier, représentent un gisement important à valoriser et à exploiter dans les zones oasiennes. Ils permettent d'éviter ainsi les effets négatifs sur le système oasien, favorisant la pollution et la multiplication des maladies du palmier dattier. Le problème principal des déchets de palmier est leur consistance sèche et riche en cellulose qui fait que leur compostage nécessite le broyage préalable (Anonyme 6, 2014).

L'élimination des déchets par brulure est contestée pour les risques de santé ou également d'incendies dans les zones préurbaines et encore plus pour les effets négatifs sur l'environnement (Anonyme 6, 2014).

III.1. Définition de palmier dattier.

Le palmier dattier, *Phoenix dactylifera* L. de la famille des Arecaceae, est un palmier subtropical anciennement domestiqué (Munier, 1973). Il est largement cultivé pour ses multiples usages et ses services écosystémiques, en particulier pour ses fruits comestibles dont des milliers de variétés ont été sélectionnées (Boughedoura, 1979) et pour sa capacité d'adaptation aux conditions des climats arides les plus sévères. Sa présence crée un microclimat permettant le développement de diverses formes de vie animale et végétale indispensables pour le maintien et la survie des populations du désert (El-houmaizi, 2002).

III.2. Sa taxonomie.

Le palmier dattier est une espèce appartenant au genre *Phoenix* qui comprend douze (12) espèces botaniques selon (Munier, 1973) et (Moore, 1973). Sa position systématique était donnée comme suit :

- ✓ **Embranchement** : Angiospermes
- ✓ **Classe** : Monocotylédones
- ✓ **Ordre** : Principes
- ✓ **Famille** : *Areacaceae* (*Palmaceae*)
- ✓ **Sous famille** : Coryphoïdées
- ✓ **Genre** : Phoenix
- ✓ **Espèce** : *Phoenix dactylifera* Linné, 1734.

III.3. La description morphologique.

Le palmier dattier est une plante monocotylédone. Le diamètre du tronc de l'arbre demeure généralement stable sous les mêmes conditions à partir de l'âge adulte (Munier, 1973). (Annexe 08)

III.3.1. L'appareil végétatif.

L'appareil végétatif est composé des parties décrites ci-dessous.

III.3.1.1. Le système racinaire.

Il est de type fasciculé, il est volumineux et émerge au-dessus de niveau de sol. Le système racinaire présente quatre (04) zones d'enracinement, classées par (Munier, 1973), selon leur profondeur en : racines respiratoires, racines de nutrition, racines d'absorption et une zone caractérisée par un géotropisme accentué (Bouguédoura, 1991), classe les racines en fonction de leurs diamètres et de leur position au niveau de l'arbre et du sol.

III.3.1.2. Les palmes.

Les palmes sont des feuilles adultes, composées et disposées sur le tronc en hélice, elles demeurent en activité pendant 4 à 7 ans, puis elles jaunissent, se dessèchent et meurent. La disposition des folioles et des épines sur le rachis ; ainsi que les angles qu'elles forment entre elles et avec le rachis, constituent des index taxonomiques permettant de différencier les clones (Munier, 1973). (Annexe 09)

III.3.1.3. Le stipe ou tige.

Le stipe du palmier, équivalent du tronc des arbres est cylindrique sans ramifications, lignifiées et de couleur marron brun. Le stipe est généralement, monopodique et recouvert à sa surface par les fibres végétales de la base des palmes coupées « cornafs » depuis 10-20 ans (Bouna, 2002). La hauteur de l'arbre peut atteindre 10 à 30 m (Ozenda, 1958).

III.3.1.4. Le rejet.

Le rejet est une jeune pousse du végétal, qu'il est possible de planter pour obtenir un nouveau palmier. Celui-ci sera choisi par l'homme parmi une sélection des meilleurs palmiers (Sbiai, 2011).

III.3.1.5. Le gourmand.

Un gourmand est une branche secondaire qui se développe sur le stipe du palmier. Il doit généralement être enlevé car il épuise inutilement les ressources de l'arbre (Munier, 1973).

III.3.2. L'appareil de reproduction.

Le palmier dattier étant dioïque, il est nécessaire d'attendre 6 à 8 ans l'induction des premières floraisons pour connaître le sexe des plantes (Aberlenc, 2012). Les inflorescences naissent du développement des bourgeons axillaires situés à l'aisselle des palmes dans la région coronaire du tronc (Amorci, 1975 ; Peyron, 2000 ; Zaid et *al.*, 2002).

III.3.2.1. L'inflorescence.

Formées à partir de bourgeons, l'inflorescence est une grappe d'épis (spadices ou régimes) de couleur vert-jaunâtre, chaque régime ne porte que des fleurs de même sexe (Amorci, 1975; Peyron, 2000 ; Zaid et *al.*, 2002).

III.3.2.2. Les fleurs.

Les fleurs sont unisexuées à pédoncule très court. Elles sont de couleur jaune-verdâtre selon le sexe et le cultivar. En période de pollinisation, les inflorescences s'ouvrent d'elles-mêmes. La fécondation d'un ovule aboutit au développement d'un carpelle qui évolue pour donner à maturité le fruit (Munier, 1973).

III.3.2.3. Le fruit.

L'évolution des fruits peut durer 100 à 250 jours en fonction des variétés et des conditions du milieu. Le fruit est constitué de : la peau externe (épicarpe), la pulpe ou chaire (mésocarpe), l'enveloppe interne (endocarpe), le périanthe et la graine ou le noyau (Munier, 1973).

III.4. Les déchets du palmier dattier.

Dans les régions sahariennes, le palmier dattier qui constitue le pivot de l'agriculture, offre une large gamme de sous-produits agricoles, utilisés traditionnellement à des fins domestiques. L'estimation du tonnage des sous-produits (rebuts de dattes, pédicelles de dattes et palmes sèches), nous a montré que ces derniers sont disponibles avec des tonnages annuels appréciables, de l'ordre de 135 000 tonnes de folioles de palmes sèches, 67 500 tonnes pour les rebuts de dattes et 5000 tonnes pour les pédicelles de dattes (Chehema et *al.*, 2014).

L'élimination des déchets par brulure est contestée pour les risques de santé ou également d'incendies dans les zones préurbaines et encore plus pour les effets négatifs sur l'environnement (Chehema et *al.*, 2014). (Annexe 10)

III.6.1 Utilisation générale et produits issus du palmier dattier

Il existe de nombreux usages des produits et sous-produits du palmier dattier avec un savoir-faire ancestral (traditionnel) et des applications biotechnologiques. (tableau 06)

Tableau 05 : Différents usages des produits et sous-produits du palmier dattier.

Produits	Utilisation biotechnologique	Utilisation traditionnelle et Alimentation animale
Dattes	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisées comme matière première pour la production de divers métabolites : acide citrique, alcool éthylique, ferments lactique, vitamines B12 levures, des protéines (POU), Vinaigre (Kaidi et Touzi, 2001, et Chehma et Longo, 2001). • Régulation de l'hypertension artérielle (Ben Mbarek et Deboub, 2015 et Chehma et Longo, 2001). • La farine de dattes utilisées dans la panification (Chehma et Longo, 2001). • Fabrication de sucre de dattes, des jus de dattes, par extraction, utilisé comme sucrerie (Chehma et Longo, 2001). 	<ul style="list-style-type: none"> • Dattes à consommation direct par l'homme (Ben Mbarek et Deboub, 2015). • Elles sont en général utilisées par les guérisseurs traditionnels pour traiter des maladies liées à la chaleur et à l'humidité (Bezato, 2013). • Utilisés également pour la fabrication de marmelades, sirops, miels, confiseries). • Utilisation des dattes parthénocarpiques et des déchets de dattes appelés « Hchefs » dans l'alimentation du cheptel (Chehma et Longo, 2001).
Noyaux des dattes	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrication du charbon actif pour Traitement de l'eau potable (Boukhari, 2015). • La farine de noyaux utilisées dans la panification (Khali, 2013). • La fabrication du café décaféiné (Ben cheikh, 2011). 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation dans l'alimentation du cheptel (Chehma et Longo, 2001).
Spathes et Régime de dattes (hampe florale)	<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation des tiges de dattiers ou branchettes dans la formulation des bétons et mortiers (Abdelaziz <i>et al.</i>, 2013). 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisé comme balais traditionnels et comme combustibles. • Couffins et sacs.

<p>Palmes sèches</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ils peuvent même servir en industrie de papier (Kachmoula, 1982 et Chehema et Longo, 2001). 	<ul style="list-style-type: none"> • Palmes sèches, utilisées comme clôtures, brises vent. • De couffins, de chapeau, toitures des abris rustiques, etc (Bezato, 2013). • Les pennes sèches sont utilisées pour traiter des cas de diarrhées chez le cheptel (Bezato, 2013).
<p>Pétiols</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Utilisé dans la confection d'articles de décors. Il possède des vertus cosmétiques : broyé et mélangé avec du henné et de l'huile d'olive il est utilisé traditionnellement comme assouplissant de cheveux (Bezato, 2013). • Utilisées aux cuisines comme bois de chauffe et de chauffage domestique (Bezato, 2013). • Plafond de maison (Rhouma, 2005).
<p>Fibrillum</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisées pour stabiliser les blocs de terre comprimée (BTC) (Taallah, 2014). 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisé dans la corderie, dans la confection de paniers pour les équins, dans la confection des éponges, comme agent humidificateur contre les portes, comme bandage. Broyé, il possède des vertus antiseptiques et cicatrisantes (Bezato, 2013). • La confection des semelles de sandales, des cordes, des filets (Bezato, 2013).

<p>Stipe ou tronc</p>	<ul style="list-style-type: none"> Utilisant comme isolant thermique dans l'habitat (bois) (Bezato, 2013). 	<ul style="list-style-type: none"> Extraction du "lagmi" sève qui s'écoule du stipe c'est une boisson sucrée appelée également "lait de palmier". Il est utilisé comme traitement traditionnel pour les cas de rougeole et comme agent ferment dans la panification (Bezato, 2013). Le stipe est utilisé dans l'ébénisterie traditionnelle dans la fabrication des portes des gouttières ou des canalisations d'eau comme bois de chauffage comme charpentes de bâtiments comme piliers des puits (Bezato, 2013).
------------------------------	---	---

Le palmier dattier, offre une large gamme de sous-produits exploités par la population saharienne, à savoir (Chehema et *al.*, 2001) :

- Le vinaigre, l'alcool et les levures, par fermentation microbiologiques des dattes communes;
- Farine de dattes utilisées dans la panification.
- Jus de dattes, par extraction, utilisé comme sucrerie.
- Tronc d'arbre, utilisé dans l'ébénisterie traditionnelle.
- Bois de chauffage et charpentes de bâtiments.
- Palmes sèches, utilisées comme clôtures, brises vent, dans la confection de couffins, de chapeau, etc.
- Ils peuvent même servir en industrie de papier.
- Les régimes de dattes, comme balais traditionnels, et comme combustibles;
- Le liffe pour la confection des semelles de sandales;
- Le lacmi, boisson très recherchée par la population locale, représentant la sève qui s'écoule du stipe.

L'utilisation des sous-produits du palmier dattier dans l'alimentation du bétail est, depuis longtemps, pratiqué par les éleveurs locaux d'une façon traditionnelle. Les sous-produits les plus utilisés sont, principalement, les déchets de dattes, puis viennent, à un degré moindre, les pédicelles de dattes et les palmes sèches (Chehema et *al.*, 2001).

Conclusion

On conclut, que le nombre de palmiers de différentes espèces est estimé à 20 millions de pieds en Algérie, ce chiffre démontre dans le domaine de la gestion de déchets une production énorme de déchets environ 40 %, qui cause des plusieurs problèmes environnemental.

Parmi les solutions proposées pour l'élimination de ces déchets c'est de les bruler, qui sans conteste aggrave les risques de santé et encore plus des effets négatifs sur l'environnement. Pour cela Le compostage est presque le seul moyen qui pourrait valoriser le grand volume de ces produits.

Avec une gestion adéquate des déchets oasiens on pourra espérer contribuer à un espace oasien plus propre et aboutir à des méthodes de gestion moins polluantes. Le compostage des déchets oasiens est appelé à se généraliser pour arriver à maitriser l'effet environnemental et améliorer la fertilité des sols oasiens.

I.1. L'objectif.

L'objectif de notre étude était de mettre en valeur les déchets ménagers et assimilés plus précisément les bio-déchets du restaurant qui représentent 53 % de la fraction organique de la centrale pétrolière de SH-FCP (Sonatrach et First Calgary Petroleum) sise à Ouargla afin d'en exploiter les déchets de restauration, et faire en sorte de tendre vers zéro déchets.

L'idée était venue avec notre promoteur Professeur Derridj Arezki, dans le but était d'obtenir un compost de bonne qualité, de le soumettre par la suite aux analyses de germination en laboratoire de biologie.

Le compost obtenu au final sera destiné au secteur de l'agriculture et l'horticulture afin d'améliorer la qualité du sol et la qualité des fruits et légumes, c'est-à-dire former une plate-forme de l'agriculture auprès de l'entreprise ; l'entreprise serait la donatrice des déchets organiques qui seront destinés vers le compostage avec un apport de feuilles de palmier dattier présent dans la région, le compost final serait à son tour envoyé vers la plate-forme de l'agriculture pour la cultures des fruits et légumes, ces derniers vont être plus tard considérés comme une source de consommation de tout le personnel de Sonatrach et le secteur de restauration (économie circulaire).

A cause de la propagation rapide de la pandémie ce projet a été annulé, par conséquent on a maintenue l'idée de sud dans notre restaurant universitaire Hasnaoua II (UMMTO) en y incorporant les feuilles de palmier dattier.

I.2. Présentation de la région d'étude.

La région d'étude se limite à la région de Tizi-Ouzou, située dans la partie centrale de l'Atlas tellien, au Nord de l'Algérie, à une distance de 100 km à l'Est d'Alger et à l'ouest de la chaîne du Djurdjura, entre les latitudes 36°20'N et 36°40'N et les longitudes 3°40'E et 4°35'E. Limitée au Nord par la Méditerranée, à l'Est par la wilaya de Bejaia, au Sud par la wilaya de Bouira et à l'Ouest par la wilaya de Boumerdès. Elle occupe une superficie de 2957,93 km². (Figure 02)



Figure 02: Situation géographique de la Wilaya de Tizi-Ouzou (Google earth, 2020).

Le relief géographique de la wilaya de Tizi-Ouzou est caractérisé par de vastes régions montagneuses du Djurdjura qui culmine à 2308 d'altitude, d'une chaîne côtière qui longe toute la bordure Nord de la Kabylie, faisant face à la Méditerranée, avec un point culminant de 1278 m au djebel Tamgout et la dépression du Sébaou qui occupe la partie centrale de la région, située à l'arrière-plan de la chaîne côtière, enfin le massif de la grande Kabylie qui fait face à la dépression du Sébaou au relief très accidenté (pente dépassant largement 25 %) et de nombreux Oueds provenant du Djurdjura ont entaillé le massif, les altitudes se situent entre 800 et 1000 m en moyenne (ABDESLAM, 1996 cité par ASLA, 2002).

I.2.1. Présentation de la zone d'étude.

L'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, est une Université algérienne publique située dans la wilaya de Tizi-Ouzou, avec plusieurs pôles : Hasnaoua 1, Hasnaoua 2, Tamda et Boukhalfa.

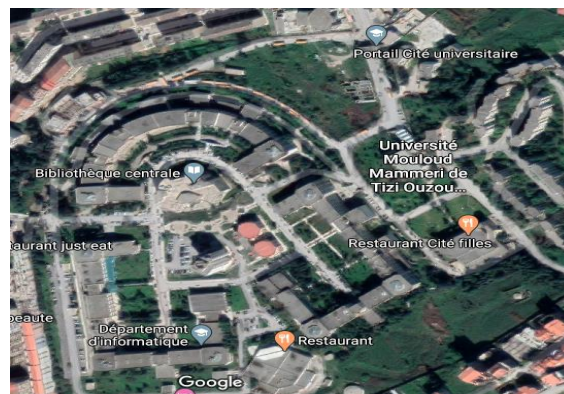


Figure 03 : Vue aérienne de pôle universitaire Hasnaoua II de l'Université Mouloud Mammeri (Google earth, 2020).

o Localisation et situation géographique

L'universitaire Mouloud Mammeri (figure 31), au niveau du pôle de Hasnaoua 2, dont la délimitation est :

- Est : Pâtisserie viennoiserie le coin de delice
- Ouest : Ecole Technique
- Nord : CEM Halliche Hocine (ex BASE 7)
- Sud : Djurdjura school



Figure 04 : Localisation géographique de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour le pôle Hasnaoua 2 (Google earth, 2020).

I.3. La sensibilisation.

Dans notre étude visant à évaluer le mode de gestion des DMA dans le restaurant de l'université par une enquête, des journées de sensibilisation et d'observation représente le moyen le plus adéquat et le plus important pour avoir récolter le maximum de données.

Le 02/03/2020, on a sollicité une réunion avec l'ensemble du personnel qui travaille au restaurant de l'université HASNAOUA II pour connaître la situation de la gestion des déchets organiques (déchets de cuisine) dans le restaurant.

Nous avons voulu connaître la contribution de chacun de ces acteurs dans la gestion des DMA.

I.3.1 Sensibilisation des responsables du restaurant.

Cette catégorie est notre cible qu'il est important de sensibiliser, car c'est eux les gérant du restaurant ; ils sont directement impliqués dans la gestion des déchets.

De plus, ces responsables représentent un vecteur de sensibilisation qui transmet le message aux travailleurs, par conséquent ils contribuent à modifier, améliorer leurs comportement et leurs mode de gestion. (Annexe 11)

I.3.2 Sensibilisation des travailleurs de la cuisine.

Nous nous sommes proposé également de sensibiliser les travailleurs (chef cuisinier- aide cuisinier-serveurs-plongeurs, etc.) car ils représentent le maillon principal dans la chaîne de gestion des déchets ménagers. Il est donc impératif de solliciter leurs adhésions pour une bonne gestion durable des DMA.

Nous avons planifié d'accompagner les employeurs de cuisine durant la préparation des repas, car ils jouent un rôle clé dans le fonctionnement du programme de gestion des DMA en général et dans la phase du tri sélectif en particulier.

I.4. Enquêtes.

I.4.1. Observation globale au niveau du restaurant.

Le but de cette observation est de connaître la situation de la gestion des déchets ménagers dans le restaurant de l'université.

Des observations sur le terrain ont été effectuées à l'intérieure de la cuisine du restaurant ; à l'extérieur là où ils stockent les bio déchets après la collecte. (Annexe 12)

La prise des photos est effectuée à l'aide d'un appareil numérique.

Nous avons mis à la disposition des travailleurs de la cuisine des bacs pour qu'ils collectent les déchets en faisant un tri sélectif pour les déchets biodégradables (épluchures de légumes et fruites, etc.)

Tout en sachant que la préparation du déjeuner débute à 8h jusqu'à 13h 30, avec un nombre de couvert servis est estimé entre 2500 et 3000 repas /jours, cela est dû à la fluctuation des effectifs des étudiants durant les journées de la semaine avec une moyenne des déchets rejetés est de 141,4 kg/jours l'équivalent de 30 %.

A la fin de la préparation des repas ; les bacs ont été quantifiés pesés. L'opération de la collecte des déchets ménagers a été effectuée chaque jours avant le service du déjeuner.

I.4.2 Enquête au niveau du jardin d'essais

Après le contact avec les responsables administratifs du jardin d'essai nous avons eu l'accord de visiter le jardin botanique du Hamma (ex d'd'Essai), l'un des premiers au monde, où fut tourné le célèbre film « Tarzan » et par la même occasion, récupérer les déchets du palmier dattier broyés. On a visité la zone du stockage et du broyage des feuilles du palmier avec la directrice du jardin botanique d'EL HAMMA. (Annexe 13)

Accompagné avec les employés du jardin, nous avons récupéré la quantité dont nous avons besoin pour la réalisation du compost pour l'étude. Nous avons utilisé des sacs en plastique pour la récupération de ce déchet. (Figure 05)



Figure 05: Opération de récupération des palmes sèches dans la zone de stockage d'EL-HAMMA (ex d'd'Essai) (Original, 2020).

I.4.3 Enquête au niveau des cafétérias de proximité de la fac

Pour obtenir un bon composte de qualité, il est nécessaire de veiller sur plusieurs paramètres y compris le rapport C/N.

C'est pour cela on a ajouté un autre apport carboné pour notre composte qui est le marc de café ; cet apport a pour but de :

- Enrichir le compost en matière carbonée.
- Améliorer la qualité du compost.

La récupération de cette matière se fait chaque matin d'une dizaine de cafétérias à proximité de l'université pour avoir la quantité suffisante pour le processus du compostage. On faisait le tri après chaque ramassage pour enlever les boues des cigarettes, les sachets du thé, les tranches du citron...etc.) Car quelques cafétérias ne font pas le tri à la source de leurs déchets. (Figure 06)



Figure 06: Récupération et tri du marc de café (Original, 2020).

I.5. Les paramètres mesurés.

I.5.1 La quantité

- Quantité du broyats de palmier et marc de café

Pour savoir la quantité exacte de broyats de palmiers (n_p) qui doit être mise pour réaliser notre compost, une série de calculs ont été effectués :

Comment calculer le rapport C/N du mélange initial

$$Km = \frac{(n_1 \times R_1) + (n_2 \times R_2) + (n_3 \times R_3)}{(n_1 + n_2 + n_3)}$$

On donne le rapport C/N du mélange : 30

Donc :

$$30 = \frac{(n_c \times R_c) + (n_p \times R_p) + (n_d \times R_d)}{(n_c + n_p + n_d)}$$

Avec : n_c : Quantité du café (marc de café)

n_p : Quantité de palmier

n_d : Quantité des bio-déchets

Avec : R_c : Rapport C/N café

R_p : Rapport C/N palmier

R_d : Rapport C/N déchets

On prend:

$R_c = 15$ $R_p = 40$ $R_d = 20$

$$30 = \frac{15 n_c + 40 n_p + 20 n_d}{(n_c + n_p + n_d)}$$

$$30 = \frac{\frac{15 \times 1}{2} + 40 n_p + 20 \times 2}{1 + n_p + 2}$$

$$30 = \frac{7.5 + 40 n_p + 40}{n_p + 3}$$

$$30 = \frac{40 n_p + 47.5}{n_p + 3}$$

$$30 (n_p + 3) = 40 n_p + 47.5$$

$$30 n_p + 90 = 40 n_p + 47.5$$

$$30 n_p - 40 = 47.5 - 90$$

$$-10 n_p = -42.5$$

$$n_p = \frac{-42.5}{-10}$$

$$n_p = 4.25$$

Donc la quantité de broyats de palmier qu'on doit prendre pour chaque tas est égale à 4 parts.

- Quantité de déchets de cuisine et de marc de café

Pour la réalisation d'un plus grand nombre de tas possible, et avec la disposition de 10 sacs à jute de palmes sèches et 3 sacs plastique de marc de café seulement, nous avons donc pris pour chaque tas réalisé, 4 parts de palmier et 1 part de marc de café et 8 parts de déchets de cuisine (2*4 parts de broyats de palmier). (Figure 07)



Figure 07: Réalisation de 2 tas finals (Original, 2020).

I.6. Essai de valorisation des bio-déchets issus du restaurant universitaire Hasnaoua II (UMMTO).

Le volet de notre étude est la réalisation d'un compost à partir des déchets organiques en zone humide avec un apport de Carbone issus de feuilles de palmiers. Les déchets générés au niveau du restaurant universitaire sont traités par le processus du compostage des déchets biodégradable, afin de réduire la quantité de déchets générés d'une manière rationnelle.

Pour ce faire, nous avons adopté un plan pour ces déchets qui est le suivant :

- Préparation de la plate-forme de compostage
- Récupération des bio-déchets
- Mise en tas des bio-déchets

I.6.1. Le choix du site de compostage.

Pour réaliser notre partie expérimentale nous avons choisi un site à proximité du restaurant universitaire afin de faciliter les déplacements des déchets, il est de superficie importante par rapport à la grande quantité de déchets organiques générée par ce restaurant. Le compostage en tas s'avérait alors, la technique la plus adaptée pour la valorisation de ces déchets.

I.6.2. La préparation de la plate-forme de compostage.

Pour le dépôt de bio-déchets, nous avons préparé une plate-forme d'une longueur de 5 mètres et d'une largeur de 3 mètres, et ce après avoir procédé au désherbage du site à l'aide de matériaux

donné par le docteur Bourbia et son équipe de travail (pelle, faucille, pioche) qui se trouve dans le laboratoire du département d'Agronomie.

I.6.3. Récupération des bio-déchets du restaurant.

A l'aide des responsables et des ouvriers du restaurant universitaire et grâce à la sensibilisation que nous les avons faites par rapport au tri des déchets, ces derniers ont été parfaitement triés, on a donc récupéré que la fraction organique dont on avait besoin avec des quantités très importantes à part le reste des repas cela était fait exprès pour ne pas favoriser le gaspillage.

I.6.4. La mise en tas des bio-déchets récupéré.

Cette technique consiste à mettre les déchets en les déposant directement sur le sol sous forme de tas. Cela est relativement facile à faire ; cette méthode est très pratique lorsqu'il s'agit de grandes quantités de matériaux à composter (Michaud, 2007).

Une fois récupérés, les bio-déchets sont disposés sous forme de tas, en tenant compte de l'importance de la granulométrie pour l'accélération du processus de compostage, nous les avons donc bien découpés à l'aide d'une pelle puis mélangés afin d'homogénéiser le tout.

Les broyats de sous-produits de palmier ont été rajoutés, ainsi le marc de café et mélangés de nouveau. La figure ci-dessous nous illustre les étapes de la fin de la mise en place des bio-déchets et début du processus de « Compostage ». (Figure 08).



Figure 08: Mise en tas des bio-déchets (Original, 2020).

I.7. Analyse biologiques pour les 2 échantillons de compost.

Le 09/03/2020 La mise en place des déchets du restaurant avec le broyat de palmier à été réalisé, le retournement a été effectué seulement 3 fois et arrosé uniquement 1 seule fois.

A cause du confinement exigé par l'état pour son peuple dû à la propagation du coronavirus le 12/03/2020 et pendant tous les 7 mois, l'université Mouloud Mammeri était fermée ainsi notre compost a été abandonné, sans autres apports et actions 'humidification et de retournement..

Pour compléter un peu le côté pratique de notre mémoire, le Professeur Derridj nous a proposé d'effectuer l'analyse physico-chimique sur 2 échantillons et faire une étude comparative entre :

- Echantillon N°01 : compost non suivi, c'est notre compost qui a été retourné juste 3 fois, non suivi des règles de compostage jusqu'à composter totalement.
- Echantillon N°02 : compost suivi dans des bonnes conditions (retournement, aération, arrosage, etc.).

I.7.2. Aspect visuel.

Le couleur initial brun de l'échantillon N°01 change progressivement vers la couleur noire. Dû à la dégradation de la matière organique par les bactéries, ce qu'une diminution en volume de l'échantillon.



Figure 09 : Aspect visuel au cours de processus de compostage (Original, 2020).

I.7.3. Aspect physico-chimique.

Des paramètres physico-chimiques ont été suivis : le pH, la teneur en matières organiques, test de germination, l'humidité. .

I.7.3.1. Broyage et tamisage des 2 composts.

Après la récupération des deux échantillons de compost réalisés, nous avons broyé ces derniers et puis tamisés à l'aide d'un tamis d'un diamètre 2 mm, ensuite exposés au laboratoire de biologie pour la réalisation des analyses physico-chimiques.



Figure 10 : tamisage du compost (Original, 2020).

- **Mesure de pH**

Le pH est réalisé selon les normes internationales. Le pH est mesuré après mise en solution de 10 g de l'échantillon dans 50 ml d'eau distillée.

La méthode employée consiste à préparer une suspension de substrat séché et la laisser en agitation à l'aide d'un agitateur et des barreaux magnétiques pendant 30 mn d'homogénéisation. La lecture du pH se fait moyennement par un pH-mètre après 2 h de décantation.



Figure 11: mélange de compost avec de l'eau distillée (Original, 2020).

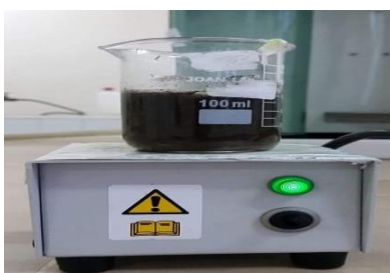


Figure 12: Agitation (Original, 2020).



Figure 13 : la mesure de pH (Original, 2020).

- **Mesure de la teneur en MO par la perte au feu**

La teneur en matière organique par perte au feu représente la teneur en matière volatile. Cette matière volatile correspond à la teneur en matière organique totale.

La teneur en matière organique par rapport à la matière sèche a été déterminée par perte au feu. Ce taux est obtenu par calcination d'un échantillon de 3g à 550°C pendant 6 heures au four à moufle (norme NF U 44-160).



Figure 14 : Les cendres avant calcination (Original, 2020).

- **Test de germination**

Un test de germination avec des graines d'orge a été effectué pour déterminer la qualité du compost par la méthode suivante :

10 pots ont été remplis par le compost broyé. Par ailleurs nous avons semé 5 graines d'orge par pot. Le processus de la germination été suivi pendant 15 jours dans des conditions identiques (18°C) avec arrosage effectué chaque jour.



Figure 15 : Mise en place du processus de germination des graines d'orge (Original, 2020).

II.1. Potentiel d'hydrogène « pH ».

Nous avons effectué 03 essais pour le 1^{er} échantillon (compost non suivi) ainsi que pour le 2^{ème} échantillon (compost retourné et suivi).

L'étude du pH à la fin du processus du compostage montre que le pH du compost non retourné (échantillon 01) est un pH basique avec une moyenne de 7,57, ainsi celui du compost retourné et suivi (échantillon 02) le pH est basique avec une moyenne de 8,07.

Le pH est basique dû à la production du gaz ammoniacal (Bernal et *al.*, 1998) associé à la dégradation de protéines libérant des amines et à la décomposition d'acide organiques.

Ce pH favorise le développement des actinomycètes et des bactéries alcalines (Mustin, 1987).

Le pH dépend du bon déroulement du compostage, une aération efficace, par exemple, permettant une bonne dégradation de la matière organique et conduisant à un pH final plus élevé (Ferrer et *al.*, 2001).

Les pH acides caractérisent des composts instables, donc immatures tandis que les composts mûrs sont caractérisés par des pH compris entre 7 et 9 (Avnimelech et *al.*, 1996). Le pH varie lors du compostage pour se stabiliser à la neutralité dans beaucoup de cas à la fin du processus.

II.2. Matière organique.

D'une façon générale, la matière organique (MO), composée de molécules complexes et diverses, subit d'abord une décomposition microbienne qui libère les composés simples le plus souvent solubles (Tiquia, 2002 in Amir., 2005). Une partie facilement assimilable (sucres, acides aminés, etc.) subit une minéralisation complète et libère différents composés minéraux solubles ou gazeux. Une autre partie plus résistante ou moins biodégradable telle que la lignine échappe à la minéralisation et après certaines biotransformations sert de matériau de base à l'édification de molécules nouvelles qui deviendront les substances humiques (Tiquia, 2002 in Amir, 2005).

Les résultats obtenus montrent que le compost du 1^{er} échantillon (la teneur en MO % = 47,44%), est riche en matière organique tandis que les résultats de 2^{ème} échantillon (la teneur en MO % = 14,16 %) montrent que le 2^{ème} compost est pauvre en matière organique.

Cette différence est due à la composition des déchets que contient les 2 composts.

Le CO est relié directement avec la MO par la relation (dans la page..) (Matériels et méthode) La teneur de CO du 1^{er} échantillon (compost non suivi) est : CO % = 27,58 %, ainsi que la teneur de CO du 2^{ème} échantillon (compost retourné et suivi) est : CO % = 8,23 %.

Ces valeurs montrent que le 1^{er} échantillon est plus riche que le 2^{ème} échantillon en Carbone.

II.3. Le test de germination.

D'après les résultats obtenus par le test de germination présenté dans les figures , nous avons obtenu des plantules d'orge de 20 cm et le taux de germination est de 74 % pour l'échantillon 01 (compost non suivi), ainsi que pour l'échantillon 02 (compost retourné et suivi) des plantules d'orge de 8 cm avec un taux de germination 64 %, après 15 jours d'arrosage dans les 10 pots de chaque échantillon.

Ce qui signifie que le compost non suivi est un substrat viable et non phytotoxique et qu'il est riche en matière organique et en carbone plus que le compost retourné et suivi.

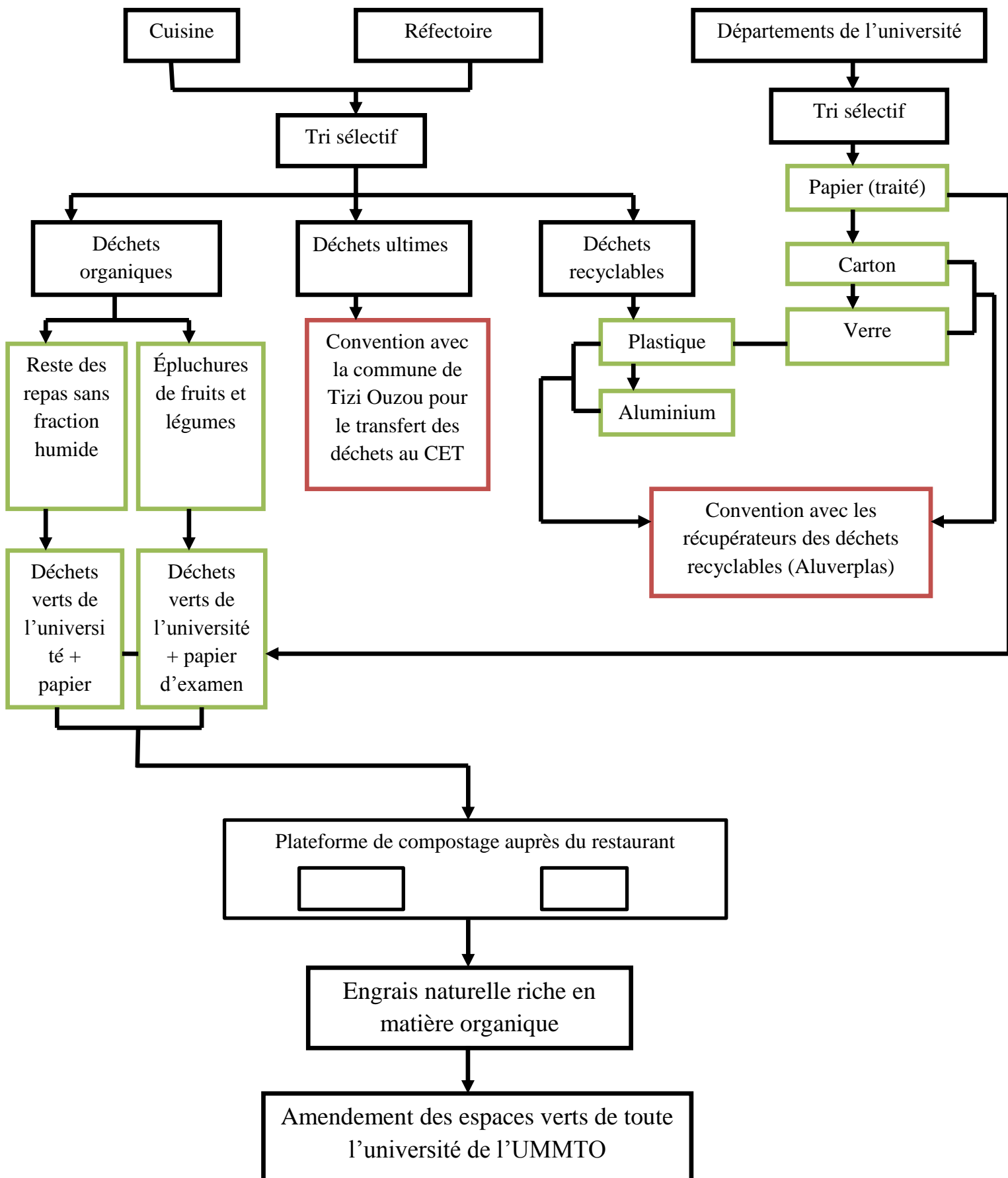
Tableau 11 : résultats de test de germination (échantillon 1)

Le nombre de pots	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Le nombre de graines germés	1/5	4/5	5/5	3/5	3/5	1/5	4/5	3/5	3/5	3/5
Le nombre de graines germés (%)	20	80	100	60	60	20	80	60	60	100

Tableau 12 : résultats de test de germination (échantillon 2)

Le nombre de pots	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Le nombre de graines germés	5/5	3/5	4/5	1/5	5/5	5/5	3/5	5/5	3/5	3/5
Le nombre de graines germés (%)	100	60	80	20	100	100	60	100	60	60

Schéma proposé pour la gestion durable des déchets ménagers et assimilés pour le restaurant de pôle universitaire Hasnaoua II.



III.1. Objectif.

Actuellement l'entreprise est considérée comme la plus grande entreprise exportatrice du pétrole, un groupe représentant un important capital de savoir-faire et d'expérience accumulés depuis plusieurs années dans les services techniques utiles au forage à l'exploration et à la production des hydrocarbures.

L'entreprise compte devenir la première entreprise nationale qui génère Zéro déchets et qui applique le concept de l'économie circulaire, la question qui se pose est comment va-t-elle procéder à cet énorme projet écologique ?

L'entreprise situé au sud-est de l'Algérie pourvue des jardins d'ornement, plantes ornementales, palmier dattiers, ces derniers génèrent des quantités énormes des déchets verts qui finissent par être abandonnés et accumulés sans être utilisés ou valorisés, ce qui va amener l'entreprise à la création d'une station de compostage à grande échelle pour à la fois valoriser cette ressource et contribuer à la lutte contre la dégradation des sols dans les jardins.

III.2. Présentation SHFCP.

SH-FCP est un organe conjoint crée en 2001 entre Sonatrach (SH) et First Calgary Petroleums (FCP) racheté par la société italienne eni agissant conjointement comme opérateur du champ MLE ; dans le bloc 405b Ledjmet dans le bassin de Berkine de l'Algérie à environ 220 km au sud de Hassi Messaoud. Le développement et l'exploitation du champ MLE par l'OC SHFCP nécessite des opérations de forage, des installations de production et de traitement et des pipelines d'exportation, afin de produire et exporter du gaz sec, du GPL, des condensats et du pétrole (Communication par email Mr Amroun, 2020).

III.3. Situation géographique de la zone.

Le siège social, qui abrite les bureaux de la direction, se situe dans la ville de Hassi Messaoud, dans la wilaya d'Ouargla, sud-est de l'Algérie.

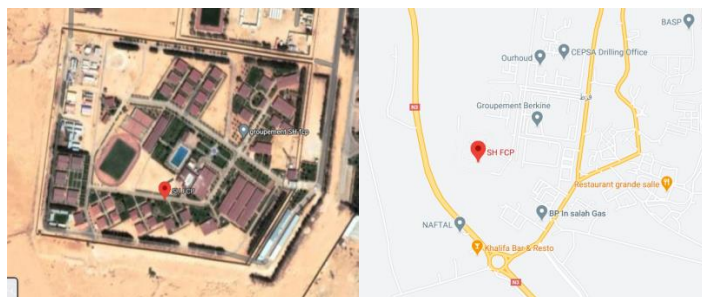


Figure 20 : localisation géographique (Google earth, 2020)

Partie (B) Chapitre III : Schéma d'une plate-forme de compostage proposé pour une gestion durable des DMA de SH-FCP

Le bloc 405b s'étend sur 1108 km² et incluant le champ Menzel Ledjmet Est (MLE). Il jouxte au sud le bloc de production exploité par Conoco Philips et à l'Ouest le champ El Merk exploité par Anadarko. Le champ Menzel Ledjmet Est (MLE) couvre 466 kilomètres carrés dans la région du Ledjmet dans le Sahara algérien. Le site est situé au niveau de la wilaya d'Illizi à la frontière Algéro-Lybienne à près de 1000 km d'Alger, et environ 220 kilomètres au sud-est d'Hassi Messaoud. Il relève administrativement de la commune de Deb et au sud par la région d'in-Amenas. (Communication par email Mr Amroun, 2020).

III.4. Les quantités de déchets générés par l'entreprise et nombres de personnels.

Après avoir eu le contact avec monsieur Amroun directeur générale de la Sonatrach, ce dernier nous a sollicité afin de planifier un schéma pour la gestion des déchets de restaurant afin que ça soit durable et écologique, nous avons donc obtenu des informations auprès de lui sur l'entreprise, le fonctionnement, nombres de personnels et combien de repas préparent-ils par jours pour les 2 centrales pétrolières MLE et NBDV (Communication par email Mr Amroun, 2020), avec la quantité de déchets générés par l'entreprise ; tout cela est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 09 : Quantités de déchets ménagers et assimilés générés par les 2 bases de la SH-FCP

Sonatrach	MLE2	NBDV
Moyenne des repas servis/jours	254	742
Moyenne dans les 2 sites	996	
Nombres de résidents	242SH+33 Ligabue	287SH+105 Ligabue
Quantités de déchets en plastiques/mois	0,8 Tonnes	1,3 Tonnes
Quantités de déchets en carton/mois	0,5 Tonnes	1,2 Tonnes
Quantités de déchets organiques/mois	1,3 Tonnes	3 Tonnes

III.5. La gestion des déchets actuelle de la sonatrach SH-FCP.

D'après la communication par email Mr Amroun, (2020). La prise en charge des déchets ménagers générés est assurée à travers un contrat global de catering avec l'entreprise « **ALGERIE LIGABUE CATERING ALC** ».

Cette entreprise s'occupe de toutes les étapes de la gestion (Tri, pré-collecte, collecte, transport et stockage) ces derniers se font à l'intérieur de l'entreprise dans les différents services des 2 bases MLE et NBDV notamment les blocs de restaurations qui constituent les plus grandes sources de ces déchets.

Partie (B) Chapitre III : Schéma d'une plate-forme de compostage proposé pour une gestion durable des DMA de SH-FCP

Des navettes quotidiennes assurent le transport des déchets des différents points de collectes directement vers une décharge contrôlée appartenant à SH-FCP où se déroulent les opérations suivantes :

- Tri final des déchets
- Tassage des déchets à l'aide des machines dédiées
- Stockage des déchets en attendant leurs transferts vers leurs destinations finales (déchèteries de HMD (200 km) et différents récupérateurs

Citant toutes les informations qui ont été demandé à la LIGABUE dans le cadre de la gestion des déchets :

- Un système de gestion des déchets suivant la norme ISOS 14001 doit être assuré.
- Le Prestataire devra fournir un nombre suffisant de poubelles à roues avec couvercles battant à usage industriel pour tous les sites afin d'assurer un environnement sain et propre. Ces poubelles, en plastique ou en métal, doivent avoir une capacité de 150 litres environ. Les poubelles de ramassage seront placées au niveau de tous les blocs et bâtiments.
- Le Prestataire veillera à ce que des sacs poubelles soient utilisés dans les poubelles de ramassage qu'il videra au moins deux fois par jour à raison de sept jours par semaine. Le contenu des poubelles sera déposé au niveau des "Points de Ramassage" désignés par le client.
- Le Prestataire doit à tout moment maintenir les endroits autour des points de ramassage dans un état propre. Le ramassage des ordures se fera au moyen d'un camion poubelle répondant aux standards en vigueur dans le domaine et aux normes et politique HSE du Client; le camion poubelle doit faire l'objet d'approbation par le Client avant son utilisation. Les déchets et ordures ménagères ramassés seront acheminés par les propres soins du prestataire vers la décharge du client pour le champ MLE
- Le prestataire doit procéder au tri sélectif des déchets par catégorie.
- Les déchets générés sur les sites seront récupérées dans les conteneurs poubelles roues tractables fermés pour ne pas attirer les animaux et les insectes.
- Le ramassage des ordures doit se faire 7/7 jours à raison de deux rotations par jour au minimum au niveau de chaque site.

- Le transport des déchets sera assuré par des camions homologues vers l'endroit désigné par le client

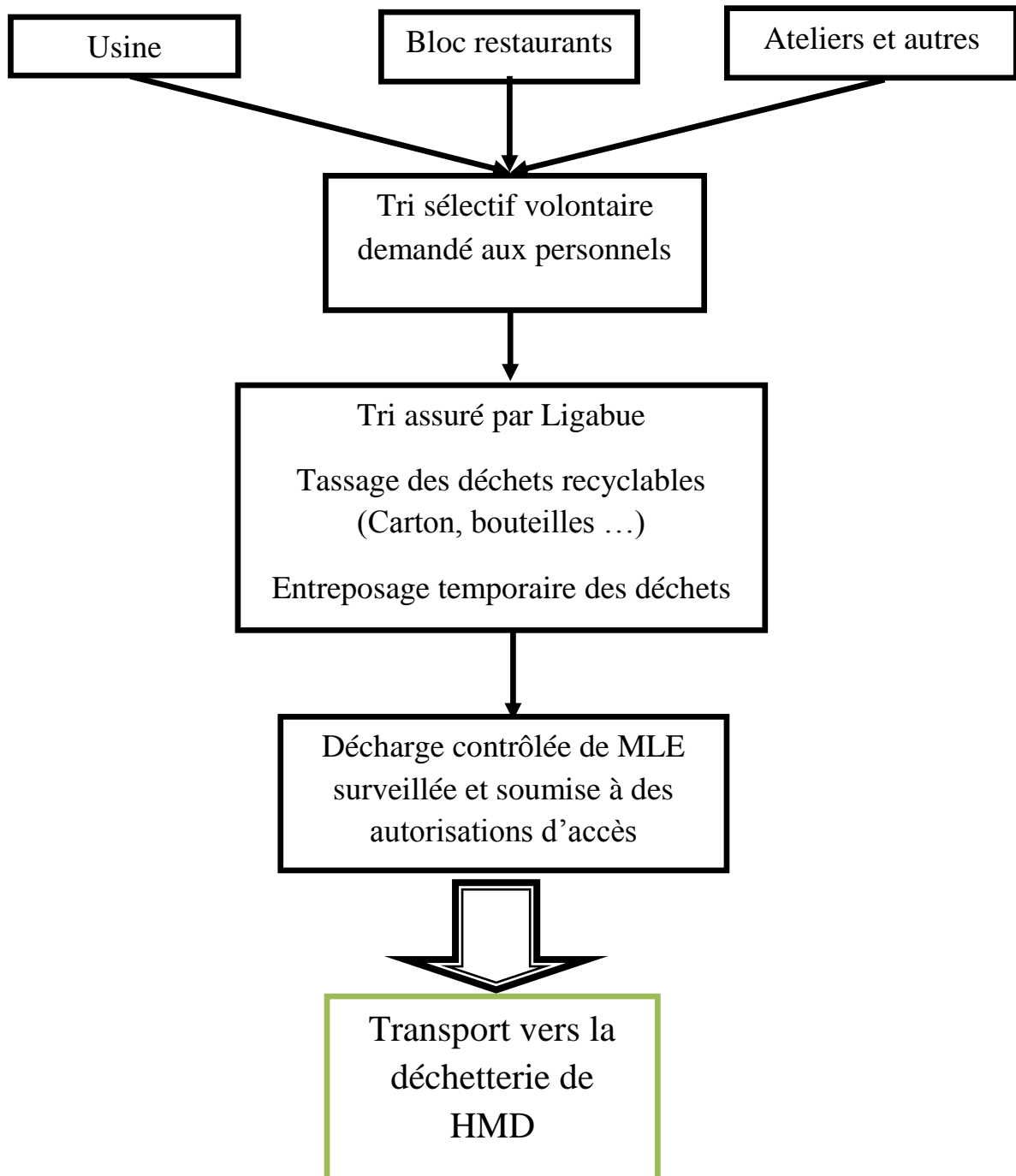
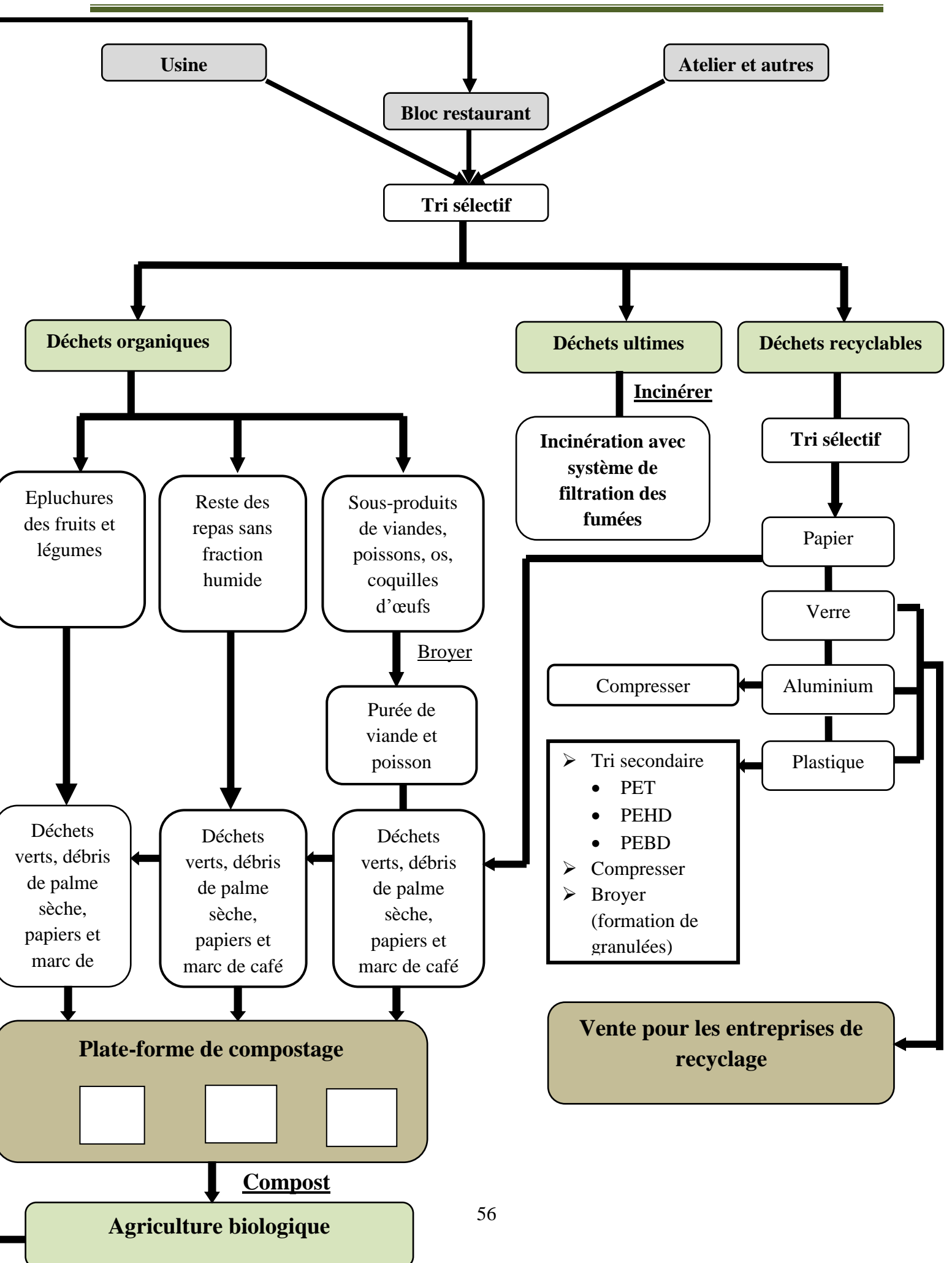


Figure 60 : Schéma de gestion actuelle des DMA de la SH-FCP (Communication par email Mr Amroun, 2020).

III.6. Schéma de gestion des déchets ménagers et assimilés proposé dans le cadre de développement durable et de l'économie circulaire.

N.B : l'entreprise doit se doter de l'ensemble de matériels suivants :

1. Deux broyeurs (l'un pour les déchets de viandes et l'autre pour les déchets verts)
2. Incinérateur
3. Compresseur
4. Machine de recyclage des déchets plastiques



Conclusion générale

La filière traditionnelle d'élimination des déchets solides en Algérie est essentiellement la mise en décharge, la méthode la plus ancienne et la plus largement pratiquée du fait de son coût plus faible que celui des autres filières d'élimination.

La gestion des déchets ménagers reste un problème dans tous les pays. L'élimination d'une partie organique de ces derniers par compostage permet d'élaborer une matière première (le compost) susceptible d'être utilisée en agriculture, surtout dans les zones arides, pauvres en matières organiques. Le compostage est la seule filière praticable à toutes les échelles, de la pratique domestique jusqu'aux installations industrielles.

En vue de gérer les risques liés à la mauvaise gestion des déchets ménagers et assimilés, nous avons réalisé un essai de valorisation par compostage des bio-déchets du restaurant universitaire Hasnaoua II avec les déchets du palmier dattier et marc de café pour montrer l'intérêt de cette pratique et les avantages qu'elle procure (moins coûteuse, plus écologique et permet de résoudre le problème des déchets à plus de 60%).

Les résultats obtenus à travers notre étude à la fin du processus du compostage ont montré que la combinaison des Bio-déchet et le broyat du palmier dattier avec marc de café forment un très bon équilibre carbone/azote.

À la lumière des résultats des analyses physico-chimiques, on peut retenir que le compost obtenue (échantillon 1) est très riche en matière organique (MO = 47 %) tandis que (l'échantillon 2) a une teneur faible en matière organique (MO = 14 %) ce qu'il s'explique par la différence entre la composition des bio-déchets et le suivi du processus de compostage.

Les résultats des tests de germinations ont montré que les deux composts sont des substrats viables non phytotoxique avec un taux de germination de (74 %) et (64 %) respectivement pour les échantillons 1 et 2.

La qualité du compost peut être évaluée par ses propriétés physico-chimiques et par son innocuité pour l'environnement.

Ce travail est basé sur la valorisation des déchets ménagers par la production du compost, par conséquent, à travers cette étude pratique, nous avons essayé de montrer et d'expliquer la méthode du compostage par Biodégradation et les différents paramètres à suivre au cours du processus.

La pratique du compostage va permettre au restaurant du pôle universitaire Hasnaoua II de :

Conclusion générale

- valoriser la fraction organique qui est majoritaire plus de 70 %.

-amendement des espaces verts de l'université.

-limiter les déchets du papier généré par les étudiants pour une bonne raison en l'incorporant dans le compostage.

-Avoir un pole universitaire propre et sain.

Le compostage des déchets oasiens est appelé à se généraliser pour arriver à maîtriser l'effet environnemental et améliorer la fertilité des sols oasiens en intégrant le compost obtenue dans l'agriculture comme amendement des sols arides qui sont pauvres en matières organiques.

L'approche de la valorisation des DMA va permettre à la SH-FCP de Ouargla :

- **Sur le plan économique**

-Ne pas se déplacer vers le nord Algérien pour l'importation des produits alimentaires pour le restaurant par conséquence limité l'utilisation des carburants pour les transporter.

-Limiter l'exploitation des énergies non renouvelables telles que les carburants combustibles en appliquant le principe de l'économie circulaire.

- **Sur le plan écologique**

-Limiter l'atteinte écologique en réduisant l'émission des gaz a effets de serre (pollution de l'air)

-Amender les sols arides qui sont pauvres en matière organiques (les vergers, les espaces verts de l'entreprise. etc).

-Apporter de l'engrais organique pour tout le potager de la plate forme de l'agriculture et limiter l'exploitation des engrais chimiques.

Recommandations

- ✚ Améliorer la qualité des repas servis pour diminuer la quantité des déchets produits au niveau du restaurant.
- ✚ Installation des bacs de tri sélectif et trouver des débouchés pour les fractions recyclables.
- ✚ Multiplier les actions de sensibilisation (conférences, panneaux d'affichage, poster...)
- ✚ Faire de la gestion des déchets un véritable secteur économique générateur d'emplois et de revenus.

Pour l'entreprise SH FCP il est recommandé de réaliser des stations de compostage pour un suivi technique afin de :

- avoir un compost de bonne qualité,
- faire un essai agronomique au champ qui devrait être réalisé en utilisant le compost pour déterminer la valeur agronomique des composts d'une part et d'appliquer le principe de l'économie circulaire d'une autre part.

Références bibliographiques

1. Abdelaziz S, Bouaziz A, Hamzaoui R et Bennabi A, 2013. Valorisation des tiges de dattiers dans la formulation des mortiers : propriétés physiques et mécaniques. p 10.
2. Aberlenc F, 2012. La détermination du sexe du palmier dattier. Diade news letters 3. pp 1-8.
3. Addou A, 2009. Traitement des déchets, valorisation, élimination. Ed Ellipses. p 284.
4. Ademe, 1998. La composition des ordures ménagères en France. Ademe Editions, Paris, France.
5. Afnor ,1981. « Norme expérimentale X 31-102 : Qualité des sols.
6. AND, 2014. Caractérisation des déchets ménagers et assimilés dans les zones nord, semi-aride et aride d'Algérie .pp 5-10.
7. Anonyme 1, 2012. Traitement sur le site www.emse.fr consulté le 19/06/2020.
8. Anonyme 5, 2019. Principe et intérêt du compostage sur le site www.sietrem.fr consulté le 24/06/2020.
9. Anonyme 2, 2019. Le compostage sur le site www.Ademe.fr consulté le 20/07/2020.
10. Anonyme 3, 2019. Service des déchets sur le site www.service-dechets-ccvk.fr consulté le 09/07/2020.
11. Anonyme 4, 2016. Compost sur le site <http://blogs.paris.fr/compost> consulté le 13/07/2020.
12. Anonyme 6, 2014. Valorisation et recyclage des sous-produits des oasis : acquis et perspectives, OSS: Tunis. p 85.
13. Avnimelech Y, Bruner M, Ezrony I, Sela R, and Kochba M, 1996. Stability indexes for municipal solid waste compost. Compost Science & Utilization, 4. 2: p 1.
14. Beck-Friis B, Smars S, Jonsson H, Kirchmann H, 2001. SE-Structures and Environment: gaseous emissions of carbon dioxide, ammonia and nitrous oxide from organic household waste in a compost reactor under different temperature regimes.
15. Ben cheikh A, 2011. Les Champignons Accompagnés De L'embryon Du Palmier Dattier. Mémoire de magister, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie. p 75.
16. Ben Mbarek S et Deboub I, 2015. Valorisation des sous-produits du palmier dattier et leurs utilisations. Mémoire de Master, Université EL Oued, Algerie. p 62.
17. Berg LR, Raven P.H, Hassenzahl D.M, 2009. Environnement. Edition : De Boeck, Bruxelles. pp 605-619.
18. Bertolini G, 1990. Le marché des ordures. Edition : L'harmattan, France,Paris.

Références bibliographiques

19. Bezato T, 2013. Les palmiers dattiers « phoenixdactylifera » à toliara : étude de la filière, utilisation et diversité variétale. Thèse de doctorat, Université de toliara. p 72.
20. Boukhari B, 2015. fabrication et application du charbon actif (carbone activé) à partir des noyaux des dattes. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider. p33.
21. Bouna, 2002. Contribution à l'étude biosystématique, ethnobotanique, biochimique, alimentaire et diététique de 11 cultivars de dattiers (Phoenix dactylifera L) des palmeraies de Mauritanie. Thèse de 3ème cycle, Département de biologie végétale, faculté des sciences et techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. p 250.
22. Charnay, 2005. Compostage des déchets urbains dans les Pays en. L'université de limoges.
23. Chehma A et Longo HF, 2001. Valorisation des Sous-Produits du Palmier Dattier en vue de leur Utilisation en Alimentation du Bétail. Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse, pp 59-64.
24. Chenane A, 2008. Analyse des couts de la gestion des déchets ménagers en Algérie à
25. Chennaoui et al., 2016. Impact de l'évolution de la flore microbienne sur les variations des paramètres physico-chimiques lors du compostage en cuve des déchets ménagers. Revue des Bio Ressources Vol 6 n° 2.
26. Chenni K. et Maghlouche Y, 2013. Compostage des déchets verts : Cas de la station bio compost d'EL-KSEUR. Bejaia: Université Abdrrahmane Mira.
27. Damien A, 2006. Guide du traitement des déchets. 4ème édition, Dunod, France, Paris. pp 3-16, 279-293.
28. Debray, 2002. Modélisation et simulation de la gestion et du traitement des déchets ménagers. Déchets, Sciences et Techniques, n° 22. pp 3-8.
29. Desachy C, 2001. Les déchets (sensibilisation à une gestion écologique. France,Paris 2^{ème} Édition. p 68.
30. Diaz et al., 1993. Composting and Recycling Municipal Solid Waste. Lewis Publishers. p 296.
31. Faurie C, Ferra C, Medorl P, Dereaux J, Hemptinne J, 2006. Ecologie : Approche scientifique et pratique. 5ème édition. pp 343-356.
32. Ferrer J, Paez G, Marmol Z, Ramones E, Chandler C, Marin M, Andferrer J, 2001. Agronomic use of biotechnologically processed grape wastes. Bio resource Technology. p 76.
33. Heneffe C, 2019. Panorama de la filière biométhanisation en Wallonie. Edition 2019.

Références bibliographiques

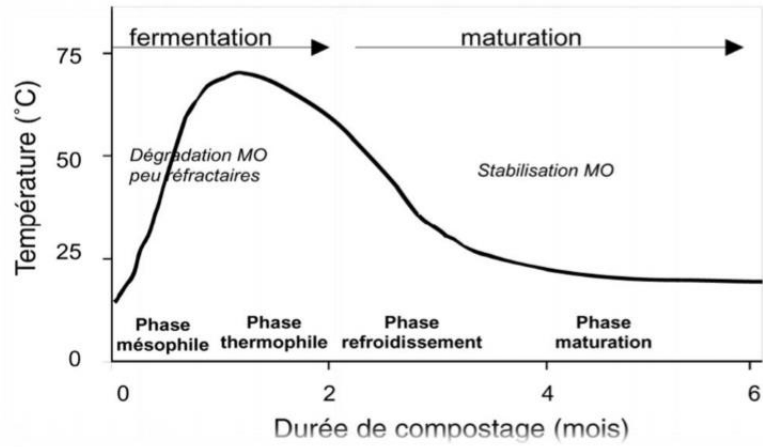
34. Houot S, Francou C, Vergé-Leviela C, Michelina J, Bourgeois S, Linères MM, Parnaudeau V, Bissonnais Y, Dignac M, Dumat C, Cheiab A, Poitrenaud M, 2003. Valeur agronomique et impacts environnementaux de composts d'origine urbaine : variation avec la nature du compost. Dossier de l'environnement de l'INRA n°25, AGREDE. pp 107-124.
35. Huber D, 2001. Manuel d'information sur la gestion des déchets solides urbains. p 165.
36. Inckel M, Peter DS, Tersmette T, Veldkamp T, 2005. La fabrication et l'utilisation du compost. Agrodok, 8. p 73.
37. Ishii K et Takii S, 2003. Comparison of microbial communities in four different composting processes as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis. *Journal of Applied Microbiology*. 95. pp 109-119.
38. Kachmoula T, 1982. Etude du Papier Fabriqué des Palmes de Dattier selon la Méthode de Polysulfide. Proceeding du 1er Symposium sur le Palmier Dattier, Université. El Hassa, Arabie Saoudite.
39. Kaidi F et Touzi A, 2001. Production de bioalcool à partir des déchets de dattes. *Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation, Numéro spécial Biomasse* .pp 75-78.
40. Khali M, Boussena Z et Boutekrabt L, 2013. Effet de l'incorporation de noyaux de dattes sur les caractéristiques technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre. *Revue « Nature & Technologie ». B- Sciences Agronomiques et Biologiques*, n°12. pp 16-26.
41. Kirchmann H, Widen P, 1994. Separately collected organic household wastes. *Swedish Journal of Agricultural Research*. 24. pp 3 - 12.
42. Leclerc, 2001. 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.
43. Leroy JB, 1997. Les déchets et leurs traitement : les déchets solides industriels et ménagers. Edition : Presse Universitaires de France, Paris, 3ème édit. p 127.
44. Lopez J, 2002. Les composts. *Le courrier de l'environnement INRA*. Document INRAMELS. p 18 sur le site www.inra.fr consulté le 15/06/2020.
45. Martin J-Y, 2002. Développement durable (doctrine, pratique, évaluation). Ed.IRD.
46. Matrat R et Hanry J, 2005. Gestion des déchets de Jussie par le compostage.
47. McLintock N, 2004. Production and use of Compost and vermin compost in sustainable farming systems. North Carolina State University. p 156.

Références bibliographiques

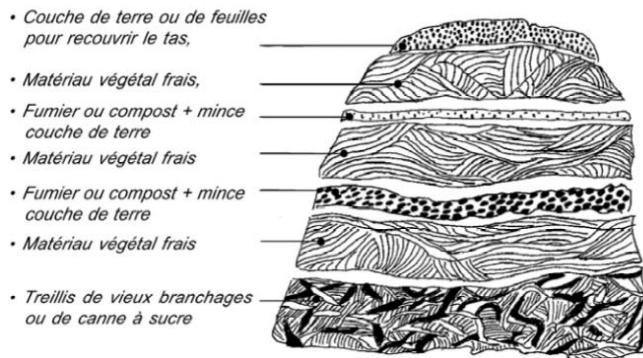
48. Ménasseri, 2005, d'après Francou, 2003.
49. Miquel G, 1998. Recyclage et valorisation des déchets ménagers « rapport 451 office parlementaire d'évolution choix scientifiques et technologiques ». p 245.
50. Molleta R, 2009. La méthanisation, Edition Tec & Doc, pp 3-4.
51. Moore H. E. J, 1973. Les grands groupes de palmiers et leur repartition. Herbe Gentes., 11. pp 27-141.
52. Morency P, 2006. Le compostage facilité. Bibliothèque nationale du Québec: NOVA Envirocom.
53. Munier P, 1973. Le palmier dattier. G.P. Maisonneure & Larose Paris. p 217.
54. Mustin et al., 1987. Le Compost, gestion de la matière organique. F. Dubuse. p 954.
55. Mustin M, 1987. Le Compost, gestion de la matière organique. F. Dubuse. p 954.
56. Ozenda P, 1991. Flore et végétation du Sahara. Edition du CNRS, Paris. pp 92-93.
57. Ozenda P, 1958. Flore du Sahara septentrional et central. Ed. CNRS, Paris. p 485.
58. Paillat J M, 2008. Compostage : processus et moyens de contrôle. Criad.
59. Pierre S assisté d'Yves Gautier I, 1976. Les encyclopédies du savoir moderne. L'homme et son environnement. p 510.
60. Pinelli, M E, 2014. Suivi physico-chimique, microbiologique et toulouse. Université de Toulouse.
61. Plateforme-Re-Sources, 2015. Les techniques de compostage de déchets d'origine naturelle en Afrique et dans les caraïbes.
62. Pujol, 2012. Modélisation du procédé de compostage. Toulouse: Université de Toulouse.
63. Ramade F, 2005. Eléments d'écologie, Ecologie appliquée. 6ème édition. Dunos. p 864.
64. Rhouma A, 2005. Analyse de la diversité génétique du palmier dattier dans les îles kerkennah.
65. Rome, 2005. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
66. Safouhi L, Kalla M et Aouragh L, 2015. Etude pour gestion durable des déchets ménagers de la ville de Batna, Algérie, déchets sciences et techniques, sur le site www.actuenvironnement.com consulté le 08/06/2020.
67. Saka K, 1997. Recherche agronomique. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA). pp 2-3.
68. Salemi J c. 2012. Compost, France: SPW.

Références bibliographiques

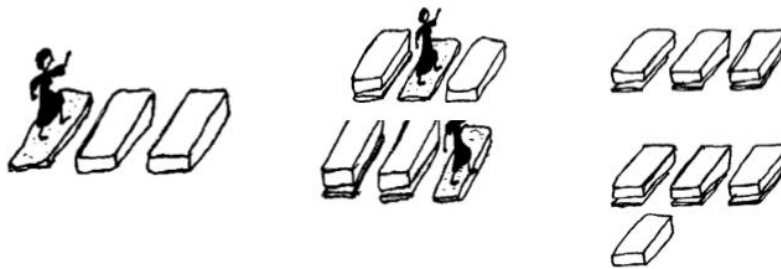
69. Sbiai A, 2011. Matériaux composites à matrice époxyde chargée par des fibres de palmier dattier; effet de l'oxydation au tempo, thèse de doctorat, INSA de Lyon.
70. Scriban R, 1993. Biotechnologie. Edition : coordonnateurs, 4ème éd. France, Paris. p 904.
71. Siredom L, 2008. Guide pratique. Sur le site www.siredom.com consulté le 16/07/2020.
72. Steger K, Sjogren A.M, Jarvis A, Jansson J.K, Sundh I, 2007. Development of compost maturity and Actino bacteria populations during full-scale composting of organic household waste. Journal of Applied Microbiology. 103. pp 487-498.
73. Tang JC, Kanamori T, Inoue Y, Yasuta T, Yoshida S, Katayama A, 2004. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by the quinone profile method. Process Biochemistry, 39: pp 1999-2006.
74. Zaid A, DeWet P F, Djerbi M, Oihabi A, 2002. Maladies et ravageurs des palmiers dattiers. Dans la culture du palmier dattier. Zaid A (ed). FAO. Rome-Italy.
75. Zerouati F Z, 2018. L'Algérie produit 34 millions de tonnes de déchets par an, sur le site www.aps.dz consultée le 12/11/2020.



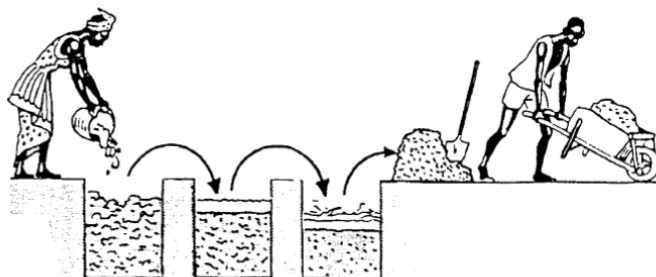
Annexe 01 : Les phases des compostages (Inckel et *al.*, 2005)



Annexe 02 : Exemple d'un tas de compost Indore (Inckel et *al.*, 2005)

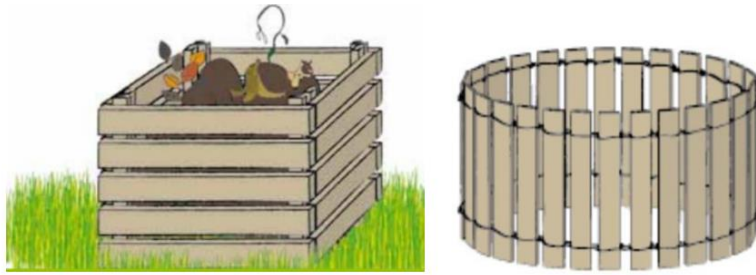


Annexe 03 : La méthode des blocs (HDRA, 1998).

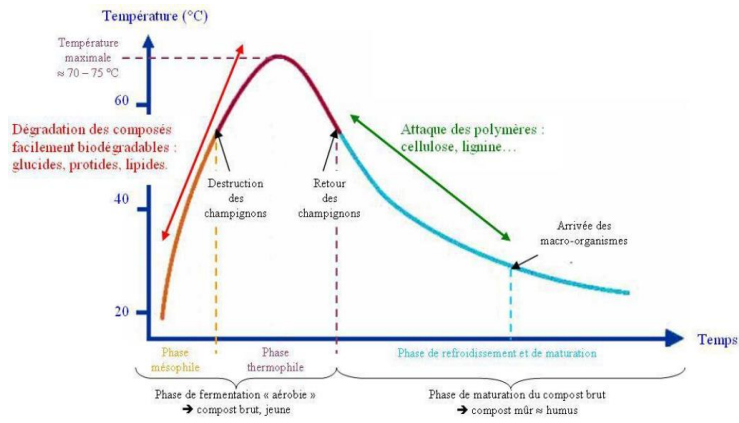


Annexes

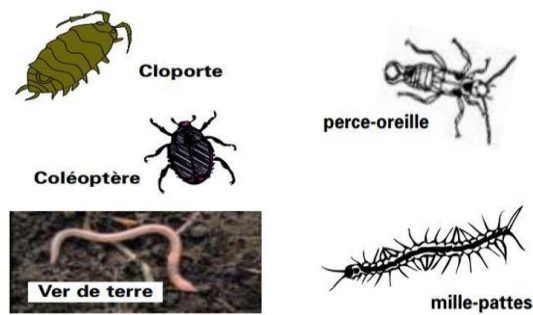
Annexe 04 : exemple du compostage dans des fosses (Inckel et *al.*, 2005).



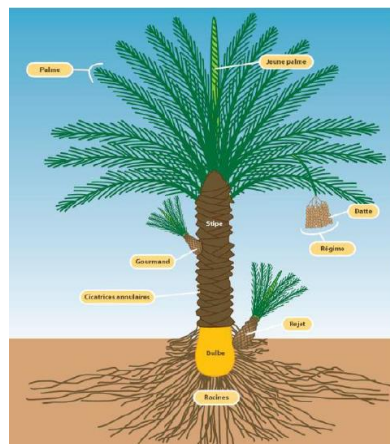
Annexe 05 : composteur de type enclos de vèneries (Inckel et *al.*, 2005).



Annexe 06 : courbe théorique de l'évolution de la température au cours du compostage (Mustin, 1987).

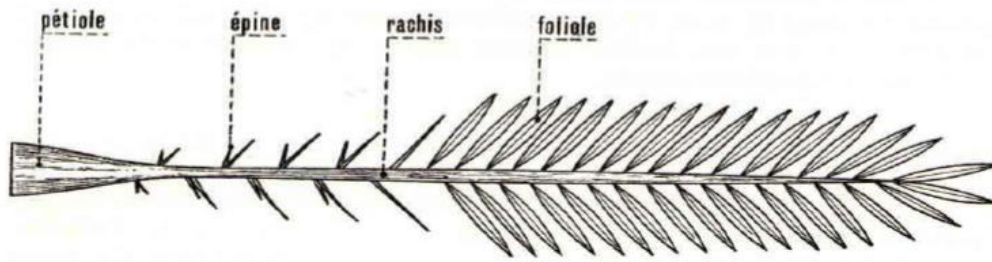


Annexe 07 : les macros organismes contribuent dans le compostage (Inckel et *al.*, 2005).



Annexes

Annexe 08: Représentation schématique des parties composantes du palmier dattier (Munier, 1973).



Annexe 09 : Schéma d'une palme (Munier, 1973)



pétioles (Ouahab et Boufares, 2018)



palmes sèches (Ouahab et Boufares, 2018)



tronc de palmier (Ouahab et Boufares, 2018)



Déchets oasisiens envahissant l'écosystème oasien (Ben Salah, 2007)



Annexe 10 : tas de palmes sèches (Ouahab et Boufares, 2018)

Annexes



Annexe 11 : Sensibilisation du personnel du pôle universitaire Hasnaoua II de l'Université Mouloud Mammeri (Original, 2020)



Annexe 12: la zone de stockage des bio-déchets au niveau de restaurant de l'université HASNAOUA II (UMMTO) (Original, 2020).



Annexe 13: Broyeur destiné au broyage des palmes sèches (Original, 2020).

Résumé

L'objectif de notre travail était de valoriser les bio-déchets du restaurant Hasnaoua II avec les déchets de palmiers des jardins d'essai El Hamma par la technique de compostage, la mise en place des déchets du restaurant a été effectuée juste avant le confinement puis laissés se composter tout seul sans suivi ; en revanche nous avons comparé les paramètres physico-chimiques entre notre échantillon et l'autre réalisé par notre promoteur le professeur Derridj Arezki, par la suite nous avons effectué une analyse comparative en conclusion.

A partir de ce travail, nous avons effectué des analyses de paramètres suivants : le pH, la teneur en matière organique, la teneur en carbone organique, et le test de germination.

Ainsi, on a effectué des analyses sur 02 échantillons :

1. Echantillon 01 : compost non suivi, Le pH a atteint 7,57. Il contient des teneurs de carbone 27,58 %, de matière organique 47,44 %, et 74 % comme taux de germination.
2. Echantillon 02 : compost suivi et retourné, Le pH a atteint 8.07. Il contient des teneurs de carbone 8.23 %, de matière organique 14.6 %, et 64 % comme taux de germination.

Les mots clés : compost, restaurants universitaires, d'entreprise, débits feuilles de palmiers, Algérie.

Abstract

The objective of our work was to valorize the bio-waste of the restaurant Hasnaoua II with the waste of palm trees of the El Hamma test gardens by the technique of composting, the establishment of the waste of the restaurant was carried out just before the confinement then leave to compost on its own without monitoring; on the other hand, we compared the physico-chemical parameters between our sample and the one carried out by our promoter, Professor Derridj Arezki, then carried out a comparative analysis in conclusion.

From this work, we performed analyzes of the following parameters: pH, organic matter content, organic carbon content, and germination test.

Thus, analyzes were carried out on 02 samples:

1. Sample 01: compost not monitored, The pH has reached 7.57. It contains 27.58% carbon, 47.44% organic matter, and 74% as a germination rate.
2. Sample 02: compost followed and returned, The pH reached 8.07. It contains 8.23% carbon, 14.16% organic matter, and 64% as a germination rate.