



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique



جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : sécurité industrielle

Spécialité : sécurité industrielle et environnement

Thème

Traitabilité des déchets organiques du marché de gros d'El kerma par compostage

Présenté et soutenu publiquement par :

BENKRAMA Madiha

BELADJINE Lilia

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
TAHRAOUI Mohamed	MAA	I.M.S.I	Président
BOUHADIBA Brahim	MCB	I.M.S.I	Encadreur
LOUNIS Zoubida	PROFESSEUR	I.M.S.I	Examinatrice
HALET Feryel	INGENIEUR	R20 MED	Invitée

Juin 2016

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Les abréviations

Dédicaces

Remerciement

Introduction générale (Problématique)..... 1

Partie I : Etude bibliographique

Chapitre I : la gestion des déchets..... 5

Introduction.....	5
I.1. Historique.....	5
I.2. Définition du terme déchet.....	6
I.3. Différents types des déchets.....	6
I.4. L'impact des déchets.....	12
I.5. Le mode de gestion des déchets en Algérie.....	13
I.6. Les différents types de traitement des déchets.....	15
I.6.1. L'enfouissement des déchets.....	15
I.6.2. L'incinération des déchets.....	16
I.6.3. La Co-incinération.....	16
I.6.4. Le compostage et la fermentation.....	17
I.6.5. Le traitement mécano-biologique.....	17
I.6.6. Polys et gazéification.....	18
I.7. Le cadre législatif.....	29
Conclusion.....	20

Chapitre II : Généralités sur le compostage (traitements aérobies)..... 21

Introduction.....	21
II.1. Historique.....	22
II.2. Principe de compostage.....	23
II.3. Principaux paramètres influençant le compostage.....	24

•	Le taux d'oxygène.....	24
•	L'humidité.....	24
•	La température.....	25
•	Le rapport C/N	25
•	Le PH.....	25
•	La dimension des particules	26
II.4.	Les différents procédés et techniques de compostage	26
•	Compostage en tas.....	26
•	Compostage en bac.....	26
•	Compostage en silo auto- construit.....	27
•	Compostage de surface ou mulching	27
•	Lombricompostage	27
II.5.	Réglementation	27
II.6.	Impact des traitements aérobies	28
II.7.	Hygiène et sécurité des installations	30
	Conclusion	33

Chapitre III: présentation de la région d'étude..... **34**

	Introduction.....	34
III.1.	Localisation du site.....	34
III.2.	Le cadre physique	35
III.2.1.	Le climat	35
III.2.2.	Topographie	36
III.2.3.	Géologie	36
III.3.	Flux des déchets et capacité de CET.....	37
III.4.	Evolution de la production de déchet dans la zone du projet	39

Partie II : Méthodes et moyens d'analyses

Chapitre I : Méthode et moyens d'analyses..... **41**

I.1.	L'air de compostage.....	42
I.2.	Méthode expérimental du compostage des déchets organiques du marché du gros d'El karma.....	44
I.2.1.	Condition expérimental du compostage.....	44

I.2.2.	Choix de la forme d'andain et de ses dimensions.....	45
I.3.	Choix de la composition du substrat.....	47
I.4.	Choix du criblage du compost fini	47
I.5.	Paramètres de suivi du procédé de compostage	47
I.5.1.	Effet exothermique (température, °C).....	47
I.5.2.	Emission du dioxyde de carbone (CO ₂).....	48
I.5.3.	L'humidité.....	48
I.5.4.	Densité ou masse volumique spécifique en Kg/m ³	48
I.6.	Paramètres de qualité de compost.....	49
I.6.1.	Échantillonnage.....	49
I.6.2.	Teneur en eau, humidité H en %(NF U 44-171).....	50
I.6.3.	Teneur en matière organique, % MO.....	50
I.6.4.	Analyse des éléments fertilisants : (Ca, Na, Mg, K).....	51
I.6.5.	Carbone, Azote.....	53
I.6.6.	Phosphore.....	53
I.6.7.	Mesure du pH et de la conductivité.....	55

Chapitre II : résultats et interprétations..... **57**

II.1.	Etude expérimentale du compostage des déchets organiques du marché de gros d'El kerma.....	58
II.2.	Influence des paramètres de suivi sur le procédé de compostage.....	59
II.2.1.	Densité (Kg/m ³).....	59
II.2.2.	Evolution de la température.....	59
II.2.3.	Evolution de la teneur en CO ₂	60
II.2.4.	évolution de l'humidité durant le compostage.....	61
II.3.	Paramètres de qualité du compost.....	61
II.3.1.	Teneur en eau, humidité (%H).....	61
II.3.2.	Matière sèche.....	62

II.3.3. Éléments fertilisants.....	63
II.3.4. Caractéristiques chimiques.....	63
II.3.5. Maturité du compost.....	64
II.3.6. Conductivité.....	65
Conclusion.....	66
Conclusion général.....	67
Références bibliographies	
Annexes	

Index des tableaux

Tableau 1 :	Les précipitations moyennes mesurées durant la période 1970-1995...	36
Tableau 2 :	Estimation de la production des déchets de l'année 2007.....	38
Tableau 3 :	Synthèse de la composition des déchets par les études intérieurs.....	38
Tableau 4 :	Evolution de la production des déchets dans la zone de projet	39
Tableau 5 :	La capacité des casiers de CET de Hassi- Bounif.....	40
Tableau 6 :	Taille et masse d'andain expérimental	46
Tableau 7 :	Composition des substrats et fréquences de retournements	47
Tableau 8 :	Tableau récapitulatif des différentes conditions de compostage étudié.	58
Tableau 9 :	Résultat de la densité l'humidité	59
Tableau 10 :	Résultat d'analyses de l'humidité.....	62
Tableau 11 :	Composition du composte en éléments fertilisants	63
Tableau 12 :	Caractéristiques chimiques du compost	63

Index des figures

Figure 1:	Compostage en tas.....	26
Figure 2 :	Compostage en bac.....	26
Figure 3 :	Compostage en silo-auto construit.....	27
Figure 4 :	Compostage de surface.....	27
Figure 5 :	Lombricompostage.....	27
Figure 6 :	plan de situation de CET de Hassi Bounif	34
Figure 7 :	des vents a la station d'Es senia.....	36
Figure 8.a et 8.b :	Air de tri des déchets organique et de stockage des déchets verts.....	43
Figure 9 :	Air pilote de compostage.....	43
Figure 10 :	Schéma descriptif du procédé expérimental du compostage.....	45
Figure 11:	Forme schématisé de l'andain utilisé lors de l'expérience.....	46
Figure 12 :	Différents points d'échantillonnages.....	49
Figure 13:	Schéma descriptif du protocole expérimental pour tous les mesures et les analyses des paramètres physico-chimiques du composte produit.....	49
Figure 14 :	chronogramme des fréquences de retournement et des arrosages d'andain..	58
Figure 15 :	Evolution de la température.....	59
Figure 16 :	Evolution de la teneur en CO ₂ durant le compostage.....	60
Figure 17 :	Evolution de l'humidité durant le compostage.....	61
Figure 18 :	Etude d'humidité de produit ultime (compost).....	62

Liste des abréviations

ACL :	Agglomération Central Local
AND :	Agence National de Déchet
APC :	Assemblé Populaire Communal
AS :	Agglomération Secondaire
°C :	Degrés Celsius
C :	Carbone
CET :	Centre d'Enfouissement Technique
CO₂	Dioxyde de Carbone
CSR :	Combustible Solide de Récupération
DASRI :	Déchet d'Activité de Sois a Risque Infectieuse
DBEC :	Déchets Banals des Entreprises du Commerce
DEEE :	Déchet d'Equipement Electrique et Electronique
DIB :	Déchet Industriel Banal
DIS :	Déchet Industriel Spéciaux
DMS :	Déchets Ménagers Spéciaux
DO :	Déchets Organiques
DTQD :	Déchet Toxique en Quantité Dispersée
ECOGEM :	Système Public de Reprise et de Valorisation des Déchets d'Emballage
ECO –JEM	Système Public de Reprise et de Valorisation des Déchets d'Emballages
EPI :	Equipement de Protection Individuel
ETM :	Elément Trace Métallique
FFOM :	Fraction Fermentescible des Ordures Ménagères
INRS :	Institut National de la Recherche Scientifique
MATE :	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
MEDDTL :	Ministère de l'Ecologie Du Développement Durable des Transports et du Logement
MNU :	Médicament Non Utilisé
MO :	Matière Organique
MS :	Matière Sèche

Liste des abréviations

N :	Azote
NFU 44-051 :	Amendements Organiques - Dénominations Spécifications et Marquage
OMR :	Ordures Ménagères Résiduelle
OND :	Office National de la Métrologie
PED :	Pays En Développement
PEEFV :	Produits Electroniques et Electriques en Fin de Vie
PROGDEM :	Programme National pour la Gestion Intégrée des Déchets Ménagers et Assimilé
RDF :	Combustible Dérivé des Déchets
STEP :	Station de Traitement et d'Épuration des Bous
TVA :	Taxe sur la Valeur Ajoutée
TMB :	Traitement Mécano-Biologique

Dédicaces

*«Nous dédions ce modeste travail :
A toutes personne qu'on aime».*

Remerciement

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes qu'on voudrait témoigner toute nos reconnaissances.

Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

On voudrait adresser toute notre gratitude au directeur de ce mémoire, Mr. BOUHADIBA Brahim, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

On désire aussi à remercier les professeurs de l'institut de maintenance et de sécurité industrielle, qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires. On tient à remercier aussi l'organisation du R20 MED d'avoir nous intégrer dans le suivi de leur projet « compostage » au niveau du centre d'enfouissement technique (C.E.T) et aussi l'effectif du laboratoire agronomique de la société FERTIAL d'avoir accepté et nous permet de faire les analyses physico-chimiques du compost au niveau de leur laboratoire.

On voudrait exprimer nos reconnaissances envers les amis et camarades qui nous ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de notre recherche. Un grand merci à Mlle. BAGHDAD pour les conseils concernant la base de données, elle a grandement facilité notre travail. Enfin, on tient à témoigner toute notre gratitude à Mlle. HEALET Feryel pour sa confiance et son support inestimable.

On tient également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance.

La gestion des déchets constitue un indicateur important de l'efficacité des politiques de gestion urbaine visant au bon fonctionnement de la ville dans toutes ces composantes. Sa prise en charge efficace est l'un des critères d'amélioration de la vie quotidienne des habitants.

Selon plusieurs auteurs, la production sans cesse croissante des déchets de toute nature dans nos agglomérations rend aujourd'hui nécessaire le recours à des techniques de plus en plus sophistiquées pour leur collecte, traitement, recyclage et leur élimination.

L'Algérie a opté pour la solution de l'enfouissement technique des déchets tels que: Centre d'Enfouissement Technique (CET) d'Arzew, d'Al Ançor et de Hassi Bounif, ayant permis la fermeture de la décharge d'El Kerma; Oran, occupant une superficie de 300 hectares (MATE, 2005) où tous les types de déchets sont rejetés à l'état brut et mélangé (ménagers et assimilés, industriels, hospitaliers et agricoles). (BOUHADIBA, thèse 2014).

En plus, la quantité des déchets ménagers et assimilés produite en Algérie est estimée à 8,5 millions de T/an (KEHILA, 2010). Un Algérien en zone urbaine produit quotidiennement environ 1,2 Kg/j de déchets solides au niveau de la capitale "Alger". Cette production avoisine 0,9 Kg/j et par habitant pour le territoire national (KHEMISSI, 2014).

En outre, avec l'émergence de nouveaux procédés de récupération et de recyclage des déchets, des perspectives économiques avérées génératrices de richesse et d'emplois peuvent être associées à leur mise en œuvre. Ainsi, la gestion des déchets se trouve au centre de nombreux enjeux tant économiques, environnementaux, sociaux que politiques (SACI, 2016).

Grâce aux progrès des sciences agronomiques et de l'environnement, le compostage est au cœur du recyclage et de la valorisation des déchets organiques et la lutte contre le réchauffement climatique.

Les statistiques du conseil national économique et social (CNES, 2005) font état d'une régression drastique à la Surface Agricole Utile (SAU) / habitant.

Ce ratio fait de l'Algérie le pays le moins doté en sols agricoles de tout le sud de la méditerranée.

Cette dégradation anthropique, associée au changement climatique, provoque des effets désastreux sur l'environnement. L'urbanisation chaotique qui s'est faite au détriment des terres agricoles, a engendré selon les statistiques officielles une perte de plus de 160 000 hectares de terre agricole depuis 1962.

Cette étude de recherche est l'une des solutions parmi d'autres pouvant traiter l'aspect environnemental et hygiénique, qu'on présente comme suit:

- ◆ Composter la partie fermentescible pour minimiser le stockage des déchets dans le CET;
- ◆ Eviter l'émission de biogaz;
- ◆ Réduire le volume de lixiviat produit;
- ◆ Apporter des amendements organiques pour la fertilisation des sols par une valorisation des déchets organiques.

L'intérêt de cette étude, intitulée "Traitabilité des déchets organiques du marché de gros d'El Kerma par compostage", est d'apporter une alternative à l'élimination de ces déchets.

Cette étude s'inscrit dans un contexte de vérification de la faisabilité du compostage au niveau de l'Algérie et spécifiquement la commune de Hassi Bounif.

Ce rapport de thèse comprend deux parties:

- ◆ La première partie: est consacrée à l'étude bibliographique en évoquant la problématique de gestion des déchets en Algérie, une généralité sur la valorisation des déchets par compostage et une description de la zone d'étude.
- ◆ La deuxième partie: le premier chapitre présente l'ensemble des matériels utilisés, la plate-forme expérimentale de compostage des déchets ainsi que les méthodes d'analyses et protocoles expérimentaux, quand au deuxième chapitre, c'est les résultats obtenus.

Enfin, une conclusion qui synthétise l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude de recherche et on termine par des recommandations illustrées lors de la présentation.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : la gestion des déchets

Introduction:

Les activités humaines génèrent des déchets solides, liquides et gazeux qui perturbent les milieux naturels, eaux, atmosphère et sols. Ces déchets prennent une grande importance au cours de ces dernières années, spécialement pour les déchets solides qui restent les principales sources d'énergies renouvelables et plusieurs projets porteront sur la récupération de l'énergie provenant de ces déchets dans beaucoup de pays développés.

I.1. Historique:

La collecte et le traitement des déchets se sont organisés au 20^{ème} siècle dans le milieu des années 70. Auparavant, quelques initiatives avaient fait leur apparition dans un enjeu d'hygiène publique. De fait, l'histoire réglementaire des déchets est très récente, moins de quarante ans.

C'est à la fin du 19^{ème} siècle que le Préfet G.POUBELLE organise le premier ramassage des ordures. C'est du fait des nombreux arrêtés de ce préfet, sur les contenants à ordures ménagères furent appelées « poubelles ».

Cette pratique naissante à Paris a ensuite été suivie par bon nombre de ville. Jusqu'au début du 20^{ème} siècle, cette collecte fut réalisée par des véhicules tractés par des chevaux, puis à partir de 1920 par des bennes motorisées. Les ordures sont regroupées aux abords des villes dans des décharges creusées dans le sol, remplies puis recouverte de terre, sans se soucier des infiltrations et de la pollution des milieux naturels.

C'est en 1975, qu'une première loi apparaît concernant la gestion des déchets et surtout les premières responsabilités en la matière : elles incombent aux communes ou groupements de communes.

A partir de la Loi de 1975, les collectivités s'organisent, certaines font le choix de l'incinération, d'autres de l'enfouissement. Les années 80, elles, du fait de l'évolution du mode de vie et de consommation, voient les quantités de déchets augmenter considérablement.

La deuxième loi structurante de la gestion des déchets date seulement du 13 Juillet 1992. Elle prévoit la prévention et réduction des déchets à la source, le tri sélectif (obligatoire à partir de cette date), la valorisation par le recyclage et le réemploi. Elle programme l'abandon progressif des décharges pour des installations classées et elle impose le principe de la responsabilité élargie du producteur avec une participation financière, de là furent créés des éco-organismes dont éco-emballages.

Puis une succession de lois ont permis d'affiner des termes ou de réglementer certains dépôts, déchets et conditions d'aménagements et d'exploitations des sites.

La dernière réglementation la plus connue est celle du Grenelle de l'Environnement (23 Juillet 2009), visant à réduire les déchets produits et à augmenter les taux de valorisation matière et organique des déchets collectés [1].

I.2. Définition du terme déchet :

Selon le Code de l'Environnement (art. L541-1), un déchet est « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien, meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ». Autrement dit, tout élément qui est abandonné est un déchet. Ce n'est pas pour autant que cet élément est inutilisable, en l'état ou après modification. Seuls les déchets qualifiés d'ultimes sont réellement inutilisables et doivent être stockés pour éviter des pollutions de l'environnement [2].



I.3. Différents types des déchets [3]:


Les déchets peuvent être classés selon leur origine (agricoles, municipaux, industriels, des activités de soins) ou selon la typologie comme ci-dessous (compostables ou biodégradables, inertes, recyclables, ultimes ou dangereux).

a) Les déchets biodégradables :


Ils sont Composés de résidus alimentaires (épluchures de légumes, coquilles d'œuf), de branchages, de feuilles, de papiers, de cartons, les bio- déchets sont des déchets biodégradables produits par les entreprises et les particuliers. Ils sont générés par les collectivités, les grandes et moyennes surfaces, le secteur de la restauration et l'industrie agroalimentaire. Les boues de stations d'épurations sont également considérées comme des bio-déchets.

Les bio-déchets sont une source importante de méthane. Leur traitement par méthanisation ou compostage est donc devenu un véritable enjeu pour les producteurs et les distributeurs.

Où: Une tonne de bio déchet: (Tristan Turlan)  150 m³ de biogaz en moyenne soit environ 75 m³ de méthane Où: 1 m³ de méthane  8 750 Kcal

 1,15 litre d'essence

 1 litre de mazout

 9,7 KW/h d'électricité

Parmi les déchets organiques on note :

❖ Les déchets verts:

Ils sont issus principalement des travaux de tailles et tontes des jardins des ménages et de l'entretien des espaces verts des collectivités. Ces déchets représentent le plus fort tonnage en constante augmentation car de plus en plus réglementé et capté par les structures adaptées (déchèteries, plateforme de compostage).

Ainsi, pour les déchets verts le compostage a donc été une issue nécessaire. Concernant les boues de STEP, l'épandage reste la solution la plus utilisée.

❖ Les bio-déchets des ménages:

Cette catégorie comporte les fermentescibles des ordures ménagères (épluchures, pelures de fruits, coquilles d'œuf, marc de café, etc...), les papiers et les cartons.

❖ Les boues et graisses de station d'épuration (STEP):

Sous forme liquide, solide ou pâteuse, elles contiennent de la matière organique (azote, phosphore), des éléments minéraux et des métaux lourds.

Dans certains cas, les boues sont stockées ou incinérées.

❖ Le bois :

Est également un déchet organique qu'il convient de valoriser. Généralement, ce type de déchet est capté directement sur les lieux de production des professionnels.

❖ Les bio-déchets industriels:

Ils sont principalement issus des agro-industries. En France, les bio-déchets, représentent 80% des déchets des industries agro-alimentaires, 60% des déchets des supermarchés et 55% des déchets de la restauration collective.

❖ Les déjections animales:

Issues principalement des exploitations agricoles, ces déchets sont gérés directement sur place par épandage sur les terres si les conditions sont respectées. Aussi, ces déchets sous forme d'effluents sont traités, lorsque le flux est suffisant et économiquement viable, en unités de méthanisation produisant du biogaz. Ceci reste un moyen de valorisation de cette matière organique tout en produisant de l'électricité.

b) Les déchets inertes :

Les déchets inertes sont des déchets qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique, chimique ou biologique de nature à nuire à l'environnement. Ils ne sont pas biodégradables et ne se détériorent pas au contact d'autres matières.

Ils proviennent principalement des filières du bâtiment et des travaux publics. Dans le secteur du bâtiment, on distingue les déchets issus des activités de construction, de rénovation, de démolition (béton, briques, tuiles, céramiques, carrelage...) ainsi que des activités liées à la réalisation et à l'entretien d'ouvrages publics (routes, ponts, réseaux...). Dans le secteur des travaux publics, les déchets inertes correspondent principalement à des déchets minéraux issus de la démolition d'ouvrages d'art et de génie civil mais également à des cailloux et de la terre.

On peut aussi ajouter les déchets liés aux activités routières (enrobés goudronnés, bitumineux, aimantés, avec ou sans métaux lourds...) et aux travaux de voirie (déblais de tranchées, de bordure de trottoir de pavé ...).

c) Les déchets recyclables :

Un déchet recyclable est un matériau que l'on peut techniquement recycler. Pour qu'un déchet soit recyclé, il faut qu'il soit récupéré dans le cadre d'une collecte de tri sélectif. Un objet recyclable n'est donc pas forcément recyclé

Il existe plusieurs catégories d'objets recyclables pouvant servir à fabriquer de nouveaux produits :

- ❖ Les déchets ménagers et assimilés : sont surtout produits par les ménages, les commerçants, les artisans, les entreprises, les industries, etc... Il s'agit de produits non dangereux ni polluants tels que : le verre, les métaux, les papiers, les plastiques ou encore les matières organiques... Ces déchets sont récoltés et triés par les particuliers dans des conteneurs spécifiques à chaque type de déchet (conteneurs bleu, jaune, vert et gris).
- ❖ Les DIB (Déchets Industriels Banals) : correspondent quant à eux aux déchets des entreprises du BTP non dangereux. Ils sont aussi appelés "déchets assimilés aux déchets ménagers"
- ❖ Les DBEC (Déchets Banals des Entreprises du Commerce) : sont également assimilables aux déchets ménagers par leur caractère non toxique. Ils proviennent des filières industrielles, commerciales, artisanales ou de services et dont les producteurs ne sont pas les ménages. Ils comprennent des produits et déchets connexes à la filière bois, des déchets communs aux entreprises (emballages, déchets de bureaux, papiers, cartons, etc..) et de déchets spécifiques à une activité (chutes, déchets de fabrication, etc...)

d) Les déchets ultimes :

Un déchet ultime est défini comme n'étant plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques appartenant au processus de valorisation du déchet ou de réduction de son caractère polluant ou dangereux. La notion de déchet ultime n'est pas fonction de ses caractéristiques physico-chimiques mais plutôt du système de collecte et de traitement auquel il appartient.

e) Les déchets dangereux :

Un déchet dangereux présente une ou plusieurs des caractéristiques suivantes : explosif, comburant, inflammable, irritant, nocif, toxique, cancérigène, infectieux, corrosif, mutagène:

❖ Les Déchets Toxiques en Quantités Dispersées(DTQD)

Les DTQD produits en petites quantités par les ménages, les commerçants ou les PME qui sont chargés de les faire éliminer ou valoriser dans les installations classées pour la protection de l'environnement. On distingue deux sortes de DTQD:

- ◆ Solides : déchets banals souillés, piles, batteries usagées, résidus de peinture.
- ◆ Liquides : produits de coiffure, lessives et détergents, eau de javel, aérosols, huiles de vidange, liquides de frein, de refroidissement, huiles de coupe, solvants, encres, révélateurs et fixateurs photos.

Les piles et batteries usagées peuvent être rapportées auprès de tout vendeur de piles, mais aussi dans certains lieux publics qui disposent parfois de conteneurs spécifiques pour cette collecte. L'intérêt de la valorisation des piles et des accumulateurs réside dans la réutilisation de métaux comme le zinc, le plomb, le nickel, le cadmium.

❖ Les DIS (Déchets Industriels Spéciaux) :

Les DIS correspondent aux déchets produits par les entreprises ainsi que les déchets spéciaux produits par les hôpitaux, les laboratoires et les agriculteurs. On peut les classer en trois catégories :

- ◆ Les déchets organiques : solvants, hydrocarbures, boues.
- ◆ Les déchets minéraux liquides et semi liquides : bains de traitement de surface, acides.

◆ Les déchets minéraux solides : cendres, mâchefers, laitiers.

❖ Les Déchets Ménagers Spéciaux (DMS):

Les DMS sont séparés des déchets ménagers à cause de leur caractère toxique nuisible pour l'homme. Ils peuvent être assimilés aux DTQD car ils comprennent des produits tels que : aérosols, acides, ammoniac, métaux lourds, piles, les médicaments non utilisés (MNU), les produits électroniques et électriques en fin de vie (PEEFV), les produits phytosanitaires.

❖ Les Déchets d'Activité de Soins à Risque Infectieux (DASRI):

Les déchets d'activités de soins à risques infectieux (DASRI) et assimilés contiennent des micro-organismes viables ou leurs toxines, dont on sait ou dont on a de bonnes raisons de croire qu'en raison de leur nature, de leur quantité ou de leur métabolisme, ils causent une maladie chez l'Homme ou chez d'autres organismes vivants (article R. 1335-1 du Code de la santé publique).

Même en l'absence de risque infectieux, sont également considérés comme DASRI :

- ◆ Des matériels et matériaux piquants ou coupants destinés à l'abandon, qu'ils aient été ou non en contact avec un produit biologique,
- ◆ Des produits sanguins à usage thérapeutique incomplètement utilisés ou arrivés à péremption.

La loi Algérienne relative à la gestion au contrôle et à l'élimination des déchets, donne la classification suivante des déchets (Article 5) :

- Les déchets spéciaux y compris les déchets spéciaux dangereux.
- Les déchets ménagers et assimilés.
- Les déchets inertes.

I.4. L'impact des déchets [4]:**a) Sur l'environnement :**

L'élimination inconsidérée des déchets a pour conséquence la contamination de l'air, de l'eau et du sol. Les stratégies de gestion des déchets, y compris l'incinération et les décharges, peuvent émettre des gaz à effet de serre et des produits chimiques toxiques qui sont relâchés dans l'atmosphère, le sol et les cours d'eau.

D'autres types de déchets peuvent prendre des années à se décomposer et viennent s'ajouter à l'accumulation des matières et produits chimiques non naturels dans l'environnement.

Les déchets organiques et d'origine animale qui ne sont pas éliminés de façon judicieuse peuvent polluer les cours d'eau résultant dans la contamination de l'eau potable, la prolifération algale et causant des dégâts à la flore et à la vie animale.

b) Sur la santé :

Les conditions écologiques qui se détériorent sont une des causes principales des problèmes de santé et de mauvaise qualité de vie des gens.

Les déchets organiques jetés par terre et laissés à pourrir dans les rues sont une sérieuse menace à la santé car ils attirent les rats et autres porteurs de maladies.

Des cours d'eau pollués rendent les communautés vulnérables aux maladies hydriques.

La contamination des sols peut réduire leur viabilité pour les besoins de la production alimentaire.

Les substances toxiques rejetées dans l'atmosphère contribuent à la pollution de l'air et à l'incidence accrue des maladies respiratoires chez les gens, en particulier dans les zones urbaines.

De plus, les objets tels que le verre peuvent présenter un danger à la sécurité tout autant des gens que des animaux.

c) Sur l'économie :

De mauvaises conditions écologiques peuvent affecter l'économie de plusieurs façons, y compris une diminution de la production alimentaire, une mauvaise santé humaine et animale et la réduction du potentiel touristique.

L'utilisation incompétente des ressources affecte l'efficacité économique et la capacité de produire les denrées alimentaires et de consommation courante nécessaires aux besoins des populations croissantes.

I.5. Le mode de gestion des déchets en Algérie :

Consiste en toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle et ces opérations. A partir de cette définition plusieurs opérations se distinguent dans le mode de gestions des déchets existants en Algérie :

I.5.1. Modes de collecte, d'élimination et de traitements des déchets en Algérie :

Deux étapes sont essentielles dans le service des déchets : l'enlèvement et l'élimination.

L'enlèvement des déchets comprend la pré-collecte et la collecte elle-même.

L'élimination fait référence à la mise en décharge, enfouissement, compostage et incinération .

I.5.2. Collecte et pré-collecte:

❖ Pré-collecte :

Le concept de pré-collecte sous-entend toutes les opérations précédant la collecte effective des déchets. Elle vise le recueil, le rassemblement et le stockage des déchets par les habitants d'un foyer, d'un immeuble, d'une cité ou par les personnels d'un organisme ou d'une entreprise, puis les déposer dans les lieux dédiés aux déchets.

L'Algérie revêt plusieurs manières selon le type d'habitation et d'accessibilité des équipements:

◆ Les caissons métalliques :

La pré-collecte par caisson est plus utilisée au niveau d'agglomération central local (ACL) et au niveau des agglomérations secondaire (AS). Il s'agit de caisson métalliques d'une capacité de 2 à 2.7T installés u

niveau des cités, quartiers et en face des établissements qui constitues des grandes générateurs

de déchets. La fréquence d'enlèvement de ces caissons varie entre 2à3 fois par semaine;

◆ Poubelle individuelle :

Il s'agit des poubelles individuelles en plastique, ce modèle de pré-collecte et beaucoup plus utilisé par les habitants des centre villes et par les commerçants

En effet, les déchets sont mis dans ces poubelles, qi une fois vidées par le service de la collecte sont reprises par les riverains;

◆ Sacs en plastique perdus :

Ce type de pré-collecte est le plus répandu au niveau des centres-villes et au niveau des cités d'habitant individuel. En effet avant le passage des camions de collecte, les commerçants et les habitants des quartiers déposent leurs déchets dans des sacs ou dans des boites en carton devant leurs habitations ou sur les trottoirs des rues , sous de tas que le camions de l APC collecte et achemine vers la décharge de la commune;

◆ Les bacs roulants :

Ce mode de pré-collecte est appliqué notamment dans les viles pilotes qui s'inscrivent dans le cadre du PROGDEM. Des bacs de 120à1100 litres sont mis en au niveau des quartiers pour un groupe de ménages afin de remplacer l'ancien système des caissons métalliques. Ces bacs sont nécessaires pour la collecte par camion à benne tasseuse.

❖ Collecte des déchets :

L'opération de la collecte est située au cœur du processus de la gestion des déchets.

C'est une opération d'ordre public qui rentre dans le cadre de la protection de la santé des populations ainsi que pour assurer une meilleure qualité de vie. Elle

consiste en le ramassage et le regroupement des déchets en vue de leur transport, il existe en Algérie deux méthodes d'enlèvement:

- ◆ Le porte à porte : dans le quel le service de la collecte assure un passage régulier pour l'évacuation des DSM;
- ◆ En porte volontaire : dans le quel le générateur assure le transfert des DSM vers un point de regroupement afin qu'ils soient transportés par le service chargé de l'opération vers un lieu d'élimination ou de traitement. ce mode d'apport est très adapté à l'opération de tri sélectif;
- ◆ La collecte sélective : consiste à ramasser séparément une ou plusieurs catégories de déchets dont le verre, les papiers et carton, etc....
- ◆ La collecte séparée de déchets verts constituée essentiellement des déchets de cuisine ou de jardin ne contenant que des résidus organiques est pratique dans certain régions.

En Algérie, la collecte se fait encore de manière non sélective alors que de nos jours, une gestion environnemental des déchets nécessite la mise en place d'un mode de collecte sélective .mais sans moyen de collecte spécifiques pour des types de déchets bien déterminés et sans infrastructures de valorisation. (KHEMISSI Radoune) .

I.6. Les différents types de traitement des déches [5]:

I.6.1. L'enfouissement des déchets :

Stocker les déchets dans une décharge est la méthode la plus traditionnelle pour s'en débarrasser et encore la plus courante dans la plupart des pays. Historiquement, les décharges étaient souvent établies dans des carrières, des mines ou des trous d'excavation désaffectés. Utiliser une décharge qui minimise les impacts sur l'environnement peut être une solution saine et à moindre coût pour stocker les déchets ; néanmoins une méthode plus efficace sera sans aucun doute requise lorsque les espaces libres appropriés diminueront.

Les anciennes carrières ou celles mal gérées peuvent avoir de forts impacts sur l'environnement, comme l'éparpillement des déchets par le vent, l'attraction des vermines et les polluants comme les lixiviats qui peuvent s'infiltrer et polluer les nappes phréatiques et les rivières. Un autre produit des décharges contenant des déchets nocifs

est le biogaz, la plupart du temps composé de méthane et de dioxyde de carbone, qui est produit lors de la fermentation des déchets.

Les caractéristiques d'une décharge moderne sont des méthodes de rétention des lixiviats, tels que des couches d'argile ou des bâches plastiques. Les déchets entreposés doivent être compactés et recouverts pour éviter d'attirer les souris et les rats et éviter l'éparpillement. Beaucoup de décharges sont aussi équipées de systèmes d'extraction des gaz installés après le recouvrement pour extraire le gaz produit par la décomposition des déchets. Ce biogaz est souvent brûlé dans une chaudière pour produire de l'électricité ou de la chaleur.

Il est même préférable pour l'environnement de brûler ce gaz que de le laisser s'échapper dans l'atmosphère, ce qui permet de consommer le méthane, un gaz à effet de serre encore plus nocif que le dioxyde de carbone. Une partie de ce biogaz peut aussi être utilisé comme carburant.

I.6.2. L'incinération des déchets :

Cette technique ancienne de traitement des déchets s'applique :

- Aux ordures ménagères brutes ou mélangées à des déchets non dangereux ou à des boues ;
- Aux déchets dangereux dans des fours spécifiques, en général en présence d'un appoint de combustible ;
- Aux refus de tri du recyclage ou du compostage,

L'incinération permet de réduire le volume et la masse de la matière à éliminer. Ces multiples réactions d'oxydation génèrent les deux produits ultimes souhaitables, dioxyde de carbone et vapeur d'eau. Les composés minéraux demeurent à l'état de cendres et de mâchefers à l'exception de leur fraction volatile.

I.6.3. La Co-incinération :

Ce terme désigne la possibilité de brûler simultanément un combustible avec des déchets organiques dans une installation initialement dimensionnée pour brûler ce combustible sans le moindre déchet à incinérer. Le remplacement partiel de fuel par des déchets d'hydrocarbures, de solvants ou d'huiles dans les fours de cimenterie constitue le premier usage de cette technique. La Co-incinération ajuste progressivement la

facturation de ses prestations de destruction des déchets avec la concurrence et sélectionne la qualité des déchets Co-incinérés pour ne pas polluer le produit élaboré.

Une installation de Co-incinération est une installation fixe ou mobile dont l'objectif essentiel est de produire de l'énergie ou des produits matériels et qui utilise des déchets comme combustible habituel ou d'appoint, ou dans laquelle les déchets sont soumis à un traitement thermique en vue de leur élimination.

Cette installation son « objectif essentiel » doit être la production de l'énergie ou des matériaux, sinon elle est considérée comme une unité d'incinération.

I.6.4. Le compostage et la fermentation :

Les déchets organiques, comme les végétaux, les restes alimentaires ou le papier, sont de plus en plus valorisés en compost et/ou en biogaz. Ces déchets sont déposés dans un bac à compost ou un digesteur pour contrôler le processus biologique de décomposition des matières organiques et neutraliser les agents pathogènes.

La pratique du compostage varie du simple tas de compost de végétaux dans le cas du compostage domestique à un processus automatisé dans le cas de plateforme industriel. C'est un processus biologique aérobie (en présence d'oxygène). Sous l'action des bactéries et organismes du sol, les bio- déchets sont transformés en compost, utilisable en agriculture et pour le jardinage. La méthanisation est quant à elle un processus anaérobie. La dégradation de la matière organique par des bactéries en absence d'oxygène, produit du biogaz qui peut être ensuite utilisé pour produire de l'électricité, de la chaleur, du carburant ou être directement injecté dans le réseau.

I.6.5. Le traitement mécano-biologique :

Le traitement mécano-biologique (TMB) est une technique qui combine un tri mécanique et un traitement biologique de la partie organique des ordures ménagères résiduelles (OMR)

La partie « mécanique » est une étape de tri des éléments contenus dans les OMR. Cela permet de retirer certains éléments recyclables du flux de déchets (tels les métaux, les plastiques et le verre) ou de les traiter de manière à produire un combustible à haute valeur calorifique nommé combustible solide de récupération (CSR) ou combustible dérivé des déchets (RDF) qui peut être utilisé dans les fours des cimenteries ou les centrales électriques. La partie « biologique » permet de traiter la fraction

fermentescible des ordures ménagères (FFOM) par compostage ou méthanisation/compostage. Dans le premier cas, seul du compost est produit. Dans le second, il y a production de biogaz et de compost par compostage du digestat (résidu du processus de méthanisation).

Le compost doit répondre à la norme en vigueur NFU 44-051. À noter que le risque de produire un compost non normé est important dans le cas d'un compostage des ordures ménagères en mélange par TMB. Dans ce cas, le compost doit être enfoui ou incinéré. Les refus de tri issus du traitement mécanique doivent être également redirigés vers d'autres modes de traitement.

Une installation de traitement mécano-biologique doit donc toujours être couplée à un autre mode de traitement (incinérateur ou centre de stockage).

I.6.6. Pyrolyse et gazéification :

La pyrolyse et la gazéification sont deux méthodes liées de traitements thermiques où les matériaux sont chauffés à très haute température et avec peu d'oxygène. Ce processus est typiquement réalisé dans une cuve étanche sous haute pression. Transformant les matériaux en énergie cette méthode est plus efficace que l'incinération directe, plus d'énergie pouvant être récupérée et utilisée.

La pyrolyse des déchets solides transforme les matériaux en produits solides, liquides ou gazeux. L'huile pyrolytique et les gaz peuvent être brûlés pour produire de l'énergie ou être raffinés en d'autres produits. Les résidus solides (charbon) peuvent être transformés plus tard en produits tels les charbons actifs.

La gazéification est utilisée pour transformer directement des matières organiques en un gaz de synthèse appelé syngaz composé de monoxyde de carbone et d'hydrogène. Ce gaz est ensuite brûlé pour produire de l'électricité et de la vapeur. La gazéification est utilisée dans les centrales produisant de l'énergie à partir de la biomasse pour produire de l'énergie renouvelable et de la chaleur.

I.7. Le cadre législatif:

L'Algérie a adopté plusieurs lois et décrets dans le domaine de l'environnement. En ce qui concerne la gestion des déchets, on trouve :

- ◆ Le décret n°84-378 du 1984 relatif aux conditions de nettoyage d'enlèvement et de traitement des déchets solides urbains.
- ◆ Loi n°01-19 du 12 décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.
- ◆ Loi n°02-02 du 05 février 2002, relative à la protection et la valorisation du littoral.
- ◆ Loi n°03-10 du 19 juillet 2003, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.
- ◆ Décret exécutif n° 02-175 portant sur la création de l'Agence Nationale des Déchets.
- ◆ Décret exécutif n° 04-410 fixant les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission de ces déchets au niveau de ces installations.
- ◆ Décret exécutif n° 07-205 fixant les modalités et procédures d'élaboration, de publication et de révision du schéma communal de gestion des déchets ménagers et assimilés.
- ◆ Décret exécutif n° 02-372 relatif aux déchets d'emballage.
- ◆ Décret exécutif n° 04-199 fixant les modalités de création, d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de traitement et de valorisation des déchets d'emballages « ECO-JEM ». (Dahmane Sanaa)

Conclusion:

Dans les pays confrontés à de grandes difficultés de gestion urbaine notamment pour l'élimination d'énormes quantités de déchets, la mise en place d'une gestion intégrée telle qu'elle a été décrite dans ce chapitre est un début de solution. Toutes les parties prenantes doivent être impliquées à chaque étape de cette gestion, pour la récupération de données nécessaires sur le flux généré, pour l'organisation d'une collecte optimale et équitable, pour l'optimisation des systèmes de recyclage et de valorisation, pour le traitement des déchets dangereux et enfin pour l'enfouissement d'un rejet ultime.

Chapitre II: généralités sur le compostage

Introduction :

Le compostage consiste à mettre en tas des déchets afin qu'ils se décomposent et se transforment ainsi en une sorte d'humus ; le compost.

Les tas de fumiers sont fait depuis des siècles par l'homme où l'exemple vient de la nature car la forêt ne connaît pas le concept des immondices. Le compostage est une véritable armée de micro-organismes qui se met au travail pour la décomposition de la matière organique qui sera revalorisée et remise à la disposition des végétaux.

Alors, si l'homme ne s'en occupe pas ces tas dégagent une odeur nauséabonde et mettent beaucoup de temps pour donner une matière utilisable (Alain DAMIEN).

La croissance de la quantité des déchets organiques est de plus en plus importante, ce qui pousse à chercher des solutions en observant les mécanismes de notre mère-nature que de nouvelles techniques de compostage se sont développées pour en arriver maintenant à des techniques qui produisent en quelques mois ou en quelques semaines du compost d'excellente qualité et qui ne sent pas mauvais.

Le présent chapitre a pour objectif essentiel de décrire, en termes simples les avantages du compostage en tant que composante d'un système intégré de gestion des déchets et le principe du compostage.

Aussi, ce chapitre s'achèvera par les impacts des traitements aérobies et les modes d'hygiène et de sécurité à prendre en considération.

II.1. Historique :

Le compostage remonte aussi loin que le Néolithique c'est-à-dire dès l'instant où l'homme passa à l'exploitation agricole des sols. En effet de tous temps les paysans ont observé que la mise en culture des sols entraînait progressivement leur appauvrissement et que, pour y remédier, il fallait leur restituer les matières organiques prélevées par les plantes pour leur développement.

- En effet, il est constaté que l'apport régulier en matière organique permet de maintenir durablement la fertilité des sols cultivés. Ce constat universel est à l'origine de la pratique traditionnelle de la fumure, constituée d'un compost, dans lequel étaient mélangés des végétaux (feuilles, branches, herbes) avec des excréments animaux et parfois aussi humains.
- A l'ère pré-moderne, l'agronome romain *Palladius* (V^{ème} siècle de notre ère) indique « le fumier qui aura pourri pendant une année est bon pour les terres ensemencées et n'engendrera point d'herbe. Plus vieux, il serait moins bon. Les algues lavées dans l'eau douce et mêlées d'autres ordures tiendront aussi lieu de fumier ». Il pose en son temps une des conditions pour obtenir un bon compost, la maturation de la matière organique.
- Plus précis, *Ibn Awwam*, l'agronome Sévillan du XII^{ème} siècle dans son traité « le livre de l'agriculture » : il recommandait de ne jamais un fumier de moins d'une année, il considère qu'il n'a pas encore atteint la perfection. Cette recommandation est encore pertinente à nos jours et est enseignée en agronomie.
- C'est l'agronome du moyen âge *Olivier de Serres* qui nous évoque avec précision la composition d'un compost on cite : « les cendres de lessives, les gravats de bâtiments, les immondices des privés, éviers, égouts et cloaques, les balayures de la maison et de la basse-cour, toutes les feuilles sèches des melons, concombres, courges, cosses et pailles de fèves, pois, moutardes et semblables choses, comme aussi le marc de raisins... en somme tout ce que l'on peut ramasser de vil prix sert à augmenter les fumiers, étant mis avec eux et mêlés ensemble » (Saci Belgat).

II.2. Principe du compostage :

Le compostage désigne « le procédé biologique aérobie contrôlé comportant habituellement une phase de montée en température, qui permet l'hygiénisation et la stabilisation par dégradation de la matière organique, et conduit à l'obtention d'un engrais organique ».

Il s'obtient en quatre phases :

- Broyage, ce dernier doit assurer un bon défibrage et éviter les bourrages ;
- Mélange des déchets organiques avec les coproduits éventuels ;
- Ventilation de l'ensemble. Elle permet d'assurer la dégradation des matières volatiles, la stabilisation, l'hygiénisation et le séchage de la matière. Elle constitue l'étape de fermentation active pendant laquelle le produit atteint des températures voisines de 60-70 °C assurant la destruction de la plupart des micro-organismes pathogènes. Cette phase de démarrage est qualifiée de thermophile. Les micro-organismes décomposent la fraction légère de la matière organique et commencent à décomposer les fractions lourdes (cellulose). Il en résulte des molécules organiques plus courtes.

Intervient ensuite une phase mésophile pendant laquelle les substances aboutissent à l'état d'humus ;

- Affinage du produit par un tamis moléculaire afin d'éliminer les éléments étrangers (bois, verre, ...) suivis par le stockage (Alain Damien).

Alors le principe du compostage va donc reposer à la fois sur des phénomènes biologiques naturels mais aussi sur des paramètres précis qui vont permettre à l'homme de contrôler l'évolution du processus biologique et de l'orienter si nécessaire [6].

II.3. Principaux paramètres influençant le compostage [7] [8]:

Il s'agit : du taux d'oxygène lacunaire, d'humidité, de température, du rapport C/N et du pH. Ces paramètres sont en fait ceux qui influencent les conditions de vie des micro-organismes.

◆ Le taux d'oxygène lacunaire :

La présence d'oxygène est indispensable au bon déroulement du compostage : il est en effet consommé par les micro-organismes au cours de leur respiration. La décomposition de la matière organique conduit ainsi à un dégagement de gaz carbonique dont l'augmentation est corrélée à une baisse du taux d'oxygène. Il est donc nécessaire d'apporter, dans la matière à composter, de l'oxygène par aération pour maintenir un taux d'oxygène suffisant.

Le dioxyde d'oxygène est nommé « oxygène lacunaire » car il est contenu dans les « vides », les lacunes existantes entre les différentes particules de la matière mise à composter : il est défini comme le pourcentage d'oxygène dans l'air des « vides ». Ce pourcentage d'espaces vides n'est pas fixe et va varier en fonction :

- De la granulométrie (taille des particules) et de la forme des particules organiques ;
- De la quantité d'eau présente.

◆ L'humidité [9]:

L'eau contenue dans la matière organique mise en compostage est nécessaire à la vie des micro-organismes. Elle joue également un rôle prépondérant dans le transport des particules, assurant ainsi un meilleur contact entre les fractions organiques et la flore microbienne. Pendant le compostage, la teneur en eau varie :

- Elle augmente à cause des réactions chimiques d'oxydation de la matière organique. Globalement on peut écrire :



- Elle diminue simultanément à cause de l'élévation de température (évaporation) et de l'aération.

◆ La température :

L'augmentation de température de la masse en compostage constitue le paramètre le plus facilement mesurable car ce phénomène est sensible à main nue, il suffit pour cela d'approcher sa paume de la surface du tas en évolution. Cette élévation de température est due, elle aussi, à l'action des micro-organismes qui en oxydant la matière organique des substrats libèrent ainsi l'énergie contenue dans les liaisons chimiques des molécules constitutives. Le suivi de la température permet donc une mesure indirecte de l'intensité des dégradations aérobies, même s'il ne reflète pas la qualité de ces dégradations, le bon suivi de la fermentation aérobie, comme le dosage de la consommation d'oxygène ou la mesure du flux de chaleur.

La température est un témoin de l'activité biologique. La température des tas est autorégulée.

◆ Le rapport C/N :

Il mesure les proportions relatives en carbone et en azote, nutriments essentiels à la vie des micro-organismes. Le C/N optimal, en début de compostage, que l'on trouve dans la littérature est assez variable et se situe dans l'intervalle (20 - 30). Pour approcher cette valeur optimale, on essaie de mélanger plusieurs types de substrats ayant des C/N différents et qui sont généralement inaptes à être compostés seuls. On peut citer le gazon qui a un C/N très bas (riche en azote) ou le bois dont le C/N est élevé (beaucoup de lignine). Ce rapport décroît constamment au cours du compostage, pour se stabiliser dans un compost fini : ceci s'explique par le fait que les micro-organismes consomment plus de carbone que d'azote.

◆ Le pH :

Le pH n'a pas d'influence majeure sur le procédé de compostage (la plage optimale se situant autour de la neutralité, entre 6,5 et 8,5). Ce pH des milieux de compostage est initialement acide. Cette acidification est due à la production d'acides organiques et à la production du CO₂ en début de compostage. Le pH remonte ensuite et redevient basique.

Le contrôle du pH est souvent utile en fermentation parfois indispensable : il permet de suivre le processus et ultérieurement de l'orienter favorablement.

◆ **La dimension des particules :**

Au fil des réactions de compostage, la taille des particules se réduit. Plus les particules sont fines et plus elles présentent de surface disponible à l'action des micro-organismes, ce qui a pour effet d'accélérer la décomposition du substrat.

II.4. Les différents procédés et techniques de compostage [10]:

Il existe plusieurs systèmes de compostage. Chacun présente ses avantages et ses inconvénients.

A choisir selon la surface d'exploitation, le type de déchets et le volume produit...

◆ **Compostage en tas [11]:**

Comme son nom l'indique, cette méthode de compostage consiste à mettre en tas les déchets au fond de la plateforme.

Elle permet de composter de grandes quantités et facilite les manipulations. En revanche, les déchets à l'air libre peuvent attirer les animaux et ce n'est pas très esthétique.

Le compostage en tas convient, en somme, aux grandes surfaces où de voisinage très éloigné... (figure 1).



Figure 1: compostage en tas [10]

◆ **Compostage en bac [12]:**

Les déchets sont ici stockés dans un bac en bois ou en plastique, de taille et de forme variables. Cette technique convient aux petits espaces et aux déchets essentiellement alimentaires. Elle évite les nuisances et permet un compostage plus rapide, mais les manipulations sont malaisées. Le compostage en bac requiert aussi davantage de temps (figure 2).



Figure 2: compostage en bac [10]

◆ Compostage en silo auto-construit [13]:

Les silos peuvent être en bois ou en parpaings. Ils permettent de composter des quantités assez importantes et les manipulations s'y effectuent aisément. Cette technique convient à tous les types de jardins. Seul bémol : le compostage en silo auto-construit demande d'être un peu bricoleur (figure 3).



Figure 3: compostage en silo auto-construit [10]

◆ Compostage de surface ou mulching [14]:

Cette technique consiste à répandre sur le sol les tontes et certains déchets de jardin broyés. Elle est réservée aux déchets verts et doit être appliquée avec précaution car certaines plantes, trop fragiles, risquent d'en souffrir (figure 4).



Figure 4: compostage de surface [10]

◆ Lombricompostage [15]:

Il s'agit d'une technique de compostage avec des lombrics ; idéal quand on n'a pas de grandes surfaces ! Il fonctionne toute l'année mais n'aiment pas les températures excessives : disposer le bien à l'abri, ou à l'intérieur (garage, cuisine, palier...) (figure 5).



Figure 5: Lombricompostage [10]

II.5. Règlementation [16] [17]:

Selon les pays et les époques, des normes plus ou moins strictes existent pour garantir que le compost commercialisé ne pose pas de problèmes sanitaires, toxicologiques ou écotoxicologiques.

En France, deux normes concernant le compost existent :

- La NF U44-095 pour les composts contenant des boues d'épuration ;
- La NF U44-051 / décembre 1981, pour les autres composts.

Elles sont rendues obligatoires depuis 2004. L'une et l'autre précisent notamment une liste fermée de matières autorisées dans la fabrication du compost, et les limites maximales de composants comme les éléments traces métalliques, les composés traces organiques, les inertes et les micro-organismes.

Un Eco-label européen existe pour les composts, sous la catégorie Soils improvers and growing media (amendement et supports de culture).

Pour les composts urbains, la granulométrie doit être indiquée ainsi que l'absence ou la présence d'éléments piquants ou coupants.

Les déchets suivants entrent dans les principales rubriques de la norme NF U 44-051 :

- Les déchets verts ;
- La fraction fermentescible des ordures ménagères ;
- Les fumiers ;
- Le bois ;
- Des mélanges de matières végétales ;
- Des mélanges contenant plus de 30 % de tourbe.

Normes NF U 44-551 / 44-571 :

Les supports de culture visent à la formation de milieux possédant une porosité suffisante, permettant l'ancrage et la pénétration des racines des plantes, d'une part, et l'échange avec les solutions riches en éléments nutritifs, d'autre part. Les déchets organiques bruts ou compostés ne peuvent en général pas constituer un support de culture. Cependant, ils sont parfois mélangés comme matière première "bon marché" dans des mélanges qui associent souvent de la tourbe.

II.6. Impacts des traitements aérobies [18]:

a. Les types de risque :

Dans le secteur du compostage on peut trouver des troubles respiratoires qui ont été décrites dès les années 1990 chez les travailleurs de ce dernier ; les risques microbiologiques qui ont été étudiés lors de plusieurs études, recensées par Arfi et Morcet (2007), et par l'INRS (2010) et les risques chimiques qui sont un peu moins documentés.

Le risque biologique est représenté par des micro-organismes mais aussi par des composés chimiques issus de ces organismes (endotoxines, allergènes...), présents dans l'air sous forme de bio aérosols. Lavoie (1997) cite la présence de bactéries de Gram négatives et d'endotoxines émises par ces bactéries, ces dernières étant susceptibles de provoquer une irritation des muqueuses ou des problèmes gastro-intestinaux et respiratoires.

Le Dr Delaunay (1997) a fait une différence entre :

- les micro-organismes présents dans les déchets à leur entrée (des entéro-pathogènes : bactéries, virus...) présentant un risque infectieux mais susceptibles de disparaître au cours du compostage,
- les micro-organismes qui se développent lors du traitement biologique (bactéries mésophiles et thermophiles, moisissures tels les *Aspergillus*...) qui présentent, par eux-mêmes ou par la génération d'endotoxines ou de spores, un risque principalement non infectieux par des mécanismes immuno-allergiques, irritatifs ou cytotoxiques.

L'humidité est inhérente à l'activité ; elle est liée à la chaleur. Ces risques peuvent être réduits par une aération correcte des locaux et/ou le compostage en box ou tunnels fermés sans intervention humaine.

Les vibrations sont un risque pour les conducteurs des engins ; ils sont normalement limités dans les engins récents (sièges suspendus...).

Les odeurs ne présentent pas de risque sanitaire en elles-mêmes, mais dans ce type d'activité elles sont souvent liées à des composés chimiques toxiques (cas des composés soufrés, de l'ammoniac) ... Elles constituent en outre une gêne en soi, correspondant à une dégradation des conditions de travail. Il est donc important de maîtriser les émissions d'odeurs vis-à-vis des riverains, mais aussi des salariés du site. Il faut noter que l'intensité des odeurs est généralement corrélée positivement à la concentration, mais que certains gaz, l'hydrogène sulfuré par exemple, peuvent devenir inodores au-delà d'une certaine concentration. Certains gaz toxiques sont toujours inodores. L'absence d'odeurs ne signifie donc pas l'absence de danger.

b. Les zones de risques :

Les différentes opérations constituant un TMB (traitement mécano-biologique) de déchets présentent des risques variables pour les travailleurs, selon la nature de l'opération et le degré d'automatisation.

Les mesures préventives sont donc :

- La réception des déchets (fosse ou dalle, grappin...) : cette zone est très favorable à la prolifération microbienne et aux émissions d'odeurs.
- Le broyage : cette étape est une source importante de poussières, dont certaines minérales.

- Le tri des déchets : selon le procédé il est plus ou moins poussé (ou absent : cas de la réception de déchets issus de la collecte sélective). Il peut être automatique ou manuel : les risques sont moindres dans le premier cas (odeurs principalement).
- Le chargement des déchets dans la zone de traitement (compostage actif pour le traitement aérobique, digesteur pour la méthanisation).
- Le traitement biologique, qui a souvent lieu en milieu confiné ; c'est le cas pour la méthanisation mais pas toujours pour le compostage.
- Le retournement des matières lors de la première phase, ou le changement de zone (passage à l'affinage, ou compostage dans le cas de la méthanisation) sont des activités générant beaucoup de poussières et de vapeurs (humidité, gaz, bio aérosols...).
- Le stockage du compost mûr. Selon les installations, l'importance des différents risques peut varier. Cependant, pour toutes les installations (ou parties d'installations) confinées, le traitement de l'air est primordial. Il doit être correctement dimensionné par le concepteur de l'installation. Certaines activités nécessitent une intervention humaine (réparation des machines, nettoyage...) : là aussi, le risque d'inhalation de particules et de gaz est réel et doit être pris en compte le plus tôt possible.

II.7. Hygiène et sécurité des installations :

La prévention des risques dans la filière du traitement biologique des déchets doit se faire à plusieurs niveaux, depuis la conception de l'installation jusqu'à sa conduite, des protections collectives à la protection individuelle des travailleurs. Au niveau de la conception de l'installation, par exemple :

- La zone de réception des déchets devrait pouvoir être nettoyée facilement et régulièrement, de même que les zones de manipulation.
- En cas de tri des déchets en entrée, il devrait être automatisé au maximum ; dans ce cas, les éléments du procès devraient être capotés pour limiter les émissions de gaz et d'odeurs.
- Les halles de tri, de compostage, de stockage du compost mûr, lorsqu'elles sont fermées, doivent être correctement ventilées. L'air doit être traité avant d'être rejeté à l'extérieur.
- Plus les quantités de matières gérées sont importantes, plus la manipulation devrait être automatisée, les interventions sur zone du personnel étant limitées à l'entretien du matériel ou à la solution de pannes. Ainsi, pour le compostage, les

tunnels avec chargement automatique sont préférables. A défaut, le compostage peut être réalisé en boîtes sous hangar clos, avec aération forcée du compost, mais cela implique la protection systématique du personnel. L'aération par aspiration permet d'améliorer la qualité de l'air au-dessus du compost par rapport au soufflage, mais les buses sont plus susceptibles de se boucher.

- Les paramètres indiquant l'avancement du procédé sont à suivre : au minimum, la température, idéalement l'oxygène mais les sondes sont plus fragiles et ce paramètre ne peut pas toujours être suivi.

Au niveau de la conduite de l'installation :

- Les déchets devraient être traités au fur et à mesure de leur réception, soit le jour même.
- Les différentes zones de l'installation devraient pouvoir être nettoyées facilement (par aspiration, lavage à l'eau...).
- Si le tri est manuel, il ne devrait pas porter sur la fraction organique ; les matières devraient arriver en couche mince ; les tâches devraient être variées et la rotation des postes envisagée (ergonomie, diminution des répétitions et des expositions).
- L'exposition peut être importante à l'intérieur des chargeuses, si la cabine est ouverte, mais également dans les cabines fermées avec filtration de l'air : si le système de filtration est généralement efficace contre les poussières, il est souvent inactif vis-à-vis des vapeurs comme l'ammoniac (INRS, 2010).
- Le personnel devrait être isolé des matières en fermentation (retourneur-enjambeur automatique, à défaut chargeuses à cabines fermées et filtrées) et les interventions limitées à l'entretien et aux réparations,
- Au niveau de l'organisation des postes sur certains postes, le temps de travail ou d'intervention devrait être limité et contrôlé (à minima prévenir de toute présence sur une zone à risques), même avec l'utilisation d'équipements de protection individuels. Au niveau de la protection du personnel : il est de la responsabilité de l'employeur de suivre les prescriptions réglementaires en termes d'hygiène du travail. En particulier, l'employeur doit élaborer le document unique d'évaluation des risques pour la Santé et la Sécurité des Travailleurs, qui comporte :
 - L'identification des dangers propres à l'installation,

- La liste des postes de travail,
- Le bilan d'évaluation des risques pour le site,
- Le bilan d'évaluation des risques pour chaque poste. Le personnel doit recevoir une formation spécifique aux questions d'hygiène et de sécurité. L'employeur doit lui fournir les équipements de protection obligatoire (vêtements, chaussures de sécurité, gilet haute visibilité), et en supplément, selon les zones dangereuses, les EPI (gants, lunettes, masque anti-poussière ou masque à gaz, casque, casque antibruit, détecteurs, talkie-walkie... ; voir en figure 6 un exemple de visuel recensant les équipements à mettre à disposition.
- Enfin, il doit faire l'objet d'une surveillance médicale particulière ^[19] ^[20].

Conclusion:

En conclusion de ce chapitre, il est tout d'abord nécessaire de préciser que le compost peut avoir un impact positif sur les sols et notamment en Algérie où les sols agricoles souffrent de pénurie de matière organique nécessaire pour compenser les pertes liées à la production végétale mais, également pour retenir l'eau qui fait souvent en climat méditerranéen qui est le plus souvent un climat aride.

Dans la partie pratique on va voire le processus de fabrication et les analyses de qualité pour dire si la solution est connue pour diminuer les intrants chimiques et de trouver le processus le plus adapté aux déchets générés.

Introduction :

Dans le cadre d'une exploitation durable des ressources et d'une gestion rationnelle de moyens, il est recommandé de favoriser la récupération et le recyclage des déchets. La création de la déchetterie prévue par le projet (CET de Hassi Bounif) représente un pas dans le bon sens quoi que modeste par rapport à l'effort demandé.

III.1. Localisation du site [21]:

Le centre d'enfouissement technique (CET) situé dans la commune de Hassi Bounif à l'est d'Oran, Le site se trouve à l'extrémité Sud- Est de la commune de Hassi Bounif,

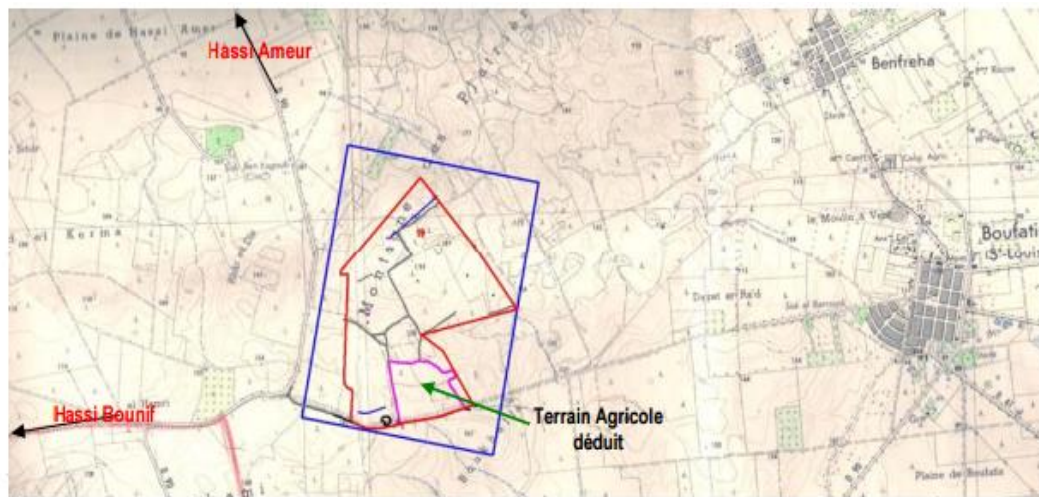


Figure 6 : plan de situation de CET de Hassi Bounif

La commune s'étend sur une superficie de 31.8 Km² et compte 63581 habitants, en limite des communes de Ben Freha, Boufatis et Sidi Chami.

Le CET de Hassi Bounif qui s'étend sur une superficie totale d'environ 85 hectares a été récemment réceptionné. Sa réalisation a nécessité plus de deux ans de travaux pour un coût de plus de 300 millions de dinars.

Le CET, doté d'un équipement technologique de pointe, intervient en prévision du développement du recyclage de matières dans le cadre de ce qui est appelé "développement de l'économie verte" qui contribue à la protection de l'environnement et la création de richesse et d'emplois.

III.2. Le cadre physique :

La description des principales caractéristiques du milieu physique à travers l'analyse des données relatives aux contextes suivants : Climatologie, Géomorphologie, topographie et paysage, Géologie.

Il est à noter qu'on s'est basé sur les études antérieures (Etude d'Impact du CET, essentiellement) pour la caractérisation du milieu physique du projet. Ainsi, plusieurs éléments des développements suivants sont repris des ces études antérieures.

III.2.1. Le climat :

La caractérisation du climat de la zone du projet est basée sur les données recueillies à la station météorologique d'Es Senia qui présente les caractéristiques suivantes :

- ◆ Longitude : $0^{\circ} 36'$ ouest ;
- ◆ Latitude : $35^{\circ} 38'$ nord ;
- ◆ Altitude : 90 mètres.

a) la température :

La température moyenne (interannuelle) est de $17,4^{\circ}\text{C}$. Le mois le plus chaud est août avec $25,2^{\circ}\text{C}$, et le mois le plus froid est janvier avec $10,5^{\circ}\text{C}$, soit un écart thermique de $14,5^{\circ}\text{C}$.

Les températures maximales mensuelles varient entre $16,0$ et $31,2^{\circ}\text{C}$ et présentent une moyenne de $23,1^{\circ}\text{C}$.

Les températures minimales mensuelles varient entre $5,5$ et $19,2^{\circ}\text{C}$ et présentent une moyenne de $11,7^{\circ}\text{C}$. Les minima s'observent en janvier et les maxima en août. Selon l'Office National de la Météorologie (ONM), le gradient thermique pour la région d'Oran est de $-0,468^{\circ}\text{C}$ par 100 mètres.

b) pluviométrie :

Le site du projet est situé sous l'isohyète 400 mm. Les précipitations moyennes mesurées durant la période 1970-1995 se répartissent comme suit :

Tableau 1 : Les précipitations moyennes mesurées durant la période 2010-2011

MOIS											TOTAL	
J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	288.4
26.5	57.2	45.2	32.4	12.4	4.8	1	8.8	12.4	33.5	2	52.1	

Les différences saisonnières sont assez marquées avec un rapport entre les précipitations mensuelles maximales et minimales d'environ 58 millimètres.

c) le régime des vents :

La direction dominante des vents est le nord-ouest, Les vents sont plus calmes en hiver (décembre et janvier) qu'en été (juin et juillet), La vitesse moyenne des vents est de 3,7 m/s.

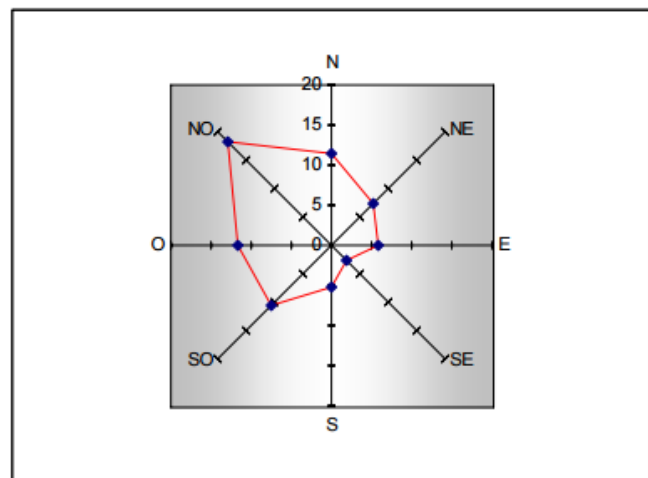


Figure 7 : rose des vents à la station d'Essenia

III.2.2. Topographie :

Le site du CET (environ 89 ha) se situe sur la montagne des Plâtrières qui sépare deux zones dépressionnaires comportant des zones humides salées, à savoir la Grande Sebkhah d'Oran à l'ouest et le lac de Télamine (et la plaine salée) à l'est. La montagne des Plâtrières présente un relief peu prononcé (pente oscillant entre 6 et 15%), Les sols sont relativement pauvres et reposent sur une dalle calcaire compacte. La charge caillouteuse est relativement importante. Le site du CET occupe un espace relativement plat (sorte de haut-plateau au sommet de cette montagne) où l'altitude oscille entre 150 et 189 mètres avec une topographie du type mamelonnée.

III.2.3. Géologie :

Les éléments disponibles sur la carte géologie de Saint-Cloud nord-ouest montrent que la quasi-totalité du site est occupée par des encroûtements calcaires du quaternaire. Les affleurements concernent des terrains plus anciens en remontant vers le nord. En effet, le pliocène gréseux affleure au sud (anticlinal de Debbi) tandis que le miocène marneux

affleure au nord au pied du djebel Khar. Ce constat témoigne d'un faible pendage des couches vers le sud. En outre, à plus petite échelle des plis simples affectent les couches. Les collines correspondent aux anticlinaux (Debbi par exemple) et les dépressions aux synclinaux (plaine de Hassi Amer Mangin, par exemple). Dans l'emprise du site les grès pliocène affleurent majoritairement et les marnes gypseuses miocène affleurent à l'extrémité nord-est. L'affleurement du pliocène marneux (situé entre le pliocène gréseux et le miocène gypseux, exploité dans les carrières de la montagne de la Plâtrière au nord-est du site) n'est pas signalé sur la carte géologique dans l'emprise du site. En outre, le nom de cette montagne provient des carrières de gypse qui étaient exploitées pour la fabrication du plâtre. Elles permettaient d'extraire les niveaux gypseux du miocène à gypse. Ce fait confirme l'affleurement du miocène au nord-est du site. Il faut noter également la présence d'un synclinal dont l'axe passe au sud-est et à proximité du site. Cet axe présente une direction sud-ouest / nord-est en direction de Ben Freha. Il génère des pendages vers le sud-est des couches dans l'emprise du site.

III.3. Flux des déchets et capacité du CET :

Le CET traite 1 200 tonnes/jour de déchets au profit de 14 communes du centre : Oran, Bir El Djir, Es Senia, El Kerma et Sidi Chahmi et de l'est de la wilaya : El Braya, Boufatis, Hassi Bounif, Hassi Ben Okba, Ben Freha, Oued Tlelat, Hassi Mafsoukh et Gdyel et d'ouest Mesreghine. Sachant que sa capacité réelle de traitement est estimée à 1 500 tonne /jour.

Cette nouvelle infrastructure se distingue du reste des centres d'enfouissement technique et il sera procédé dans les prochains jours à l'adoption de systèmes de tri des déchets avant enfouissement.

Le CET contient 7 casiers de taille variable (tenant compte de la forme et la topographie du terrain) comme indiqué sur la plan masse. Les casiers sont destinés à recevoir définitivement les déchets non réutilisables.

Chaque casier a une surface d'environ 5 ha et est formé de 4 alvéoles de 10000 m² chacune. Il est prévu pour ce projet l'implantation, en première phase, d'un casier de surface environ 12ha et de capacité de 3 260 000 m³. Les autres casiers sont estimés recevoir un volume de déchets d'environ 1 200 000 m³ chacune avec une hauteur maximale des déchets de 40 m.

Tableau 2 : Estimation de la production des déchets de l'année 2007

N°	Commune	Production moyenne des déchets (Kg/J/hab)
1	Oran	0.77
2	Bir ELDjir	0.67
3	Kerma	0.72
4	Es Sénia	0.75
5	Sidi Chahmi	0.65
6	Ben Fréha	0.65
7	Hassi Mefsoukh	0.55
8	Hassi Ben Okba	0.73
9	Hassi Bounif	0.65
10	Boufatis	0.52
11	Gdyel	0.74
12	Oued Tlelat	0.75
13	El Braya	0.68
14	Mesreghine	0.69

Tableau 3 : Synthèse de la composition des déchets adoptés par les études intérieures

N°	Commune	Composition des déchets							
		M.O	Plastique	Papier - carton	Verre	Métaux	Textile	Bois	Autre
1	Oran	72.50%	12.00%	9.00%	1.80%	1.70%	2.00%	0.30%	0.7%
2	Bir ELDjir	73.00%	8.00%	12.00%	2.00%	2.50%	1.50%	1.00%	
3	Kerma	47.00%	5.75%	8.00%	1.75%	3.50%	3.50%	1.50%	2%
4	Es Sénia	73.80%	7.00%	8.00%	2.00%	1.50%	2.50%	2.00%	3.2%
5	Sidi Chahmi	69.50%	7.25%	13.50%	1.25%	1.75%	6.00%		0.75%
6	Ben Fréha	73.20%	11.77%	9.65%					5.38%
7	Hassi	73.00%	11.00%	9.00%					7%

	Mefsoukh								
8	Hassi Ben Okba	71.80%	11.25%	10.60%					6.35%
9	Hassi Bounif	74.33%	9.33%	8.00%	1.78%	1.78%	1.56%	2.22%	1%
10	Boufatis	73.55%	11.90%	10.20%					4.35%
11	Gdyel	64.50%	10.20%	8.80%	5.35%	1.85%	2.65%	1.95%	4.7%
12	Oued Tlelat	71.15%	12.50%	9.75%					6.6%
13	El Braya	72.44%	10.00%	8.67%	2.00%	1.78%	1.56%	2.44%	1.11%
14	Mesreghine	73.44%	9.00%	8.67%	2.00%	1.78%	1.56%	2.44%	1.11%

III.4 Evolution de la production de déchets dans la zone du projet

Ainsi, on constate que :

- ◆ durant les cinq premières années, le CET est appelé à recevoir près de 3 millions de m³ de déchets,
- ◆ après 21 ans d'exploitation (à l'horizon 2030), le CET doit accueillir près de 18 millions de m³ de déchets.
- ◆ A terme, les déchets enfouis auront une densité de 1 tonne/m³, sous l'effet du compactage et du tassement des couches supérieures.

Tableau 4 : Evolution de la production de déchets dans la zone du projet

		2010	2015	2020	2025	2030
Démographie	Population	1385714	1597578	1877723	2224727	2635858
	Accr (%)	2.66%	3.04%	3.45%	3.45%	3.45%
Production des déchets	Kg/hab/J	0.79	0.86	0.94	1.04	1.15
	T/J	1089	1374	1768	2313	3025
	T/an	397432	501605	645274	844094	1104172
Production cumulée	Tonne	397432	2684145	5604211	9405707	14378503
Production cumulée	M ³	496790	3355182	7005264	11757134	17973129

Tableau 5 : La capacité des casiers de CET de Hassi Bounif

Casiers	Surface (m ²)	Volume (m ³)
1	120 485	3 300 000
2	49 278	1 400 000
3	53 924	1 550 000
4	64 971	1 850 000
5	40 945	1 150 000
6	37 068	1 050 000
7	63 485	1 800 000
Total		12 100 000

METHODES ET MOYENS D'ANALYSE

Introduction :

La partie bibliographique a permis d'identifier les stratégies possibles de gestion des déchets ainsi que les approches méthodologiques pour une gestion intégrée des déchets. L'application de ces outils est obligatoire pour affronter les difficultés techniques lors des opérations réalisées sur les déchets (collecte, tri, transport et élimination), et estimer les impacts des déchets sur l'environnement et sur la santé humaine.

Il est nécessaire de maîtriser le fonctionnement des systèmes de traitement des déchets grâce à une démarche expérimentale de caractérisation de ces systèmes. Ces démarches consistent à avoir le maximum d'informations sur les déchets (flux, gisement, composition physico-chimique...etc.).

Ce chapitre décrit les méthodes d'analyses physico –chimique du compostage des déchets organique qui seront validé par l'étude expérimental portant par les déchets généré par le marché du gros d'El-kerma Oran.

I.1. L'aire de compostage :

Dans le cadre de notre suivi, la plate-forme d'expérimentation a été conçue au niveau de la déchèterie du CET de Hassi Bounif. La plate-forme sert pour traiter par compostage les déchets organiques du marché de gros d'El Kerma et des déchets verts d'élagage de la commune de Bir El Djir et ain El Baida. La plate-forme est bétonnée pour éviter l'infiltration du lixiviat dans le sol.

La plate-forme est constituée de deux surfaces :

- ◆ La première pour le tri manuel et le broyage des déchets ;

Les matériels suivants sont disponibles :

- Une sonde thermométrique pour les prélèvements des températures des andains ;
- Un broyeur ;
- Tamis à mailles carrées de 12 mm ;
- Une grue ;
- Un Poque- lin ;
- Tracteur – retourneur.

Tous ces équipements ont été disponibles pendant la caractérisation et le compostage des déchets sur la plate-forme.

- ◆ La deuxième partie de la plate-forme est une aire pilote de compostage non couverte. Cette dernière contient un emplacement permettant ainsi de réaliser un andain d'une longueur de 7m et d'une largeur de 1,20 m.



Figure 8.a et 8.b : Aire de tri des déchets organiques et de stockage des déchets



Figure 9 : Aire pilote de compostage

I.2 Méthodes expérimentales du compostage des déchets organiques du marché de gros d'El Kerma :

I.2.1. Conditions expérimentales du compostage :

Pour permettre d'optimiser le procédé qui pourra répondre aux besoins des collectivités locales en matière de traitement des déchets organiques, il est préférable de choisir une technique de compostage facilement adaptable.

D'après les auteurs (Wahyono & Sahwan, 2000), la méthode de compostage en andain a été choisie dans plusieurs pays industrialisés (ex : Royaume Uni, Allemagne) et même dans les pays en développements (Inde, Mexique, Sénégal). C'est pourquoi, dans ce suivi le choix s'est porté sur la technique d'andain aéré par retournements successifs et un apport éventuel d'eau.

En outre, il est essentiel d'expérimenter à l'échelle pilote plusieurs paramètres qui conditionnent l'efficacité du procédé. A la suite de l'étude bibliographique, le choix s'étend porté sur la technique d'andains aérés par retournements successifs avec apport éventuel d'eau, il était nécessaire d'étudier différentes conditions de compostage :

- ◆ Déchets trié ou non ;
- ◆ La fréquence des retournements et l'apport en eau ;
- ◆ L'affinage final par criblage.

La figure 10 du procédé expérimental pratiqué sur la plate-forme pilote on le décrit comme suit :

- ◆ Etape1 : préparation du substrat (déchets organiques + déchets verts) ;
- ◆ Etape2: séchage des déchets verts suivi d'un broyage ;
- ◆ Etape 3 : tri manuel des déchets organiques ;
- ◆ Etape4 : Construction de l'andain ;
- ◆ Etape5 : biodégradation avec aération par retournement. L'arrosage a été appliqué pendant la phase de dégradation de telle sorte de maintenir l'humidité de l'andain entre 40% et 60%.
- ◆ Etape6 : maturation pendant 11 semaines ;
- ◆ Etape7 : affinage final par criblage sur mailles de 12mm.

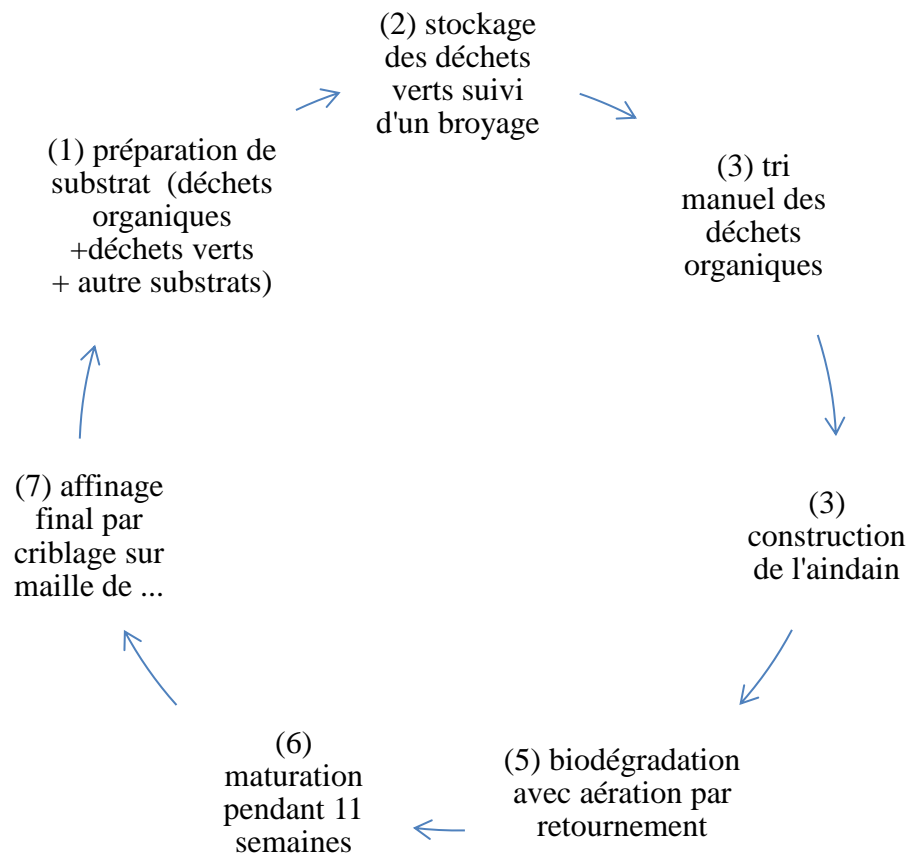


Figure 10 : Schéma descriptif du procédé expérimental du compostage

I.2.2. Choix de la forme d'andain et de ses dimensions :

Les différentes formes existantes, sont :

- ◆ Les andains en triangle : ces andains présentent généralement des hauteurs de 2m et une largeur de 2,5 à 3 m. une couche extérieure d'épaisseur 0,3 m, soit environ 40% du volume du tas, limite l'activité biologique dans cette zone, limitant ainsi, la montée de la température. Dans le cas des pluies abondantes, la pluie s'écoule sur les cotes et se rassemble à la base de l'andain. Il faut donc prévoir un système d'évacuation afin d'empêcher le détrempeage de l'andain. Ce type d'andain ne résiste pas aux intempéries.

- ◆ Les andains en couche : les déchets sont superposés en couche. Chaque couche est constituée de déchets broyés, les matériaux sont compactés. Ce système est confirmé non rentable, il a été quasiment abandonné par la majorité des exploitants.

- ◆ L'andain trapézoïdal : selon cette forme, il est possible de constituer des andains d'une hauteur de 3 m pour 7 à 8 m de base avec une pente de 70%. Dans ces conditions, la zone externe représente 15 à 17% du volume total. L'andain trapézoïdal possède d'une part une bonne aptitude à l'absorption de l'eau en cas de fortes précipitations (Grossmann 2003).

Pour cette étude, le choix s'est porté sur la forme triangulaire. L'expérience de compostage s'est étalée entre les deux années 2015 et 2016 (décembre – février). Les dimensions et les masses d'andain sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau 6: Taille et masse d'andain expérimental

Andain N°3		Dimension (m)				Masse	Tamisage	durée
Date	Immatriculation	B	b	H	L			
03/12/2015	A ₃	1.5	0.6	1.47	7	Plus de 3 tonnes	15/02/2016	75jours 10Semaines

L'andain avait la forme schématisée par la figure 11 :

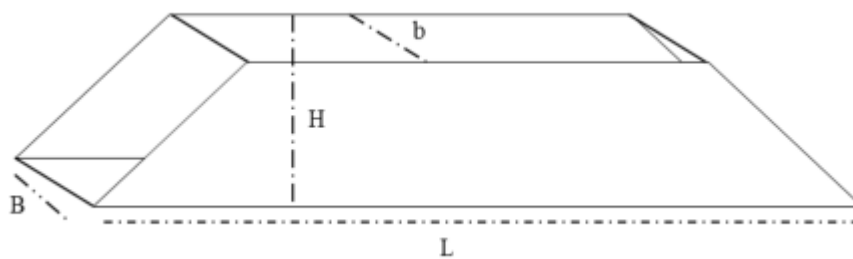


Figure 11 : Forme schématisé de l'andain utilisé lors de l'expérience

I.3. Choix de la composition du substrat :

Les substrats mis en andain pour être compostés sont constitués d'un mélange de déchets organiques provenant du marché de gros de la commune d'El Kerma après un tri sélectif au niveau de la plateforme et des déchets verts.

Une fois le déchet trié et pesé, il a été transféré vers la plate-forme de compostage. La fréquence des retournements des andains se trouvent dans le tableau 7

Tableau 7: Composition des substrats et fréquence des retournements

Andain	Substrat
A3	6.5 tonnes de déchets organiques + 3 tonnes de déchets verts + Environ 1.5 tonnes du second andain.

I.4. Choix du criblage du compost fini :

Le criblage du compost a été réalisé en utilisant des tamis en maille carrée de 12 mm.

I.5. Paramètres de suivi du procédé de compostage :

Le compostage est défini comme un procédé biologique aérobie contrôlé, qui permet l'hygiénisation et la stabilité par dégradation de la matière organique, et conduit à un amendement ou engrais organique (MEDDTL, 2011). Les paramètres physico-chimiques des substrats (pH, taux d'humidité, température et taux de la matière organique) évoluent au cours du compostage (Compaoré et Nanéma, 2010).

I.5.1. Effet exothermique (température, °C) :

La température est retenue comme principal paramètre de suivi de la dégradation aérobie du substrat. La température a été mesurée par un thermomètre électronique, tous les jours à trois différents endroits (aux deux extrémités et au milieu) de l'andain.

I.5.2. Emission du dioxyde de Carbone (%CO₂) :

Le dioxyde du carbone est retenu parmi les principaux paramètres de suivi de la dégradation aérobie du substrat. Ce paramètre a été mesuré tous les jours à trois différents endroits (aux deux extrémités et au milieu de l'andain).

I.5.3. l'humidité :

L'humidité est retenue comme principal paramètre de suivi de la dégradation aérobie du substrat. Elle a été ajustée par ajout d'eau afin d'éviter un assèchement préjudiciable au bon déroulement des biodégradations lors du compostage.

I.5.4. Densité ou masse volumique spécifique en, Kg/m³ :

La densité représente le rapport de la masse des déchets sur leur volume et elle s'exprime en Kg/m³. C'est un paramètre caractérisant les déchets organique entrant. Sa connaissance s'inscrit dans une optique d'amélioration de la collecte. Dans un substrat aussi hétérogène que les déchets organiques, la densité est assimilée à la masse volumique.

Pour mesurer la densité des déchets organiques entrant au niveau du CET de Hassi Bounif, on a utilisé un bidon de peinture, de volume connu, rempli des déchets organiques sans tassement et on a procédé à la pesée. Cette opération a été répétée quatre fois afin de minimiser l'erreur relative au calcul de la densité. Les pesées ont été réalisé à l'aide d'une pèse électronique.

La masse volumique a été calculée par la formule (1) :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (1);$$

ρ : masse volumique en (kg.m⁻³) ;

m : poids obtenu en (kg) ;

v : volume du seau en (L ou m³).

I.6. Paramètres de qualité du compost :

La détermination des paramètres de qualité permet de mettre fin aux critiques mordantes causées par la médiocrité des composts produits. Dans cette optique, les mesures et les analyses de ces paramètres doivent être fiables et décisives pour l'efficacité du procédé ainsi que pour l'utilisation du compost produit comme amendement organique.

I.6.1. Échantillonnage :

On prend des deux extrémités d'andain, du haut, du bas et du milieu.

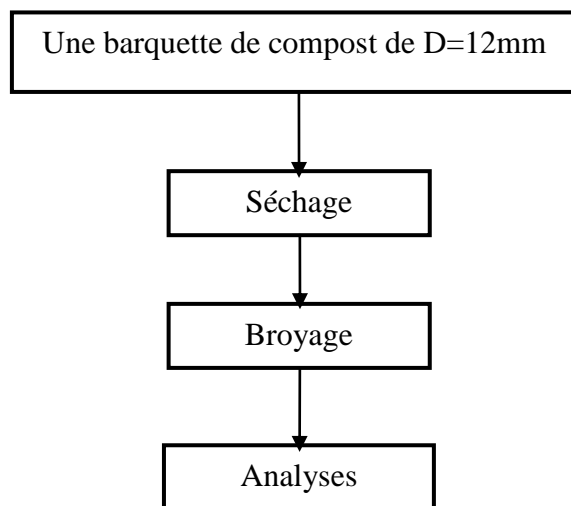


Figure13 : Un schème descriptif du protocole expérimental pour toutes les mesures et les analyses des paramètres physico-chimiques des composts produits.

I.6.2. Teneur en eau, humidité H en %(NF U 44-171) :

La teneur en humidité des déchets est un paramètre important. Ce paramètre renseigne sur les volumes de lixiviat pouvant être produit par ces déchets quand ils sont stockés dans une fosse, sur une plate-forme ou dans une alvéole d'un casier d'enfouissement technique.

Dans cette étude, pour déterminer l'humidité pour les fractions de déchets et pour certaines catégories, l'expérience a été réalisée dans le laboratoire d'analyse au niveau de l'institut de maintenance et de sécurité industrielle, université d'Oran 2.

La détermination de l'humidité s'est faite par séchages successifs de 1h environ à une température de 105°C jusqu'à un poids constant sur une durée totale de 7h.

Un échantillon est prélevé puis introduit dans une barquette préalablement pesée. L'ensemble formé par la barquette et l'échantillon est ensuite pesé.

La barquette est placée dans une étuve chauffée à 105°C. Des pesées régulières sont réalisées jusqu'à stabilisation de la masse.

Les températures utilisées et le temps nécessaires pour le séchage ainsi que les quantités d'échantillons à sécher varient d'un auteur à l'autre.

L'humidité est déterminée grâce à la formule (2) :

$$\text{humidité (\%)} = \frac{(M_0) - (M_1) * 100}{M_0} \dots\dots\dots(2)$$

Où : % MS = 100 - %H

Soit : M_0 : masse de l'échantillon brute (g) ;

M_1 : masse finale de l'échantillon après stabilisation (g) ;

%MS : pourcentage de la matière sèche contenu dans l'échantillon ;

%H : pourcentage d'humidité contenu dans l'échantillon.

Remarque : H% est exprimé généralement par rapport à la masse brute.

I.6.3. Teneur en matière organique, % MO :

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, biodégradable et synthétique.

La teneur en matière organique par rapport à la matière sèche a été déterminée par perte de feu. Ce taux est obtenu par calcination d'un échantillon de 25g à 550°C pendant deux

heures (norme NF U44-160). Afin de mesurer la teneur en matière organique de compost produit. La teneur en matière organique est donnée par l'équation (3).

$$\%MO = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \dots \dots \dots (3)$$

Avec :

M_1 : masse de l'échantillon avant calcination

M_2 : masse de l'échantillon après calcination.

La teneur en MO a été déterminée pour le compost après le criblage.

NB :

Avant d'entamer les analyses ci-dessous, on a établi le prétraitement suivant : - le compost était placé dans une étuve sous une température de 37°C pendant 48H. A la sortie, était le broyage pour avoir un produit de particules fines et à la fin le tamisage pour obtenir un compost homogène.

I.6.4. Analyse des éléments fertilisants : (Ca, Na, Mg, K)

1. Principe :

Extraction des cations du compost par agitation avec une solution d'acétate d'ammonium à pH 7 dans un rapport d'extraction

2. Réactifs utilisés :

- Eau déminéralisée ;
- Acétate d'ammonium ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) ;
- Solution d'acide acétique ;
- Solution d'extraction d'eau déminéralisée préalablement conservée à 20°C.

On prépare également 5 litres de solution :

- On pèse dans un bécher de 5 litres 385g d'acétate d'ammonium ;
- On rajoute à la suite environ 4 litres d'eau déminéralisée ;
- On utilise l'agiter magnétique ;
- Une fois dessous, on transvide la solution dans une fiole de 5 litres. Remplir la fiole jusqu'à environ 4950 ml.

3. Extraction :

a. Prise d'essai :

- On pèse un échantillon pour essai (5, 003g) ;

- On transfère la masse pesée dans un flacon à agitation de 125 ml numéroté.
- b. Mise en solution :
- On vérifie tout d'abord la température de la solution d'extraction qui est de l'ordre de 20 °C ;
 - On rince 3 fois le distributeur de 100 ml avec la solution d'acétate d'ammonium ;
 - On ajoute à chaque flacon 100 ml de la solution d'extraction acétate d'ammonium ;
 - Ensuite on ferme hermétiquement chaque flacon ;
 - On place les flacons dans une caisse d'agitation dans l'ordre de leur numérotation tout en calant ces derniers de manière de qu'ils ne puissent bouger ;
 - On laisse agiter 1 heure à 20 °C.
- c. Filtration :
- ✓ Préalable :
- En premier lieu, on lave les filtres avant toute opération de filtration ;
 - On dispose les filtres sur les entonnoirs qui seront à la suite disposer sur la rampe de filtration ;
 - Une fois l'agitation terminée, on doit sortir les caisses de l'agiter ;
 - On agite à nouveau chaque flacon manuellement et on verse une partie de la suspension sur le filtre en évitant de remplir complètement le filtre (pour éviter le débordement) ;
 - On laisse ressuyer les filtres et à la fin on jette les filtres usagés ;
 - On range les flacons contenant les filtrats sur un plateau sans oublier de les boucher hermétiquement en attendant le dosage.
- d. Essai à blanc :
- Un essai à blanc est systématiquement réalisé au début et à la fin de chaque série analytique.

4. Dosage :

On passe les filtrats dans l'appareil ? qui réalise les tests 3 fois pour les substances minérales (K_2O , Na_2O , MgO et CaO) et le résultat final sera la moyenne.

I.6.5. Carbone, Azote :

En premier temps l'analyse sera faite pour l'azote total et le carbone total.

1. Mode opératoire :

- On pèse dans une nacelle 50mg de compost ;
- Cette dernière est écrasée sous forme d'un comprimé,
- On ramène le disque d'analyse, la case n°0 reste vide, la première et la deuxième porte ce qu'on l'appelle le By-pass, la troisième case porte le blanc, la quatrième le contrôle interne et la tantième case contient notre échantillon suivi d'un autre contrôle interne ;
- Une fois qu'on finisse, ce disque est placé sur l'appareil nommé Flash 2000 qui contient deux bouteilles de gaz (l'oxygène et l'hélium) qui sont juxtaposées de deux fours où un est à 950 °C et l'autre à 750 °C.

Nous ce qu'on cherche c'est le rapport entre le carbone et l'azote pour connaitre la maturité du compost.

I.6.6. Phosphore:**1. Principe:**

Extraction de forme de phosphore soluble par agitation de la prise d'essai dans une solution d'hydrocarbonate de sodium dans des conditions déterminées ; de façon à réduire la concentration des ions de calcium, d'aluminium et de fer₃ par précipitation de carbonate de calcium et d'hydroxydes d'aluminium et de fer à libérer ainsi les ions de phosphate dans la solution.

2. Réactifs :

- Eau déminéralisée à 20 °C ;
- Hydrogénocarbonate de sodium ($NaHCO_3$) ;
- Solution d'hydroxyde de sodium à 1mole/l (on dissout 40g de soude dans 1000ml) ;

- Solution d'extraction d'hydrogénocarbonate de sodium 0,5 mol/l ajusté à un pH de 8,5.

NB : la solution ne se conserve pas, on doit la préparer au maximum dans les 4 heures avant l'analyse sous une température de 20 °C.

3. Extraction - mode opératoire - :

a. Prise d'essai :

- On pèse 5,005g d'échantillon pour essai ;
- On transfère la masse pesée dans un flacon d'agitation numéroté de 250ml ;
- Un échantillon à blanc est systématiquement rajouté en fin de série.

b. Mise en solution :

- On rince le distributeur 3 fois avec la solution d'extraction ;
- On vérifie que la solution d'hydrogénocarbonate de sodium est à 20 °C ;
- On ajoute dans chaque flacon, 10 ml de solution d'extraction à l'aide du distributeur ;
- On ferme chaque flacon hermétiquement et on les place aussitôt dans une caisse d'agitation tout en les calant de manière à ce que ces dernières ne puissent bouger ;
- On laisse agiter exactement 30 min à 20 °C.

c. Filtration :

- On dispose des entonnoirs sur la rampe de filtration et on les garnit du filtre plissé ;
- On place des petits flacons destinés à recevoir les filtrats ;
- Dès que l'agitation terminée, on fait sortir la caisse de l'agitateur et on procède sans attendre la filtration. Le dosage doit être réalisé le jour même.

d. Essai à blanc :

Un essai à blanc est systématiquement réalisé à la fin de chaque série analytique.

4. Prise d'extraction :

- Le filtrat de notre compost était de couleur très foncée donc on a repris l'extraction de l'échantillon et on l'a passé encore une fois sur un nouveau filtre ;
- On doit faire la même chose avec un échantillon à blanc.

5. Dosage :

- On a pris le filtrat et on l'a passé dans l'équipement d'analyse ;
- La lecture était faite sur l'ordinateur qui était doté avec un logiciel.

I.6.7. Mesure du pH et de la conductivité :**1. Principe :****a. Détermination du pH :**

- On prépare la suspension du compost (20g de composte dans 100ml d'eau déminéralisée) ;
- On mesure la différence de potentiel existante entre une électrode de mesure et une électrode de référence plongée dans une suspension aqueuse ;
- On étalonne d'abord l'appareil ;
- On mesure manuellement à l'aide d'un pH-mètre de paillasse ;
- La mesure du pH était faite sous agitation, à stabilité et à température ambiante (20°C).

b. Détermination de la conductivité :

- On filtre l'extraction aqueuse ;
- Mesure conductimétrique du courant conduite par les ions présents dans une colline de l'extrait aqueux délimitée par deux électrodes en platine maintenus parallèles ;
- La résistivité électrique de la colonne en ohm-mètre est : $res = R * \frac{S}{L}$.

Avec	R :	Résistance de la colonne de l'extrait, dépendante de la concentration en ions, de la nature des ions, de la température de la solution et de la viscosité de la solution ;
	S :	Section de la colonne en cm ² ;
	L :	Longueur de la colonne.

La conductivité électrique en siemens est : $EC = \frac{1}{res}$.

2. Réactifs :

- Eau déminéralisée ;
- Solution étalons pH 4 et pH 7 ;
- Ces solutions sont conservées en salle climatisée à 20°C ;
- Solutions étalons pour la mesure de la conductimétrie (solution de KCl).

3. Mode opératoire :

- On pèse 20 g d'échantillon ;
- On verse la prise d'essai dans le flacon ;
- On distribue dans chaque flacon 100ml d'eau déminéralisée à 20°C ;
- On ferme hermétiquement chaque flacon ;
- On place les flacons dans la caisse d'agitation et on laisse agiter 30 minutes;
- A la fin on fait sortir les échantillons de la caisse d'agitation.

4. Mesure du pH :

- On commence à mesurer le pH une heure après la fin d'agitation ;
- On rince bien les électrodes ;
- On verse la suspension du compost (50ml) dans un bécher propre muni d'un petit barreau magnétique ;

5. Mesure de la conductivité :a. Préalable :

La mesure se fait après une période d'agitation de la solution et une filtration.

b. Mesure :

- On a vérifié la température qui était 20°C ;
- On rince bien l'électrode ;
- On verse la suspension dans un bécher propre.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

II.1. Etude expérimentale du compostage des déchets organiques du marché de gros d’El kerma :

Ce chapitre représente les conditions de compostage les plus adaptées, c’est-à-dire le type de déchet à composter, la fréquence de retournement (Tableau 8) et l’apport d’eau. Pour cela, différents paramètres ont été suivis comme la température et la teneur en CO₂ du substrat pendant sa décomposition. Aussi, la composition du compost obtenu a été suivie en termes de teneurs en éléments fertilisants (N,P,K) ainsi que, les analyses de maturation du compost produit.

Tableau 8: Tableau récapitulatif des différentes conditions de compostage étudié

Andain	A ₃
Période	Hiver 2016
Substrats	Déchets organiques Déchets verts
Retournement	38 ^{ème} J 47 ^{ème} J 54 ^{ème} J 56 ^{ème} J
Criblage du compost	Criblage < 12mm. C _{3/12annexe}

J : jour ; A: andain

Le chronogramme schématisé (figure 14) donne la fréquence de retournement et les journées d’arrosage d’andain au cours du compostage des déchets du marché de gros d’El kerma.

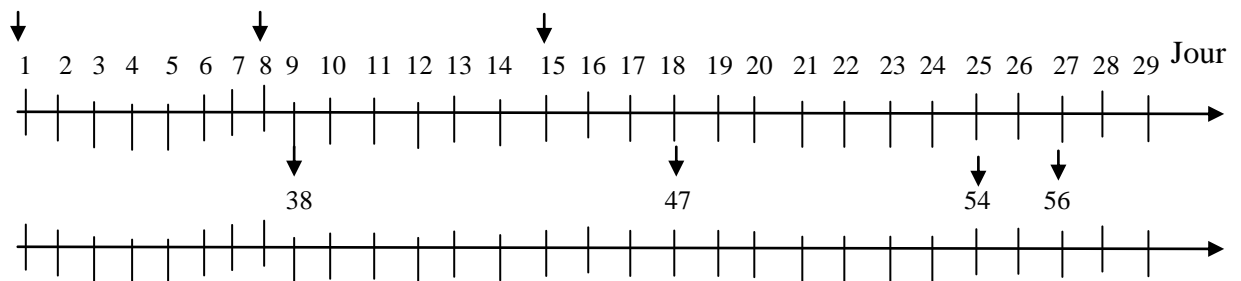


Figure 14: chronogramme des fréquences de retournement et des arrosages d’andain.

II.2. Influence des paramètres de suivi sur le procédé de compostage :

Le choix du substrat destiné au compostage peut déterminer la qualité du compost obtenu. Cette partie présente l'évolution des paramètres suivants : température, teneur en CO₂, humidité et densité au cours du compostage d'andain 3.

II.2.1. Densité (Kg/m³):

Tableau 9: Résultats de densité

Masse (Kg)	9.5	8	7.5	10
Volume (m ³)	20			
Densité	0.48	0.4	0.38	0.5
Moyenne des densités	0.44			

La densité met en évidence la relation qui existe entre la masse de déchet et de son volume. Sa connaissance est essentielle pour leur traitement.

La densité est de 0.44. Elle est élevée car sont des déchets organiques fermentescibles qui pèsent et de l'importance teneur en eau.

II.2.2. Evolution de la température :

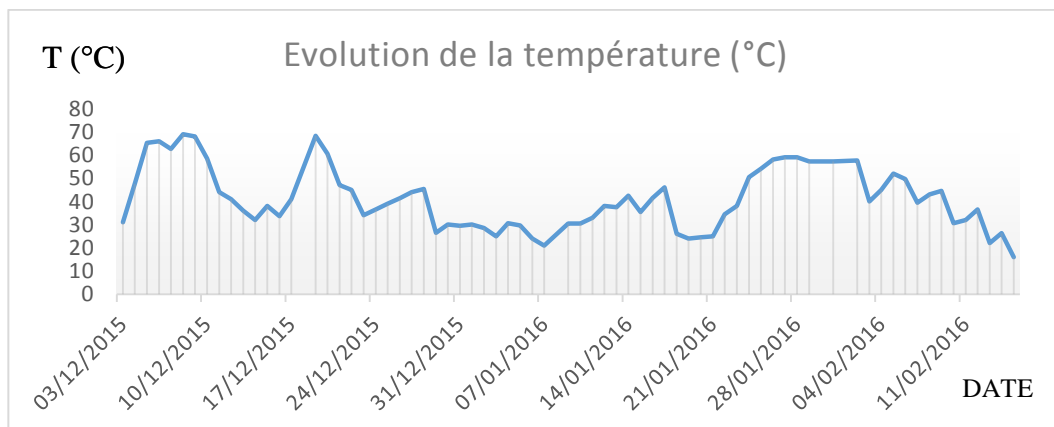


Figure 15: Evolution de la température durant le compostage d'A₃

Les résultats de mesure de la température (figure 15) montrent que la température augmente après chaque retournement puisqu'il apporte l'oxygène nécessaire à la vie des micro-organismes aérobies.

II.2.3. Evolution de la teneur en CO₂ :

Le compostage conduit à la production du CO₂ par fermentation qui contribue à la mort des micro-organismes s'il se trouve avec un taux très élevé, ces dernières sont nécessaires pour la dégradation de la matière organique au cours du processus du compostage. Pour cette raison le dioxyde du carbone est retenu parmi les principaux paramètres de suivi de la dégradation aérobie du compost (figure 16).

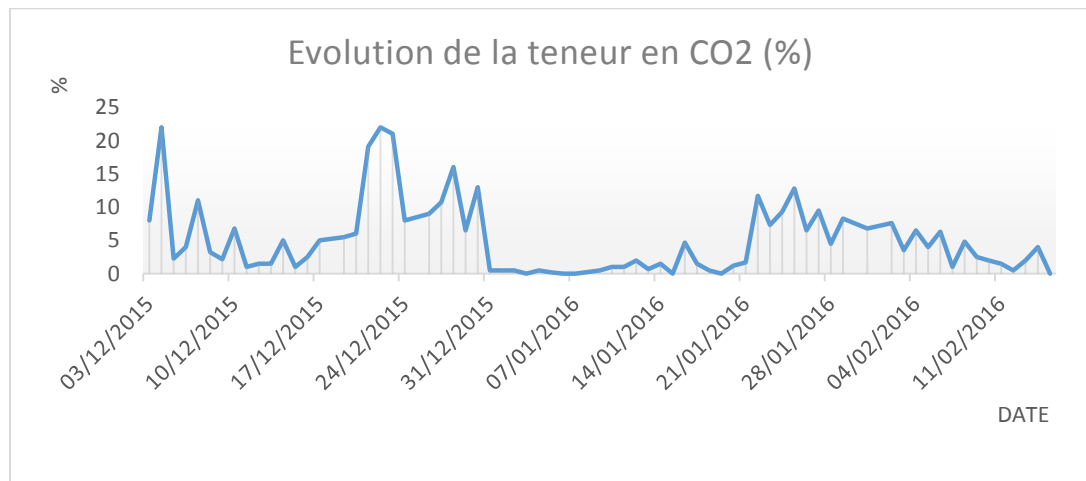


Figure 16: Evolution de la teneur en CO₂ durant le compostage

II.2.4. Evolution de l'humidité durant le compostage:

Le suivi du taux d'humidité nous permet de suivre et de connaître le taux d'oxygène lacunaire (figure 17) pour assurer un milieu adéquat aux micro-organismes.

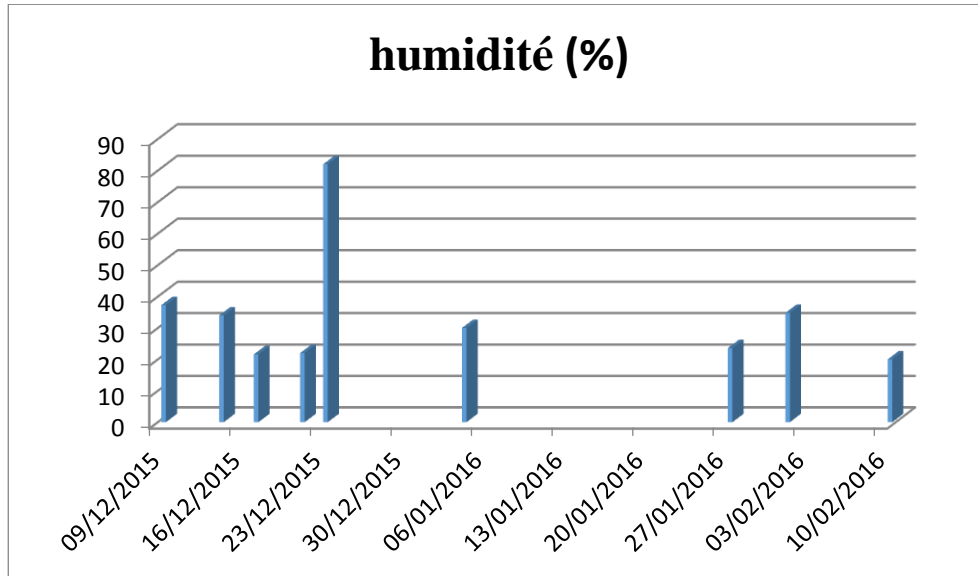


Figure 17: évolution de l'humidité durant le compostage

II.3. Paramètres de qualité du compost :

Le bon fonctionnement du procédé de compostage nécessite une corrélation entre les paramètres physico-chimiques du processus et les paramètres qui définissent la qualité du compost produit. La qualité du compost est fonction de la teneur en éléments fertilisants, des teneurs en impuretés, des teneurs en ETM et des analyses de maturation du compost produit.

II.3.1. Teneur en eau, humidité (%H):

L'humidité d'un échantillon de compost représente le rapport entre la masse d'eau présente dans cet échantillon et la masse sèche de cet échantillon. Elle s'exprime en pourcentage. C'est un paramètre utilisé pour caractériser le compost produit. L'eau étant non seulement indispensable aux réactions biochimiques mais elle permet aussi l'échange de nutriments et de micro-organismes.

L'humidité est donc nécessaire pour la dégradation.

En effet, la production de lixiviats est fonction de l'humidité dans le massif de déchets.

Les résultats d’analyse de l’humidité du produit ultime, sont classés dans le tableau 9 et la figure 18.

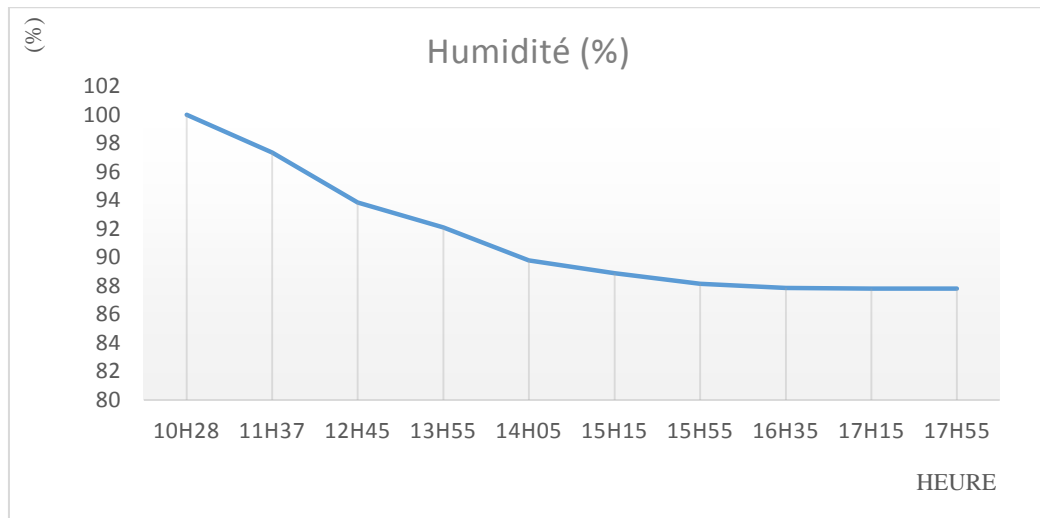


Figure 18: Etude d'humidité du produit ultime (compost)

Tableau 10: Résultats d'analyse de l'humidité

Heure	10h	11h	12h	13h	14h	15h	15h	16h	17h	17h
	28	37	45	55	05	15	55	35	15	55
Humidité (%)	100	97.37	93.85	92.11	89.78	88.88	88.15	87.86	87.82	87.82

H : heure.

Puisque la conception d’andain était pendant la saison d’hiver où la pluviométrie est importante donc les teneurs en humidité sont importantes.

II.3.2. Matière sèche :

Sachant que:

$$MS (\%) = 100\% - \text{humidité} (\%)$$

D'après le résultat précédant on aura;

$$MS (\%) = 100 - 12.18$$

$$MS = 87.82 \%$$

Ce qui implique que le compost est constitué de 87.382 % de matière sèche, c'est-à-dire de matière solide valorisable.

II.3.3. Éléments fertilisants :

Les teneurs en éléments fertilisants sont liées à l'état des déchets organiques. Les résultats d'analyses de ces éléments montrent que le compost contient des teneurs dans les normes en P, Na, Mg et Ca et élevées en K (Tableau 10).

Tableau 10: Composition du compost en éléments fertilisants

Compost	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO
C _{3/12}	3.4%	2.9%	0.6%	0.7%	4.5%
La norme NF U44-051	< 3% sur MB	< 3 % sur Mb	-	-	-

Et {

N+ P₂O₅+K₂O < 7 % sur MB.

La présence de ces éléments dans le compost est un avantage pour l'amendement des sols.

Le compost obtenu est riche en éléments minéraux (N, P et K) et en oligo-éléments (Ca, Mg et Na). Leur caractère, fertilisant leur permet d'agir comme des engrais chimiques, en enrichissant le sol en N, P et K, mais leur principal effet est qu'en tant qu'amendement organique ils agissent sur la stabilité physique, biologique et chimiques des sols (Bertoli et al., 1983).

II.3.4. Caractéristiques chimiques :

Les résultats d'analyses des éléments chimiques et le rapport C/N sont en concordance avec les normes internationales (Tableau 11)

Tableau 11: Caractéristiques chimiques du compost

Compost	C _{3/12}	Norme NF U44-051
pH	8,30	8-9
% C	7,76%	-
% N	0.6%	< 3% sur MB
C/N	12,9	> 8

Le pH du compost produit à une valeur moyenne de 8,30, cette alcalinité est liée à la prédominance couplée de l'azote ammoniacal sous forme minérale (NH₄⁺) avec les cations échangeables (Ca₂⁺, Mg₂⁺, K⁺ et Na⁺) se trouvant dans le compost (théories de

Brönsted-Lowry, 1923). Ces résultats sont en accord avec ceux de Pfeiffer (1979) et ceux de Roletto et al. (1985) ; Forster et al. (1993) ; Avnimelech et al., (1996) cité dans Francou et al., (2005). D'après Avnimelech et al. (1996), le compost mûr est caractérisé par un Ph compris entre 7 et 9.

Le rapport C/N du compost est normal par rapport à la norme NF U44-051. Plus le rapport C/N est élevé moins l'azote est disponible. Le rapport C/N n'est pas suffisant pour déterminer la maturité du compost (Morel et al. 1986 ; Saviozzi et al. 1988 ; Serra-Wittling, 1995). Pour estimer la maturité d'un compost il faut considérer d'autres paramètres physico-chimiques (pH, MOT %) et mettre en place des tests de pyto-toxicité (test de germination et test d'indice de germination).

II.3.5. Maturité du compost :

Les analyses d'évaluation de la maturité d'un compost sont importantes pour déterminer sa valeur fertilisante et son innocuité. Plusieurs chercheurs ont mis en place des méthodes d'analyses qui permettent d'évaluer la maturité du compost. Ces tests peuvent être basés sur les techniques suivantes :

- Techniques empiriques :
 - ✓ Le compost ne dégage pas d'odeur d'ammoniac ;
 - ✓ Pas de variation de température ;
 - ✓ Est granuleux, foncé et sent bon ;
 - ✓ Ne permet pas de distinguer à l'œil nu les composés d'origine (Duval, 1991).
- Méthodes physiques qui comprennent :
 - ✓ Suivi de la température ;
- Méthodes chimiques qui permettent de vérifier la maturité du compost :
 - ✓ pH ;
 - ✓ Test de l'Azote ;
 - ✓ Test du carbone ;
 - ✓ Rapport C/N.

II.3.6. Conductivité:

La conductivité électrique n'est que rarement mentionnée dans la littérature sur le compost. Pourtant elle est directement liée à la salinité et traduit donc un potentiel de phytotoxicité. Hirai et al. (1986) ont montré une proportionnalité entre phyto toxicité et conductivité électrique. Dans leur étude, Garcia et al. (1992) attribuent une inhibition de la germination du cresson à la forte conductivité (4 mS.cm^{-1}) d'un compost d'ordures ménagères. Donc en comparaison avec notre résultat: $EC = 3,14 \text{ mS.cm}^{-1}$ on peut dire que notre composte peut avoir un certain taux de germination car on n'a pas pu faire des analyse microbienne pour assurer notre hypothèses.

Conclusion :

Cette partie expérimentale a permis d'étudier la qualité du compost. Les différents paramètres physico-chimiques, de qualité et de maturité indiquent que le compost à la fin du processus a un pH entre 7 et 9, un rapport C/N relativement élevé supérieur à 8.

Enfin, ces résultats malgré qu'ils ne sont pas complet car il manque les analyses des ETM, biologiques et de la matière organique montrent que la technique utilisée peut être appliquée avec succès pour la valorisation par compostage des fermentescibles et pourquoi pas des résidus urbain.

Conclusion général

Conclusion général

Cette étude a été initiée à la suite d'une convention entre l'institut de maintenance et de sécurité industrielle, université d'Oran 2 et l'organisation du R20 Med.

L'objectif principal de cette étude était la traitabilité des déchets organiques du marché du gros d'El karma par compostage.

La partie bibliographique était une démarche nécessaire pour mieux cerner le problème d'évolution considérable des déchets ces dernières années, le traitement de celui-ci apporte de nombreux enjeux environnementaux et économiques.

Au niveau environnemental, et écologique, la notion à retenir est "le tri selectif" afin d'organiser les catégories des déchets et donc l'impact sur l'environnement. Il faut cependant réaliser ce tri en respectant une éthique durable, conformément au développement durable. Pour favoriser la réduction des déchets, de nombreuses campagnes publicitaires ont été réalisées afin de sensibiliser la population, notamment par le biais de logo.

Au niveau économique, il est nécessaire de valoriser les déchets à leurs avantages. Il ne faut donc pas les détruire sans valorisation mais les utiliser en les recyclant. Cette démarche permet alors de multiples bénéfices économiques (Tahraoui Douma thèse)

Le traitement des déchets est donc un véritable enjeu économique et écologique.

La partie pratique a pu donner des informations sur la traitabilité des déchets par compostage mais qui se trouve confrontée à plusieurs problèmes de procédé souvent importé et de qualité de compost.

L'aspect expérimental de ce travail a porté sur les caractéristiques physico-chimiques et la maturation des déchets organiques du marché du gros d'El karma pour mettre en exergue l'interaction d'importants facteurs dans le procédé et pour la qualité de compost obtenu,

Un andain a été suivi pendant les mois (décembre, janvier, février 2016).

On a obtenue deux résultats, la première concernant les paramètres de suivi de composte pendant le processus de dégradation et ils sont comme suite :

- ◆ une densité de $0.44\text{kg}/\text{dm}^3$ et elle est idéal par rapport à ce que l'on trouve dans la littérature, on pourrait penser qu'elle serait équivalente à celle compactées dans des bennes ($0,4-0,5\text{ kg}/\text{m}^3$).
- ◆ Une variation de température qui augmente après chaque retournement puisqu'il apporte l'oxygène nécessaire à la vie des micro-organismes aérobies.

Conclusion général

- ◆ On a aussi obtenu une variation de l'humidité pendant le processus qui a été ajustée par ajout d'eau afin d'éviter un assèchement préjudiciable au bon déroulement des biodégradations lors du compostage.
- ◆ Ainsi un suivi de CO₂ pour qu'il ne contribue pas à la mort des bactéries qui sont nécessaires pour la dégradation de la matière organique.

Pour les paramètres de qualité de compost les résultats obtenus sont :

- ◆ Un pH basique 8 proche de la neutralité pour permet aux nutriments du compost d'être facilement absorbés par les plantes, car un pH acide ou basique fort pourrait inhiber l'absorption de certains minéraux.
- ◆ Teneur en humidité importante ce qui implique que le compost est constitué de 87.382 % de matière sèche.
- ◆ Les résultats d'analyses obtenus pour les éléments fertilisants montrent que le compost contient des teneurs dans les normes en N, P et K.
- ◆ Le rapport trouvé C/N du compost est de 12.9 qui s'adapte à la norme NF U44-051, mais ce rapport n'est pas suffisant pour déterminer la maturité du compost selon (Morel et al. 1986 ; Saviozzi et al. 1988 ; Serra-Wittling, 1995).
- ◆ On a pu calculée la conductivité du compost malgré qu'elle est rarement mentionnée dans la littérature. Cette dernière est utilisé pour la détermination de la salinité du composte.

Ces résultats malgré qu'ils ne sont pas complets car il manque d'autre analyses comme les éléments traces métalliques (ETM) et les analyses biologiques mais on peut estimer que le compost produit peut être utilisé comme un engrais naturel.

A

- ALAIN Damien «guide du traitement des déchets», 2013, 6^e édition. DUNOD. 461 p. collection technique & ingénierie. ISBN 978-2-10-058532-8 (environnement).

B

- BOUHADIBA Brahim « gestion des résidus solides urbains : application du protocole de la Haute-Vienne a la wilaya d'Oran, Algérie : approche conceptuelles et méthodologique»,2013-2014 Oran.

C

- Compaoré E & Nanéma L.S« Compostage et qualité de compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso », 2010 TROPICULTURA, 2010, 28, 4, 232-237.

D

- DAHMANE Sanaa «évaluation de la gestion des déchets ménagers et assimilés de la ville d'Oran », 2011-2012, Oran.

G

- Garcia, C., T. Hernandez, F. Costa, and J. A. Pascual. 1992. Phytotoxicity due to the agricultural use of urban wastes. Germination experiments. J. Sci. Food Agric., 59:313-319
- Grossmann «Mesures d'urgences pour une remise à niveau de la station de compostage de Blida», 2010 Rapport de la coopération technique algero-allemand entre le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) et la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH - Programme Gestion de l'Environnement. Mars 2003. 56p.

H

- Hirai, M. F., A. Katayama, and H. Kubota. 1986. Effect of compost maturity on plant growth. *BioCycle*, 27:58- 61.

K

- Kehila Y « Rapport pays sur la gestion des déchets solides en Algérie », (2010). Préparé avec l'appui de KEHILA Youcef et en étroite collaboration avec le coordonnateur national du Réseau SWEEP-Net (Le réseau régional d'échange d'informations et d'expertise dans le secteur des déchets dans les pays du Maghreb et du Mashreq) en Algérie M. GOURINE Lazhari.
- KHEMISSI Radouane «caractérisation et choix d'une filière de traitement des déchets ménagers et assimilés de la ville d'Oran région ouest », 2013-2014, Oran ouest.

S

- Saci Belgat. Historique du compostage. In *Historique et enjeux du compostage en Algérie*.
- [1] :<http://www.smicval.fr/content/histoire-des-dechets> (22/04/2016)
- [2]<http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/developpement-durable-dechet-5725/> (12/01/2016)
- [3] :<http://www.economiedenergie.fr/Les-dechets--les-typologies.html> (22/01/2016)
- [4] :http://www.cleanuptheworld.org/PDF/fr/waste-in-the-environment-les-dechets-dans-l-environnement_f.pdf (12/01/2016)
- [5] :https://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_des_d%C3%A9chets#Collecte_des_d%C3%A9chets (18/3/2016)
- [6] :<http://www.cercle-recyclage.asso.fr/publi/vade/chap5/fiche60.htm> (15/03/2016).
- [7] :<https://www.u-picardie.fr/beauchamp/duce/compost1.htm> (19/04/2016).
- [8] : <http://www.fao.org/docrep/008/y5104f/y5104f05.htm> (01/03/2016).

- [9] :<http://mag.plantes-et-jardins.com/conseils-de-jardinage/fiches-conseils/compost-pourquoi-et-comment-le-realiser> (15/01/2016).
- [10] :<http://www.compostage-jardin.org/index.php?page=techniques>(03/02/2016).
- [11] :http://labos.ulg.ac.be/agricotech/wp-content/uploads/sites/5/2014/11/Fiche_Technique_Compostage-AFRIQUE-BF.pdf (27/01/2016).
- [12] :http://environnement.wallonie.be/publi/education/guide_compostage.pdf (27/01/2016).
- [13] :http://environnement.wallonie.be/publi/education/guide_compostage.pdf (27/01/2016).
- [14] :<http://takecareoftexas.org/sites/default/files/publications/gi-36.pdf> (28/01/2016).
- [15] :http://www.amisdelaterre.org/IMG/pdf/guide_promotion_compostage_-_lombricompostage_2011_10_09.pdf (28/01/2016).
- [16] :<http://www.nouara-algerie.com/article-le-compostage-industriel-un-secteur-prometteur-et-ecologique-123446898.html> (05/01/2016).
- [17] :<http://www.penntybio.com/jardinage-biologique/jardinage-compost/compost-gen.html> (05/01/2016).
- [18] :<http://www.penntybio.com/jardinage-biologique/jardinage-compost/compost-gen.html> (10/01/2016).
- [19] :<http://www.ameli.fr/employeurs/prevention/recherche-de-recommandations/pdf/R455.pdf> (26/05/2016).
- [20] :<https://hal.archives-ouvertes.fr/ineris-00973620/document> (26/05/2016).

T

- TAHRAOUI Naima Douma «Valorisation par compostage des résidus solides urbains de la commune de Chlef, Algérie», 2013-2014 Chlef.
- Tristan Turlan «les déchets »,l'usine Nouvelle.dunod

W

- Wahyono S. & Sahwan F.S «Low-tech composting in tropical countries», 2000 Biocycle 41 (02): 78-79.

