République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE d'ADRAR

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER CHIMIE DE l'ENVIRONNEMENT

Thème

valorisation énergétique de déchet de déjection par méthanisation (mouton)

Soutenu par publique le : Juin 2016

Présenté par :

M^{elle} BELBALI Amal

M^{elle} BOUCHENTOUF Fatima

Encadreur :

Mr SLIMANI Said

Jury composé de

Mr HABCHI Abdelmadjid	President
Mr DAHOU Mohammed el-amine	Examinateur

Année Universitaire 2015/2016

REMERCIMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre ***dieu*** *qui nous a donné la chance , la volonté et surtout le courage de satisfaire notre souhait et de mener ce travail à terme.*

Nous tenons à exprimer nos remerciements à nos encadreur Mr SLIMANI Said pour leur conseils et leur orientations et qu'il n'est jamais cessé de donner pour réaliser ce travail

Nous Tenons à exprimer tout nos remerciements à :

- l'équipe de Laboratoire de unité recherche énergie solaire en milieu saharien Mr DJAAFRI Mohammed

-Mr KHELIFI Omar

- l'équipe de Laboratoire de chimie de l'université d'Adrar

- l'équipe de Laboratoire de l'Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage

-l'équipe de Laboratoire raffinerie de SBAA Mme HAIDA Rachida , pour leurs collaborations .

Nous remercions également les membres du jury qui nous ont fait honneur d'accepter de jury notre travail

Cette liste sera incomplète si on ne mentionne pas nos aimables professeurs durant les années d'étude . A la fin nous remercions toutes les personnes qui ont contribués que se soit de prés ou de loin à la réalisation de ce travail.

FATIMA

AMAL

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A celle qui attend mon retour à chaque coucher de soleil A celle qui m'a comblé d'affection, d'amour et de tendresse, et qui a veillé à culte de mon berceau pour consoler mes cris de douleurs, et qui n'a jamais cessé de le faire. Ma mère

Ouvrant ses bras dans les sombres moments et m'aidant à aller de l'avant vers le meilleur, et qui m'a tant soutenu moralement et matériellement

Mon père

A mes très chères frères : Laid , Mohammed , Abdelkader , mastafa , Abdelhamid , Abdelaziz et Mohammed Salm .

A mes très chères sœurs :Safia ,Khawla et Samia .

A mon binôme Fatima

A toute la famille BELBALI et GSSASI .

sans oublier tous mes amis surtout

Faiza, Siham , Asma , Zohra, Karima, Ibtissam , Zinbe et Wasila

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

amal

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A celle qui attend mon retour à chaque coucher de soleil A celle qui m'a comblé d'affection, d'amour et de tendresse, et qui a veillé à culte de mon berceau pour consoler mes cris de douleurs, et qui n'a jamais cessé de le faire. Ma mère

Ouvrant ses bras dans les sombres moments et m'aidant à aller de l'avant vers le meilleur, et qui m'a tant soutenu moralement et matériellement

Mon père

A mes très chères frères : MOUSTAPHA ; M.AHEMED ; KHADIJA; AMINA; ASMA, M .TAYABE et FATIMA ZOHAR

A mon binôme Amal

A toute la famille BOUCHENTOUF ; GHITAOUI ; OMARI; BEN MOULYA et DALIL ..

sans oublier tous mes amis surtout

Fatima . Mariem , Amina ; , Keltoum , zeneb , Fatima Zohra, Nazeha. Zoulimha .A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

FATIMA

Table des matières

Liste des abréviations i
Liste des unités ii
Liste des figures iii
Liste des photo iv
Liste des tableaux v
Introduction générale 1

Chapitre I : Généralité sur les déchets

I-1-Introduction 4
I-2-Définition du terme « déchet » 4
I.2.1. Définition économique 5
I.2.2. Définition juridique 5
I-2-3-Définition Politique 5
I-3-Définition des déchets ménagers 6
I-4-Classifications des déchets 7
I-4-1- Selon leur nature 7
I-4-2- Selon le mode de traitement et d'élimination 7
I-4-3- Selon le comportement et les effets sur l'environnement 8
I-4-4- Selon l'origine 8
I-4-5- Selon le mode d'enlèvement des déchets 9
I-5-Caractérisation des déchets ménagers 9
I-5-1-Analyses physico-chimiques 9
I-5-2- Analyses physiques 9
I-5-3-Masse volumique 10
I-5-4-Humidité 10
I-5-5-Pouvoir calorifique inférieur (PCI) 10
I-5-6- Matière organique ou solides volatiles (SV) 11
I-5-7-Le carbone organique totale COT 11
I-6-Conclusion 11

Chapitre II : Impact des déchets sur l'environnement (Algérie)

II-1-Introduction....13
II-2-Cadre législatif sur la gestion des déchets....13
II-3-Impact des déchets ménagers sur l'environnement urbain....13
II-4-Conclusion....15

Chapitre III : Traitement des déchets

III-1-Introduction....17
III -2- Le traitement des déchets avec valorisation....17
III-3-Le principe des 4R :(Récupération, Réemploi, Recyclage, Réutilisation)....17
III-4-Matières valorisables : [26]....17
III-5- Recyclage des déchets....18
III-5-1-Définition....18
III-5-2-Technique de recyclage....18
III-5-2-1-Procédés du recyclage....18
III-5-2-2-La chaîne du recyclage....18
III-5-3-Impacts du recyclage sur l'environnement....19
III-6-Incinération....20
III-6-1-Définition....20
III-6-2-Principe....20
III-6-3-Composants des ordures ménagères aptes à l'incinération....21
III-6-4-Paramètres de l'incinération....21
III-6-5-Récupération de chaleur....21
III-6-6-Produits de l'incinération....22
III-7-Compostage....23
III-7-1-Définition....23
III-7-2-Principe du compostage....23
III-7-3-Mécanismes de biodégradation....23
III-7-4-Les Facteurs de réussite du compostage....25
III-7-5-Les types de compostage....25
III-7-6-Le but et les avantages du compostage....25
III-8- Mise en décharge....26
III-8-1-Choix du site et conception....26
III-8-2-Classification des centres d'enfouissement....27

III-9- La méthanisation.....27
III-9-1-Définition de La méthanisation.....27
III-9-2-Principe général de la méthanisation.....28
III-9-3-Les types de méthanisations.....34
III-9-4-Les systèmes de digesteurs.....35
III-9-4-1-Le procédé discontinu (batch) 35
III-9-4-2- Le système de digestion en continué infiniment mélangé..... 36
III-9- 5-Généralités sur Le biogaz.....37
III-9-6-Les caractéristiques du biogaz 37
III-9- 7-Les Avantages et les inconvénients de la méthanisation 38
III-10- Conclusion.....39

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV-1-Présentation de lieu de stage 41
IV-2-Analyse physico chimiques de sol et digestat liqude 41
IV-2-1.Analyses des sols.....41
IV-2-1-1-Les analyses physiques.....41
IV-2-1-2-Les analyses chimiques 44
IV-3-Dispositif expérimental 47
IV-3-1-Préparation des échantillons (substrat) ……47
IV-3-2-Détermine la matière séchée et la matière organique de l'échantillon ……..….48
IV-3-3-Mode opératoire de la méthanisation par digesteur utilisé……...49
IV-4- Analyse physico-chimique de digestat liquide.....50
IV-4-1-Les paramètres physiques 50
IV-4-2-Les Paramètres chimiques.....52
IV-5-Résultats et discussion.....63
IV-5-1-Les analyses des sols.....63
IV-5-2-Les analyses des échantillons (substrat) ……...64
IV-5-3- Les analyses du biogaz…….……69
IV-5-2-Les analyses de digestat liquide.....71
Conclusion générale 73
Références bibliographiques
Annexe

Listes des abréviations

MATE : Ministère de l'Aménagement du territoire de l'Environnement

P.C.B : Polychlorobiphényles

C.F.C : Chlorofluorocarbures.

PED : Pays En Développement

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieur

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur

SV : Solides Volatiles

SNV : Substances Non Volatiles

MO : Matière Organique

MS : Matière séchée

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

MOIM : Mâchefers d'Incinération d'Ordures Ménagères

REFIOM : Résidus d'Epuration des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères

CSD : Centres de Stockage des Déchets

CET : Centre d'Enfouissement Technique

AGV: Acides Gras Volatils

COT : Carbone Organique Totale

OHPA : Obligate Hydrogen Producing Acetogens

UREMS : Laboratoire de unité recherche énergie solaire en milieu saharien

INSID : Laboratoire de dans l'Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage

pH : Potentielle d'Hydrogène

hab : Habitant

EDTA : Ethylène Diamine Tétra Acétique .

ENT : Eriochrome Noir T

CE : Conductivité Electrique

C / N : Rapporte carbone par azote .

W : Willaya

U : Unité

TH : Dureté Totale

V : Volume

$V_{éch}$: Volume de l'échantillonne

C : Concentration

N : Normalité

M : Molaritée

A : Absorbance

UV : Ultra Violent

listes des unités

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius.

L **:** Litre

kg : Kilogramme. Unité de masse.

kg/ m^3 : Kilogramme par mètre cube .

Km : Kilomètre

Cm : Centimètre

g: Gramme

mg / l : Milligramme par litre

m : Mètre. L'unité de la longueur.

min : Minute.

mm : Millimètre

ml : Millilitre.

m / s : Mètre par seconde

j : Jour

kWh : Kilowattheure. Une unité d'énergie.

W : Watt

S/m : Siemens par mètre.

µS /cm : Micro-Siemens par centimètre.

N m^3 / min : Néotène mètre cube par minute

ppm : Particulier par milieu

Liste des figures

Figure I-1: Les déchets solides 4
Figure I-2 : Composition moyenne d'une poubelle ménagère en Algérie. 6
Figure I-3 : Les déchets ménager 7
Figure II-4: L'impact des déchets 14
Figure III-5: Exemple le recyclage plastique 19
Figure III-6: L'incinération 20
Figure III-7: Etapes de l'incinération des déchets ménagers. 21
Figure III-8: Le cycle de compost de déchets organiques 23
Figure III-9: Méthanisation des déchets. 28
Figure III-10: Un schéma à échelles différentes. 29
Figure III-11: Mécanisme réactionnels de la méthanisation. 34
Figure III-12: Schéma du procédé de digestion en batch 36
Figure III-13: Schéma du procédé de digestion en continué 37
Figure IV-14 : Variation de pH en fonction du temps 67
Figure IV-15 : Variation de volume du biogaz en fonction du temps 68
Figure IV-16 : Chromatographe du biogaz. 69
Figure IV-17 : Chromatographe du biogaz. 70

Liste des photos

Photo IV-1 : Les étapes de mesure de pH. 42
Photo IV-2 : Le Conductimètre utilisé. 43
Photo IV-3 : Mesure de la matière organique 45
Photo IV- 4 : La source origine des échantillons 47
Photo IV-5 : Déjection des animales 47
Photo IV-6 : Le broyage 48
Photo IV-7 : Les échantillons dans creuset 48
Photo IV-8 : Dessiccateur 49
Photo IV-9 : Digesteur utilisé 50
Photo IV-10 : Centre vigies utilisée 50
Photo IV-11 : Conductimètre 52
Photo IV-12 : Ebullitions d'échantillon 56
Photo IV-13 : La solution après le titrage 56
Photo IV-14 : La solution après le titrage 59
Photo IV-15 : Solution avec de vert de bromocrésole 60
Photo IV-16 : Solution titrant 60
Photo IV-17 : Spectrophotomètre UV-Visible 62
Photo IV-18 : L'appareille photomètre de flamme 63
Photo IV-19 : Sel de (NaCl) 66
Photo IV-20 : Test d'inflammation de biogaz 69

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

La pollution de l'environnement par les déchets municipaux, industriels et agricoles est en nette évolution de jour en jour. Cela pousse les gouvernements et les industries à rechercher des solutions technologiques permettant un traitement efficace et moins coûteux des déchets. Une des technologies permettant le traitement de la fraction organique de ces déchets est la digestion anaérobie (bio méthanisation), qui consiste en une dégradation biologique, en absence d'oxygène, de la matière organique en un mélange de méthane (CH_4) ,et de dioxyde de carbone (CO_2) appelé "biogaz".

Grâce à la digestion anaérobie, les déchets deviennent une source de richesses. Cette technologie devient essentielle dans le processus de réduction des volumes de déchets et la production de biogaz, qui est une source d'énergie renouvelable pouvant être utilisée dans la production d'électricité et de la chaleur. Durant le processus de digestion anaérobie, seule une partie de la matière organique est complètement dégradée, le reste est un excellent agent de fertilisation des terres agricoles et qui peut être utilisé en tant que tel.[47]

Le travail de recherche entrepris dans le cadre de ce mémoire concerne un travail expérimental. Qui consiste en la digestion anaérobie de déjection animale en considérant les conditions mésophile ou thermophile. La partie expérimentale de ce travail a été réalisée entre quatre laboratoires a savoir : le laboratoire chimique de l'université d'Adrar, laboratoire de l'UREMS Adrar, laboratoire de l'INSID Adrar et laboratoire d'analyse de la raffinerie de Sbaa, où un digesteur en batch à l'échelle industrielle fonctionne en phase mésophile. Le travail expérimental a permis de mettre évidence les conditions de fonctionnement optimales du point de vue stabilité du système et bio méthanisation.

Le mémoire est organisé en quatre chapitres, en plus d'une introduction et une conclusion générale, dont le premier constitue une synthèse bibliographique. Rappelant les différents types de déchets leur classification et leur caractéristique physico chimique. Le chapitre II représente l'impacte de déchets sauvage sur l'environnement. Un code législatif a été ainsi figuré pour assurer la bonne gestion des déchets.

Le chapitre III contient les méthodes de traitement de déchets tels que la digestion anaérobie à savoir l'hydrolyse, l'acidogène, l'acétogène et finalement la méthanogène est réalisée, avec en plus les populations bactériennes qui sont mise en jeu. Avec citation des avantages et des inconvénients de ce système de traitement .

Finalement , le chapitre IV qui présente la partie la plus importante dans notre travail, la ou des analyses et l'interprétation des résultats obtenus durant le suivi expérimental de la digestion anaérobie sont discutés. A la fin une conclusion générale.

Chapitre I

I-1-Introduction :

La gestion des déchets solides représente, aujourd'hui et dans les années à venir, le défi majeur auquel les pays en développement ont à faire face. L'absence de volonté politique d'inscrire cette question dans les priorités stratégiques de ces pays en tant que programme national à part entière, comme on le voit, par exemple dans les domaines de la santé (Programme de Lutte Contre le Paludisme, le Sida, Lutte Contre la Malnutrition, Maternité Sans Risque, etc.) ou de l'éducation (Programme de Scolarisation des Filles, Programme de Lutte Contre l'Analphabétisme des Adultes, etc.), est le principal handicap devant l'amélioration de la situation de manière générale [1],[2],[3].

I-2-Définition du terme « déchet » :

Au sens de la loi en France, un déchet est défini comme " 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 et qui sont de nature à produire des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, à dégrader les sites ou les paysages, à polluer l'air ou les eaux, à engendrer des bruits ou des odeurs, et d'une façon générale, à porter atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement" [4] . En matière de gestion, le mot déchet peut être défini de différentes manières selon le type de considération. Dans la littérature, quatre définitions sont proposées : une économique, une juridique, une matérielle et une environnementale .[5]

Parmi celles-ci, retiennent les deux premières définitions qui mettent en exergue la valeur économique du déchet et l'enjeu juridique qui entoure sa gestion future. [6]

Figure (I-01): Les déchets solides [20]

I.2.1. Définition économique :

Un déchet est défini comme étant un objet ou une matière dont la valeur économique est nulle ou négative, pour son détenteur, à un moment et dans un lieu donnés. Pour s'en débarrasser, le détenteur devra payer quelqu'un ou faire lui même le travail (contrairement à un bien qui a une valeur économique positive et donc un acquéreur pour lequel on doit payer un prix). Cette définition de la nullité de valeur reste cependant relative car les déchets des uns peuvent servir de matières premières secondaires pour la fabrication d'autres produits voire même des biens pour d'autres personnes ou communautés aussi bien dans les pays développés ou industrialisés (PI) que dans ceux en développement selon l'expression « les résidus des uns font le bonheur des autres » [9]

. **I.2.2. Définition juridique :**

On distingue une conception subjective et une conception objective de la définition juridique du déchet. Selon la conception subjective, un bien devient un déchet lorsque son propriétaire a la volonté de s'en débarrasser. Il demeure lui appartenir tant qu'il n'a pas quitté la propriété de cette personne ou l'espace qu'elle loue. Ce bien devient une propriété de la municipalité lorsqu'il est déposé sur la voie publique ou dans une poubelle, car par cet acte son propriétaire peut avoir clairement signifié sa volonté d'en abandonner tout droit de propriété. Selon la conception objective, un déchet est un bien dont la gestion doit être contrôlée au profit de la protection de la santé publique et de l'environnement, indépendamment de la volonté du propriétaire et de la valeur économique du bien : les biens recyclables qui sont des matières premières secondaires entrent dans cette définition objective. Ainsi, le détenteur d'un bien est soumis à la réglementation et il ne peut se décharger de ses responsabilités envers la gestion de ce déchet sous prétexte de sa valeur économique.[8]

I-2-3-Définition Politique :

Actuellement, le Ministère de l'Aménagement du territoire de l'Environnement (MATE) en Algérie est le premier responsable de la politique nationale de l'environnement. Il a été créé à la fin des années 1980 avec une dénomination variable dans le temps. Cependant, au cours de la dernière décennie, les directions ministérielles ont été systématiquement transformées (séparées ou fusionnées) à plusieurs reprises dans différents ministères et toutes ont transmis leurs pouvoirs, notamment ceux liés à la gestion des déchets, au Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE). S'agissant de déchets, la direction générale de l'environnement et du développement durable est chargée de :

- Mettre en œuvre une politique moderne de développement durable ;
- Déterminer les objectifs en matière de gestion des déchets ;
- Élaborer et mettre en place un plan national de gestion intégrée des déchets ;
- Délivrer des autorisations des installations des déchets spéciaux ;
- Fixer les normes à respecter en cohérence avec la réglementation nationale.

-La politique de déchets vise un ensemble d'actions et de mesures notamment :

*Une réduction de la quantité de déchets ;

* Une gestion économique et environnementale. [7]

I-3-Définition des déchets ménagers :

La gestion des déchets ménagers de leur côté trouve aussi beaucoup de lacune dans la mesure ou la collecte et l'élimination de ces résidus s'effectue dans des conditions quine tiennent pas compte des normes appropriées. Dans les grandes concentrations urbaines du pays, la situation s'avère de plus en plus inquiétante du fait de la forte pression démographique qui génère une production colossale des déchets ménagers difficilement maîtrisable par les services concernés qui se heurtent, d'autre part, au problèmes et au difficultés d'emplacement des décharges dans des sites répondant aux critère d'hygiène et de préservation de l'écosystème. En ce sens, il est a relevé, qu'il a été recensé prés de 2100 décharges sauvage à l'échelle nationale responsable de la perte de 170000 hectares de terres fertiles, de la pollution de 16 barrages (6), où de nombreux sites sont ainsi contaminés. [8]

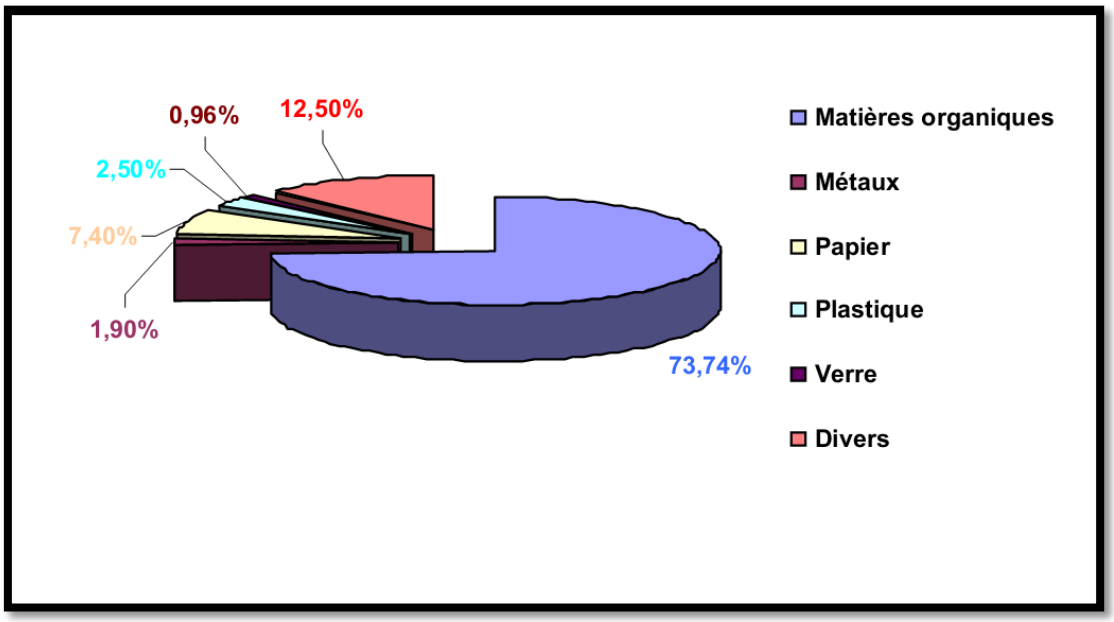


Figure **(I-02)**: Composition moyenne d'une poubelle ménagère en Algérie (%)

Figure (I-03) : Les déchets ménager [19]

I-4-Classifications des déchets :

I-4-1- Selon leur nature :

La classification des déchets d'après leur nature aboutit à trois catégories essentielles : Déchets solides, Déchets liquides et Déchets gazeux. Dans ce qui suit, il ne sera considéré que les déchets solides et semi-solides étant donné le contexte et l'objet de l'étude. [10]

I-4-2- Selon le mode de traitement et d'élimination :

Professionnels et chercheurs s'accordent à regrouper les déchets solides en quatre grandes familles, selon :

- Les déchets inertes : généralement constitués d'éléments minéraux stables ou inertes au sens de leur incompatibilité avec l'environnement et proviennent de certaines activités d'extraction minières ou de déblais de démolition (terres, gravats, sables, stériles, ...etc.)
- Les déchets banaux : cette catégorie regroupe essentiellement des déchets constitués de papiers, plastiques, cartons, bois produit par des activités industrielles ou commerciales et ordures ménagères.
- Les déchets spéciaux : ils peuvent contenir des éléments polluants et sont spécifiquement issus de l'activité industrielles (boues de peintures ou d'hydroxyde métallique, cendre d'incinération...etc.). Certains déchets sont aussi dits spéciaux lorsque leur production importante sur un même site entraîne des effets préjudiciables pour le milieu naturel (mâchefers des centrales thermiques, phosphogypse [sulfate de calcium $CaSO_4$], ainsi que certains déchets provenant des laboratoires de recherches universitaires et hospitaliers...etc.).
- Les déchets dangereux : issus de la famille des déchets spéciaux, ils contiennent des quantités de substances toxiques potentiellement plus importantes et présentent de ce fait beaucoup plus de risques pour le milieu naturel (poussières d'aciéries, rejets organiques complexes, bains de traitement de surface contenant soit du chrome, cyanure

ou une forte acidité, les matériaux souillés par les P.C.B (polychlorobiphényles), les déchets de C.F.C (chlorofluorocarbures) et mercuriels. [10]

I-4-3- Selon le comportement et les effets sur l'environnement :

A ce titre on distingue :

❖ Les déchets inertes : pouvant être différenciés suivant leur caractère plus ou moins encombrant, en débris plus ou moins volumineux jusqu'aux carcasses d'automobiles, chars, avions, bus,...etc. (Remarque : Le caractère inerte des déchets n'est pas absolue car ils peuvent dissimuler d'autres pollutions d'origines diverses ou être eux mêmes source de danger).

❖ Les déchets fermentescibles : principalement constitués par la matière organique, animale ou végétale à différents stades de fermentation aérobies ou anaérobies.

❖ Les déchets toxiques : poisons chimiques ou radioactifs qui sont générés soit par des industries, soit par des laboratoires ou tout simplement par des particuliers qui se débarrassent avec leurs ordures de certains résidus qui devraient être récupérés séparément (ex : flacons de médicaments, seringues, piles et autres gadgets électroniques ...etc.) [10]

I-4-4- Selon l'origine :

Pour les besoins de ce travail, on a opté pour une classification comprenant seulement deux (02) grandes classes de déchets solides on se basant sur la source de déchets: Déchets industriels et Déchets urbains.

❖ Les déchets industriels : hormis les résidus assimilables aux ordures ménagères, tant par leur nature que par leur volume modeste, on distingue dans cette classe :

– Les déchets inertes provenant de chantiers de construction, transformation des combustibles et de l'énergie (gravats, cendres, ...etc.), métallurgie (scories, laitiers, mâchefers, ...etc.).

– Les déchets des industries agricoles et alimentaires

– Les déchets pouvant contenir des substances toxiques par des industries variables (ex. : ateliers artisanaux, galvanoplastie, chromage, miroiterie,...etc.).

– Les déchets radioactifs issus du transport et de la destruction des déchets industriels posent des problèmes particuliers dont la solution - consentie ou imposée - devra être à la charge des industries polluantes avec si besoin une aide appropriée des gouvernements.

❖ Les déchets urbains : à partir de la notion « d'ordure ménagère », vocable par lequel on a longtemps désigner les résidus des ménages correspondant, de par leur origine et leur nature, à une certaine limitation en quantité et en dimension, on a été conduit du fait de l'évolution du niveau de vie répercuté par les caractéristiques quantitatives et

qualitatives des déchets, a passer à la notion plus générale de résidus ou déchets urbains. [10]

I-4-5- Selon le mode d'enlèvement des déchets :

On distingue quatre catégories :

- ❖ Les déchets constitués par des éléments de faible dimension (ordures ménagères, ordures de marché, déchets artisanaux et commerciaux assimilables aux ordures ménagères.
- ❖ Les déchets hospitaliers qui sans de regrettables exceptions, font l'objet de collecte séparée.
- ❖ Les déchets encombrant appelés aussi « monstre » constitués par des objets volumineux qui ont été réformés et mis au rébus.
- ❖ Les souillures qui proviennent du nettoyage et du balayage des voies publiques (feuilles, branchages, déchets des plages, ...etc.).[10]

I-5-Caractérisation des déchets ménager :

I-5-1-Analyses physico-chimiques :

La connaissance de la composition physico-chimique des déchets est essentielle dans la gestion et le traitement des rejets et pour prédire les risques potentiels de pollution pour l'environnement. Elle permet donc de mettre en place des procédures de contrôle et de réduction des émissions polluantes dans le milieu récepteur. [12]

I-5-2- Analyses physiques :

L'analyse physique des déchets permet de connaître les quantités générées (ratio individuel ou de collectivités) et d'identifier leurs différentes composantes. Comme on l'a vu plus haut, le choix du type et des détailles de la caractérisation dépendent des objectifs de l'étude. On peut caractériser les déchets suivant les principales catégories et sous-catégories (fermentescibles, papier, plastiques…) ou cibler quelques-unes suivant les tailles (>100 mm, < 100 et > 20 mm, etc.), suivant les classes (compostables, valorisables, incinérables, stockables), etc.[12]

I-5-3-Masse volumique:

La masse volumique ou masse spécifique est une grandeur physique qui représente la masse par unité de volume. Elle est exprimée en $kg.m^{-3}$. Dans la littérature, la masse volumique des déchets est souvent désignée, maladroitement, par les auteurs, par densité qui est un nombre sans unité, égal au rapport d'une masse de substance ou matériau homogène à la masse du même volume d'eau pure à une température de 4 °C environ. La masse volumique est l'un des paramètres important aussi bien dans le

choix et la conception des moyens de transport des déchets urbain (en particulier dans les PED) que dans la stabilisation des déchets en décharge. Elle dépend de la composition des déchets et en particulier de la fraction organique avec une humidité élevée, et de la fraction des fines inférieure à 8 mm (sable et poussière) dans certains PED. [12]

I-5-4-Humidité :

Une importante teneur en eau caractérise les déchets des PED riches en MO (fruits, légumes, reste de nourriture) là où cette dernière n'est pas valorisée. Cette humidité peut dépasser 90 % avec une moyenne en général de 50 % dans ces pays. Dans certains pays la MO est récupérée au niveau des ménages et valorisée comme aliment de bétail et, par conséquent, n'intègre pas le circuit municipal des déchets. L'humidité dans ce cas est très faible. Elle est de 11 % à Nouakchott en Mauritanie [11]

I-5-5-Pouvoir calorifique inférieur (PCI) :

Le PCI est un paramètre essentiel pour définir l'habilitation des déchets au traitement par incinération. Sa valeur diminue avec l'augmentation de la teneur en eau dans les déchets. Sans apport extérieur d'énergie, les déchets peuvent être incinérés lorsqu'ils ont un PCI supérieur à 1200 kcal/kg .[13]

D'autre part, la valeur de ce paramètre dépend de la composition des déchets et est la somme des PCI des constituants. Les principaux constituants dont l'apport dans PCI est déterminant, sont les plastiques, le cuir et le caoutchouc, les textiles, le bois et le papier carton avec un apport de 30 ; 21 ; 18 ; 13 et 9 % respectivement. [14][15][11].

I-5-6- Matière organique ou solides volatiles (SV) :

Les matières volatiles solides dans les déchets sont définies comme la fraction qui devient volatile en brûlant à 550 °C le déchet, préalablement séché à 105 °C. Le résidu de cette opération ou partie non consumée est appelé substances non volatiles (SNV).

Toutefois, les résultats obtenus pour la détermination des SV par calcination correspondent à la matière organique totale, c'est-à-dire la somme de celle contenue dans les fractions biodégradables (fermentescibles, déchets verts, etc.) et les fractions difficilement dégradables comme le plastique. Cette différence est surtout importante dans la mesure où l'on s'intéresse à la dégradation des déchets en fonction du temps.

En effet, la prise en compte de l'apport des plastiques dans la MO totale dans l'évaluation de l'état de dégradation d'un déchet induit une surestimation de cet état, ce qui

conduirait à des conclusions pas tout à fait exactes. C'est pour quoi dans ce cas, il est important de soustraire toutes les fractions difficilement dégradables des déchets avant de procéder à l'analyse des SV par perte au feu . [16] Par ailleurs, le suivi de ce paramètre est essentiel dans l'évaluation de l'état de dégradation du compost.

I-5-7-Le carbone organique totale COT :

Ce paramètre est l'une des caractéristiques importantes à déterminer dans un déchet. Comme la matière organique, il peut être utilisé pour l'évaluation de la dégradation des déchets et leur aptitude à être mis en décharge .[17]

I-6-Conclusion :

Le suivi de l'évolution de la génération de déchets en fonction du développement et le changement des habitudes et coutumes des sociétés est indispensable pour une bonne gestion des flux. Pour cela, il est nécessaire d'avoir une méthode de caractérisation des déchets adaptée et à faible coût, permettant de suivre l'évolution de ces flux. Ce suivi est d'autant plus important dans les PED où le secteur informel est presque le seul acteur qui contribue dans la réduction des flux grâce à la récupération et la valorisation de certaines fractions de déchets. [18]

i

Chapitre II

II-1-Introduction :

Avec une consommation toujours plus grande et plus diversifiée partout dans le monde, la production des déchets ne cesse d'augmenter en quantité et en qualité engendrant ainsi d'énormes risques sur l'environnement et, par conséquent sur la santé des populations.[23]

II-2-cadre législatif sur la gestion des déchets :

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 nettoiement d'enlèvement et de traitement des déchets solides urbains faisabilité ;
- 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.[21]

II-3-Impact des déchets ménagers sur l'environnement urbain :

Face à cette production colossale des déchets urbains notamment ménagers, les services locaux trouvent beaucoup de difficultés en matière de collecte et d'élimination .

Ceci se remarque ultérieurement à travers, la recrudescence des décharges sauvages qui sont implantées au sein des différents quartiers de la ville, la saturation des

décharges publiques, causant des dommages immenses à l'environnement urbain. La ville de Constantine a eu pour conséquence ;

- ❖ Une détérioration de la qualité de l'air (fumée, odeurs nauséabondes, poussière..),des eaux (contamination des eaux de surface et souterraine) et des sols ;
- ❖ Prolifération des maladies respiratoires et à transmission hydrique ;
- ❖ Une destruction du paysage urbain: dépôt anarchique des déchets défigurant l'image de la ville;
- ❖ La dégradation de l'hygiène et de la propreté de la ville.[29]

Basée sur le bilan global des consommations et émissions dans l'environnement (air, eau, sol, déchets), l'analyse environnementale évalue les contributions ;des filières de gestion des déchets à différents impacts sur l'environnement, comme :

- ✓ la consommation de ressources naturelles et d'énergie,
- ✓ l'effet de serre,
- ✓ l'acidification de l'air et autres rejets atmosphériques,
- ✓ la pollution des eaux,
- ✓ la production de déchets,…

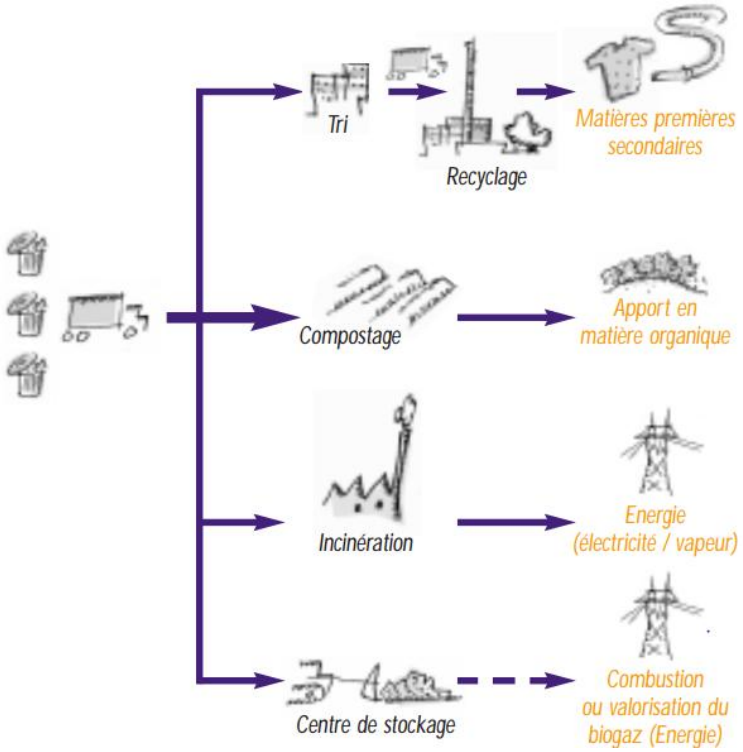


Figure (II-04): L'impacte des déchets

Parce qu'un système de gestion des déchets produit de la matière (recyclage, compostage, …) et/ou de l'énergie (chaleur, électricité), l'analyse environnementale doit comptabiliser à la fois les impacts générés (collecte, transports, procédés de traitements et de recyclage, …) et les impacts évités (économies de matières premières et d'énergie grâce aux valorisations matière et énergétique).[22]

II-4-Conclusion :

En général, la gestion des déchets dans PED est du ressort des collectivités locales. En Algérie, comme le prévoit la loi, les communes doivent organiser l'élimination des déchets municipaux.. [24] l'analyse environnementale doit comptabiliser à la fois les impacts générés et les impacts évités.

Chapitre III

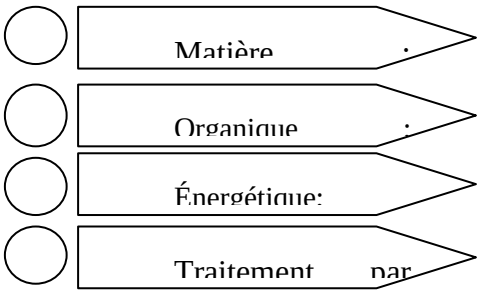
III-1-Introduction :

En gestion des déchets, la valorisation des déchets est un ensemble de procédés par lesquels on transforme un déchet matériel ou organique dans l'objectif d'un usage spécifique comme le recyclage, le compostage ou encore la transformation en énergie (valorisation énergétique).

L'objet dans cette partie est d'étudier l'ensemble des méthodes appropriée a la valorisation énergétique a fin de choisir la méthode la plus adoptée a notre cas

III -2- Le traitement des déchets avec valorisation:

Il existe aujourd'hui plusieurs modes de gestion des déchets utilisés en fonction des enjeux sanitaires, environnementaux mais aussi économiques. Cette valorisation peut prendre plusieurs formes :



III-3-Le principe des 4R : (Récupération, Réemploi, Recyclage, Reutilisation)

Le principe des 4 R consiste à appliquer un ordre de priorité dans la gestion des déchets tout en considérant les aspects techniques, socio-économiques et environnementaux dans les choix qui se présentent aux gestionnaires.[25]

III-4-Matières valorisables : [26]

Les matériaux présentes dans les déchets et qui peuvent être valorisés sont :

- Plastiques : ils peuvent être régénérés en granulés, en fibres ou incinérés avec un gain d'énergie.
- Carton et papier : ils seront réinjectés dans le procédé de fabrication du papier et de carton comme matière première secondaire.
- Textile : réutilisation des vêtements usagés comme chiffons, et par recyclage dans l'industrie, comme matière première secondaire.
- Métaux : ils sont recyclés indéfiniment par la sidérurgie et les fonderies.

❖ Verre : les bouteilles peuvent être réutilisées après avoir été nettoyées et désinfectées. Les débris de verre peuvent servir comme matière première secondaire pour la fabrication de nouveau verre.

III-5- Recyclage des déchets :

III-5-1-Définition :

Le recyclage est un procédé de traitement des déchets industriels et des déchets ménagers qui permet de réintroduire, dans le cycle de production d'un produit, des matériaux qui le composent.

Le recyclage a deux conséquences écologiques majeures : la réduction du volume de déchets et la préservation des ressources naturelles. C'est une des activités économiques de la société de consommation. Certains procédés sont simples et bon marché mais, à l'inverse, d'autres sont complexes, coûteux et peu rentables.

Dans ce domaine, les objectifs de l'écologie et ceux des consommateurs se rejoignent mais parfois divergent ; c'est alors le législateur qui intervient. Ainsi, en particulier depuis les années 70, le recyclage est une activité importante de l'économie et des conditions de vie des pays développés. [26]

III-5-2-Technique de recyclage:

III-5-2-1-Procédés du recyclage :

Il existe trois grandes familles de techniques de recyclage : chimique, mécanique et organique. Le recyclage dit « chimique » utilise une réaction chimique pour traiter les déchets, par exemple pour séparer certains composants. Le recyclage dit « mécanique » est la transformation des déchets à l'aide d'une machine, par exemple pour broyer. Le recyclage dit « organique » consiste, après compostage ou fermentation, à produire des engrais et du carburant tel que le biogaz.

III-5-2-2-La chaîne du recyclage :

a. Collecte de déchets :

Les opérations de recyclage des déchets commencent par la collecte des déchets. Les déchets non recyclables sont incinérés ou enfouis en centres d'enfouissement techniques.

Les déchets collectés pour le recyclage ne sont pas destinés ni à l'enfouissement ni à l'incinération mais à la transformation. La collecte s'organise en conséquence. La collecte sélective, dite aussi séparative et souvent appelée à tort tri sélectif est la forme la plus répandue pour les déchets à recycler.

Le principe de la collecte sélective est le suivant :celui qui crée le déchet le trie lui-même.

À la suite de la collecte, les déchets, triés ou non, sont envoyés dans un centre de tri où différentes opérations permettent de les trier de manière à optimiser les opérations de transformation. Le tri manuel est une de ces opérations.

b. Transformation :

Une fois triés, les déchets sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne de transformation qui leur est spécifique. Ils entrent dans la chaîne sous forme de déchets et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi.

c. Commercialisation et consommation :

Une fois transformés, les produits finis issues du recyclage sont utilisés pour la fabrication de produits neufs qui seront à leur tour proposés aux consommateurs et consommés. Pour être en fin de vie, à nouveau jetés, récupérés et recyclés.

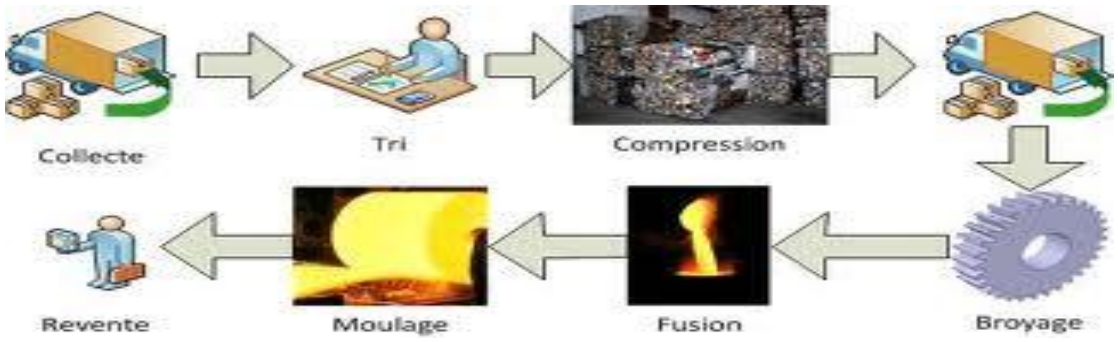


Figure (III-05) : Par exemple le recyclage plastique**[26]**

III-5-3-Impacts du recyclage sur l'environnement :

Les bénéfices économiques et environnementaux du recyclage sont considérables : il permet de protéger les ressources, de réduire les déchets, de créer des emplois, de protéger la nature et d'économiser les matières premières.

Le recyclage permet de réduire l'extraction de matières premières :

• l'acier recyclé permet d'économiser du minerai de fer ;

• chaque tonne de plastique recyclé permet d'économiser 700 kg de pétrole brut ;

• le recyclage de 1 kg d'aluminium peut économiser environ 8 kg de bauxite, 4 kg de produits chimiques et 14 kWh d'électricité ;

• l'aluminium est recyclable à 100% ; 1 kg d'alu donne 1 kg d'aluminium (après avoir été fondu).

• chaque tonne de carton recyclé fait économiser 2,5 tonnes de bois ;

• chaque feuille de papier recyclé fait économiser 11 d'eau et 2,5 W d'électricité en plus de 15 g de bois [27]

III-6-Incinération :

III-6-1-Définition :

L'incinération est le processus de destruction d'un matériau en le brûlant. L'incinération est souvent appelée « Énergie à partir des déchets » ou « des déchets vers l'énergie » ; ces appellations sont trompeuses puisqu'il y a d'autres façons de récupérer de l'énergie à partir de déchets sans directement les brûler (voir fermentation, pyrolyse et gazéification). Elle est connue pour être une méthode pratique pour se débarrasser des déchets contaminés, comme les déchets médicaux biologiques. Beaucoup d'organisations utilisent aujourd'hui l'exposition des déchets à haute température pour les traiter thermiquement (cela inclut aussi la gazéification et la pyrolyse). Cette technique inclut la récupération du métal et de l'énergie des déchets solides municipaux comme le stockage adapté des résidus solides (mâchefers) et la réduction du volume des déchets. [27]

Figure (III-06) : L'incinération [26]

III-6-2-Principe :

Le principe de l'opération consiste à bruler les déchets de telle façon que les résidus obtenus soient stériles et que les gaz ne polluent pas l'atmosphère . Il est possible de traiter

par ce procédé des quantités d'ordures très diverses, il permet d'atteindre le taux le plus élevé de compression des substances à éliminer et de réduire la pollution des sols et des eaux.

L'incinération permet ainsi d'éliminer la contamination microbienne par la destruction des bactéries et des virus .Par conséquent, l'incinération est un procédé est un procédé thermique permettant la récupération d'énergie qui peut être utilisée dans les différents usages domestiques ou industriels. Ce procédé passe principalement par trois stades : vaporisation de l'eau, combustion et enfin traitement des fumées .

Les différentes étapes sont illustrées par la figure 7

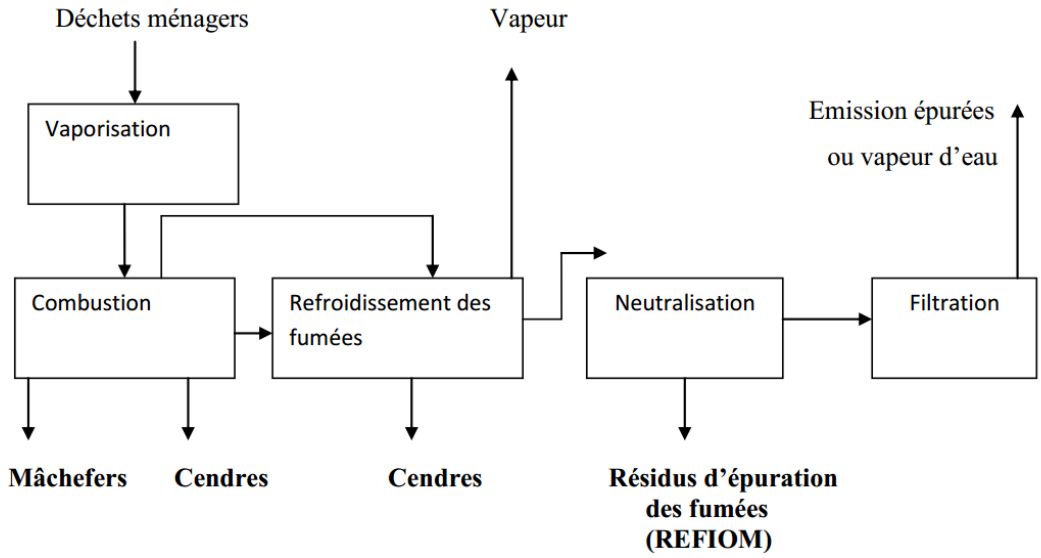


Figure (III-07) : Etapes de l'incinération des déchets ménagers.[28]

III-6-3-Composants des ordures ménagères aptes à l'incinération:

Les ordures ménagères sont hétérogènes, on y trouve des fractions combustibles (papier, carton, plastique,…) et d'autres parfaitement inertes (boites, verre, etc.).

III-6-4-Paramètres de l'incinération :

Lors de la combustion, il faut tenir compte de certains paramètres tels que les le taux d'humidité et le pouvoir calorifique.

- **Humidité**:

Les ordures, quelles que soit leur provenance, ont une teneur en eau élevée qui influe fortement sur la combustion Supérieur à 50%, le taux d'humidité fait perdre au Déchet l'intérêt de la combustion car la chaleur fournie sera surtout employée à vaporiser l'eau.

- **Pouvoir calorifique** :

La connaissance du pouvoir calorifique supérieur ou inférieur est déterminante pour calcul des caractéristiques d'un four et la valorisation par incinération. Il est possible de déterminer graphiquement les valeurs du PCI en fonction de la teneur en eau et du pourcentage d'inertes, ou expérimentalement à l'aide d'une bombe calorimétrique.

III-6-5-Récupération de chaleur :

L'énergie récupérée par ce procédé peut être utilisée dans :

- L'alimentation de réseau de chauffage des hôpitaux, des entreprises industrielles ;
- La production d'électricité ;
- La production d'eau de très grande pureté par condensation des vapeurs produites.

III-6-6-Produits de l'incinération :

La combustion des déchets produit deux catégories d'effluents.

- **Effluents gazeux**:

Ils sont dû à la présence des gaz contenant d'une part, des polluants minéraux tels que l'acide chlorhydrique, le fluor, l'oxyde d'azote (NO, NO_2), l'oxyde de soufre (SO_2),l'oxyde de carbone (CO , CO_2) et d'autre part des polluants organiques constitués principalement par les dioxines. Ces derniers sont des composés faisant partie des hydrocarbures aromatiques polychromés, très toxiques, ils ont un effet cancérogène. D'autres composés s'y ajoutent à savoir les hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP, les polychlorobiphényle PCB, etc.

- **Effluents solides** :

Ce sont les mâchefers, les cendres volantes et les résidus d'épuration des fumées .

- **Mâchefers**:

Les mâchefers d'incinération d'ordures ménagères (MOIM) ont l'aspect d'un solide grisâtre, très hétérogène, ils contiennent de nombreux éléments métalliques. Chaque MIOM à sa propre composition liée des ordures ménagères. Ces MIOM sont des déchets qui peuvent être considérés comme :

-Une source de matières premières minérales, métalliques ou non ;

-Un matériau de remblai ou comme sous-couche de fondation ;

-Un excellent matériau de couverture pour les décharges.

- **Cendres volantes**:

Les cendres sont des particules sous forme de poudre grisâtre entraînées par les gaz de combustion. Les cendres volantes peuvent être utilisées comme remblai de carrière en vue de récupérer des terrains.

- **REFIOM**:

Sous le terme de REFIOM (résidus d'épuration des fumées d'incinération des ordures ménagères) est regroupé l'ensemble des résidus résultant des traitements des fumées d'incinération. Ils sont constitués d'une part de substances minérales dépourvues de nocivité (silice, calcaire), qui constituent la majeure partie de ces résidus (jusqu'à 90%), d'autre part métaux, notamment de métaux lourds. [25]

III-7-Compostage :

III-7-1-Définition :

Consiste en la transformation des déchets fermentescibles (déchets verts, ordures ménagères, boues des stations d'épuration, etc.) en un résidu organique par des microorganismes. Elle se pratique par compostage, qui est un traitement aérobie conduisant à la formation de compost valorisable (sur terrains agricoles, jardins publics, remblais d'autoroute, etc.) et de refus de compostage non valorisable.

Le compostage peut s'effectuer à l'échelle individuelle, dans des installations simples ou de façon industrielle dans des installations de plus grande capacité. Les sites sont généralement à l'origine d'émanations odorantes et parfois sonores. La contamination des milieux (eau, air, sol) dépend de la nature du compost. Elle peut être à la fois chimique (solvants, métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques, composés organiques volatils, etc.) et microbiologique (microorganismes décontamination fécale des boues d'épuration tells que salmonelles, entérovirus, etc.).[29]

Figure (III-08) : Le cycle de compost de déchets organiques [30]

III-7-2-Principe du compostage :

La matière organique présente la propriété d'être une substance biodégradable, sous une action bactérienne, soit naturelle ou induite, la décompose assez rapidement en molécules simples utilisables par les plantes. Cette dégradation peut se dérouler en milieu aérobie, la mise à disposition d'air lors de cette dégradation induit une réaction de fermentation aérobie .

III-7-3-Mécanismes de biodégradation:

Le processus de compostage est réalisé en deux étapes successives :

• Une étape de fermentation aérobie

• Une étape de maturation du compost.

a. La fermentation aérobie :

la fermentation aérobie de la matière organique est réalisée par une succession de consortiums microbiologiques qui s'accumulent en fonction de la température du taux de composés organiques fermentescibles. Il est possible de distinguer plusieurs phases de transformation au cours de la fermentation aérobie en fonction de la température et du temps.

Une première phase de latence correspondant à la mise en place de la biomasse est rapidement suivie d'une phase mésophile ou la matière organique la plus facilement biodégradable est consommée, cette réaction biologique est exothermique et conduisant donc à une production de chaleur. S'établit alors **une phase thermophile** ou l'activité bactérienne peut assimiler les molécules organiques les moins dégradables comme la cellulose ou la lignine. La stabilité du milieu correspond à un équilibre entre la production interne et la dissipation externe de chaleur. Ainsi, le ralentissement de l'activité microbiologique par épuisement du gisement de nutriments entraîne une diminution de la production de chaleur et se traduit par **une phase de refroidissement** des andains.

L'activité biologique intense, combinée aux températures élevées, permet d'obtenir une stabilisation de la matière organique une absence d'odeurs nauséabondes, caractéristiques des fermentations mal maîtrisées.

b. **La Maturation** :

La phase de maturation devient prédominante sur la phase de fermentation aérobie suite à l'épuisement du milieu molécules simples.

Les activités enzymatiques produisent des phénomènes de polymérisation et de polycondensation des molécules néoformées au cours de la fermentation aérobie, à des

températures comprises entre 20 et 30°C. Ces processus d'humification sont lents et peuvent durer plusieurs mois

Tableau (III-1) : Conditions opératoires nécessaires pour une mise en œuvre optimale d'un procédé de compostage

Conductions opératoires	Fermentation aérobie	Maturation
Température	60 à 70□C	20 à 30□C
Teneur en eau	60 à 80 □/□ de la masse brute	40 à 60 □/□ de la masse brute
pH initial de la matière	6 à 8	7 à 8
C/N	20 à 30	-
Temps de biodégradation	4 à 6 semaines	1 à 3 mois
Besoins en aie	0,1 à 1 N m^3/min	< 0,1 N m^3/min

III-7-4-Les Facteurs de réussite du compostage :

Pour le compostage, les principaux paramètres d'importance pratique sont :

• Le taux d'oxygénation dans la masse en compostage (aération)

• L'humidité du produit

• La température

• La nature et l'état des matières à composter.

III-7-5-Les types de compostage :

Il existe deux types de compostage : le compostage à froid et le compostage à chaud.

1. Le compostage à froid : consiste à accumuler petit à petit toutes sortes de déchets ménagers en couches peu épaisses dans une fosse. Au bout de quelques mois, Il se développe de très nombreux organismes vivants (vers de terre, limaces, insectes, larves, etc.). La décomposition est souvent lente et incomplète. On obtient en fin de compte une masse noirâtre et gluante. On peut améliorer le compostage à froid en mélangeant et retournant les déchets de temps en temps .

2. Le compostage à chaud : Le compostage à chaud ne diffère pas de celui à froid que du volume de la matière à composter et du réchauffement du tas mis sur pied. Sa réalisation nécessite certaines conditions.

III-7-6-Le but et les avantages du compostage:

Le but du compostage est de ramener au sol un produit de qualité à base de matière organique et d'éléments minéraux, et qui lui sont associés**.** Sur le plan agronomique, le compost permet :

- ❖ Une homogénéisation des matières.

- ❖ Un rééquilibrage du rapport C/N des matières organiques.
- ❖ Une stabilisation de la matière organique évitant les soucis de stockage (odeurs et pertes d'azote).
- ❖ Une réduction voire une élimination des semences de mauvaises herbes qui pourraient s'y retrouver.
- ❖ Un apport de matière organique de bonne structure qui améliore les qualités physiques du sol et par-là favorise l'absorption et la rétention de l'eau tout en réduisant l érosion (éolienne et hydrique).
- ❖ Une meilleure activité de la microfaune tellurique qui accroît les échanges nutritionnels entre les plantes et le sol tout en réduisant les risques d'attaques pathologiques des microorganismes. Le compostage, dans la perspective de recyclage des déchets, permet :
- ❖ Une destruction plus ou moins importante des polluants organiques par biodégradation.
- ❖ Un apport d'éléments fertilisants complémentaire aux sols et qui serait perdus sans ce recyclage.
- ❖ Une dilution des matières thoxiques peu ou pas dégradables en permettant ainsi de les répartir sur une plus grande surface de sols .[31]

III-8- Mise en décharge:

III-8-1-Choix du site et conception :

Stocker les déchets dans une décharge est la méthode la plus traditionnelle de stockage des déchets, et reste la pratique la plus courante dans la plupart des pays. Historiquement, les décharges étaient souvent établies dans des carriers, des mines ou des trous d'excavation désaffectés (brute ou sauvage).

Actuellement les décharges sauvages sont transformées en décharges sanitaires qui sont des Centres de Stockage des Déchets (CSD) ou centre d'enfouissement technique (CET). Les décharges contrôlées ou CET sont des installations qui servent à l'élimination des déchets solides à long terme (au moins 20 ans) pour les enfouir dans des fosses appelées « Casiers d'enfouissement » [42]

Pour réduire les risques potentiels de nuisance et de la pollution, le choix du site est un facteur déterminant pour tout projet d'une décharge contrôlé ou CET il faut respecter les critères suivants :

- Pour un CET, le plus important est de l'implante sur un site approprié et de l'exploiter conformément à un plan fixé et approuvé à l'avance, car il faut prendre en compte sa réintégration dans l'environnant naturel après fermeture.
- On cherche un emplacement bien situé pour exploiter la décharge dans des conditions satisfaisantes du point de vue de l'hygiène que du point de vue économiques, bien entendue, un terrain pas trop éloigné des zones de collecte, toutefois, il devra être suffisamment écarté des habitations.
- Pour le choix du site, les commissions de l'organisation mondiale de la santé préconisent par prudence de se tenir à 200 mètres au moins de la plus proche agglomération .
- Il convient de tenir la décharge à une distance de 55 mètres des cours d'eau et

des barrages servant à l'alimentation .

- La surface destinée à la décharge devrait être calculée pour durer de 20 ans.

III-8-2-Classification des centres d'enfouissement :

Selon le type de déchets admis il existe trois classes de CET :

✓ **CET de classe I**

Réservé aux déchets dits industriels, spéciaux ou toxique, conformément aux prescriptions réglementations, ces déchets qualifiées de dangereux sont intérêts et solidités avant d'être stockés dans des alvéoles étanches, les CET de classe I assurent un confinement des déchets par une barrière géologique d'au moins 5m dont le coefficient de perméabilité est inférieur à 10^{-9} m/s et d'une géo-membrane sur le fond et les flancs de l'installation, les percolas sont drainés. Un écran imperméable (géo-membrane et barrière géologique) recouvre le site à la fin de l'exploitation.

✓ **CET de classe II**

Destinés à recevoir les déchets ménagers et assimilés, l'exploitation concerne notamment le captage du biogaz, le drainage des eaux d'infiltration, la récupération et le traitement des lixiviats. Une triple barrière d'étanchéité assure également la protection du sous sol, les CET de classe II sont subdivisés en casiers -volumes délimités-, la perméabilité du sol doit être inférieure à 10^{-9} m/s sur au moins 3 mètres d'épaisseur.

✓ **CET de classe III**

Réservés aux déchets inertes, peuvent être implantés sur des sites perméables. [25]

III-9- La méthanisation :

III-9-1-Définition de La méthanisation :

La méthanisation (ou appelée ‘’ digestion anaérobie ‘’) est la transformation de la matière organique en un biogaz composé principalement de méthane et de gaz carbonique.

C’ est une transformation naturelle qui se réalise dans tous les milieux où l’ on trouve la matière organique en absence d ’oxygène et où les conditions physico- chimiques sont compatibles avec celles du vivant [32].

Elle est l ’ une des technologies permettant efficacement le traitement de la matière organique des déchets et de transformer les polluants de l’ environnement en sources de richesse Grace à ce procédé, il est possible de stabiliser les déchets, de réduire leurs volumes et enfin de produire un combustible de haute valeur énergétique.

Cette transformation des déchets organiques en biogaz n ’ est pas simple, il s ’ agit en fait d ’une séries des réactions successives qui sont dues à diverses catégories de bactéries.

Ces bactéries ont des conditions bien définies et des exigences particulières pour se développer à savoir l’ absence d ’oxygène, un pH proche de la neutralité, et une gamme de température bien .

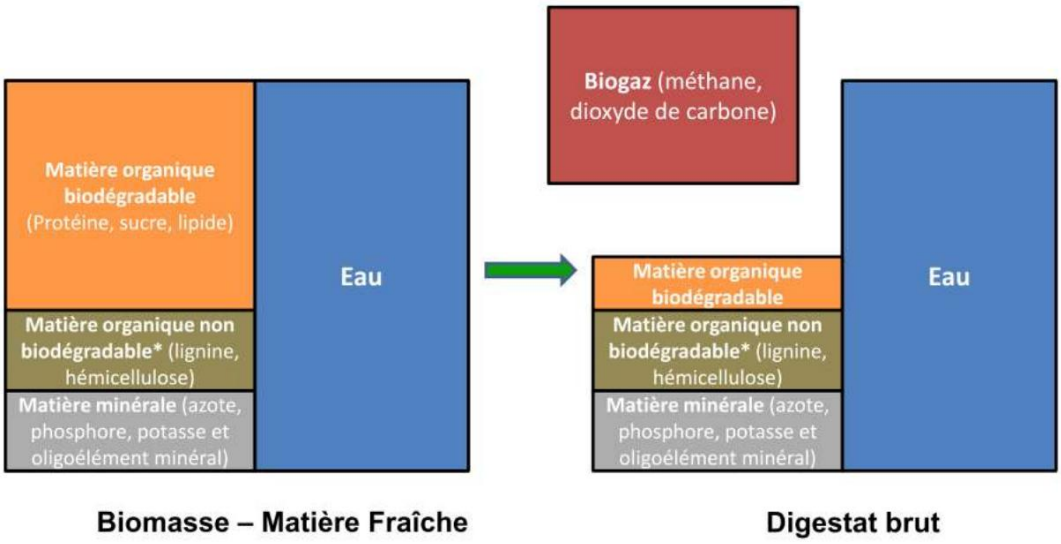


Figure (III-09) : Méthanisation des déchets. [33]

III-9-2-Principe général de la méthanisation :

La méthanisation est une voie de dégradation naturelle de la matière organique, en absence d’oxygène, par un ensemble de flore microbienne. Ce processus biologique forme un résidu de digestion stabilisé et hygiénisé, appelé digestat, ainsi qu’un biogaz de composition variable contenant :

-entre 50 à 80 % de méthane (CH_4) ;

-entre 30 et 50 % de dioxyde de carbone (CO_2) ;

-de l'eau (H_2O) à saturation ;

-des composés traces (NH_3, H_2S, N_2, CO).

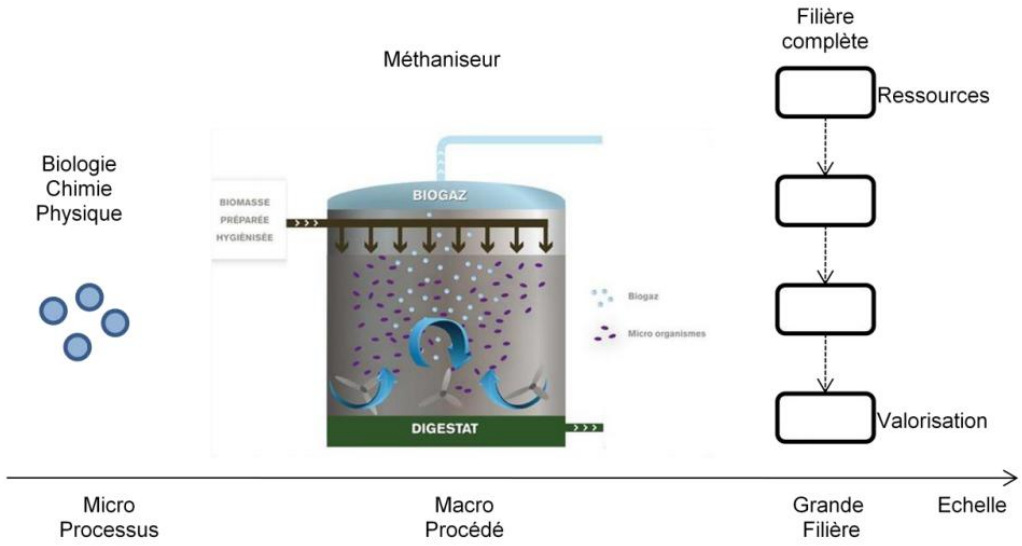


Figure (III-10) : Un schéma à échelles différentes .[34]

Le processus de biodégradation anaérobie peut être subdivisé en quatre étapes biochimiques: [35]

1-Hydrolyse :

Au cours de l'étape d'hydrolyse, les macromolécules complexes sont solubilisées sous l'action d'enzymes extracellulaires excrétées par des bactéries anaérobies strictes (Clostridium pour la dégradation de cellulose, amidon) ou facultatives aérotolérantes (Bacillus pour la dégradation de protéines).

Les composés particulaires sont scindés en monomères (ou dimères) de taille suffisamment petite pour pouvoir être transportés au travers de la membrane cellulaire. Une fois dans la cellule ces molécules simples pourront être utilisées comme source d'énergie pour le métabolisme.

Lorsque l'on s'intéresse à la méthanisation de déchets complexes contenant des fractions solides, par exemple de la cellulose, l'hydrolyse devrait être considérée comme l'étape cinétiquement limitante.

On peut schématiser les réactions d'hydrolyse enzymatique comme suit, en considérant la dégradation de cellulose en glucose, où les enzymes joueraient le rôle de catalyseur:

$$(C_6H_{10}O5)n + nH_20 \xrightarrow{\text{Enzymes}} C_6H_{12}O_6 \qquad (I.2)$$

Tableau (III-02) : Caractéristique des bactéries hydrolytiques .[36]

Bactéries hydrolytiques	
Caractéristiques	Bactéries relativement résistantes ,tolérantes à O_2 , production d' exo-enzymes
Gamme de pH optimal	[4,5-6,3]
Temps de division	Quelques heures (reproduction rapide)
Sensibilité	Lignine (pas dégradables, ralenti la réaction)

2 –Acidogénèse :

Dans une seconde étape, les monomères issus de l'hydrolyse, ainsi que les composés dissous, servent de substrats à des microorganismes fermentaires qui les dégradent principalement en acides de faibles poids moléculaires comme les acides gras volatils [AGV] tels que propionate, butyrate,valérate, mais également en pyruvate, lactate, ou en alcools tels que le méthanol, l'éthanol,…. L'éthanol et le lactate qui sont produits par des voies métaboliques moins intéressantes énergétiquement ne sont généralement pas synthétisés à l'équilibre . Du gaz carbonique et du dihydrogène sont également produits au cours de ces réactions.

Les microorganismes réalisant cette étape peuvent aussi bien être anaérobies facultatifs (du genre Acetobacter ou Streptococcus) que strictement anaérobies (Clostridium). Leur taux de croissance très élevé, de l'ordre de 48 $jours^{-1}$, est responsable, dans le cas d'une surcharge organique, de l'accumulation de composés intermédiaires comme l'acétate ou l'hydrogène, qui peuvent inhiber les flores acétogènes et méthanogènes. En considérant le glucose comme substrat de référence on représente l'acidogénèse par les équations du tableau (III-04)

Tableau (III-03) : Produits de la dégradation du glucose.

Produits	Réaction	
Propionate	$C_6H_{12}O_6 + 2H_2 \longrightarrow 2CH_3CH_2COOH + 2H_2O$	(I 3)
Butyrate	$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2$	(I 4)
Ethanol	$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$	(I 5)
Lactate	$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CHOHCOOH + 2CO_2$	(I 6)

la réaction (I.3) ne serait jamais observée et il faudrait à la place considérer la production couplée de propionate et d'acétate selon la réaction (I.7). [42]

$3C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 4CH_3CH_2COOH + 2CH_3COOH + 2CO_2 + 2H_2O$ (I 7)

Tableau (III-04) : Caractéristique des bactéries acidogènes.[36]

Bactéries acidogènes	
Caractéristiques	Bactéries sensibles à O_2,participent en général également à l' hydrolyse
Gamme de pH optimal	[4,5-6,3]
Temps de division	Quelques heures (reproduction rapide)
Sensibilité	H_2S , NH_3 , sels , antibiotique

3-Acétogénèse :

Les produits de l'hydrolyse et de l'acidogénèse (acides, sucres, alcools,...) sont réduits en acétate, hydrogène et dioxyde de carbone par un groupe hétérogène de trois populations bactériennes :

– les acétogènes syntrophes productrices d'hydrogène ; Syntrophomonas, wolfei, Syntrophobacter, ...

– les bactéries acétogènes non-syntrophes parmi lesquelles on distingue :

• les bactéries fermentatives acétogènes ; Selomonas, Clostridium, Ruminococcus...

• les acétogènes hydrogénotrophes ou homoacétogènes ; Acetogenium, Acetobacterium, Clostridium...

Acétogénèse productrice d'hydrogène Cette phase fait appel à un groupe de bactéries dites OHPA (Obligate Hydrogen Producing Acetogens), qui produisent de l'acétate et de l'hydrogène à partir d'acides. Ces organismes furent initialement mis en évidence par Stadtman et Barker , qui, au moyen de cultures pures, découvrirent deux bactéries méthanogènes dégradant les acides gras volatils par oxydation, qu'ils nommèrent Methanobacterium propionicum et Methanobacterium suboxydans. Le tableau 06 représente certaines réactions de dégradation possibles.

Tableau (III-05) : Réactions d'acétogénèse avec production de dihydrogène et de formate.

Substrat	Réaction
Propionate	$CH_3CH_2COOH + 2H_2O \longrightarrow CH_3COOH + 3H_2 + CO_2$ (I.8)
	$CH_3CH_2COOH + 2H_2O + CO_2 \longrightarrow CH_3COOH + 3H_2 + 3HCOOH$ (I.9)
Butyrate	$CH_3CH_2CH_2COOH + 2H_2O \longrightarrow 2CHCOOH + 2H_2$ (I.10)

	$CH_3CH_2CH_2COOH\ 2H_2O + 2CO_2 \longrightarrow 2CHCOOH + 2H_2 + 2CHCOOH$ (I.11)
Ethanol	$CH_3CH_2OH + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + 2H_2$ (I.12)
Lactate	$CH3CHOHCOOH + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + 2H_2 + CO_2$ (I.13)

Acétogénèse non-syntrophes Le terme homoacétogène s'applique aux bactéries strictement anaérobies qui produisent majoritairement de l'acétate, et peuvent également utiliser le CO_2 équation (I.16) comme accepteur final d'électron. Ces organismes non-syntrophes sont capables de croître aussi bien de façon autotrophe (bactéries lithotrophes), qu'hétérotrophe ou mixotrophe. On trouve ce type de microorganismes essentiellement dans les milieux à forte concentration en CO_2.

-Reaction homoacétogénèse lithotrophe

$$2H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_3COOH \quad (I.14)$$

- Homoacétogénèse fermentative.

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_2 \longrightarrow 2CH_3COOH + 2CO_2 + 4H_2 \quad (I.15)$$

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 3CH_3COOH \quad (I.16)$$

Tableau (III-06) : Caractéristique des bactéries acétogènes.[36]

Bactéries acétogènes	
Caractéristiques	Bactéries relativement fragiles ,sensibles à O_2, production de H_2
Gamme de pH optimal	[6,8-7,5]
Temps de division	Quelques jours (1-4 jours ;reproduction lente)
Sensibilité	H_2 en excès ,H_2S , NH_3 , sels , antibiotique, variations de température

4-Méthanogénèse :

La méthanogénèse constitue l'étape de réduction finale du processus de méthanisation. Elle est considérée comme l'étape limitante dans le processus de dégradation des composés dissous. La méthanogénèse est réalisée par une classe spécifique de bactéries anaérobies strictes, les Archae, qui peuvent utiliser divers substrats comme l'acétate, le dioxyde de

carbone et l'hydrogène, ou encore, pour certaines espèces, le méthanol, les méthylamines ou le formate .

Au sein de cette classe on distingue deux familles responsables de la synthèse de méthane :

– les méthanogènes acétoclastes, également appelés acétotrophes,

– les méthanogènes hydrogénophiles, ou hydrogénotrophes. Bactéries méthanogènes acétoclastes Ces organismes peuvent produire du méthane à partir de nombreux substrats comportant un groupement méthyle comme l'acétate, le méthanol mais également des (n)-méthylamines. Methanosarcina sp. Et Methanotrix sp.

sont les espèces bactériennes connues capables de dégrader l'acétate . Le processus de dégradation de l'acétate contribue à lui seul à environ 70% du méthane produit ; plus particulièrement Stadtman et Barker ont montré que le méthane provenait du groupement méthyle de l'acétate, du méthanol ou des méthylamines, et que ce groupement était transféré en bloc, selon les schémas réactionnels suivant :

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow CH_4 + CO_2 \quad (I.117)$$

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 3CH_4 + CO_2 + 2H_2O \quad (I.18)$$

L'utilisation de l'un ou l'autre de ces substrats est avant tout contrôlée par la disponibilité et la concentration de ceux-ci ; en effet la croissance sur l'acétate n'est possible qu'au dessus d'une concentration seuil, différente pour chaque espèce. Bactéries méthanogènes hydrogénotrophes Les bactéries hydrogénotrophes contribuent au reste de la production de méthane (environ 30%) en réduisant le couple H_2/CO_2 ou le formate en méthane. Toutes les bactéries méthanogènes sont capables de réduire H_2/CO_2 mais seulement certaines espèces dégradent également le formate.

Tableau (III-07) : Réactions de transfert inter-espèces du H_2 et du formate .[37]

Substrat	Réaction
H_2/CO_2	$4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$ (I.19)
Formate	$4HCOOH + 2H_2O \longrightarrow CH_4 + 3CO_2 + 2H_2O$ (I.20)

Tableau (III-08) : Caractéristique des bactéries méthanogènes. [36]

Bactéries méthanogènes	
Caractéristiques	Archaebactéries très fragiles ,très sensibles à O_2, besoin de Ni , plusieurs substrats possibles
Gamme de pH optimal	[6,8-7,5]
Temps de division	Quelques jours (5-15 jours ;reproduction lente)
Sensibilité	O_2 , variation de pH et température , Cu , sels

Chacune de ces étapes est régie par une communauté bactérienne particulière.

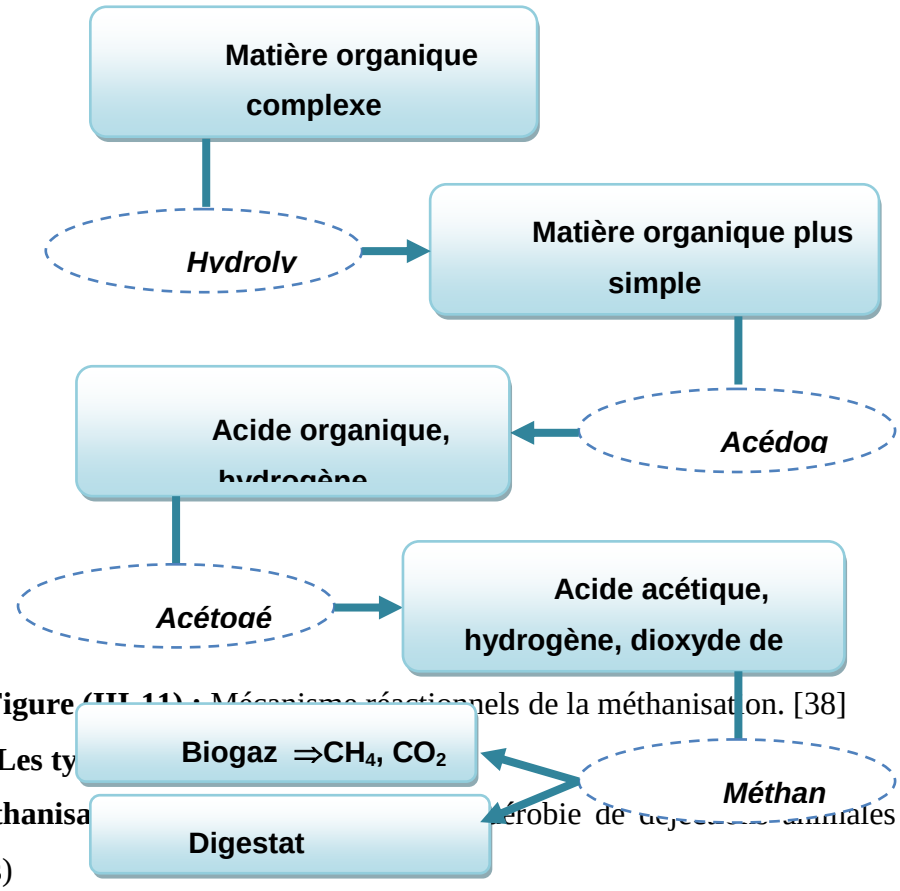


Figure (III-11) : Mécanismes réactionnels de la méthanisation. [38]

III-9-3-Les types de méthanisation :

1- Méthanisation agricole : Digestion anaérobie de déjections animales (bovines ou porcines)

2-Co-méthanisation agricole : Digestion anaérobie d'un mélange de substrat (végétaux ou animaux). Ce type de méthanisation comprend des intrants comme des déjections animales, des biodéchets, des déchets verts, des sous-produits animaux et des cultures énergétiques.

3- Méthanisation de déchets de l'industrie agroalimentaire (IAA) : Digestion anaérobie de déchets principalement issus d'industries agroalimentaires.

4- Autres méthanisation : digestion anaérobie de mélanges de déchets végétaux et/ou animaux et d'autres types de déchets.[39]

III-9-4-Les systèmes de digesteurs :

Le digesteur, cœur ou se réalise la méthanisation, est aussi appelé fermenteur ou bioréacteur anaérobie. Le digesteur est une simple cuve fermée, étanche et isolée thermiquement, dans laquelle différents micro-organismes dégradent chimiquement et biologiquement les déchets et les effluents organiques et produisent en stade final du biogaz. Il peut être équipé d'un système de chauffage, d'un système d'agitation, d'un système de prélèvement, un système de mesure de teneur en gaz et de dispositifs permettant le contrôle de différents paramètres : la température, le pH, la pression…etc. le

choix du digesteur varie en fonction du type de déchets à traiter et de l'application projetée. Le cycle de méthanisation peut être discontinu ou continu.

III-9-4-1-Le procédé discontinu (batch) :

Le système Batch est le plus simple et le plus ancienne procédé utilisé. C'est un système à digestion discontinue utilisé le plus souvent pour es déchets solides (fumiers, biomasse aquatique, etc.). Ce déchet à traiter est placé dans une enceinte close pendant une durée comprise entre 8 semaines et 5 mois avec ou sans système d'agitation. La production de biogaz est irrégulière (rapide au début de la fermentation, beaucoup plus lente à la fin). Le mode opératoire consiste à remplir le digesteur avec les substances organiques et à laisser digérer. Le temps de rétention étant fonction de la température ainsi que d'autres facteurs. A la fin de la digestion, la digestat est évacué et le processus peut recommencer comme illustre la figure III-12

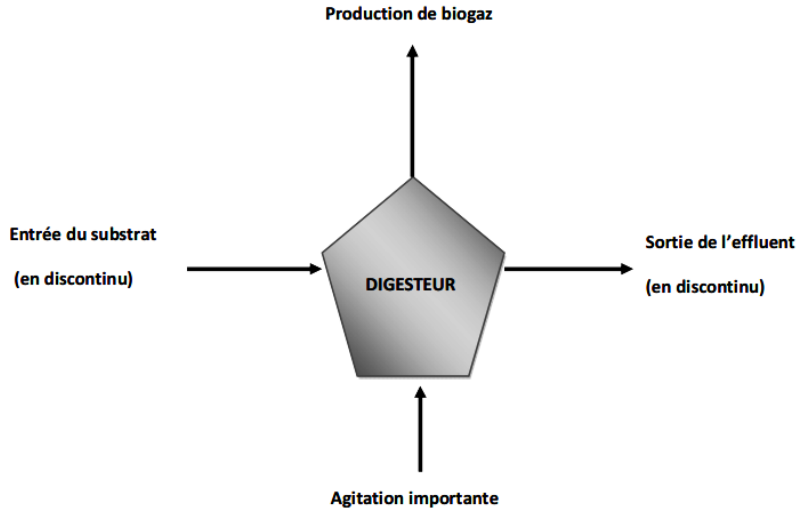


Figure (III-12) : Schéma du procédé de digestion en batch

III-9-4-2- Le système de digestion en continué infiniment mélangé :

Ce système est le plus utilisé, son agitation importante permet de conserver une vitesse de production de gaz permanente. La biomasse fraîche est apportée en continu et le résidu liquide de la digestion est régulièrement éliminé. Ce système est néanmoins soumis à quelques contraintes. En effet il ne peut accepter des substrats dont la matière sèche est supérieure à 100 kg par kg de biomasse apportée car au delà de cette limite, les déchets ne sont plus pompables. Ce type système correspond parfaitement aux lisiers de porcs. D'autre part, ce système ne permet pas le maintien de la biomasse active car la grande majorité de celle-ci est évacuée à chaque élimination du résidu. Cette limitation de l'activité bactérienne a une influence sur le rendement de production de biogaz. Elle est

généralement constante mais jamais optimale. Une amélioration à ce système peut être apportée en pratiquant une agitation partielle (système continu partiellement mélangé).[40]

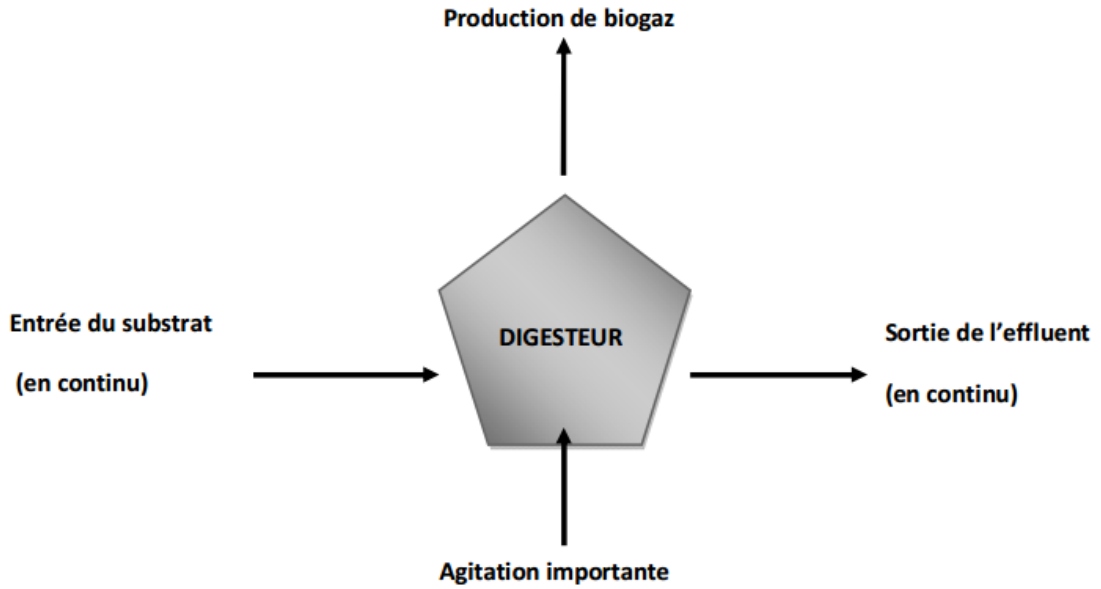


Figure (III-13) : Schéma du procédé de digestion en continué

III-9- 5-Généralités sur Le biogaz :

1- Définition :

Le biogaz issu de la dégradation anaérobie de matières organiques (les eaux usées, les ordures ménagères, …etc.) est un gaz combustible, constitué essentiellement de deux composés en proportion variable selon le substrat traité ;

- Le méthane (CH_4) ;
- Le gaz carbonique (CO_2).

Ainsi que quelques traces d ' hydrogène, d' hydrogène sulfuré, d ' ammoniac, d' azote, d 'oxyde de carbone, de différents hydrocarbures et d' eau. .[36]

III-9-6-Les caractéristiques du biogaz :

Tableau (III-9) : Les caractéristiques du biogaz et du méthane déterminées à 0° et 1atm .[41]

Caractéristique	Méthane (100 □ /□ CH_4)	Biogaz (70□ /□)
PCI(KWh)	9,94	6,96
Densité / air	0,55	0,85
Vitesse de déflagration(m/s)	0,38	0,21
Limites d'inflammation	5-15	6-18
(□ /□)	54,55	24,71
Potentiel de combustion		

Il est évident que le pouvoir calorifique du biogaz est également proportionnel à sa teneur en méthane comme l' indique le tableau III-10 ci apres :

Tableau (III-10) : Pouvoir calorifique du biogaz en fonction de la proportion de méthane .[41]

Proportion en CH_4(□ /□)	PCS (KWh / m^3)	PCI (KWh / m^3)
50	4,8	4,3
60	5,7	5,1
70	6,7	6,0
80	7,6	6,9
90	8,6	7,8
100	9,5	8,6

A titre indicatif, le pouvoir calorifique d'1 m^3 de biogaz (contenant 70% de méthane et 30% de gaz carbonique), peut être comparé à celui d ' autres combustibles ou d' autres sources énergétiques. [35]

III-9- 7-Les Avantages et les inconvénients de la méthanisation :

L'utilisation de manière optimale d'une installation de bio-méthanisation permet non seulement de prévenir la pollution par la réduction des déchets, mais aussi de produire de biogaz "source d'énergie renouvelable" et du compost. **Les avantages** sont multiples et peuvent être classés comme suit :

- Un processus naturel nécessitant moins d'espace que le compostage aérobie ou l'enfouissement et réduisant considérablement le volume et le poids des déchets a enfouir ;
- Sur le plan énergétique, production nette d'énergie, génération d'un combustible renouvelable de haute qualité valorisable dans plusieurs applications finales ;
- Sur le plan environnemental, réduction significative de la pollution atmosphérique liée au émissions de CO_2 et de CH_4, élimination des odeurs, production d'un compost propre et d'un fertilisant liquide riche en matières nutritives utilisables en agriculture ;
- Sur le plan économique, le biogaz permettrait une économie de l'énergie d'origine fossile. Son utilisation diminuerait d'autant les risques liés a l'effet de serre et peut servir a la production d'électricité, la production de chaleur éventuellement utilisable pour le chauffage de locaux ou autre chose.

La bio-méthanisation peut transformer un problème de déchets en une source de richesses mais il possède aussi quelques **inconvénients** :

- Le biogaz est explosif, corrosif et toxique, ces risques d'intoxication se rapportent surtout a la présence d'hydrogène sulfuré qui peut exister en quantité importante ;
- La méconnaissance de cette technique, dans tous les secteurs, représente un important handicap de la méthanisation. Une sensibilisation des publics concerné permettrait d'attirer l'attention sur cette nouvelle énergie fortement prometteuse tant a un niveau économique que écologique ;
- Il existe aussi un **inconvénient** de l'argent, nous avons les moyens pour le faire, mais il existe un fossé entre la théorie et la pratique, une des principales raisons pour cela est l'argent. A court terme, la digestion anaérobie coute plus cher que les solutions plus traditionnelles tels l'enfouissement, l'incinération ou le compostage.[36]

Finalement on choix La valorisation des déchets organiques et principalement les déjections animales pour la production de biogaz (méthanisation) .

III-10- Conclusion :

Dans ce chapitre ,on a illustré les modes de traitement de déchets ménager telles que le recyclage , l'incinération , le compostage et la méthanisation, leurs avantages et leurs inconvénients.

Nous avons conclu que la méthanisation reste toujours le meilleur choix pour la valorisation énergétique et agricole.

Chapitre IV

IV-Présentation de lieu de stage :

notre stage est effectue au sein de la raffinerie de Sbaa d'une periode de 15 jours aller de 05/06/2016 jusqu'au 20/06/2016.La raffinerie de Sbaa (W. Adrar) est implantée sur une surface totale de 84 hectares dont 37 hectares seront occupés par le process (soit un rectangle d'une longueur de 740m et une largeur 500m).. Elle est sise sur la commune de Sbaa à quelques 44 km au Nord de la ville d'Adrar. Les coordonnées sont : longitude 00° 11'Ouest, latitude 27° 49'Nord. L'altitude moyenne est de 275 mètres.

La raffermie se compose de 7 unités a savoir

- Unité de réception eau brute U404.
- Unité de traitement des eaux U602.
- Unité de production de vapeur U601 chaudière.
- Unité de production d'énergie électrique U601 turbine.
- Unité de distribution d'énergie électrique U501.
- Unité de production d'air/azote U603.
- Unité d'exploitation d'eau de refroidissement U401 et eau usée U402

IV-1-Analyse physico chimiques de sol , des échantillons(substrat) et digestat liquide:

Toutes les analyses réalisées dans cette étude, ont fait au sein de quatre laboratoires:

- Laboratoire de dans l'Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage (I.N.S.I.D) ;
- Laboratoire de raffinerie D'ADRAR (SBAA) dépend à 15 Jours ;
- Laboratoire de chimie de l'université d'Adrar.
- Laboratoire de unité recherche énergie solaire en milieu saharien

IV-2-Analyses des sols :

Le sol utilisé pour réaliser cette étude est le sol , l'échantillon a été prise de la région de Barbaa. Par la suite un lessivage par l'eau distillée est recommandé a pour but d'éliminer tout les composants minérales et les matières organiques. .

IV-2-1-Les analyses physiques :

IV-2-1-1-Mesure de Le potentiel Hydrogène (pH) :

Le pH fait partie d'une des plus importantes caractéristiques physico-chimiques des sols, car la spéciation, et donc la mobilité et la biodisponibilité des éléments traces métalliques sont liées à sa valeur. Le pH est défini par la relation : $pH = - \log a H^+$. [43]

✓ **Principe de mesure** :

La mesure du pH s'effectue sur une suspension de terre fine. Le pH eau mesure l'acidité réelle et prend en compte les ions H_3O^+ libres dans la solution du sol.

✓ **Matériels utilisés :**

-Agitateur mécanique ; -Entonnoir ;

-Balance ; -Flacons de plastique ;

- Barre de verre ; - pH -mètre (BASIC 20) ;

-Béchers de 100 ml ; -Pissette pour l'eau distillée de 500 ml ;

-Capsule ; Spatule.

Pour l'étalonnage d'appareil à été utilise les deux solutions :

- Solution étalon de pH= 7 (pour l'eau distillée) ;
- Solution étalon de pH = 9 (pour les sels).

✓ **Mode opératoire :**

- Peser 20 g de sable (inferieure de 2 mm) déjà séché ;
- Mélanger le 20 g de sable avec 50ml de l'eau distillé et agiter par le barre de Verre durée de 1 min ;
- Mettre le mélange dans les flacons ;
- Agiter par l'agitateur mécanique jusqu' a 2 heures ;
- Laisser reposer 1 heure ;
- Plonger l'électrode du pH-mètre dans le liquide surnageant et effectuer la mesure
- Lire la valeur de pH après la stabilisation de lecture. [49]

Photo (IV.1) : Les étapes de mesure de pH.

IV-2-1-2-Mesure de conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique est une mesure de la capacité d'une eau à laisser circuler un courant électrique. Cette mesure a un lien direct avec la quantité de sels dissous dans l'eau (solides totaux dissous). Plus la quantité de sels dissous dans l'eau est élevée, plus la conductivité électrique sera élevée. [43]

✓ **Matériel utilisé :**

-Agitateur mécanique (Heidolph-REAX2) ;

-Balance (KERN- €W "Max= 600g , Min= 0.5 g) ;

-Barre

-Béchers de 100 ml ;

-Capsule

-Entonnoir ;

-Flacons de plastique ;

-Conductimètre (HANNA instruments –HI 8633) ;

-Spatule

-Pissette pour l'eau distillée de 500 ml ;

Photo (IV.2) : Le Conductimètre utilisé**.**

✓ **<u>Mode d'opératoire :</u>**

-Peser 20 g de sable (inferieure de 2 mm) déjà séché ;

-Mélangé le 20g de sable avec 100 ml de l'eau distillé ;

-Mette le mélange dans les flacons ;

-Agiter par l'agitateur mécanique jusqu' a 2 heures ;

-Laisser reposer 1 heure ;

-Plonger l'électrode du conductimètre dans le liquide surnageant et effectuer la mesure ;

-Lire la valeur de CE après la stabilisation de lecture.[49]

IV-2-2-Les analyses chimiques :

IV-2-2-1-Dosage de matière organique :

Le carbone se trouve, dans les sols, sous forme minérale et sous forme organique .Le dosage du carbone organique du sol sert à apprécier une partie du taux de matière organique totale de ce sol [44].

La méthode Anne combine l'oxydation de la matière organique d'un échantillon de sol par un excès de dichromate de potassium en milieu sulfurique à ébullition et la titration en retour de l'excès de dichromate de potassium en présence d'un indicateur [44].

A. l'oxydation :

Le carbone organique de l'échantillon de sol est oxydé par le bichromate de potassium en milieu sulfurique. Le bichromate doit être en excès, la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. La réaction s'écrit en deux temps [45]:

B. la titration :

Le bichromate en excès, non utilisé dans la réaction d'oxydation précédente, est titré par une solution de sel de Mohr [$(NH_4)2SO_4.FeSO_4.6H_2O$]. La réaction est la suivante [45] : Le bichromate en excès est réduit par le sel ferreux (Fe^{2+}) qui donnera un sel ferrique (Fe^{3+}).

Un indicateur, l'acide diphénylaminosulfonique, vire du bleu -violet au vert quand tout le Fe^{2+} est transformé en Fe^{3+}, autrement dit quand tout le bichromate restant a été réduit.

- **Matériel** :

- Agitateur magnétique ;
- Balance ;
- Barre magnétique ;
- Béchers de 200 ml et 125ml ;
- Capsule ;
- Erlenmeyer ;

- Entonnoir;
- Eprouvette 10ml ;
- Fiole 250ml ;
- Pissette pour l'eau distillée de 500 ml ;
- Spatule.

➢ **Réactifs** :

- Acide sulfurique ;
- Bichromate de potassium (mette dans un bécher de 100 ml 4.4g de bichromate de potassium et complété jusqu'à 100 ml, agité jusqu'à homogénéité);
- Sel de more 0.1N (pour chaque 100 ml ajuté 2ml de $H_2SO_4{}^+$ agitation) ;
- Acide phosphorique (catalyseur) ;
- Diphénylamine (indicateur coloré).

➢ **Mode d'opératoire :**

- Peser 1g de sol tamisé (teneur d > 2 mm) ;
- Attaque oxydante : versé dans un erlenmeyer de 100 à 150 ml ,10 ml de solution aqueuse de bichromate de potassium à 1 N et 20 ml d'acide sulfurique H_2SO_4, agité manuellement ;
- Laisser chaque échantillon repose 30 min ;
- Pour limiter la réaction, on complète avec de l'eau distillé jusqu'à 250 ml et agité ;
- Verser 20 ml de chaque échantillon dans un érlenmeyer ;
- Ajuter 10 ml d'acide phosphorique comme catalyseur et complété jusqu'à 150ml ;
- Mettre 5 goutte de diphénylamine, donne colore verre foncé.
- Remplier le sel de more (0.1 N) dans éprouvette pour la titrassions ;
- Titrassions jusqu'à la disparition de colore verre foncé.[49]

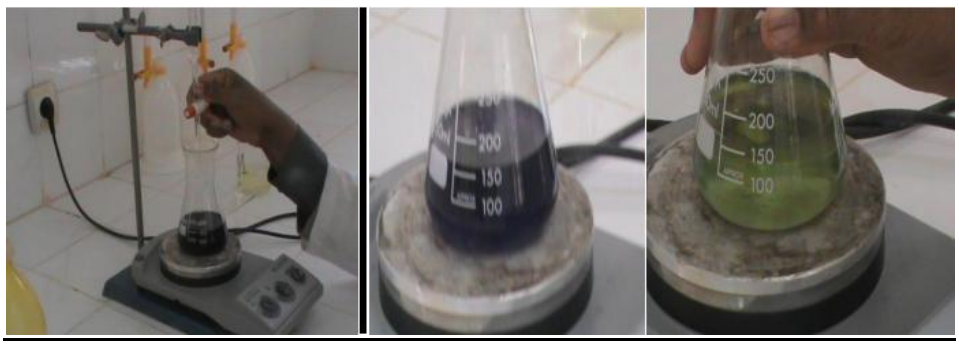


Photo (IV.3) : Mesure de la matière organique

IV-2-2-2.Mesure de phosphore assimilable :

- **Phosphore «assimilable» :**

Appelé aussi «réserve assimilable» ou «fraction labile», c'est le phosphore susceptible d'être absorbé par les racines. On y trouve différentes formes d'anions (PO_4^{3-},$H_2PO_4^-$, $H_2PO_4^{2-}$) : les uns dissous dans la solution du sol, d'autres ± fortement adsorbés sur les surfaces externes des minéraux argileux, mais aussi et surtout sur les surfaces sorbantes des oxy-hydroxydes de fer et/ou d'aluminium. Il se pourrait enfin que les anions phosphoriques précipitent au contact du calcaire fin dit «calcaire actif». Tous ces phénomènes de précipitation et d'adsorption sur les surfaces des minéraux argileux ou des oxy-hydroxydes ont souvent été appelés «rétrogradation» ou «fixation» [46] .

- **Propriété des sols vis-à-vis du phosphore: pouvoir fixateur :**

C'est la capacité d'un échantillon de sol à fixer le phosphore. Ce pouvoir est d'autant plus élevé que l'horizon étudié est riche en argile et en fer non ou peu cristallisé. Inversement, les substances organiques diminuent ce pouvoir fixateur [46] .

- **Dosage de phosphore assimilable :**

➢ **Matériel**s :

-Agitateur magnétique ;

-Balance ;

-Barre magnétique ;

-Béchers de 200 ml et 125ml ;

-Capsule ;

-Erlenmeyer ;

-Entonnoir;

-Eprouvette 10ml ;

-Fiole 250ml ;

-Pissette pour l'eau distillée de 500 ml ;

-Spatule.

- **Phosphore «assimilable» :**

L'estimation du phosphore assimilable est particulièrement délicate. On tente d'extraire au laboratoire les formes présumées bio-disponibles, le problème étant de trouver un réactif susceptible de reproduire le mieux possible l'action des racines,

convenable pour tous les types de sols et toutes les espèces cultivées (essences forestières comprises).

Confrontés à ces deux difficultés depuis plus d'un siècle, de nombreux agrochimistes du monde entier ont proposé un grand nombre de réactifs d'extraction et divers modes opératoires. [46]

Il existe plusieurs méthodes d'estimation du phosphore assimilable selon:

- le type de sol.

- la classe d'exigence de la culture.

A ce jour, on peut dresser un tableau valable essentiellement pour la France.

Toutes ces techniques comportent deux phases distinctes: une extraction, puis un dosage du phosphore dans l'extrait. Le problème est que les résultats obtenus avec ces différentes méthodes ne conduisent pas aux mêmes conclusions quant au niveau de la teneur du sol en phosphore «assimilable».

Au menu des laboratoires d'analyse, figurent toujours 3 ou 4 techniques. Le choix doit être fait surtout en fonction des propriétés du sol à analyser (horizon calcaire, horizon à pH neutre ou à pH acide), ou bien en fonction de données acquises antérieurement et devant servir de références pour l'interprétation. [46]

IV-3-Dispositif expérimental :

IV-3-1-Préparation des échantillons (substrat) :

-Notre échantillon a été prélevé a partir d'un hangar d'animaux(mouton) comme le montre la photo**(IV.4)** .

photo(IV.4) : La source origine

photo(IV .5) : Déjection des

des échantillons animales

IV-3-2-Détermine la matière séchée et la matière organique de l'échantillon:

Avant d'entamer les mesures de la matière organique une opération de broyage est ainsi recommandé .

Photo (IV. 6) : Le broyage

- **Matériel et méthode :**

-Creuset ;

-Dessiccateur ;

-Balance électronique de précision ;

-Etuve ;

-Four à moufle ;

-Mettre les échantillons dans le creuset ;

Photo (IV.7) : Les échantillons dans creuset

-Poser les échantillons dans l' étuve pour se sécher pendant 2 heurs de la température T = 55 ° C;

-Laisser l'échantillon a refroidir , après on le pose dans dessiccateur qui contient Gèle de silice pour conserver le milieu ;

Photo(IV.8) : Dessiccateur

IV-3-3-Mode opératoire de la méthanisation par digesteur utilisé :

- **Matériels nécessaires :**

1. Digesteur: le digesteur utilisé est une bidon en plastic de capacité de 20L muni d'une prise d'échantillon et d'un tuyau d'évacuation du biogaz.

2. Bain thermostat:

3. Etuve: utilisé pour la mesure la matière sèche de l'échantillon de substrat de digestion de marque Jouan (240°C).

4. PH mètre: de marque Hanna Instruments HI8314 utilisé pour la mesure du pH du substrat et de la température.

➢ **Mode opératoire :**

- Mélanger dans le bidon l'échantillon pesé avec l'eau physiologie préparée ;
- Fermer le réacteur d'une façon d'assurer l'isolation avec l'atmosphère ;
- Poser le réacteur dans bain marie avec une température environ de 37c° ;
- Laisser le réacteur fonctionne environ d'une semaine avec agitation ;

- Faire les prises d'échantillon pour le pH et pour le volume de biogaz ;
- Si le pH est différent de 7 on le neutralise par NaOH et HCl ;
- Un test d'inflammabilité est recommandé au cours de fonctionnement de digesteur.

Photo (IV.9) : Digesteur utilisé

IV-4- Analyse physico-chimique de digestat liquide :

Le mélange récupère de digesteur doit subir a une centrifugation pour éliminer les matières en suspension ; en suite il est acheminé directement vers le laboratoire d'analyse de la raffermie de Sbaa.

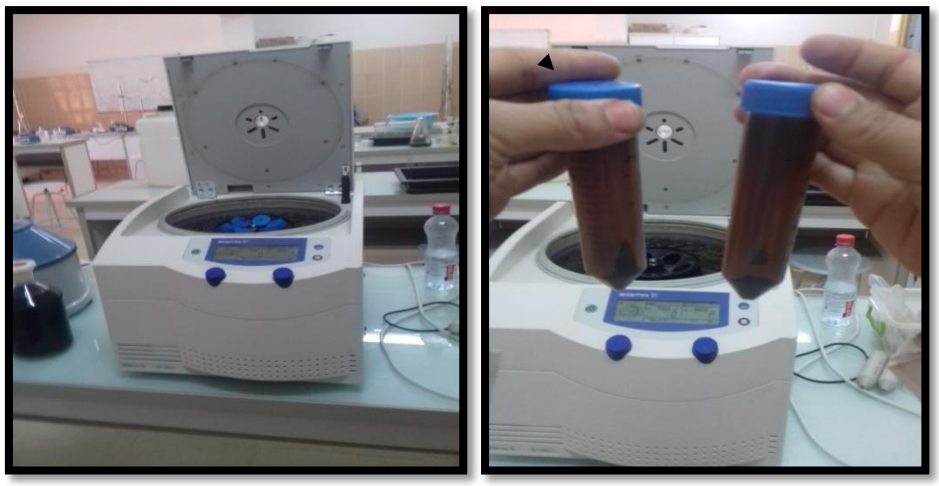


Photo (IV.10) : Centre vigies utilisée

IV-4-1-Les paramètres physiques :

IV-4-1-1-Mesure de pH :

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogènes (H^+) présent dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel –KCl sature) plonge dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions (H^+).[51]

- **Matériel nécessaire:**

-Un pH-mètre modèle ;

-Un thermomètre ;

-Des béchers de 100ml ;

-Papier filtre.

- **Réactif :**

-Solution tampon pH=9.18 ;

-Solution tampon pH=6.86 ;

-Solution de KCL 3 mol/L**.**

- **Etalonnage de l'appareille :**

-Allumer le pH-mètre ;

-Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;

- Prendre dans un bécher solution tampon pH=6.86 ;

- Mesurer la température avec un thermomètre ;

-Régler la température sur pH-mètre et tremper l'électrode pH-mètre dans la solution ;

-Laisser stabiliser un moment jusqu'à l'affichage du pH ;

-Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec de l'eau distillée ;

- Etalonner de la même manière avec la solution tampon pH=9.18 ;

-Puis rincer l'électrode avec de l'eau distillée .

- **Mode opératoire :**

-Dans un bécher mettre l'échantillon, mesurer la température ;

-Régler la température sur l'appareil, tremper l'électrode dans l'échantillon ;

-Laisser stabiliser un moment et noter le pH**.[51]**

IV-5-1-2-Mesure de la conductivité :

-La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm**.**

-Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

-L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

-La conductivité électrique d'une eau s'exprimé généralement en micro siémens par centimètre (µS/cm)**.**

- **Matériel nécessaire:**

-Un conductimètre modèle ;

-Un thermomètre ;

-Des béchers de 100ml ;

-Papier filtre .

- **Mode opératoire :**

-Dans un bécher mettre l'échantillon, mesurer la température ;

-Régler la température sur l'appareil, tremper l'électrode dans l'échantillon ;

-Laisser stabiliser un moment et noter la conductivité ;

- Le résultat est donné directement en µS/cm.[51]

Photo (IV.11) : Conductimètre

IV-4-2-Les Paramètres chimiques :

IV-4-2-1.Dosage de la dureté :

La dureté totale : est calculée comme la somme des concentrations des ions calcium et magnésium dans l'eau, exprimés en carbonate de calcium. La dureté d'une eau peut être

temporaire ou permanente. La dureté temporaire, appelée aussi la dureté carbonate est causée par la présence de calcium et de bicarbonates de magnésium. Ce type de dureté résiste à l'action des savons et provoque des incrustations. Elle est appelée temporaire car les bicarbonates, par l'action de la chaleur, se décomposent en gaz carbonique, eau et carbonates insolubles qui se précipitent.

La dureté permanente, également appelée de dureté de non-carbonates est due à la présence de sulfates, chlorures et nitrates de calcium et de magnésium, elle résiste également à l'action des savons, mais ne produit pas de d'incrustations car ses sels sont très solubles dans l'eau. Ne se décompose pas sous l'action de la chaleur. dureté totale de 500 mg/L de $CaCO_3$ comme valeur maximale autorisée pour l'eau potable. Méthode de détermination Titrage avec EDTA.

- **principe de la méthode :**

C'est un titrage direct avec le sel bisodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) du Ca et Mg en présence de l'indicateur ériochrome noir T, l'eriochrome noir T est un indicateur qui en présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} se colore en rouge ; et vire au bleu quand la quantité d'acide éthylène diamine tétra-acétique a suffisamment complexé tous les Ca^{2+} et Mg^{2+} présente les déplaçant du complexe avec l'eriochrome noir T.

SENSIBILITE : La minime trace de dureté relevée corresponde à une concentration de 0,2 ppm de $Ca\ CO_3$.

- **Titrage avec du EDTA**
- **Matériel nécessaire:**

a) Burette de 50 ml;

b) Pipette volumétrique de 5 ml;

c) Eprouvette volumétrique de 50 ml;

d) Flacon Erlenmeyer de 250 ml

- **Les réactifs :**

a) Solution standard de EDTA 0,01 M;

b) Solution tampon d'ammoniaque;

c) Indicateur noir ériochrome T;

d) Inhibiteur – cyanure de sodium en poudre;

e) Inhibiteur II – sulfure de sodium.

- **Mode opératoire :**

a) Prendre 5 ml d'échantillon et le diluer jusqu'a 45 ml d'eau distillée dans un erlenmeyer;

b) Ajouter 5ml de la solution tampon (NH_4OH /NH_4CL) pour augmenter le pH à 10 ± 0,1;

c) Ajouter environ 3 gouttes de l'Indicateur noir ériochrome T;

d) titrer avec l'EDTA 0,01M en remuant continuellement jusqu'à disparition de la couleur pourpre jaunâtre et l'apparition de la couleur bleue (fin du titrage);

e) Noter le volume d'EDTA utilisé (ml);

f) Faire un essai blanc avec de l'eau distillée;

g) Soustraire le volume d'EDTA utilisé dans le titrage du blanc du volume d'EDTA utilisé dans le titrage de l'échantillon. La différence est le volume qui sera appliqué au calcul.

Calcul dureté Totale en mg/L

$$TH = (V_1 - V_0)C \text{ d'EDTA} * 100.08 * 1000 / V \text{ ml d'échantillon}$$

Tel que :

TH= la La dureté totale Magnésium ;

V_1 =volume de EDTA verse pour prise échantillon ;

V_0= volume de EDTA verse pour témoin (Blanc) ;

V= prise d'échantillon ;

C(d'EDTA)=concentration d'EDTA (0, 01mol / l) ;

100 . 08 = masse molaire de bicarbonates $CaCO_3$;

et V_1= 11, 6 (mL). [51]

IV-4-2-2-Dosage de la dureté calcique :

Ce le même principe que utilise dans le dosage de la durette totale .

- **Titrage avec du EDTA :**
- **Matériel nécessaire:**

a) Burette de 50 ml;

b) Pipette volumétrique de 5 ml;

c) Volumétrique de 50 ml;

d) Erlenmeyer de 250 ml;

- **Les réactifs :**

a) Solution standard de EDTA 0,01 M;

b)S tampon d'ammoniaque;

- **Mode opératoire :**

a) Prendre 5 ml d'échantillon et le diluer jusqu'a 45 ml d'eau distillée dans un erlenmeyer;

b)A 5ml de la solution tampon (KOH) pour augmenter le pH à 10 ± 0,1

c) Ajouter environ 3 gouttes de l'Indicateur(Ca-COO) ;

d) Titrer avec l'EDTA 0,01M en remuant continuellement jusqu'à disparition de la couleur pourpre jaunâtre et l'apparition de la couleur bleue (fin du titrage);

e) Noter le volume d'EDTA utilisé (ml);

f) Faire un essai blanc avec de l'eau distillée;

g) Soustraire le volume d'EDTA utilisé dans le titrage du blanc du volume d'EDTA utilisé dans le titrage de l'échantillon. La différence est le volume qui sera appliqué au calcul.

Calcul Dureté calcique en mg/L

$$\mathbf{C_{Ca}^{2+} = (V_1 - V_0)C\ d'EDTA * 100.08 * 1000 / V\ ml\ d'échantillon}$$

Tel que :

C_{Ca}^{2+}= la concertation des ions de calcium en mg/L ;

V_1 =volume de EDTA verse pour prise échantillon ;

V_0= volume de EDTA verse pour témoin (Blanc) ;

V= prise d'échantillon ;

C(d'EDTA)=concentration d'EDTA (0, 01mol / l) ;

100 . 08 = masse molaire de $CaCO_3$;

et V_1= 5.55 (mL) . [51]

IV-4-2-3-Mesure de phosphate

- **Matériel nécessaire:**

a) Burette de 50 ml;

b) Pipette volumétrique de 5 ml;

c) Eprouvette volumétrique de 50 ml;

d) Flacon Erlenmeyer de 250 ml;

- **Les réactifs :**

-Molyludde d'ammonium ;

-L'acide oxalique .

- **Mode opératoire :**

a)Prendre 1 ml d'échantillon et le diluer jusqu'a 9 ml d'eau distillée dans un Erlenmeyer;

b) Ajouter 1ml de l'acide sulfurique à concertation (2 mol/ L) ;

c) Ajouter 0.15g de $(NH_4)_2S_2O_8$ compléter jusque 25 mL de l'eau distillé ;

d) Mette l'erlemeyer dans agitations magnétique pendant 10 min ;

e) Refroidissement , ajoute 5 mL de Moluledde d'ammonium ;

f) Ajoute 3 mL d'acide oxalique ;

g) Complète jusque à 50 ml avec H_2O distillée laisser 2 min ;

h) Passer au spectromètre visible UV à 710 nm et cellule 1cm ;

i)Noter m'absorbance (A) puis faire les calcul ;

A_P=0 . 418 , C_P=117 mg/L .

Concertation de phosphore est :

$$C = \frac{\mathrm{A} - 0.00103 \times 1000}{0.00103 \times \mathrm{V}}$$

Tel que :

A= l'absorbance ;

V= prise d'échantillon en mg/L ;

0.00103 et 0.00103 : facteur d'appareille spectromètre visible UV. [51]

IV-4-2-4-Mesure de la matière organique :

- **Dosage de la matière organique :**

✓ **Titrage avec du permanganate potassium**

- **Matériel nécessaire:**

a) Burette de 50 ml;

b) Pipette volumétrique de 5 ml;

c) Eprouvette volumétrique de 50 ml;

d) Flacon Erlenmeyer de 250 ml;

- **Les réactifs :**

a) Solution standard de permanganate potassium 0,01 M;

b) Oxalate de sodium.

- **Mode opératoire :**

a) Prendre 1 ml d'échantillon et le diluer jusqu'a 45 ml d'eau distillée dans un erlenmeyer;

b) Ajouter 5ml de l'acide sulfurique concertation(1+3) ;

c) Ajouter environ 2 gouttes de Ag_2SO_4 saturée ;

d)Ajoute 10 mL de $KMNO_4$ à0 .01 mol/ L ;

e)Ebullitions pendant à10 min et température 60-80 Cº ;

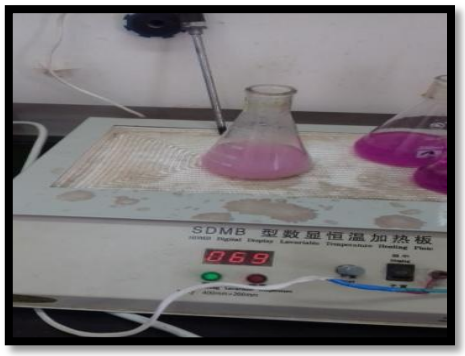


Photo (IV.12) : Ebullitions d'échantillon

f) Ajoute 10 mL d'oxalate du sodium ($Na_2C_2O_4$) jusque la colore disparate ;

d) Titrer avec l'EDTA 0,01M en remuant continuellement jusqu'à disparition de la couleur pourpre jaunâtre et l'apparition de la couleur bleue (fin du titrage); .[51]

Photo(IV.13) : La solution après le titrage

IV-4-2-5-Dosage de chlorurer Cl^- :

Chlorures En général sont présents dans les eaux à l'état brut et transformés à des concentrations allant de petites traces jusqu'à plusieurs centaines de mg/l.), La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé Ils sont présents sous la forme de chlorures de sodium, de calcium et de magnésium. La mer a une forte concentration de chlorure qui est d'environ de 26.000 mg/l. De fortes concentrations de chlorures peuvent restreindre l'utilisation de l'eau en raison de la saveur. Les méthodes conventionnelles de traitement des eaux n'éliminent pas les chlorures. Leur élimination peut se faire par désalinisation (osmose inverse) ou par électrodialyse, (échange d'ions).

- **Titrage avec du Nitrate d'argent :**
- **Matériel nécessaire:**

a) Une burette de 50 ml;

b) Une éprouvette de 50 ml;

c) Un agitateur en verre pour mélanger;

d) Un creuset pour l'analyse .

- **Les réactifs :**

a) Solution titrée de nitrate d'argent 0,0141N;

b) Solution de chromate de potassium indicateur K_2CrO_4;

- **Mode opératoire :**

a) Placer 5 ml d'échantillon+45ml de l'eau distillée dans le creuset;

c) Ajouter quelques gouttes de la solution indicatrice de K_2CrO_4;

d) Titrer la solution avec du nitrate d'argent 0,0141N jusqu'à ce que la solution vire au jaune rougeâtre qui est le point de fin de titrage;

e) Effectuer un essai en blanc de la même façon que pour l'échantillon.

Calcul:

$$\mathbf{C_{cl}\ mg/L = (A - B) \times N \times 35.45 / V\ d'échantillon}$$

Où:

A = volume de solution titrée utilisée dans l'échantillon;

B = volume de solution titrée en blanc;

N = normalité de la solution titrée; .[51]

IV-4-2-7-Mesure de l'ammonium (NH^{+4})

- **Principe de la méthode :**

La méthode se base sur la réaction de l'azote sous forme de sel ammoniacal avec le réactif de Nesler qui forme un complexe de couleur jaune mesuré au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 425 nm

- **APPAREILAGE** :

- Spectrophotomètre avec cellules de 10 mm.
- Cylindre de 100 ml.
- Bêcher de 300 ml.
- Pipettes.

- **Réactifs** :

a- Réactif de Nesler :

Dissoudre 100 gr d'iodure de mercure et 70 g d'iodure de potassium dans 250 ml d'eau, agiter refroidir la solution, dissoudre 160 g de soude dans 500 ml d'eau, mélanger les 2 solutions et compléter le volume à 1000 ml avec l'eau.

- **Mode d'opératoire :**

- Prélever 1 ml d'échantillon dans un cylindre de 100 ml , ajouter 45 ml eau distillée
- Ajouter 1ml de solution de Nesler puis 02 gouttes de Sodium potassium tartrate .
- Laisser la solution se reposer pendant 30 minute .
- Mettre la solution dans les cellules (blanc et l'échantillon) a la spectrophotomètre .
- Lire l'absorbance A .

Calcul :

La concentration de l'ammoniac est établie par la formule :

$$C(mg/l) = \frac{(A - 0.0131/2.761) * 1000}{V_{ech}}$$

Tel que :

A : absorbance ;

V_{ech} : volume des échantillons .

IV-4-2-7-Dosage de Sulfure (s^-) :

-Solution de l'acétate de zinc $(CH_3COO)_2Zn$ 1mol/l ;

-Peser 44g de $(CH_3COO)_2Zn$ dissoudre dans 200ml de H_2O .

-Solution de l'acide sulfurique H_2SO_4 (1+5)v/v ;

-1volume de H_2SO_4 concentrée 98%

- 5volumes de H_2O .

REMARQUE: On met de l'eau après on met de l'acide (ne donner jamais à l'acide à boire).

-Solution de l'indicateur de l'amidon $(C_6H_{10}O_5)n$ 0.5% m/v.

-Peser 0.5g de l'amidon $(C_6H_{10}O_5)n$ et faire bouillir dans une quantité d'eau ;

- Puis compléter jusqu'à 100 ml Solution de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ 0.1 mol/l C'est une solution titrant.

- Solution de l'iode I_2 0.05 mol/l.

-6.5g de iode I_2

-17.5g de l'iodure de potassium KI

-Mélanger les deux réactifs dans un quantité d'eau et bien dissoudre puis compléter jusqu'à 1000 ml dans un fiole. [51]

- **Mode opératoire :**

-50 ml eau distillée pour le blanc .

-5 ml de l'échantillon + 45 ml d' eau distillée .

-10 goutes de Acétate de Zinc (Ac_2Zn) .

-10 ml de solution d'iode (I_2) .

- 5 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 .

-Laisser jusqu'à 5 min.

-Ajoute 6 gouttes d'Amidon .(une coloration jaune palme)

-Faire une titrage avec $Na_2S_2O_3$ jusqu'à la couleur sera Transparente

Photo (IV.14) : La solution après le titrage

Calcul :

La concentration de Sulfure est établie par la formule : [51]

$$C(s)\ (\frac{mg}{L}) = \frac{(V0 - V) * CNaS2O2 * 16.03 * 1000}{Vech}$$

IV-4-2-8-Dosage de l'alcalinité TA et TAC(CO_3^{-2}) :

- Solution de l'acide sulfurique H_2SO_4 0.1mol/l.

-C'est une solution titrant.

-L'indicateur coloré vert de bromocrésole et rouge de méthyle

-rouge de méthyle 0.2% l'indicateur**1**

- peser 0.2 g de rouge de méthyle dissoudre dans 100ml de l'éthanol C_2H_6O 95%

-vert de bromocrésole 0.1% l'indicateur**2**

-Peser 0.1 g de vert de bromocrésole dissoudre dans 100 ml de l'éthanol C_2H_6O 95%

- Mélanger 3 volumes de vert de bromocrésole et 1 volume de rouge de méthyle.[51]

- **Mode opératoire :**

- 10 ml de l'échantillon et 90 mL de l'eau distillée .
- 5 à 8 gouttes de vert de bromocrésole (coloration vert).

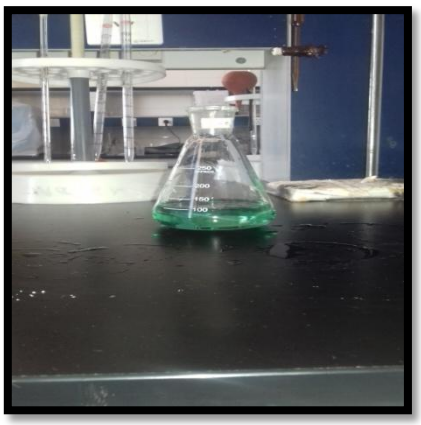


Photo (IV.15) : Solution avec de vert de bromocrésole

- Titrage avec l'acide sulfurique H_2SO_4 (jusqu'à la couleur sera rose).

Photo(IV .16) : Solution titrant

Calcul:

La concentration de (CO_3^{-2}) est établie par la formule :

$$C = \frac{(V - V0) * CH2S04 * 50.04 * 1000}{Vech}$$

Tel que :

V: volume d'acide sulfurique.

Vo: volume de Témoin ;

C_{H2SO4} : concertation de l'acide sulfurique ;

50.04 : masse molaire de l'acide sulfurique ;

Vech : volume d'échantillon .[51]

- **Dosage de chlorure résiduel:**

-Solution d'O-tholodine $C_{14}H_{16}N_2.2HCl$;

-Peser 1.359g d'O-tholodine dans 500 ml de H_2O =Solution ;

-Mélanger 150ml de HCl concentré avec 350 ml de H_2O=Solution B.

-Mélanger les deux solutions A+B.

- **Mode opératoire :**

-50 ml de l'échantillon ; .

-10gouttes de $C_{14}H_{16}N2$; 2H2O avec agitation .(coloration jaune claire) ;

-Comparaison avec la gamme (0 , 0.1 , 0.03,……..,0.5) ; .[51]

IV-4-2-9-Dosage de Fer (Fe^{+2}):

- **Les réactifs :**

-L'acide chloridrique HCl (1+1)v/v ;

-1volume de HCl +1volum de H_2O ;.

-L'ammoniac NH_4OH(1+1)v/v .

-1volume de NH_4OH +1 volume de H_2O .

-Solution d'hydroxylamine hydrochloride H_2NOH . HCl 10% (m/v) ;

-Peser 10g d'hydroxylamine hydrochloride H_2NOH . HCl et dissoudre dans 100ml de H_2O;

-Solution de 1,1 0-phenanthroline $C_{12}H_8N_2$. H_2O 0.12% (m/v) ;

-Peser 0.12g de 1,10-phenanthroline $C_{12}H_8N_2$. H_2O et dissoudre dans 1000 ml de l'eau ; stocker la solution dans des bouteilles en verre .

Mode opératoire :

- 1 mL d'échantillon plus 49 ml eau distillée pour le blanc dans des erlenmeyer de 250 ml .
- 10 ml de l'échantillon + 40 ml d' eau distillée .
- Testeur de PH (couleur rose).
- 3 à 4 goutes d'acide chloridrique HCl .(la couleur de papier PH sera bleu).
- Mettre à la plaque chauffante 10 min à partir de l'ébullition .
- Laisser refroidir puis ajouter .
- 1 ml d'hydroxylamine (10%) .
- 2ml de 1,10-phenanthroline (0.1%) .
- 3à 4 gouttes de NH_3-H_2O .(la couleur de papier PH sera rose).
- Verser la quantité 'Orsenna meure .

- Lire l'absorbance A à Y=510nm à l'aide d'une spectrophotomètre UV-Visible .[51]

Photo (IV.17) : L'appareille spectromètre

La calcule = 3 cm

$C_{(Fe)}$=A-0.097×1000/v × 10.73;

Tel que:

A = absorbance ;

V=volume échantillon

0,097 et 10.73=facteur d'appareille .[51]

IV-4-2-10-Mesure de potassium :

- **Principe du photomètre de flamme**

De même que dans les tests de flamme, la solution à analyser est aspirée puis vaporisée dans une flamme.

L'appareil dont nous disposons permet de déterminer la concentration de trois éléments chimiques Na, K, Li en sélectionnant pour chacun une longueur d'onde caractéristique.

Dans ce travaille , nous intéressons à l'élément sodium K (atome Ket ion K^+) qui émet une lumière intense à la longueur d'onde $\lambda = 589$ nm.

- **Matériel nécessaire:**

a) Une burette de 50 ml;

b) Une éprouvette de 50 ml;

- **APPAREILAGE** :
- Photomètre de flamme avec cellules de 1cm .
- Cylindre de 100 ml.
- Bêcher de 300 ml.
- Pipettes.
- **Mode opératoire :**

- Prélever 1 ml d'échantillon et complète 58 ml eau distillée .
- Passer les échantillons dans un photomètre de flamme c'est un appareille spectrale .

Photo (IV.18) : L'appareille photomètre de flamme

-Noter m'absorbance (A) puis faire les calcul

A= 196

$$C = \frac{\mathrm{A} \times 0{,}1}{\mathrm{Vs}} \times \mathrm{Vs} \times \mathrm{Vd}$$

Tel que :

A=absorbance.

Vs=volume échantillon

Vd=volume de l'eau distille .[51]

IV-5-Résultats et discussion :

IV-5-1-Les analyses des sols :

Les résultats obtenus sont figurés dans le tableau (IV. 11)

Tableau (IV . 11) : Caractéristique physico chimique de sol

Les parameters physico–chimique	valeur
pH	8, 48
Conductivité électrique (µs/cm)	2,25
Phosphore assimilable (P_2O_5 ppm)	39
Matiere organique(%)	0,129

A partir de tableau on peut dire que le sol est un milieu basique , faible en matière organique et riche en phosphore. La valeur de conductivité électrique montre que notre sable est contient une quantité considérable de sel.

IV-5-2-Les analyses des échantillons (substrat) :

- **Préparation des échantillons (substrat) :**

- **Calcul de la matière séchée :**

	M	M_1	M_2	M_3
E_1 (g)	19,6028	20,7270	20,6657	19,9613
E_2 (g)	18,3740	19,1166	19,0751	18,6073

- **Loi de la matière séchée(MS):**

$$MS(\%) = \frac{(M2-M)}{(M1-M)} \times 100$$

Avec:

M : masse de capsule vide

M_1 : masse de l'échantillon avent dessiccation

M_2 : masse de l'échantillon après dessiccation

Donc la matière séchée est :

$$MS_{E1}(\%) = \frac{(20,6657-19,6028)}{(20,7270-19,6028)} \times 100$$

$$MS_{E1}(\%) = 94,54$$

Et :

$$MS_{E2}(\%) = \frac{(19,0751-18,3740)}{(19,1166-18,3740)} \times 100$$

$$MS_{E1}(\%) = 94,41$$

Alors la matière séchée totale est :

$$MS_{moyenne}(\%) = \frac{MSE1+MSE2}{2}$$

$$MS_{moyenne}(\%) = \frac{94,54+94,41}{2}$$

$MS_{moyenne}$ (%)= 94,475

-Déterminer la masse global de l'échantillon :

100 g / l → 94,475 %

X g / l → 100 %

$X= \frac{100 \times 100}{94,475}$

X = 105 ,84 g / l

Donc la masse pour 15 L est : [50]

1 L → $105,84\ g$

15 L → $X\ g$

$X= \frac{15 \times 105,84}{1}$

X= 1587,6 g

X = 1,5876 kg

- **Détermination de la matière organique :**

Pour déterminer la teneur en matière organique (MO) , une masse quelconque de l'échantillon après dessiccation , soit (M_2) , est introduite dans une capsule préalablement nettoyée et séchée ayant une masse (M) , l'ensemble est placé dans un four à moufle une calcination à 550 $°C$ pendant deux heures. après refroidissement la capsule contenant la matière minérale est pesée encore une fois M_3.

Le taux de la matière organique s'obtient selon la relation ci après : [50]

$$MO(\%) = \frac{(M2-M)-(M3-M)}{(M2-M)} \times 100$$

Avec:

M : masse de capsule vide

M_2: masse de l'échantillon après dessiccation

M_3: masse de l'échantillon après calcination

$$MO_{E1}(\%) = \frac{(20,6657-19,6028)-(19,9613-19,6028)}{(20,6657-19,6028)} \times 100$$

$MO_{E1}(\%) = 66,27$

$$MO_{E2}(\%) = \frac{(19,0751-18,3740)-(18,6073-18,3740)}{(19,0751-18,3740)} \times 100$$

$MO_{E2}(\%) = 66,72$

$$MO(\%) = \frac{66,27+66,72}{2}$$

$MO(\%) = 66,495$

- **Préparation de l'eau physiologie :** [50]

L'eau physiologie est se compose 135 g de NaCl dilué dans 15 L d'eau distillée .

Photo (IV.19) : Sel de (Na Cl)

- **<u>Les valeurs de pH:</u>**

Le tableau ci après montre les variation des valeurs de pH en fonction du temps de fonctionnement de réacteur pour un régime mésophile (T°=37 c°).

Tableau (IV.12) : Valeurs de pH pendant 50 jours

Jours	pH	Jours	pH	Jours	pH	Jours	pH
0	6,88	13	7,34	26	6,94	39	6,98
1	6,47	14	7,45	27	7,13	40	7,01
2	6,33	15	7,27	28	7,00	41	7,00
3	6,25	16	7,25	29	7,06	42	6,98
4	6,38	17	7,32	30	7,06	43	6,99

5	6,34	18	7,67	31	7,10	44	6,95
6	13,07	19	7,40	32	7,08	45	7,03
7	6,95	20	7,23	33	7,14	46	7,10
8	9,50	21	7,45	34	7,16	47	7,04
9	6,90	22	7,43	35	6,96	48	7,04
10	6,61	23	7,65	36	6,94	49	7,04
11	7,00	24	6,86	37	6,92	50	7,07
12	7,16	25	6,98	38	6,95		

A partir de tableau (IV.12) on peut tracer le graphe qui montre la variation de pH de digestat en fur et mesure le fonctionnement de réacteur

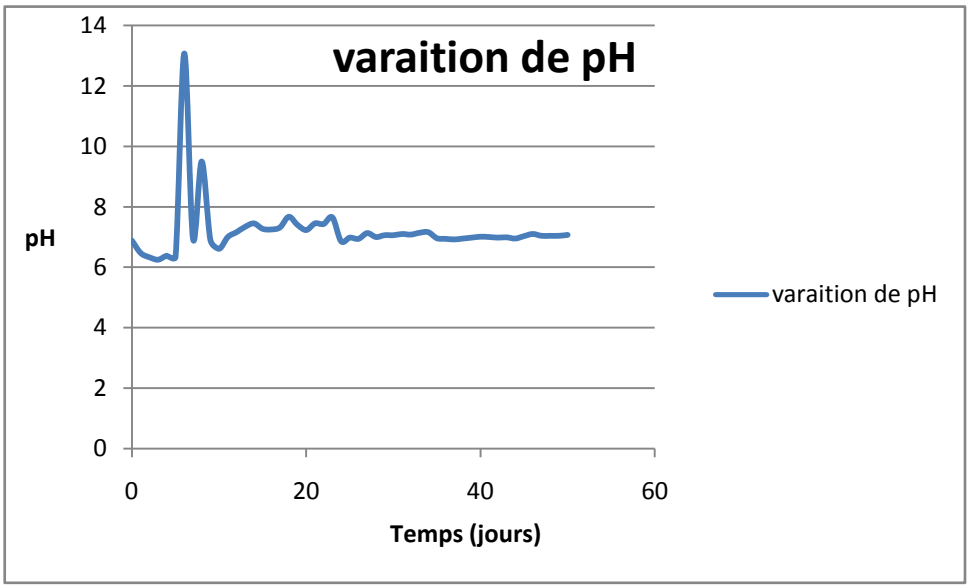


Figure (IV.14) : Variation de pH en fonction du temps

Comme interprétation on remarque que au baud des premiers jours la variation se fait brusquement la ou la valeur de pH change de 6 vers 13 d'un milieu acide vers un milieu basique du à l'ajustement par l'injection de Na OH d'une normalité (5N).[50] , ansi que la décomposition de la maties organique favorisée par les bactéries. De 9eme jours jusqu'au 22eme les valeurs de pH on subi a une fluctuation légère a fin de se stabilise a une valeur environ 7.

On constate que plus le temps de fonctionnement de système augmente plus le pH se stabilise et milieu devient neutre .

- **Les valeurs de volume de biogaz :**

Le système manuel installé pour récupérer le biogaz dégagé de réacteur, nous a permis de quantifier le biogaz en terme volume. Les valeurs enregistrés sont présentées dans le tableau. (IV.13)

Tableau (IV.13) : Valeur de volume de biogaz en fonction du temps

Jours	Valeur (ml)	Jours	Valeur (ml)	jours	Valeur (ml)	Jours	Valeur (ml)
0	0	13	-	26	3180	39	3030
1	1610	14	3400	27	2120	40	3080
2	1920	15	3400	28	2040	41	3040
3	1680	16	3440	29	3060	42	3060
4	3500	17	3580	30	3060	43	3160
5	3500	18	3440	31	2980	44	3150
6	3240	19	3460	32	2880	45	3020
7	3400	20	3180	33	2980	46	-
8	3660	21	3140	34	3120	47	-
9	3340	22	3420	35	3040	48	2780
10	3460	23	3400	36	3060	49	2620
11	4160	24	3240	37	3080	50	2700
12	3320	25	2520	38	3220	51	3200

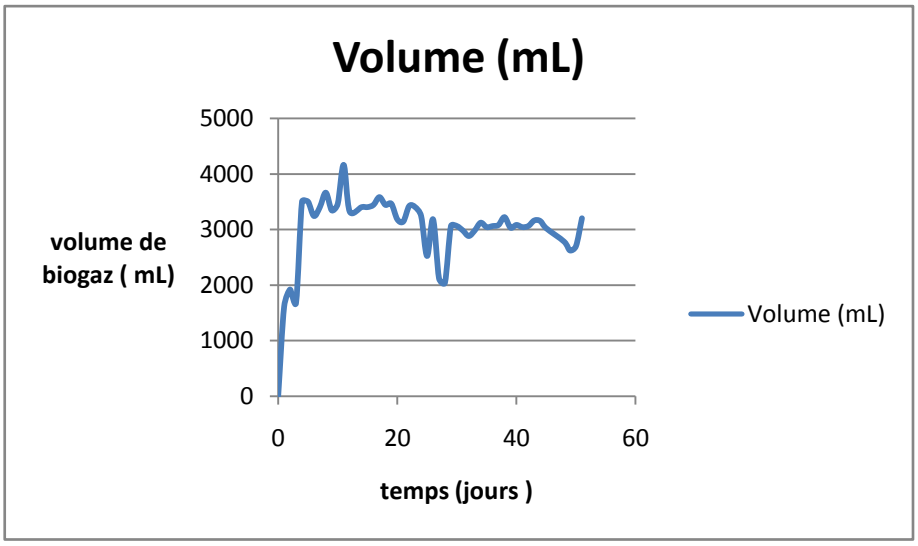


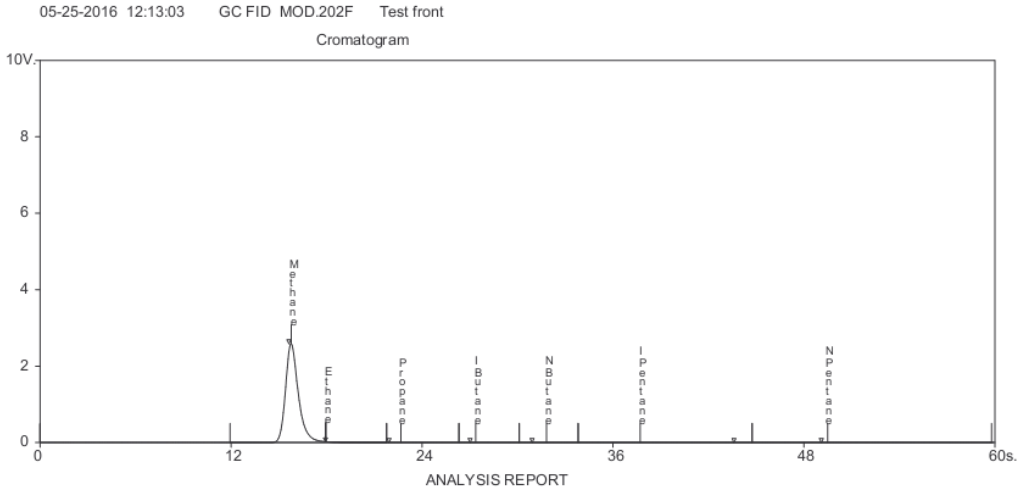
Figure (IV.15) : Variation de volume du biogaz en fonction du temps

Dans 11 premiers jours on observe le volume du biogaz augment jusqu'à la valeur 4160 ml mais il n'est pas inflammable et c'est du a la qualité du biogaz récupéré la ou il contient surement des concertation importante de CO_2 vis-à-vis le CH_4 .

Au de là de 15 ^{eme} jours le biogaz est devient inflammable qui c'est un signe de l'existence de CH_4 avec une valeur de 37% . la moyenne de la production du biogaz est estimé 2883,72 ml pendant 51 jours de fonctionnement. C'est qui conduit a dire que ces valeurs reflète la bonne valorisation de déchet par digestion anaérobie.

Photo (IV.20) : Test d' inflammation de biogaz

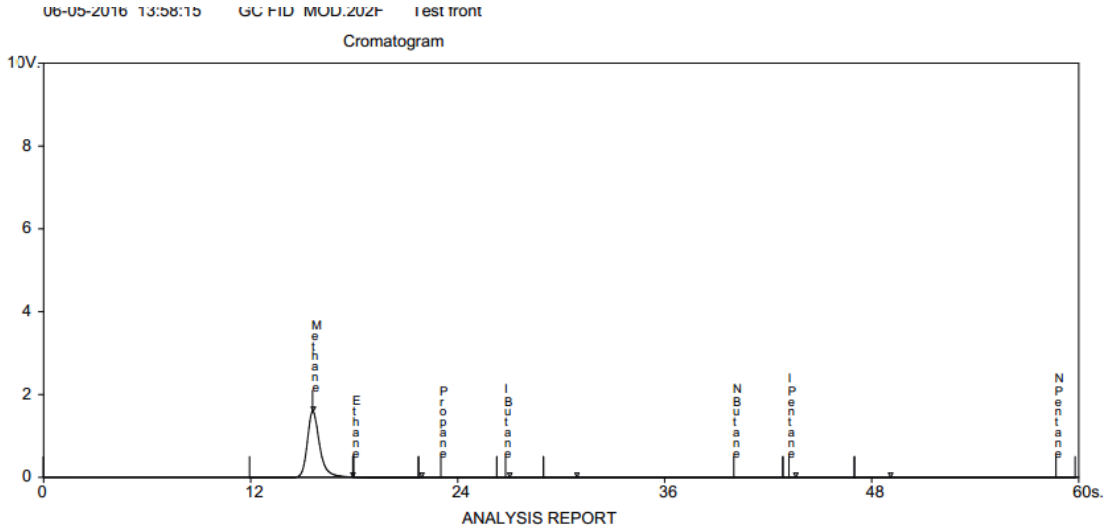
IV-5-3-Les analyses du biogaz :



Component	Range	Area	Conc.(%)	R.T.(real)	R.T. (set)	Wini	Wend
1 Methane	10%	491045	7.566	15.8	15.65	11.95	17.95
2 Ethane	10%	259	.002	18	17.95	17.95	21.8
3 Propane	10%	98	0	22.7	21.95	21.8	26.35
4 Iso-Butane	10%	253	.001	27.4	27.05	26.35	30.15
5 N-Butane	10%	193	0	31.85	30.95	30.15	33.85
6 Iso-Pentane	10%	775	.002	37.75	43.65	33.85	44.8
7 N-Pentane	10%	651	.002	49.55	49.15	44.8	59.85

oven T°= 84.4 carr.(bar)= .86 Servo air (bar)= 3.55 Fid air (bar)= .91

Graphe (IV.1) : Chromatographe du biogaz .



Component	Range	Area	Conc.(%)	R.T.(real)	R.T. (set)	Wini	Wend
1 Methane	100%	266990	37.184	15.6	15.65	11.95	17.95
2 Ethane	100%	315	.027	18	17.95	17.95	21.75
3 Propane	100%	375	.022	23.05	21.95	21.75	26.3
4 Iso-Butane	100%	220	.01	26.8	27.05	26.3	29
5 N-Butane	100%	1310	.057	40.05	30.95	29	42.9
6 Iso-Pentane	100%	352	.013	43.25	43.65	42.9	47.05
7 N-Pentane	100%	739	.025	58.75	49.15	47.05	59.85

oven T°= 84.8 carr.(bar)= .86 Servo air (bar)= 3.57 Fid air (bar)= .91

Graphe (IV.2) : Chromatographe du biogaz .

Les analyse de biogaz par un chromatographe en phase gazeuse ont montré que notre échantillon de biogaz contient 7,56 % de méthane pour une concentration de 10%. En plus

d'autres élément apparaissent par des pic moins important tels que l'éthane ; propane et butane a titre exemple. Ces derniers éléments sont indésirable.

Pour le deuxième chromatographie et pour un pourcentage de 100% de l'enchantions de biogaz la valeur de CH_4 est atteint 37,18 %, l'existence des autres éléments est du probablement de les impuretés restés dans la colonne de CPG.

IV-5-4-Les analyses de digestat liquide :

Le tableau (IV.14) : Résume les analysées physico – chimique de digestat récupéré de digesteur

Les paramétrés	**Valeur**
pH	7,64
Conductivities (µs/cm)	1100
La durette total (Mg^{2+}/Ca^{2+}) (mg/L)	232,2
La durette calcique (Ca^{2+}) (mg/L)	111,1
La matière organique (Mo) (mg/L)	84720
L'ions de Fer (Fe^{2+}) (mg/L)	25255
Le potassium (k) (mg/L)	1136,8
Le phosphore (p) (mg/L)	116,70
Suffer (S) (mg/L)	32,06
Chore(Cl) (mg/L)	7988
Carbonate (CO_3^{2-}) (mg/L)	2349
Ammoniac NH^{4+} (mg/L)	248,09
Magnesium Mg^{2+} (mg/L)	121,12

En comparant les résultats figurés dans le tableau (IV.14) avec les normes voir les annexes(A et B) de rejets soit internationale (norme de OMS) ou bien nationale (JORAD) on constate que ce digestat est très pollué. Dans ce contexte et devant cette contrainte une

proposition d'un traitement complémentaire est nécessaire. La solution qu'on la propose est d'essayer de réutiliser le digestat dans le domaine agricole tout en tenir compte les mesures de précautions et de sécurité sur le plan sanitaire vis avis la faune et la flore.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Dans le contexte actuel de l'augmentation de la production de déchets, la digestion anaérobie et la valorisation du biogaz ainsi produit, apparaissent comme les solutions d'avenir pour le traitement des déchets dans un esprit de développement durable. Dans cette recherche l'intérêt est porté sur l'étude du processus de digestion anaérobie des déchets solides en contrôlant des différents paramètres de stabilité du digesteur tels que le pH, ainsi que le volume de production de biogaz. Cette étude est organisée selon un parties : une expérimentale. Au début de la phase expérimentale, le suivi des paramètres de stabilité du processus de digestion anaérobie des déjections animales seules à la phase mésophile (37°C) a montré généralement un bon déroulement du processus avec un rendement de production de biogaz . Toutefois les fluctuations des paramètres de stabilité, bien que dans la plage de stabilité admise, indiquent un dépassement momentané de cette plage qui sont, cependant équilibrés. [47]

Pour le pH les résultats ont montré que ses valeurs sont compris entre 6 et 13 afin de se stabilise en fur mesure le fonctionnement de digesteur.

La chromatographie de biogaz montre que le mélange contient de méthane avec un pourcentage de 37% .

La récupération de digestat nous a permis a déterminer leur composants chimiques tels que N,P,K . ces trois éléments sont essentiel pour la valorisation agricole.

Finalement, et devant ces résultats encourageants on peut dire que la méthanisation reste toujours un moyen très efficace pour la valorisation biologique des déchets organique.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

[1] : Rapport CCA ,(2002), Nations Unies La Mauritanie à l'aube du 21ème siècle Bilan commun de pays (CCA) Nouakchott, 118 pages.

[2] : Enda Maghreb, (2003), Projet de Protection de la biodiversité et des ressources en eau du Bassin Versant de la Moulouya (PBREM), Formation technique sur la gestion des déchets solides municipaux, 63 pages.

[3] : Rapport (2001), La Mauritanie à la croisée des chemins Bilan commun de pays (CCA), Coordination du Système des Nations Unies en Mauritanie, Document de travail 2ème draft, 86 pages .

http://www.maed.gov.mr/Bibliotheque/rapports/CCA-Mauritanie.pdf.

[4] : Journal officiel 15 juillet 1975 (n° 75-633), Algérie

[5] : **Sané Y**,(2002), La gestion des déchets à Abidjan : un problème récurrent et apparemment sans solution , AJEAM/RAGEE 2002 , Vol. 4 N°1 ; 13-22

[6] : **André M. et al** ,(1997), Gestion des déchets hospitaliers, Projet DESS ''TBH'', UTC, pp 51, URL : http://www.utc.fr/~farges/DESS_TBH/96-97/Projets/DS/DS.htm

[7]:MATE, (2012), Programme nationale de gestion intégré des déchets ménagers et assimilés, Volume1 , Algérie.

[8] : **Sahnoune tayeb**,(2005),vers un developpement urbain durable…Phénomène de prolifération des déchets urbains et stratégie de préservation de l'écosystème .mémoire de Magister ,Université Mentouri, Constantine .

[9] : Anonyme, (2004-a) , Recueil Activités Pédagogiques ; Québec-Cameroun, Mission 2003-2004 ;

[10]:**SABRI Hamzaoui**,(2011),Gestion et impact des déchets solides urbains sur l'environnement , ELTARF commune , mémoire de magister , Université badji mokhtar , annaba.

[11] : **Aloueimine . S, et al** ,(2005-a),Caractérisation des Ordures Ménagers à Nouakchott : Partie I : Méthode d'Echantillonnage, article en Presse, 7 pages.

[12] : **Cointreau-Levine S**., (1997). "Occupational and Environmental Health Issues of Solid Waste Management". International Occupational and Environmental Medicine. St. Louis (USA); 25 pages.

[13] : **Ngnikam E**., (2002). La maîtrise de la collecte et de traitement des déchets solides dans les pays en développement et réduction des émissions de gaz à effet de serre, rencontre de la coopération technologique nord-sud pour le développement durable et le climat organisées dans le cadre de pollutec, Lyon 25 et 26 Novembre 2002, 22 pages.

[14] : **Georgieva K. and Varma K**. (1999). Municipal Solid Waste Incineration; World Bank Technical Guidance Report; the International Bank for Reconstruction and Development / the world bank; washington D.C.

[15] : **Abu-Qudais M. et Abu-Qdais H.A**. (2000). Energy content of municipal solid waste in Jordan an dits potential utilization; Energy Conversion & Management 41 (2000) , p983-991.

[16] : François V. (2004) : Détermination d'indicateurs d'accélération et de stabilisation de déchets ménagers enfouis. Etude de l'impact de la recirculation de lixiviats sur colonnes de déchets, thèse de doctorat N° 8-2004, Université de Limoges.

[17] : AFNOR (2001). Caractérisation des déchets : Dosage du carbone organique total (COT) dans les déchets, boues et sédiments ; NF EN 13137, X 30-404.

[18] : **SOABI Salah et al** ,(2006) , methodologie de caracterisation des dechets menagers a noakchott (mauritanie) : contribution a la gestion des dechets et outils d'aide a la decision , docteur , l'universite de limoges , sidi ould aloueimine .

[21]:**Sanaâ**, (2012) , Evaluation de la gestion des déchets ménagers et assimilés de la ville d'Oran, .

[22] : **R.Bourget et al**,(2001),Déchets ménagers maîtrisons les impacts sur l'environnement.

[23] : **Sidi OULD ALOUEIMINE** ,(2006), methodologie de caracterisation des dechets menagers a nouakchott (mauritanie) : contribution a la gestion des dechets et outils d'aide a la decision , obtenir le grade de docteur, universite de limoges , p-20.

[24] : ADEME (2000-b), Déchets Municipaux: des chiffres clés, 2ème éditions, 12 pages.

[25] : **MEDAFER. Fatima**, et al,(2014), Caractérisation et choix d'une filière de traitement des déchets ménagers et assimilés de la ville d'Oran (Région Ouest) , master , Université des Sciences et de la Technologie d'Oran « Mohamed Boudiaf .

[26] : **Julien. B**,(2011). de l'incinération des ordures ménagères, Maîtrise Sciences de l'Environnement, Milieux Urbains et Industriels, Université de Cergy-Pontoise.

[27] : **SAADANI Sabrina** ,comportement des betons a base degranulats recycles , universite mentouri constantine , memoire de magister , p 6-20 .

[28] : **Tirnoveanu D.R** ,(2004),Etude des propriétés épuratoires des Mâchefers d'Incinération d'Ordures Ménagères et de leur mise en œuvre , p - 229

[29] : Observatoire régional de la santé Rhône-Alpes,. (2007). Le traitement des déchets.

[30] : **Sandjakdine,et al ,** (2011),conception et exploitation des centres de stockage des dechets en algerie et limitation des impacts environnementaux. Architecture et Environnement.

[31] : **BELAÏB .Ahlam**,(2012), étude de la gestion et la valorisation par compostage des déchets organiques génères par la restaurant universitaire Aicha Oum-Elmouminine (willaya Constantine),Mémoire de Magister , Université de Mentouri Constantine .

[32] : René Molleta, (2009),'La méthanisation , Edition Tec & Doc, p 3-4.

[34] : **Essam ALMANSOUR**,(2011), Bilans énergétiques et environnementaux de filières biogaz : Approche par filière-type , thèse de doctorat, de l'universite bordeaux 1, p17.

[35] : **A, Demeyer, et al** , (1980) ,' La Conversion bioénergétique du rayonnement solaire et les biotechnologies' , Edition Tec & Doc, pp. 213-215.

[36] : **A. Damien** , Guide du traitement des déchets' 3ème Edition, Dunod, 2004, 448 p.

[37] : **Aymen ZEGNOUNI** , (2010) , Développement d'un modèle dynamique sous matlab pour un processus anaérobie de traitement des eaux, Mémoire de Magister en Hydraulique, université Abou bekr belkaid Tlemcen Algérie , p 23-28 .

[38] : **Tirnoveanu D.R** , (2004), Etude des propriétés épuratoires des Mâchefers d'Incinération d'Ordures Ménagères et de leur mise en œuvre : p. 229.

[39] : Bureau d'étude Ernst et Young , (2010) , Etude de marché de la méthanisation et des valorisations du biogaz , Marché ADEME N°0706C0053

[40] : **HARCHAOUI mohamed el amine,(** 2013) ,étude de bio-méthanisation de déchets d'abattoir et contribution expérimentale , Mémoire master académique , universite kasdi merbah ouargla, p-10-12.

[41] : **B.D La Farge** , Le Biogaz, Procédé de fermentation méthanique' , Edition Masson, 1995,237p.

[42] : **Sofiane . M** , (2011) , contribution a l'etude d'infiltration du lixiviat du centre d'enfouissement technique de soumaa (blida) et son impact sur l'environnement hydro-agricole , memoire de fin d'etude pour l'obtention du diplome d'ingenieur d'etat en hydraulique.

[43] : **RAHAOUI. F**, "Etude de la mobilité de certains ETM dans un sol en domaine routier, approche expérimentale et théorique", Mémoire de magister, Université de Tlemcen 2009.

[44] : "le carbone organique (méthode Anne simplifiée)", Manuel de laboratoire LSV, v1.0_09-2007.

[45] : **AMADOU.H** ,"La filtration lente sur sable étudiée sur une installation pilote ", école polytechnique fédérale de Lausanne institut du génie de l'environnement (Suisse), Lausanne, octobre 1983.

[46] : **CAMILLE . Dumat** , (2009) , Fertilisation des sols : efficacité agronomique et innocuité environnementale , pdf p17-19 .

[47] : **Kerroum DERBAL** , digestion anaérobie des déchets solides mélanges avec les boues de station d'épuration , université mentouri Constantine , Algérienne, thèse du doctorat.

[48] : **MENOUER Souad et al** ,(2014),Étude de la qualité des rejets liquides industriels en aval du complexe GL1/Z , thèse master. Université des Sciences et de la Technologie - Mohamed Boudiaf- d'Oran.

[49] : Comme référence de L' laboratoire de L' I . N.S.I.D.

[50] : Comme référence de L' laboratoire de L' U.R.E.M.S.

[51] : Comme référence de L' laboratoire de d'analyse de la raffinerie de Sbaa.

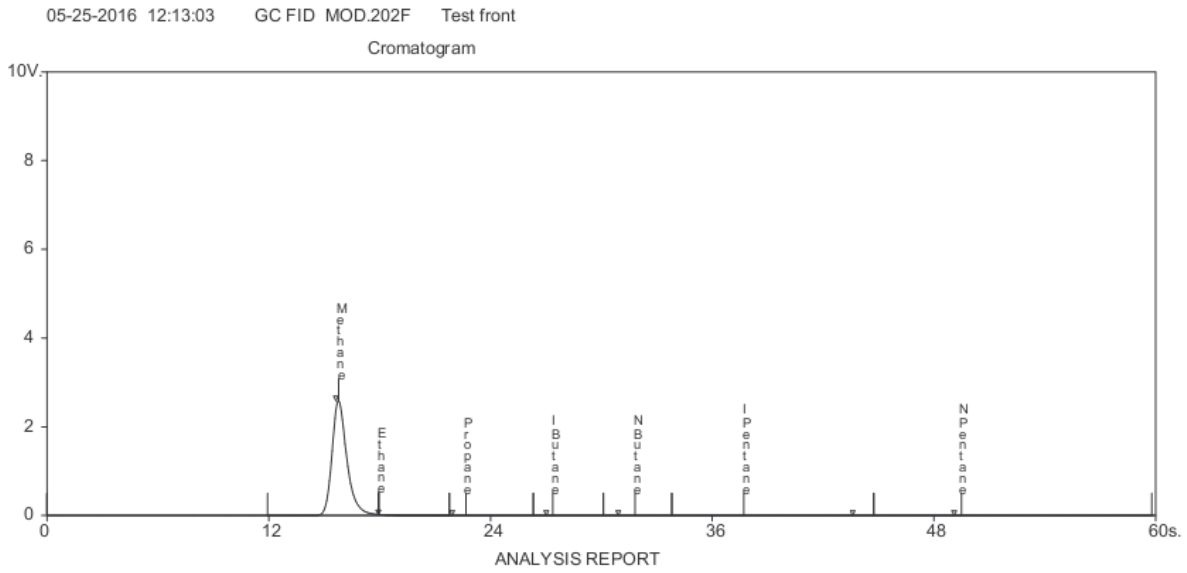
Cite web :

[19]:https://www.google.dz/search?q=les+d%C3%A9chets+m%C3%A9nagers&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi3t6CN3bnNAhWM7xQKHR36AYUQ_AUIBigB#imgrc=K1f9KGij7a5ScM%3A, 2016

[20]:https://www.google.dz/search?q=les+d%C3%A9chets+m%C3%A9nagers&espv=2&biw=1366&bih=667&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi3t6CN3bnNAhWM7xQKHR36AYUQ_AUIBigB#tbm=isch&q=les+d%C3%A9chets+solides&imgrc=aNGeeFmpNZKbkM%3A,2016

[33]:http://kingtale2.inspsearch.com/search/web?fcoid=417&fcop=topnav&fpid=2&q=Valorisation+agronomique+du+digestat+du+SIVOM++de+Morillon+et+contexte+agricole++Journ%C3%A9e+technique+RISPO+%E2%80%93,2016

Annexe

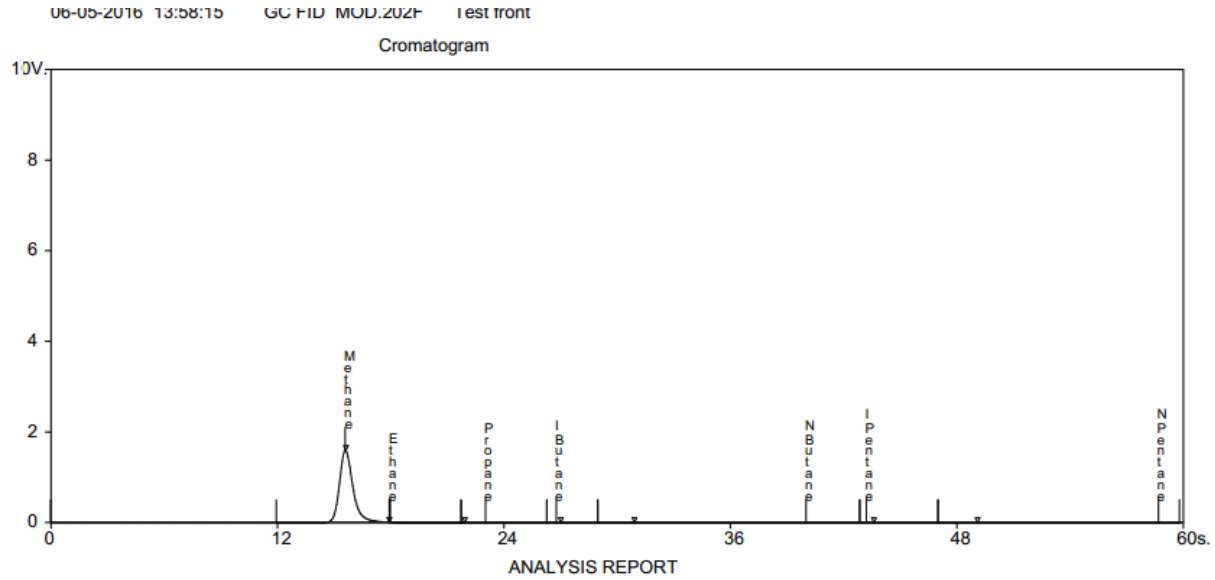


ANALYSIS REPORT

Component	Range	Area	Conc.(%)	R.T.(real)	R.T. (set)	Wini	Wend
1 Methane	10%	491045	7.566	15.8	15.65	11.95	17.95
2 Ethane	10%	259	.002	18	17.95	17.95	21.8
3 Propane	10%	98	0	22.7	21.95	21.8	26.35
4 Iso-Butane	10%	253	.001	27.4	27.05	26.35	30.15
5 N-Butane	10%	193	0	31.85	30.95	30.15	33.85
6 Iso-Pentane	10%	775	.002	37.75	43.65	33.85	44.8
7 N-Pentane	10%	651	.002	49.55	49.15	44.8	59.85

oven T°= 84.4 carr.(bar)= .86 Servo air (bar)= 3.55 Fid air (bar)= .91

Graphe (IV.1) : Chromatographe du biogaz .



ANALYSIS REPORT

Component	Range	Area	Conc.(%)	R.T.(real)	R.T. (set)	Wini	Wend
1 Methane	100%	266990	37.184	15.6	15.65	11.95	17.95
2 Ethane	100%	315	.027	18	17.95	17.95	21.75
3 Propane	100%	375	.022	23.05	21.95	21.75	26.3
4 Iso-Butane	100%	220	.01	26.8	27.05	26.3	29
5 N-Butane	100%	1310	.057	40.05	30.95	29	42.9
6 Iso-Pentane	100%	352	.013	43.25	43.65	42.9	47.05
7 N-Pentane	100%	739	.025	58.75	49.15	47.05	59.85

oven T°= 84.8 carr.(bar)= .86 Servo air (bar)= 3.57 Fid air (bar)= .91

Graphe (IV.2) : Chromatographe du biogaz . [48]

Tableau 1 : Normes de rejets internationales .

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
PH	6.5-8.5
DBO_5	< 30 mg/l
DCO	< 90 mg/l
MES	< 20 mg/l
NH_4^+	< 0.5 mg/l
NO_2	1 mg/l
NO_3	< 1 mg/l
P_2O_5	< 2 mg/l
Température	< 30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

Tableau 2 : Les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD . [48]

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	**30**
PH	-	**6.5-8.5**
DBO5	mg/l	**30**
DCO	mg/l	**120**
MES	mg/l	**35**
Azote total	mg/l	**30**
Phosphor total	mg/l	**10**
Furfural	mg/l	**50**
Hydrocarbures	mg/l	**10**
Plomb	mg/l	**0.5**
Fer	mg/l	**3**
Mercure	mg/l	**0.01**
Cuivre	mg/l	**0.5**
Plomb	mg/l	**0.5**
Zinc	mg/l	**3**

Résumé:

Ce travail de recherche porte sur l'étude expérimentale de la digestion anaérobie des déchets solides en phase mésophile , dont le but est de les stabiliser biologiquement d'une part et de les valoriser sous forme de biogaz d'autre part.

la digestion anaérobie a concerné le déjection animale en phase mésophile. Les résultats d'analyse du substrat ont montrés qu'il renferme une importante fraction organique.

Le fonctionnement de digesteur en batch à l'échelle industrielle est assuré par l'alimentation de substrat préparé préalablement au laboratoire d'une part, et par les conditions de fonctionnement optimales du point de vue stabilité du système et bio méthanisation d'autre part.

La chromatographie de biogaz montre que le mélange contient de méthane avec un pourcentage de 37% .

La récupération de digestat nous a permis a déterminer leur composants chimiques tels que N,P,K . ces trois éléments sont essentiel pour la valorisation agricole.

Mots clés : déchets solides ménager , digestion anaérobie, biogaz , digestat.

ملخص:

يرتكز هذا البحث على دراسة تجريبية من الهضم اللاهوائي للنفايات الصلبة في مرحلة متوسطة الحرارة، والتي تهدف إلى تحقيق الاستقرار في بيولوجيا من جهة، وتعزيز شكل الغاز الحيوي من جهة الأخرى.

الهضم اللاهوائي لبقايا الحيوانية في مرحلة متوسطة الحرارة. أنتج ركيزة التي أظهرت التحاليل الفيزيوكيميائية أنها تحتوي على قسط كبير من المواد العضوية .

في القسم التطبيقي من هده الدراسة قمنا بتحضير العينة في ظروف ملائمة لعملية الهضم اللاهوائي من درجة حرارة التي قدرت ب37 درجة مئوية وهذا من اجل ضمان الأداء المثالي للمفاعل الخاص بهذه التجربة .

الغاز الحيوي المحصل عليه وبعد إجراء التحاليل بواسطة الجهاز الخاص توضح لنا بان هذا الغاز الحيوي يحتوي على نسبة 37٪ من غاز الميثان.

الازوت : بعد إجراء التحاليل الفيزيوكيميائية للركيزة المحصل عليها استطعنا تحديد المكونات الكيميائية لها مثل هذه العناصر الثلاثة التي تعتبر ضرورية للاستخدام الزراعي . البوتاسيوم,الفسفور ,.

الكلمات المفتاحية : النفايات الصلبة المنزلية , الهضم اللاهوائي , الغاز الحيوي , الركيزة