

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ de BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : procédés de traitement des effluents

protection de l'environnement

**Étude et réalisation d'un digesteur à l'échelle
laboratoire pour la production du bio méthane
à partir d'un déchet ménager et la bouse de
vache et la souche**

Présenté par :

CHERIF Soumia

MAHTAR Ilhem

Encadré par :

Dr.B CHAKNANE

Année universitaire 2017/2018

الملخص

الميثان هو عملية بيولوجية لتفكك المادة العضوية بواسطة الميكروبات في غياب الأوكسجين. يتم إجراء عملية الهضم أو التخمر اللاهوائي في خزانات زجاجية مصنوعة في مختبرنا يسمى الهاضم الحيوي ، حيث يتم تحسين التفاعلات المختلفة والتحكم بها لإنتاج الغاز الحيوي(الميثان).
مهمتنا هي صنع هاضم حيوي ودراسة إنتاج الغاز الحيوي بواسطة النفايات العضوية ومخلفات الحيوانات (روث البقر) والسلالة البكتيرية. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها بوضوح أن إنتاجية الغاز الحيوي تكون أعلى باستخدام خليط من الركيزة المكونة من 50% من النفايات العضوية و 50% من روث البقر المصنف بواسطة السلالة البكتيرية.
الكلمات الرئيسية: الغاز الحيوي، الهاضم الحيوي، روث البقر ، النفايات العضوية ، السلالة البكتيرية ، الهضم اللاهوائي .

Abstract

Methanation is a biological process of degradation of organic matter by a microbial flora in the absence of oxygen. This digestion or anaerobic fermentation is conducted in glass tanks made in our laboratory called bio-digesters, within which the various reactions are optimized and controlled to produce biogas.

Our job is to make a bio-digester and study the production of biogas by organic waste and animal waste (cow dung) and the strain. The results obtained clearly show that the production yield of biogas is higher using a mixture of the substrate consisting of 50% organic waste and 50% cow dung seeded by the strain.

Key words: Biogas, bio-digester, cow dung, Organic waste, strain, anaerobic digestion.

Résumé

La méthanisation est un procédé biologique de dégradation de la matière organique par une flore microbienne en absence d'oxygène. Cette digestion ou fermentation anaérobie est conduite dans des cuve en verre réaliser dans notre laboratoire qu'on appelle bio-digesteurs, à l'intérieur desquels les différentes réactions sont optimisées et contrôlées afin de produire le biogaz.

Notre travail consiste à réaliser un bio-digester et à étudier la production du biogaz par déchets organiques et déchets d'animaux (bouse de vache) et la souche . Les résultats obtenus montrent clairement que le rendement de production en biogaz est plus important en utilisant un mélange du substrat constitué de 50 % de déchets organique et 50 % de bouse de vache ensemencé par la souche.

Mots clés : Biogaz, bio-digester, bouse de vache, Déchet organique, la souche, Digestion anaérobie.

Remerciements

Louange à **DIEU** le tout puissant, de nous avoir aidé à réaliser ce Travail. Nous tenons à exprimer nos profondes gratitudee à nos promoteur **DR B CHAKNANE** pour son suivi durant la période de préparation de notre mémoire, son aide et ses conseils qui nous ont été très précieux.

Nos plus vifs remerciements sont également adressés à messieurs les membres du jury d'avoir de participer au jury et d'examiner ce travail, et Nous tenons aussi à remercier profondément monsieur **RACHID** pour son aide à la réalisation d'un le bio-digesteur

ainsi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier profondément tous les enseignants du département de génie de procédés

Liste des abréviations

CET : centre d'enfouissement technique

COV : composés organiques volatils

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques

MS : matière sèche

MO : matière organique

DCO : demande chimique d'oxygène

DBO₅ : demande biochimique d'oxygène pendant 5 jours

CPG : chromatographie a phase gazeux

Liste des figures

Figure I.1 : Impact d'une décharge non contrôlée sur l'environnement	06
FigureII.1 : les étapes de la biométhanisation	11
Figure II.2 : les principales bactéries de la biométhanisation	13
Figure II.3 : l'utilisation de biogaz	17
Figure III.1 : déchets ménager	18
Figure III.1 : déchets ménager	19
FigureIII.1.2 : PDA dans les boites pétri	19
FigureIII.1.3 : Ensemencement (milieu solide)	19
Figure : champignon isolé à partir des algues rouges(CAR7)	20
Figure III.1.5: Ensemencement (milieu liquide)	20
Figure III.2.6 : déchet organique	21
figure III.2.7 :la bouse de vache	21
Figure III.3.8: le bio digesteur utilisé vide.	21
FigureIII.3.9 : agitateur magnétique	22
FigureIII.3.10: le PH-mètre utiliser	22
Figure III.3.11: bain marie	23
FigureIII.5.1 : four à moufle	25
FigureIII.5.2 :la matière après calcination	25
FigureIII.5.3 : le dispositif utilisé	27
Figure III.5.4: Échantillons de DCO	28
FigureIII.5.4 :CPG	28
Figure IV.1 : l'évaluation de PH dans le 1er digesteur	31
Figure IV.2 : l'évaluation de PH dans le 2éme digesteur	31
FigureIV.3 : l'évaluation de PH dans le 3éme digesteur	32

Liste des tableaux

Tableau I.1 : temps de dégradation naturelle de quelques déchets	03
Tableau I.2 : Nuisances et impacts	09
Tableau II.1 : composition du biogaz	16
Tableau IV.1 : les valeurs de DCO obtenue à la fin de la biométhanisation	33
Tableau IV.2 : le temps de rétention de gaz naturelle	33
Tableau IV.3 : le temps de rétention de gaz produit à partir de 2 ^{ème} digesteur	33
Tableau IV.4 : le temps de rétention de gaz produit à partir de 3 ^{ème} digesteur	34

Introduction

Introduction générale

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 de la population. Cette situation est beaucoup plus préoccupante dans les pays en développement (PED) à cause notamment du retard considérable dans le domaine biotechnologique [1].

La biométhanisation est l'un des processus biologiques qui contribue à la dégradation des matières organiques, végétales ou animales (de préférence, non contaminée par des polluants ou inertes) par une flore microbienne en anaérobie et à leur transformation en éléments simples, gazeux et minéraux [2].

Seule la fraction biodégradable de la MO est concernée par la biométhanisation. En absence d'oxygène (O₂), elle est dégradée partiellement par l'action combinée de plusieurs types de microorganismes. Une suite de réactions biologiques conduit à la formation du biogaz (composé majoritairement du méthane) et des digestats solide et liquide.

Le biogaz pourrait être valorisé en électricité et en chaleur, alors que le digestat solide (appelé méthacompost) considéré comme compost désodorisé, hygiénisé, déchargé de carbone et riche en azote rapidement assimilable par les plantes, pourrait être épandu, entre autres, comme engrais de ferme [3].

Pour optimiser la vitesse de dégradation de la matière organique, la méthanisation est conduite sans apport d'air dans des enceintes confinées appelées « digesteurs ».

L'objectif principal de ce travail est de réaliser un bio-digesteur à l'échelle laboratoire et valoriser la matière organique générée par les activités agricoles et plus particulièrement par la méthanisation à travers l'utilisation des déchets et des déjections animales (bouse de vache) et la souche en tant que substrats pour la production de biogaz.

I.1 : Définition d'un déchet

L'article 3 de la Loi 01-19 du 12-12-2001 définit le déchet comme résidu du processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer, [4].

I.2 : Classification des déchets

I.2.1 : la nature

La classification des déchets d'après leur nature aboutit à trois catégories essentielles

Déchets solides, Déchets liquides et Déchets gazeux. [5]

I.2.2 : 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 qui proviennent de certaines activités d'extraction minières ou de déblais de démolition (terre, gravats, sables, stériles, ...etc.)

Les déchets banals : Cette catégorie regroupe essentiellement des déchets constitués de papiers, plastique, cartons, bois produit par des activités industrielles ou commerciales et déchets ménagers.

Les déchets spéciaux : Ils peuvent contenir des éléments polluants et sont spécifiquement issus de l'activité industrielle (boues de peintures ou d'hydroxyde aussi dits spéciaux lorsque leur production importante sur un même site entraîne des effets préjudiciables pour le milieu naturel (mâchefers des centrales thermiques ainsi que certains déchets provenant des laboratoires 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, les déchets de C.F.C. et mercuriels.[5]

I.2.3 : le comportement et les effets sur l'environnement

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.

Les déchets fermentescibles: Principalement constitués par la matière organique , animale ou végétale à différents stades de fermentation aérobies ou anaérobies.[5]

I.2.4 : l'origine

La classification des déchets selon l'origine comprend seulement deux grandes classes de déchets solides basés 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, cendre, ...etc.), métallurgie (Scorie, 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 : Le transport et 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. [5]

Les déchets urbains : A partir de la notion « d'ordure ménagère », vocable par lequel on a longtemps désigné les résidus des ménages correspondant, de par leur origine et leur nature, à une certaine limitation en quantité étend dimensions, on a été conduit du fait de l'évolution du niveau de vie répercuté par les caractéristiques quantitatives et qualitatives des déchets, à passer à la notion plus générale de résidus ou déchets urbains.

I.2.5 : 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 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 rebus (vielle baignoire, vieux sommier...etc.)

*Les souillures qui proviennent du nettoyage et du balayage des voies publiques(feuilles, branchage, déchets des plages, ...etc.).

I.3 : Durée de vie de certains déchets

Jeter les déchets dans la nature, ce n'est pas sans conséquence... ils y restent longtemps, parfois très longtemps. Un objet qu'on jette négligemment va polluer parfois bien longtemps après qu'on ne soit plus de ce monde.

Voici la durée de vie de quelques déchets domestiques:

Tableau I.1 : temps de dégradation naturelle de quelques déchets

Produit	Temps de dégradation
Morceaux de carton	1 à 5 mois
Papier	2 à 5 mois
Corde	3 à 14 mois
Pelures d'orange ou trognon de pomme	1 mois
Chaussette en laine	1 à 5 ans
Mégot de cigarette	1 à 12 ans
Brique de lait(plastique + carton)	5 ans
Chewing-gum	5 ans
Chaussures en cuir	25 à 40 ans
Tissu en nylon	30 à 40 ans
Boite de conserve	50 à 100 ans
Canette en aluminium	200 ans
Sac plastique	400 ans
Emballage plastique d'un pack de 6 bouteilles	400 ans
Bouteille en plastique	400 ans
Bouteilles verre	4000 ans

I.4 : Définition d'une décharge

La décharge est un très vaste réacteur biochimique où se trouvent mélangés des millions de composés chimiques, organiques et minéraux, interagissant les uns avec les autres sous l'influence d'agents naturels (pluie, micro-organisme). Ces réactions aboutissent à une transformation biologique, physique et chimique des déchets avec libération de liquides et de gaz, [6].

I.5 : Différents types des décharges

I.5.1 : Les décharges non conformes : décharges brutes

C'est ce qu'on appelle aussi décharge sauvage, elle consiste à déverser purement et directement les ordures, dans un trou probablement fait, ou sur le bord d'une falaise d'où elles tombent. Elle est exploitée par des communes, des établissements ou des entreprises, sans aucune autorisation d'exploitation au titre de la législation des installations pour la protection de l'environnement. [7].

I.5.2 : Les décharges conformes

Il s'agit de centre d'enfouissement Technique (CET) et des décharges contrôlées. Contrairement aux décharges sauvages, l'installation de ce type de décharges exige une autorisation d'exploitation et une étude d'impact sur l'environnement, [8].

I.5.3 : Le centre d'enfouissement Technique (CET)

Un (CET) est une installation (classée) qui réceptionne les déchets ménagers afin de les enfouir dans des fosses appelées « Casiers d'enfouissement » [7].

Au niveau d'un CET, il est possible d'installer un centre de tri, ce qui permettrait :

- La valorisation et la récupération de certains déchets

- L'amélioration de la qualité des lixiviats après les avoir traités en triant les déchets dangereux tels que les batteries, piles métaux ... etc.

En règle générale, le centre d'enfouissement technique est réalisé pour une population de 100 000 habitants et plus. [7]

L'exploitation d'un (CET) ne devrait pas dépasser une durée de 20 ans. Donc il est impératif de disposer une surface de terrain nécessaire et de planifier l'exploitation du site sur la durée de vie minimale suscitée. [7]

I.5.4 : La décharge contrôlée

C'est une installation qui réceptionne les déchets ménagers pour les enfuir dans des fosses appelées « casiers d'enfouissement » mais sur des surfaces plus réduites que les (CET) avec moins de contraintes techniques d'étanchéité. En règle générale, une décharge contrôlée peut être réalisée pour une population de 50 000 à 100 000 habitants.

Une décharge contrôlée devrait pouvoir rester en exploitation au moins 15 ans .Il est donc impératif de disposer de la surface de terrain nécessaire et de planifier l'exploitation du site sur la durée de vie minimale sus citée. [7]

Selon les types de déchets déversés, les décharges contrôlées peuvent être classées en trois grandes classes :

Décharges pour déchets industriels spéciaux (classe1) :Sont situées sur des sites imperméables qui assurent un confinement performant des déchets et de lixiviats. Elles sont destinées à recevoir tout déchet contaminé par des métaux lourds ou radioactifs, lixiviable, des cancérogènes, des matières corrosives et infectieuses, [6].

Décharges pour déchets ménagers et assimilés (Classe2) :Ce type de décharges admettent les ordures ménagères ainsi que certains déchets industriels banals et peuvent être soumis sur des terrains semi perméables, [9]

Décharges pour déchets inertes (Classe3) :Sont placés sur des sites perméables qui assurent une migration relativement rapide de lixiviats. Aucune condition géologique particulière en matière d'étanchéité n'est préconisée.

Ces sites ne peuvent donc recevoir que des déchets inertes tels que certains déchets de chantiers (pierres, béton, plâtre), [6].

I.5.5 : Les décharges non contrôlés

Elles sont le plus souvent des décharges brutes communales accueillant des déchets ménagers et assimilés, voire encombrants domestiques et déchets commerciaux ; déchets spéciaux tels les déchets de soins des hôpitaux, des déchets inertes, ou encore ceux des activités agricoles et industrielles.

Elles sont exploitées directement par une collectivité Ou laissées à la disposition de ses administrés, alors qu'elles ne bénéficient d'aucune autorisation d'exploitation au titre de la législation pour la protection de l'environnement.

L'Algérie compte pas moins de 3000 décharges sauvages, de l'ordre d'une décharge par commune Implantées sur le territoire nationale, elles occupent une superficie de 150.000 hectares [7].

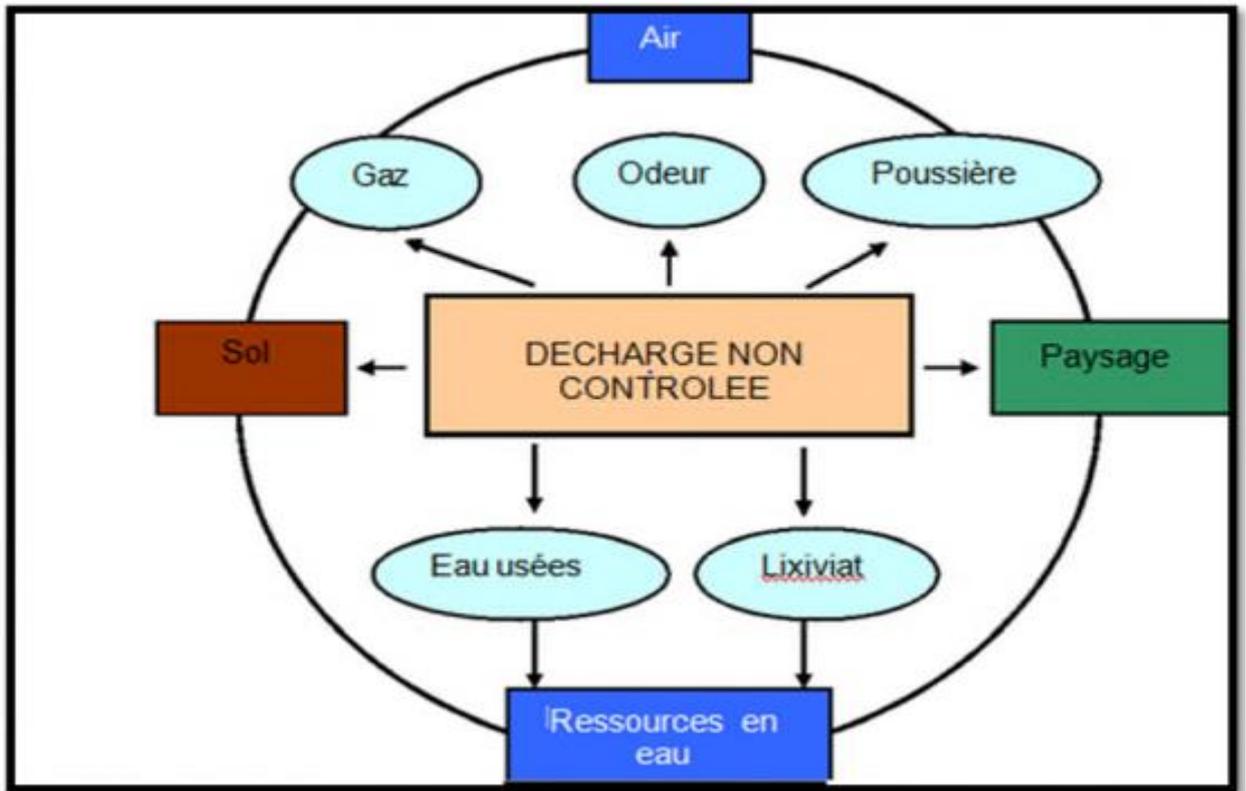


Figure I.1 : Impact d'une décharge non contrôlée sur l'environnement

Dépôts sauvages :

Ce sont des déchets qui résultent le plus souvent d'apports clandestins réalisés par des particuliers pour se débarrasser des déchets qui ne sont pas pris en compte par les services traditionnels de collecte des ordures ménagères (Annexe 1- loi N° 01-19 du 12 décembre 2001) : Les décharges sauvages sont une source de pollution environnementale, bactériologique et visuelle. Comme dans le cas des décharges irrégulières, les dépôts sauvages sont interdits [10]

I.6 : Rejets d'une décharge et leur composition

I.6.1 : Le Lixiviat

Le lixiviat, est le liquide qui provient de la percolation de l'eau à travers les déchets stockés en décharge en se chargeant de substances tant minérales qu'organiques, elle peut se mélanger aux eaux de surface comme aux eaux souterraines et donc constituer un élément polluant tant par leur aspect quantitatif que qualitatif [11].

Composition : Il est difficile de prévoir la composition du lixiviat car elle dépend de l'âge de la décharge, de la nature des déchets ainsi que du stade de dégradation atteint [12].

Caractérisation : Le lixiviat est caractérisé par quatre groupes de polluants :

- La matière organique dissoute ou en suspension, issue de la biomasse, (les substances humiques et fulviques...).
- Les micropolluants organiques (hydrocarbures, composés aromatiques...).
- Les composés minéraux majeurs sous forme ionique (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , K^{+} , NH_4^{+} , Fe^{2+} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} ...) ainsi que d'autres composés tels que les borates.
- Les cations de métaux lourds à l'état de traces sous forme majoritairement complexée par des ligands minéraux (HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-}) ou organiques (macromolécules de type humique et fulvique).Également, les lixiviats peuvent aussi contenir certains microorganismes pathogènes, [13].

I.6.2 : Les fumées d'incinération

Les fumées d'incinération sont les émissions gazeuses qui proviennent de l'incinération des différents déchets, [14].

Composition : Les émissions d'incinération des déchets sont composées de CO_2 , de vapeur d'eau, d'azote et d'autres gaz inertes, le reste des émissions est constitué de polluants à l'état de trace. La nature et la concentration de ces polluants varie en fonction des matières incinérées. Il s'agit, entre autres des composés organiques volatils (COV), d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) de composés organochlorés (ex : les furanes et les dioxines) et de métaux lourds (ex : cadmium, chrome), [14].

I.7 : Nuisances engendrées par les décharges

Les décharges publiques étant utilisées d'une manière sauvage et sans respect des règles de protection de l'environnement peuvent engendrer :

I.7.1 : Des bruits

Les matériels en activité sur le site tels que les engins de terrassement et de compactage et aussi les camions de transport des déchets engendrent des bruits considérables, [17].

I.7.2 : Des odeurs

Des nuisances olfactives sur le site et à son voisinage peuvent être engendrées par le déversement de déchets contenant des molécules organiques volatiles anthropiques, les bassins de collecte des lixiviats et par le biogaz non capté par le réseau de dégazage. Le brûlage volontaire ou involontaire des différents types de déchets peut également être une source d'odeur, [16].

I.7.3 : Des envols

Le déversement et le stockage de déchets dans les sites de décharges et l'absence de couverture sur ces derniers peuvent être à l'origine d'envols de certains objets légers comme les plastiques et les papiers ce qui provoque une dégradation de l'esthétique du milieu, [17].

la prolifération d'animaux Des chiens errants, des rongeurs, des insectes et des oiseaux, attirés par la nourriture qu'ils trouvent dans les déchets, peuvent gêner le voisinage et surtout véhiculer et propager des maladies, [18].

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.

Les nuisances engendrées par les décharges sauvages peuvent être résumé dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Nuisances et impacts

Nature des nuisances	Origines	Impacts
Poussières	Circulation des véhicules et engins	Désagrément pour le personnel et les riverains
Odeurs	Déchets, Fermentation, biogaz	Désagrément pour le personnel et les riverains
Envols	Papier et plastique ,feuille textiles	Pollution du milieu naturel, atteintes au paysage
Animaux errants	Attrait nutritif des déchets	Transport de maladies, gêne pour l'aviation, atteinte à la chaîne alimentaire
Incendies et explosion	Imprudences, déchets Incandescents, accumulation de biogaz	Danger pour le personnel, nuisances olfactives
Bruit	Circulation d'engins	Désagrément pour le personnel et les riverains
Défrichement, déboisement	Implantation d'une installation de stockage	Appauvrissement paysager, gêne visuel
Risques sanitaires	Toxicité des déchets ,organismes pathogènes	Maladies

II.1 :La biométhanisation

La biométhanisation consiste en une série d'opérations de dégradations biologiques de matières organiques qui se produisent en l'absence d'oxygène. Les produits résultants de la dégradation peuvent être classés en deux catégories, le biogaz et le digestat.

Le biogaz est un mélange de méthane (CH_4), de dioxyde de carbone (CO_2) et de vapeur d'eau (H_2O). Le méthane est le principal constituant du gaz naturel.

Le digestat est le résidu liquide contenant les matières non dégradées.

II.2 :Les étapes de la biométhanisation

Quatre séries d'opérations ont lieu successivement : l'hydrolyse, l'acétogénèse, l'acétogénèse, la méthanogénèse.

II.2.1 :L'hydrolyse

Cette première série d'opérations va transformer les matières organiques complexes (polysaccharides, protéines, lipides,...) en molécules plus simples, comme des sucres, des alcools et des acides aminés.

-La matière organique complexe est décomposée en molécules organiques solubles simples en utilisant de l'eau pour séparer les liaisons chimiques entre les substances

-L'hydrolyse des matériaux d'entrée se produit afin de décomposer les polymères organiques insolubles tels que les hydrates de carbone et de les rendre disponibles pour d'autres bactéries

-Grâce à l'hydrolyse, les molécules organiques complexes sont décomposées en sucres simples, acides aminés et acides gras

II.2.2 :L'acidogènes

Les molécules obtenues sont transformées en hydrogène (H_2) et en acides gras volatils.

-La décomposition chimique des hydrates de carbone par des enzymes, des bactéries, des levures ou des moisissures en l'absence d'oxygène.

-Les bactéries acidogènes convertissent ensuite les sucres et les acides aminés en dioxyde de carbone, l'hydrogène, l'ammoniac et les acides organiques.

-Le taux de croissance des bactéries acidogènes est rapide, environ 30 à 40 fois supérieur aux populations méthanogènes. Les bactéries impliquées dans cette étape ont la capacité de vivre dans des conditions extrêmes, notamment à des faibles pH. Une surcharge organique peut conduire à un métabolisme très rapide ayant pour conséquence une accumulation de composés tels que l'hydrogène et l'acide acétique.

Cette accumulation provoque une inhibition des microorganismes acétotrophes et méthanogènes inhibant la production de biogaz .

II.2.3 : L'acétogénèse

-Les acides gras volatils sont transformés en acide acétique (vinaigre), hydrogène (H_2) et dioxyde de carbone (CO_2).

-Les bactéries acétogènes transforment ensuite ces acides aminés organiques en acide acétique, en plus de l'ammoniac, de l'hydrogène et du dioxyde de carbone

-Ces populations ont également un taux de croissance plus rapide que les méthanogènes. Les microorganismes impliqués présentent une forte sensibilité aux variations de pH. L'oxydation des acides gras organiques nécessite un accepteur d'électron, celui-ci étant souvent l'hydrogène.

II.2.4 : La méthanogénèse

La toute dernière étape permet de transformer l'acide acétique en méthane et dioxyde decarbone.

-Les bactéries méthanogènes sont enfin capables de convertir l'acétate, l'hydrogène en méthane et le dioxyde de carbone.

-L'hydrogène formé précédemment est consommé lors cette étape.

-Les voies métaboliques impliquées ne sont pas les mêmes ; les méthanogènes ont un développement globalement lent et une forte sensibilité au pH.

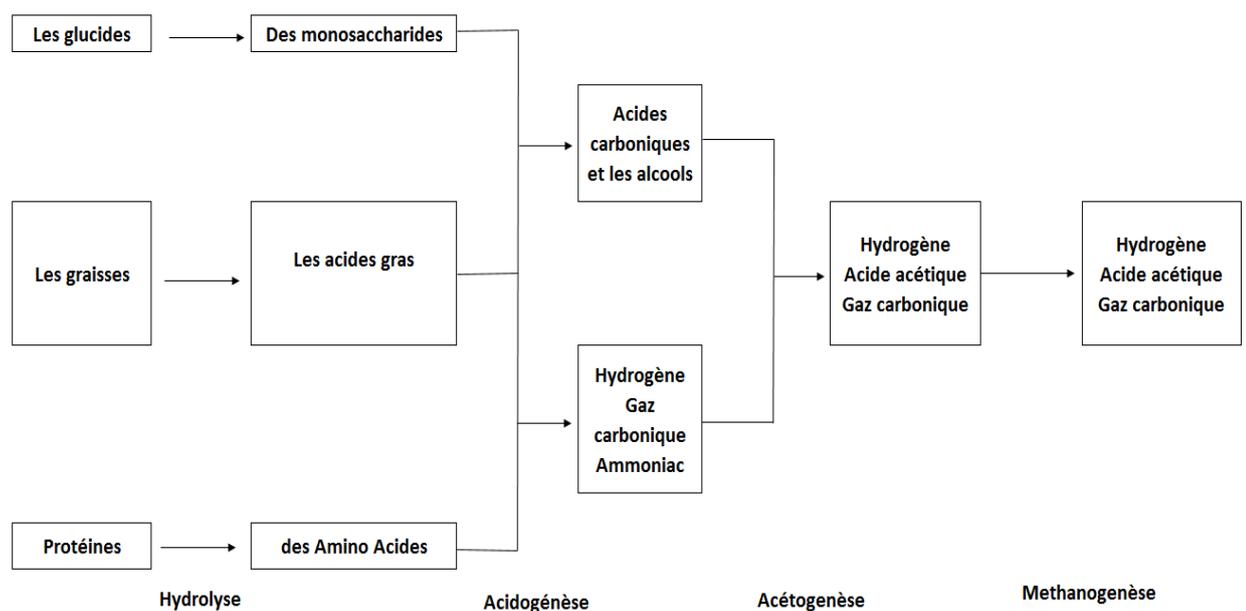


Figure II.1 : les étapes de la biométhanisation

II.3 :les principales bactéries de la biométhanisation

Les transformations de la matière qui ont lieu au cours de la biométhanisation sont des phénomènes naturels anaérobies qui nécessitent l'intervention de microorganismes.

Deux groupes principaux de bactéries interviennent :

II.3.1 : Les acidogènes

Sont responsables de la transformation de molécules de matière organique en acides gras volatils, principalement l'acide acétique. De plus les enzymes qu'elles produisent catalysent la réaction d'hydrolyse.

II.3.2 : Les méthanogènes

Les méthanogènes hydrogénotrophes sont représentés par les ordres archéens suivant :

Les Methanococcales, les Methanobacterales, les Methanomicrobiales, elles convertissent l'hydrogène et le dioxyde de carbone en méthane et dioxyde de carbone. L'activité de ce groupe est essentielle pour maintenir une pression partielle en hydrogène faible dans le milieu et ainsi éviter une accumulation conduisant à une inhibition

Les méthanogènes acétotrophes comprenant l'ordre des Methanosarcinales, procèdent à la conversion de l'acétate en méthane et dioxyde de carbone par décarboxylation. Les bactéries oxydant l'acétate peuvent entrer en compétition avec les acétotrophes en convertissant l'acétate en hydrogène et en dioxyde de carbone et inversement, c'est l'homoacétogénèse. À forte pression partielle en hydrogène (> 500 Pa), la voie favorisée est l'action des acétotrophes directement depuis l'acétate. Lorsque la pression partielle en hydrogène est faible (< 40 Pa), l'oxydation de l'acétate a lieu, réalisée par les bactéries homoacétogènes[20].

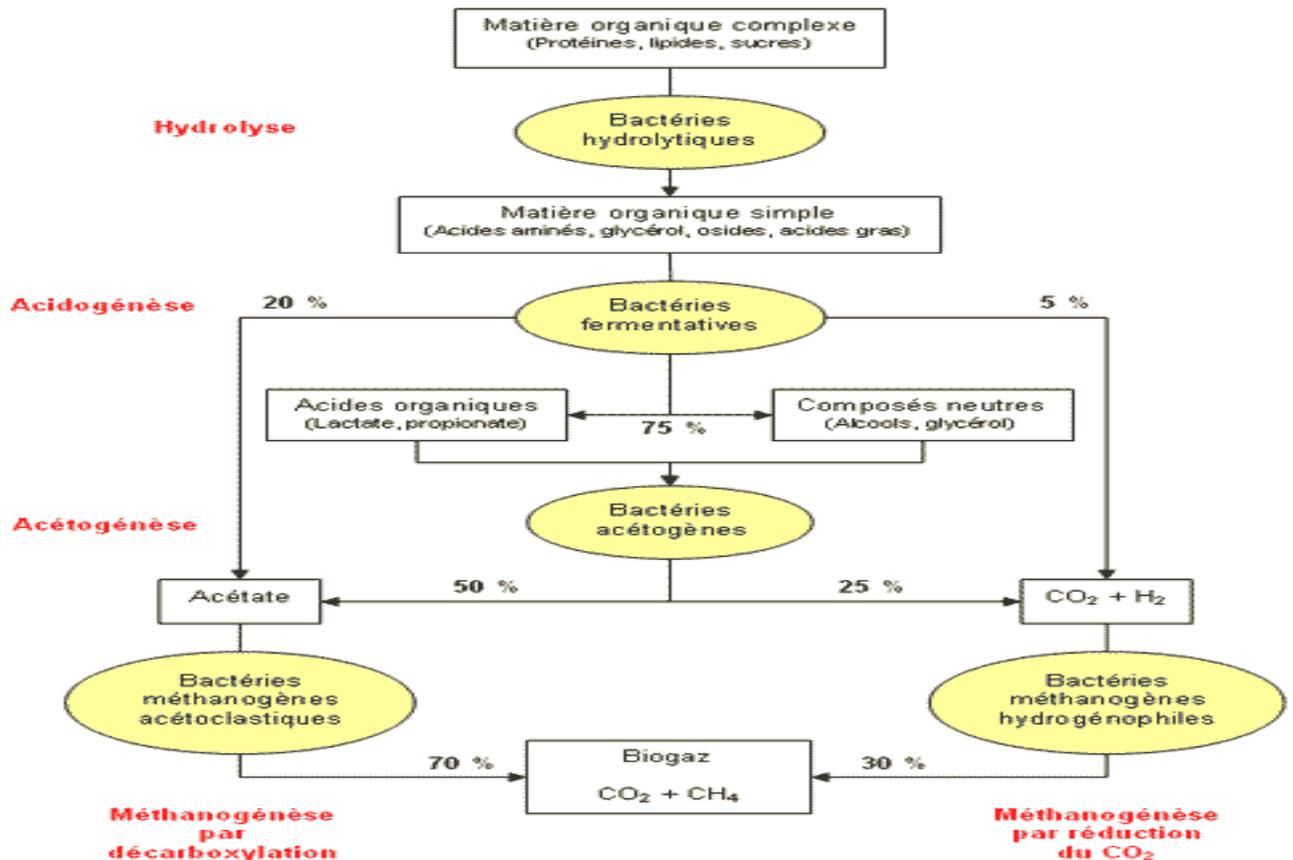


Figure II.2 : les principales bactéries de la biométhanisation

D'autres microorganismes sont présents dans le milieu lors de la digestion anaérobie tels que les bactéries sulfato-réductrices. Ces bactéries par leur métabolisme consomment de l'acétate, de l'éthanol, de l'acide propénoïque ou butyrique, la source d'énergie de ces

réactions étant le sulfate. Les bactéries sulfato-réductrices sont en compétition dans le milieu avec les populations méthanogènes

Cette compétition ne peut avoir lieu en début de digestion anaérobie, les bactéries sulfato-réductrices étant incapables de dégrader des macromolécules telles que l'amidon, les protéines et les lipides. Le principal donneur d'électrons pour ces bactéries est l'hydrogène

II.4 : Choix des ressources à valoriser

Le choix des déchets organiques doit prendre en compte plusieurs facteurs : la qualité des déchets (capacité à produire du méthane, facilité de manipulation, absence d'impuretés), la régularité de l'approvisionnement, la possibilité de valoriser le résidu issu de la méthanisation...

Les déchets organiques les plus souvent valorisés par méthanisation sont les effluents organiques industriels, les effluents d'élevage, les boues d'épuration, les cultures énergétiques et les résidus de culture, ainsi que la fraction fermentescible des ordures ménagères.

II.5 : Différents types de projets

Étant donné la diversité des déchets organiques pouvant être valorisés par méthanisation, on peut distinguer plusieurs types de projets :

- méthanisation agricole territoriale,
- méthanisation des boues sur les stations d'épuration,
- méthanisation d'effluents industriels,
- méthanisation de la fraction fermentescible des ordures ménagères.

II.5.1 : La méthanisation agricole territoriale

Concerne principalement les agriculteurs, mais peut également impliquer les collectivités locales (déchets verts, boues d'épuration, déchets de cantine...) et des entreprises locales disposant de déchets organiques (atelier de conserverie, industrie agroalimentaire...). Elle permet de limiter les transports et d'optimiser la production de méthane en mélangeant plusieurs déchets d'origine différente.

II.5.2 : La méthanisation des boues sur les stations d'épuration

L'étape de méthanisation intervient au début de la chaîne de traitement des boues, juste après les phases de décantation : elle facilite les traitements ultérieurs et permet de réduire la quantité de boues évacuées en sortie. Le digestat obtenu est un produit stabilisé, sans germes pathogènes et ne présentant plus de nuisances olfactives.

II.5.3 : La méthanisation des effluents industriels

Se pratique avec une bonne maîtrise : industries agroalimentaires, papeteries, coopératives vinicoles... Le traitement par méthanisation permet de réduire la charge polluante de ces effluents et produit une énergie souvent consommée sur le site.

Face à l'augmentation des volumes de déchets traités, les collectivités de grandes agglomérations se tournent vers la méthanisation de la part organique des ordures ménagères, parfois avec d'autres déchets de la collectivité (déchets verts, boues d'épuration). Ce type de valorisation nécessite un tri de qualité à la source ou à l'arrivée sur le site.

II.6: Fonctionnement d'une installation de méthanisation

Les déchets sont en général réceptionnés sur des aires ou des silos de stockage pour les matières solides et dans une fosse pour les matières liquides. Pour les déchets verts des prétraitements peuvent être effectués : broyage, traitement à l'oxygène...

Deux grands types de technologies peuvent être distingués : la méthanisation par voie humide et par voie sèche.

II.6.1: Pour la méthanisation par voie humide

Le mélange des différents déchets entrants est effectué dans une pré fosse ou directement dans le digesteur à l'aide de mixeurs ou de pales. Le digesteur est isolé, chauffé et brassé. Il existe différents types de digesteurs, sous forme de fosse, avec un système de piston horizontal... Le temps de séjour dans le digesteur et la température sont à déterminer en fonction du projet. Une fois méthanisée, la matière résiduelle encore appelée digestat est stockée.

Le biogaz s'accumule au-dessus de la fosse de digestion et de stockage, une bâche étanche au gaz permet de le stocker temporairement avant son utilisation.

Le digestat obtenu peut-être réinjecté au début de la chaîne dans certains cas. Il est ensuite en général utilisé en tant qu'amendement organique. Il faut s'assurer de disposer de surfaces d'épandage suffisantes pour respecter les conditions réglementaires du plan d'épandage ou obtenir un produit normalisé.

II.6.2: méthanisation par voie sèche :

Les grands principes biologiques impliqués sont identiques en fonction des procédés utilisés et seront détaillés plus loin. Les deux grandes voies (liquide et sèche) sont discriminées par le taux de matière sèche des produits traités. Les procédés traitant des produits comportant un pourcentage de matière sèche inférieur à 15 % entrent dans la catégorie de la méthanisation par voie liquide. Lorsque ce taux de matière sèche est supérieur à 15 %, ces procédés font partie de la voie sèche

Différentes technologies mettent en œuvre la fermentation anaérobie en voie sèche, elles sont subdivisées en procédés continus (le digesteur est chargé séquentiellement dans la journée) ou en procédés discontinus (une vidange du digesteur est réalisée à la fin du cycle de digestion) Les procédés en voie sèche continue font l'objet de technologies éprouvées depuis plus de 20 ans .

II.7 :Le Biogaz

Définition : Le biogaz est un sous-produit d'un lieu d'enfouissement et il provient de la décomposition anaérobie des matières organiques par divers microorganismes (compostage), [15].

Composition : La composition du biogaz peut varier dans des limites assez larges suivant la nature des déchets traités, [16]. Pour une composition moyenne du biogaz, on peut retenir les chiffres suivants :

Tableau II.1 : composition du biogaz

Méthane	40 à 60%
Gaz carbonique (CO ₂)	35 à 45%
Azote (N ₂)	0 à 3%
Hydrogène sulfuré (SH ₂)	0 à 1%
Hydrogène (H ₂)	0 à 1%
Oxygène (O ₂)	0 à 1%

II.7.1: L'utilisation de biogaz :

La valorisation énergétique du biogaz peut prendre plusieurs formes :

- La production de chaleur : le biogaz est brûlé dans une chaudière classique.
- La production séparée de chaleur et d'électricité : le biogaz est brûlé pour une part dans une chaudière et pour une autre part dans un moteur thermique relié à un alternateur qui produit de l'électricité.
- La production combinée de chaleur et d'électricité (la cogénération) : le biogaz alimente un moteur thermique relié à un alternateur qui produit l'électricité et de la chaleur est récupérée dans les gaz d'échappement et au niveau du moteur.
- Carburant pour automobile : Une unité traitant 20 000 t/an de déchets peut produire une quantité de carburant qui permet à 2 000 voitures de parcourir 10 000 km/an. Un kilogramme de déchets correspond donc à la consommation de carburant pour un parcours d'un kilomètre en voiture.

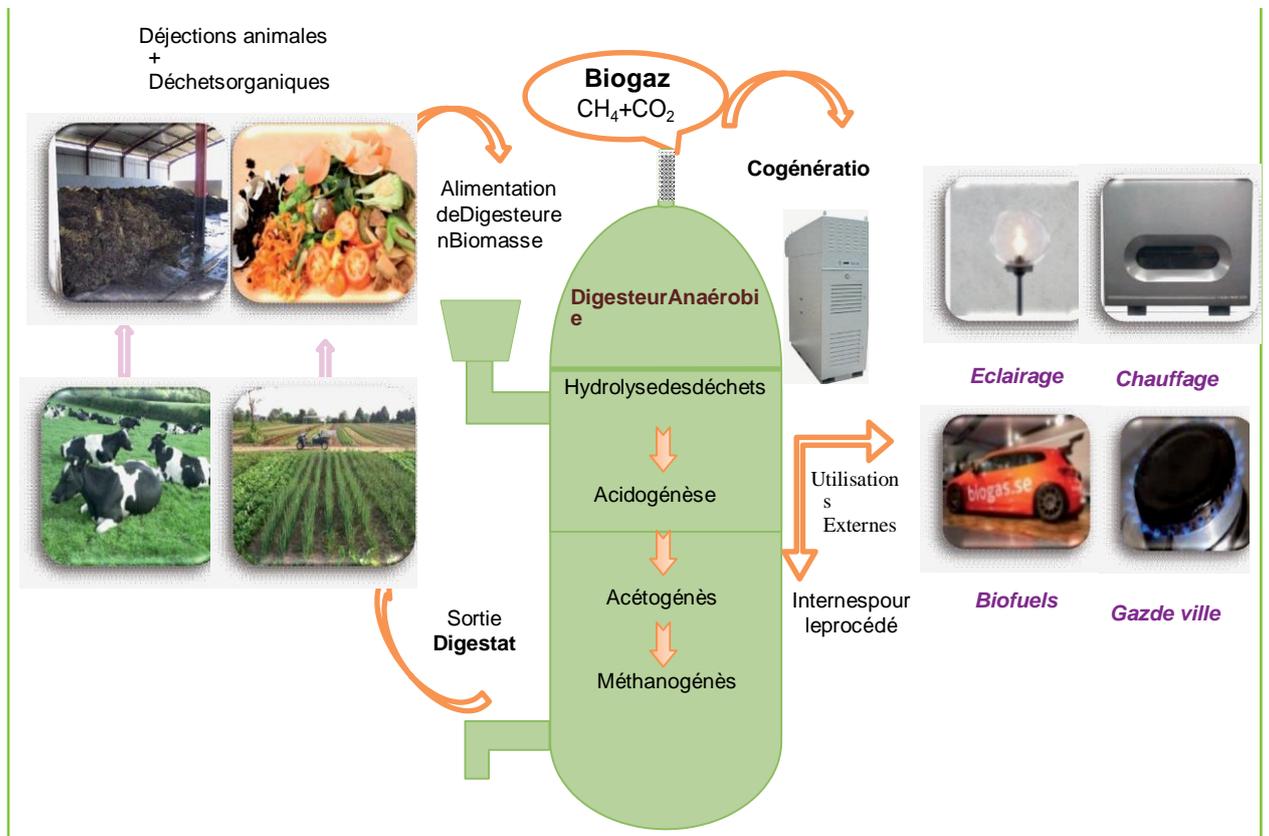


Figure II.3 : l'utilisation de biogaz

L'objectif principal de ce travail est de valoriser la matière organique générée par les activités agricoles et plus particulièrement par l'élevage à travers l'utilisation des déjections animales (bouse de vache) en tant que substrats pour la production de biogaz.

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'ensemble des dispositifs expérimentaux et toutes les méthodes d'analyses utilisées, ainsi que l'origine du substrat utilisé pour l'alimentation des digesteurs.

III.1 : Origine et caractérisation des substrats utilisés

Dans notre étude de biométhanisation on utilise 3 types de substrats pour l'alimentation des digesteurs :

III.1.1 : déchet organique

il est constitué principalement de déchet ménagère qui sont constitués des déchets de cuisine, tels que les épluchures d'oignon, de pomme de terre, de carotte, de betterave...ect. (fig III.1).



Figure III.1 : déchets ménager

III.1.2 :La souche

III.1.2.1: Définition

Une souche est une partie d'une espèce bactérienne différente des autres bactéries de la même espèce par une différence mineure mais identifiables. Les souches sont souvent créés en laboratoire par mutagenèse souches existantes ou de type sauvage exemples des espèces bactériennes.

III.1.2.2 :Le milieu de culture PDA

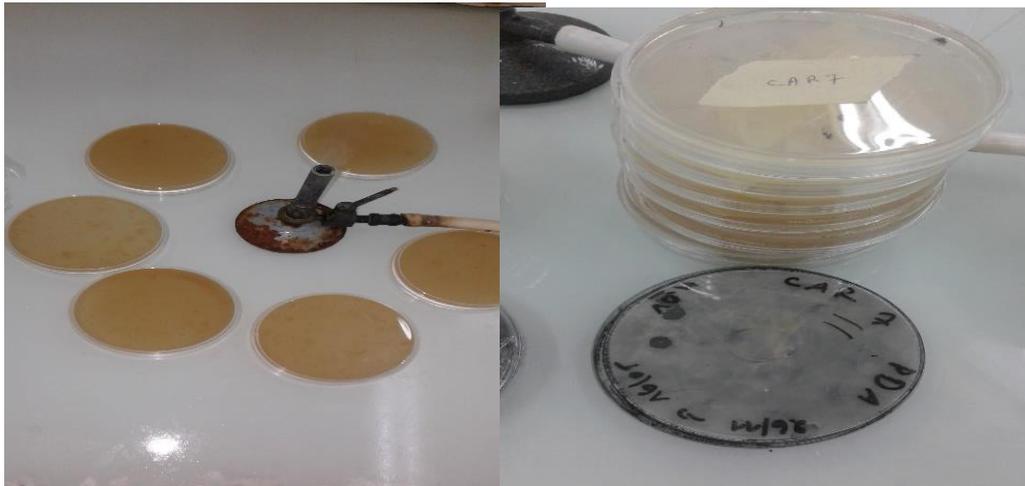
La gélose dextrosée à la pomme de terre est un milieu de culture microbiologique courant produit à base d'infusion de pomme de terre et de dextrose. C'est le milieu de culture le pluslargement utilisé pour cultiver des mycètes et des bactéries qui attaquent les plantes vivantes ou la matière organique végétale en décomposition.

III.1.2.3 : Préparation de PDA

L'infusion de pomme de terre se prépare en faisant bouillir dans l'eau 200 g de pommes de terre tranchées (lavées mais non pelées) pendant 30 minutes à 1h puis en laissant décanter le bouillon obtenu ou en le filtrant à travers un coton à fromage. On dilue ensuite en ajoutant de l'eau distillée pour un volume final d'un litre. Puis on ajoute 20 g de dextrose et autant d'agar-agar en poudre avant une stérilisation par autoclave à 100 kPa pendant 15 minutes.

III.1.2.4 : Ensemencement dans le milieu solide

On met le flacon de PDA dans un bain marie bouillant (100°C) jusqu'à fusion complète. Laisser refroidir le flacon à l'air libre ou sous un robinet d'eau froide, Couler dans des boites de pétri sur une hauteur (épaisseur) toujours de 4mm, Laisser solidifier la gélose Conserver les boites à 4°C en les mettant en réfrigérateur(figIII.1.2). Dans cette boite de pétri et à partir d'une suspension bactérienne(CAR7) (figIII.1.4) d'une opacité ou densité optique bien définie, on réalise des stries serrées à l'aide d'un pipette Pasteur, incuber les boites dans une shikera 30°C pendant 48h(figIII.1.3)



FigureIII.1.2 : PDA dans les boites pétri solide)

FigureIII.1.3 :Ensemencement (milieu



Figure : champignon isolé à partir des algues rouges(CAR7)

III.1.2.5 : Ensemencement dans le milieu liquide

On fait cetteensemencement dans un milieu composé de :-3g extrait de levure-3g extrait de malt-5g Peptone -10g glucose

Dans un milieu neutre de PH=7.2 .on optaient 50ml de liquide bactérienne .



Figure III.1.5:Ensemencement (milieu liquide)

III.2 : Prétraitement du substrat

Afin d'optimiser les cinétiques de production du biogaz et afin de réduire le temps de séjour et pour assurer une homogénéisation de l'échantillon, les déchets(figIII.6) et la bouse de vache(figIII.2.7)sont découpés en petits morceaux et séché.



Figure III.2.6 :déchet organique **figure III.2.7** :la bouse de vache

III.3 : Description du digesteur et des dispositifs utilisés :

Le digesteur utilisé est conçu dans notre laboratoire, il se compose de :

Cuve en verre :d'une capacité de 2 litres, elle est réservée pour la digestion anaérobie du substrat organique(FigIII.3.8) Elle se présente sous une forme cylindrique d'une hauteur de30 centimètre et d'un diamètre de 18centimètre, les deux extrémités arrondies de la cuve sont utilisées, la partie inférieure comme pied de cuve et dans la partie supérieure muni 4 trous pour :

- l'agitateur magnétique -l'électrode de PH-mètre
- le thermomètre - prélèvement des échantillons liquides à l'aide d'une seringue



Figure III.3.8: le bio digesteur utilisé vide.

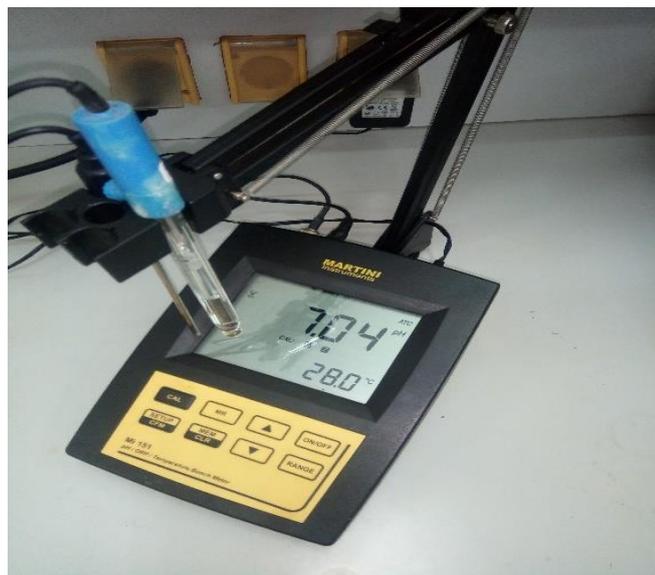
Agitateur magnétique : de type de **MLM MR25** (figIII.3.9) on utilise un système d'agitation pour :

- maintenir les matières solides en suspension
- éviter la formation de mousse et de croûte
- assurer le transfert de chaleur
- faciliter le dégagement des bulles de biogaz



FigureIII.3.9 :agitateur magnétique

D'un PH-mètre :de type de **Milwaukee Instruments MI151** **pH/ORP/Temperature Bench Meter**(FigIII.3.10) pour mesurer les changements du PH du milieu.



FigureIII.3.10:le PH-mètre utiliser

Bain marie : de type de MLM UH(FigIII.3.11)de surcuit fermé pour garde la température stable car les bactéries impliquées travaillent de manière plus efficace entre 30 et 35 °C.



Figure III.3.11: bain marie

III .4. Conditions opératoires

Le volume utile du réacteur est de 2 l. Nous avons laissé un volume de 66,67 ml au-dessus du niveau du liquide pour protéger la sortie de gaz, et maintenir l'anaérobiose. Les réacteurs sont maintenus en condition mésophile ($35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) dans un bain marie de circuit fermé chauffé et régulé à 35 °C par un thermostat et agité avec un agitateur magnétique et le PH sera réglé à 7 a l'aide d'une seringue remplie avec l'NaOH de 0.1M.

III.5. Remplissage des digesteurs :

Les 3 digesteurs utilisés sont alimentés comme suite :

* digesteur I : contient le déchet ménager de volume de $v=10.66g$

*digesteur II : contient le déchet plus la bosse de vache de volume de $v'=5.33$ du substrat et $v''=5.33$ de bouse de vache.

*digesteur III : contient le déchet plus la bosse e vache plus la souche des volumes : $v'=5.33$ du substrat et $v''=5.33$ de bouse de vache et 50ml de la souche.

III.5. Méthodes d'analyses

III.5.1. Détermination de la matière sèche (MS)

La matière sèche est déterminée par la méthode de dessiccation dans une étuve maintenue à 105 °C jusqu'à ce que le poids devient constant .

La différence du poids correspond à la perte d'humidité et le résidu représente la teneur en matière sèche de l'échantillon.

Pour déterminer la matière sèche, une prise d'échantillon de masse quelconque, soit M_1 , est versée dans une capsule de masse connue soit M préalablement nettoyée et séchée, ensuite l'ensemble est placé dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures jusqu'à l'obtention d'un poids constant. La capsule est pesée après refroidissement dans un dessiccateur

La matière sèche (MS) est calculée selon l'expression suivante :

$$MS(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

M_1 : masse de l'échantillon avant dessiccation

M_2 : masse de l'échantillon après dessiccation.

III.5.2 : Détermination de la teneur en matière organique (MO)

Lorsque l'échantillon, préalablement séché, est soumis à une incinération à 550°C, la matière organique se consume et la matière résiduelle constitue la matière minérale (A.O.A.C, 1990).

Pour déterminer la teneur en matière organique (MO), une masse quelconque de l'échantillon après dessiccation, soit M_1 , est introduite dans une capsule préalablement nettoyée et séchée ayant une masse, M , l'ensemble est placé dans un four à moufle[figIII.5.1] pour une calcination à 550 °C pendant 12-18 heures. Après refroidissement la capsule contenant la matière minérale est pesée encore une fois[figIII.5.2]. La masse de la matière organique est obtenue par différence entre la masse de matière sèche et la masse de matière minérale.



FigIII.5.1 :four à moufle



figIII.5.2 :la matière après calcination

III.6 : Les paramètre suivis

Le contrôle des digesteurs anaérobies est nécessaire pour assurer la réussite de l'opération. Puisque la digestion anaérobie est un processus complexe impliquant plusieurs groupes de micro-organismes qui sont sensibles à plusieurs facteurs de fonctionnement, il est important de pouvoir détecter le déséquilibre de processus au début et donc l'action peut être prise à temps pour empêcher l'échec du processus. Pour cela pendant la durée de la digestion, nous avons suivi deux groupes de paramètres. Il s'agit de :

Les paramètres du fonctionnement

Dans cette étude on a suivi les paramètres qui nous renseignent sur le fonctionnement du réacteur tels que le pH, et la température.

Les paramètres d'épuration

Les deux paramètres les plus répandus qui peuvent nous donner une idée sur les matières polluantes, et donc donner une idée sur le taux d'épuration du substrat étudié. Ces deux paramètres sont ;

- La demande chimique en oxygène DCO.
- La demande biochimique en oxygène DBO5.

La demande chimique en oxygène est retenue mondialement comme critère d'évaluation et apparait dans toutes les études concernant les rejets et les déchets [16].

II.5.3.1. Le pH :

Le pH est un facteur facile à mesurer, Le changement du pH peut être un indicateur, et la cause du déséquilibre du processus, puisque les micro-organismes peuvent fonctionner seulement dans une plage spécifique de pH ils doivent être neutre de 6.5 à 7.5.

Méthode d'utilisation :

Toutes les valeurs de pH dans cette étude sont obtenues à l'aide d'un pH-mètre **MARTINI MI151** muni d'une électrode en verre et un thermomètre pour mesuré la température. La première étape avant utilisation est l'étalonnage du pH-mètre, qui est effectué à l'aide de deux solutions tampons de pH = 4 et pH = 10, la précision de la mesure donnée par le constructeur est de 0,1 unité de pH(FigIII.5.3).

Après l'étalonnage, on émerge l'électrode dans notre échantillon et on lit directement la valeur de pH affiché sur l'écran. La lecture est prise après stabilisation du résultat affiché.



FigureIII.5.3 : le dispositif utilisé

Ajustement du pH : Depuis le 2ème jour et pendant les 15 premiers jours, le pH chute à des valeurs minimales (4 – 5.5), ce qui influe et inhibe la phase méthanogénèse, pour cela on a ajusté le pH avec l'hydroxyde de sodium (NaOH) , de telle sorte à maintenir sa valeur au voisinage de 7.

Cette valeur est adéquate pour le développement et l'activité des bactéries méthanogénèse et ceci pour favoriser la formation du biogaz.

III.5.3.2. La détermination de la DCO

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement lors de la dégradation chimique d'une quantité de matière organique donnée par Greenberg et al., (1985) [42], cette mesure traduit leurs teneurs et le degré de la pollution.

La DCO est l'unité de mesure de pollution carbonée la plus utilisée en modélisation des procédés biologiques car elle permet de faire des bilans de matière regroupant des produits organiques biodégradables et non biodégradables.

Ce dosage est réalisé par l'emploi de la méthode au bichromate de potassium (AFNOR T90 -101). Cette méthode analytique est adaptée pour le dosage de la DCO dans la gamme de mesure va de 30 mg/L à 700 mg/L pour des échantillons non dilués. Les valeurs de la DCO de notre échantillon sont plus élevées que ces valeurs, pour cela toutes les mesures de la DCO sont réalisées sur des échantillons dilués[figIII.5.4].

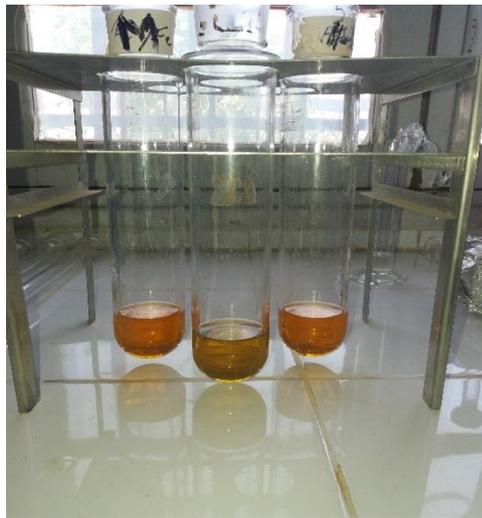


Figure III.5.4:Échantillons de DCO

Les matières organiques contenues dans l'échantillon sont oxydées, en milieu acide (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) comme catalyseur, et de sulfate de mercure (HgSO_4) pour éviter l'interférence des chlorures, par le bichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), introduit en excès, sous le chauffage à 150°C , pendant 2 heures dans un thermo-réacteur.

Après refroidissement, la DCO est déterminée par dosage en retour : l'excès de bichromate de potassium est dosé à l'aide d'une solution de sulfate fer ammonium [sel de Mohr $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$], après la détermination de leur titre, en présence de quelques gouttes de ferroïne comme indicateur coloré. L'oxydation de la matière produit des ions Cr_3^+ , donnant une coloration rouge violacé.

La DCO est exprimé par la relation suivante :

$$DCO = \frac{(V_T - V_E) \times 8000 \times T \times d}{V_e} \text{ (en mg d'O}_2\text{/l)}$$

V_T : volume de sel de Mohr pour le témoin V_E : volume de sel de Mohr pour l'échantillon ;

T : titre de sel de Mohr d : facteur de dilution V_e : la prise d'essai de l'échantillon.

III.5.4: La composition du biogaz

L'analyse de La composition du biogaz produit lord des essais de biométhanisation a été déterminée par la technique de la (CPG).chromatographie en phase gazeux (FigIII.5.4).par un chromatographe de type **SHIMADZU CG-17A**avec un colonne de type (S_E 30,avec les conditions d'injection suivantes :

T°injection :120°C

T°detecteur :140°C

T°colonne :30°C

Débit :15ml/min

Programation :p=40-80

V=3mPa/min

La chromatographie est une technique qui permet de séparer des molécules d'un mélange très complexe de nature très diverses. Elle s'applique principalement aux composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés par chauffage sans décomposition.



FigureIII.5.4 :CPG

IV.1. Description du digesteur au cours de la méthanisation :

Durant la digestion anaérobie, il y'avait un changement de couleur vers le foncé comme il paraît dans les figures président, et une odeur indésirable qui remplit l'air dès la 10^{ème} jour et qui augmente avec le temps, cette mauvaise odeur est dû au manque d'oxygène, c'est à dire que la mauvaise odeur se trouve dans les milieux ou il y a une demande d'oxygène élevée.

1^{er}jour10^{ème} jour20^{ème}jour35^{ème} jour52^{ème}jour

IV.2 : Le taux de la matière sèche

-du déchet organique :

$$\% MS = \frac{12.84 - [(25.93 + 12.84) - (25.93 + 11.97)]}{8.19} \times 100 = 11.79 \%$$

-de la bouse de vache :

$$\% MS = \frac{12.84 - [(25.93 + 12.84) - (25.93 + 11.97)]}{8.19} \times 100 = 19.22 \%$$

IV.3 : Le taux d'humidité

-de la matière organique :

$$\% d'humidité = 100 - \% MS = 100 - 11.79 = 88.21 \%$$

-de la bouse de vache :

$$\% d'humidité = 100 - \% MS = 100 - 19.22 = 80.88 \%$$

IV.4 : Le taux de la matière organique du substrat avant la digestion

-de déchet organique :

$$\% MO = \frac{(59.98 + 11.53) - (59.98 + 2.42)}{11.53} \times 100 = 79.01 \%$$

-de la bouse de vache :

$$\% MO = \frac{(59.98 + 18.7) - (59.98 + 6.28)}{18.07} \times 100 = 66.64 \%$$

IV.5. Le PH

Le PH, l'un des paramètres indicateurs qu'il faut surveiller afin d'éviter un possible dysfonctionnement, car les bactéries qui entrent en jeu dans les différentes réactions sont très sensibles aux valeurs de pH, le pH idéal se situe à 7, avec un optimum entre (6,5 -7.5)

Les figures si suite représente l'évolution de pH en fonction de temps

Résultats :

* Digesteur 1 :de déchet organique.

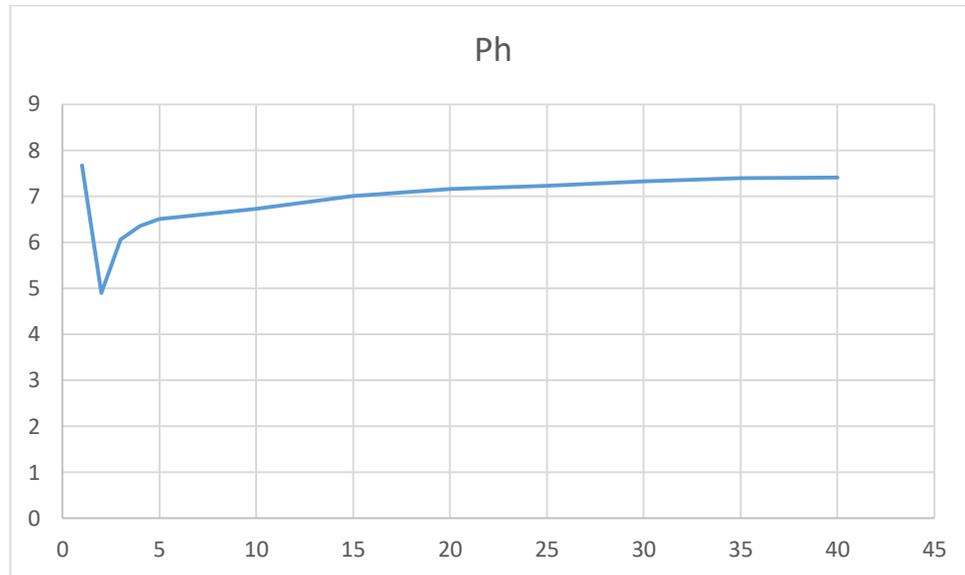


Figure IV.1 :l'évaluation dePH dans le 1er digesteur

D'après la(fig IV.1), on remarque qu'il avait une chute de pH dès le 2ème jour de 7.67 jusqu'à une valeur minimale proche de 4.2. L'augmentation du pH dès le 2ème jour est due à l'ajustement du pH par (**NaOH**) durant les 15 premiers jours afin de garder la valeur de pH au voisinage de 7, a partir de 16ème jour nous avons remarqué un auto ajustement du pH

* Digesteur 2 :de déchet organique plus la bouse de vache

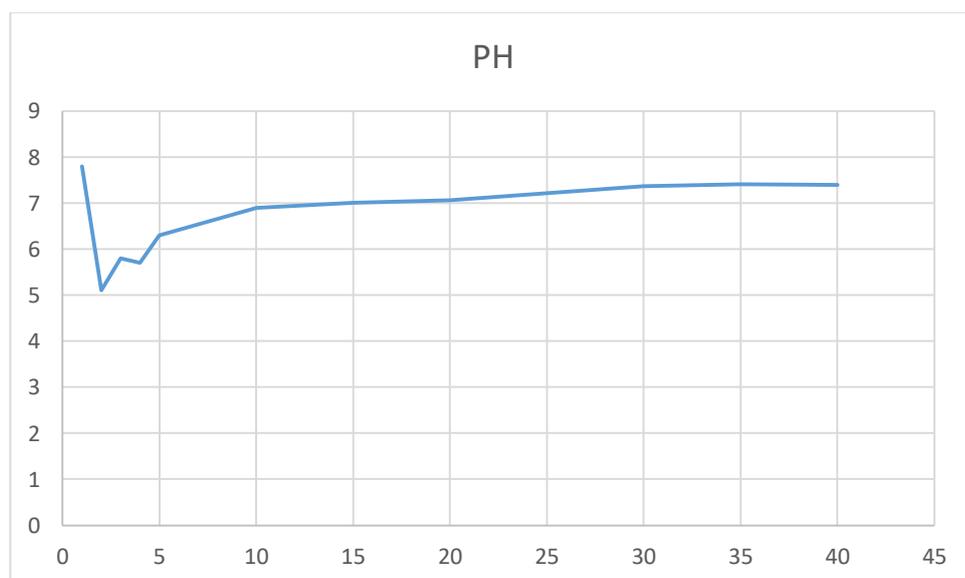
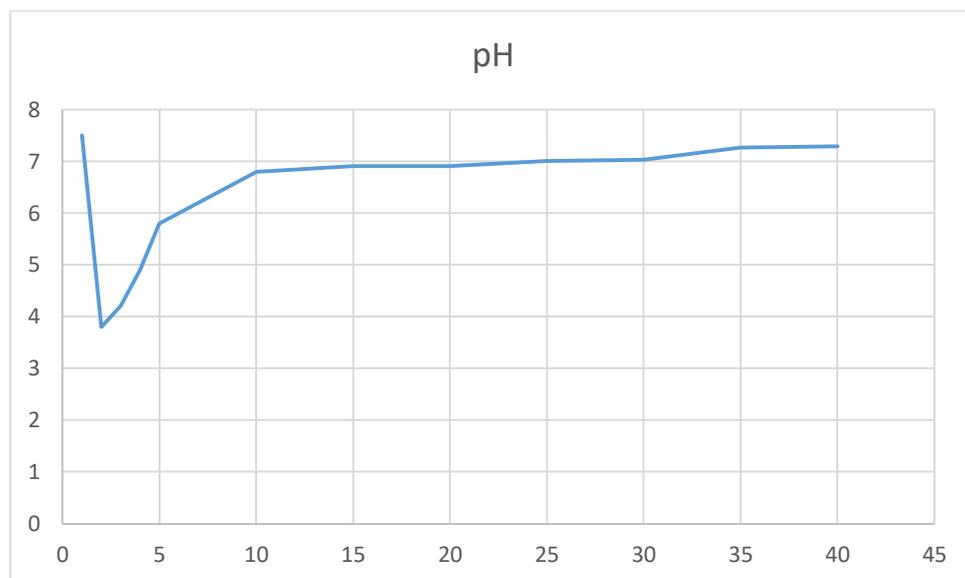


Figure IV.2 :l'évaluation dePH dans le 2ème digesteur

D'après la (figIV.2), on remarque qu'il avait une chute de pH dès le 2ème jour de 7.87 jusqu'à une valeur minimale proche de 5.1.

L'augmentation du pH dès le 2ème jour est due à l'ajustement du pH par (NaOH) durant les 11 premiers jours afin de garder la valeur de pH au voisinage de 7, à partir de 12ème jour nous avons remarqué un auto ajustement du pH

* Digesteur 3 : de déchet organique plus la bouse de vache plus la souche.



FigureIV.3 : l'évaluation dePH dans le 3ème digesteur

D'après la (FigIV.3)on remarque qu'il avait une chute de pH dès le 2ème jour de 7.52 jusqu'à une valeur minimale proche de 3.8. L'augmentation du pH dès le 2ème jour est due à l'ajustement du pH par (NaOH) durant les 8 premiers jours afin de garder la valeur de pH au voisinage de 7, à partir de 9ème jour nous avons remarqué un auto ajustement du pH

L'auto ajustement du pH cela est due à l'épuisement des acides formés dans la première partie par les bactériesacétogènes,et l'ajustement du pH aux alentours de 7 favorise le développement des bactéries méthanogènes qui sont responsables de la formation du méthane.

À partir de ces résultats ont conclu que la phase hydrolyse prend un long duré dans le digesteur de déchet organique que le digesteurensemencé par la souche, donc les bactéries dans la souche dépêche la production de bio méthane.

IV .6. La demande chimique et biologique en oxygène (DCO) :

Tableau IV.1 :les valeurs de DCO obtenue a la fin de la biométhanisation

Digesteur	DCO(mg/l)
Digesteur1	3448
Digesteur2	1848
Digesteur3	1408

D'après ces résultats :

-La DCO augmente dans le 1^{er} digesteur s'explique par la dégradation de la matière organique biodégradable une hydrolyse très rapide des substrats

-La DCO diminue dans le 2^{ème} et le 3^{ème} digesteur se déroule pendant l'acétogénèse et la méthanogénèse, la DCO produit est transformé en biogaz

IV.7. Composition du biogaz produit

*Composition du gaz naturelle :

Quand on a injecté le gaz naturel dans le CPG on optait 3 piques représenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.2 :le temps de rétention de gaz naturelle

Composé	Temps	Surface	Hauteur	Concentration
1	1,378	1540	683	0,0308
2	2,433	5232	1035	99,963
3	3,581	302	47	0,006

***Déchet plus la bouse de vache**

Quand on a injecté le gaz produit à partir du 2^{ème} digesteur dans le CPG on optait un seul pique représenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 :le temps de rétention de gaz produit à partir de 2^{ème} digesteur

Composé	Temps	Surface	Hauteur	Concentration
1	3.397	1829	125	100

***Déchet plus la bouse de vache plus la souche**

Quand on a injecté le gaz produit à partir du 3^{ème} digesteur dans le CPG on optait un seul pique représenté dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 :le temps de rétention de gaz produit à partir de 3^{ème} digesteur

Composé	Temps	Surface	Hauteur	Concentration
1	2.342	2867	9285	100

D'après ces résultats et comparent avec le temps de rétention de gaz naturelle on peut dit que le biogaz on a dans les bio digesteurs est un méthane (CH₄)

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES

DECHETS ET LES DECHARGES

Chapitre I

GENERALITES SUR LES DECHETS ET LES DECHARGES

DEDICACES

*Aux plus chers des chers,
Aux plus beaux de ce qu'a eu la terre,
A mon père (Athemane) et ma mère (Khiera)*

A mes frères, et ma sœur

A lamia et Marame

A celle qui m'a toujours soutenue avec ses prières,

Mes grands-parents,

A la mémoire de mes grands-parents,

Boualem et Razika

A toute la famille

CHERIF & BELAZIZ

A tous mes très chers amis

A Ilhem & Noussaiba

DEDICACES

*Aux plus chers des chers,
Aux plus beaux de ce qu'a eu la terre,
A mon père (Belkacem) et ma mère (Houria)
A mon frère, et ma sœur
A mon amour Abdelkader
A Roumaïssa et Haïtham
A ma deuxième famille Mohamed et Fatma
A toute la famille
MAHTAR & RIAD & GHNAINIA
A mon binôme CHERIF Soumia
A HAMIDIA Noussaïba
A tous mes très chers amis*

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : GENERALITES SUR LES DECHETS ET DECHARGES	
I.1 : Définition d'un déchet	01
I.2 : Classification des déchets	01
I.2.1 : Selon leur nature.....	01
I.2.2 : Selon le mode de traitement et d'élimination	01
I.2.3 : Selon le comportement et les effets sur l'environnement.....	02
I.2.4 : Selon l'origine	02
I.2.5 : Selon le mode d'enlèvement des déchets	03
I.3 : Durée de vie de certains déchets	03
I.4 : Définition d'une décharge	04
I.5 : Différents types des décharges	04
I.5.1 : Les décharges non conformes : décharges brutes.....	04
I.5.2 : Les décharges conformes	04
I.5.3 : Le centre d'enfouissement Technique (CET).....	04
I.5.4 : La décharge contrôlée	05
I.5.5 : Les décharges non contrôlés	05
I.6 : Rejets d'une décharge et leur composition	06
I.6.1 : Le Lixiviat	07
I.6.2 : Les fumées d'incinération	07
I.7 : Nuisances engendrées par les décharges	08
I.7.1 : Des bruits	08
I.7.2 : Des odeurs	08
I.7.3 : Des envols	08
Chapitre II :La biométhanisation	09
II .1 : La biométhanisation	10
II.2 : Les étapes de la biométhanisation	10
II.2.1 : L'hydrolyse	10
II.2.2 : L'acidogènes	10

II.2.3 : L'acétogénèse.....	11
II.2.4 : La méthanogénèse	11
II.3 : les principales bactéries de la biométhanisation	12
II.3.1 : Les acidogènes	12
II.3.2 : Les méthanogènes	12
II.4 : Choix des ressources à valoriser	13
II.5 : Différents types de projets	14
II.5.1 : La méthanisation agricole territoriale	14
II.5.2 : La méthanisation des boues sur les stations d'épuration	14
II.5.3 : La méthanisation des effluents industriels	14
II.6: Fonctionnement d'une installation de méthanisation	14
II.6.1: Pour la méthanisation par voie humide.....	15
II.6.2: méthanisation par voie sèche	15
II.7 : Le Biogaz	15
II.7.1: L'utilisation de biogaz	16
CHAPITRE III : Matériel et méthode	
III.1 : Origine et caractérisation des substrats utilisés	18
III.1.1 : déchet organique	18
III.1.2 :la souche	18
III.1.2.1: Définition.....	18
III.1.2.2 :Le milieu de culture PDA	19
III.1.2.3 : Préparation de PDA.....	19
III.1.2.4 : Ensemencement dans le milieu solide	19
III.1.2.5 : Ensemencement dans le milieu liquide	20
III.2 : Prétraitement du substrat	21
III.3 : Description du digesteur et des dispositifs utilisés	23
III .4. Conditions opératoires	
III.5. Remplissage des digesteurs.....	23
III.5.1 : Méthodes d'analyses	24
III.5.1.1.Détermination de la matière sèche (MS)	24
III.5.1.2 : Détermination de la teneur en matière organique (MO)	24
III.6 : Les paramètre suivis	25

III.5.3.1. Le pH	25
III.5.3.2. La détermination de la DCO	26
III.5.4: La composition du biogaz	27
CHAPITRE IV :Résultats et discussions	
IV.1. Description du digesteur au cour de la méthanisation	30
IV.2 : Le taux de la matière sèche	30
IV.3 : Le taux d’humidité	30
IV.4 : Le taux de la matière organique du substrat avant la digestion	30
IV.5. Le PH	30
IV .6. La demande chimique et biologique en oxygène (DCO)	33
IV .7. Composition du biogaz produit	33

CHAPITRE II

LA BIOMÉTHANISATION

CHAPITRE III
MATÉRIEL ET MÉTHODE

CHAPITRE IV
RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Conclusion

L'objectif principal de ce travail est de réaliser un bio-digesteur à l'échelle laboratoire pour valoriser la matière organique générée par les activités agricoles et plus particulièrement par la méthanisation à travers l'utilisation des déjections animales (bouse de vache) et la souche en tant que substrats pour la production de biogaz.

L'étude de la production de biogaz par digestion anaérobie des déchets organiques et digestion anaérobie des bouses de vache et la digestion anaérobie de mélange de déchet organique plus la bouse de vache plus la souche ,ont montré que le rendement en biogaz est plus important pour cette mélange

La durée de la partie hydrolyse pour le mélange qui contient la souche est 8 jours, et le mélange du déchet plus bouse est de 12 jours

À partir de notre résultat ont conclu que :

Les bactéries dans la souche empêché la production de bio méthane par réduisent le temps de la partie d'hydrolyse.

L'ajustement du pH aux alentours de 7 favorise le développement des bactéries méthanogènes qui sont responsables de la formation du bio-méthane.

D'après les résultats obtenus à l'aide d'un CPG et comparent avec le temps de rétention de gaz naturelle on peut dit que le gaz obtenu dans les bio digesteurs est un méthane (CH₄)

La méthanisation est un procédé couplant la production d'énergie renouvelable et le traitement des déchets. Elle peut contribuer notablement à la réduction des émissions de gaz à effet de serres, à l'amélioration de la fertilité des sols, ainsi qu'à la réduction de la déforestation en Afrique en offrant un combustible alternatif au bois pour diverses applications telles que la cuisine et le chauffage.

Tableau I.1 : temps de dégradation naturelle de quelques déchets

Produit	Temps de dégradation
Morceaux de carton	1 à 5 mois
Papier	2 à 5 mois
Corde	3 à 14 mois
Pelures d'orange ou trognon de pomme	1 mois
Chaussette en laine	1 à 5 ans
Mégot de cigarette	1 à 12 ans
Brique de lait(plastique + carton)	5 ans
Chewing-gum	5 ans
Chaussures en cuir	25 à 40 ans
Tissu en nylon	30 à 40 ans
Boite de conserve	50 à 100 ans
Canette en aluminium	200 ans
Sac plastique	400 ans
Emballage plastique d'un pack de 6 bouteilles	400 ans
Bouteille en plastique	400 ans
Bouteilles verre	4000 ans

Tableau I.2 : Nuisances et impacts

Nature des nuisances	Origines	Impacts
Poussières	Circulation des véhicules et engins	Désagrément pour le personnel et les riverains
Odeurs	Déchets, Fermentation, bio gaz	Désagrément pour le personnel et les riverains
Envols	Papier et plastique ,feuille textiles	Pollution du milieu naturel, atteintes au paysage
Animaux errants	Attrait nutritif des déchets	Transport de maladies, gêne pour l'aviation, atteinte à la chaîne alimentaire
Incendies et explosion	Imprudences, déchets Incandescents, accumulation de biogaz	Danger pour le personnel,nuissances olfactives
Bruit	Circulation d'engins	Désagrément pour le personnel et les riverains
Défrichage, déboisement	Implantation d'une installation de stockage	Appauvrissement paysager, gêne visuel
Risques sanitaires	Toxicité des déchets ,organismes pathogènes	Maladies

Tableau II.1 : composition du biogaz

Méthane	40 à 60%
Gaz carbonique (CO ₂)	35 à 45%
Azote (N ₂)	0 à 3%
Hydrogène sulfuré (SH ₂)	0 à 1%
Hydrogène (H ₂)	0 à 1%
Oxygène (O ₂)	0 à 1%

Tableau IV.2 : le temps de rétention de gaz naturelle

Composé	Temps	Surface	Hauteur	Concentration
1	1,378	1540	683	0,0308
2	2,433	5232	1035	99,963
3	3,581	302	47	0,006

Références Bibliographiques

- [1] M.E. Afilal, O. Elasri and Z. Merzak, 'Caractérisations des Déchets Organiques et Evaluation du Potentiel Biogaz', Journal of Materials and Environmental Science, Vol. 5, N°4, pp. 1160 - 1169, 2014.
- [2] C.F. Liu, X.Z. Yuan, G.M. Zeng, W.W. Li and J. Li, 'Prediction of Methane Yield at Optimum pH for Anaerobic Digestion of Organic Fraction of Municipal Solid Waste', Bioresource Technology, Vol. 99, N°4, pp. 882 – 888, 2008.
- [3] Rapport, '*Méthanisation des Déchets Organiques. Etude Bibliographique*', N°01-0408/1A, 194 p., Record, 2003.
- [4] : JORADP. 2001. Loi N° 01-19 du 12/12/2001 relative : la gestion au contrôle et à l'élimination des déchets
- [5] : Direction de l'environnement 2014. guide de programme des nations unis pour le développement durable (PNUD)
- [6] : Damien, A. 2006. Guide du traitement des déchets. Edition: Dunod. 549p. ISBN: 2-10049597-6.
- [7]: Loudjani, F. 2008. Guide des techniciens communaux pour la gestion des déchets ménagère et assimilés, ministère de l'aménagement du territoire de l'environnement et du tourisme, Algérie MATET
- [8] : ADEME. 2004. Enquête sur les installations de traitement des déchets ménagère et assimilés
- [9] : Chardin, B. ; sari, J.C. (2004), Filière de traitement des ordures ménagère et déchets industriels banals, In : l'air et la santé. Editons : Flammarion. P.153-154
- [10] : Chassagnac T (2005), réhabilitations des décharge-diagnostic et approfondi, technique de l'ingénieur, G2681
- Cours de gestion et fonctionnement des milieux aquatiques, IGEAT/ULB, Bruxelles, 2008
- [11] : Frigon J.C. ; Bissaillon J.L. ; plaquette L. ; et beauprés R., 1992- caractérisation et traitement du lixiviat d'un lieu d'enfouissement sanitaire. Sciences et techniques de l'eau. P 469-474
- [12] : Millot N. 1986- les lixiviats de décharges contrôlées ; caractérisation analytique. Etudes des filières de traitements. Thèse INSA (LCPAE). P : 188.
- [13] : Sillet A.A ; Royer S. ; coque Y. ; et thomas O ; 2001-le lixiviat des décharges d'ordures managers : Genèse, composition et traitement des déchets. Edition : science et techniques : 22

- [14] : Gérin M., Gosselin P. ; Cordier S. ; viau C. ; Quénel P. ; et Dewailly E. ; 2003 – Environnement et santé publique ; Fondement et pratique. Edition : tec et doc. P : 1023
- [15] : Drouin L. ; Richer N. ; et Goldbery M. 1999, Risques associés au biogaz des sites d'enfouissement sanitaires. Conférences à la 4ème cloque en santé environnement, Quebec. P : 24.
- [16] : Broz, J. 2006. Etude comparative des dangers et des risques liés aux biogaz et au gaz naturel. INERIS. Rapport d'étude n° 46032. 40p.
- [17] : Anonyme.2006.les décharges d'île de France .impact sanitaires et environnemental
- [18] : Fielder, H.M.P ; Pooking, C.M. ; Palmer,S.R.;Moss, N.; etcoleman,G.2000.Assesment of impact on health of residents living near the nant-y-Gwyddon landfill site : retrospectine analysis.Br.med.J,p:19-22
- [19]: Gallbert et Winter, 2005 ; Amani et al., 2010 ; Li et al., 2011
- [20] : Demirel et Scherer, 2008
- [21] : Amani et al., 2010
- [22] : Mizuno et al., 1997
- [23] : Li et al., 2011 ; Raposo et al., 2011 ; Karthikeyen et Vivanathan, 2013
- [24]: Moletta, 2008 ; Viard et Wawrzyniak., 2007