

LE BIOGAZ SOURCE D'ENERGIE RENOUVELABLES

Cas des déchets ménagers « biodéchet »

BENAICHATA MALIKA

*Département de technologie
Université de TAHRI MOHAMED
BECHAR*

rmalika.2007@gmail.com

Pr TAMALI MOHAMED

Department genie électriques

Université de TAHRI MOHAMED

BECHAR

Resume-

La conversion biologique de la biomasse en méthane a reçu une attention croissante au cours des dernières années, la biomasse végétale ou biodéchet a été explorée pour leur potentiel de digestion anaérobie en méthane et leur productivité ; la caractérisation de ce déchet solide a montré que cette biomasse est riche en matière organique 64.4% avec une ratio optimal de carbone/azote de 11.4, L'objectif de cette étude est de contribuer à la diminution de la quantité de déchets solides transporter à la décharge, par une digestion anaérobie humide discontinue type " batch" ,la quantité ainsi que la qualité de biogaz produit est estimé a l'échelle de laboratoire.

Mots clés biomasse, digestion anaérobie ,humide: biodéchet , biogaz.

I. INTRODUCTION

Lorsqu'il est question d'énergies renouvelables, on évoque le plus souvent les éoliennes, les capteurs solaires ou encore l'énergie hydraulique. Cependant, il existe d'autres solutions comme par exemple la production d'énergie à partir de la biomasse :le bois, les biocarburants ou encore le biogaz. [1]

La population des pays en développement est en pleine expansion, entraînant une augmentation des besoins alimentaires et de la production des déchets et effluents. Le recyclage de déchets participe à la lutte contre la pauvreté et à l'assainissement environnemental.

La méthanisation est un processus de digestion anaérobie permettant d'atteindre généralement un double objectif de valorisation énergétique par récupération de méthane (CH₄) et de stabilisation des déchets organiques en vue d'une valorisation matière par sa restitution partielle au sol [3]

Cette dégradation biologique implique une microflore spécialisée et diversifiée qui exige des conditions biophysico-chimiques spécifiques et adaptées. Comme la totalité des réactions biologiques, les réactions impliquées dans la dégradation anaérobie sont réalisées en présence d'eau, c'est-à-dire en milieu aqueux [4].

La production de biogaz en Algérie Historiquement la production du biogaz en Algérie remonte à l'ère coloniale. En effet, les colons industriels ont utilisé le biogaz issu de la fermentation des déchets de bovins, conçu dans les années 50 par l'Institut National Agronomique (INA) afin de faire fonctionner leurs véhicules agricoles.

Actuellement et selon le Ministère de l'Aménagement de Territoire et d'Environnement (MATE) l'Algérie compte installer plus de 50 centres d'enfouissement technique (CET) à travers l'Algérie d'ici à 2025. Ceci va permettre le développement du service public de gestion des déchets ménagers dotés par des technologies de la valorisation des déchets et plus particulièrement la récupération de la fraction biodégradable pour la production du biogaz. En ce qui concerne la production actuelle du biogaz en Algérie aucune estimation n'a été faite à titre principal. Néanmoins, certains ont été faits à titre d'expérimentation par le Centre de Développement des Énergies renouvelables (CDER) afin de mettre en évidence la faisabilité technique de ces projets en Algérie [5].

Étapes de digestion anaérobie La technique utilisée dans les systèmes anaérobie s'appelle la digestion anaérobie ou méthanisation. C'est un processus complexe impliquant plusieurs réactions biologiques. On le décrit généralement par quatre étapes principales, impliquant quatre consortiums microbiens spécifiques interagissant les uns avec les autres. La digestion anaérobie se déroule selon une succession de quatre étapes distinctes, De cette façon, les molécules complexes sont métabolisées jusqu'à leur minéralisation, c'est-à-dire leur transformation en méthane et en CO₂. Ces étapes sont : l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse et la méthanogénèse [6].

La figure présente l'ensemble des voies métaboliques, avec leurs groupes de micro-organismes respectifs, en trois étapes principales : (1) l'hydrolyse et acidogénèse ; (2) l'acétogénèse et (3) la méthanogénèse.

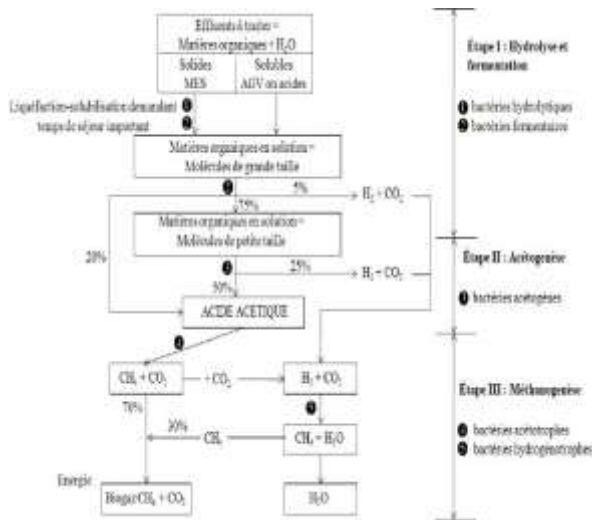


Fig. 1 Principales étapes de la digestion anaérobie et leurs groupes de microorganismes respectifs.

Les paramètres d'influence de la digestion anaérobie Anaérobioses : En l'absence d'oxygène (O_2), des bactéries dégradent partiellement la matière organique (MO) [7,8].

Les variations de température L'intensité de l'activité des micro-organismes, dont dépend la production de méthane est en fonction de la température du milieu.

Négligeable à $0^\circ C$, elle devient exploitable dès $15^\circ C$ pour augmenter rapidement à partir de $20^\circ C$ avec un maximum à $37-40^\circ C$ pour les fermentations mésophiles ($25-40^\circ C$) et $55^\circ C$ pour les fermentations thermophiles.

Le pH et TAC : Il est indispensable de maintenir le pH dans la gamme de la neutralité ($6.7 - 7.4$), l'optimum étant autour de $7.0 - 7.2$ unités pH. Afin de maintenir le réacteur au pH optimal, celui-ci est régulé par l'ajout de soude ou de bicarbonate de sodium. Alcalinité TAC : l'alcalinité est la capacité d'un milieu à absorber un apport de protons. Généralement, on considère qu'il faut une alcalinité en bicarbonate de 1000 à 3000 mg/l exprimée en $CaCO_3$.

AGV : Le pH est essentiellement lié à la présence d'acides gras volatils. Lors du bon fonctionnement du digesteur, la variation du pH est tamponnée par la présence des bicarbonates produits par les méthanogènes [9].

L'humidité L'eau est considérée comme un facteur déterminant dans le processus biochimique de dégradation anaérobie; les taux d'humidité optimale oscillent selon les études, entre 40 et 80% selon les auteurs d'après [10].

La ratio C/N : Le rendement en méthane d'un substrat dépend de sa composition chimique. Le rapport C/N (C non ligneux) du substrat fermenté détermine la proportion de CH_4 dans le biogaz : de l'ordre de 65% de CH_4 pour un rapport C/N = 8 ; de l'ordre de 52% de CH_4 pour un rapport C/N = 50 [11].

Les prétraitements Les traitements mécaniques (cribles, tamis, trommel, broyage) permettent de séparer la matière organique des résidus inertes : verre, plastiques, métaux, minéraux ainsi que d'autres impuretés. Ces traitements permettent tout d'abord d'assurer le bon fonctionnement des réacteurs. De plus, ils ont pour effet de concentrer la matière organique et aussi de réduire la taille des particules, améliorant ainsi l'efficacité du procédé de méthanisation [12-15].

l'inoculum: L'ajout d'un inoculum d'ensemencement lors du démarrage des tests de biométhanisation favorise un état d'équilibre de l'ensemble du processus de digestion anaérobie.

II. Matériels et Méthode

Estimation des résidus végétaux de restaurant 8 mai 1945 de université de BECHAR :

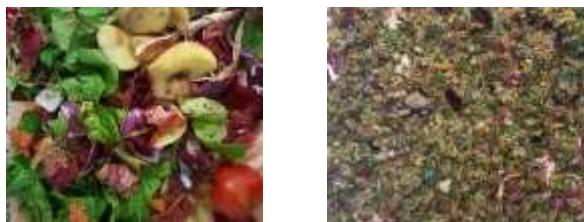
L'estimation de bio déchet au niveau de restaurant de la résidence 8mai 1945 pour un mois de suivi a été révéler que : La matière végétale (légumes et fruits) journalière entrante est estimé de $150Kg$ à 180 kg, pour $3000-3100$ étudiants bénéficiant du repas, cette quantité de la matière végétale produit un résidu estimé de 40 Kg à 50 Kg par jour

II. prelevement de biodéchet

Le substrat d'alimentation de digesteur type batch utilisé est la fraction fermentescible des ordures ménagères : déchets organiques biodégradables, ou biodéchets (déchets de cuisine et restauration) ; elles sont récupérés sur le lieu de prés collecte sélectif des restaurations de université de Béchar.

II. 2 Prétraitement mécanique de substrat (bio déchet)

Le bio-déchet récupérés est séché à l'air pendant une nuit puis suivi d'un traitement mécanique pour réduire la granulométrie (la taille des particules organiques de $2cm$ à $5cm$) au moyen d'un broyeur électrique puis homogénéiser (figure1) enfin le biodéchet est humidifié, cette humidité est acquise grâce à l'ajout de l'eau. Le substrat est inoculé à l'aide d'une quantité des bouses de vache ; au milieu de la fermentation le pH bas est corrigé par l'adition de la chaux éteinte local afin que la fermentation méthanique ne soit pas inhiber.



bio déchet avant le broyage bio déchet après le broyage

figure1 *Prétraitement de bio déchet*

Fig.3 digesteur de capacité de 120L

Détermination de La matière sèche (MS)

La matière sèche (MS) ou matières volatiles sèches (MVS) : Il s'agit principalement de la détermination de la matière sèche (MS) par la méthode empirique est généralement basée sur le principe de quantification gravimétrique (séchage à 105°C pendant 24heures) Norme NF XP X30-408

Détermination de La masse volumique apparente (ρ)

La masse volumique apparente (ρ) correspond à la masse de l'unité de volume à l'état sec. La mesure de ' ρ ' Elle est déterminée en appliquant la formule suivante $\rho = m/V$

Détermination du pH, de la conductivité La mesure du pH et la conductivité est réalisée selon la norme internationale NF EN 27888.

Le pH est déterminés par la méthode potentiométrique d'une électrode combinée (Consort 861)

La Conductivité électrique (λ) est la mesure de la concentration des ions solubles afin d'apprécier la salinité du substrat . Elle est mesurée par le conductimètre et elle est exprimée en (mS/cm).

Détermination de l'azote total (azote de kjeldahl) (NTK)

Dosage de l'Azote Organique par la Méthode KJELDAHL consiste à transformer l'azote organique en azote minéral (minéralisation), puis à déplacer l'ammoniac du sel d'ammonium obtenu (distillation) puis le neutraliser par une solution acide de titre connu (dosage).

Détermination de la matière organique(MO)

La détermination de la matière organique (la matière volatile (MV)) permet la quantification de la matière organique dans les déchets ; une méthode gravimétrique également basée sur la perte de masse d'un échantillon sec (échantillon issu de la détermination de la MS) après calcination dans un four à moufle à 550°C pendant 4 heures Norme NF U 44-160.

Détermination de carbone total (COT)

La détermination du Carbone Organique Total (COT) nous permet d'évaluer la quantité de matière organique présente dans des échantillons solides. La détermination de carbone total est basé sur méthode Walkley-Black modifiée par dosage du carbone organique dans les sols agricoles de code MA. 1010 – WB 1.0

Le contrôle du pH a été effectué les premiers jours de la fermentation, la chute du pH a été équilibrée en chaulant le digesteur par une solution de chaux éteinte commercial local.

La température : la température maintenu à 37°C dans le domaine mésophile.

Description prototype de digesteur au niveau de laboratoire

L'expérience a été réalisé dans deux essais ; dans chaque essais un erlenmeyer est remplie de substrat homogénéisé de tel façon que le (2/3) est remplié et le 1/3 de volume reste vide, on assure l'anaérobiose par un bouchon de silicone muni d'un trou dans le centre. Le premier erlenmyer est raccorder par un tuyau vers une chambre à air pour faire un test d'inflammabilité et l'analyse qualitatif de biogaz produit, le deuxième erlenmyer est raccorder par un tuyau vers une éprouvette gradué remplie d'eau acidifier pour suivre la production journalière de biogaz cumulé fig 2

On a procédé une agitation magnétique de deux heure chaque jours afin d'homogénéiser le substrat.



Figure 9: Description prototype au niveau da laboratoire

III. RESULTATS ET DISCUSSION

TABLEAU 1

CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DE BIO DECHET (RESIDUS VEGETALES)

Parameters	Résultats	Unité
MS	21	%
Matière Minéral (MM)	35.6	%
MO	64.4	%
C (COT)	37.4	%/MS
N (NTK)	3.33	%/MS
P	370	Kg/m ³ /MS
Λ	13500	μs/cm/MS
pH	6.49	/MS
C/N	11.4	

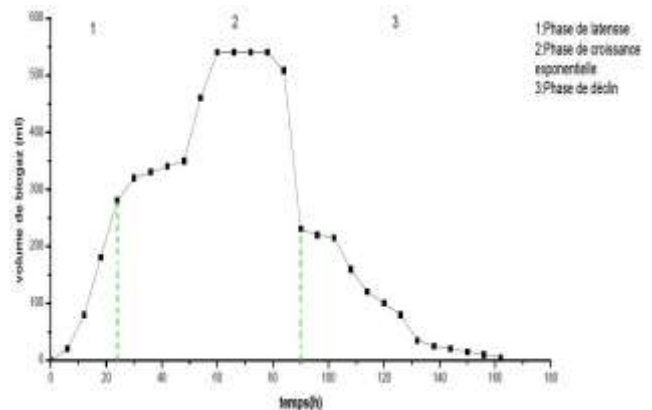
D'après les résultats de caractérisation physico-chimique de substrat (biodéchet) est riche en matière organique et les sels minéraux (MO 64.4%) avec une teneur en l'azote de 33,2 mg/g, avec un faible taux de l'azote total. avec une ratio optimal de carbone/azote de 11.4. le test d'inflammabilité est positif figure



Figure 22: test d'inflammabilité

L'analyse de biogaz dans la chambre à air est effectuée à l'aide d'un analyseur (Geotech GEM 5000) ; l'analyse de biogaz cumulé a dévoilé que le biogaz contient 40 % de CH₄ et 59% de CO₂ donc nous recommandons des filtres d'adsorption pour réduire la quantité de CO₂ dégagé.

Le cinétique de la production de la quantité de biogaz cumulé est suivi par la lecture directe de l'eau versée de l'éprouvette graduée équivalente à la quantité de biogaz dégagé en fonction du temps, donc d'après ses résultats on obtient le graphe suivant :



Graphe 1 : cinétique de la Production de biogaz cumulé

A partir de graphe on peut distinguer trois phases :

phase 1 : c'est la phase latence :

- Les bactéries sont adaptées au nouveau milieu et se développent ; le temps est de 24 h pour une production croissante en fonction du temps

phase 2 : c'est la phase de croissance exponentielle :

- Bactéries mésophiles ont une activité métabolique optimale. La production de biogaz accumulé est régulière avec un taux de 90 ml /h

Phase 3 : c'est la phase déclin :

Arrêt de croissance, l'épuisement de substrat la production est en décroissance jusqu'à l'arrêt total.

On estime $V_{total}=6153\text{ml}$ durant six jours, donc le temps de séjour est de six jours avec un taux de production moyen de biogaz est 150ml /MS

IV CONCLUSION

La biomasse est une des plus abondantes sources de carbones renouvelables et aura un rôle prépondérant à jouer dans la production d'énergie dans le futur.

La technologie du biogaz repose sur un concept de recyclage des déchets lors duquel la masse organique est convertie par fermentation méthanique en énergie (méthane : CH₄) simple, propre et prête à satisfaire un grand nombre de besoins énergétiques de manière totalement décentralisée [21].

La biométhanisation pour le traitement et la valorisation énergétique des déchets

Le potentiel de production de biogaz a partir de biomasse local et avec un digesteur familial peut être une source de l'énergie durable de la société mais il reste que la fermentation anaérobie dépend de plusieurs paramètres tel que la source de substrat, la température, l'agitation.... etc

en système fermé suivi d'un dosage par colorimétrie avec le bichromate de potassium, MA. 315 – DCO 1.1, Rév. 4, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 2016, 12 p.

REFERENCES

- [1] Bouhadiba B, Mezouri F, Kehila Y, Matejka G (2010) For an integrated Management for Municipal solid waste in Algeria. Systemic and Methodological Approaches. International Review of chemical Engineering- rapid Communication 2 (3):426-429.
- [2] Brahim Djemaci. Recyclage des déchets à travers un système de consigne : Cas des bouteilles en plastique en Algérie, Université de Rouen, Centre d'analyse et de recherche en économie (CARE), France
- [3] Joseph o., Rouez m., Métivier-Pignon h., Bayard r., Emmanuel e., Gourdon r. Adsorption of heavy metals on to sugar cane bagasse: Improvement of adsorption capacities due to anaerobic degradation of the biosorbent. Environmental Technology, 2009, vol. 30, n° 13, pp. 1371-1379.
- [4] Moletta, R. et Cansell, F., (2003). Méthanisation des déchets organiques : Etude bibliographique, RECORD : 193.
- [5] Laskri N, Hamdaoui O, Nedjah N., Traitement et valorisation des déchets par procédé de digestion anaérobie : production du biogaz. Revue des Energies renouvelables CER'07 Oujda (2007) 23-26.
- [6] Godon, J.J. (2008). Aspects biochimiques et microbiologiques de la méthanisation. In Moletta, R., La méthanisation (chp.3, p.61-85). Paris, Les Editions Eugen Ulmer, 120 p.
- [7] Chynowetha D.P., Owensa J.M., Legrand R. (2002). Renewable methane from anaerobic digestion of biomass. Renewable Energy 22, p. 1-8.
- [8] Karagiannidis, A., Perkoulidis, G. (2009). A multi-criteria ranking of different technologies for the anaerobic digestion for energy recovery of the organic fraction of municipal solid wastes. Bioresource Technology 100 (2009) 2355-2360.
- [9] Bitton, G., (1994). wastewater microbiology, Wiley-Liss Editor, New York.
- [10] [Aguilar-Juarez, O. Analyse et modélisation des réactions biologiques aérobies au cours de la phase d'exploitation d'un casier d'un centre d'enfouissement technique. Thèse de doctorat spécialité Génie des Procédés, INSA de Toulouse, 2000, 233 p.
- [11] Bertran de La Farge, Le biogaz : Procédés de fermentation méthanique, Masson, Toulouse, 1995, 80 pages.
- [12] Angelidaki I., Ahring B. K. Methods for increasing the biogas potential from the recalcitrant organic matter contained in manure. Water Science and Technology, 2000, vol. 41, pp. 189-194.
- [13] Forster-Carneiro, T., Perez, M. et Romero, L.L., (2008), Anaerobic digestion of municipal solid wastes: Dry thermophilic performance. Bioresource Technology 99: 8181-8184.
- [14] Izumi, K., Okishio, Y.K., Nagao, N., Niwa, C., Yamamoto, S. et Toda, T., (2010), Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste. International Biodeterioration and Biodegradation 64: 601-608.
- [15] Pommier, S., Manas Llamas, A. et Lefebvre, X., (2010), Analysis of the outcome of shredding pretreatment on the anaerobic biodegradability of paper and cardboard materials. Bioresource Technology 101: 463-468.
- [16] Benkadour O., Ghezal K. (2007). Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe du Turonien de Ouakda-Bechar (SW algérien), CU Bechar, 80 p.
- [17] Chawakitchareon P., (1990). Etude descriptive de décharge de déchets et recherche de critères permettant d'estimer le potentiel méthanique des ordures ménagères et/ou d'orienter leur traitement. Thèse de DEA de l'INSA, Toulouse, Université de Chulalongkorn, Bangkok, Thaïlande.
- [18] Degrémont, 'Mémento Technique de l'Eau', 10ème Ed, Tome 1. Lavoisier, p.535-536, 2005
- [19] Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A., Van.Clooster M. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental) Larhyss journal, 2011 ; 09 pp.149-169
- [20] Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Détermination de la demande chimique en oxygène : méthode de reflux