Revue des Energies Renouvelables Vol. 19 N°1 (2016) 111 – 118
DOI: https://doi.org/10.54966/jreen.v19i1.552

Etude du potentiel biométhane des déchets d'abattoirs

Yasmine Ryma Ouahabi*, Noureddine Maamir et Kenza Bensadok

Laboratoire des Sciences du Génie des Procédés Industriels et Environnement
Faculté Génie Mécanique/Génie des Procédés
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene
B.P., 32 El Alia 16111, Bab Ezzouar, Alger, Algérie

(reçu le 10 Novembre 2015 – accepté le 30 Mars 2016)

Résumé – *Le présent travail consiste à étudier la bio méthanisation, appliquée, aux déchets d'abattoirs, qui peuvent engendrer de grands risques sanitaires et environnementaux, s'ils ne sont pas correctement pris en charge. Du fait qu'ils se décomposent rapidement et peuvent être porteurs d'agents pathogènes et autres contaminants. Le procédé de digestion anaérobie, offre la possibilité de combiner le traitement de ces déchets et la production d'une énergie renouvelable qui est le biogaz. Le but de la présente étude est d'optimiser le taux de dilution des déchets d'abattoirs pour une production maximale en biogaz; les taux expérimentés étant:100%, 75%, et 25%. L'inoculum utilisé pour la digestion de ces déchets est du fumier de bovin digéré jusqu'à épuisement. Le meilleur résultat a été obtenu avec les déchets d'abattoir non dilués, et qui a conduit aux meilleurs taux d'abattement de la matière sèche, de la matière organique, de la DCO et de la DBO_5 et correspondant respectivement à 58.83, 67.85, 29.15 et 19.04%.*

Abstract - *This work aims to study the biomethanisation applied to slaughterhouse waste, which can lead to major health and environmental risks if they are not properly cared for. Because they decompose rapidly and can be carriers of pathogens and other contaminants. The anaerobic digestion process, offers the possibility of combining the treatment of such wastes and the production of renewable energy that is biogas. The purpose of this study is to optimize the dilution rate of slaughterhouse waste into biogas for maximum output; experienced rate being 100%, 75% and 25%. The inoculum used for digestion of waste is bovine manure digested until exhaustion. The best result was obtained with undiluted slaughterhouse waste, which led to the best reduction rate of dry matter, organic matter, COD and DBO_5 corresponding respectively to 58.83%, 67.85%, 29.15% and 19.04%.*

Keywords: Anaérobie digestion – Biogas - Slaughterhouse waste.

1. INTRODUCTION

En conséquence au pouvoir d'achat croissant, et à l'instar des autres produits de consommation, la demande en viande est en perpétuelle augmentation en Algérie. Cette industrie génère d'importantes quantités de déchets et sous-produits qui ne sont pas valorisés (malgré leurs potentialités) et sont jetés dans la décharge publique (pour les déchets solides) et dans les égouts (pour les liquides) et polluent ainsi les sols, les nappes phréatiques, les oueds et le littoral. La gestion de ces déchets et sous-produits est délicate.

La méthanisation, ou digestion anaérobie, est un procédé de valorisation prometteur pour la décomposition de la matière organique, qui sous l'action de bactéries appropriées et en l'absence d'oxygène produit un mélange de méthane et de gaz carbonique appelé biogaz. Ce biogaz est utilisé pour produire de la chaleur ou de l'électricité ou encore comme carburant pour les véhicules. Le digestât, quant à lui, peut être valorisé comme fertilisant.

* yasmineouahabi@yahoo.fr

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail a consisté en la valorisation des déchets d'abattoirs, par le procédé de digestion anaérobie mésophile en vue de la production de biométhane. L'effet de la dilution de ces déchets a été étudié dans le but d'optimiser leur potentiel biométhane.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Caractérisation du substrat et de l'inoculum

Le déchet d'abattoir utilisé comme substrat dans notre étude est constitué de sang qui provient de l'abattoir d'Hussein Dey, dans la Wilaya d'Alger (Algérie). L'abattoir a une surface globale de 24000 m^2, dont 15000 m^2 couverts et comprend 3 salles d'abattage d'une superficie de 3250 m^2 chacune, avec une capacité d'abattage de 5000 ovins et 480 bovins par jour. Les écuries aménagées représentent 3760 m^2 pour une capacité de 6000 ovins et 3000 bovins.

Les échantillons ont été prélevés au niveau du caniveau de rejet des déchets liquides, transportés dans des boîtes hermétiques en polypropylène et conservés à l'abri de la lumière dans un réfrigérateur à -18°C, pour une utilisation ultérieure.

Nous avons utilisé du fumier de bovins comme inoculum, prélevé au niveau du même abattoir.

2.2 Caractérisation physico-chimique du substrat et de l'inoculum

Les caractérisations physico-chimiques du substrat (sang) et de l'inoculum (fumier de bovins) sont données dans le **Tableau 1**.

Tableau 1: Caractérisation physico-chimique du sang et du fumier de bovins

Paramètres	Sang	Fumier de bovins
pH	08.30	08.20
MS (g/l)	100.93	48.40
MVS (g/l)	88.82	39.50
MM (g/l)	12.11	08.90
DCO (g O_2/l)	82.86	207.00
DBO_5 (g O_2/l)	36.00	/
DCO/DBO_5	02.30	/

2.3 Tests de potentiels biométhane BMP

Les tests potentiels biométhane (BMP) sont basés sur la mesure de la production de biogaz dans un réacteur fermé contenant une quantité connue de déchet organique mise en présence d'une quantité connue de micro-organismes anaérobies (inoculum).

Les incubations se déroulent en chambre thermostatée (37 °C) en absence d'oxygène [1]. Le dispositif expérimental utilisé pour la réalisation des BMP est représenté sur la figure 1.

2.4 Evaluation du volume de biogaz produit

La mesure du volume de biogaz produit a été effectuée par la méthode de déplacement du liquide [2] (figure 1). Le biogaz produit, pénètre dans l'erlenmeyer et par différence de pression l'eau se déplace, et se déverse dans le bécher gradué. Le volume d'eau déplacé, correspond au volume de biogaz produit

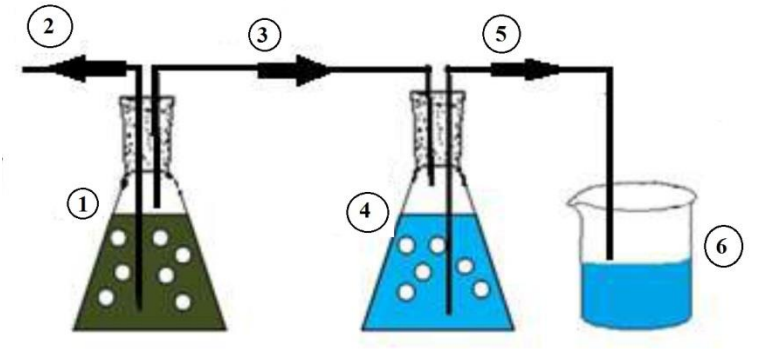

Fig. 1: Schéma descriptif du dispositif expérimental de la méthanisation

(1) Digesteur; (**2)** Flexible immergé dans le substrat pour le prélèvement d'échantillons (**3)** Flexible maintenu à la surface, dans la phase gazeuse, pour récolter et transporter le biogaz; (**4)** Erlenmeyer gradué d'une capacité de 500 ml rempli d'eau; (**5)** Un flexible pour le transport de l'eau sortant de l'erlenmeyer; (**6)** Un bécher pour la réception de l'eau**.**

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 Préparation de l'inoculum

Le but de la préparation de l'inoculum consiste en l'enrichissement de celui-ci en microorganismes méthanogènes. Pour cela, nous avons réalisé une digestion anaérobie de type mésophile (à 37°C) de ce dernier. Nous avons rempli le digesteur avec 100 g du fumier de bovins et nous avons complété avec de l'eau distillée jusqu'à 200 ml. L'expérience a duré 30 jours et les résultats sont représentés sur les figures 2 et 3.

L'évolution du volume cumulé du biogaz produit (figure 2) montre que celui-ci augmente au cours du temps. Au bout de 30 jours, le volume total de biogaz produit atteint 2582 ml.

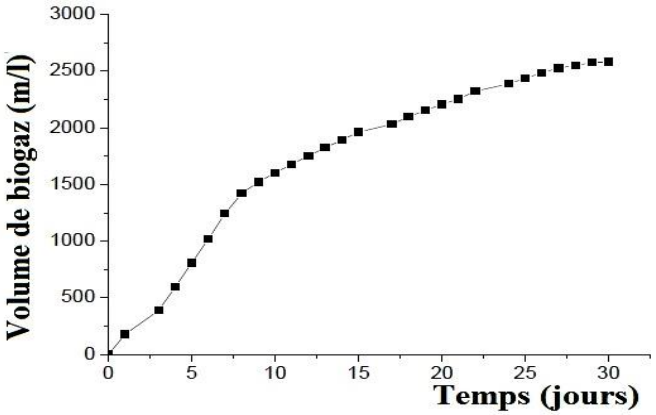

Fig. 2: Volume cumulé du biogaz produit par la digestion de l'inoculum

Le volume journalier de biogaz produit par la digestion de l'inoculum (figure 3) met en évidence 3 phases distinctes.

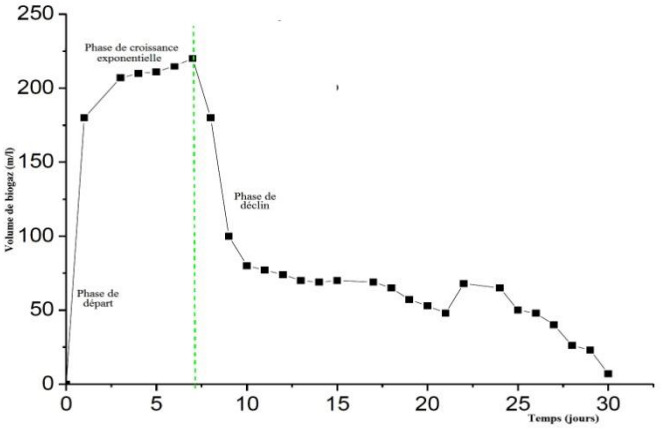

Fig. 3: Volume journalier du biogaz produit lors de la digestion de l'inoculum

- Du premier au 7ème jour, nous avons remarqué une augmentation du volume du biogaz produit quotidiennement. Cette production est due à a phase de départ durant laquelle se déroulent l'hydrolyse, l'acidogénèse et l'acétogénèse [3].
- La phase de croissance exponentielle [4], durant laquelle se déroule la méthanogénèse qui est directement responsable de la production du biogaz [5]. Ce dernier atteint sa valeur maximale de 222 ml au **7**ème jour.
- La phase de déclin, pour l'intervalle de temps compris entre le 7ème et le 30ème jour durant laquelle nous avons constaté une diminution du volume du biogaz quotidiennement produit. Cette diminution s'explique par l'appauvrissement du milieu de fermentation [6].

Les caractéristiques physico-chimiques de l'inoculum ainsi préparé (digéré) sont données dans le **Tableau 2**.

Tableau 2: Caractéristiques physico-chimiques de l'inoculum digéré

pH	07.50
MS (g/l)	22.14
MVS (g/l)	15.38
MM (g/l)	06.76
DCO (g/l)	34.37
DBO_5 (g/l)	10.38

3.2 Influence du taux de dilution sur le rendement de la digestion des déchets d'abattoir

L'expérience étudie l'influence du taux de dilution sur le rendement de la digestion anaérobie du sang. Nous avons effectué trois expériences de digestion anaérobie avec des taux de dilution de 100%, 75% et 25%. Le but est d'optimiser le taux de dilution adéquat pour une production maximale en biogaz pendant 30 jours. La digestion anaérobie est de type mésophile avec une température de 37°C, et réalisée avec agitation manuelle. Les proportions de chaque digesteur sont comme suit: Pour chaque digesteur qui contient 100 ml d'inoculum digéré, nous ajouté respectivement: 100 ml sang, 75 ml sang/25 ml eau et 50 ml sang/50 ml eau. Les résultats sont donnés dans les figures 4 et 5.

La figure 4 représentant l'évolution du volume cumulé du biogaz pour les 3 digesteurs montre que la production de biogaz diminue avec le degré de dilution. La production totale de biogaz après 30 jours de digestion est de 1880, 1706 et 1577 ml respectivement pour les digesteurs contenant 100% 75% et 50% de sang.

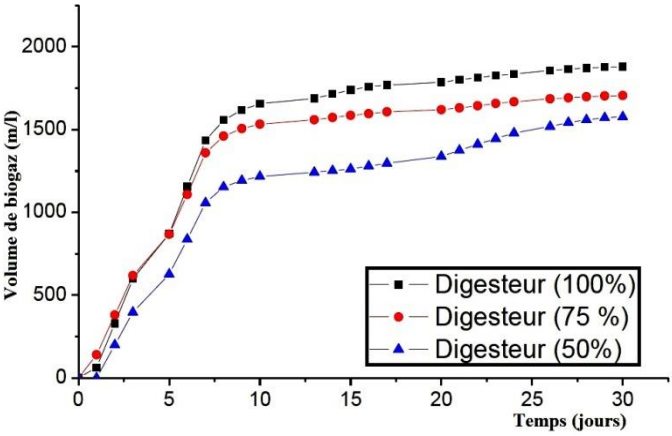

Fig. 4: Volume cumulé du biogaz produit
par les trois digesteurs en fonction du temps

La figure 5 représentant le volume journalier de biogaz produit montre que la digestion anaérobie se fait en 3 grandes étapes.

- Phase exponentielle: Cette période comptabilise une durée de deux jours depuis la fermeture des digesteurs. Une augmentation rapide du volume du biogaz produit quotidiennement été enregistrée par les digesteurs, 3 digesteurs, avec une valeur maximale de 260 ml au 2ème jour enregistrée au niveau du digesteur (100 %). Durant cette période se déroulent l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse [3] et le début de la méthanogénèse [4].
- Phase stationnaire: A partir du 2ème jour, nous avons remarqué une stabilité du volume du biogaz produit quotidiennement jusqu'au 7ème jour pour les trois digesteurs. Durant cette période, se déroulent la méthanogénèse.
- Phase de déclin: A partir du 7ème jour jusqu'au 30ème jour, nous avons constaté pour les trois digesteurs une chute brusque de la production de biogaz jusqu'à ce qu'elle devienne nulle.

3.3 Caractérisation physico-chimique des différents digesteurs avant et après la biométhanisation

Les **Tableaux 3**, **4** et **5** résument les caractéristiques physico-chimiques des trois digesteurs avant et après fermentation anaérobie.

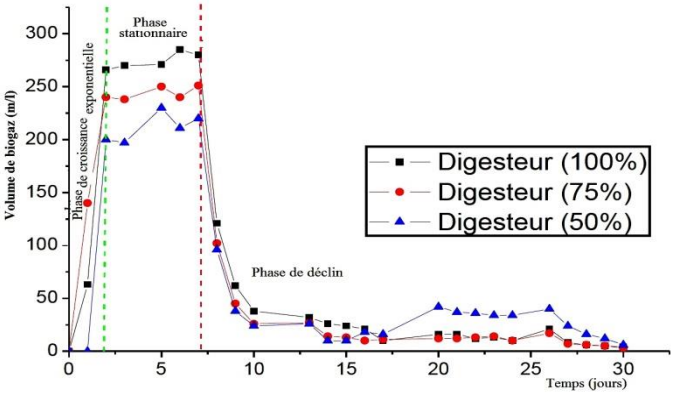

Fig. 5: Volume journalier du biogaz produit par les trois digesteurss

Tableau 3: Caractérisation physico-chimique du digesteur (100%)

Paramètre	Avant la fermentation anaérobie	Apres la fermentation anaérobie	Rendements d'élimination %
pH	07.60	07.34	/
MS (g/l)	60.16	24.77	58.83
MVS (g/l)	53.40	17.17	67.85
MM (g/l)	06.76	07.60	/
DCO (g/l)	93.50	66.25	29.15
DBO_5 (g/l)	55.50	42.50	19.04

Tableau 4: Caractérisation physico-chimique du digesteur (75%)

Paramètre	Avant la fermentation anaérobie	Apres la fermentation anaérobie	Rendements d'élimination %
pH	07.62	7.35	/
MS (g/l)	42.55	32.40	21.50
MVS (g/l)	38.70	27.75	28.29
MM (g/l)	03.85	04.65	/
DCO (g/l)	57.33	41.55	27.52
DBO_5 (g/l)	30.50	26.80	12.13

Tableau 5: Caractérisation physico-chimique du digesteur (50%)

Paramètre	Avant la fermentation anaérobie	Apres la fermentation anaérobie	Rendements d'élimination %
pH	07.20	07.09	/
MS (g/ l)	39.50	34.35	13.03
MVS (g/ l)	35.13	26.80	23.71
MM (g/ l)	04.37	07.55	/
DCO (g/ l)	48.33	37.09	23.25
DBO_5 (g/ l)	23.75	20.91	11.95

Le pH

D'une manière globale, la valeur du pH dans les trois digesteurs varie très peu entre le début et à la fin du processus. Cependant celui-ci aura subi des variations au cours des différentes étapes de la méthanisation.

- Il diminue durant l'acidogénèse durant laquelle il y a accumulation des acides gras volatils (AGV) [8].
- Ensuite, il augmente durant l'acétogénèse au cours de laquelle il y'a épuisement des acides gras volatiles consommés par les bactéries acétogènes;
- Durant la phase méthanogénèse, le pH continue à augmenter, ce qui favorise le développement des bactéries méthanogènes [7].

La matière sèche

La matière sèche a diminué après la biométhanition, et les rendements d'élimination pour les digesteurs 100%, 75% et 25% sont 58.83, 21.50 et 13.03 % respectivement. Donc la biométhanition de nos déchets a permis de réduire la matière sèche.

La matière organique

La matière organique a diminué après la biométhanition et les rendements d'élimination pour les digesteurs 100%, 75% et 25% sont 67.85, 28.29 et 23.71 % respectivement. La diminution de la matière organique s'explique par le fait que, durant la digestion anaérobie, les bactéries fermentatives consomment la matière organique pour produire du biogaz [9].

DCO et DBO_5

La valeur de la demande chimique en oxygène (DCO) et la valeur de la demande biochimique en oxygène (DBO_5) a diminué après la biométhanition et les rendements d'élimination pour les digesteurs (100%), (75%) et (50%) sont 29.15, 27.52 et 23.25 % respectivement pour la (DCO) et 19.04, 12.13 et 11.95 % respectivement pour la (DBO_5).

Nous avons reporté dans le **Tableau 6** les performances des trois digesteurs. Il apparait que quelque soit le paramètre considéré, la performance du digesteur augmente avec la concentration de celui-ci en sang.

Tableau 6: Volume du biogaz produit et les rendements d'élimination des 3 digesteurs après 30 jours

	Digesteur (100%)	Digesteur (75%)	Digesteur (50%)
Volume de biogaz (ml)	**1880**	**1706**	**1577**
Elimination de MS (%)	**58.83**	**21.50**	**13.03**
Elimination MVS (%)	**67.85**	**28.29**	**23.71**
Elimination DCO (%)	**29.15**	**27.52**	**23.25**
Elimination DBO_5 (%)	**19.04**	**12.13**	**11.95**

4. CONCLUSION

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que les déchets d'abattoir sont riches en matières organiques convenables pour la production de biogaz à partir du procédé de la digestion anaérobie.

Les tests de biométhanisation ont conduit à des résultats satisfaisants et encourageants. Les vitesses de production de biogaz sont conditionnées par la méthanogenèse: les productions cumulées de ce biogaz ont présenté une allure sigmoïdale, typique d'une croissance microbienne en 'batch'.

Pour l'ensemble des tests réalisés, il a été observé qu'après des temps de latence relativement courts (2 jours), les productions de biogaz ont débuté et ont présenté des vitesses spécifiques similaires pour la plupart des incubations, jusqu'à l'obtention d'un plateau, atteint lorsque toute la matière biodégradable avait été convertie.

NOMENCLATURE

DBO: Demande biologique en oxygène, g O_2/l
DCO: Demande chimique en oxygène, g O_2/l
MM: Matière minérale, %
MO: Matière organique, %
MVS: Matière volatile sèche, %

REFERENCES

[1] J. Bournigal, '*Quelle Energie Durable Pour Demain',* IRSTEA, 2012.

[2] S. Borowski and P. Kubacki, '*Co-digestion of Pig Slaughterhouse Waste with Sewage Sludge*', Waste Management, Vol. 40, pp. 119 – 126, 2015.

[3] A. Tahri, M. Djaafri, M. Khelafi, S. Kalloum et S. Salem, '*Amélioration du Rendement de la Production de Biogaz par Co-Digestion des Déchets Organiques (Déchets d'Abattoir et de Volaille)*', Revue des Energies Renouvelables, SIENR'12, pp. 375 – 380, Ghardaïa, 2012.

[4] A. Hajji, and M. Rhachi, '*The Influence of Particle Size on the Performance of Anaerobic Digestion of Municipal Solid Waste*', Energy Procedia, Vol. 36, pp. 515 – 520, 2013.

[5] S. Igoud, I. Tou, S. Kehal, N. Mansouri et A. Touzi, '*Première Approche de la Caractérisation du Biogaz Produit à Partir des Déjections Bovines*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 5, pp. 123 – 128, 2002.

[6] I. Tou, S. Igoud et A. Touzi, '*Production de Biométhane à Partir des Déjections Animales*', Revue des Energies Renouvelables, N. Spécial: Biomasse, Production et Valorisation, pp. 103 – 108, 2001.

[7] M. Djaâfri, M. Khelifi, S. Kalloum, A. Tahri, K. Kaidi et A. Touzi, '*Effet de l'Ensemencement sur la Digestion Anaérobie des Déchets Ménagers de la Ville d'Adrar*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 12, N°3, pp. 369 – 374, 2009.

[8] M. Djaafri, S. Kalloum, M. Khelafi, A. Tahri, F. Salem, K. Kaïdi, O. Barako, A. Kadri, L. Bensmail et A. Amahrouch, '*Amélioration de la Digestion Anaérobie des Déchets Ménagers (Déchets de Restaurant) en Utilisant un Prétraitement Physique*', Revue des Energies Renouvelables, SIENR'14, pp. 93 – 98, Ghardaïa, 2014.

[9] D. Kerroum, *'Digestion Anaérobie des Déchets Solides Mélanges avec les Boues de Station d'Epuration*', Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Département de Chimie Industrielle, 2008.