



Méthanisation des déchets organiques issus de la résidence universitaire de l'université Africaine de la ville d'Adrar Sud-Ouest de l'Algérie (Methanation of organic waste issued from African university campus in Adrar city (southwestern of Algeria))

M. Djaafri^{1,2}, S. Kaloum¹, M. Khelafi¹, A. Tahri¹, F. Salem¹, K. Kaidi¹,
L. Bensmail³, O. Barako³, A. Kadri³, A. Amrouche³

¹ Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien, UREMS, Centre de Développement des Energies Renouvelables ; CDER, 01000, B.P 478, Route de Reggane, Adrar, Algérie

² Université Abdelhamid IBenbadis-Mostaganem, Faculté des sciences et de la technologie, département de génie des procédés.

³ Université de Bechar, Département de Biologie, Bechar, Algérie.

Received 14 September, Revised 10 October 2014, Accepted 18 October 2014

*Corresponding Author. E-mail: djaafrimoh@urms.dz / djaafrimoh@yahoo.fr ; Tel: (+213 66222927)

Résumé

Dans ce travail nous intéressons à l'amélioration du rendement de la production biogaz par l'utilisation de substrats facilement biodégradables. Le substrat choisi pour cette étude est constitué des déchets organiques riches en sucre et des aliments cuits riches en amidon issus de la résidence universitaire de l'université Africaine de la ville d'Adrar. Durant cette étude nous avons suivi l'évolution du pH pendant la méthanisation ainsi que le volume du biogaz et la variation de la DCO en fonction du temps. Le volume du biogaz produit est considérable, il commence par une valeur de 300 ml/jour, avec un volume totale de 850 ml et un rendement de 56,66 ml/g de matière organique. Le taux de dégradation de la matière organique à atteindre 76,33 % pendant une courte durée de onze jours. Cela nous permet de conclure que le substrat choisi est favorable pour la mise en marche de nouveaux digesteurs de différents types, à l'échelle pilote ou semi-pilote.

Mots-clés : Biogaz, Digestion anaérobie, Accélération, déchets organiques, rendement en méthane, milieu saharien.

Abstract

In this work we are interested in improving the efficiency of biogas production through the use of readily biodegradable substrates. The substrate chosen for this study consists of organic waste, high in sugar and cooked foods rich in starch issued from African university campus in Adrar city. In this study we followed the evolution of the pH during anaerobic digestion, biogas production and COD variation. The volume of biogas produced is considerable; it starts with a value of 300 ml / day, with a total volume of 850 ml and a yield of 56.66 ml / g organic matter. The rate of organic matter degradation achieved 76.33% for a short period of eleven days. This allows us to conclude that the chosen substrate is favorable for starting new digesters of various types, for pilot or semi-pilot scale.

Keywords: Biogas, Anaerobic Digestion, enhanced, organic waste, methane yield, Saharan medium.

Introduction

Grâce à la digestion anaérobie, les déchets deviennent une source de richesses. Cette technologie devient essentielle dans le processus de réduction des volumes de déchets et la production de biogaz, qui est une source d'énergie renouvelable pouvant être utilisée dans la production d'électricité et de la chaleur.

Durant le processus de digestion anaérobie, seule une partie de la matière organique est complètement dégradée, le reste est un excellent agent de fertilisation des terres agricoles et qui peut être utilisé en tant que tel. La digestion anaérobie (DA) transforme les déchets organiques en biogaz via un consortium microbien dans des conditions exemptes d'oxygène, rendant la DA l'une des rares technologies qui, à la fois produit de l'énergie et

traite les déchets produits par les activités humaine. Il est possible de distinguer trois grandes étapes dans ce phénomène : une étape hydrolytique, une étape d'acétogénèse et une étape de méthanogénèse, chaque étape étant réalisée par différentes catégories de microorganismes qui ont été réparties selon quatre groupes trophiques :

- des bactéries hydrolytiques qui hydrolysent les lipides, les protéines et les glucides (la cellulose principalement) et les transforment en molécules simples.
 - des bactéries fermentaires acidogènes produisant de l'hydrogène et de l'acétate
 - des bactéries acétogènes dites homoacétogènes, catabolisent les composés monocarbonés et multicarbonés en acide acétique.
 - des bactéries méthanogènes. Elles réalisent la dernière étape en métabolisant des composés monocarbonés ou de l'acétate, en méthane [1, 2]. Ainsi, très actif consortiums microbiens et leur fonctionnement concerté contribuent directement à un système efficace du processus de DA. L'équilibre des nutriments est également critique dans le processus de DA. Un rapport (C / N) carbone-azote de 20 à 30 représente un optimum pour la production du biogaz, tandis que l'excès de sources d'azote ou de carbone peut conduire à l'inhibition [3].
- Le présent travail consiste en l'étude de l'amélioration des conditions de la digestion anaérobie et l'accélération de méthanisation des déchets organiques issus de la résidence universitaire de l'université Africaine de la ville d'Adrar à l'échelle de laboratoire. Cela a pour but d'exploité ces résultats à l'échelle pilote et surtout pour le lancement des nouveaux digesteurs (la mise en marche des digesteurs). Durant cette étude nous avons suivi l'évolution du pH, de la DCO et du volume de biogaz produit.

2. Matériels et méthodes

2.1. Procédure expérimentale

Le substrat utilisé dans cette étude est constitué des déchets organiques issus de la résidence universitaire de l'université Africaine de la ville d'Adrar. Ce substrat a été bien choisi et composé principalement des déchets de cuisine facilement biodégradable, tels que les épluchures des légumes sucrés (la betterave et la carotte) [4] et des aliments cuits qui contient beaucoup d'amidon (le riz et la pomme de terre) [5, 6].

Le pH a été mesuré on utilisant un pH-mètre de type METR TOLLEDO. L'ajustement du pH se fait à l'aide d'une solution de NaOH 0,5 N [7]. Le surnagent obtenu, après centrifugation des échantillons, a été utilisé pour mesurer la DCO, ce paramètre a été déterminé en utilisant la méthode décrite par [8, 9]. Le volume du biogaz produit est déterminé par la méthode du liquide déplacé [10]. La matière organique (MO) a été mesurée par la méthode standard [11].

2.1 Dispositif expérimental

Les essais ont été réalisés dans des réacteurs de type discontinu (batch) ; il s'agit d'une bouteille d'un litre. Le réacteur est muni de deux trous, le premier pour le prélèvement des échantillons liquides à l'aide d'une seringue, et l'autre pour la récupération et la mesure du volume de biogaz produit. Les digesteurs utilisés sont alimentés avec les déchets ménagers, la concentration est de l'ordre de 30 g MS/L [12].

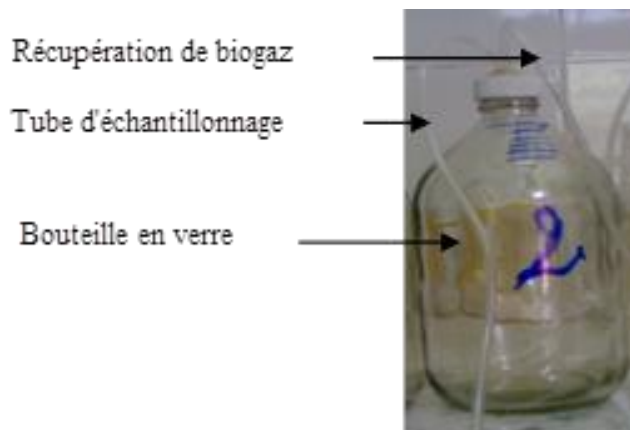


Figure 1: Photo du digesteur

2.2. Caractérisation du substrat

Tableau 1: Caractérisation du substrat avant la méthanisation.

Paramètre	valeur
Matière sèche (MS%)	24
Matière Organique (MO%)	95
pH	6,9

3. Résultats et discussion

3.1 Evolution du pH en fonction du temps

Le pH est un indicateur très intéressant dans la stabilisation et le bon déroulement de la digestion anaérobie. Les procédés de digestion anaérobies sont fortement influencés par le pH. La digestion anaérobie se déroule de façon optimale au voisinage de la neutralité $\text{pH} = 7$ avec une valeur optimal entre 6,5 et 7,5 [13].

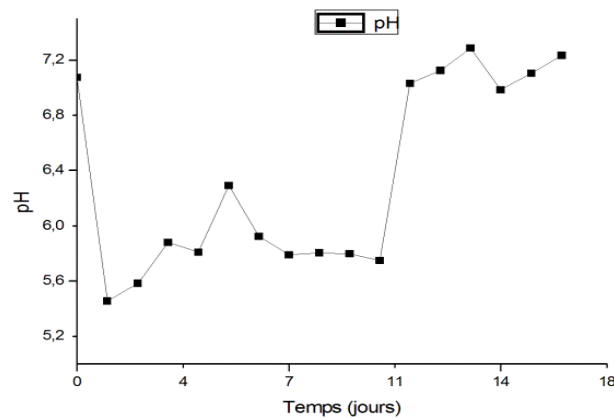


Figure 2 : Evolution du pH en fonction du temps.

D'après la figure 2, on peut remarquer que le pH varie au cours de la méthanisation.

La courbe d'évolution du pH peut être divisée en quatre parties ;

- 1^{ère} partie : durant les deux premiers jours nous remarquons qu'il y a une chute rapide du pH d'une valeur de 7,07 à 5,45. Cette diminution est due à la décomposition de substrat et la formation des acides gras comme l'acide lactate, butyrate, propionate...etc et leurs accumulations dans le milieu.
- 2^{ème} partie : dès le troisième jour jusqu'au cinquième, le pH est légèrement augmenté (auto-ajustement), cette augmentation peut être expliquée par la production de l'éthanol, mais il reste loin de la valeur optimale.
- 3^{ème} partie A partir du cinquième jour nous avons ajusté le pH avec une solution d'hydroxyde de sodium afin de rendre sa valeur proche de 7 (valeur optimale pour la digestion anaérobie). Après l'ajustement, le pH diminue et reste au voisinage de 6 jusqu'au onzième jour, cela est dû à la continuité de la production des acides [7].
- 4^{ème} partie: Après le onzième jour, un deuxième ajustement du pH a été effectué, mais cette fois-ci le pH reste stable après l'ajustement au voisinage de 7 jusqu'à la fin de l'expérience, cela peut être expliqué par la consommation des Acides Gras Volatiles (AGV) et l'épuisement de la matière organique.

3.2 Evolution du volume de biogaz en fonction du temps

Sur la figure 3, on remarque que la majorité du volume de biogaz est produite durant les cinq premiers jours avec un maximum de 300 ml enregistré au premier jour.

Cette production importante et rapide peut être expliquée par le fait que le substrat utilisé est constitué majoritairement des déchets sucrés et des aliments cuits (substrat prétraité et facilement biodégradable).

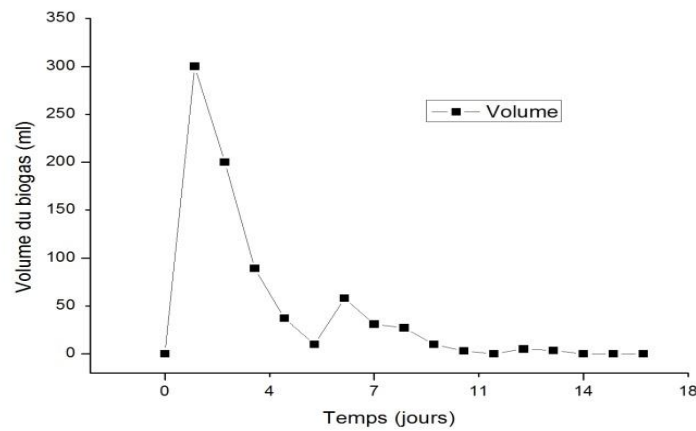


Figure 3 : Evolution du volume de biogaz en fonction du temps

A partir de 7^{ème} jour jusqu'à la fin de l'expérience au 17^{ème} jour, nous enregistrons une diminution continue du volume de biogaz qui est devenu nul au dernier jour. Cela est éventuellement expliqué par l'épuisement de la matière organique et par conséquent l'épuisement des AGV dans le milieu ainsi que le déséquilibre du milieu de culture (absence des nutriments). Ces résultats se ressemblent à celles obtenus par [12, 14].

3.3 Evolution de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) durant la digestion anaérobie

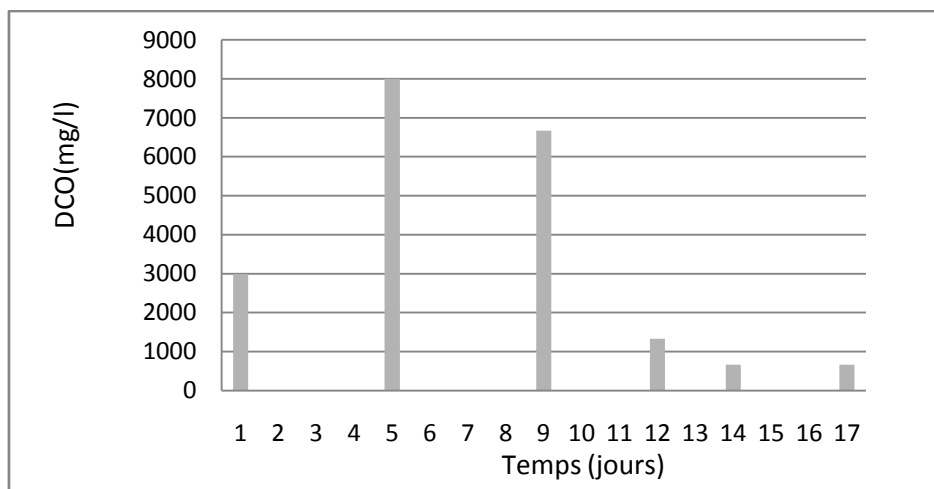


Figure 4 : Evolution de la DCO en fonction du temps.

La figure 4 représente la variation de la DCO en fonction du temps. Durant les premiers jours de la digestion anaérobie, la DCO est faible, cela est dû au début de la dégradation de substrat qui est constitué majoritairement par des macromolécules (phase d'hydrolyse et acidogénèse). Au cinquième jour la DCO atteint son maximum (8000 mg/l), celle-ci est expliquée par la dégradation de la majorité de substrat qui est bien évident par le volume de biogaz produit pendant cette période. Après le cinquième jour la DCO commence à se diminuer jusqu'à ce qu'elle atteigne sa valeur minimale qui est de l'ordre de 400 mg/l à la fin de la digestion. Le taux de dégradation de la charge organique est de 76,33 %. Ce résultat est en bon accord avec la littérature [15].

3.4 Caractérisation du substrat après la digestion

La masse transformée correspond à 15 g de MO. Sachant que le volume de biogaz total produit durant la méthanisation est égal à 850 ml, on aboutit à un rendement de 56,66 ml/g de MO. Cette valeur est considérable en comparaison avec les résultats trouvés par [16,17].

Tableau 2 : Caractérisation du substrat après la méthanisation.

Paramètre	valeur
Matière sèche (MS%)	2.15
Matière Organique (MO%)	45
pH	7.2

Conclusion

Cette étude nous a permis de conclure que les déchets organiques riches en sucre et les aliments cuits riches en amidon, constituent un substrat favorable pour le lancement des nouveaux digesteurs de différents types (la mise en marche), car ils sont facilement biodégradables et permettent une production rapide de biogaz. Cela est bien évident avec les résultats que nous avons obtenus :

- La production du méthane a bien commencé depuis le premier jour de la digestion anaérobie avec une valeur de 300 ml/jour ;
- La grande quantité de biogaz a été produite durant les cinq premiers jours (640 ml) avec un volume total de 850 ml;
- Le rendement en biogaz produit est de 56,66 ml/g de matière organique;
- Le taux de dégradation de la matière organique est de 76,33 %.

References

1. Ollivier B., *Thèse de doctorat*, Université de Provence Aix-Marseille, France, (1987).
2. Moletta R., *Techniques de l'Ingénieur, Procédés chimie - bio - agro*, bio 5100, (2012).
3. Wang Z. et al., *Bioresource Technology*, 144 (2013) 281-287.
4. Fang C., Boe K., Angelidaki I., *Water Research*, 45 (2011) 3473-3480.
5. Kryvoruchko V., et al., *Biomass and Bioenergy*, 33 (2009) 620-627.
6. Parawira W., Murto M., Zvauya R., Mattiasso B., *Renewable Energy*, 29 (2004) 1811-1823.
7. Kalloum S., Khelafi M., Djaafri M., Tahri A., et Touzi A., *Revue des Energies Renouvelables*, 10 (2007) 539 – 543.
8. Raposo F., Borja R., Martín M.A., Martín A., de la Rubia M.A., Rincón B., *Chemical Engineering Journal*; 149 (2009) 70-77.
9. Salminen E., Rintala J., Härkönen J., Kuitunen M., Högmander H., Oikari A., *Bioresource Technology*, 78 (2001) 81-88.
10. Charnay F., *Thèse de doctorat*, Université de Limoges, France, (2005).
11. APHA, *Standard Methods for the Examination and Water and Wastewater, twenty first ed. American Water Works Association and Water Environment Federation*, Washington DC. (2005).
12. Boutouta I. et al., *Mémoire de master*, Université de Blida, Blida, Algérie, (2012).
13. Gourdon R., *Techniques de l'Ingénieur*, 2060. Novembre (2012).
14. Djaafri M., Khelifi M., Kalloum S., Tahri A., Kaidi K., Touzi A., *Revue des Energies Renouvelables*, 12 (2009) 369-374.
15. Bal L., Chabot B., *Earth and planetary science*, Elsevier, 333 (2001) 827-834.
16. Marouani L., Bouallagui H., Ben Cheikh R., and Hamdi M., *International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management*, (2002) 318-323.
17. Afilal M.E., Elasi O., Merzak Z., *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (4) (2014) 1160-1169

(2014) ; <http://www.jmaterenvirosnci.com>