

Etude de l'influence du pH sur la production du biogaz à partir des déchets ménagers

Slimane Kalloum*, Mostefa Khelafi, Mohammed Djaafri, Ahmed Tahri et Abdelkader Touzi

Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien
B.P. 478, Route de Reggane, 01000 Adrar

(reçu le 10 novembre 2007 – accepté le 25 Décembre 2007)

Résumé - Les déchets de matières organiques proviennent essentiellement des industries agro-alimentaires (des activités domestiques, d'abattoirs, ...) et des eaux résiduaires urbaines. Ces déchets constituent une nuisance environnementale à prendre en charge pour la sauvegarde durable de notre environnement. La valorisation de cette matière organique serait une solution judicieuse pour atténuer leurs effets nocifs. Par ailleurs, l'application d'un procédé de bioconversion, 'la digestion anaérobie', offre la possibilité de combiner le traitement de ces déchets et la production d'une énergie renouvelable qui est le biogaz. Ce gaz riche en méthane CH_4 possède un pouvoir énergétique élevé et peut être utilisé dans de nombreuses applications comme: le chauffage, la cuisson, la production d'électricité, l'éclairage et en tant que biocarburant et pouvant être injecté dans le réseau de gaz de ville. Notre travail consiste à étudier la digestion anaérobie des déchets ménagers (déchets de cuisine) et plus particulièrement l'influence du pH sur le rendement en biogaz. Durant cette étude, nous avons aussi suivi l'évolution des paramètres de la pollution à savoir, la DCO et la DBO₅, ainsi que le volume du biogaz produit en fonction du temps avec un pH ajusté et aussi avec un pH non ajusté. Les résultats obtenus ont permis de démontrer la possibilité de produire une quantité importante de biogaz inflammable pendant une courte durée pour le digesteur à pH ajusté (milieu favorable pour l'activité bactérienne) par rapport au digesteur à pH non ajusté.

Abstract - The waste of organic matter comes primarily from the food industries, (of the domestic activities, slaughter-house...) and from urban waste water. This waste constitutes an environmental nuisance to take in charge for the durable safeguard of our environment. The valorisation of this organic matter would be a judicious solution to reduce their harmful effects. In addition, the application of a process of bioconversion 'anaerobic digestion' makes it possible to combine the treatment of this waste and the production of a renewable energy which is biogas. This gas rich in methane CH_4 has a significant energy capacity and can be used in many applications like: heating, cooking, production of electricity, lighting and as a bio-carburant and being able to be injected into the gas network for domestic use. Our work consists in studying the anaerobic digestion of domestic waste (kitchen waste) and more particularly the influence of the pH on the biogas yield. During this study, we followed the evolution of COD, the BOD₅ as well as the volume of the biogas produced during time of digestion with an adjusted pH and other with a pH not adjusted. The results obtained allowed us to demonstrate the possibility of producing a significant quantity of the flammable biogas during a short period for the digester with pH adjusted (favourable medium for the bacterial activity) compared to the digester with pH not adjusted.

Mots clés: Déchets ménagers - Digestion anaérobie – Biogaz – DCO - DBO₅.

1. INTRODUCTION

La méthanisation ou la digestion anaérobie est un procédé naturel de transformation de la matière organique en énergie par des bactéries méthanogènes en l'absence d'oxygène. Conduite dans des enceintes confinées appelées 'digesteurs', à l'intérieur desquelles les réactions de fermentation sont optimisées et contrôlées. Ces digesteurs produisent du biogaz, composé majoritairement de méthane, tout en réduisant de moitié le taux de matières organiques représentées par de nombreux déchets ou sous-produits biodégradables [1]. Le résidu de la

* kalloum_sli@yahoo.fr

digestion (ou digestat) obtenu est stable, désodorisé, débarrassé en majeure partie des germes pathogènes.

Plusieurs paramètres régissent le bon déroulement d'une digestion anaérobie, tels que le pH, le taux de dilution, la température et la composition du substrat.

La baisse du pH jusqu'en dessous de 4 implique inévitablement une inhibition significative de la phase méthanogénèse [2]. Cette dernière est l'étape limitante du processus de digestion anaérobie qui comporte généralement quatre phases successives: l'hydrolyse et l'acidogénèse qui se traduisent par la formation des acides gras volatils, l'acétogénèse responsable de la formation d'acide acétique, d'hydrogène et de gaz carbonique et enfin la méthanogénèse qui exige des conditions bien précises pour son déclenchement.

Dans ce travail, nous avons étudié la digestion anaérobie des déchets ménagers (déchets de cuisine) dans deux digesteurs, le premier avec ajustement du pH aux alentours de la neutralité (pH 7) [3], qui est le milieu favorable pour le développement des bactéries méthanogènes, responsables de la formation du biogaz et l'autre, sans ajustement du pH afin de démontrer l'influence du pH sur le rendement en biogaz. Pour cela, nous avons suivi régulièrement le pH, le volume du biogaz produit, l'évolution du DCO et de la DBO₅ en fonction du temps de digestion.

2. MATERIELS ET METHODES

Les déchets ménagers constitués de déchets de cuisine, tels que les épluchures d'oignon, de pomme de terre, de carotte, de betterave, de salade et artichaut (Fig. 1). Ces déchets ont été découpé en petits morceaux afin d'assurer une homogénéisation de l'échantillon, puis ils ont été introduits dans un digesteur de capacité d'un litre avec un taux de dilution de 16 g de matière sèche par litre [3, 4] (Fig. 2). Le digesteur est fermé hermétiquement pour assurer l'anaérobiose, puis il est plongé dans un bain marie réglé à 35 °C ± 2 °C [5-7]. Le volume du biogaz formé est mesuré à l'aide de la méthode de liquide déplacé, ensuite il est normalisé dans les conditions de température et de pression [8].

Le but de cette expérience est de prouver l'influence de l'ajustement du pH sur la digestion anaérobie des déchets ménagers. Durant la phase hydrolyse – acidogénèse, le pH chute à des valeurs minimales (5 - 3), ce qui influe et inhibe la phase méthanogénèse. L'expérimentation consiste à corriger le pH avec du carbonate de sodium (Na₂CO₃) [9, 10] jusqu'à des valeurs comprises entre 6,5 et 7 (milieu favorable pour l'activité des bactéries méthanogène) et ceci pour favoriser la formation du biogaz.

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type HANNA 9142. La demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO₅) ont été analysé selon la méthode décrite par J. Rodier [11].



Fig. 1: Vue de l'échantillon après découpage

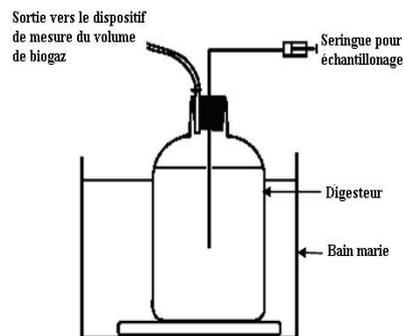


Fig. 2: Le digesteur

3. RESULTATS ET DISCUSSION

D'après cette figure 3, nous avons constaté qu'il avait une chute de pH de 6,5 jusqu'à une valeur minimale proche de 4 pour les deux expériences. Cette chute est expliquée par la dégradation de la matière organique et la formation des acides organiques et les acides gras volatils.

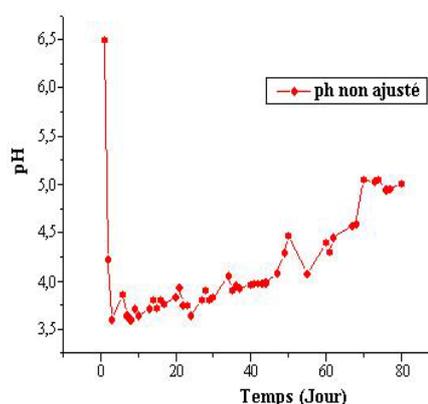
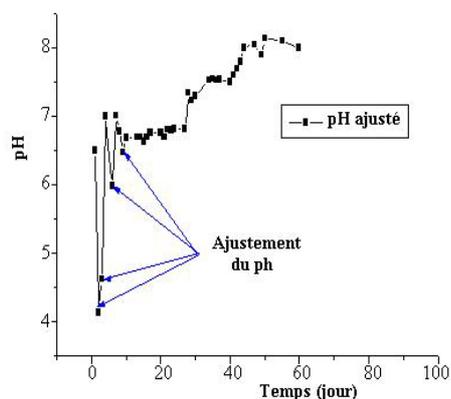


Fig. 3a: Evolution du pH en fonction du temps Fig. 3b: Evolution du pH en fonction du temps

L'augmentation du pH, dans la figure 3a est due à l'ajustement du pH par le carbonate de sodium dans les dix premiers jours. Après ce temps, nous avons remarqué un auto ajustement du pH cela est due à l'épuisement des acides formés dans la première partie par les bactéries acétogènes.

Par contre dans le deuxième cas (Fig. 3b), la chute de pH reste presque stable aux alentours de 3,8 plus de quarante cinq (45) jours. Une légère augmentation est enregistrée à partir du soixantième (60^{ème}) jour. Ces même constatations ont été rapportées dans les travaux de Charnay [12], Moletta [13] et Raposo *et al.* [14] dans leur étude sur la digestion anaérobie.

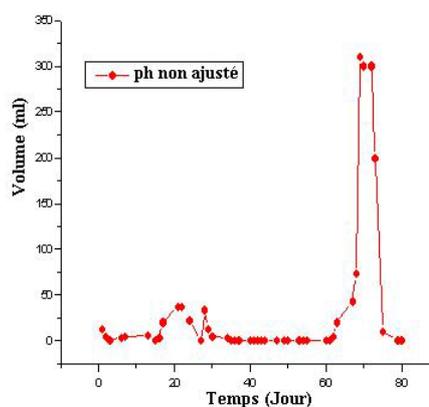
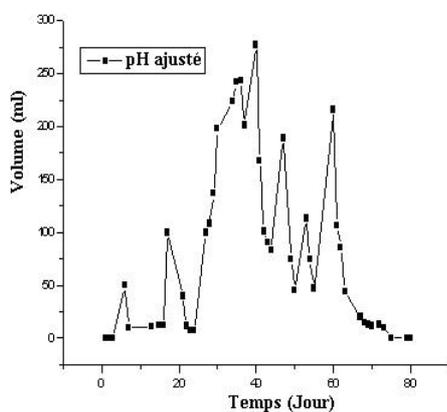


Fig. 4a: Evolution du volume de biogaz en fonction du temps

Fig. 4b: Evolution du volume de biogaz en fonction du temps

La production du biogaz a été mise en évidence par la mesure du volume du gaz formé.

D'après la figure 4, nous avons constaté que la phase méthanogénèse se déclenche dès le 25^{ème} jour dans le cas du pH ajusté par contre dans le cas du pH non ajusté le déclenchement de cette phase n'est possible qu'à partir de 60^{ème} jour. Cela nous permis de constater que dans un milieu réactionnaire à pH voisin de 7 le développement des bactéries méthanogènes est favorisé et par conséquent le commencement de la phase méthanogénèse [15]. Durant cette période de 80 jours, il a été produit 3,5 NI de biogaz pour le cas de pH ajusté et seulement 1,5 NI dans le cas du pH non ajusté.

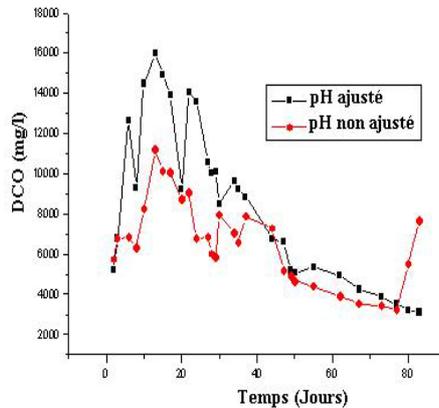


Fig. 5: Variation de la DCO en fonction du temps

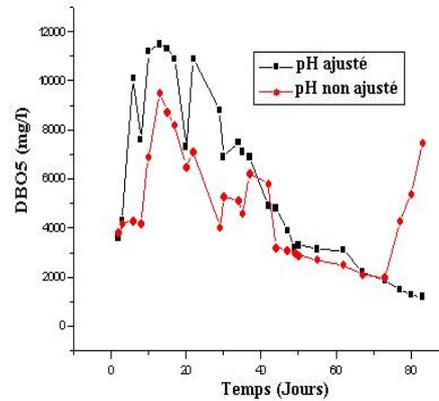


Fig. 6: Variation de la DBO₅ en fonction du temps

Les figure 5 et 6 montrent clairement qu'il y a une réduction de la charge organique, cela est bien illustré par la diminution de la demande chimique en oxygène (DCO) et de la demande biochimique en oxygène (DBO₅), mais avec un rendement supérieur dans le cas du pH ajusté par rapport au pH non ajusté, ce rendement est de 70 % pour le pH ajusté et 43 % pour le pH non ajusté respectivement. Les mêmes ordres de grandeur ont été rapportés par Yacob *et al.* [16] et Parawira [17].

4. CONCLUSION

L'étude de l'influence du pH sur la production du biogaz à partir des déchets ménagers a montré que l'ajustement du pH aux alentours de 7 favorise le développement des bactéries méthanogènes qui sont responsables de la formation du méthane. Nous avons constaté également que la quantité de biogaz produite dans le cas du pH ajusté est deux fois supérieure par rapport à la quantité produite dans le cas du pH non ajusté.

Concernant les paramètres de la dépollution, il a été constaté un abattement notable de la charge organique dans les deux cas, mais avec un rendement meilleur de 70 % pour le cas du pH ajusté.

REFERENCES

- [1] Document, 'L'Incineration des Déchets et la Santé Publique: Bilan des Connaissances Récentes et Evaluation du Risque', ADEME, 1999.
- [2] S. Amir, 'Contribution à la Valorisation de Boues de Stations d'Epuration par Compostage : Devenir des Micropolluants Métalliques et Organiques et Bilan Humique du Compost', Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique, Toulouse, France, 2005.

- [3] S. Kalloum, H. Boubdessaïem, A. Touzi et A. Iddou, '*La Digestion Anaérobie des Boues des Stations d'Épuration: une Opportunité Énergétique et Environnementale*', Mémoire de Magister, Ecole Nationale Supérieure des Enseignements Techniques, Oran, 2006.
- [4] S. Sambo, B. Garba and B.G. Danshehu, '*Effect of Some Operating Parameters on Biogas Production Rate*', *Renewable Energy*, Vol. 6, N°6, pp. 343 – 344, 1995.
- [5] T. Mandal and N.K. Mandal, '*Comparative Study of Biogas Production from Different Waste Materials*', *Energy Conversion and Management*, Vol. 38, N°7, pp. 679 – 683, 1997.
- [6] L. Angélique, '*Biométhanisation*', Rapport, Université de Liège, 2001.
- [7] M. Henze and P. Harremoës, '*Anaerobic Treatment of Wastewater in Fixed Film Reactors - a Literature Review*', *Water Science and Technology*, Vol. 15, pp. 91 – 101, 1983.
- [8] T. Chaslerie, '*Techniques de Bioconversion: la Biométhanisation*', Rapport, IUT, 2002.
- [9] S. Leclercq, V.A. Jacq et E. Tine, '*Essais de Valorisation de Sous-Produits de Brasserie par Fermentation Méthanique*', Procédé Contact Anaérobie, 1985.
- [10] E. Jardie, '*Composition Organique de Boues Résiduelles de Stations d'Épuration Lorraines: Caractérisation Moléculaire et Effets de la Biodégradation*', Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy I, 2002.
- [11] J. Rodier, '*L'Analyse de l'Eau: Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles et Eau de Mer*', 8^{ème} Edition, 1084.
- [12] F. Charnay, '*Compostage des Déchets Urbains dans les Pays en Développement : Elaboration d'une Démarche Méthodologique pour une Production Pérenne de Compost*', Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 2005.
- [13] M. Moletta, '*Caractérisation de la Diversité Microbienne Aéroportée des Biogaz*', Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, Sciences des Procédés Biologiques et Industriels, 2005.
- [14] F. Raposo, C.J. Banks, I. Siegert, S. Heaven and R. Borja, '*Influence of Inoculum to Substrate Ratio on the Biochemical Methane Potential of Maize in Batch Tests Process*', *Biochemistry*, Vol. 41, pp. 1444 – 1450, 2006.
- [15] J.P. Guiraud, '*Microbiologie Alimentaire*', Ed. Dunod, Paris, 1998.
- [16] S. Yacob, Y. Shirai, M.A. Hassan, M. Wakisaka and S. Subash, '*Start-up Operation of Semi-Commercial Closed Anaerobic Digester for Palm Oil Mill Effluent Treatment*', *Process Biochemistry*, Vol. 41, N°4, pp. 962 – 964, 2006.
- [17] W. Parawira, M. Murto, R. Zvauya and B. Mattiasson, '*Comparative Performance of a UASB Reactor and an Anaerobic Packed-Bed Reactor when Treating Potato Waste Leachate*', *Renewable Energy*, Vol. 31, N°6, pp. 893 – 903, 2006.