

Première Approche de la Caractérisation du Biogaz Produit à Partir des Déjections Bovines

S. Igoud, I. Tou, S. Kehal, N. Mansouri⁽¹⁾ et A. Touzi⁽²⁾

Division Biomasse-Energie, Centre de Développement des Energies Renouvelables, Bouzaréah, Alger.

⁽¹⁾Ecole Nationale Polytechnique, El Harrach, Alger.

⁽²⁾Station Expérimentale des Equipements Solaires en Milieu Saharien, Adrar.

Résumé – *La production du biogaz est une technique largement répandue dans le monde. Très riche en biométhane, ce gaz permet l’approvisionnement énergétique renouvelable notamment des zones agricoles et rurales où la biomasse organique est abondante.*

Dans ce contexte, la Division Biomasse prospecte la filière de la production du biogaz à partir des déchets organiques qui reste une source énergétique non exploitée en Algérie. L’article proposé présente une première approche de cette prospection qui consiste en l’installation d’un digesteur expérimental d’une capacité de 800 litres. Son utilisation pour une première biométhanisation mésophile a permis de produire 26,898 m³ de biogaz à partir de 440 Kilogrammes de bouses de vaches durant 77 jours. La composition moyenne du biogaz est de 61% de méthane et de 35,65% de gaz carbonique.

Abstract – *The using of biogas renewable energy is a mastered technique wich is widely spread in the world. It presents many advantages notably to fill up energy to agricultural and country people and in all zones where a plentiful organic biomass exists. In this context, Biomass Division canvasses the field of biogas production from the organic waste witch stay not exploited in Algeria.*

The proposed article presents a first approach wich consists on the conception and the installation of an experimental digester with a capacity of 800 liters. Using cow-dung, the digester allowed producing 26,898 m³ of biogas during 77 days. The average composition of produced biogas is 61% of methane and 35,65% of carbon dioxide.

Mots clés: Biogaz - Digesteur expérimental - Bouses de vaches - Cinétiques de production - Composition.

1. INTRODUCTION

Les énergies renouvelables, en Algérie, n’ont pas connu une large utilisation. Elles sont plutôt confinées à l’état expérimental mise à part quelques timides applications dans le domaine de l’énergie photovoltaïque. Cette situation est due partiellement à la disponibilité des ressources énergétiques fossiles, à l’absence d’un cadre législatif gérant ce secteur sans oublier le manque d’implication politique et sociale vis à vis de la protection de l’environnement.

Actuellement, l’importance du coût de la consommation énergétique, la promulgation d’une loi pour la mise en place d’une politique nationale de maîtrise de l’énergie et la prise en charge des problèmes de l’environnement favorisent le recours à l’utilisation des énergies renouvelables.

Parmi les différentes sources énergétiques renouvelables utilisées figurent celle de la biomasse qui constitue un gisement en continuelle augmentation et présente une très large diversité de composition. Leur exploitation pour la production énergétique est d’autant plus intéressante qu’elle intervient également dans la préservation de l’environnement. C’est le cas du biogaz qui est directement utilisable ou transformé à travers la co-génération électrique.

C'est dans ce contexte qu'à la Division Biomasse (CDER, Bouzaréah) des travaux de recherche pour la production de biogaz à partir de la fermentation des bouses de vaches, en premier lieu, sont entrepris. Cette ressource énergétique présente l'avantage d'être très disponible, non coûteuse et renouvelable à court terme.

Ce choix vise, en priorité, l'autonomie et la décentralisation de la production énergétique au profit des régions rurales et agricoles enclavées et non desservies à nos jours en énergie.

2. UTILISATION DU BIOGAZ ET SON EVOLUTION

Ancienne technique, la production du biogaz a été entreprise en 1682 par Boyle. Quand au premier digesteur, il a été mis en place à Bombay en 1852. Depuis, les pays asiatiques ont répandu et vulgarisé cette technique pour leur production énergétique utilisant pour cela des digesteurs de type chinois et indien. En Chine cette production atteignait vers les années quatre vingt plus d'un milliard de m³ par an [1, 4].

Dans le continent africain, cette technique reste méconnue et très peu utilisée. Le Burundi et la Tanzanie détiennent les plus importantes installations estimées entre 20 et 500 unités [6, 7]. Les pays du Maghreb n'en comptaient que 50 installations vers les années quatre vingt [8].

Dans les pays industrialisés, le biogaz est récupéré puis valoriser à partir des procédés anaérobies de traitement des déchets organiques. Dans un souci grandissant de protection de l'environnement, la communauté européenne prévoit une plus grande utilisation de cette énergie l'intégrant à un taux de 22% pour la production de l'électricité.

En Algérie, seules quelques expérimentations ont été réalisées notamment à l'Institut National Agronomique d'El Harrach vers les années quarante et au CDER en 1985 [3]. Des installations au niveau des internats surtout sont aussi rapportées par [5].

Depuis la fin de l'année 2001, cette filière de production bioénergétique est redynamisée au niveau de la Division Biomasse pour les innombrables et incontournables avantages qu'elle présente. La conception et la réalisation d'un premier digesteur de 800 litres sont ainsi à l'origine des premiers résultats de production, de quantification et de caractérisation du biogaz produit à partir des déjections bovines.

3. MATERIEL ET METHODE

3.1. Dispositif expérimental

La conception et l'assemblage du digesteur expérimental sont entreprises à la Division Biomasse [2]. Le dispositif est constitué:

- **d'une cuve métallique:** d'une capacité de 800 litres, elle est réservée pour la digestion anaérobie du substrat organique. Elle se présente sous une forme cylindrique d'une hauteur de 1,65 mètre et d'un diamètre de 1,25 mètre.
Les deux extrémités arrondies de la cuve sont utilisées comme pied de cuve (partie inférieure) et dôme de récupération du biogaz (partie supérieure).
- **d'un gazomètre à cloche:** utilisé pour le stockage du biogaz produit, il se compose d'un bâtis extérieur formé par une cuve à fond plat d'une hauteur de 1,25 mètre à l'intérieur de laquelle coulisse, grâce à un joint hydraulique, une cuve à dôme, ouverte sur sa base pour le piégeage du biogaz (Fig 1).

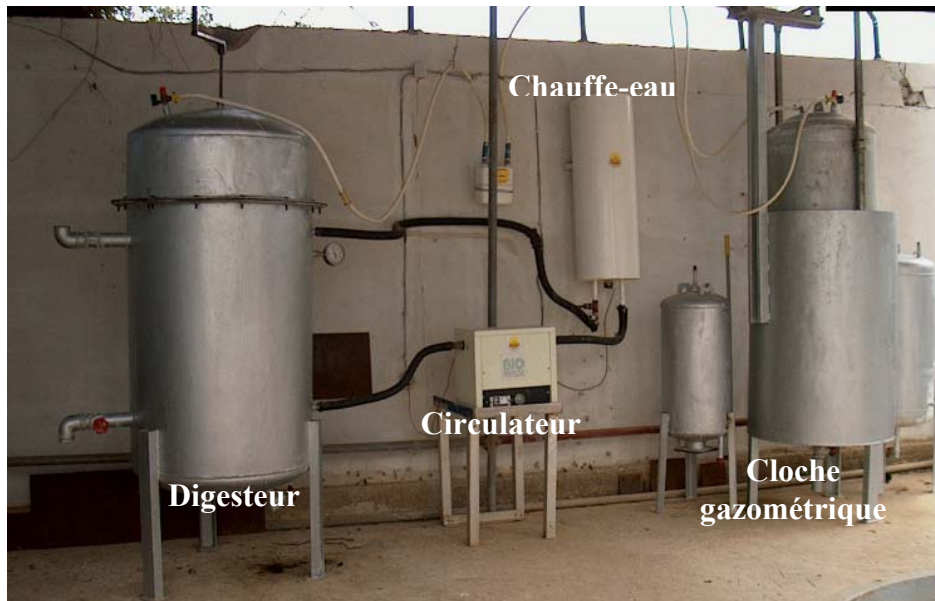


Fig. 1: Dispositif expérimental

3.2. Méthode de production

Après la récupération des bouses fraîches, leur pesée (440 kilogrammes) et leur dilution à raison de 30%, le substrat de digestion obtenu permet d'alimenter le digesteur. Celui-ci est fermé hermétiquement pour favoriser la digestion anaérobie (sans apport d'oxygène) du substrat. La phase de latence dépassée, la production du biogaz devient effective, grâce au processus de la biométhanisation.

Pour optimiser ce processus, le substrat est chauffé à une température moyenne de 35°C et homogénéisé par un mélangeur manuel. Le biogaz produit dans le dôme du digesteur est quantifié par un compteur à gaz puis transféré vers le gazomètre à cloche pour le prélèvement des échantillons à analyser.

4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1. Production cumulée

Durant un temps de séjour de 77 jours, la quantité de biogaz produite est évaluée à 26,898 m³. La cinétique de production (Fig. 2) se divise en trois principales phases :

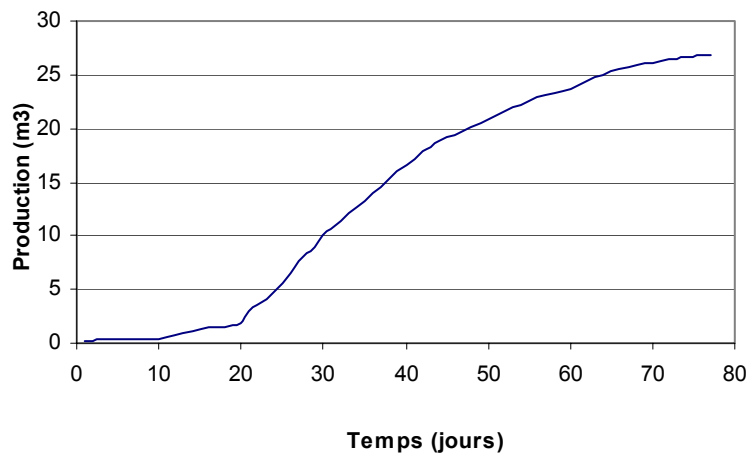


Fig. 2: Cinétique de la production cumulée du biogaz

1. **Phase de latence:** Cette période comptabilise une durée de 10 jours depuis la fermeture du digesteur. Une très faible production a été cependant enregistrée, estimée à $0,045 \text{ m}^3$. Cette période correspond à la phase de liquéfaction durant laquelle se déroulent l'hydrolyse, l'acidogénèse et l'acétogénèse. Cette phase précède la phase de gazéification ou la méthanogénèse qui est responsable de la production du biogaz [8, 9].
2. **Phase exponentielle:** A partir de 10^{ème} jour, les conditions de production sont atteintes, ce qui permet de comptabiliser les quantités de biogaz les plus importantes. Deux étapes de production sont alors observées :
 - La première se manifeste durant les 10 premiers jours au cours desquels la production journalière de biogaz reste faible, variant entre $0,006$ et $0,056 \text{ m}^3$.
 - La seconde est observée entre le 11^{ème} et le 65^{ème} jour avec de fortes productions journalières passant de $0,2$ à $0,9 \text{ m}^3$ de biogaz.
3. **Phase de palier:** A partir du 66^{ème} jour, la production est lente probablement sous l'effet de l'épuisement du substrat de digestion constituant la source nutritive et énergétique de la flore microbologique et particulièrement la flore méthanogène qui est directement responsable de la production du biogaz.

4.2. Production journalière

la cinétique de la production journalière évolue selon Fig. 3.

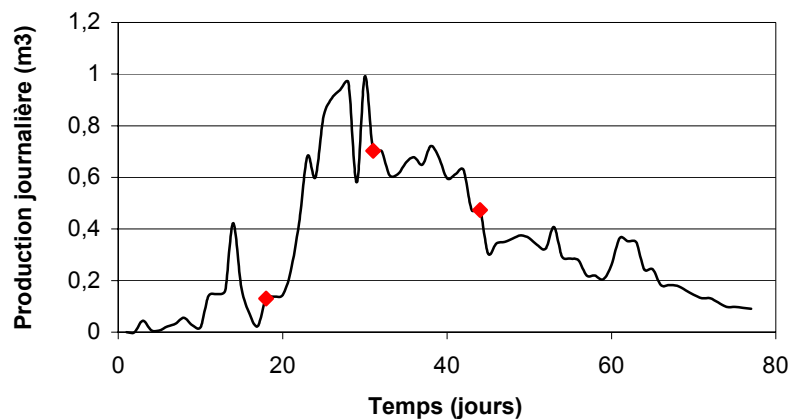


Fig.3: Cinétique de la production journalière du biogaz.

♦ Jour de prélèvement du biogaz pour l'analyse en CPG

Une similitude d'évolution entre la production journalière (Fig. 3) et celle cumulée (Fig. 2) est observée. Les phases de latence et de palier de production sont obtenues à partir des faibles valeurs de la production journalière (comprise entre le début de la production et le 10^{ème} jour puis entre le 50^{ème} et le 77^{ème} jour). La phase exponentielle (comprise entre le 18^{ème} et le 49^{ème} jour de production) correspond quant-à-elle à la partie centrale de la courbe.

4.3. Evolution du pH au cours de la production

Trois phases dans l'évolution des valeurs de pH sont observées au cours de la production du biogaz :

- **1^{ère} phase: acidification du substrat.** Elle est observée entre le début de l'expérimentation et le 17^{ème} jour avec des valeurs passant de 7,71 à 6,00.
- **2^{ème} phase: alcanisation du substrat.** C'est la période d'évolution du pH la plus lente, elle est comprise entre le 17^{ème} et le 43^{ème} jour de production du biogaz. Les valeurs du pH passent de 6,00 à 7,61.

- **3^{ème} phase: stabilisation du pH du substrat** : à partir du 45^{ème} jour de production, il y a un retour vers des valeurs de pH similaires à celles enregistrées lors du début de la production et une stabilisation autour de ces valeurs. Celles-ci varient entre 7,37 et 7,55.

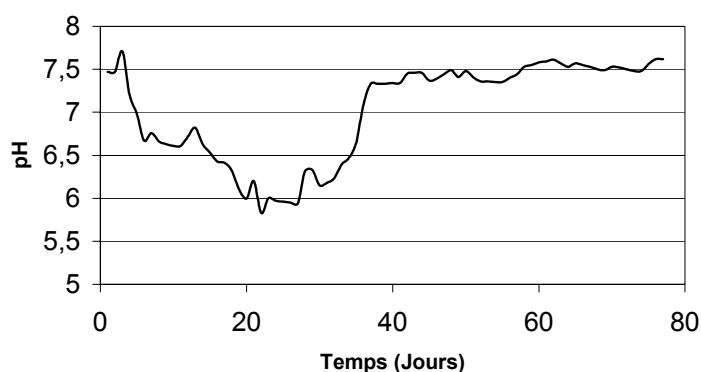


Fig. 4: Evolution du pH durant la production du biogaz

D'après la figure 4, une relation inverse est observée entre les courbes d'évolution de la production journalière du biogaz et celle du pH. En effet, la première période de faible production correspond à la phase d'acidification, alors que la période des fortes production correspond à la phase d'alcalinisation et de stabilisation du pH.

4.4. Analyse quantitative et qualitative du biogaz produit

Durant une période de production de 77 jours, le volume du biogaz produit est évalué à 26,898 m³. Ce résultat devient avantageux du fait qu'une économie de 20% d'eau a été réalisée. En effet, pour la production du biogaz à partir des déjections animales, un taux de dilution de 100% est généralement utilisé. Dans notre expérimentation seul 30% d'eau a été consommée.

Trois analyses en chromatographie en phase gazeuse ont été réalisées. Le chromatographe utilisé est de type HP 5890 série II équipé d'un détecteur à conductibilité thermique à filaments (TCD).

Les conditions opératoires réunies lors des analyses sont :

- Température de la colonne : 130°C,
- Température du détecteur : 200°C à 180 mA,
- Température de l'injecteur : 150°C,
- Débit du gaz vecteur : 30 ml/mn.

les résultats de la composition du biogaz obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 1: Composition du biogaz

| Prélèvement N° | Date d'analyse | Constituants | Quantité en % |
|----------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------|
| 01 | 18 ^{ème} Jour de production | CH₄ | 58,30 |
| | | N ₂ | 5,20 |
| | | CO ₂ | 36,49 |
| 02 | 31 ^{ème} Jour de production | CH₄ | 65,35 |
| | | N ₂ | 1,11 |
| | | CO ₂ | 32,26 |
| 03 | 44 ^{ème} Jour de production | CH₄ | 59,40 |
| | | N ₂ | 2,37 |
| | | CO ₂ | 38,22 |

La quantité du méthane analysée durant la production du biogaz varie de 5 à 7%. La composition optimale (65,35%) a été obtenue durant la période des fortes productions. Une relation proportionnelle semble être établie entre la production du biogaz et la qualité de sa composition.

5. CONCLUSION

A partir du dispositif de digestion réalisé, la fermentation mésophile des bouses de vaches a permis de produire 26,478 m³ de biogaz durant un temps de séjour de 77 jours. L'évaluation de la qualité de ce dernier a permis de confirmer sa richesse en biométhane qui a atteint une valeur moyenne de 61%. Les gaz restants sont composés en moyenne de 35,65% de gaz carbonique et de 2,90% d'azote gazeux.

Une relation inversement proportionnelle est observée entre la cinétique de la production journalière du biogaz et l'évolution du pH du substrat de digestion. Quant à l'optimum de production, il est enregistré entre le 11^{ème} et le 65^{ème} jour. Une période qui correspond également à l'optimum de teneur en biométhane au niveau du biogaz produit. Les résultats obtenus sont comparables aux données bibliographiques relatives aux productions de biogaz à partir des déjections bovines avec une économie d'eau de 20%.

Remerciements: Nous remercions Mrs. M. Slaim, F. Tlemsani et N. Bouslama pour leur collaboration technique qui a permis l'élaboration de cet article.

REFERENCE

- [1] A. Demeyer, F. Jacob, M. Jay, G. Menguy et J.PERRIER J, "La conversion bioénergétique du rayonnement solaire et les biotechnologies". Ed. Technique et documentation, Lavoisier, 1982, 313 p.
- [2] S. Igoud, I. Tou, M. Slaim et A. Touzi, "*la production de biogaz a partir des déjections animales*", Rapport Technique Interne, CDER, 2001.
- [3] S. Kehal et Hamid, "*Perspectives de développement du biogaz en Algérie. 2^{ème} Journées Nationales sur l'application et la valorisation des énergies solaires*" Université de Blida, 1997.
- [4] B. Lagrange, "Biométhane" Tome 1: "*Une alternative crédible*", EDISUD, 1979, 204 p.
- [5] B. Lagrange., "Biométhane" Tome2: "*Principes, techniques et utilisations*" EDISUD, 1979, 246 p.
- [6] M. Leifheit et A. Sckeyde, "*Installation de biogaz simples dans les internats au Burundi*", Le développement du biogaz en Afrique, Séminaire, atelier de travail, Bujumbura, 1991.
- [7] P. Naveau, "*La biométhanisation*", Le développement du biogaz en Afrique, Séminaire, atelier de travail, Bujumbura, 1991.
- [8] P.H. Suding, "*La place du biogaz dans le développement des énergies nouvelles et renouvelables en Afrique*", Le développement du biogaz en Afrique. Séminaire, atelier de travail, Bujumbura, 1991.
- [9] 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, 2001, 103-108.
- [10] Vaillant, Szafnicki, Formisyn, Berttheas, Amar, et Bigouret, "*Système de surveillance et de gestion d'un réseau de collecte de biogaz*" Journées thématiques: Automatique et Environnement, Nancy, 2000.