

PRODUCTION DU BIOGAZ À PARTIR DU LISIER DE PORC ET DE LA BOUSE DE VACHE EN MONO ET EN CODIGESTION À L'UNIVERSITÉ DE N'ZÉRÉKORÉ, RÉPUBLIQUE DE GUINÉE

**Ansoumane SAKOUVOGUI^{1*}, Madeleine KAMANO²,
Mafory BANGOURA³ et Mamby KEITA⁴**

¹*Institut Supérieur de Technologie de Mamou, Département Energétique,
BP 63, République de Guinée*

²*Université de N'Zérékoré, Département de Physique, BP 50,
République de Guinée*

³*Direction Générale Recherche Scientifique et Innovation Technologique,
BP 2201, République de Guinée*

⁴*Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, Département de Physique,
BP 1147, République de Guinée*

(reçu le 07 Novembre 2021 ; accepté le 15 Décembre 2021)

* Correspondance, e-mail : ansoumane2015@gmail.com

RÉSUMÉ

La présente étude porte sur la production du biogaz à partir du lisier de porc, de la bouse de vache en mono-digestion et en codigestion. Elle a été effectuée en décembre 2020 dans le laboratoire de Physique de l'Université de N'Zérékoré. Le processus de digestion anaérobie a duré 25 jours dans une atmosphère de 25°C en moyenne, les principaux résultats obtenus portent sur l'évolution des courbes de variation de la température, du pH, la cinétique de production et le test de combustion du biogaz produit par chaque type de substrat. Les digesteurs ont été chargés le 06/12/2020, par 1 kg de lisiers de porcs et de bouse de vache chacun (mono- digestion), puis en codigestion. Chaque substrat a été dilué avec 2 litres d'eau, soit un ratio de (1:2). Les productions moyennes du biogaz sont : 0,61 litre pour (D₁); 1,20 litre pour (D₂) ; 1,65 litre pour (D₃) ; 1,51 litre pour (D₄) et 1,31 litre pour (D₅). Les cumulées du biogaz sont respectivement : D₁ (7,95 litres), D₂ (15,60 litres), D₃ (21,50 litres), D₄ (19,65 litres) et D₅ (17,05 litres). Pour un total de production cumulée de 81,75 litres durant le processus. Le biogaz produit pendant la première semaine était non combustible. La combustibilité du biogaz a commencé le 11^{ème} jour et, c'est à partir du 17^{ème} jour, qu'une quantité importante de flamme stable de couleur jaune/bleue a été observée. Les

résultats de la présente étude ont mis en évidence l'avantage de la diversification des substrats biodégradables pour la production optimale du biogaz.

Mots-clés : *production, expérimentale, lisier de porc, bouse de vache, biogaz, N'Zérékoré, Guinée.*

ABSTRACT

Production of biogas from pig slurry and cow dung in mono and co-digestion at the University de N'Zérékoré, Republic of Guinea

The present study concerns the production of biogas from pig slurry and cow dung in mono-digestion and co-digestion. It was carried out in December 2020 in the Physics laboratory of the University of N'Zérékoré. The anaerobic digestion process lasted 25 days in an atmosphere of 25°C on average, the main results obtained relate to the evolution of the temperature and pH variation curves, the production kinetics and the biogas combustion test produced by each type of substrate. The digesters were loaded on 12/06/2020, with 1 kg of pig slurry and cow dung each (mono-digestion), then in co-digestion. Each substrate was diluted with 2 liters of water, a ratio of (1:2). The average biogas productions are: 0.61 liters for (D₁); 1.20 liter for (D₂); 1.65 liter for (D₃); 1.51 liter for (D₄) and 1.31 liter for (D₅). The cumulative amounts of biogas are respectively: D₁ (7.95 liters), D₂ (15.60 liters), D₃ (21.50 liters), D₄ (19.65 liters) and D₅ (17.05 liters). For a total cumulative production of 81.75 liters during the process. The biogas produced during the first week was no combustible. The combustibility of the biogas started on the 11th day and it was from the 17th day that a significant amount of stable yellow/blue flame was observed. The results of the present study have demonstrated the advantage of the diversification of biodegradable substrates for the optimal production of biogas.

Keywords : *production, experimental, pig manure, cow dung, biogas, N'Zérékoré, Guinea.*

I - INTRODUCTION

Depuis le début de l'ère industrielle, les activités humaines ont contribué considérablement à l'augmentation de la concentration des Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère. Le secteur de l'élevage est l'une des activités qui exerce une forte influence sur le milieu naturel, avec l'émission des trois principaux GES (CO₂, CH₄ et N₂O). Le CH₄ représente près de 44 % de ces émissions [1, 2]. En 2011, l'Union Européenne a publié une feuille de route qui

visé à réduire les GES de 80 à 95 % d'ici 2050. Cela devrait aider à limiter l'augmentation de la température mondiale à un maximum de 2°C. Pour atteindre cet objectif, les vecteurs énergétiques fossiles actuels doivent être remplacés par des énergies renouvelables, tel que le biogaz [3, 4]. Le biogaz est un gaz inflammable produit par la digestion anaérobie de déchets animaux, végétaux, humains, industriels et municipaux. Il est principalement composé de méthane (50 - 70 %), de dioxyde de carbone (20 - 40%) et de traces d'autres gaz (Azote, Hydrogène, Ammoniac, Sulfure d'hydrogène, etc.) [5]. La valeur calorifique du biogaz varie entre 485 et 679 kWh/m³, sa température de combustion se situe entre 800°C et 1100°C [6]. C'est l'une des formes d'énergie renouvelable exploitée depuis plusieurs décennies. Outre le traitement des déchets et la réduction de la consommation en combustibles fossiles, la biométhanisation présente des intérêts supplémentaires pour les foyers pratiquant l'agriculture et l'élevage. C'est notamment le cas de nombreuses communes rurales de la République de Guinée [7, 8]. Pour les zones pratiquant l'élevage de manière extensive, les biodigesteurs alimentés par les déjections animales permettent d'une part d'augmenter l'accessibilité de ces populations à une énergie propre et d'autre part, de produire un amendement de qualité pour les sols. Cette technique de production d'énergie permet de réduire de manière locale le CH₄ et le N₂O [9].

Malgré les efforts scientifiques et politiques, les populations des zones rurales des pays pauvres restent encore fortement dépendantes de la biomasse pour satisfaire leurs besoins en énergie, avec de nombreux effets négatifs tant sur l'environnement local (déforestation, diminution de la fertilité des sols, etc.) que global (changement climatique) [10]. En Guinée, des travaux de recherche sur la production de biogaz ont débuté dans les années 1970 par la réalisation de digesteurs expérimentaux dans les Centres de Recherches. En général, le potentiel de biomasse représente près de 80 % du potentiel énergétique total de la Guinée. L'élevage constitue après l'agriculture, la deuxième activité du monde rural guinéen. La valorisation de ces déjections animales pourrait être considérée comme une solution économique et écologique [1]. Les conditions environnementales, culturelles et socio-économiques favorisent l'élevage des porcs en Guinée Forestière et surtout dans la Préfecture de N'Zérékoré. Cet élevage produit une importante quantité de crottins et de lisiers chaque année, dont la valorisation reste un problème majeur [11]. L'utilisation de plusieurs matières organiques (codigestion) pour la production de biogaz est une technique favorable à la flore microbienne. Les paramètres physicochimiques des déchets méthanisables exercent une influence sur le rendement et la composition du biogaz [12]. L'objectif général de cette étude est la production du biogaz à partir du lisier de porc en mono et en codigestion avec la bouse de vache à l'Université de N'Zérékoré. De manière spécifique, il est question de

concevoir les dispositifs expérimentaux (biodigesteurs et accessoires), de les charger en substrat, de faire le suivi des paramètres (pH, température, production journalière et cumulées) et enfin, de procéder au test de combustion du gaz produit par chaque type de substrat. Ce présent travail est une suite des activités de recherche déjà réalisée dans le cadre de la valorisation énergétique et agronomique des déjections animales en République de Guinée.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Présentation de la zone d'étude

La présente étude a été effectuée au laboratoire de Physique de l'Université de Nzérékoré. Cette institution est un établissement d'enseignement supérieur public de Guinée. Il a été créé le 5 septembre 2001 suivant l'arrêté N°3988/MESRS/CAB/DNE/UC/UK, dans le cadre du projet des universités de proximités. L'université de Nzérékoré comprend présentement deux (2) facultés (Sciences de l'Environnement et Sciences Technologiques) avec huit (8) programmes de formation. Cet établissement d'enseignement supérieur est situé dans le quartier Nakoyakpala au sud de la commune urbaine de N'Zérékoré à 858 km de la capitale Conakry. L'élevage des ovins, des caprins et des porcins est pratiqué dans toute la préfecture de N'Zérékoré. Le cheptel porcin est le plus important dans toute la zone [11].

II-2. Matériel de travail

Le matériel de travail est constitué de : bouteilles en plastique, flacons en plastique, glacière, gants, récipients gradués, balance électronique, balance analytique, valves, tuyaux flexibles, colliers, colle liquide, téflon, pH-mètre et capteur de température. Les paramètres physicochimiques du lisier de porc de N'Zérékoré sont en moyennes : humidité (53,83 %) ; matière sèche (44,26 %) ; matière organique (81,39 %) ; masse volumique ($650,36 \text{ kg/m}^3$) ; Carbone (47,20 %) ; Azote (1,8 %) et le ratio entre Carbone et Azote (26,22). Pour la bouse de vache : humidité (82 %) ; matière sèche (22 %) ; matière organique (52 %) ; masse volumique ($593,28 \text{ kg/m}^3$) ; Carbone (30,28 %) ; Azote (1,66 %) et le ratio entre Carbone et Azote (18,27) [11, 13].

II-3. Méthodes

La méthodologie adoptée pour cette étude consiste à faire :

- la réalisation des dispositifs expérimentaux de production du biogaz ;
- le suivi de l'évolution des paramètres de biométhanisation (température, pH et la cinétique de production du biogaz) ;
- le test de combustion du gaz produit par chaque type de substrat.

II-3-1. Dispositifs expérimentaux

Dans le cadre de cette étude expérimentale, nous avons utilisé une bouteille en plastique de 4,5 litres et de 124g de masse à vide comme digesteur (D) ; deux autres de même volume, dont l'une considérée comme gazomètre remplie d'eau et l'autre vide pour recueillir l'eau qui est vidée du gazomètre sous la pression du biogaz produit. Elles sont graduées en centilitre à l'aide d'un papier millimétré afin de quantifier le gaz produit. Le même dispositif a été réalisé pour les différents types de substrats (**Figure 1**).

II-3-2. Charge des digesteurs

L'expérience a été effectuée au laboratoire de Physique de l'Université de N'Zérékoré du 4 au 25/12/2020. Les digesteurs expérimentaux ont été chargés le 06/12/2020 de la manière suivante :

- le digesteur D₁ : chargé de 1000 g de lisier de porc (LP), soit 100 % LP « *mono digestion* » ;
- le digesteur D₂ : chargé de 750 g de lisier de porc (LP) et 250 g de bouse de vache (BV) soit 75 % LP et 25 % BV « *codigestion* » ;
- le digesteur D₃ : chargé de 50 g de lisier de porc (LP) et 50 g de bouse de vache (BV) soit 50 % LP et 50 % BV « *codigestion* » ;
- le digesteur D₄ : chargé de 250 g de lisier de porc (LP) et 750 g de bouse de vache (BV) soit 25 % LP et 75 % BV « *codigestion* » ;
- le digesteur D₅ : chargé de 1000 g de bouse de vache (BV) soit 100 % BV « *mono digestion* ».

Chaque type de substrat a été dilué avec deux litres (2 l) d'eau de robinet avant la charge des différents digesteurs.

II-3-3. Potentiel d'hydrogène

Le potentiel d'hydrogène (pH) des solutions a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de marque Consort muni d'une électrode de verre combinée Ag/AgCl. L'étalonnage est effectué à l'aide des solutions tampons de pH. Le suivi de variation de la température dans les différents fermenteurs a été effectué par un capteur de température couplé à un multimètre. Les productions journalières et cumulées de biogaz de chaque type de substrat ont été observées sur la graduation du gazomètre. Les dispositifs expérimentaux sont présentés sur la **Figure 1**.



Figure 1 : Dispositifs expérimentaux

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus portent sur l'évolution de la température, du pH, la cinétique de production du biogaz également, le test de combustion du biogaz produit par chaque type de substrat a été effectué. Ces résultats sont illustrés par des courbes et des diagrammes (*Figure 2 à 6*).

III-1. Température

L'évolution de la température dans les différents substrats est représentée par les courbes de la *Figure 2*.

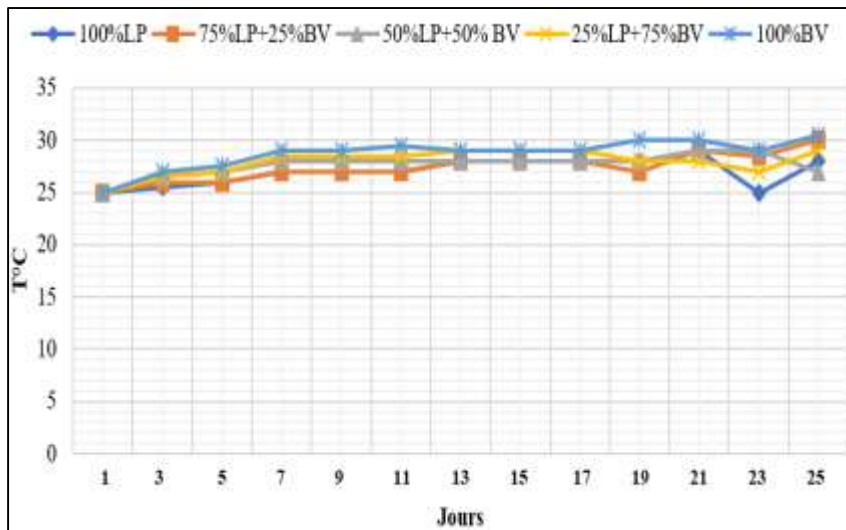


Figure 2 : Températures de digestion des substrats

Durant les 25 jours de digestion, les courbes de températures ont presque les mêmes allures (**Figure 2**). La température dans les digesteurs (D1, D2 et D3) a varié de 25°C à 29°C avec des moyennes respectives 27,04°C ; 27,42°C et 27,65°C. Dans les deux autres, elle a varié de 25°C à 28°C pour (D4) et de 25°C à 30°C pour (D5), avec des moyennes respectives 27,92°C et 28,73°C. Ces résultats montrent que les températures moyennes dans les différents digesteurs sont relativement les mêmes, avec la plus grande valeur dans le digesteur (D5), qui contient 100%BV soit 28,73°C. C'est l'une des raisons qui justifie la codigestion de la bouse de vache avec d'autres substrats pour une production optimale de biogaz [14, 15]. La température moyenne des digesteurs correspond au mode de digestion mésophile (25 à 35°C) [16, 17].

III-2. pH

L'évolution du pH dans les substrats est représentée par les courbes de la **Figure 3**.

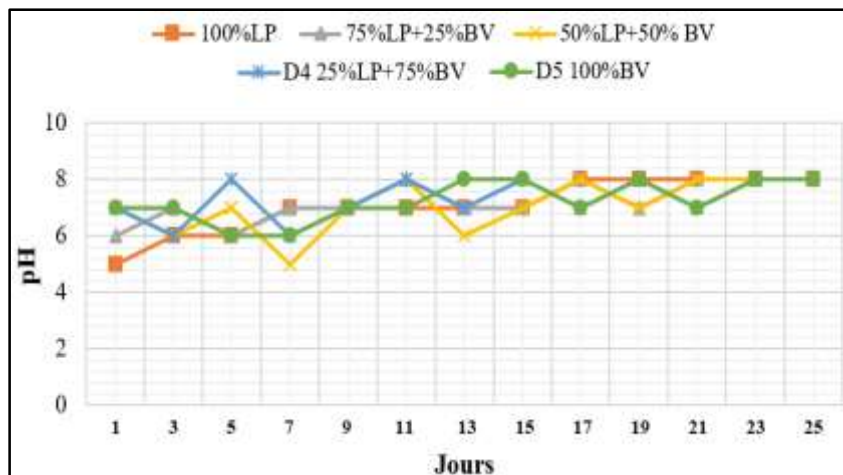


Figure 3 : *pH des substrats*

Les courbes de variation du pH des substrats (**Figure 3**) montrent que, durant le processus de digestion, le pH a varié de 5 à 8 dans les cinq (5) digesteurs, avec des moyennes de 7,08 pour les substrats des digesteurs (D₁ et D₃) ; 7,23 pour les substrats des digesteurs (D₂ et D₅) et 7,31 pour (D₄). Ces valeurs moyennes de pH sont relativement semblables et correspondent au milieu neutre. Ce qui est favorable au développement des micro-organismes pour la production optimale de biogaz. Durant les 25 jours de digestion, les trois phases d'évolution du pH ont été observées pour chaque type de substrat (acidification, alcalisation et stabilisation) [14, 12]. La variation du pH est l'un des indices d'appréciation de la production de biogaz dans un milieu anaérobie. La valeur du pH pour la biométhanisation optimale se situe autour de la neutralité (6,8 à 7,5) [2]. Ce qui démontre que les valeurs du pH enregistrées au cours de cette étude restent favorables aux bactéries de biométhanisation.

III-3. Cinétique de production du biogaz

La cinétique de production du biogaz est illustrée par les courbes de la **Figure 4**.

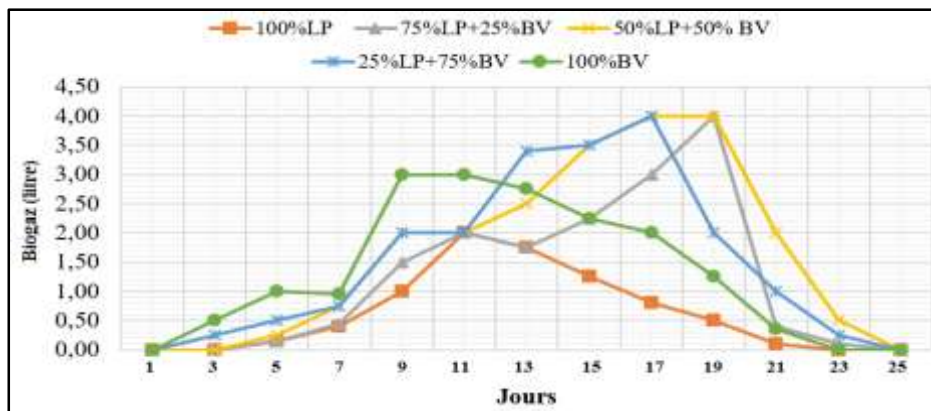


Figure 4 : Cinétique de production journalière du biogaz

La cinétique de production (**Figure 4**) montre que, la production du biogaz n'a pas commencé le même jour. Après la charge des digesteurs le 06/12/2020, nous avons enregistré la production le 3^{ème} jour dans (D₁, D₂ et D₃) et le 2^{ème} jour dans (D₄ et D₅). Avec : 0,15 litre pour (D₁ et D₂) chacun ; 0,25 litre pour (D₃) ; 0,5 litre pour (D₄) et 1 litre pour (D₅). Durant les 25 jours de digestion, les quantités importantes de productions du biogaz ont été enregistrées entre le 7^{ème} et le 19^{ème} jour. Les valeurs maximales de productions journalières sont les suivantes : 2 litres pour (D₁) enregistrés le 11^{ème} jour ; 4 litres pour (D₂, D₃ et D₄) chacun, enregistrés le 19^{ème} jour pour (D₂), les 17^{ème} et 19^{ème} jours pour (D₃) et le 17^{ème} jour pour (D₄) ; 3 litres pour (D₅) enregistrés les 9^{ème} et 11^{ème} jours. Les valeurs moyennes de production du biogaz sont respectivement : 0,61 litres pour (D₁) ; 1,20 litre pour (D₂) ; 1,65 litre pour (D₃) ; 1,51 pour D₄ et 1,31 litre pour D₅. Il ressort de ces résultats, des fluctuations importantes de productions du biogaz des différents substrats, qui sont dues aux caractéristiques physico-chimiques des substrats. De même les substrats en codigestion avec un taux de bouse de vache élevé dans (D₃ et D₄) restent les plus producteurs. Ce qui est conforme aux résultats d'autres recherches [18 - 20].

III-4. Production cumulée de biogaz

Les profils de production cumulée du biogaz sont illustrés par les courbes de la **Figure 5**.

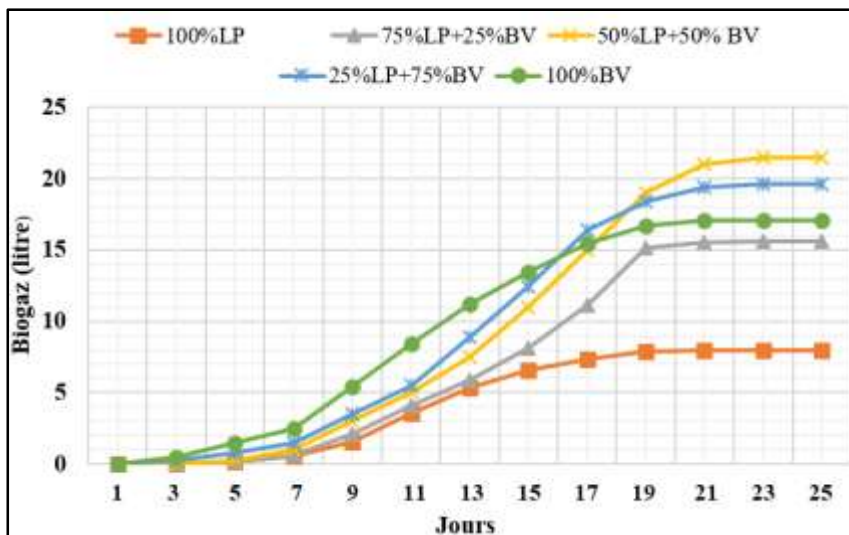


Figure 5 : Profil des productions cumulées du biogaz

Les courbes (*Figure 5*) de productions cumulées du biogaz des cinq types de substrats sont toutes caractérisées par une faible production du biogaz pendant la première semaine de digestion (phases de latence), ensuite une accélération de la production a été observée du 11^{ème} au 19^{ème} jour (phase exponentielle), puis un ralentissement/arrêt de production pendant la dernière semaine de la digestion (phase palier) [21, 22]. La durée de ces différentes phases dépend de la nature du substrat [23, 24]. Les diagrammes de la *Figure 6*, montrent les productions cumulées du biogaz durant les 25 jours de digestion des substrats.

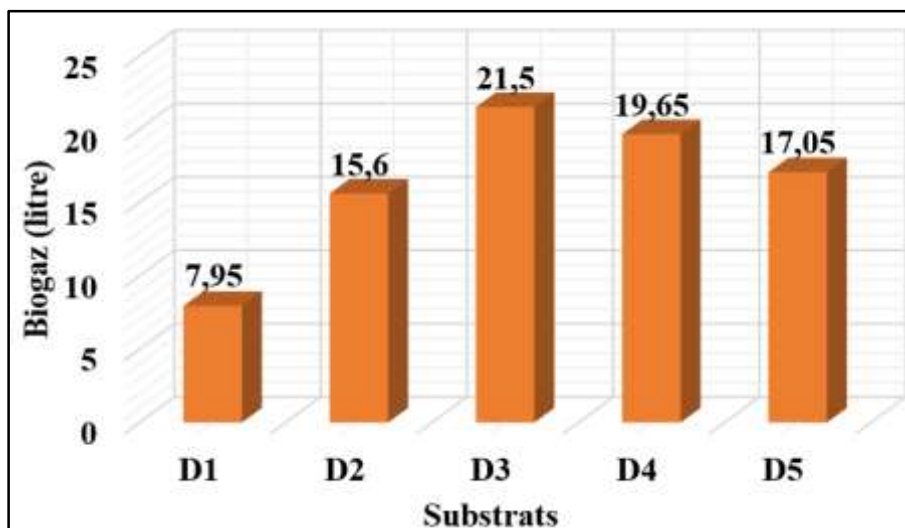


Figure 6 : Productions cumulées du biogaz des substrats

Les productions cumulées du biogaz des substrats de lisiers de porcs (1 kg), de bouse de vache (1 kg) en mono digestion et en codigestion (750 g de lisier de porc et 250 g de bouse de vache), (50 g de lisier de porc et 50 g de bouse de vache) et (250 g de lisier de porc et 750 g de bouse de vache) dans les différents digesteurs (D₁, D₂, D₃, D₄ et D₅), sont respectivement : D₁ (7,95 litres), D₂ (15,60 litres), D₃ (21,50 litres), D₄ (19,65 litres) et D₅ (17,05 litres). Pour un total de production cumulée de 81,75 litres. Il ressort de ces résultats que, les substrats en codigestion restent les plus favorables en digestion anaérobie pour la production optimale de biogaz [25, 26].

III-5. Test de combustion du biogaz

Le biogaz est un mélange de gaz combustible si la teneur en méthane est supérieure ou égale à 50 %. La combustion du biogaz est caractérisée par le dégagement d'une flamme jaune ou bleue selon la teneur en méthane. Une flamme bleue persistante confirme la présence de méthane en proportion significative soit 50 % ou plus [27]. Les résultats obtenus au cours de cette étude expérimentale montrent que le biogaz produit à partir de différents types de substrats est combustible avec des flammes de couleurs différentes jaune ou bleu (*Figure 7*). Le test de combustibilité a révélé que le biogaz produit par les substrats pendant la première semaine était ininflammable. C'est à partir du 11^{ème} jour que la combustibilité du biogaz produit a commencé et c'est au 17^{ème} jour qu'une quantité importante de méthane avec une flamme stable a été observée. Il résulte de ce test, que les quantités de biogaz produites par les substrats dans les digesteurs (D₃, D₄ et D₅) ont été très combustibles. Par contre les gaz produits par les substrats (100 % LP, 75 % LP + 25 % BV) des digesteurs (D₁ et D₂) ont été moins combustibles (*Figure 7*). Ces résultats de test confirment l'importance de la codigestion des déchets de porcs avec la bouse de vache à des proportions différentes [28].



Figure 7 : *Test de combustion du biogaz*

IV - CONCLUSION

La présente étude est une suite des travaux de recherche sur la valorisation énergétique de la matière organique pour la production du biogaz en Guinée. Elle a consisté à l'évaluation de la quantité de biogaz contenue dans 1 kg de lisier de porcs, de bouse de vache ; chacun en mono et en codigestion avec des proportions variées. A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que : les températures moyennes des substrats dans les différents digesteurs correspondent au mode de digestion mésophile. Les valeurs du pH restent favorables aux bactéries de biométhanisation. Les tests de combustions confirment l'importance de la codigestion des lisiers de porcs avec la bouse de vache.

RÉFÉRENCES

- [1] - A. SAKOUVOGUI, « Evaluation du potentiel énergétique des déjections animales et des émissions de méthane en vue de la réalisation et de l'expérimentation d'un digesteur à Mamou (République de Guinée) ». Thèse de doctorat de l'Université Gamal Abdel Nasser de Conakry, (2019) 110 p.
- [2] - D. MILLS and M. MA, « Climate Change, Extreme Weather Events, and US Health Impacts: What Can We Say? ». *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 51 (1) (2009) 26 - 32
- [3] - C. D. ROSENFELD, J. LINDORFER, M. ELLERSDORFER, « Valorization of organic waste fractions : a theoretical study on biomethane production potential and the recovery of N and P in Austri ». *Energy, Sustainability and Society*, (2020) 1 - 11
- [4] - A. ABHIJEET & A. LISA, « Cave, Evaluating Elements of Demand-Side Policy Imperatives for Biogas from Waste Scheme Diffusion in the UK ». *Journal of Sustainable Development*, Vol. 14, N°5 (2021) 13 - 28
- [5] - I. S. HORVATH, M. TABATABAEI, K. KARIMI, R. KUMAR, Recent updates on biogas production, a review. *Biofuel Res. J* 3(2) (2016) 535 - 542
- [6] - N. DUPONT, « Valorisation du biogaz de fermentation. Combustion Catalytique ». Ph.D. thesis, Lyon I, (2010) 251 p.
- [7] - A. SAKOUVOGUI, M. F. BARRY, Y. M. BALDE, C. KANTE, M. KEITA, « Sizing, Construction and Experimentation of a Chinese Type Digester in Mamou Prefecture (Republic of Guinea) ». *International Journal of Engineering Science and Computing*, Vol. 8, Issue, N°9 (2018) 18926 - 18933
- [8] - O. M. OJO, J. O. BABATOLA, « The catalytic effect of termites in the anaerobic codigestion of pig manure and water leaf towards biogas production ». *European Journal of Engineering and Technology*, Vol. 7, N°2 (2019) 1 - 8
- [9] - I. BARRY, A. SAKOUVOGUI, M. KEITA, R. DONG, S. B. DIALLO, « Evaluation of the Potential of Biogas and Methane a Party of the Cow Dung ». *International Journal of Academic Multidisciplinary Research*, Vol. 5, Issue 1 (2021) 151 - 154
- [10] - F. OULARE, F. CISSE, A. SAKOUVOGUI, Z. ZOUMANIGUI, M. KEITA, « Realization and Experimentation of a Digester from a Fut at Julius Nyerere University af Kankan, Guinea ». *International Journal of Academic and Applied Research*, Vol. 4, Issue 12, (2020) 1 - 6
- [11] - A. SAKOUVOGUI, M. KAMANO, M. KEITA, « Assessment of the energy potential of pig dung by the production of biogas in the urban municipality from N'Zérékoré in Guinea ». *International Journal of*

- Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, Vol. 2, Issue 4 (2021) 374 - 376
- [12] - A. BAUER, L. MOELLER, H. WEDWITSCHKA, « Walter Stinner and Andreas Zehnsdorf Anaerobic digestion of mixed silage of waterweed biomass and wheat straw in a long-term semi-continuous biogas production process ». *Energy, Sustainability and Society*, 8:4 (2018) 7 p.
- [13] - O. A. BODJUI, K. LOISSI ET B. MOUSSA, « Evaluation of the Biogas Production Potential by Anaerobic Digestion of Fermentable Agricultural Residues in Côte d'Ivoire ». *International Journal of Waste Resources*, 7 (4) (2017) 1 - 6
- [14] - A. SAKOUVOGUI, Y. M. BALDE, M. F. BARRY, C. KANTE et M. KEITA, « Évaluation du potentiel en biogaz de la bouse de vache, de la fiente de poule et en codigestion à Mamou, République de Guinée ». *Afrique SCIENCES*, 14 (5) 4 (5) (2018) 147 - 157
- [15] - M. A. USMAN, O. O. OLANIPEKUN, O. A. OGUNBANWO, « Effect of Temperature on Biogas generation from Lignocellulosic Substrate ». *International Journal of Research in Chemistry and Environment*, Vol. 2, Issue 2 (2012) 68 - 71
- [16] - A. BABAEE, J. SHAYEGAN, A. ROSHANI, « Anaerobic slurry co-digestion of poultry manure and straw: effect of organic loading and temperature ». *Journal of Environmental Health Sciences & Engineering*, 11 (2013) 15
- [17] - C. ZHAO, « Effect of Temperature on Biogas Production in Anaerobic Treatment of Domestic Wastewater UASB System in Hammarby Sjöstadverket ». Master's Level Degree, Royal Institute of Technology (2011) 49 p.
- [18] - T. F. OTUN, O. M. OJO, F. O. AJIBADE and J. O. BABATOLA, « Evaluation of biogas production from the digestion and codigestion of animal waste, food waste and fruit waste ». *International Journal of Energy and Environmental Research*, Vol. 4, N°4 (2016) 8 - 21
- [19] - P. A. UKPAI and M. N. NNABUCHI, « Comparative study of biogas production from cow dung, cow pea and cassava peeling using 45 litres biogas digester ». *Advances in Applied Science Research*, 3 (3) (2012) 1864 - 1869
- [20] - S. B. MAHAT, R. OMAR, H. C. MAN, A. I. M. IDRIS, S. M. M. KAMAL, A. IDRIS, N. K. ANUAR, Influence of substrate to inoculum ratio (S/I) on the treatment performance of food processing wastewater containing high oil and grease (O&G) in batch mode, *Desalination and Water Treatment*, 203 (2020) 267 - 278
- [21] - M. D. GHATAK, P. MAHANTA, « Kinetic Assessment of Biogas Production from Lignocellulosic Biomasses ». *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 3, Issue-5 (2014) 245 - 249

- [22] - N. O. KENECHI, F. O. AGUELE, A. ONYENWOKE, K. ADEKUNLE, « Kinetic Model Comparison for Biogas Production from Poultry Manure and Banana Peels ». *European Journal of Sustainable Development Research*, 4 (2) (2020) 1 - 5
- [23] - S. MOHARIR, A. BONDRE, S. VAIDYA, P. PATANKAR, Y. KANASKAR, H. KARNE, « Comparative Analysis of the Amount of Biogas Produced by Different Cultures using the Modified Gompertz Model and Logistic Model ». *European Journal of Sustainable Development Research*, 4 (4) (2020) 1 - 11
- [24] - T. ARAGAW, A. MEBEASELASSIE and G. AMARE, « Co-digestion of cattle manure with organic kitchen waste to increase biogas production using rumen fluid as inoculums », Vol. 8, (11) (2013) 443 - 450
- [25] - Y. LI, R. ZHANG, X. LIU, C. CHEN, X. XIAO, L. FENG, Y. HE and G. LIU, Evaluating Methane Production from Anaerobic Mono- and Co-digestion of Kitchen Waste, Corn Stover, and Chicken Manure, *Energy & Fuels*, 27, (2013) 2085 - 2091
- [26] - W. A. RAJI, Y. YERIMA, P. T. ALUFAR, « Comparative Study on the Rates of Production of Biogas from Organic Substrates ». *Energy and Power Engineering*, 10 (2018) 508 - 517
- [27] - C. P. C. BONG, C. T. LEE, W. S. HO, H. HASHIM, J. J. KLEMES, C. S. HOB, Mini- Review on Substrate and Inoculum Loadings for Anaerobic Co-Digestion of Food Waste, *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 56, (2017) 493 - 498
- [28] - K. E. LUBOYA, K. M. KUSISAKANA, W. G. LUHATA, K. B. MUKUNA, M. J. MONGA and L. P. LUHATA, « Effect of Solids Concentration on the Kinetic of Biogas Production from Goat Droppings ». *Journal of Energy Research and Reviews*, 5 (2) (2020) 25 - 33