

Évaluation du potentiel en biogaz de la bouse de vache, de la fiente de poule et en codigestion à Mamou, République de Guinée

Ansoumane SAKOUVOGUI^{1*}, Younoussa Moussa BALDE¹, Mamadou Foula BARRY¹,
Cellou KANTE², et Mamby KEITA²

¹ Institut Supérieur de Technologie de Mamou, BP 63, Mamou, Guinée

² Université Gamal Abdel Nasser, Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Energétique Appliquée,
BP 1147, Conakry, Guinée

* Correspondance, courriel : ansoumane2015@gmail.com

Résumé

Cette recherche porte sur une étude expérimentale d'évaluation du potentiel en biogaz de la bouse de vache, de la fiente de poule et de leur codigestion dans la préfecture de Mamou en République de Guinée. Trois dispositifs expérimentaux ont été réalisés pour : la bouse de vache, la fiente de poule et la codigestion. Les expériences ont duré 25 jours dans une ambiance de 23°C à 32°C. La caractérisation physico-chimique des échantillons de bouse de vache et de fiente de poule donne respectivement, les taux de matières sèches (MS) 21 % et 31 %, les taux de matières organiques (MO) 54 % et 62 %, les teneurs en carbone 31 % et 36 % avec des ratios (C/N) 21,40 et 20 et les taux d'humidité 85 % et 65 %. Les valeurs du pH des substrats sont les suivantes : bouse (7,50), fiente (7) et codigestion (7,50). Durant le processus de méthanisation de ces substrats, l'évolution des paramètres : température, pH, cinétiques de productions journalières et cumulées en biogaz a été suivie (*Figures 8 - 11*). Les productions cumulées en biogaz sont respectivement : 19,26 litres pour la bouse de vache, 31,05 litres pour la fiente de poule et 35,5 litres pour la codigestion. Cette recherche révèle l'importance de la connaissance de certains paramètres physico-chimiques des substrats dans le but d'optimiser la production en biogaz.

Mots-clés : *digesteur, codigestion, bouse de vache, fiente de poule, potentiel en biogaz.*

Abstract

Evaluation of the biogas potential of cow dung, hog dung and codigestion at Mamou, Republic of Guinea

This research is based on an experimental study evaluating the biogas potential of cow dung, hog dung and their codigestion in the Mamou prefecture of the Republic of Guinea. Three experimental devices were made for: cow dung, hen droppings and codigestion. The experiments lasted 25 days in an atmosphere of 23°C to 32°C. The physicochemical characterization of the cow dung and hen droppings samples gives, respectively, the solids content (DM) 21 % and 31 %, the organic matter (MO) levels 54% and 62 %, the Carbon 31 % and 36 % with ratios (C/N) 21.40 and 20 and humidity levels 85 % and 65 %. The pH values of the substrates are: dung (7.50), droppings (7) and codigestion (7.50). During the methanation process of these substrates, the evolution of the parameters : temperature, pH, kinetics of daily and cumulative biogas production was

monitored (**Figures 8 - 11**). The cumulative productions in biogas are respectively : 19.26 liters for cow dung, 31.05 liters for chicken manure and 35.5 liters for codigestion. This research reveals the importance of the knowledge of certain physicochemical parameters of the substrates in order to optimize the biogas production.

Keywords : *digester, codigestion, cow dung, hen dung, biogas potential.*

1. Introduction

La méthanisation est le processus de digestion anaérobie de la fraction organique des substrats riches en carbone. Elle permet de produire du biogaz riche en méthane. Cette dégradation de la matière se réalise généralement dans un digesteur ou réacteur, qui a pour but de contrôler la méthanisation et de stocker le biogaz de façon temporaire avant d'être valorisé sous différentes formes d'énergie [1, 2]. Le biogaz dont la teneur en méthane varie entre 40 et 75 % est l'une des formes d'énergie renouvelable exploitée depuis plusieurs décennies et qui est employé comme produit de remplacement pour les combustibles fossiles [3, 4]. La production de biogaz à partir de la matière organique de diverses origines : matière végétale, déjections animales, sous-produits de l'industrie agro-alimentaire, boues des stations d'épurations, ordures ménagères, etc. par le procédé de fermentation anaérobie dans des digesteurs appropriés (méthanisation), permet une meilleure gestion des déchets, une préservation de l'environnement ainsi qu'une diversification des ressources énergétiques (énergies alternatives) [5 - 10]. Par ailleurs, cette fermentation anaérobie permet au niveau local de produire de l'énergie à moindre coût pour la cuisson, le chauffage, l'éclairage et des engrais à haut potentiel [11, 12]. Des études ont montré que la combinaison de certaines matières organiques, lipidiques et/ou lignocellulosiques (*codigestion*), permet d'améliorer la production de biogaz dans une large mesure. Par exemple le potentiel méthanogène des effluents d'élevages varie entre 187 et 652 litres de CH₄/kgMO, celui des effluents agro-industriels varie entre 173 et 738 litres de CH₄/kg MO [14, 15]. La production de méthane par digestion biologique anaérobie de biomasse est considérée comme l'une des filières d'avenir pour contribuer à réduire notre dépendance vis-à-vis des énergies fossiles.

Le méthane est un vecteur énergétique qui présente l'avantage de pouvoir être produit à partir de résidus organiques et utilisé en tant que substituant du gaz naturel [16, 17]. En République de Guinée, le potentiel de biomasse (*résidus agricoles, agro-industriels, déchets domestiques, végétaux et animaux*) représente 80 % du potentiel énergétique total du pays. L'élevage constitue après l'agriculture, la deuxième activité du monde rural et concerne environ 300 000 familles. C'est un secteur porteur de croissance qui contribue de façon substantielle à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté. Il procure des revenus à 30% de la population rurale guinéenne et contribue à hauteur de 5,6 % au Produit Intérieur Brute (*PIB*) national [18]. Le recensement du cheptel national en 2017 a donné : les bovins essentiellement de race N'Dama 6 407 000 ; les ovins et caprins 459 400. Ces espèces composées de races locales sont très rustiques et adaptées à leur environnement. Leur alimentation repose sur des pâturages naturels riches et variés d'environ 70 000 km² avec près de 350 espèces fourragères. L'élevage des porcins compte 500 000 têtes de race semi-améliorée. Le cheptel avicole est estimé à 28 400 000 volailles de variétés locales dans les élevages traditionnels et à 1500 000 poules de souches améliorées dans les fermes avicoles semi-intensives [19]. Ainsi, plus de 10 millions de tonnes de déchets (*bouse, lisier, crottins, fientes, etc.*), sont produits chaque année, mais sont très peu valorisés comme engrais dans la plupart des régions du pays [20]. D'où le bienfondé de cette recherche, dont l'objectif est d'évaluer à partir d'expériences, le potentiel en biogaz de la bouse de vache, de la fiente de poule et de leur codigestion en vue d'optimiser la production en biogaz. Ce programme de diversification des ressources énergétiques est encouragé par le gouvernement depuis une vingtaine d'années.

2. Matériel et méthodes

2-1. Description de la zone d'étude

Cette étude a eu lieu dans la préfecture de Mamou située à 270 km de la Capitale Conakry entre 10°22'39.93"N et 12°5'2.57"W à une altitude moyenne de 700 m (*Figure 1*), avec un climat caractérisé par l'alternance de deux saisons de même durée, la saison sèche de novembre à avril et la saison pluvieuse de mai à octobre, les précipitations oscillent entre 1 600 mm et 2 000 mm, avec une température moyenne annuelle de 25°C [21]. Elle couvre une superficie de 8 000 km² avec une population de 318 738 habitants (2014)[22]. La carte de la Préfecture de Mamou est représentée sur la *Figure 1*.

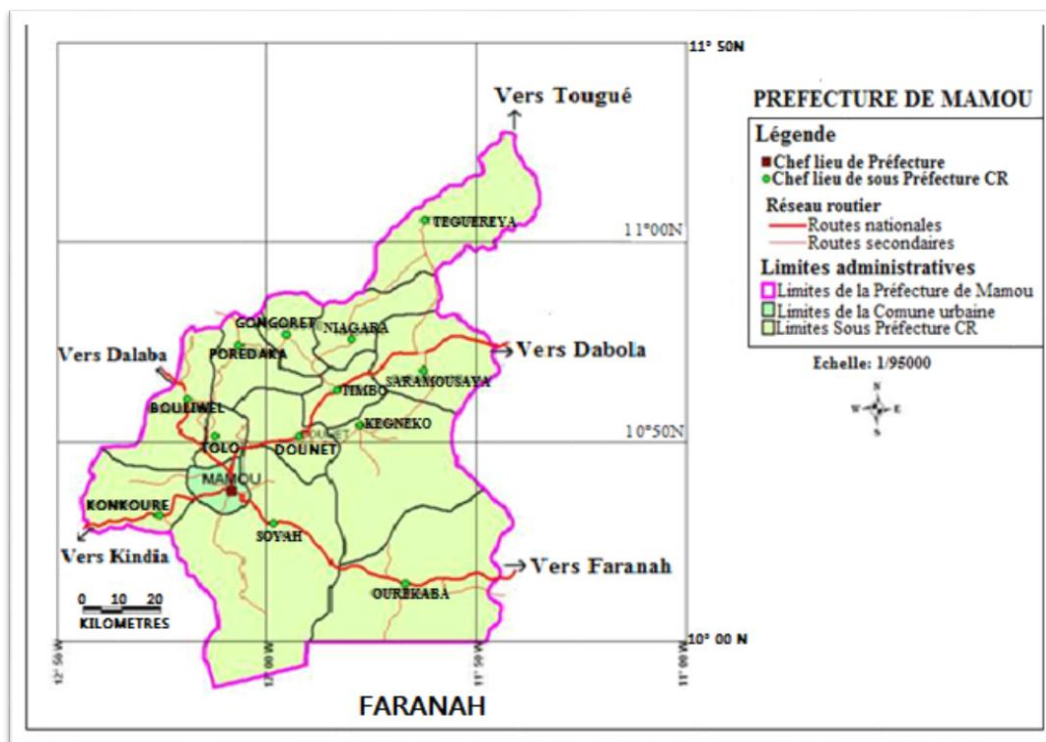


Figure 1 : Carte de la Préfecture de Mamou [22]

2-2. Matériel

Au cours de cette étude nous avons utilisé les matériels suivants : une étuve, un incinérateur de marque W10/10A-HERAEUS de puissance 800 W, une balance analytique de marque DIAL-O-GRAM et de capacité 2,610 kg, deux (2) récipients gradués en centilitre, neuf (9) bouteilles, les valves, les tuyaux flexibles, les colliers, la colle liquide, le téflon, les bandelettes indicatrices de pH de type (*pH-indicator strips*), un capteur de température K CHROMEL+ ALUMEL- et un multimètre CL3020.

2-3. Méthodes

2-3-1. Échantillonnage

Les expériences ont été réalisées à l'Institut Supérieur de Technologie de Mamou du 15 avril 2018 au 10 mai 2018. Les échantillons (*Figures 2, 3*) ont été prélevés dans deux fermes de la commune urbaine de Mamou, dont l'une bovine et l'autre de poules pondeuses. L'échantillon de fiente de poules pondeuses mélangé avec

de la sciure de bois a nécessité un tri avant la dilution et la charge des fermenteurs (**Figure 4**). Les échantillons de bouse de vache et fiente de poule ont été analysés au laboratoire de Microbiologie de l'Office National de Contrôle de Qualité (ONCQ) de Conakry. La méthode gravimétrique [23] a été utilisée pour la détermination des paramètres suivants : les masses volumiques (*Mv*), l'humidité (*H*), les quantités de Matières Sèches (*MS*) et Matières Organiques (*MO*). La méthode volumétrique a permis de déterminer le Carbone Organique (*CO*) selon la norme française NF U 44-161 [23] et l'azote Total (*NT*) a été déterminé par la méthode de Kjeldahl [24].



Figure 2 : Bouse de vache



Figure 3 : Fiente de poule de chair



Figure 4 : Tri de la fiente

2-3-2. Dispositifs expérimentaux de biométhanisation

Nous avons utilisé une bouteille en plastique de 4,5 litres comme fermenteur (*digesteur*), 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. Elle est graduée en centilitre et en litre à l'aide d'un papier millimétré afin de quantifier le gaz produit. Le même dispositif a été réalisé pour les trois types de substrats (*bouse de vache, fiente de poule et leur codigestion*). Les deux fermenteurs ont été chargés chacun de 1,5 kg de bouse et de fiente, avec une dilution de 2 litres d'eau pour chaque substrat, le troisième fermenteur a été chargé d'un mélange 0,75 kg de chaque substrat (codigestion) avec une dilution de 2 litres d'eau. Le pH des différents substrats pendant le temps de digestion a été suivi à l'aide des bandelettes indicatrices de pH de type (*pH-indicator strips*). Le suivi de la variation de la température dans les différents fermenteurs a été effectué par un capteur de température K CHROMEL+ ALUMEL couplé à un multimètre CL3020. Les trois dispositifs sont présentés sur les **Figures 5 - 7**.



Figure 5 : Méthanisation avec bouse de vache



Figure 6 : Méthanisation avec fiente de poule



Figure 7 : Méthanisation avec codigestion

3. Résultats et discussion

3-1. Paramètres de caractérisation des substrats

Les paramètres de caractérisation des substrats sont donnés dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques des substrats

Types de substrats	MS (%)	MO (%)	Mv (kg/m ³)	C (%)	N (%)	C/N	H (%)	pH
Bouse de vache	21	54	625	31	1,46	21,40	85	7,50
Fiente de poules	31	62	271	36	1,83	20,00	65	7,00

Les résultats montrent que les taux de matières sèches (MS) de bouse de vache (21 %) sont supérieurs à celui de la littérature (15 %) et pour la fiente de poules (31 %) est très proche de celui tiré de la littérature (30 %). Les taux de matière organique (MO) des bouses de vaches (54 %) est très proche des résultats rapportés par Parra et al. (1977), soit (55 %) et pour les fientes de poules (62 %) est proche de celui de la littérature (60 %) [25]. Les teneurs en carbone des substrats sont respectivement : bouse de vaches (31 %) et fiente de poule (36 %), ces valeurs se situent dans les gammes des teneurs en carbone favorisant l'augmentation et la croissance des micro-organismes dans le substrat soit 20 à 70 %. Les ratios entre le taux de Carbone et celui de l'Azote (C/N) pour la bouse et la fiente sont respectivement 21,40 et 20. Ces ratios C/N se situent dans la plage optimale de production de biogaz soit 20 à 30 [26]. Les taux d'humidité sont l'ordre de 85% pour la bouse de vache et de 65 % pour la fiente de poule. Ces taux d'humidité sont compris dans la gamme des taux d'humidité (60 % à 90 %) [27, 28]. Les valeurs initiales du pH avant la digestion sont pour la bouse de vache 7,50, pour la fiente de poule 7 et pour la codigestion 7,50. Ces résultats sont conformes aux normes indiquées dans la littérature pour la production du biogaz [25, 29].

3-2. Température dans les digesteurs

Les courbes de variation de température dans les différents digesteurs durant le temps de fermentation sont données sur la **Figure 8**.

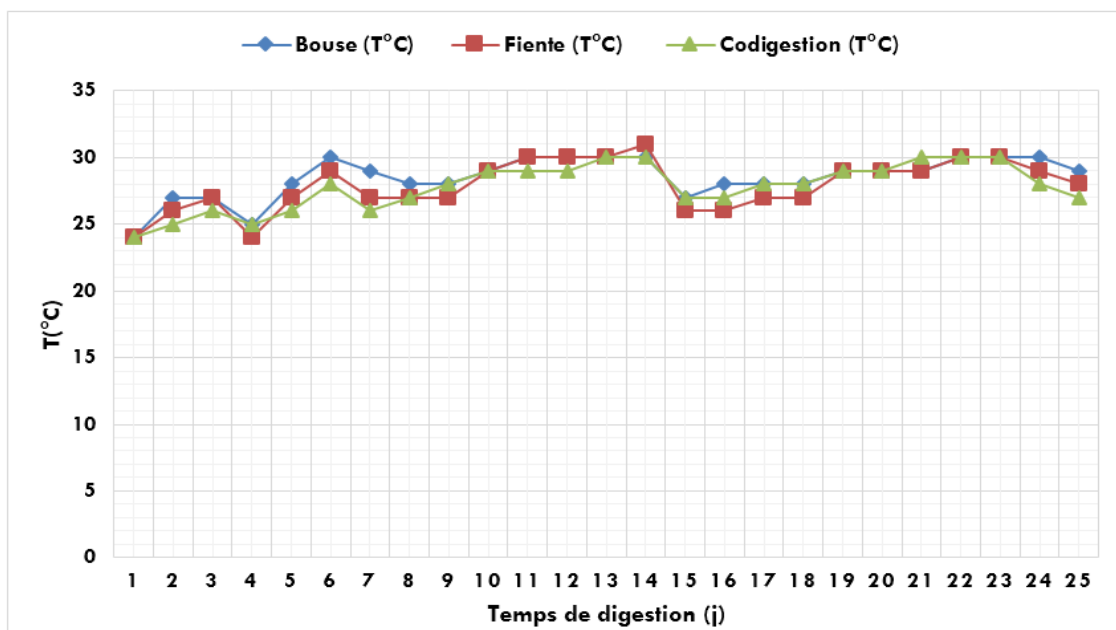


Figure 8 : Courbes de variation de la température dans les digesteurs

La **Figure 8** montre que les courbes de variation de température dans les trois fermenteurs sont similaires et elles ont presque les mêmes allures. La température dans le digesteur à bouse de vache a varié de 24 à 30°C avec une moyenne de 28,48°C ; dans le digesteur à fiente de poule, elle a varié de 24 à 31°C avec une moyenne de 27,92°C et dans le codigesteur elle a varié de 24 à 30°C avec une moyenne de 27,80°C. Ces températures moyennes dans les différents digesteurs correspondent au mode de digestion mésophile [26, 30].

3-3. Variation du pH au cours de la digestion

Le pH est l'un des premiers indicateurs du mauvais fonctionnement éventuel d'un digesteur. Le pH optimum de la digestion anaérobie se situe autour de la neutralité, il est de 6,8 à 7,5. Si la valeur du pH est inférieure à 6,5 ou supérieure à 7,5, les bactéries seront inhibées [31]. La variation du pH dans les trois fermenteurs au cours de la production est donnée par la **Figure 9**.

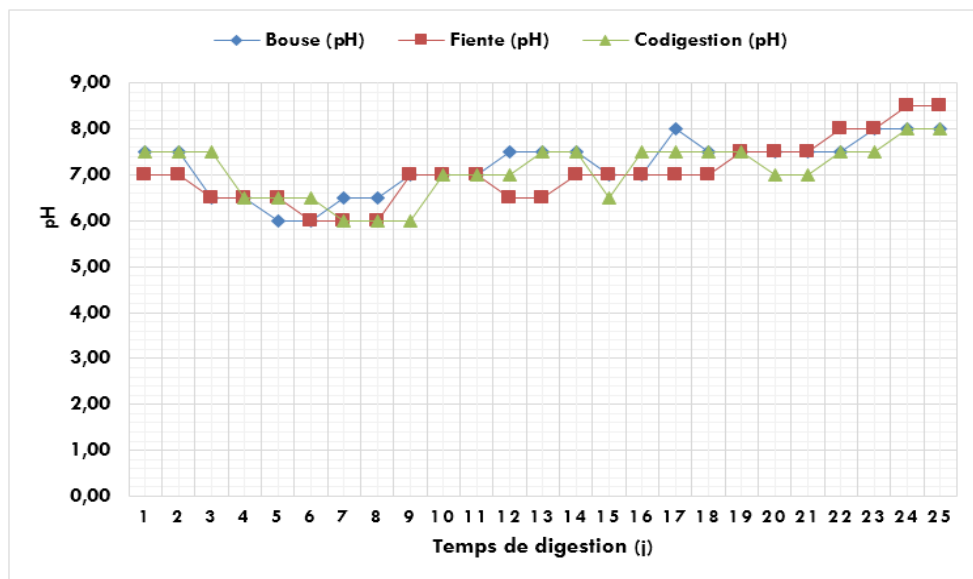


Figure 9 : Courbe de variation du pH

La **Figure 9** montre que, le pH dans les deux fermenteurs varie respectivement de 6 à 8 pour la bouse de vache et le substrat de codigestion ; tandis que le pH de la fiente de poule oscille entre 6 et 8,5. Ces valeurs restent très favorables au développement des micro-organismes pour la biométhanisation [32]. Trois phases sont observées dans l'évolution du pH au cours de la production du biogaz pour chacun des fermenteurs [33] :

- Première phase : *Phase d'acidification*, elle est observée entre le 1^{er} et le 6^{ème} jour de la charge avec des valeurs passant de 7,5 à 6 pour la bouse de vache ; du 1^{er} au 8^{ème} jour de la charge pour la fiente avec des valeurs passant de 7 à 6 et du 1^{er} au 9^{ème} jour de la charge pour la codigestion avec des valeurs comprises entre 7,5 et 6. On remarque que la durée de la phase d'acidification du substrat de la codigestion est plus longue ;
- Deuxième phase : *Phase d'alcalinisation*, c'est la période d'évolution du pH la plus lente, elle se produit du 7^{ème} au 17^{ème} jour pour la bouse avec un pH variant de 6,5 à 8, elle se déroule du 9^{ème} au 23^{ème} jour pour la fiente avec une variation du pH de 7 à 8. Cette phase pour la codigestion se passe du 10^{ème} au 23^{ème} jour avec une variation du pH de 7 à 7,5. Les durées de cette phase sont presque identiques dans les trois cas ;
- Troisième phase : *Phase de stabilisation*, elle se déroule dans les fermenteurs, du 18^{ème} au 25^{ème} jour pour la bouse de vache, du 10^{ème} au 25^{ème} jour pour la fiente de poule et du 14^{ème} au 25^{ème} jour pour la codigestion. Durant cette période les valeurs du pH ont varié de 8 à 8,5 dans les trois cas.

3-4. Cinétiques de productions journalières

Les cinétiques de productions journalières sont représentées par la **Figure 10**.

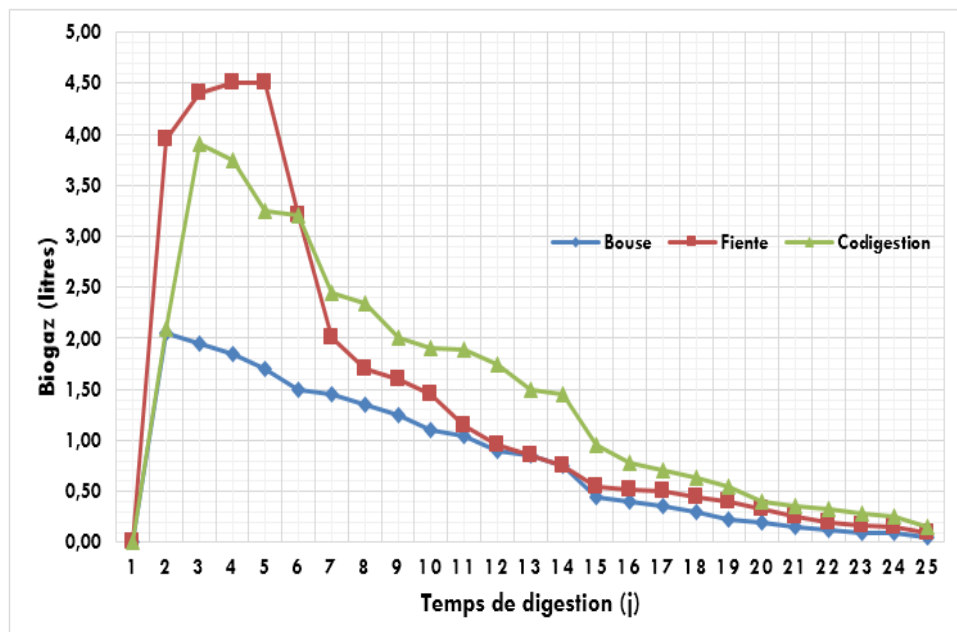


Figure 10 : Cinétiques de productions journalières

La **Figure 10** montre que durant 25 jours de digestion dans une ambiance de 28,5°C en moyenne, la production spécifique maximale en biogaz pour la bouse de vache a été enregistrée le 2^{ème} jour avec une valeur de 2,05 litres. Après le 2^{ème} jour, la production a baissé progressivement jusqu'au 25^{ème} jour, pour une valeur minimale de 0,05 litres. Pour la fiente de poule, il y a eu un accroissement rapide du 2^{ème} au 6^{ème} jour avec une valeur maximale de 4,50 litres enregistrée le 4^{ème} et le 5^{ème} jour. Du 5^{ème} au 25^{ème} jour la production a baissé brusquement avec une valeur minimale de 0,10 litre. Pour la codigestion tout comme la fiente, il y a un accroissement rapide de production du 1^{er} au 3^{ème} jour, avec un maximum de 3,90 litres enregistré le 3^{ème} jour de la charge du fermenteur. Du 3^{ème} au 25^{ème} jour, il a été observé une décroissance de production avec une valeur minimale de 0,15 litres enregistrée le 25^{ème} jour. On remarque que la cinétique de fermentation est plus rapide dans le cas de cette codigestion. Du point de vue comparaison des cinétiques de production des différents substrats, la **Figure 10** montre que, du 1^{er} au 2^{ème} jour de la production, les courbes de codigestion et de bouse sont superposées et celle de la fiente est au-dessus des deux. Du 2^{ème} au 6^{ème} jour, les courbes de la bouse et de la codigestion ont presque la même allure, avec une plus grande amplitude pour celle de la codigestion par rapport à la bouse. La courbe de production pour la fiente de poule est au-dessus des deux autres. Cette cinétique de productions journalières est conforme aux résultats de certains auteurs [34, 35].

3-5. Cinétique de productions cumulées de biogaz

A partir des productions journalières du biogaz, la cinétique de productions cumulées de biogaz est représentée par la **Figure 11**.

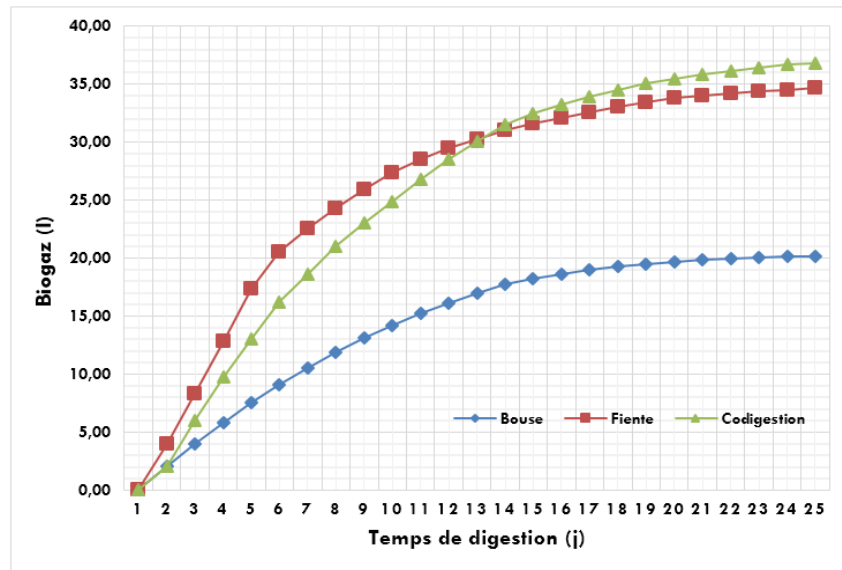


Figure 11 : Cinétique de productions cumulées

Les courbes de productions cumulées de biogaz des trois substrats représentés par la **Figure 11** ont la même allure. Dès le début de la production de biogaz, on remarque une faible production, ensuite une accélération de la production pour décliner ou ralentir à la fin. Cette cinétique est conforme aux résultats de plusieurs autres auteurs [36, 37]. Elle présente les trois phases suivantes :

- Première phase : *phase de latence*, la durée de cette phase dépend de la nature du substrat. Elle est de 4 jours pour la fiente avec une production de 12,85 litres ; de 5 jours pour le substrat de codigestion avec une production de 13 litres et de 6 jours pour la bouse de vache avec une production de 9,05 litres. Cette période correspond à la phase de liquéfaction durant laquelle se déroulent l'hydrolyse, l'acidogénèse et l'acétogénèse [38] ;
- Deuxième phase : *phase exponentielle*, elle correspond à la partie centrale des courbes de production. Cette phase a duré 13 jours, du 6^{ème} au 18^{ème} jour pour la bouse de vache, pour la fiente 12 jours du 4^{ème} au 14^{ème} jour et pour la codigestion 16 jours du 5^{ème} au 20^{ème} jour. Les valeurs maximales en biogaz ont été obtenues au cours de cette deuxième phase : 19,26 litres pour la bouse de vache, 31,05 litres pour la fiente de poule et 35,5 litres pour la codigestion ;
- Troisième phase : *phase de palier*, elle correspond à une faible production de biogaz sous l'effet de l'épuisement des substrats [39]. Elle commence à partir du 18^{ème} jour pour la bouse ; du 15^{ème} jour pour la fiente et du 20^{ème} jour pour la codigestion, jusqu'à l'arrêt de la digestion.

4. Conclusion

Dans ce travail, nous avons déterminé les paramètres physico-chimiques (la matière sèche, la matière organique, la masse volumique, l'humidité, le pH et les teneurs en Carbone et en Azote) des substrats de bouse de vache et de fiente de poule, puis en déduire le rapport (C/N). Trois dispositifs expérimentaux de suivi de trois paramètres (la température, le pH et le volume de biogaz produit) ont été réalisés pour l'étude des substrats : de bouse de vache, de fiente de poule et de la codigestion. L'étude a montré que dans une ambiance de 28,5°C en moyenne, le processus de digestion anaérobie durant 25 jours est caractérisé par un pH oscillant entre 6 à 8,50 pour les trois types de substrat. Les courbes de variation de température dans les trois fermenteurs ont presque la même allure. Les productions cumulées en biogaz des trois substrats

montrent que la codigestion (35,5 litres) a un potentiel de biogaz plus grand que les substrats de fiente de poule (31,05 litres) et de bouse de vache (19,26 litres). Il en découle que pour une meilleure valorisation de ces substrats, il est préférable de procéder à la codigestion. L'étude a aussi permis de connaître les paramètres cités ci-dessus pour ces substrats au plan national.

Références

- [1] - A. OHANNESSIAN, "Composés Organiques Volatils du Silicium. Un frein à la valorisation énergétique de biogaz", Thèse de doctorat, École doctorale de Chimie de Lyon, (2008) 305 p.
- [2] - M. E. AFILAL, A. BAKX, N. BELAKHDAR, Y. MEMBREZ, "Evaluation of the biogas potential of organic waste in the northern provinces of Morocco". *Rev. Energ. Ren.*, 13 (2) (2010) 249 - 255
- [3] - J. HESS, "Modélisation de la qualité du biogaz produit par un fermenteur méthanogène et stratégie de régulation en vue de sa valorisation", Thèse de Doctorat dissertation, Université Nice Sophia Antipolis, (2007) 229 p.
- [4] - Y. M'SADAK, A. B. M'BAREK, "Valorisations environnementale, énergétique et agronomique de la biométhanisation industrielle appliquée à la biomasse avicole récupérée en Tunisie", *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 3 (3) (2015) 54 - 66
- [5] - T. H. ERGUDER, U. TEZEL, E. GUVEN, G.N. DEMIRER, "Anaerobic biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors", *Waste Manage.*, 21 (7), (2001) 643 - 650
- [6] - J. GUENDOZ, P. BUFFIÈRE, J. CACHO, M. CARRÈRE, J. P. DELGENES, "Dry anaerobic digestion in batch mode : Design and operation of a laboratory-scale, completely mixed reactor", *Waste Management*, 30 (10) (2010) 1768 - 1771
- [7] - Y. M'SADAK, A. B. M'BAREK, R. I. ZOGHLAMI, "Diagnostics environnemental et énergétique des digesteurs anaérobies expérimentaux des fientes avicoles", *Revue Nature and Technologie*, 8 (C) (2013) 19 - 26
- [8] - X. LIU, " Valorisation énergétique de la biomasse lignocellulosique par digestion anaérobie : prétraitement fongique aérobie", Thèse de doctorat des Sciences de l'Environnement Industriel et Urbain de l'École doctorale de Chimie Lyon, (2015) 247 p.
- [9] - Y. M'SADAK R. I ZOGHLAMI, "Caractérisations physico-chimique, environnementale et énergétique de la Biométhanisation industrielle avicole en Tunisie semi-aride"- *Algerian Journal of Arid Environment (AJAE)*, 2 (2) (2012) 16 - 27
- [10] - IRDA, "Déjection Animales : Mettre au Point des Techniques pour Réduire les Emissions dans l'Environnement", (2012) 2 p.
- [11] - M. E. AFILAL, N. BELKHADIR, H. DAOUDI, O. ELASRI, "Fermentation méthanique des différents substrats organiques", *J. Mater. Environ. Sci.*, 4 (1) (2013) 11 - 16
- [12] - N. DOUAG-TIRICHINE, A. BENKHELIFA ET K. BOUSDIRA, "Production de biogaz à partir des déjections bovines en milieu aride : cas du M'Zab (Algérie)", *Revue des Energies Renouvelables*, 17 (3) (2014) 419 - 426
- [13] - M. E. AFILAL, N. BELKHADIR & Z. MERZAK, "Biogas Production from Anaerobic Digestion of Manure Waste : Moroccan Case", *Global Journal of Science Frontier Research Biological Sciences*, 13 (1) 2013
- [14] - P. POUECH, R. COUDURE, C. E. MARCATO, "Intérêt de la codigestion pour la valorisation des lisiers et le traitement de déchets fermentescibles à l'échelle d'un territoire", *Journées Recherche Porcine*, 37 (2005) 39 - 44
- [15] - R. COUDURE, P. POUECH, C. MARCATO, J. GODON, C. S. JOLY, "Amélioration des performances de la production de biogaz en codigestion et évaluation de l'intérêt agronomique de l'effluent de méthanisation", Rapport final du programme de recherche, (2004) 110 p.

- [16] - R. LIU, H. BAYARD, H. BENBELKACEM, P. BUFFIERE, et R. GOURDON, "Évaluation du potentiel biométhanogène de biomasses lignocellulosiques", *Déchets Sciences et Techniques*, (67) (2014) 36 - 49
- [17] - C. ROATI, S. FIORE, B. RUFFINO, F. MARCHESE, D. NOVARINO AND M.C. ZANETTI, "Preliminary Evaluation of the Potential Biogas Production of Food-Processing Industrial Wastes", *American Journal of Environmental Sciences*, 8 (3), (2012) 291 - 296
- [18] - M. M. SOW, "Génétique animale en Guinée", Rapport, Ministère de l'Élevage et des Productions Animales de la République de Guinée, (2013) 4 p.
- [19] - Bureau de Stratégie et de Développement du Ministère de l'Élevage et des productions Animales (BSD/MEPA) Guinée, (2017)
- [20] - M. KÉÏTA, A. THIAM, A. SAKOUVOGUI, "Evaluation du potentiel énergétique des effluents animaux de la ferme de Sifata et de cinq villages de la Commune Rurale de Orémaï — Macenta — Guinée", *Revue Scientifique de l'Université de Kankan - Guinée*, (13) (2014) 75 - 79
- [21] - Y. CAMARA, X. CHESNEAU et C. KANTE, "Étude numérique du confort thermique dans un habitat bioclimatique en brique de terre stabilisée pour un climat type de la Guinée", *Journal Afrique SCIENCE*, 14 (2) (2018) 238 - 254
- [22] - Archive de Mamou, "Audit Urbain, Organisationnel et Financier de la commune de Mamou", Rapport, (2015)
- [23] - Y. M'SADAK, et A. BEN M'BAREK, "Caractérisation quantitative du digestat solide de la biométhanisation industrielle des fientes avicoles et alternatives de son exploitation agronomique hors sol", *Revue des Energies Renouvelables*, 16 (1) (2013) 33 - 42
- [24] - APHA (American Public Health Association), "Standard methods for examination of water and waste water", 19th Ed. APHA pub. Washington Dc., (1989)
- [25] - J. LACOUR, 'Valorisation de résidus agricoles et autres déchets organiques par digestion anaérobie en Haïti', Thèse de doctorat en cotutelle, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Ecole doctorale Chimie de Lyon, (2012) 217 p.
- [26] - J. LACOUR, R. BAYARD, E. EMMANUEL et R. GOURDON, "Evaluation du potentiel de valorisation par digestion anaérobie des gisements de déchets organiques d'origine agricole et assimilés en Haïti", *Déchets Sciences & Techniques - Revue Francophone d'Écologie Industrielle*, (60) (2011) 31- 41
- [27] - R. AIT-BRAHIM, A. AMAZIGH ET H. MAHACH, 'Digesteur à biogaz', Mémoire de projet professionnel, Faculté Poly-disciplinaire de Ouarzazate (2013) 36 p.
- [28] - Y. M'SADAK, A. B. M'BAREK, R. I. ZOGHLAMI, S. BARAKET, "Caractérisation quantitative et qualitative de la productivité énergétique de digesteurs pilotes de déjections animales", *Revue de génie industriel*, (7) (2012) 46 - 55
- [29] - Y. M'SADAK, A. B. M'BAREK, S. BARAKET, "Suivis physico-chimique et énergétique de la biométhanisation expérimentale appliquée à la biomasse bovine", *Revue Nature & Technologie*, (7) (2012) 81 - 86
- [30] - S. YADVIKA, T. R. SREEKRISHNAN, K. SANGEETA, R. VINEET, "Enchantment of biogas production from solid substrates using different technique". *A Review. Bioresour. Technol*, 95 (1) (2004) 1 - 10
- [31] - Y. M'SADAK et B. M'BAREK ABIR, "Performances environnementales et énergétiques de la biométhanisation appliquée aux déjections bovines dans le contexte tunisien", 5 (1) (2015) 76 - 91
- [32] - M. ROUEZ, "Dégradation anaérobie de déchets solides : caractérisation, facteurs d'influence et modélisations", Thèse de doctorat de Lyon, (2008) 259 p.
- [33] - S. ZERROUKI, R. RIHANI ET F. BENTAHAR, "Étude de la digestion anaérobie des effluents issus de l'industrie agro-alimentaire", *Nature and Tecnology Algérie, : Environnemental Sciences*, 17 (C) (2017) 25 - 30

- [34] - D. TRAORE, D. DIANOU AND A. S. TRAORE, "Biomethane Potential of Some Agroresources in Burkina Faso : Case Study of Vegetable Residues, Pig Manure, Mango Waste and Bovine Manure", *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 15 (2) (2017) 1 - 11
- [35] - S. ROBRA, R. SERPA, A. OLIVEIRA, J. ALMEIDA, J. SANTOS, "Generation of biogas using crude glycerin from biodiesel production as a supplement to cattle slurry", *Biomass and Bioenergy*, (34) (2010) 1330 - 1335
- [36] - M. E. AFILAL, O. ELASRI, Z. MERZAK, "Caractérisations des déchets organiques et évaluation du potentiel Biogaz", *J. Mater. Environ. Sci.*, 5 (4) (2014) 1160 - 1169
- [37] - ABOUBAKAR, Z. BOLI et C. M. F. MBOFUNG, "Etude du potentiel biogaz des déjections animales : bouses de bovins et fientes de volailles d'un centre zootechnique à Maroua - Cameroun", *Revue des Energies Renouvelables*, 19 (3) (2016) 447 - 464
- [38] - A. TAHRI, M. DJAAFRI, M. KHELAFI, S. KALLOUM ET F. SALEM, "Amélioration du Rendement de la Production de Biogaz par Codigestion des Déchets Organiques (Déchets d'Abattoir et de Volaille)", *Revue des Energies Renouvelables*, SIENR'12 Ghardaïa, (2012) 375 - 380
- [39] - 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*, (5) (2002) 123 - 128