



HAL
open science

Optimisation du démarrage d'un digesteur anaérobie discontinu pour la valorisation de fumiers bovins

Silvio Riggio, Michel Torrijos, Romain Debord, G. Esposito, Eric D. van Hullebusch, J. Comas, Jean-Philippe Steyer, Renaud Escudié

► **To cite this version:**

Silvio Riggio, Michel Torrijos, Romain Debord, G. Esposito, Eric D. van Hullebusch, et al.. Optimisation du démarrage d'un digesteur anaérobie discontinu pour la valorisation de fumiers bovins. Journées de la Méthanisation : Applications Agricoles et Industrielles, Moletta Méthanisation. FRA., Dec 2016, Chambéry, France. hal-01604676

HAL Id: hal-01604676

<https://hal.science/hal-01604676>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Optimisation du démarrage d'un digesteur anaérobie discontinu pour la valorisation de fumiers bovins

S. Riggio*, M. Torrijos*, R. Debord**, G. Esposito***, E.D. van Hullebusch****, J. Comas*****, J.P. Steyer*, R. Escudie*

*INRA, UR0050, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, 102, Avenue des Etangs, F-11100 Narbonne, France, (E-mail: silvio.riggio@supagro.inra.fr)

** Naskeo Environnement, 52 rue Paul Vaillant Couturier – 92240 Malakoff, France

***Department of Civil and Mechanical Engineering, University of Cassino and Southern Lazio, Via Di Biasio, 43, 03043 Cassino (FR), Italy

****Université Paris-Est, Laboratoire Géomatériaux et Environnement (LGE), EA 4508, UPEMLV, 77454 Marne-la-Vallée, France

*****LEQUIA, Institute of the Environment, University of Girona, Campus Montilivi, E-17071 Girona, Spain

Mots-clé: Réacteur batch, digestion sèche, recirculation du lixiviat, inoculation, fumier bovin.

1. Introduction

Les réacteurs batch à percolation (RbP) avec recirculation du lixiviat sont des digesteurs anaérobies en voie sèche contenant un substrat solide ayant une teneur en matières sèches élevée et fonctionnant en mode discontinu. Les fumiers bovins, substrat très répandu en France (Degueurce et al., 2016a), sont bien adaptés à ce type de procédé (André et al., 2015; Degueurce et al., 2016b). Dans les RbP, deux phases séparées coexistent: La phase solide qui reste statique pendant toute la durée du batch et la phase liquide, aspergée sur le dessus de la phase solide, qui percole à travers le lit et qui est recirculée (Karthikeyan and Visvanathan, 2012). L'inoculation est une étape cruciale pour la bonne gestion de ce type de digesteurs et la stratégie utilisée peut influencer sur le processus global. En règle générale, le démarrage d'un nouveau batch est réalisé avec inoculation par les deux fractions liquide et solide. En effet, la fraction liquide, stockée dans des cuves, est utilisée pour l'humidification du substrat brut, et une partie de la fraction solide du batch qui vient de se terminer est recyclée pour assurer une inoculation. L'impact de ces deux types d'inoculation sur les performances de production de biogaz par ce type de procédé n'est pas bien décrit dans la littérature. De plus, l'utilisation de la fraction solide soulève des problématiques de caractère économique car un plus grand volume utile est nécessaire à son ajout (Yang et al., 2015). Ce travail se propose donc d'optimiser le démarrage d'un RbP au travers de ces deux stratégies d'inoculation et de déterminer l'impact économique sur le procédé à l'échelle de la ferme.

2. Matériels et Méthodes

Six RbP de 7 L de volume ont été utilisés en condition mésophile (37 °C). Dans chaque réacteur environ 2 L étaient destinés au stockage du lixiviat, 3,5 L au fumier et 1,5 L au ciel gazeux. Le fumier était séparé du lixiviat par un plancher constitué par un filet de taille 1 millimètre. Le lixiviat était recirculé au-dessus du fumier grâce à une pompe à une fréquence de 10 fois par jour pendant 1 minute à un débit de 1.6 L/min.

Trois conditions ont été testées en duplicat: le blanc (B), condition D et condition L (Tableau 1). Au fumier brut, seulement de l'eau a été ajoutée dans le blanc (B), du digestat solide dans la condition D, et du lixiviat dans la condition L. Le fumier a été collecté dans une ferme de vaches laitière du sud de la France. Il avait une siccité de 30% et une concentration en matières organiques de 24%. Le digestat et le lixiviat ont été récupérés d'un batch précédant traitant du fumier bovin dans des conditions similaires.

Tableau 1 : Conditions opératoires des différentes conditions expérimentales.

| | Fumier | Digestat | Lixiviat | Eau |
|-------------|--------|----------|----------|------|
| | kg | kg | L | L |
| Blanc (B) | 1.32 | - | - | 2.28 |
| Condition D | 0.97 | 0.33 | - | 2.10 |
| Condition L | 1.30 | - | 1.70 | 0.58 |

Le suivi des réacteurs a duré 60 jours et quatre paramètres ont été analysés plus en particulier : le pH et la concentration en AGV dans le lixiviat d'un côté, et le volume de biogaz produit et sa teneur en méthane de l'autre. La fréquence d'analyse a été choisie afin de bien suivre les évolutions des batches : 4-5 fois par semaine les 3 premières semaines et ensuite 2-3 fois par semaine les 5 dernières semaines.

3. Résultats - Discussion

Résultats expérimentaux

Dans les trois conditions, la digestion n'a pas présenté de problèmes d'acidification et le pH n'est jamais descendu au-dessous de 6.6. Les concentrations en AGV ont été similaires pour les conditions D et L avec des pics de 8 g DCO-AGV/L. Un retard de 6 jours dans la dégradation des AGV a été observé uniquement pour le blanc (données non présentées). La Figure 1 montre que le démarrage en absence de toute inoculation supplémentaire (blanc) est possible avec des performances de production de méthane proches de celles de la condition L (en condition L l'eau a été remplacée par du lixiviat).

Le Tableau 2 résume les performances de production de méthane dans les trois conditions après 60 jours de digestion. Des différences significatives sont observées en fonction de l'ajout du lixiviat ou du digestat. En condition D, la production totale de méthane est 13,5% inférieure à celle de la condition L puisque moins de matière fraîche a été ajoutée (le digestat a occupé une partie du volume et la production résiduelle est faible). Par contre la réincorporation du digestat permet d'incrémenter les cinétiques de production et d'atteindre une plus grande production spécifique (15.8% en plus), en ne considérant que le fumier ajouté dans chaque condition.

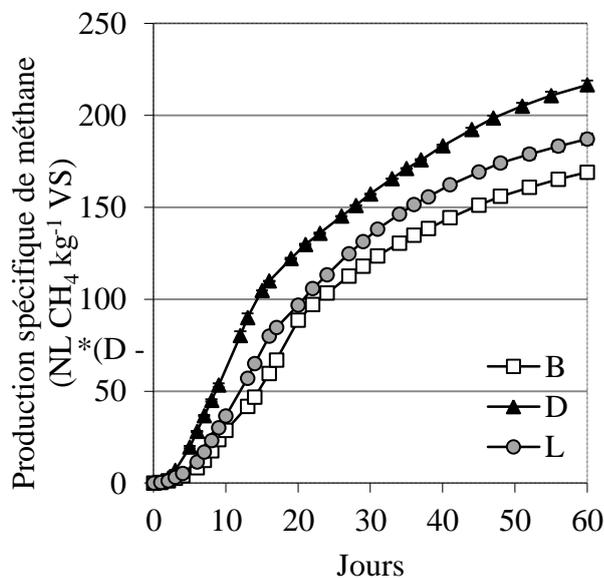


Figure 1 : Production spécifique de méthane en fonction du temps

| | Volume total de méthane | Production spécifique |
|----------------------------------|-------------------------|--|
| | NL CH ₄ | NL CH ₄ kg ⁻¹ VS _{fumier} |
| Blank (B) | 52.5 ± 0.8 | 169.0 ± 1.5 |
| Condition D | 49.9 ± 0.6 | 216.5 ± 2.4 |
| Condition L | 57.7 ± 1.0 | 187.0 ± 3.1 |
| Comparison of conditions D and L | -13.5 %* | 15.8 %* |

Tableau 2 : Bilan de la production de méthane pour les 3 conditions

Résultats de la simulation économique

Afin de déterminer l'impact que la réincorporation de digestat (condition D) ou l'ajout de lixiviat (condition L) peuvent jouer au niveau industriel, une analyse économique a été réalisée. Les hypothèses principales sont issues de la simulation de sites agricoles de différentes tailles avec au minimum 4 RbP produisant en parallèle et une exploitation du biogaz par cogénération avec des puissances électriques installées comprises entre 100 et 300 kWel. Les paramètres choisis pour l'analyse sont le temps de retour sur investissement (R_{sI}) et le taux de rentabilité interne (TRI). Les Figures 2a et 2b résument l'évolution de ces deux paramètres en fonction de la quantité de substrat traité. Ces figures montrent que les 2 paramètres varient de façon similaire pour les deux conditions d'inoculation et que la différence entre les deux est très faible.

Ces données montrent que, pour un gisement donné, le surplus de production de méthane relié aux cinétiques plus rapides en condition D arrive à contrebalancer les surcoûts de génie civil liés à un plus grand volume utile (en considérant le surplus de volume nécessaire à l'ajout du digestat). Cela signifie que les deux conditions ne sont pas significativement différenciées d'un point de vue économique. Cependant, il faut considérer que l'ajout de digestat, pour une même quantité de fumiers traités, implique un investissement initial 18% plus élevé, en moyenne.

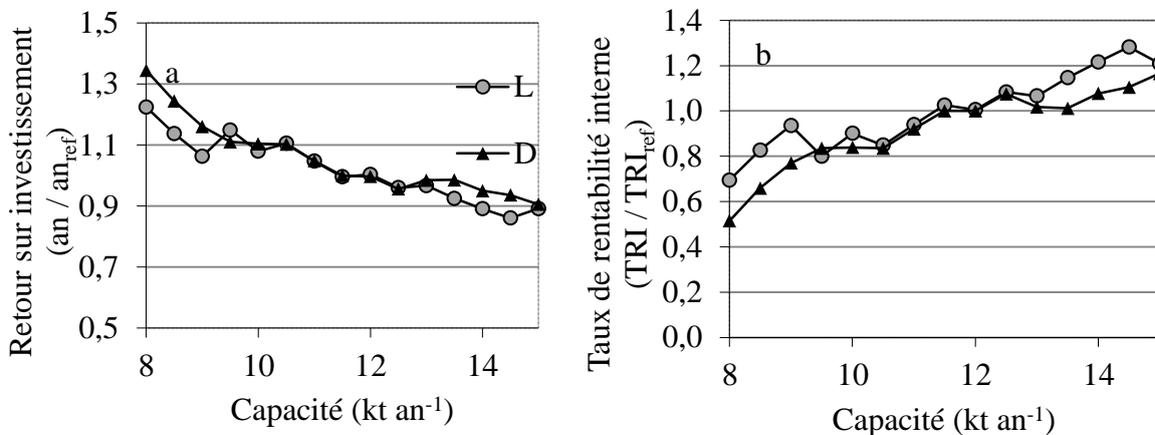


Figure 2 : Variations du retour sur investissement (a) et du taux de rentabilité interne (b) en fonction de la quantité de gisement. Les valeurs sont normalisées pour des raisons de confidentialité

4. Conclusion

D'après les résultats obtenus en réacteurs batchs à percolation avec du fumier bovin comme seul substrat, il est possible de conclure que : d'une part, l'inoculation avec du lixiviat est conseillée pour optimiser la production volumétrique de méthane d'un batch ; et d'autre part que l'inoculation par recyclage d'une partie de la fraction solide provenant du batch précédent permet d'optimiser la production spécifique de méthane c'est-à-dire de mieux exploiter la matière en entrée (au niveau énergétique). Les deux stratégies d'inoculation présentent des performances économiques très similaires. Cependant, pour un gisement donné, l'utilisation du lixiviat paraît une meilleure solution au niveau industriel car cela nécessite un investissement initial plus faible. Cette option est donc à considérer la meilleure pour un substrat 100% fumier. Il est

rappelé que cela peut ne pas être la solution optimale si des fractions de substrat rapidement fermentescible sont ajoutées (e.g. 70% fumier et 30% ensilage) car des problèmes d'acidification peuvent surgir sans ajout de digestat.

5. References

- André, L., Durante, M., Paus, A., Lespinard, O., Ribeiro, T., Lamy, E., 2015. Quantifying physical structure changes and non-uniform water flow in cattle manure during dry anaerobic digestion process at lab scale : Implication for biogas production. *Bioresour. Technol.* 192, 660–669. doi:10.1016/j.biortech.2015.06.022
- Degueurce, A., Capdeville, J., Perrot, C., Bioteau, T., Martinez, J., 2016a. Fumiers de bovins, une ressource à fort potentiel pour la filière de méthanisation en France ? *Sci. Eau Territ.* 1–9.
- Degueurce, A., Tomas, N., Le Roux, S., Martinez, J., Peu, P., 2016b. Biotic and abiotic roles of leachate recirculation in batch mode solid-state anaerobic digestion of cattle manure. *Bioresour. Technol.* 200, 388–395. doi:10.1016/j.biortech.2015.10.060
- Karthikeyan, O.P., Visvanathan, C., 2012. Bio-energy recovery from high-solid organic substrates by dry anaerobic bio-conversion processes : a review. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 12, 257–284. doi:10.1007/s11157-012-9304-9
- Kusch, S., Oechsner, H., Jungbluth, T., 2012. Effect of various leachate recirculation strategies on batch anaerobic digestion of solid substrates. *Int. J. Environ. Waste Manag.* 9, 69–88.
- Yang, L., Xu, F., Ge, X., Li, Y., 2015. Challenges and strategies for solid-state anaerobic digestion of lignocellulosic biomass. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 44, 824–834. doi:10.1016/j.rser.2015.01.002