



HAL
open science

Méthanisation des boues de STEP et des vinasses, modélisation et optimisation

Hélène Caillet, Laetitia Adelard

► **To cite this version:**

Hélène Caillet, Laetitia Adelard. Méthanisation des boues de STEP et des vinasses, modélisation et optimisation. Assemblée Générale du Laboratoire PIMENT, Nov 2017, Petite-île, France. hal-01729069

HAL Id: hal-01729069

<https://hal.science/hal-01729069v1>

Submitted on 12 Mar 2018

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.

Méthanisation des Boues de STEP et des Vinasses Modélisation et Optimisation



Hélène CAILLET et Laëticia ADELARD
helene.caillet@univ-reunion.fr



Contexte et Objectifs

La gestion des déchets est une problématique importante à La Réunion. La méthanisation des **boues de STEP** et des **vinasses** permet une gestion efficace des déchets avec une **valorisation énergétique** et **agronomique**.

Dans ce contexte, l'objectif final du modèle mécanique multiphasé est de **prédire la propagation** des **micro-organismes** au sein du digesteur pour une digestion **liquide à solide** (taux de matière sèche MS < 15%). Le modèle est basé sur le **couplage** des équations de **Navier-Stokes** et de l'équation de la **chaleur**. Le logiciel **OpenFoam**, basé sur la méthode des **Volumes Finis** est utilisé. De futures expérimentations permettront de valider le modèle.

Matériels et Méthode

❖ MODÉLISATION

• Lois de comportement de la viscosité :

Vinasse (Newtonien) :

$$\tau = \mu \dot{\gamma}$$

Boues de STEP (non-Newtonien) :

$$\text{MS} < 10\% : \text{Ostwald } \tau = k \dot{\gamma}^n$$

$$\text{MS} > 10\% : \text{Herschel-Bulkley } \tau = \tau_0 + k \dot{\gamma}^n$$

• Equations de conservation :

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{u}\mathbf{u}^T) = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \nabla \cdot (\mu \nabla \mathbf{u}) + g\beta \Delta \theta \vec{e}_z$$

$$\rho C_p \frac{\partial \theta}{\partial t} + \rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla \theta - \nabla \cdot (k \nabla \theta) = 0$$

τ : contrainte de cisaillement

$\dot{\gamma}$: taux de cisaillement

k : consistance

β : coefficient de dilatation thermique

n : indice de structure

\mathbf{u} : vitesse

μ : viscosité dynamique

P : pression

g : accélération de la pesanteur

τ_0 : limite d'élasticité

θ : température

ρ : masse volumique

C_p : capacité thermique

k : conductivité thermique

❖ EXPÉRIMENTATIONS

Tableau 1 : Caractérisation des substrats et de l'inoculum

	Boues de STEP	Vinasse	Inoculum
Source	station d'épuration de Grand PRADO	Distillerie de la Rivière du Mat	
Stockage	chambre froide 4°C		Etuve 35°C
Taux de matière sèche %/g	7,4549	8,9839	1,5772
Taux de matière volatile %/g	6,1667	6,8083	0,6657
pH	5,32	4,87	7,59

Tableau 2 : Organisation du test de potentiel méthanogène (BMP)

Set d'essai Tripliquat	Substrat	Volume Inoculum mL	Poids Substrat g	Ratio I/S
Blanc	-	250	-	-
Contrôle positif	Cellulose		0,8245	2
Substrats	Boues de STEP		13,3630	
	Vinasse		12,1072	

Conclusion et Perspectives

Le processus sera optimisé par des **prétraitements**. Des expérimentations pour la mesure de la **viscosité** des substrats seront menées afin de caler le modèle mécanique. Celui-ci sera couplé au **modèle ADM1**, ce qui permettra l'étude du **déplacement des bactéries**.

Remerciements

La thèse dans laquelle s'inscrivent ses travaux est financée par les fonds européens (FEDER) alloués par la Région Réunion. Ces travaux sont encadrés par le Laboratoire PIMENT (Physique et Ingénierie Mathématique pour l'Energie, l'Environnement, et la bâtiment) à l'Université de La Réunion en cotutelle avec l'Université de Johannesburg.

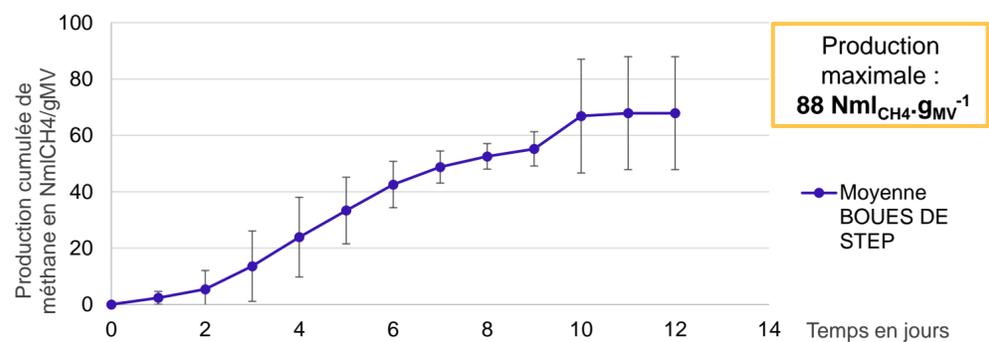


Résultats

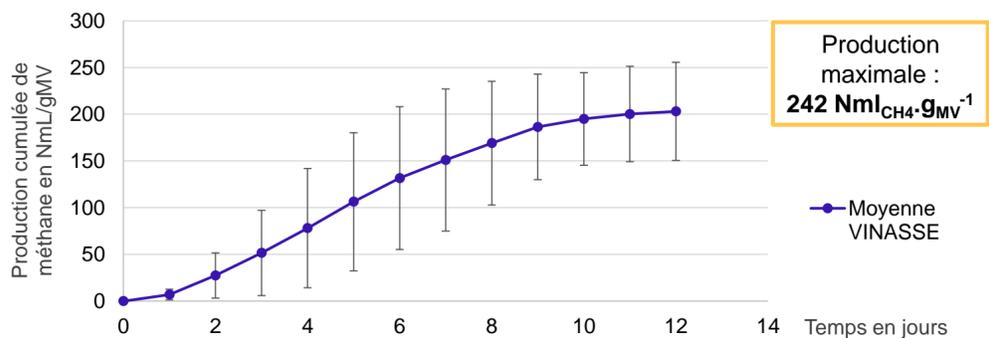
❖ RÉSULTATS NUMÉRIQUES ATTENDUS

- Champ de vitesse ;
- Champ de pression ;
- Champ de température ;
- Déplacement des micro-organismes assimilé au déplacement de particules solides.

❖ RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX



Graphique 1 : Intervalles de confiance de la production de méthane des boues de STEP



Graphique 2 : Intervalles de confiance de la production de méthane des vinasses

- La production maximale de méthane est atteinte en une dizaine de jours.
- Les intervalles de confiance étant importants, il serait intéressant d'effectuer des tests BMP :
 - avec des volumes d'inoculum de 350mL, afin que les digesteurs d'essai aient un volume d'espace de tête moins important,
 - avec un ratio I/S de 1.

Références

- Batstone, D.J., Keller, J., Angelidaki, I., Kalyuzhnyi, S.V., Pavlostathis, S.G., Rozzi, A., Sanders, W.T.M., Siegrist, H., and Vavilin, V.A. (2002). The IWA anaerobic digestion model no 1 (ADM1). Water Sci. Technol. 45, 65–73.
- Holliger, C., Alves, M., Andrade, D., Angelidaki, I., Astals, S., Baier, U., Bougrier, C., Buffiere, P., Carballa, M., de Wilde, V., et al. (2016). Towards a standardization of biomethane potential tests. Water Sci. Technol. 74, 2515–2522.
- Mbaye, S., Dieudé-Fauvel, E., and Baudez, J.C. (2014). Comparative analysis of anaerobically digested wastes flow properties. Waste Manag. 34, 2057–2062.