



HAL
open science

MODÉLISATION DYNAMIQUE D'UN DIGESTEUR DE BOUES D'ÉPURATION : CALAGE ET VALIDATION DU MODÈLE

G. Baquerizo, Justine Fiat, Pierre Buffière, Romain Girault, Sylvie Gillot

► **To cite this version:**

G. Baquerizo, Justine Fiat, Pierre Buffière, Romain Girault, Sylvie Gillot. MODÉLISATION DYNAMIQUE D'UN DIGESTEUR DE BOUES D'ÉPURATION : CALAGE ET VALIDATION DU MODÈLE. Journées Recherche Industrie Biogaz et Méthanisation, Feb 2016, Limoges, France. <hal-01958160>

HAL Id: hal-01958160

<https://hal.science/hal-01958160v1>

Submitted on 17 Dec 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.



HAL Authorization

MODÉLISATION DYNAMIQUE D'UN DIGESTEUR DE BOUES D'ÉPURATION : CALAGE ET VALIDATION DU MODÈLE

G. Baquerizo¹, J. Fiat¹, P. Buffiere², R. Girault³, S. Gillot¹

¹ Irstea, UR MALY, Centre de Lyon-Villeurbanne, France

² Laboratoire LGCIE-DEEP, INSA-Lyon, Villeurbanne, France

³ Irstea, UR GERE, Centre de Rennes, France

INTRODUCTION

La réduction des dépenses énergétiques des stations d'épuration à boues activées est principalement liée à l'optimisation de l'aération et à la maximisation de la production de biogaz

Motivations

- L'optimisation d'un digesteur passe par une évaluation préalable du fonctionnement → modélisation numérique outil efficace et peu coûteux.
- Validation de modèles à l'échelle réelle très peu étudiée : subordonnée à la disponibilité d'un jeu de données consolidées et à une caractérisation complète de la biodégradabilité des substrats.

Objectifs

- Calage et validation d'un modèle de digesteur à l'échelle industrielle traitant un mélange de boues primaires et de boues biologiques.
- La caractérisation fine des boues d'alimentation à l'aide de campagnes de mesures et de tests de production de méthane (BMP).

MATERIELS ET METHODES

Étude menée sur une station située dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse

Station. Eaux usées domestiques, capacité max 300 000 EH et 1.67 m³/s (charge actuelle = 40%). Prétraitement (grillage) + traitement primaire + étape biologique avec aération séquentielle (nitrification/dénitrification). **Épaississement des boues primaires et centrifugation des boues biologiques.**

Digesteur. Volume total 4 000 m³ (utile 3 000 m³), TRH = 21 ± 4 jours, température = 35 ± 2°C. **Données de deux ans d'opération :** débit d'alimentation, MES et MVS d'entrée et sortie du digesteur, débit de biogaz et de CH₄.

Caractérisation des boues. Analyses hebdomadaires sur les boues primaires épaissies, les boues biologiques centrifugées et les boues digérées (MES, MVS, DCO_t, DCO_s, NTK, NH₄, PT, Lipides, AGVs) durant 4 mois. Tests pour déterminer le potentiel méthanogène et la biodégradabilité.

Modèle. ADM1 [1] avec deux fractions de composite pour chaque boue. Détermination de paramètres stœchiométriques avec la caractérisation de l'influent. Implémentation dans SIMBA®.

RESULTATS (1/2)

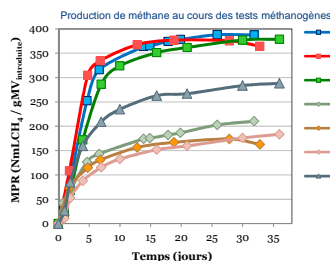
FONCTIONNEMENT DU DIGESTEUR

Paramètre	Valeur
Charge à traiter	2,5 ± 1,7 kg MV m ⁻³ j ⁻¹
Ratio boue primaire / boue biologique	1/0,75 (DCO) 1/0,96 (MES) 1/1,04 (MVS)
Performance élimination	41% MES 47% MVS
Production Biogaz	0,44 Nm ³ biogaz (kg MVS) ⁻¹
Pourcentage CH ₄	60 ± 3 %

Charge légèrement faible avec une répartition quasi homogène des boues primaires et biologiques

Bonne performance d'élimination en accord avec le TRH et la température de fonctionnement

CARACTÉRISATION SUBSTRAT



Boue	Biogaz (Nm ³ /tMV)	BMP (Nm ³ CH ₄ /tMV)	f _d	k _{hyd}
Primaire	531	381	65 %	0,25 j ⁻¹
Biologique	247	189	55 %	0,19 j ⁻¹
Mixte	338	288	44 %	0,24 j ⁻¹

$$\text{Biodégradabilité } f_d = \frac{\text{BMP (Nm}^3\text{CH}_4\text{ kg}^{-1}\text{)} }{350 \cdot \text{DCO} (\text{gO}_2\text{ kg}^{-1}\text{)}} * 100$$

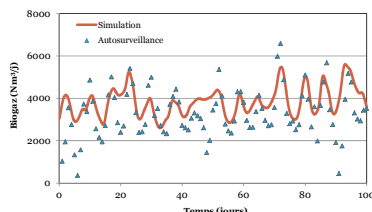
$$\text{Constantes d'hydrolyse } \ln \left(\frac{P_{inf} - P}{P_{inf}} \right) = -k_{hyd} \cdot t$$

RESULTATS (2/2)

MODELISATION DU FONCTIONNEMENT DU DIGESTEUR

Consolidation des données

Donnée	Valeur moyenne
Flux de DCO primaires (kg DCO/j)	6507
Flux de DCO biologiques (kg DCO/j)	4926
Flux de DCO entrant (kg DCO/j)	11433
Flux de DCO boues digérées (kg DCO/j)	5026
Flux de DCO méthane (kg DCO/j)	5823
Flux de DCO sortant (kg DCO/j)	10849
Erreur sur le bilan	5%



Validation des données à l'aide d'un bilan de DCO avec une erreur inférieure à 5%. Simulation cohérente de la production du biogaz

Ratio (g/g)	Analyses		Littérature [2,3,4]	
	Primaire	Biologique	Primaire	Biologique
DCO/MES	1,65	1,22	1,17-1,85	1,03-2,30
DCO _{sd} /DCO	0,041	0,046	0,090-0,172	0,008-0,070
TKN/MES	0,041	0,086	0,033-0,043	0,032-0,094
TAN/TKN	0,084	0,069	0,025-0,264	0,022-0,034
AGV/DCO _{sd}	0,693	0,922	0,019-0,117	n.d.
Lipides/MES	0,163	0,043	-	-

Bonne répétabilité des résultats (BMP)

BMP et biodégradabilité des boues légèrement élevés mais cohérents avec la littérature

Ratios caractéristiques essentiels pour calculer les paramètres stœchiométriques du modèle

CONCLUSIONS

La comparaison des performances de traitement du digesteur et des tests méthanogènes montre l'efficacité du digesteur. Les optimisations potentielles seront en relation avec l'augmentation de la biodégradabilité des boues (en fonctionnant à une température plus élevée ou en envisageant un prétraitement des boues).

La caractérisation complète des boues d'alimentation a permis de déterminer les paramètres stœchiométriques liés à l'hydrolyse de chaque boue et aussi de consolider et de valider les données expérimentales (bilan DCO).

Le modèle est capable de simuler correctement la dynamique de fonctionnement du digesteur : production de biogaz, caractéristiques des boues digérées. Cette description permettra une estimation précise des retours en tête issus de la déshydratation des boues, condition indispensable à la mise en œuvre d'un modèle global de la station d'épuration (incluant file eau et file boues).

References

- [1] Rosen C. and Jeppsson U. (2006). Aspects on ADM1 Implementation within the BSM2 Framework. IWA BSM TG Technical Report. Department of Industrial Electrical Engineering and Automation, Lund University, Lund, Sweden.
- [2] de Gracia M., Huete E., Beltran S., Grau P., Ayasa E. (2011). Automatic characterisation of primary, secondary and mixed sludge inflow in terms of the mathematical generalised sludge digester model. Water Science and Technology, 64 (3): 557-67.
- [3] Girault R. (2011). Étude des cinétiques de dégradation anaérobie et des interactions entre substrats organiques : impact sur les filières de co-digestion. Rennes 1. PhD Thesis, University of Rennes, France.
- [4] Ikumi D.S., Harding T.H., Ekama G.A. (2014). Biodegradability of wastewater and activated sludge organics in anaerobic digestion. Water Research, 56: 267-79.