



**HAL**  
open science

## **Biométhanation : valorisation du syngaz issu de la pyrogazéification de déchets**

J. Figueras, H. Benbelkacem, Claire Dumas, Pierre Buffière

### ► To cite this version:

J. Figueras, H. Benbelkacem, Claire Dumas, Pierre Buffière. Biométhanation : valorisation du syngaz issu de la pyrogazéification de déchets. 18ème congrès de la Société Française de Génie des Procédés, Nov 2022, Toulouse, France. hal-04166630

**HAL Id: hal-04166630**

**<https://hal.science/hal-04166630>**

Submitted on 20 Jul 2023

**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.

# Biométhanation : valorisation du syngaz issu de la pyro-gazéification de déchets

Julie FIGUERAS<sup>1,2</sup>, Hassen BENBELKACEM<sup>1</sup>, Claire DUMAS<sup>3</sup>, Pierre BUFFIERE<sup>1</sup>

Affiliation 1 : DEEP - INSA de Lyon, Bâtiment Sadi Carnot, 9 Rue de la Physique, 69621 VILLEURBANNE Cedex, France.

Affiliation 2 : ENOSIS, 12 rue Louis Courtois de Viçose, Porte Sud, Bat. 3, 31100 TOULOUSE, France

Affiliation 3 : TBI, Université de Toulouse, CNRS, INRAE, INSA, Toulouse, France, 135 Avenue de Rangueil, 31077 TOULOUSE Cedex 04, France.

## Contexte

Dans un contexte d'économie circulaire, la valorisation énergétique de déchets hétérogènes et ligneux sous la forme de syngaz grâce à la pyro-gazéification est une stratégie prometteuse à l'échelle territoriale. Le syngaz ainsi obtenu, composé majoritairement de  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $CO$  et  $CO_2$  peut ensuite être valorisé en méthane par biométhanation, ce qui permet d'améliorer son pouvoir calorifique et de tirer parti des importantes infrastructures de stockage et de transport du gaz naturel déjà présentes en France et en Europe.

La biométhanation est le processus biologique de conversion de l' $H_2$  et du  $CO$  ou  $CO_2$  en méthane par des micro-organismes anaérobies. Plus résistante aux impuretés dans le gaz et plus simple à mettre en œuvre que la méthanation catalytique (qui nécessite de hautes gammes de température et pression), elle peut être utilisée pour valoriser le syngaz en méthane (Grimalt-Alemany et al., 2018).

## Mécanismes de la biométhanation

Le substrat gazeux est injecté dans le réacteur de biométhanation afin d'être transféré à la phase liquide qui contient les micro-organismes. Ceux-ci agissent comme biocatalyseur des réactions, en utilisant les composés du syngaz à la fois comme source de carbone et d'énergie pour soutenir leur croissance.

L'inoculum effectuant la biométhanation peut être constitué d'une ou plusieurs souches de micro-organismes, ou obtenu à partir de l'adaptation d'un consortium mixte. Dans ce dernier cas, l'inoculum initial est généralement un inoculum présentant une grande diversité microbienne et un fort potentiel méthanogène (boues de STEP digérées, digestat de méthanisation...). L'injection d'un substrat spécifique (ici le syngaz) ainsi que les choix des paramètres opératoires (température, pH, temps de séjour...) va ensuite permettre de sélectionner et enrichir le consortium en micro-organismes d'intérêt capables d'effectuer la biométhanation. L'utilisation d'un consortium mixte enrichi en archées méthanogènes et en bactéries carboxydotrophes plutôt que des cultures pures permet une simplification des procédés opératoires (conditions stériles inutiles) ainsi qu'une plus grande résilience aux aléas.

Dans un consortium mixte adapté, la biométhanation du syngaz s'effectue selon des interactions syntrophiques complexes entre différents groupes de micro-organismes. Le choix des paramètres expérimentaux, notamment de la température, va permettre de favoriser certaines voies métaboliques (Grimalt-Alemany et al., 2019). Les conditions thermophiles (50-70 °C), favorables à la croissance des méthanogènes, permettent d'atteindre de plus hautes productivités en méthane et sont donc généralement privilégiées. Sous ces conditions, les voies métaboliques majoritaires sont la

conversion du CO en H<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> selon la réaction biologique du gaz à l'eau (Eq.1) et la conversion de l'hydrogène et du CO<sub>2</sub> en CH<sub>4</sub> (Eq.2) par des organismes méthanogènes.



## Enjeux de recherche

La biométhanation du syngaz est une technologie récente qui soulève des enjeux de recherche. Notamment, le transfert du substrat gazeux vers les micro-organismes agissant comme catalyseurs et présents dans la phase liquide est une des limites majeures du procédé et doit être optimisé (Asimakopoulos et al., 2018). D'autre part, il a été observé que le CO présent en grande quantité dans le syngaz pouvait avoir des effets inhibiteurs sur certains groupes de micro-organismes.

## Résultats

Afin de répondre à ces problématiques, un réacteur de 12 L fonctionnant en continu à 4 bars et à 55°C a été mis en place. Le transfert gaz-liquide est opéré par l'agitation en continu du milieu, l'injection du gaz d'alimentation via un fritté, ainsi que par le fonctionnement sous pression. L'inoculum issu de boues de STEP a été adapté à la biométhanation d'un syngaz (40% CO, 40% H<sub>2</sub>, 20% CO<sub>2</sub>) (Figueras et al., 2021).

Afin d'atteindre de hautes productivités de méthane, le débit de syngas en entrée a été augmenté graduellement par palier de 20%. De bonnes performances ont été obtenues, avec une productivité maximale de 1 NL<sub>CH<sub>4</sub></sub>/L<sub>réacteur</sub>/h associée à des taux de conversion supérieurs à 80 % pour le CO et l'H<sub>2</sub>. En travaillant avec du CO pur et à différentes pressions partielles, des concentrations critiques inhibitrices de CO ont été identifiées. Nos résultats semblent indiquer que le transfert gaz-liquide est un facteur clé du procédé. En effet, les vitesses de consommation mesurées semblent supérieures aux vitesses de transfert.

## Conclusion

Les travaux effectués ces dernières années ont abordé les problématiques essentielles de la biométhanation du syngaz à l'aide du premier pilote de méthanation d'un mélange CO/H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> sous pression fonctionnant en continu. Ils montrent la faisabilité du procédé et donnent des clés pour l'élaboration de stratégies de montée en échelle et de pilotage de réacteur de biométhanation à destination de partenaires industriels.

## Références bibliographiques

- Asimakopoulos, K.; Gavala, H. N.; Skiadas, I. V. Reactor Systems for Syngas Fermentation Processes: A Review. *Chemical Engineering Journal* 2018, 348, 732–744.
- Figueras, J.; Benbelkacem, H.; Dumas, C.; Buffiere, P. "Biomethanation of Syngas by Enriched Mixed Anaerobic Consortium in Pressurized Agitated Column." *Bioresource Technology* 2021, 338.
- Grimalt-Alemany, A.; Skiadas, I. V.; Gavala, H. N. Syngas Biomethanation: State-of-the-Art Review and Perspectives. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 2018, 12 (1), 139–158.
- Grimalt-Alemany, A.; Łężyk, M.; Kennes-Veiga, D. M.; Skiadas, I. V.; Gavala, H. N. Enrichment of Mesophilic and Thermophilic Mixed Microbial Consortia for Syngas Biomethanation: The Role of Kinetic and Thermodynamic Competition. *Waste Biomass Valor* 2019.