

# Amélioration d'un procédé de bio méthanation ex situ à pression atmosphérique (BILOREX)



S. CHEIKH NIANG<sup>1</sup>, G. HENRY<sup>2,4</sup>, S. DELAUNAY<sup>3,4</sup>

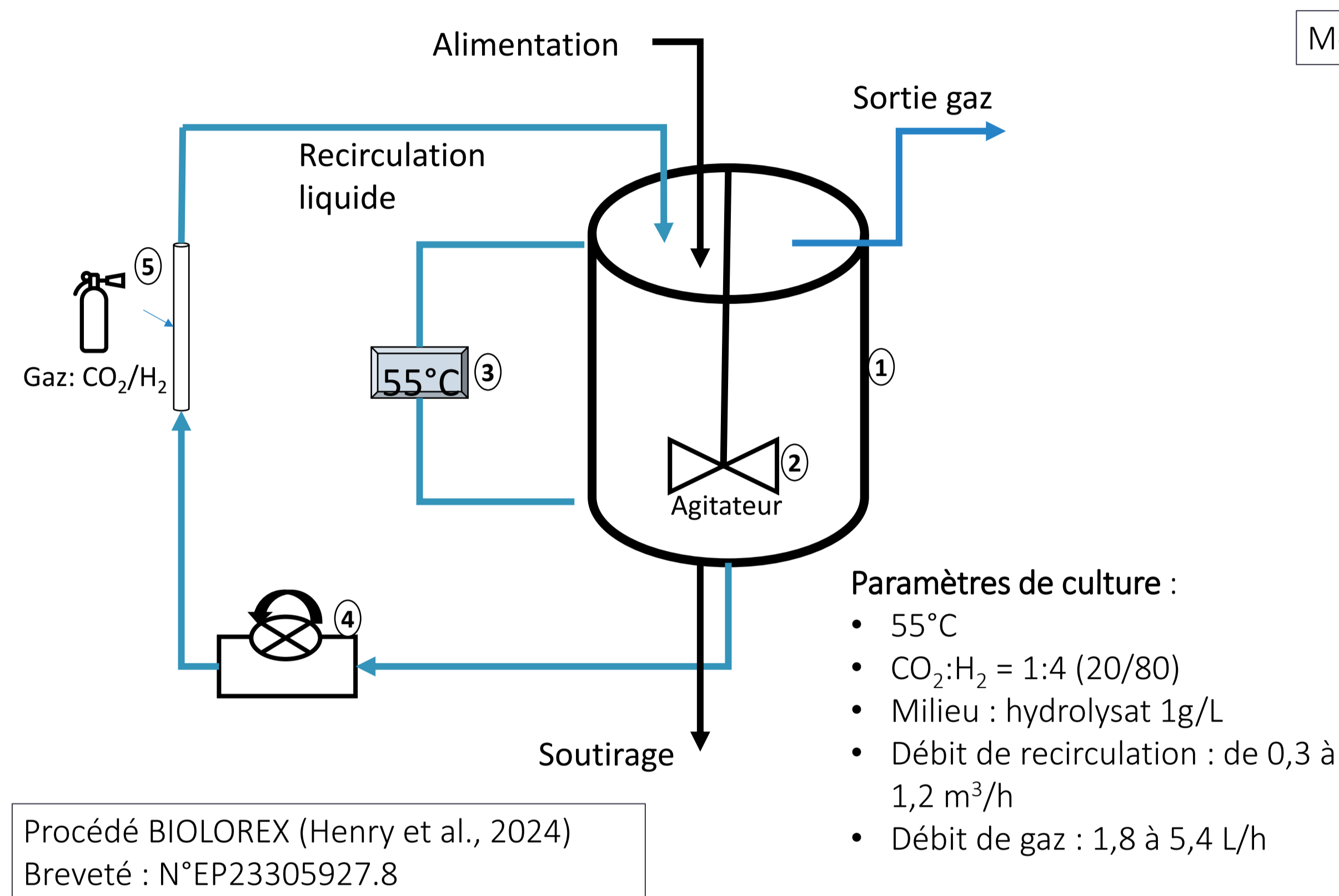
<sup>1</sup> SATT Sayens, 21071 Dijon, France  
<sup>2</sup> Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires, Université de Lorraine  
<sup>3</sup> Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, UMR 7274 Université de Lorraine/Centre National de la Recherche Scientifique  
<sup>4</sup> AgroMetha, Chaire industrielle de l'ENSAIA



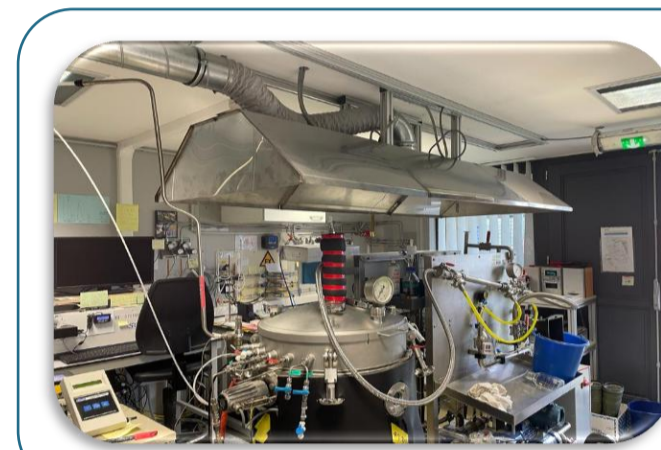
Malgré l'apparition de nouvelles approches, la faible solubilité de l'hydrogène demeure un défi dans les procédés de méthanation biologique. L'utilisation d'une membrane dans le but d'améliorer le transfert gaz-liquide a fait l'objet de plusieurs études ces dernières années et s'est avérée efficace (Deschamps et al., 2021, Haitz et al., 2025).

Dans le cadre du développement d'un procédé de biométhanation pouvant s'insérer dans une stratégie de Power-to-Gaz agricole, le procédé BILOREX vise à améliorer le transfert gaz-liquide de l'hydrogène par l'emploi de membranes céramiques microporeuses dans lesquelles circule le milieu de culture (Henry et al., 2024). L'étude a initialement été menée dans un réacteur pilote (CSTR) de 100 Lensemencé avec un consortium composé majoritairement d'Archées méthanogènes hydrogénéotrophes (Cheikh Niang et al., 2024).

## Approche méthodologique



Montée en échelle



- RPA 100L
- Membrane poreuse
- Pression atmosphérique



- RPA 1 m<sup>3</sup>
- Membrane poreuse
- Pression atmosphérique

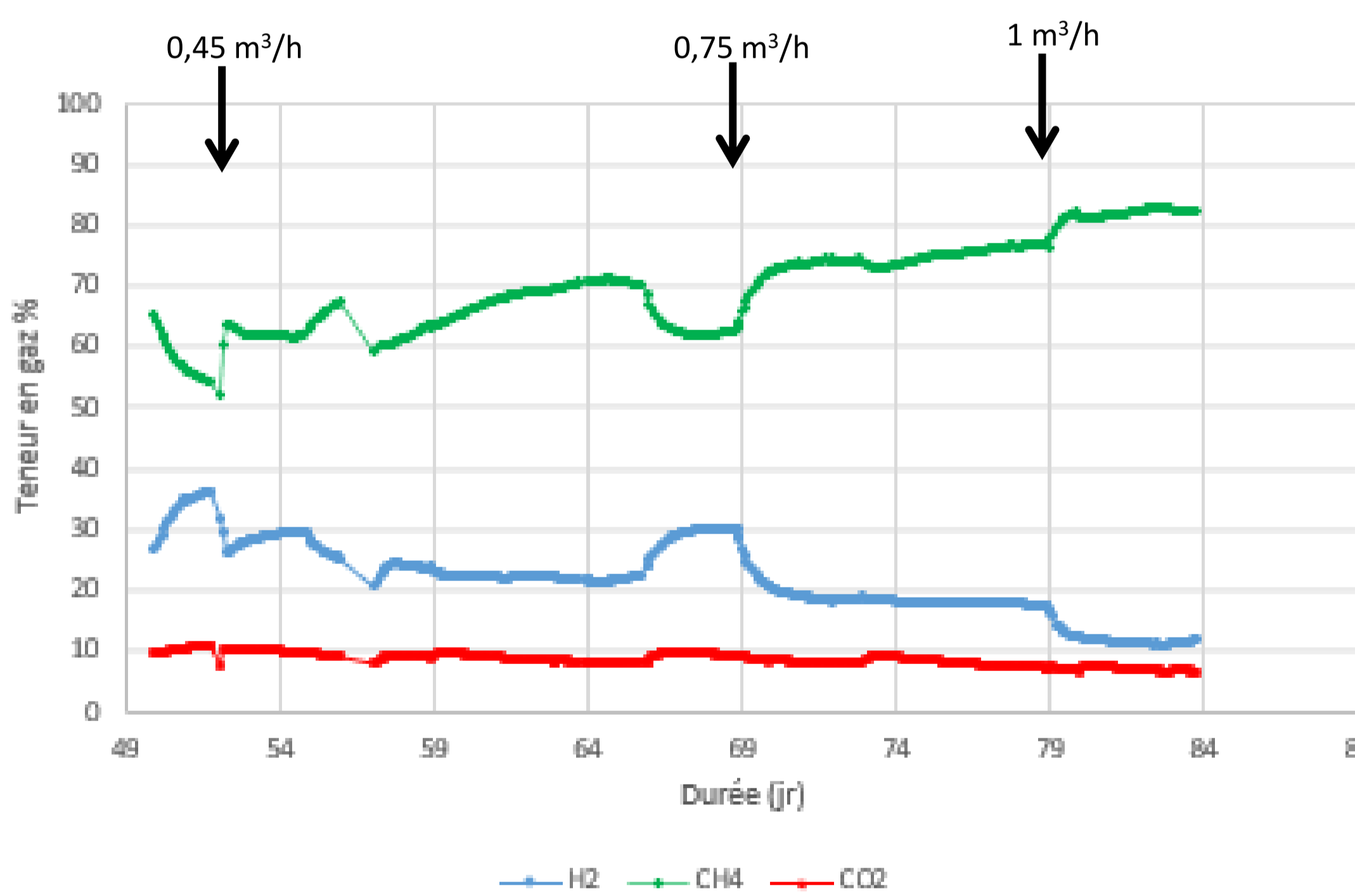
Transfert du mélange gazeux par l'intermédiaire de membranes céramiques commerciales (TAMI Industries)

- Taille de pores : 15 kg/mol (0,01 μm)
- Nombre de canaux/membrane : 7
- Nombre de membranes : 1 ou 7
- Surface d'échange/membrane : 0,08 m<sup>2</sup> ou 0,56 m<sup>2</sup>



## Optimisation du transfert de gaz à travers une membrane

### L'influence du débit de recirculation sur la conversion du CO<sub>2</sub>



Débit liquide (m <sup>3</sup> /h)	%CH <sub>4</sub>	Débit gaz (L/h)	MER (L <sub>CH<sub>4</sub></sub> /L <sub>r</sub> /jr)
0,2	57%	2,4	0,119
0,45	71%	2,4	0,102
0,75	77%	2,4	0,111
1	82%	2,4	0,106

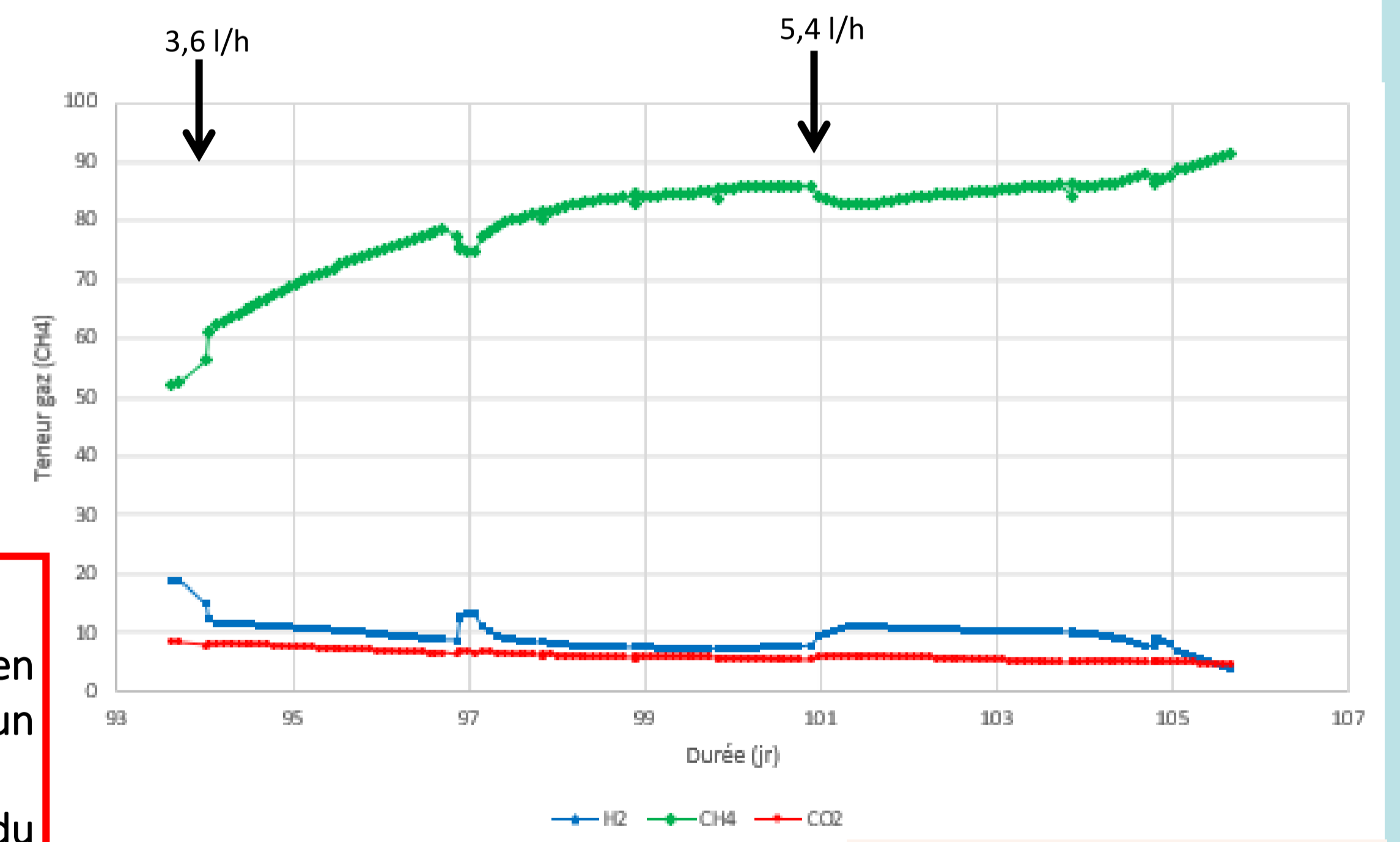
Vitesse d'agitation : 35 rpm

Débit de recirculation : 1,2 m<sup>3</sup>/h

Résultats majeurs :

- ✓ Production d'un biogaz avec une teneur en méthane égale à 92 % → MER x 4 (limite due à un débit d'injection faible)
- ✓ Le transfert de gaz/liquide est le paramètre CLE du procédé à maîtriser pour garantir sa productivité

### L'influence du débit d'injection de gaz et du nombre de membrane sur la biométhanation



1 membrane

7 membranes

## Montée en échelle du procédé de biométhanation à l'échelle pilote 1 m<sup>3</sup>

Après l'obtention d'une production d'un biogaz à 92 % de CH<sub>4</sub>, le consortium enrichi en archées hydrogénéotrophes a été transféré dans un bioréacteur de 1 m<sup>3</sup> pour une exploitation en continu. Les membranes utilisées ont une taille de pores de 15 kg/mol avec 7 canaux chacune pour une surface d'échange de 0,16 m<sup>2</sup>.

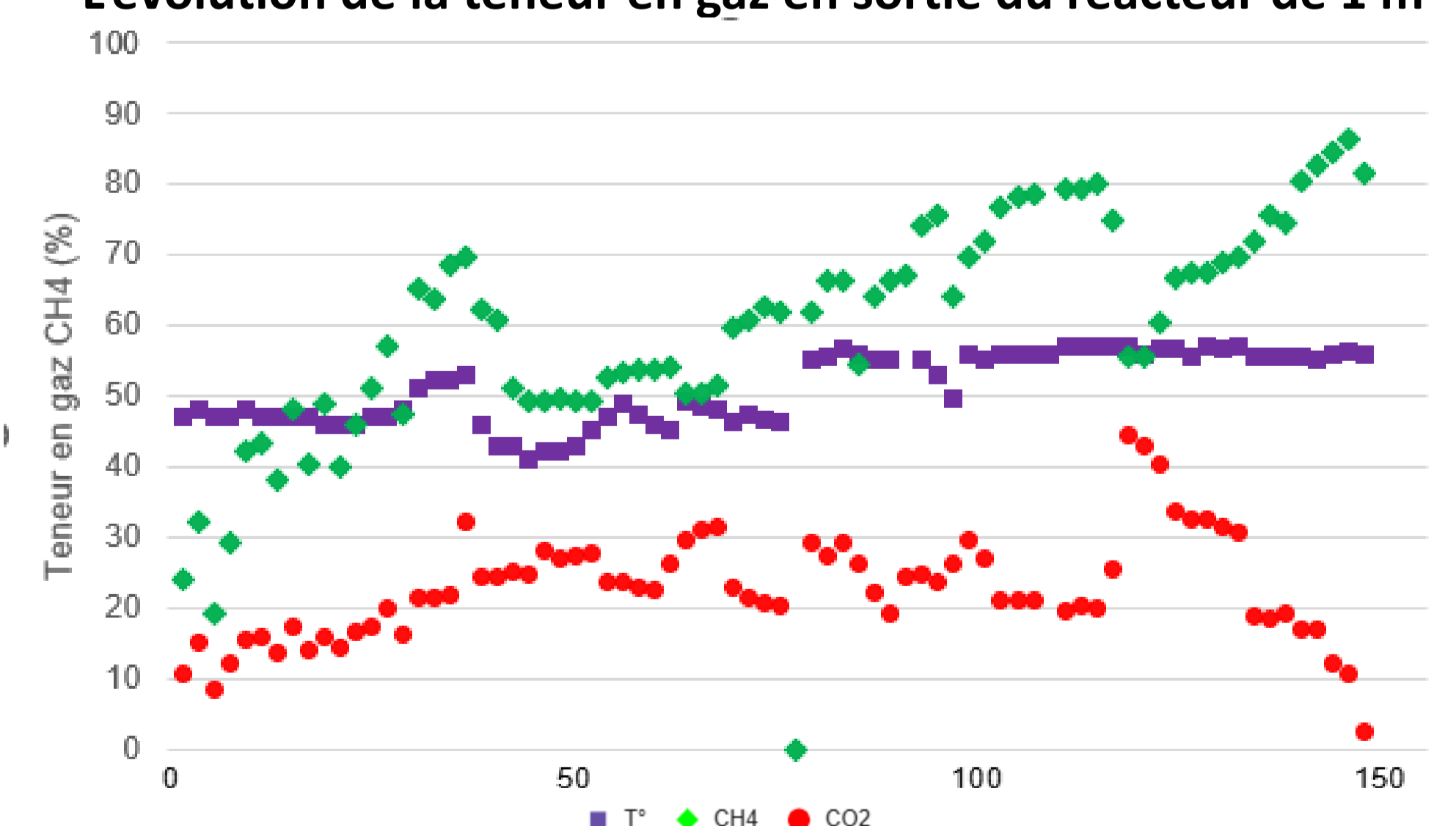
Résultats majeurs :

- Production d'un biogaz avec une teneur en méthane de 86 %
- MER : 0,124 L<sub>CH<sub>4</sub></sub>/L<sub>r</sub>/jr

Paramètres :

- Débit de gaz CH<sub>4</sub> : 30 l/h (CO<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>)
- Débit de recirculation : 2 m<sup>3</sup>/h

### L'évolution de la teneur en gaz en sortie du réacteur de 1 m<sup>3</sup>



## Conclusions et Perspectives

- ✓ En conditions thermophiles : production d'un biogaz composé de 92% de méthane à un débit de 12 L<sub>j</sub><sup>-1</sup>, à l'échelle du 100 l.
- ✓ La pression transmembranaire (différence de pression entre celle exercée par le gaz et le milieu liquide) détermine la diffusion du gaz dans les membranes
- La suite de la montée en échelle est en cours : augmentation du débit de gaz injecté pour atteindre 25, 100 et 250 l/h de CO<sub>2</sub>.

## Références

Cheikh Niang S., Nait Ahmad L., Pacaud S., Henry G., Delaunay S., Montée en échelle d'un procédé de biométhanation ex situ à pression atmosphérique, JRI, Pau, 2024.  
 Deschamps L., Imatoukene N., Lemaire J., Mounkaila M., Filali R., Lopez M., Theoleyre MA. In-situ biogas upgrading by bio-methanation with an innovative membrane bioreactor combining sludge filtration and H<sub>2</sub> injection. Bioresource Technology, 2021;337:125444.  
 Elhaus N., Volkman M., Kolb S., Schindhelm L., Herkendell K., Karl J. Techno-economic evaluation of anaerobic digestion and biological methanation in Power-to-Methane-Systems. Energy Conversion and Management, 2024;315:118787.  
 Haitz F., Jochum O., Lasota A., Friedrich A., Bieri M., Stalder M., et al. Continuous Biological Ex Situ Methanation of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> in a Novel Inverse Membrane Reactor (IMR). Processes, 2024;12(10):2305.  
 Henry G., Delaunay S., Pacaud S., Reactor and method for ex-situ biological methanation, 2024, WO/2024/256291 EP23305927.

Avec le soutien de

