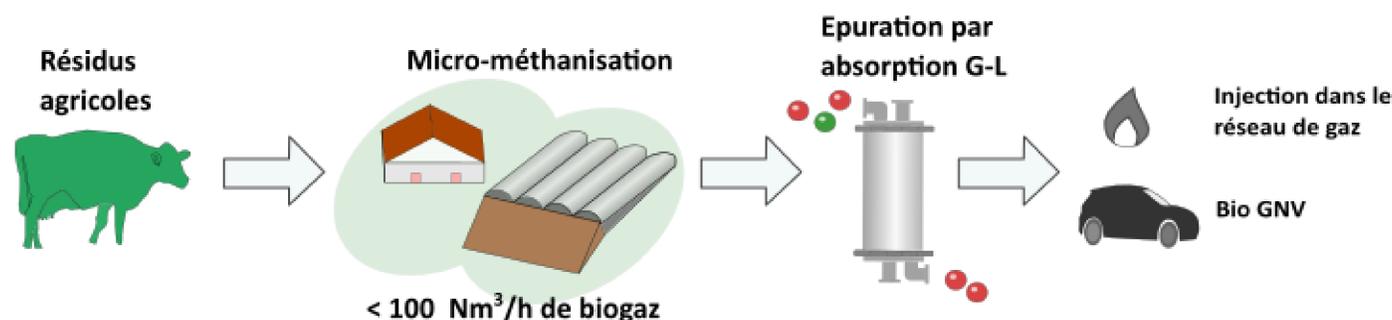


Démonstration d'une unité innovante d'épuration pour micro-méthaniseur agricole

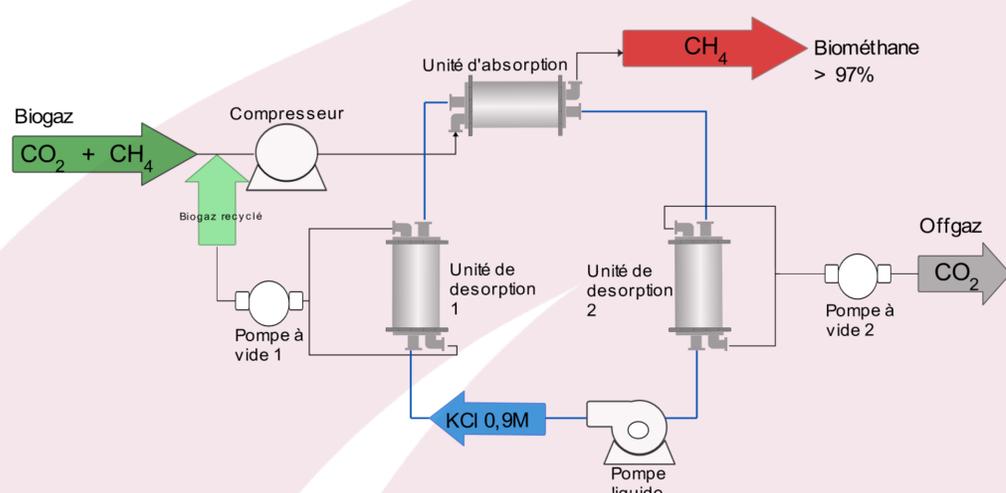
Fong Monica¹, Duval Fanny¹, Lemaire Julien¹¹ LGPM, CentraleSupélec, SFR Condorcet FR CNRS 3417, Université Paris-Saclay, Centre Européen de Biotechnologie et de Bioéconomie (CEBB), Pomacle, France

CONTEXTE ET OBJECTIFS



Le projet EMMA est une collaboration avec la PME ardennaise Metha'group, spécialisée dans la mise en place de systèmes de **micro-méthanisation (< 100 Nm³/h de biogaz)**. L'objectif est de construire une unité d'épuration sur leur installation vitrine située à Sauville dans les Ardennes (08). La technologie, développée par la Chaire de Biotechnologie de CentraleSupélec et brevetée en 2017^{1,2}, est basée sur **l'absorption du CO₂ dans une saumure concentrée en utilisant des contacteurs membranaires**. Le projet EMMA vise à valider les performances de cette technologie à l'échelle d'un micro-méthaniseur de 35 Nm³/h en conditions réelles (TRL 7). En particulier, son ambition est d'atteindre un **coût d'investissement spécifique inférieur à 10 k€/ (Nm³.h⁻¹) de biogaz**, plus compétitif que la concurrence sur ce segment de marché, afin de rendre l'épuration plus accessible.

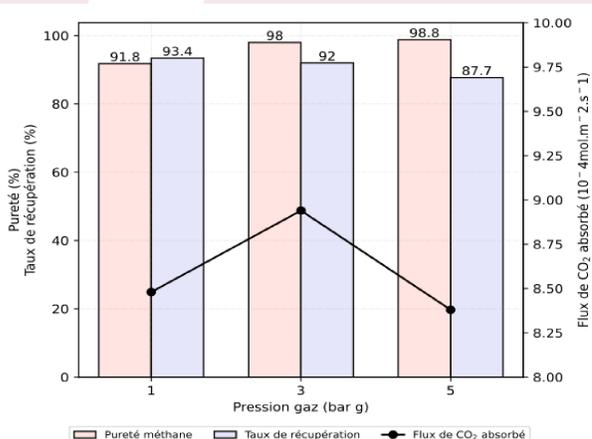
DEMONSTRATEUR



Condition	Unité	Valeur
Débit de biogaz traité Q_g	Nm ³	20 à 50
Pression biogaz P_g	Bar _g	4 à 6
Pression liquide P_L	Bar _g	5,5
Température liquide T_L	°C	5 à 30
Ratio Gaz/Liquide	Nm ³ /m ³	0,5 à 2

- Initialement produit entre 4 et 8 mbar_g, le biogaz doit être compressé entre 4 et 6 bar_g afin d'obtenir des performances suffisantes.
- Un 1^{er} contacteur membranaire permet d'absorber la majorité du CO₂ dans une saumure (ex : KCl 0,9 M), et de produire ainsi du biométhane (**pureté CH₄ > 97 %v/v**) en sortie.
- Le biométhane obtenu peut être injecté dans le réseau ou servir de biocarburant pour les véhicules. Une étape de déshydratation est alors nécessaire avant sa compression au delà de 200 bar.
- Afin d'atteindre un **rendement CH₄ > 98%**, une 1^{ère} unité de désorption (vide d'environ 500 mbar_a) est nécessaire pour récupérer et recycler la faible proportion de CH₄ absorbée dans la saumure.
- La saumure enrichie en CO₂ est ensuite régénérée dans une 2^{ème} unité de désorption (vide entre 50 et 100 mbar_a).
- Les contacteurs membranaires ont l'avantage d'être compacts, modulaires et simples à mettre en œuvre. De plus, ils permettent de garder la boucle liquide pressurisée lors du dégazage de la saumure et d'économiser de l'énergie (**environ 0,2 kWh/Nm³ de biogaz traité**)

PERFORMANCES AU LABORATOIRE



Influence de la pression du biogaz sur la pureté du biométhane (rouge), sur le taux de récupération du CH₄ (violet) et sur le flux de CO₂ absorbé (point noir).

- Débit de biogaz traité = 140 NL/h
- Composition : 40% CO₂ et 60% CH₄
- Ratio $Q_g/Q_L = 0,8$ NL/L
- $Q_L = 175$ L/h
- Température saumure = 20°C
- Saumure : KCl 0,9 M
- Contacteurs 3M™ Liqui-Cel™

- L'absorption du CO₂ et du CH₄ dépend de la loi d'Henry : plus la pression est élevée plus leur solubilité dans la saumure est grande.
- C'est pourquoi, le taux de récupération en CH₄ est plus faible à pression plus élevée.
- En contrepartie, la meilleure capacité d'absorption de CO₂ permet de travailler à un ratio Gaz/Liquide plus élevé. Dans le cas présent, le flux de CO₂ a peu varié car la solubilité du CO₂ était déjà largement suffisante à 1 bar_g.
- Enfin, la pureté en CH₄ du biométhane augmente avec la pression, car la pression partielle résiduelle en CO₂ (liée à la qualité du dégazage) diminue relativement.

CONCLUSION

Les attentes du projet EMMA sont de :

- Confirmer que notre technologie d'épuration permet de produire un **biométhane qualité H** avec un **rendement en CH₄ > 98 %**, de façon **stable et durable**, à un **coût compétitif**.
- Optimiser les conditions opératoires pour minimiser les coûts opératoires (OPEX) et d'investissements (CAPEX) à l'échelle du démonstrateur.
- Étudier des **contacteurs membranaires concurrents** à l'échelle du laboratoire afin de comparer leur rapport performances/prix et réduire encore davantage le CAPEX de notre solution.

REFERENCES

- ¹Fougerit, V. Développement d'un procédé innovant d'épuration du biogaz par mise en œuvre de contacteurs à membranes. Phd thesis, Université Paris-Saclay, 2017.
²Fougerit, V.; Pozzobon, V.; Pareau, D.; Théoleyre, M.-A.; Stambouli, M. Experimental and Numerical Investigation Binary Mixture Mass Transfer in a Gas – Liquid Membrane Contactor. J. Membr. Sci. 2019, 572, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.10.042>

CONTACT

Monica FONG: monica.fong@centralesupelec.fr