



**IMT Mines Albi-Carmaux**  
École Mines-Télécom



**H2MINES**

**AUTEURS**

Maria GONZALEZ MARTINEZ  
Jérôme LEMONON  
Javier ESCUDERO SANZ  
Doan PHAM MINH  
Christophe COQUELET

Centre RAPSODEE,  
Université de Toulouse,  
CNRS UMR 5302,  
IMT Mines Albi  
Campus Jarlard  
F-81013 Albi, France

**CONTACTS**

*mgonzale@mines-albi.fr*  
*jerome.lemonon@mines-albi.fr*  
*javier.escuderosanz@mines-albi.fr*  
*doan.phamminh@mines-albi.fr*  
*christophe.coquelet@mines-albi.fr*

**RÉFÉRENCES**

- [1] *Stratégie Nationale Bas-Carbone*, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. Mars 2020.
- [2] *Hydrogen Production From Biogas Reforming: An Overview of Steam Reforming, Dry Reforming, Dual Reforming, and Tri-Reforming of Methane*; Pham Minh, D. et al.; 2018
- [3] *A novel two-stage gasification strategy for nitrogen-free syngas production- pilot-scale experiments*. Tchini Séverin Tanoh et al, 2021.
- [4] *Upgrading greenhouse gases (methane and carbon dioxide) into syngas using nickel-based catalysts*; Rego de Vasconcelos et al., 2018.

**REMERCIEMENTS**

Ce projet est co-financé par le CARNOT MINES (projet HyTrend), FEDER (projet BEGREEN), et IMT Mines Albi

# Méthanation catalytique : applications en CCU et dans la valorisation du syngas et du biogaz

**Contexte**

- Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) : neutralité de carbone en France en 2050 → réduction obligation d'émission des GES dont le CO<sub>2</sub> [1]
- Objectif : valorisation du CO<sub>2</sub> en méthane via la **méthanation catalytique** :  
 $CO_2 + 4H_2 \leftrightarrow CH_4 + 2H_2O \quad \Delta H = -165 \text{ kJ/mol}$
- Cinétique complexe, dépendante du catalyseur et des conditions opératoires, thermodynamiquement favorisé à :
  - Basse T (< 200 - 300 °C)
  - Haute P (> 10 bar)
  - H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> = 4:1 ou plus
  - H<sub>2</sub>/CO = 3:1 ou plus

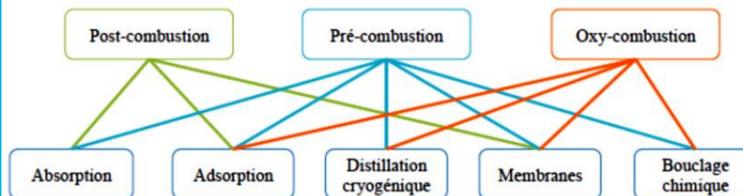
**Sources de CO<sub>2</sub>**

**CCU (CO<sub>2</sub> Carbon Capture and Utilization)**

Deux sources:

- Source naturelle, issue de l'exploitation du gaz naturel
- Source anthropogénique due à l'activité humaine (fumées de combustion, procédés industriels).

Plusieurs procédés existent et il est nécessaire d'adapter le procédé selon la composition de la source en CO<sub>2</sub> et la présence des impuretés (SO<sub>2</sub>, NOx, COV, etc...).

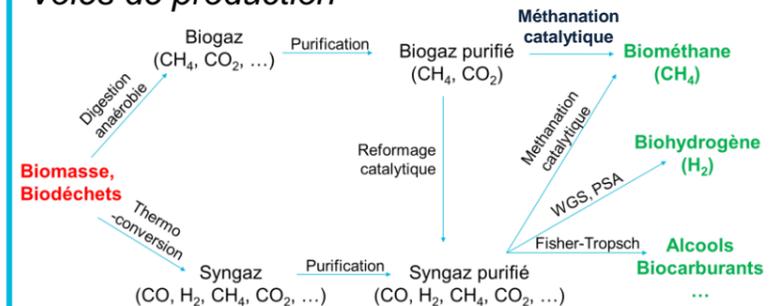


Quels besoins:

- Screening solvant et sorbent
- Maturité de la solution technologique
- Consommation énergétique
- Lien avec l'usage du CO<sub>2</sub>
- Rentabilité économique

**Valorisation du biogaz**

Voies de production



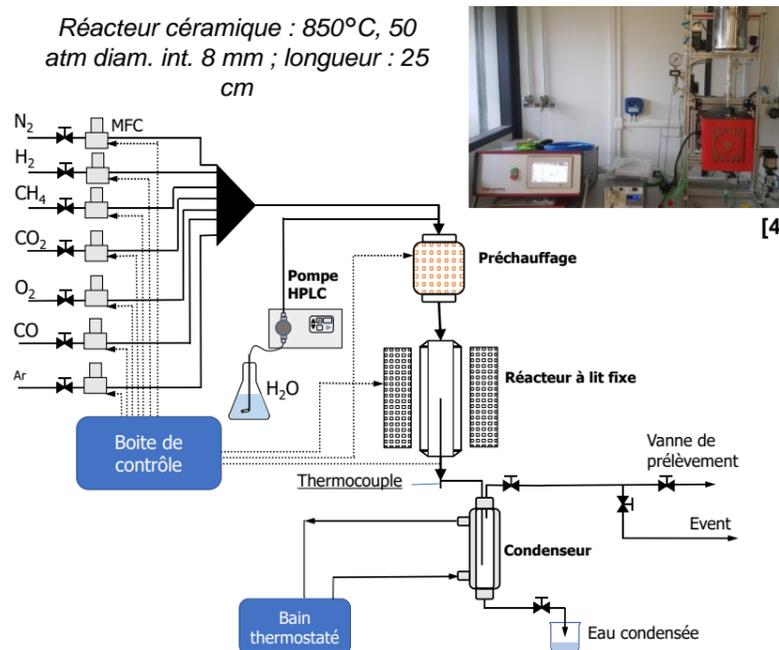
Composition

Biogaz <sup>[2]</sup>		Syngas <sup>[3]</sup>	
CH <sub>4</sub> (vol%)	60-70	H <sub>2</sub> (vol%)	25-50
CO <sub>2</sub> (vol%)	30-40	CO (vol%)	35-40
N <sub>2</sub> (vol%)	0.2	CO <sub>2</sub> (vol%)	25-35
O <sub>2</sub> (vol%)	0	CH <sub>4</sub> (vol%)	0-15
H <sub>2</sub> S (ppm)	0-4000	N <sub>2</sub> (vol%)	2-5
NH <sub>3</sub> (ppm)	100	H <sub>2</sub> S (ppm)	0-100
LHV (kWh/Nm <sup>3</sup> )	6.5	LHV (kWh/Nm <sup>3</sup> )	

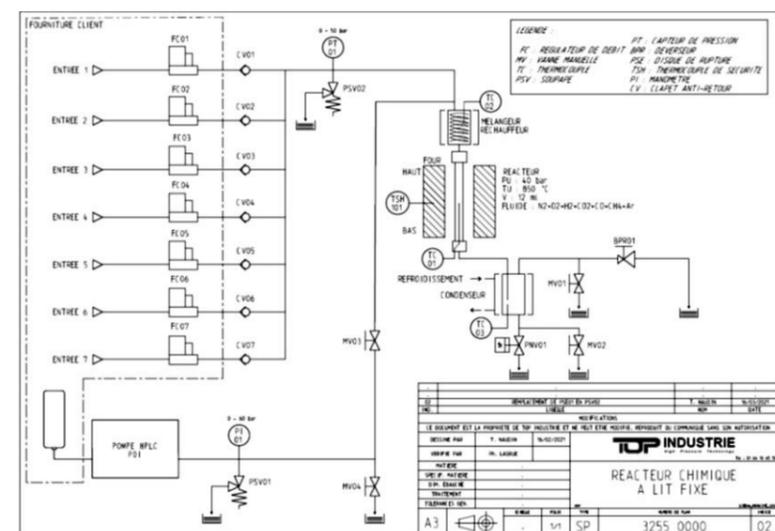
\* Composition du syngas définie par le ratio H<sub>2</sub>/CO, dépendant de la ressource, des conditions opératoires et de l'application visée

**Equipements à RAPSODEE : Réacteur catalytique à lit fixe**

**Echelle laboratoire**



**Echelle pilote**



- 950°C
- 50 bar
- Analyse μ-GC en ligne
- Multi-condenseurs (deux)
- Opérationnel en avril 2023
- Taille du réacteur :
  - d.i. 35 mm
  - longueur : 750 mm

**Caractérisations**

- Analyse élémentaire (CHNS, ICP- AES)
- Analyse de la surface spécifique et type de porosité (BET)
- Spectroscopie photo-électronique à rayons X (XPS)
- Réduction en température programmée (TPR)
- Désorption en température programmée (TPD-NH<sub>3</sub> et TPD-CO<sub>2</sub>)
- Microscope Electronique à Transmission très Haute Résolution (HR-MET), couplage EDX

**Axes de recherche**

- Catalyseurs :
  - Caractérisations avancées et optimisation de la performance des catalyseurs: activité, sélectivité, stabilité, propriétés thermiques, coût.
  - Innovations : catalyse coopérative, single atom catalysts, catalyseurs bisourcés.
- Acquisition de données (μfluidique) sur des propriétés thermophysiques pour la simulation du procédé (aspects thermodynamiques et cinétiques).