



HyCaBioMe

**HYdrogen and CARbon dioxide conversion by
BIOlogical METHanation**

**Conversion de l'hydrogène et du dioxyde de
carbone par méthanation biologique**



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



Déroulement du projet HYCABIOME

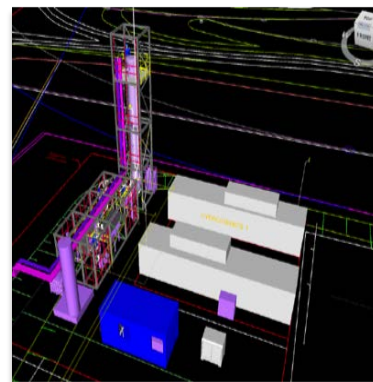
Etat de l'art Scénarios
Production biogaz et
 H_2
Analyse croisée



Transfert gaz/liquide
Sélection d'un
consortium
(pilote méthanation)



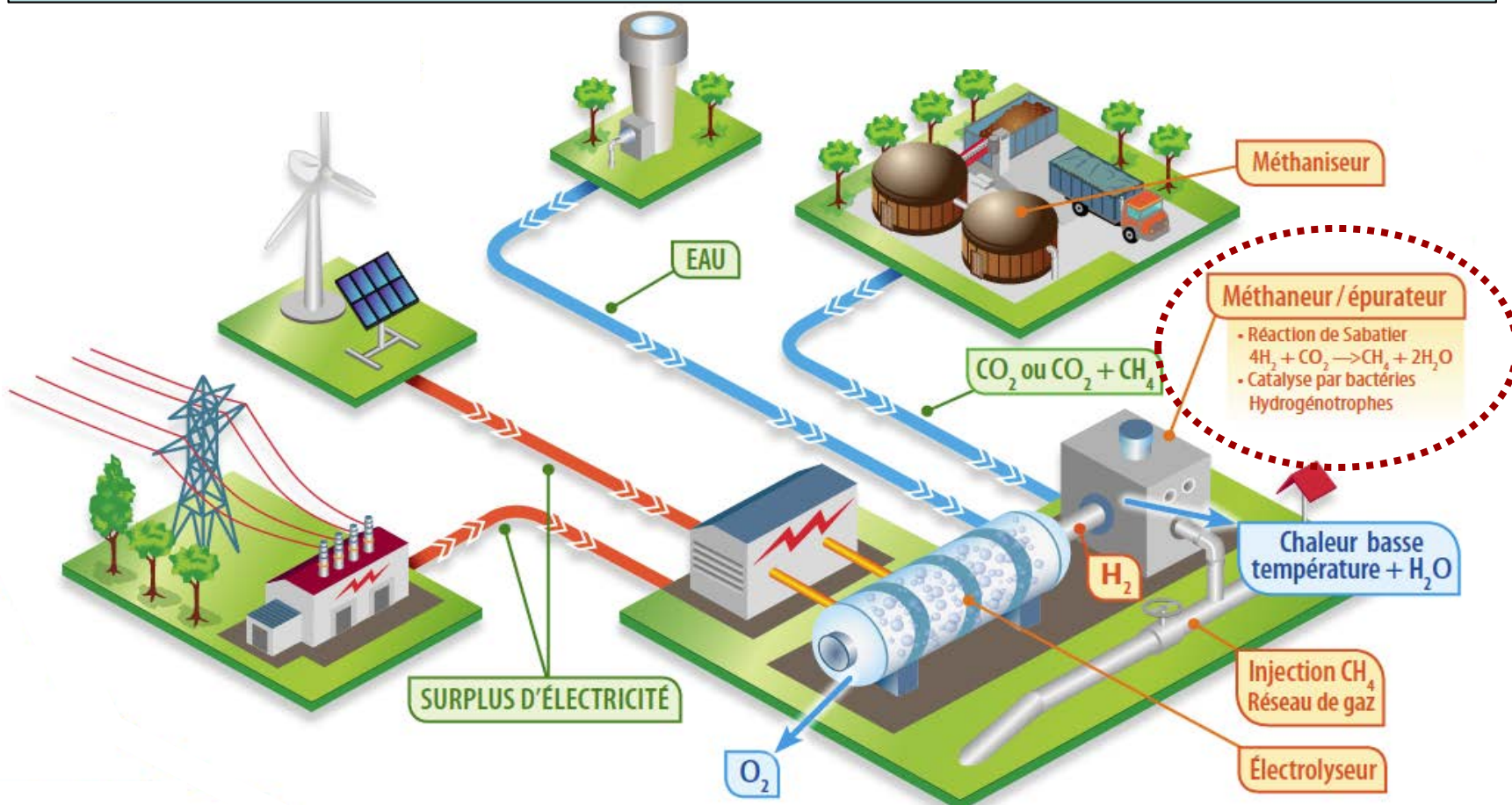
Dimensionnement
technique
Evaluation
économique et
environnementale



APR ADEME 2015
Décembre 2015-Février 2018

Couplage Méthanisation/Méthanation

Production du biogaz	→	75 (n) m ³ /h CH ₄ + 50 (n) m ³ /h CO ₂ (0,8 MW _{CH₄})
Electrolyse	→	1 MW _{el} 200 (n) m ³ /h H ₂ + 100 (n) m ³ /h O ₂ (0,7 MW _{H₂})
Consommation d'eau	→	160 L/h
Sortie méthanation	→	50 (n) m ³ /h CH ₄ (0,55 MW _{CH₄})



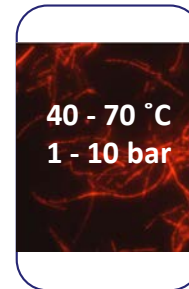
Couplage Méthanation / Méthanation : les intérêts

- Augmentation des quantités de méthane produites (x2)
- Valorisation du CO₂
- Traitement du biogaz en biométhane
- Synergies (valorisation de la chaleur, utilisation du digestat comme nutriment)

Méthanation biologique



$$\Delta H_r = -165 \text{ kJ/mol}$$



40 - 70 °C
1 - 10 bar

- ↓ températures et ↓ pressions
- Résilience aux impuretés (H₂S)
- Système flexible
- Système non limité par l'équilibre de réaction

	Biologique	Catalytique
GHSV (h ⁻¹) F _{gas} /V _R	56 - 112	2000 - 5000
Etat de la technologie	Laboratoire/pilote	Commercial
Conversion H ₂	99%	>90%
Besoin électrique kWh/m ³ CH ₄	0,4-0,8	<0,4

Götz et al. State of the art and perspectives of CO₂ methanation process concepts for power-to-gas applications, 2014

Méthanation biologique

Etat d'avancement

Enjeux technologique :

- Transfert de matière

- ➡ CSTR / colonne à bulles
- ➡ Lit fluidisé
- ➡ Lit fixe
- ➡ Membranes creuses

- Consortiums de micro-organismes

Type de bioréacteur	Productivité L/L _R /d	% CH ₄	Référence
CSTR (thermophile)	5,3	90-95	<i>Luo et al (2012)</i>
Lit fixe (thermophile)	105	50	<i>Jee et al (1988)</i>
Lit fluidisé (mésophile)	1,17	94-98	<i>Burkhardt et al (2013)</i>
Membranes creuses (thermophile)	40,2	95	<i>Diaz et al (2015)</i>

Une technologie récente, 2 démonstrateurs en fonctionnement :

- Allemagne : 15 Nm³/h / 300 kW_e (2015)
- Danemark : 21 Nm³/h / 500 kW_e (2016)



Statut du biogaz enrichi :

- ✓ Biogaz et biométhane définis selon les intrants utilisés, pas selon les technologies utilisées
- ? Double rôle de l'hydrogène : agent de traitement et contenu énergétique

En pratique, un verrou et des freins au déploiement :

- ✗ Consommation du système d'épuration $< 0,6 \text{ kWh}_e/\text{Nm}^3_{\text{biogaz}}$
- ✗ Valorisation de chaleur fatale des équipements préexistants uniquement
- ✗ Tarif d'achat dégressif en fonction du débit injecté

Electricité :

- ✓ **CSPE** : Exemption pour les installations produisant des produits énergétiques
- ✗ **TURPE** : Abattement pour les sites électro-intensifs et les installations de stockage
- ✓ **Flexibilité** : Participation aux services système (réserves primaires et secondaires)

Production Biogaz 2015

- 456 unités - 3,2 TWh/an
 - 63% cogénération
 - 3% injection
 - 34% chaleur (STEU essentiellement)

Projection à 2025

- 2300 méthaniseurs – 19 TWh/an
 - 50% cogénération (plutôt petites unités) : 3,4 TWh/an élec – Limousin, Franche-Comté
 - 50% en injection (plutôt grandes unités) : 15,7 TWh/an gaz – IDF, Hauts-de-France

Production H₂

- Zones saturées localement (RTE)
- Analyse des courbes de charges
- Zones où un gisement EnR est existant mais limite du réseau (S3RENr a conclu à ne pas développer le réseau)

Projection à 2025

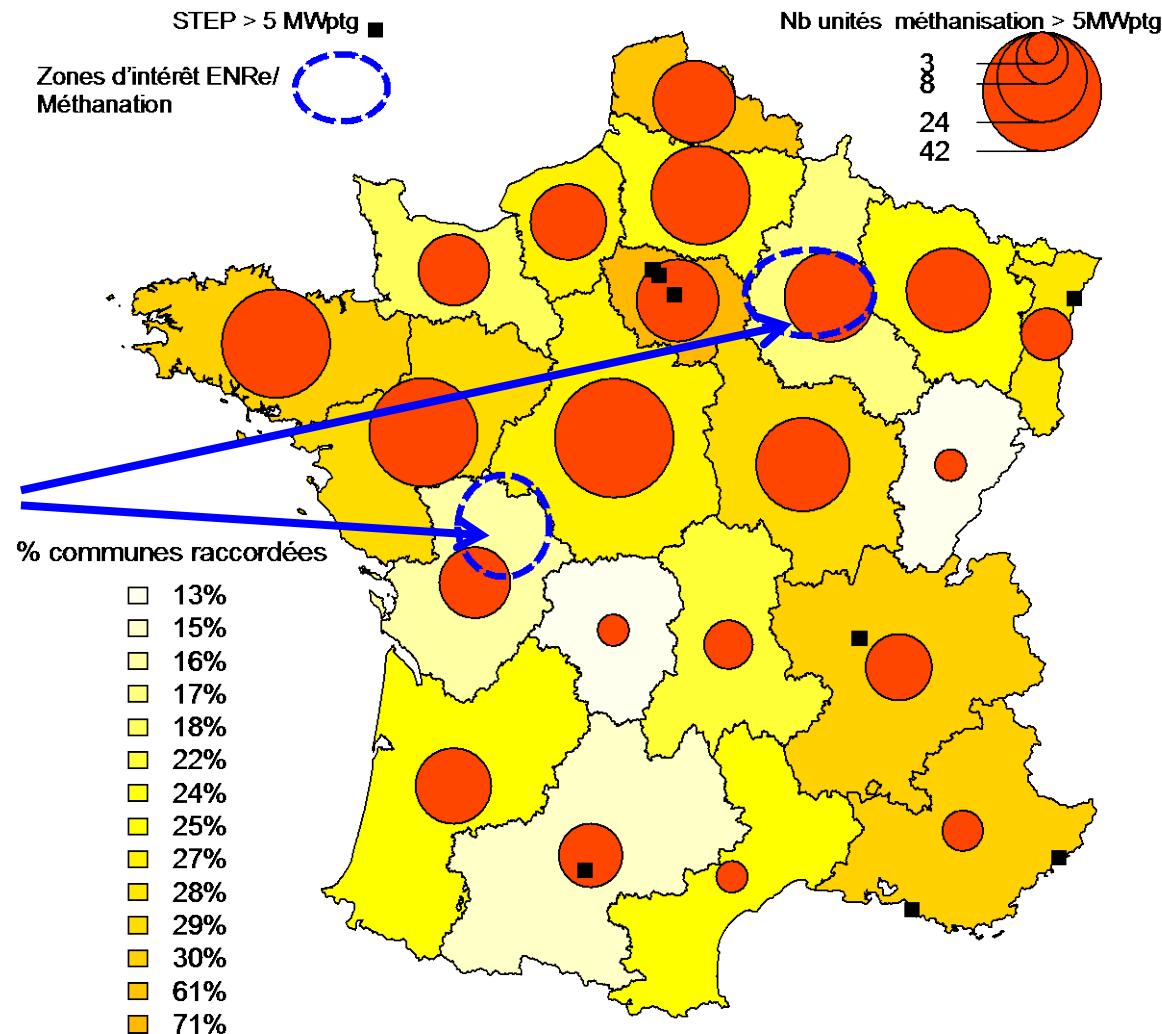
- Résultat : le réseau électrique est capable de tout absorber
- 3 zones identifiées : Marne, Somme, Vienne/Deux-Sèvres
 - Fort développement EnR électriques (éolien, PV)
 - Infrastructure électrique insuffisante

Potentiel Biogaz pour la méthanation à l'horizon 2025 et communes raccordées au réseau de gaz naturel

Solution alternative à des investissements lourds dans le renforcement du réseau électrique

3 exemples :

- Sud de la Vienne : 3 parcs éoliens mais pas de capacité réservée du fait de lourds investissements
- Nord de la Vienne : poste source saturé
- Marne : gisement éolien important, création d'un poste source en attente



- **Plusieurs cas d'usage identifiés :**

- écrêtage/stockage d'électricité renouvelable pour augmenter la capacité d'accueil des EnR par l'infrastructure électrique (**report des investissements nécessaires pour soulager une contrainte**)
- écrêtage/stockage d'électricité renouvelable pour permettre à un territoire **d'approcher l'autonomie énergétique grâce à une combinaison d'EnR** (PV-hydraulique-biogaz par exemple)
- **fourniture de réserves** primaires, secondaires, tertiaires (positives et négatives)
- **épuration** du biogaz

- **Travaux en cours : Modèle de dimensionnement de 2 cas-types**

1. STEP (intégration des coproduits, STEP du futur...)
2. Territoires contraints pour capacité d'accueil EnRe + Méthanisation agricole/territoriale



Merci de votre attention !