



JRI

Journées Recherche Innovation
Biogaz méthanisation
2-4 octobre 2018 - RENNES

Projet HYCABIOME

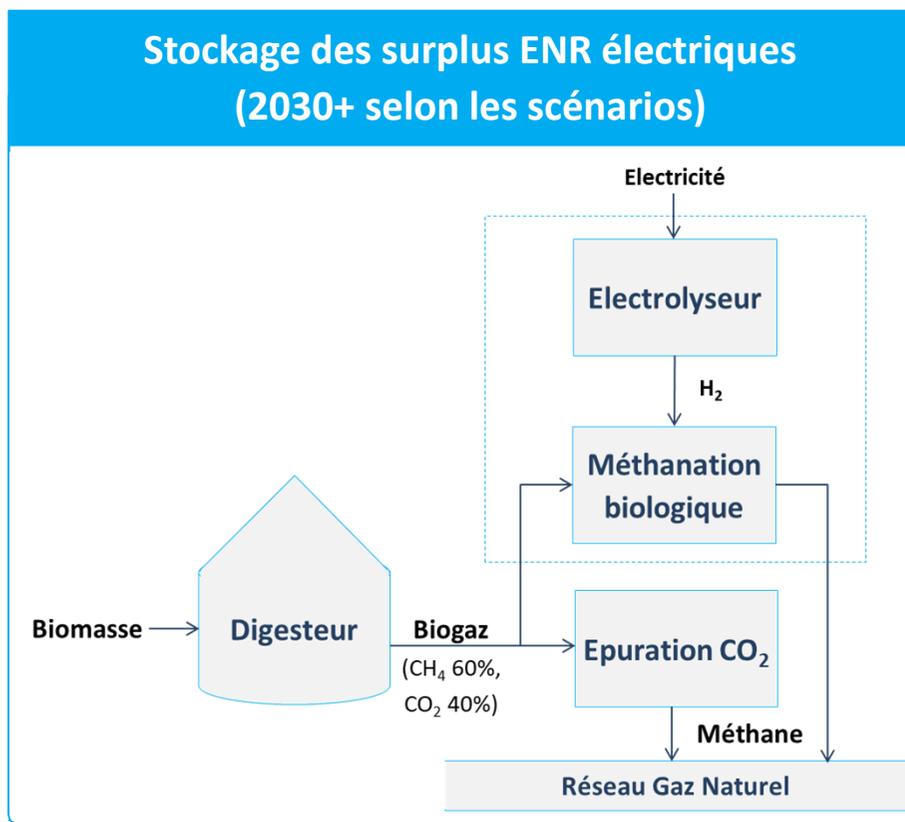
Conversion de l'hydrogène et du dioxyde de carbone
par méthanation biologique



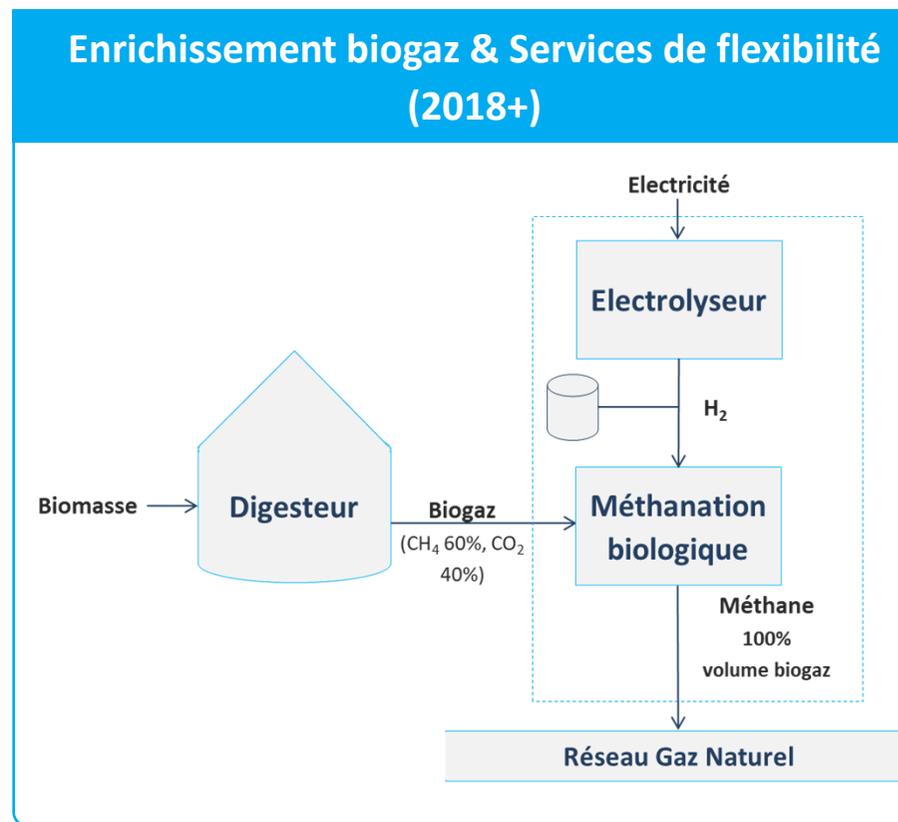
Christian Couturier, SOLAGRO
Viviana Contreras, ENOSIS



Contexte - Le Power-to-gas : 2 modèles

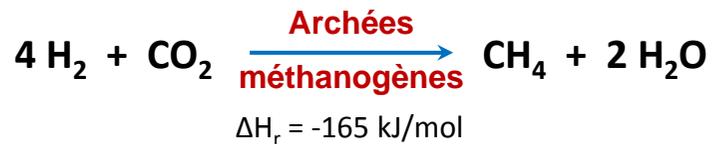


Fonctionnement **intermittent** de l'installation
(périodes de surplus de production renouvelable
ou de faibles coûts de l'électricité sur les marchés)



Fonctionnement **quotidien** de l'électrolyseur
(12 à 20 h/jour)

Méthanation biologique



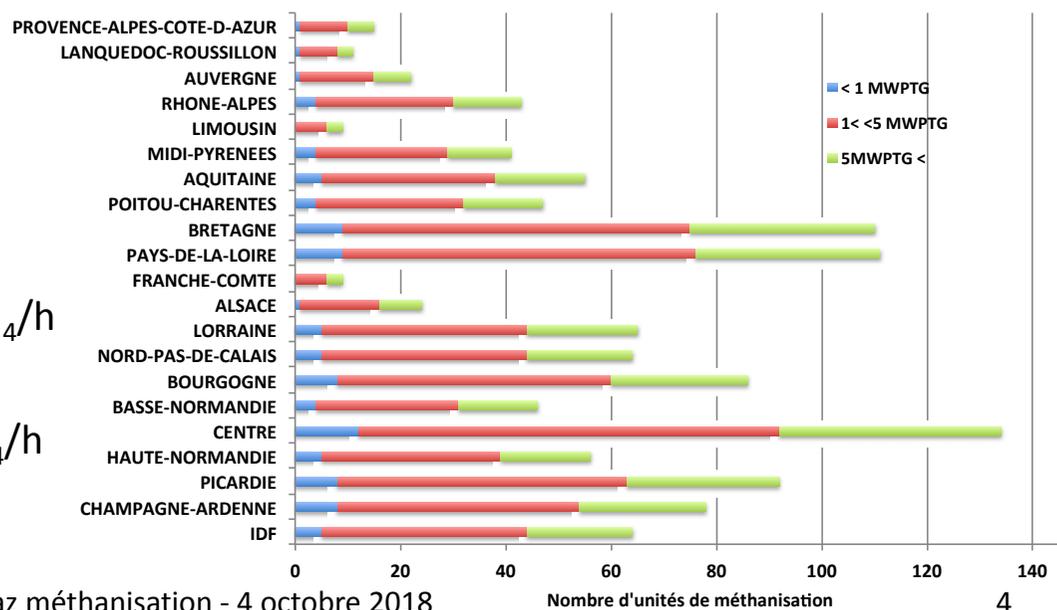
- Résilience aux impuretés (H_2S , O_2)
- Auto-régénération des micro-organismes (= bio-catalyseur)
- Flexibilité
- Système non limité par l'équilibre de réaction

Intérêts du couplage Méthanation / Méthanisation

- ✓ Augmentation des quantités de méthane produites (~ x2)
- ✓ Valorisation du CO_2
- ✓ Traitement du biogaz en biométhane (substitution à l'épuration du CO_2)
- ✓ Synergies (valorisation de la chaleur, utilisation du digestat comme nutriment)

Enjeux – Les Unités de méthanisation

- Injection sur le réseau de distribution et de transport
- Etat des lieux 2017
- 44 unités en fonctionnement - – 700 MWh/an injecté
 - Débit moyen : 170 Nm³ CH₄/h
 - de 65 à 320 Nm³ CH₄/h sur le réseau de distribution
 - de 90 à 550 Nm³ CH₄/h sur le réseau de transport
- Prospective 2025
 - 1200 unités de méthanisation
 - 100 unités de moins de 80 Nm³ CH₄/h
 - 700 unités de 80 à 370 Nm³ CH₄/h
 - 400 unités de plus de 370 Nm³ CH₄/h



62 sites avec des puissances supérieures à 1 MWe (180 000 EH)

Capacité STEU - EH	Débit CH4 méthanisation m3 CH4/h	Débit CH4 méthanation m3 CH4/h	Puissance Electrolyseur MWe
100 000	41	27	0,55
180 000	74	49	1
250 000	100	67	1,35
350 000	150	100	2
550 000	220	150	3
910 000	370	250	5

✓ Teneur en CH₄ compatible avec une injection sans post-traitement : 97,7 %

✓ Validation de la résilience du procédé

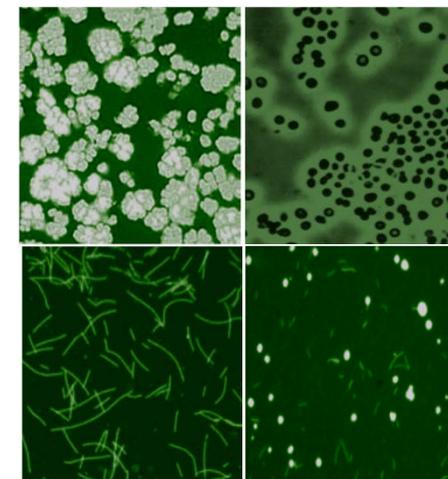
Oxygène / Soufre / Marche-Arrêt

✓ Première intensification du procédé

Optimisation du système d'injection (surface de contact G/L)

Protocoles de caractérisation de dispositifs

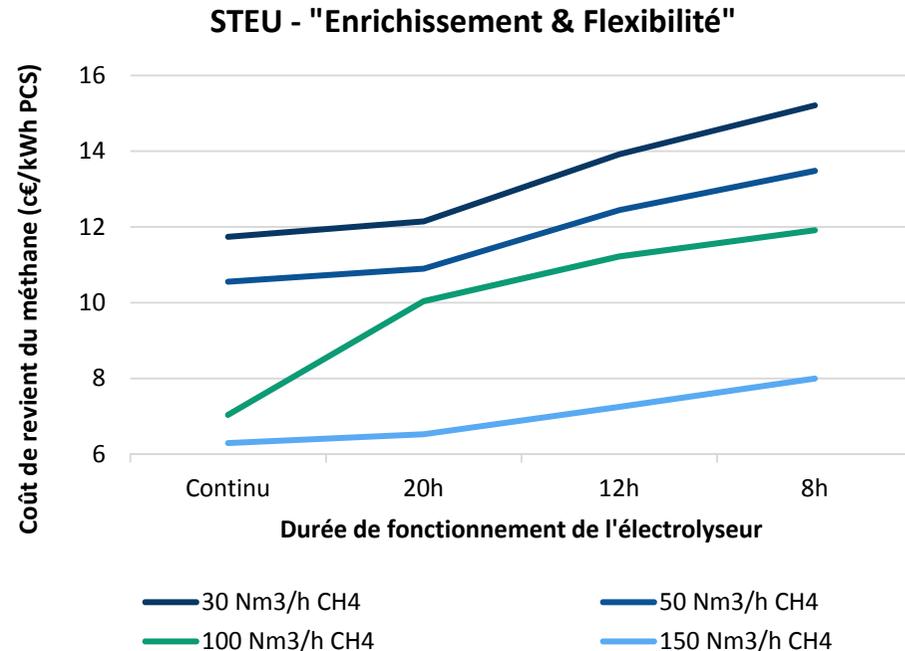
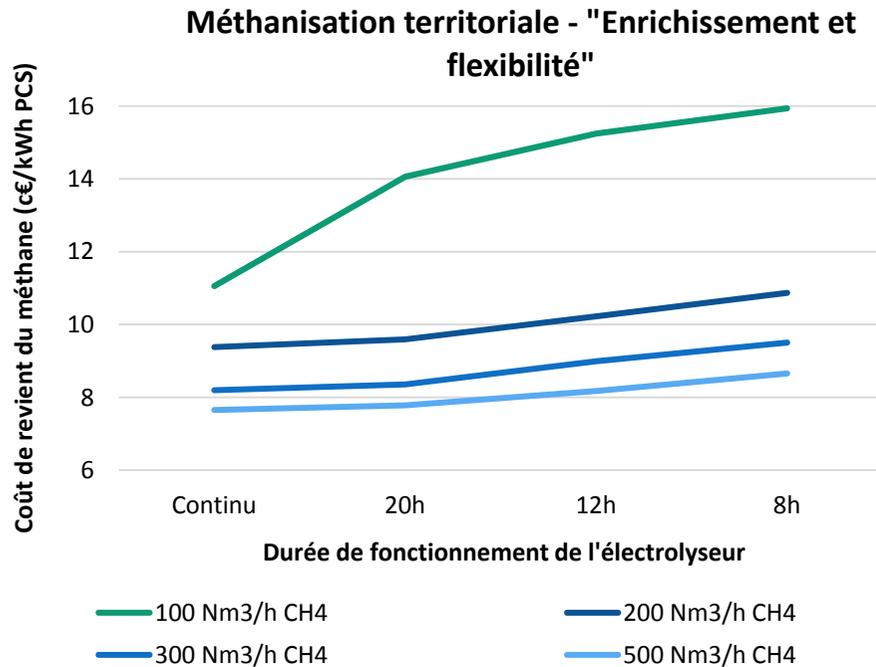
Multiplication par 15 de la productivité du réacteur (↑%CH₄)



*Morphologie des méthanogènes
Source : Demirel et al (2008)*

Système d'injection	Coefficient $k_L a_{O_2}$ (h ⁻¹)	Productivité CH ₄ (mL CH ₄ /L _{réacteur} /h)	% CH ₄
A	40	5	94%
B	75	80	98%

Résultats – Le modèle économique

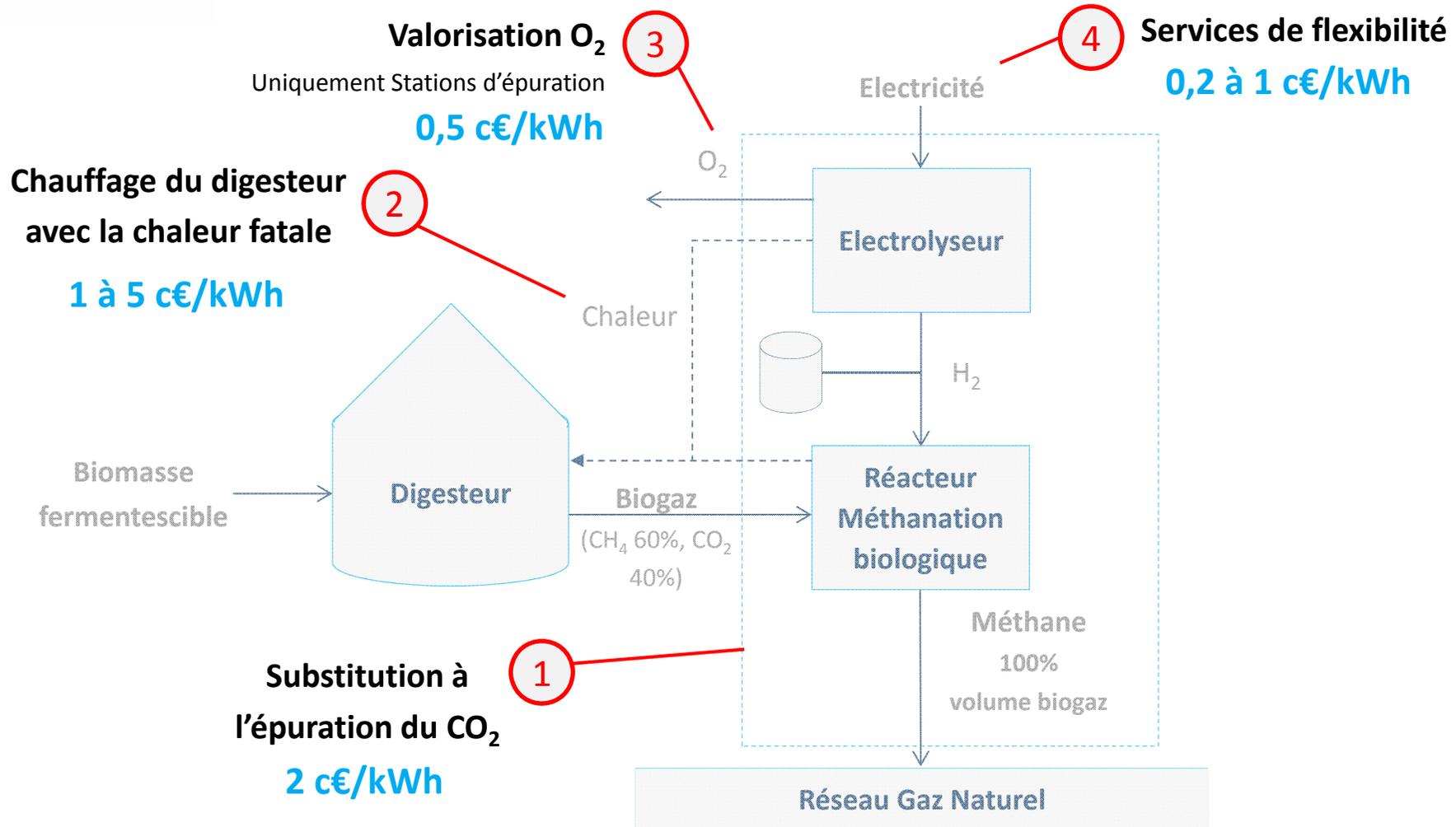


Coût de revient entre 6 et 16 c€/kWh pour le scénario « Enrichissement & Flexibilité »

Dans la gamme du tarif d'achat pour les grandes unités et un taux de charge élevé de l'électrolyseur (> 20h/j)

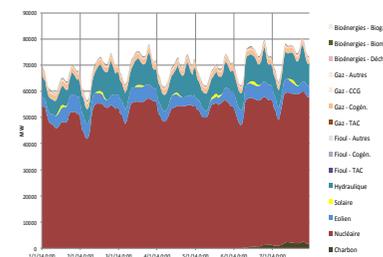
Enjeu réglementaire fort (impact du TURPE = 3,2 à 3,5 c€/kWh, abattements existants mais inadaptés au P2G décentralisé)

Résultats – L'enjeu des synergies



- 3 indicateurs
 - « Réduction de GES » (t_{CO_2}/MWh_{biogaz})
 - *Réduction d'émissions de GES = GES évités (substitution gaz naturel) – GES émis (consommation électricité par le procédé)*
 - « Substitution d'énergie primaire » (MWh/MWh_{biogaz})
 - *Substitution d'énergie primaire = énergie primaire substituée brute – énergie primaire consommée*
 - Consommation d'eau (t_{eau}/MWh_{biogaz})
 - *Besoin d'eau pour l'électrolyse*

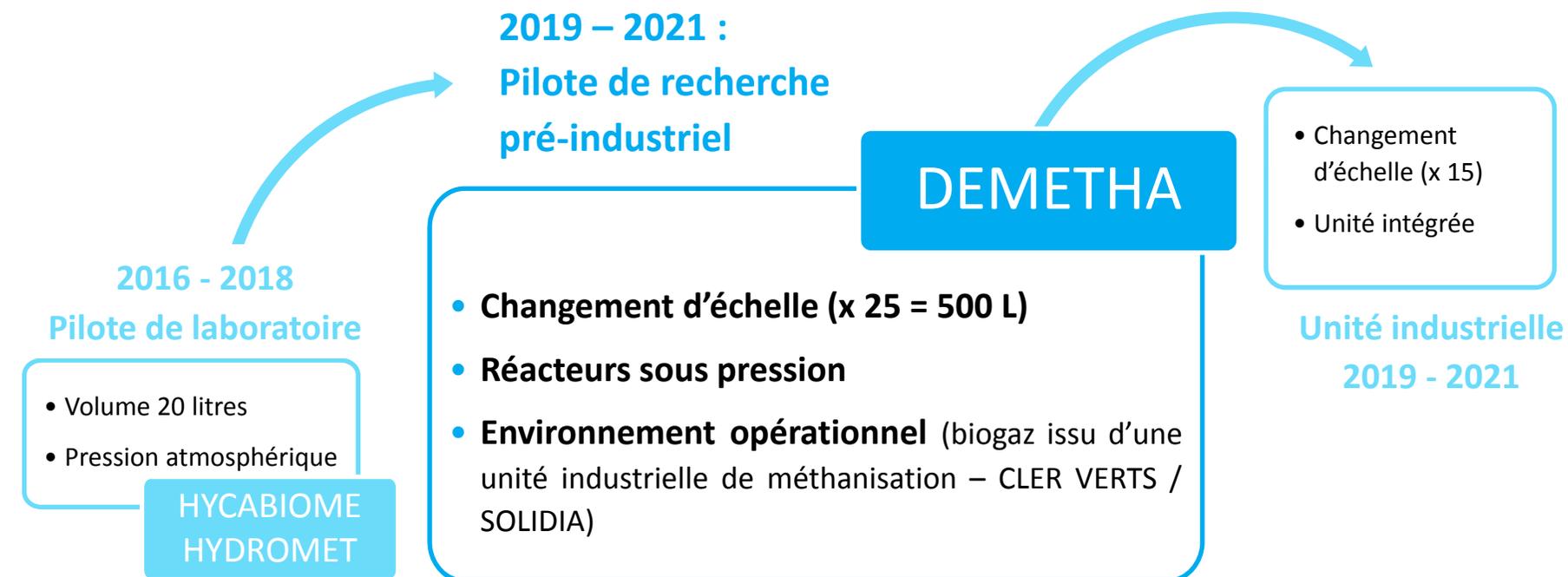
- Consommation d'électricité : 2 approches
 - « Système » :
 - Epurateur : moyenne annuelle mix ENR
 - Electrolyseur : fonctionnement flexible, fonction du profil
 - Méthanation : flexible pour intégration « Valorisation des surplus », en base pour intégration « Enrichissement et flexibilité », fonction du profil
 - « Approvisionnement » :
 - Mix EnR 2014 – 32 g CO2/kWh



Résultats - L'analyse environnementale

- Par rapport à l'épurateur seul, le PtG, intégration valorisation des surplus ou Enrichissement et Flexibilité, **permet d'augmenter fortement le potentiel de réduction des GES**, quelque soit l'approche consommation d'électricité.
- Le mode d'intégration « Enrichissement et flexibilité » permet d'atteindre les meilleures performances GES, même avec un facteur de charge réduit de l'électrolyseur
- Le power-to-gas dégrade l'indicateur de substitution d'énergie primaire, mais cet indicateur ne permet pas d'appréhender le potentiel du power-to-gas sur cet aspect
- La consommation d'eau est directement proportionnelle à l'utilisation du power-to-gas pour méthaner le CO₂ issu du biogaz. Elle peut atteindre la valeur maximum de $0,4 \text{ t}_{\text{eau}}/\text{MWh}_{\text{biogaz}}$.
- 75% de l'eau entrante est restituée avec une charge minérale et organique, mais peut être traitée facilement sur site

Perspectives – Changement d'échelle



Brevets en cours

Consortium constitué de :

