



# Regards de jeunes chercheurs sur la méthanisation

Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation  
Décembre 2025

# Les intervenants



Anne-Flore Didelot

Digestats & fertilisation



Misagh Keramati

Innovation et voies nouvelles

# EFFETS DE L'APPORT DE DIGESTAT DE MÉTHANISATION ET DES CULTURES HIVERNALES SUR LES FLUX DE CARBONE DISSOUS ET LA COMPOSITION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DISSOUE DU SOL

Anne-Flore Didelot, UMR1069 SAS, Institut Agro Rennes-Angers

Encadrement: Anne Jaffrezic et Emilie Jardé

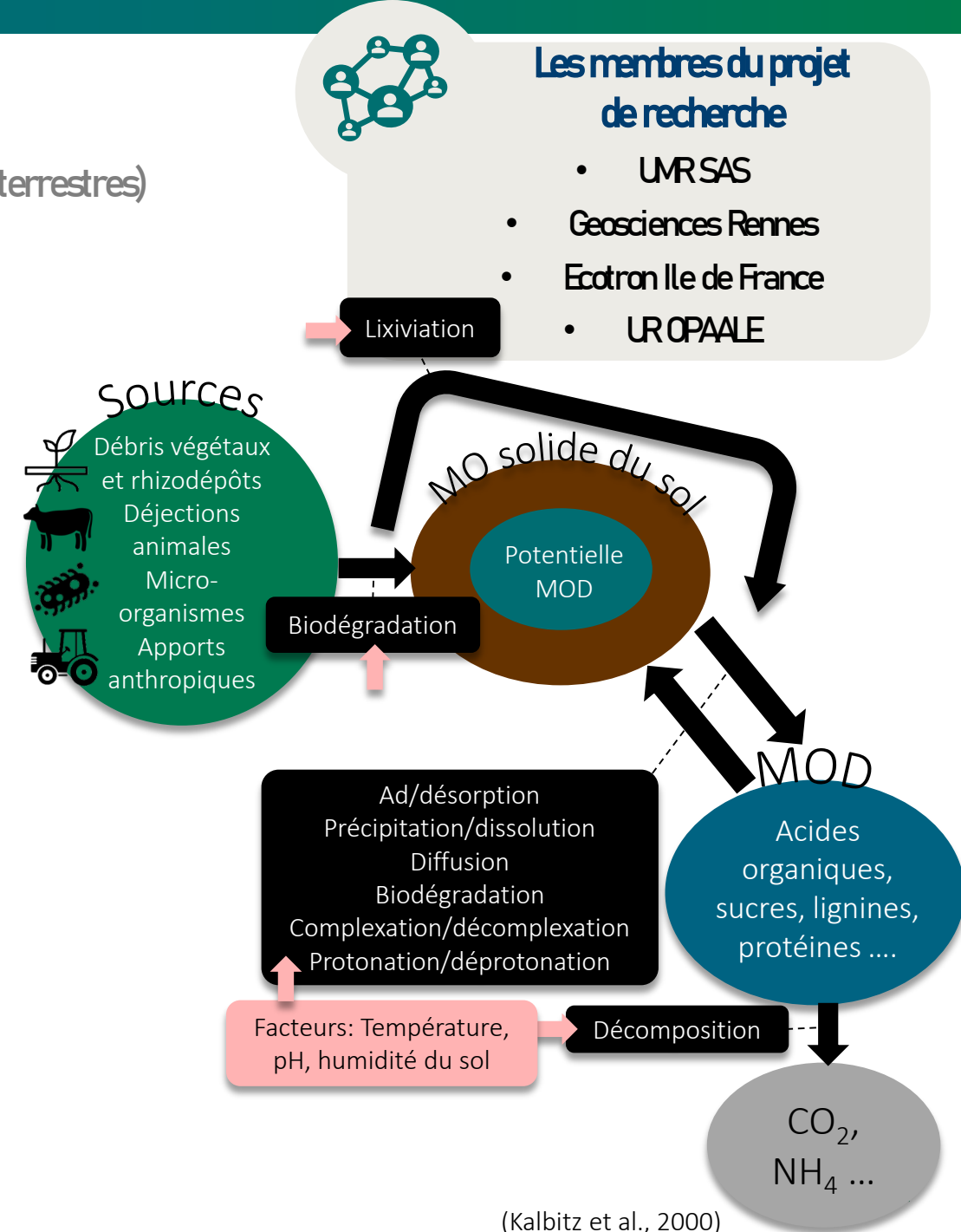
Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation

Décembre 2025

# Contexte du projet de thèse

2021-2024, Projet DEDICASS (MTI CNRS-INRAE Cycle du carbone dans les écosystèmes terrestres)

- **Cycle du C** dans les **agro-écosystèmes** pas complètement élucidé : **interactions** entre les **plantes** et les **produits organiques**
- **Fraction dissoute** peu considérée malgré son importance (biodisponible, mobile, stockage de C)
- **Matière organique dissoute (MOD)** alimentée par des sources variées → influence sur sa composition et donc, sur son devenir (dégradation, sorption, lixiviation)
- **Couverture hivernale** du sol : limite l'eutrophisation, l'érosion



# Contexte du projet de thèse

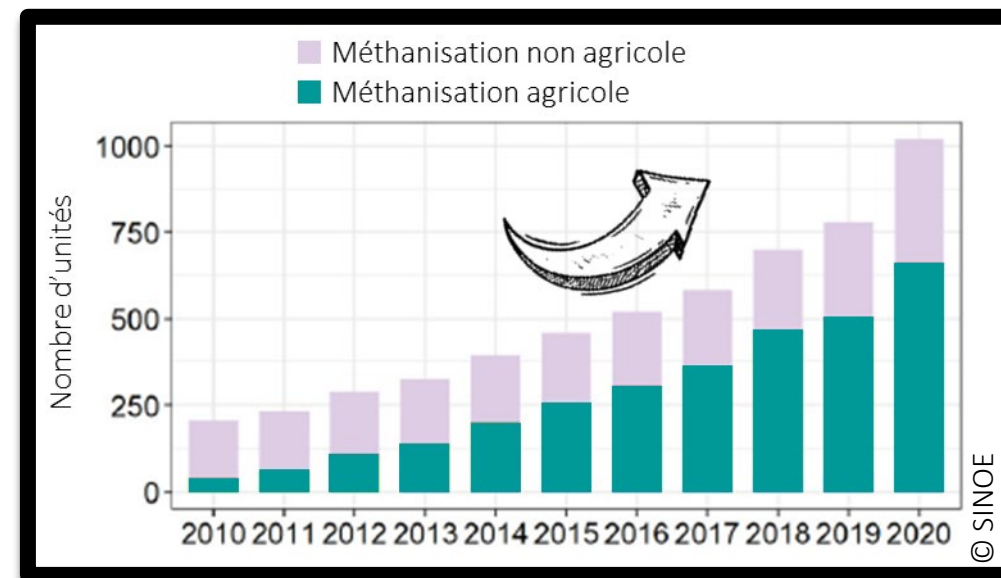
2021-2024, Projet DEDICASS (MTI CNRS-INRAE Cycle du carbone dans les écosystèmes terrestres)

- **Cycle du C** dans les **agro-écosystèmes** pas complètement élucidé : **interactions** entre les **plantes** et les **produits organiques**
- **Fraction dissoute** peu considérée malgré son importance (biodisponible, mobile, stockage de C)
- **Matière organique dissoute (MOD)** alimentée par des sources variées → influence sur sa composition et donc, sur son **devenir** (dégradation, sorption, lixiviation)
- **Couverture hivernale** du sol : limite l'eutrophisation, l'érosion
- Apport de **digestat** sur les sols agricoles : composition riche en matière organique chimiquement persistante (Jimenez et al., 2019) + effet biostimulant (Scaglia et al., 2017)



## Les membres du projet de recherche

- UMR SAS
- Geosciences Rennes
- Ecotron Ile de France
- UROPAALE



# Contexte du projet de thèse

2021-2024, Projet DEDICASS (MTI CNRS-INRAE Cycle du carbone dans les écosystèmes terrestres)

Effets de l'application  
de lisier de porc ou son  
digestat sur les flux de  
carbone organique  
dissous (COD)  
et la composition de la  
MOD sous culture  
hivernale



Microparcelle équipée de  
lysimètres

Contribution de la  
plante dans le  
système sol-plante-  
digestat



Colonne de  
sol

Effets de la gestion  
du lisier de porc sur  
la concentration en  
COD et la  
composition de la  
MOD du sol



Bocal  
d'incubation

Échelle spatiale  
Contrôle des conditions

Manuscrit disponible sur  
[Theses.fr](https://theses.fr)

# Effets de l'application de lisier ou de son digestat sur les flux de carbone dissous sous culture hivernale

## Questions de recherche

- Quel est l'impact quantitatif de l'apport de digestat sur les flux de carbone dissous à 40 cm de profondeur ?
  - Quel est le lien avec la présence de différentes cultures hivernales ?
- Comment évoluent les concentrations et flux de carbone dissous à 90 cm de profondeur ?

## Article associé

Didelot, A-F., Jardé, E., Morvan, T., Lemoine, C., Gaillard, F., Hamelin, G., Jaffrezic, A., 2025. Disentangling the effects of applying pig slurry or its digestate to winter wheat or a catch crop on dissolved C fluxes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 378, 109285.

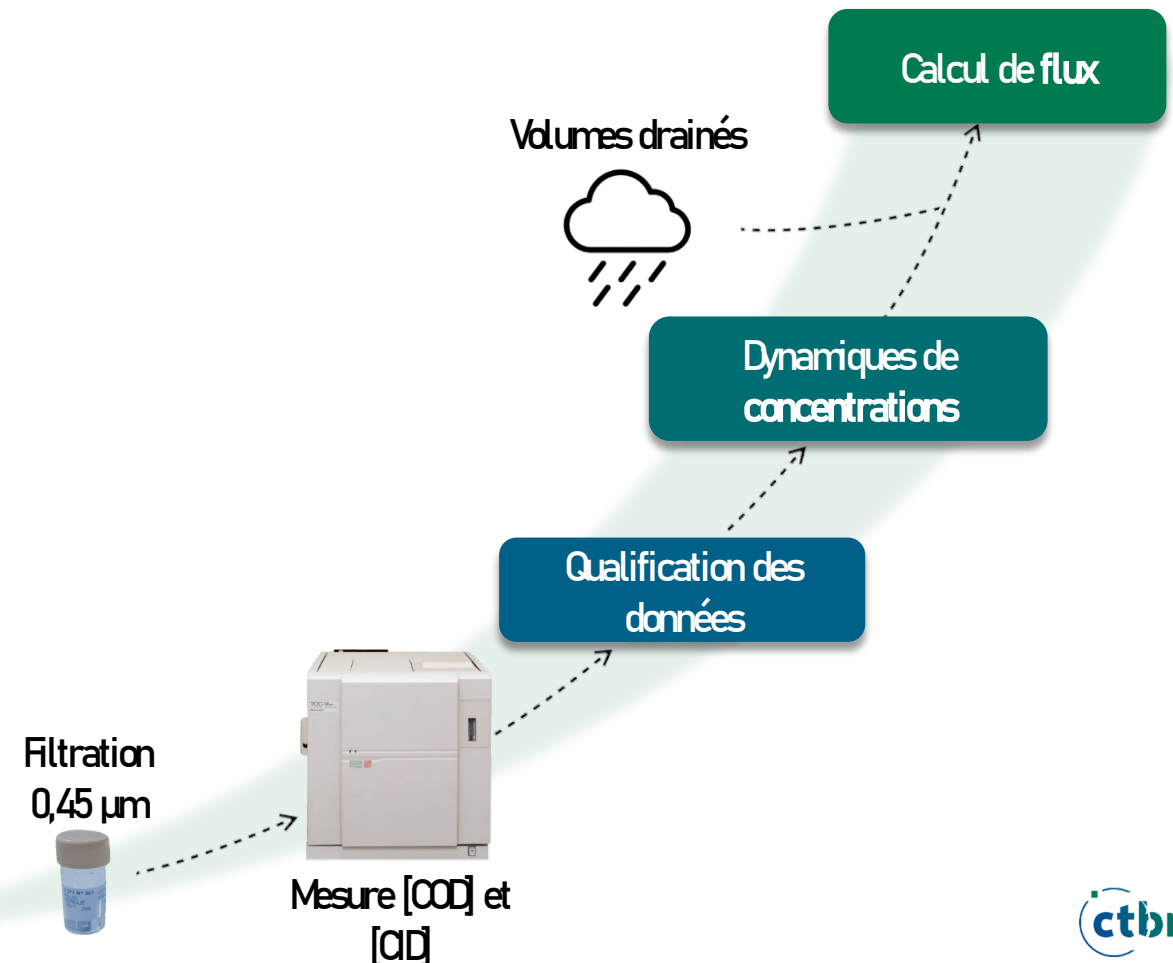
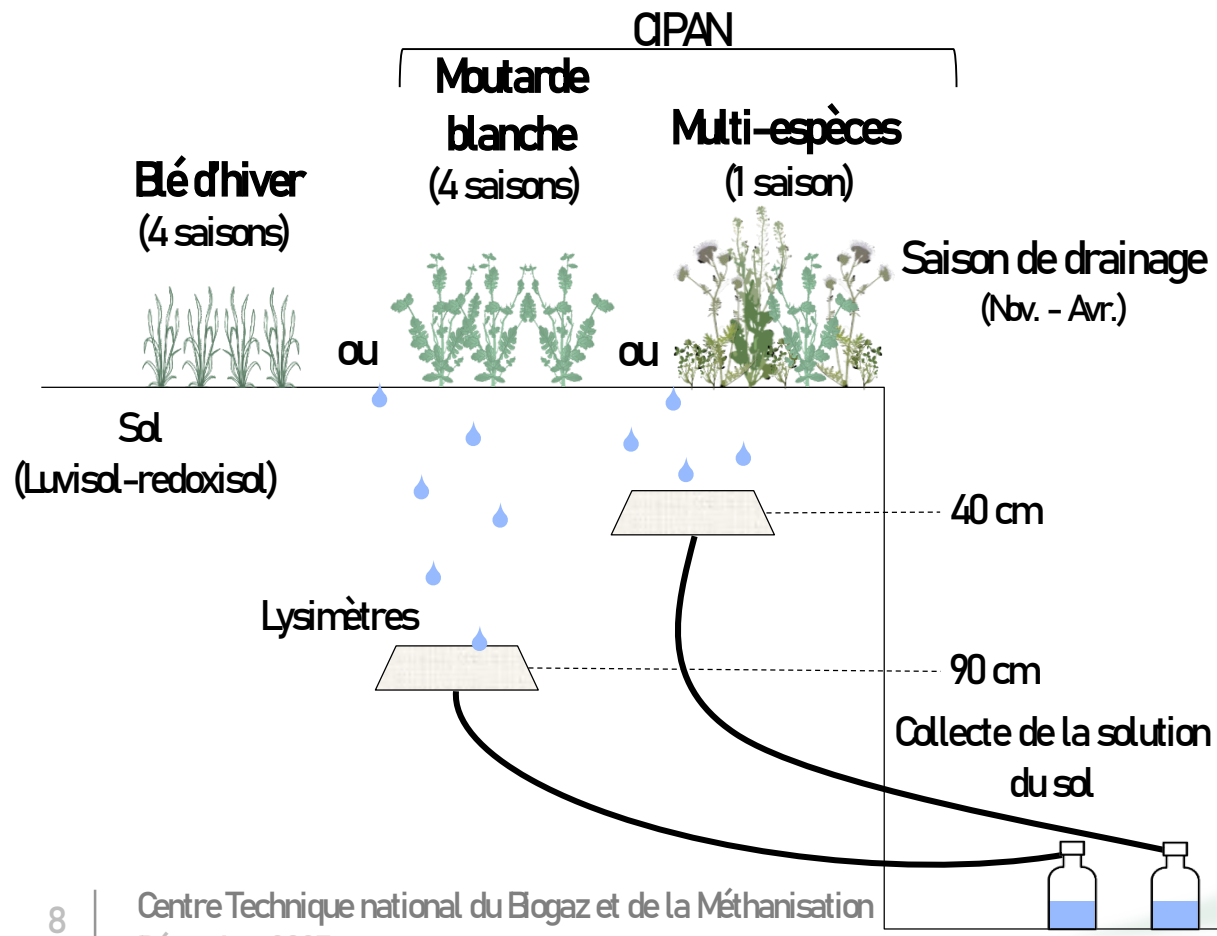


# Méthodologie

Plateforme expérimentale EFELE (réseau SOERE PRO), long-terme (2012-2032), localisée au Rheu (Ille-et-Vilaine)



- Au printemps,  
3 traitements  
appliqués :
- **Lisier de porc**
  - **Digestat de lisier**
  - **Fertilisant minéral**

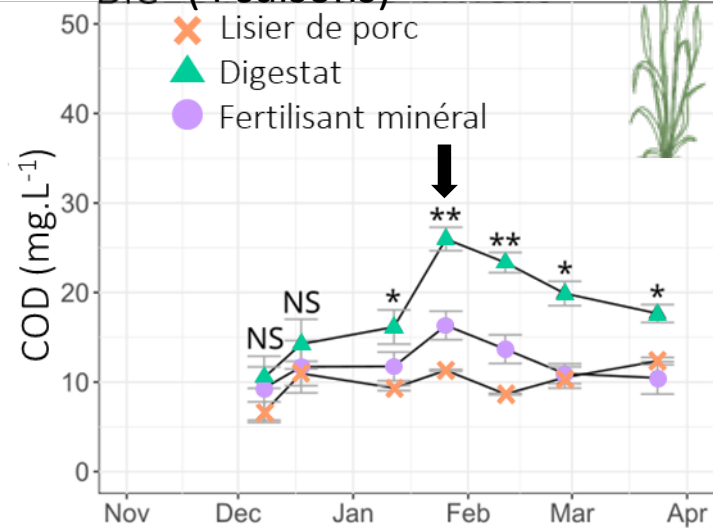




# Résultats clés

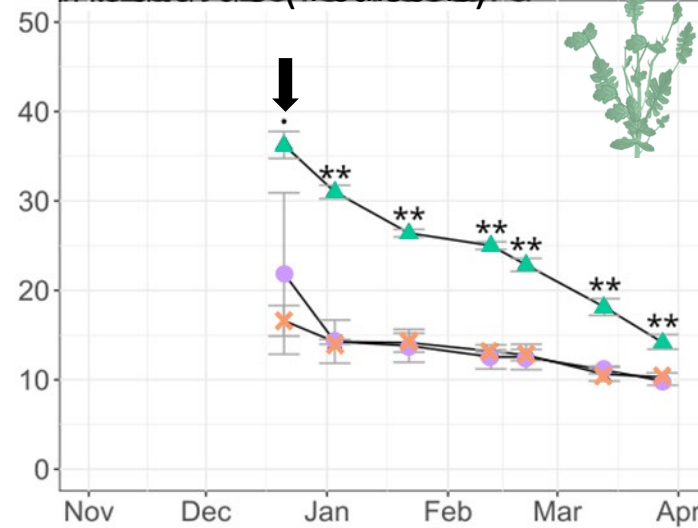
Dynamique de concentration en COD à 40 cm de profondeur

## Blé (4 saisons)



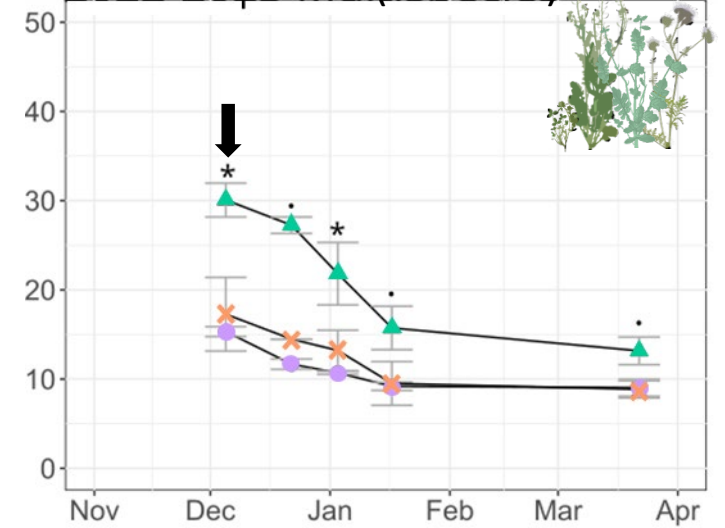
Semis en novembre

## Moutarde (4 saisons)



Semis en septembre

## Multi-espèces (1 saison)



Pas de différence entre traitements en début de saison

Différence au milieu de la saison de drainage :  
+ de COD (x1,5) sous **digestat** que sous **lisier** et **fertilisant minéral**

Différence entre traitements présente dès le **début** de la saison de drainage : + de COD (x1,8) sous **digestat** que sous **lisier** et **fertilisant minéral**

Concentrations moyennes :  $14,4 \pm 6,8 \text{ mg.L}^{-1}$   
Kindler et al. (2011) :  $12 \text{ mg.L}^{-1}$

# Résultats clés

Flux de COD cumulés sur la saison de drainage

- Effet culture à 40 cm:

Moutarde  $33,4 \pm 11,2 \text{ kg.ha}^{-1}$

Multi-espèces  $27,1 \pm 9,3 \text{ kg.ha}^{-1}$

Blé  $20,0 \pm 9,5 \text{ kg.ha}^{-1}$

- Effet traitement à 40 cm:

Digestat  $35,2 \pm 14,6 \text{ kg.ha}^{-1}$

Lisier & traitement minéral  $21,0 \pm 7,2 \text{ kg.ha}^{-1}$

- Flux réduits à 90 cm:

$6,2 \pm 4,1 \text{ kg.ha}^{-1}$

## Différence 40-90 cm:

- Digestat + CIPAN:  $40 \text{ kg.ha}^{-1}$

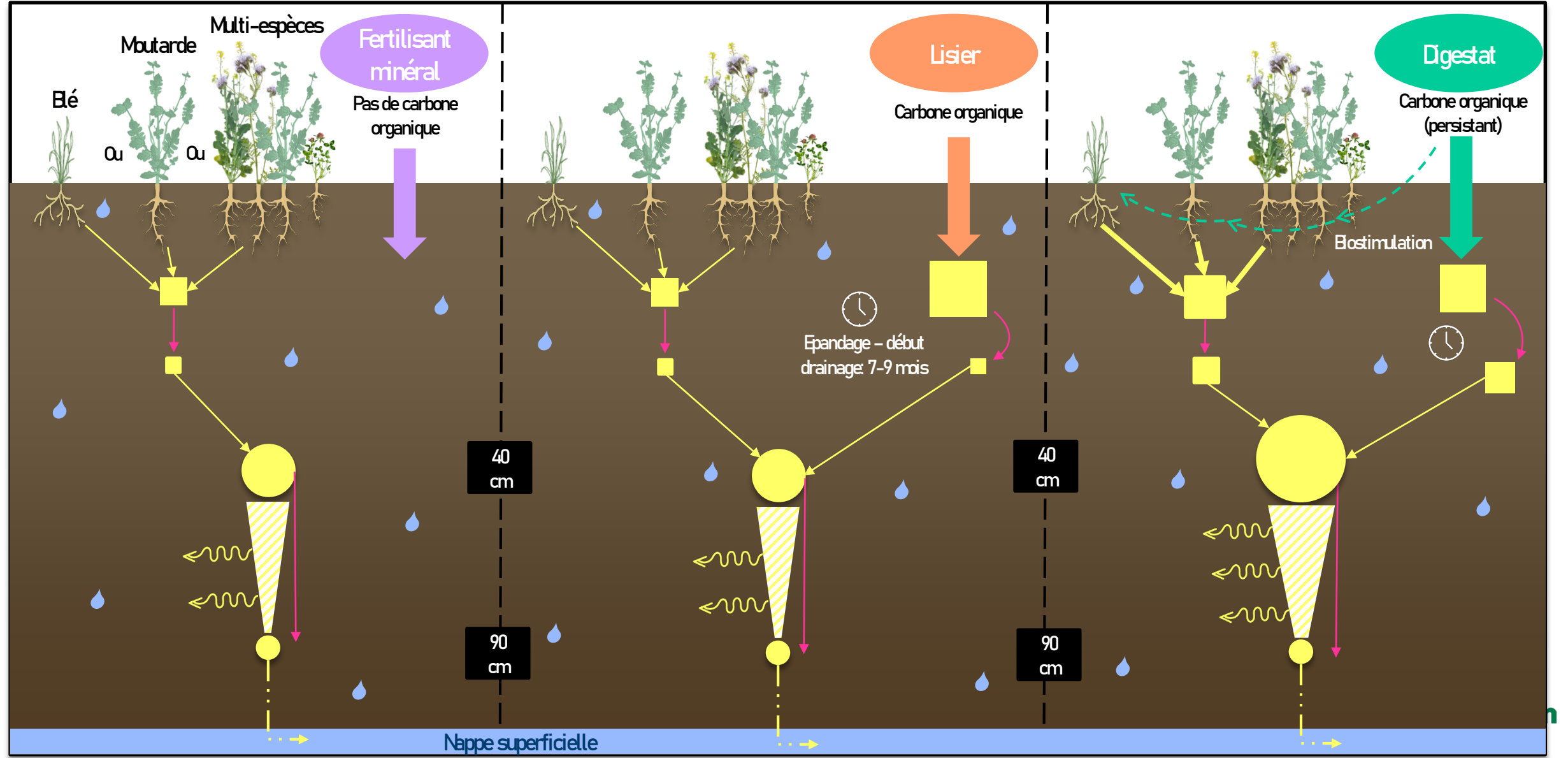
- Digestat + blé:  $20 \text{ kg.ha}^{-1}$

- Lisier/traitement minéral + CIPAN:  $19 \text{ kg.ha}^{-1}$

- Lisier/traitement minéral + blé:  $11 \text{ kg.ha}^{-1}$

# Résultats clés

Schéma conceptuel: interprétation de l'effet traitement



# Résultats clés

Réponse aux questions de recherche

Quel est l'impact quantitatif de l'apport de digestat sur les flux de carbone dissous à 40 cm de profondeur ?

Flux de COD plus importants pour la modalité **digestat** en comparaison avec les autres traitements



Effet biostimulant, apport de molécules chimiquement persistantes

Quel est le lien avec la présence de différentes cultures hivernales ?

Modulation du pic de concentrations en COD pour la modalité **digestat** en fonction du type de culture et de son développement : en début de saison pour les CIPAN en milieu de saison pour le blé



Comment évoluent les concentrations et flux de carbone dissous à 90 cm de profondeur ?

Diminution des flux de COD, plus de différence entre traitements



Minéralisation, sorption

# Impacts & perspectives pour la filière

## IMPACTS DES PRATIQUES AGRONOMIQUES SUR LA MOD

- Synergie entre digestat et cultures : influence majeure sur le pool dissous
- Epandage de digestat : potentiel stockage de carbone dans le sol, limite les émissions de carbone vers l'atmosphère et leurs impacts sur le changement climatique



## PERSPECTIVES

- Test de la **généricité** des processus observés pour mieux comprendre les facteurs qui les modulent : autres climats, types de sol, cultures, digestats
  - Mise en évidence de l'**effet biostimulant** du digestat
- Etude approfondie du rôle de la **plante** dans le système : caractérisation précise des **mécanismes** qui se déroulent dans la rhizosphère

# EFFETS DE L'APPORT DE DIGESTAT DE MÉTHANISATION ET DES CULTURES HIVERNALES SUR LES FLUX DE CARBONE DISSOUS ET LA COMPOSITION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DISSOUE DU SOL

Merci pour votre attention



anne-flore.didelot@univ-lyon1.fr



ATEE - Tour Eve - 1 place du Sud

CS20067 - 92800 PUTEAUX

Tél. : 01 46 56 91 43 - [www.atee.fr](http://www.atee.fr)



Retrouvez les infos scientifiques  
sur [InfoMetha.org](http://InfoMetha.org)



# L'intensification des procédés de méthanation biologique ex-situ du CO<sub>2</sub>

Misagh KERAMATI (PhD), Responsable R&D à **BiUPP**  
BIOGAS UPGRADING PROCESS

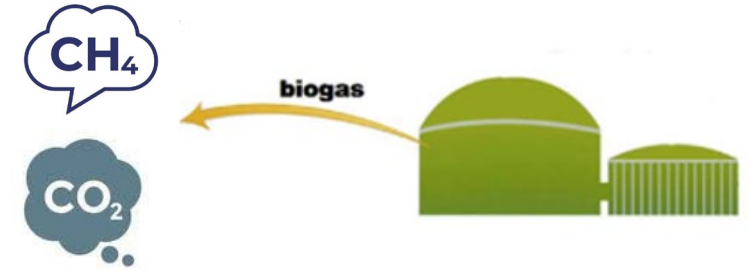
Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation  
Décembre 2025



# Contexte

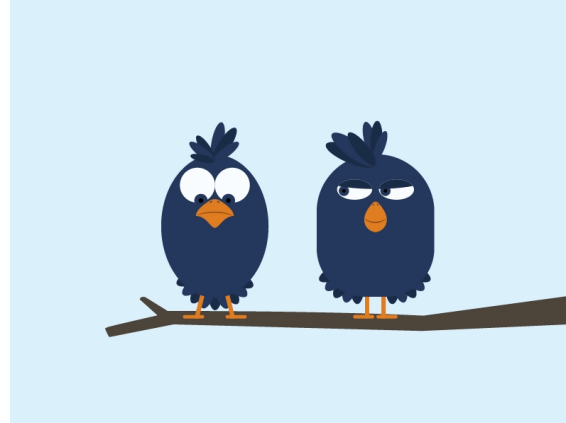
## Problématique

- Le  $\text{CO}_2$  dans le biogaz n'est souvent pas valorisé.
- L'électricité excédentaire provenant du solaire et de l'éolien met le réseau sous pression et le déstabilise !



**Biomethanation!**

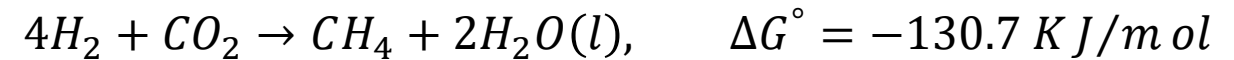
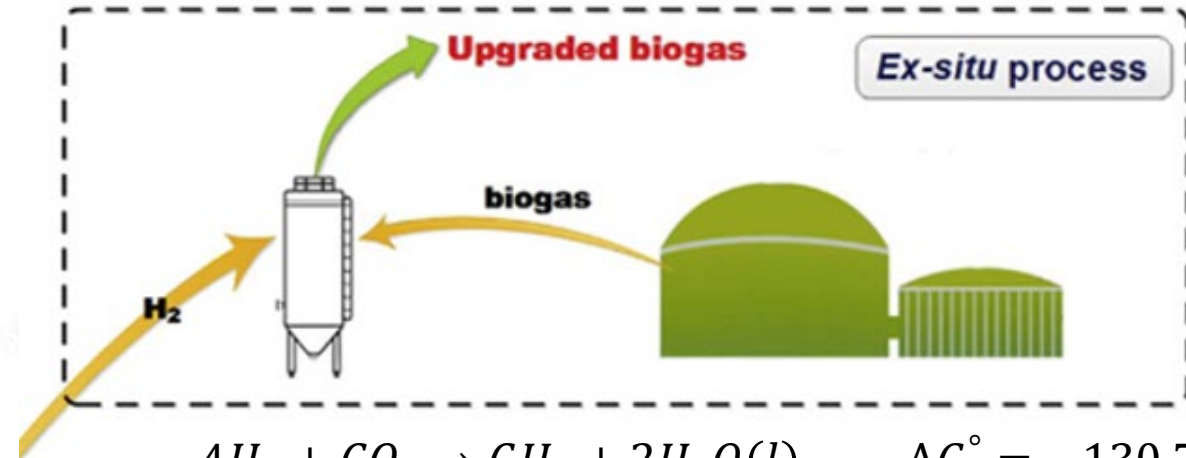
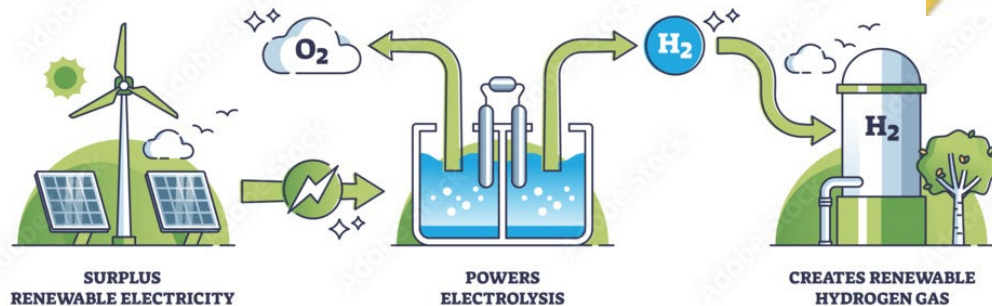
Stocker l'énergie  
Valoriser  $\text{CO}_2$



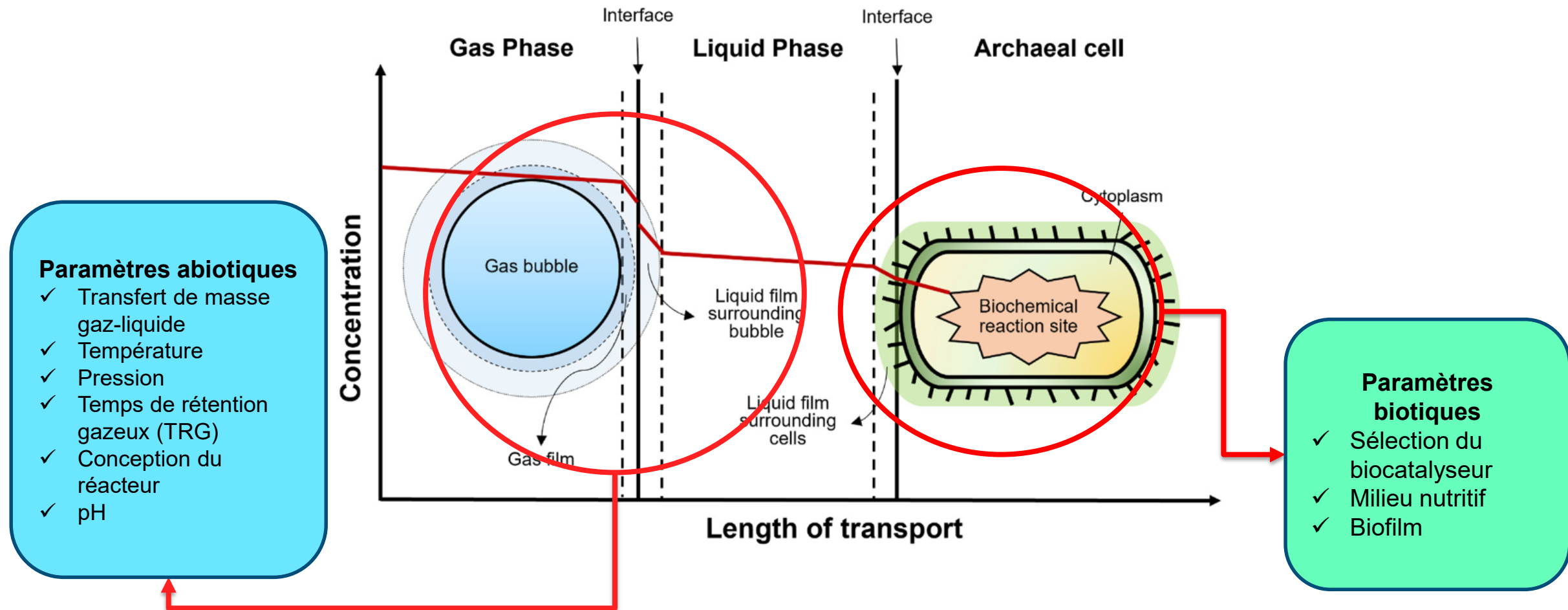
# C'est quoi la biométhanation?

Power to CH<sub>4</sub>

Power to H<sub>2</sub>



# Paramètres influençant la biométhanation ex-situ



# Process set-up

Systemen continu

- Caractéristiques du système
  - Colonne à bulles
  - Sparger
  - Température thermophile
  - Recirculation du liquide contre-courant
  - Méthanogène spécifique (souche de Clermont)
  - $T=55^{\circ}\text{C}$
  - $T_{\text{cond}}=4^{\circ}\text{C}$
- Analyses
  - Prélèvements liquides quotidiens (µbio)
  - Analyse des gaz toutes les heures
  - HPLC quotidienne

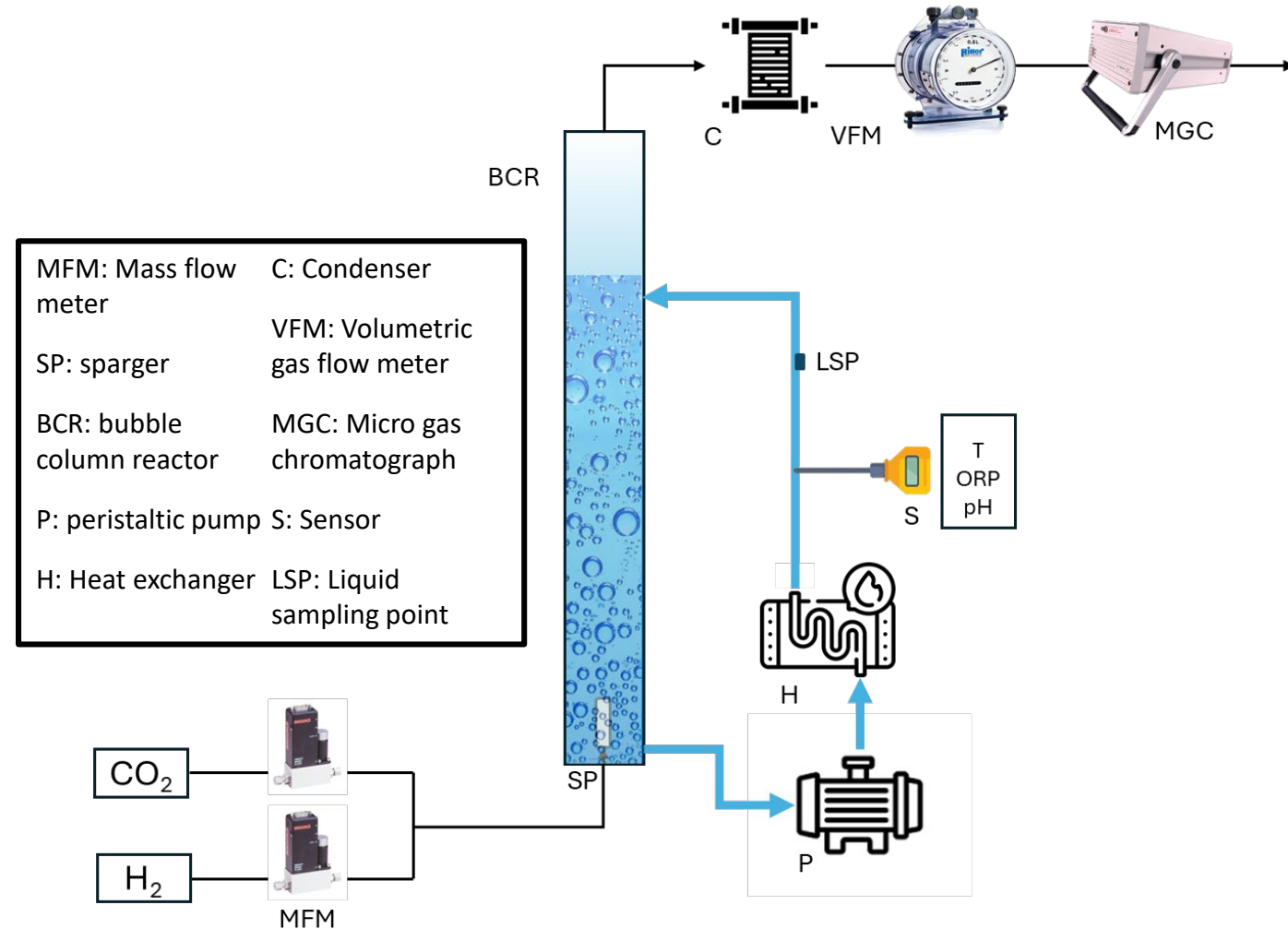
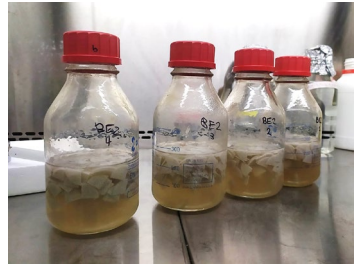


Schéma de réacteur utilisé

# Résultats colonisation

Notre biocatalyseur souhaité est-il capable de coloniser les supports et de former un biofilm?



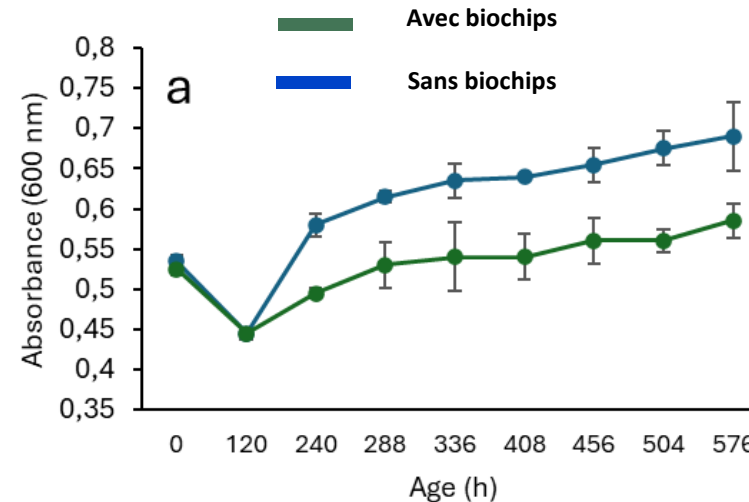
BA Consortium pré-sélectionné  
55°C  
120 rpm  
Alimentation : H<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> (80%-20%)



## Comparison de la production

La production de méthane était similaire dans les deux cas, avec ou sans biochips.

## Comparison de la croissance



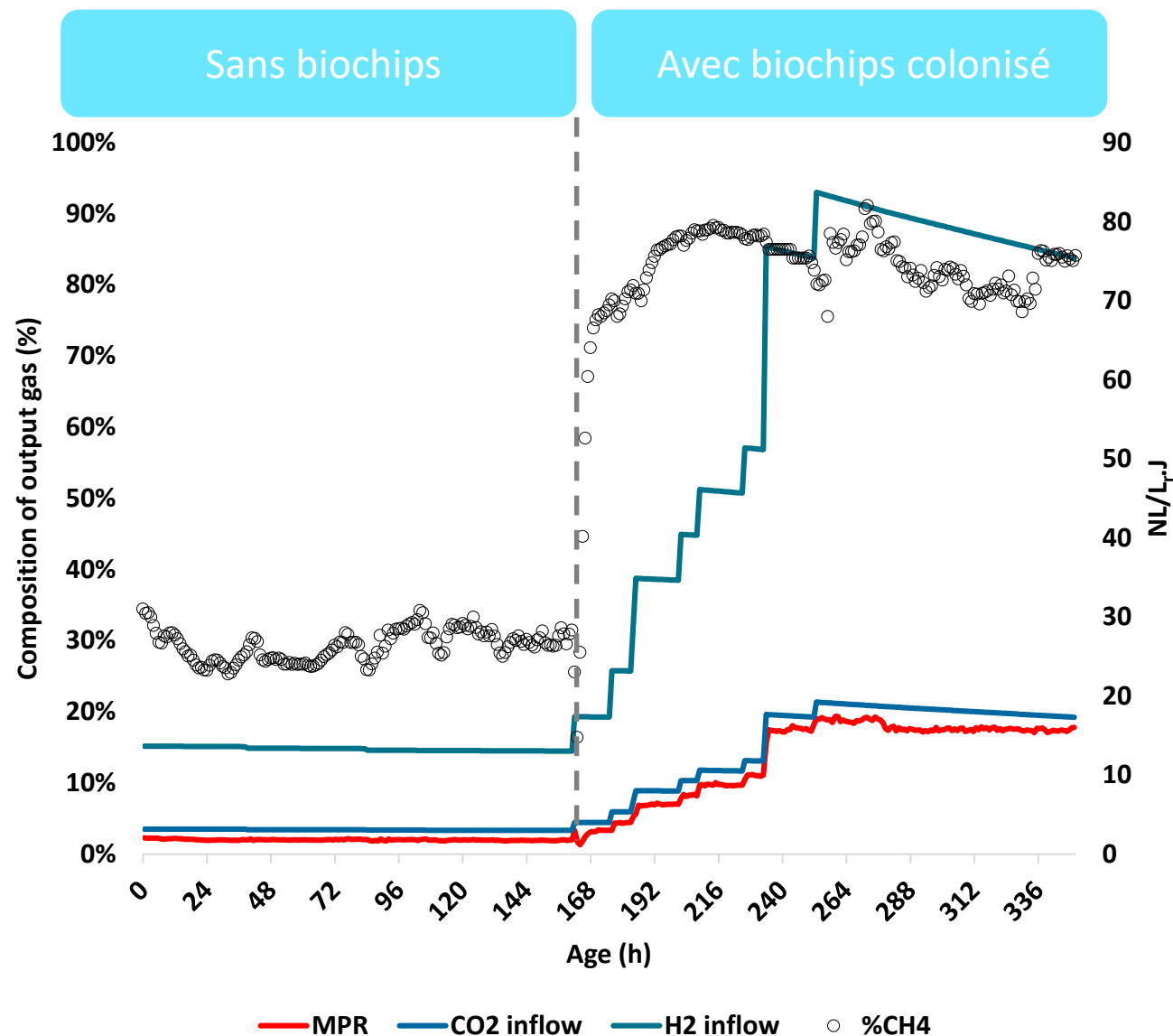
Il y a une plus grande tendance pour le biocatalyseur souhaité à former un biofilm sur les biochips.

Analyse de la population d'archées :  
100 % Methanothermobacter (HA connu)

# Résultats ajout des biochips colonisé

Que se passe-t-il en ajoutant ces biochips colonisés au réacteur ?

- $\text{MPR} = 15.7 \pm 0.5 \text{ NLCH}_4/\text{L}_\text{r}\cdot\text{J}$
- $\text{CH}_4\% = 84.4 \pm 0.9$
- Mn GRT de 0.3 h
- L'une des productivités les plus élevées rapportées pour un réacteur à colonne à bulles avec un consortium mixte.
- AGV négligeables ( $\leq 0.2 \text{ g/L}$ )
- Brevet (FR3141697A1/WO2024099984A1)
  - Nouveau biocatalyseur
  - Conception innovante
  - Biochips colonisé





# Impacts & perspectives

- Ces résultats nous ont permis de créer BioUpp (start-up deep tech française) et de devenir lauréats du concours d'innovation i-Lab.
- Nbs résultats et notre savoir-faire permettent aux producteurs de biogaz d'augmenter leur productivité.
- Nous pouvons aider à stocker l'électricité excédentaire.
- La montée en échelle des systèmes est en cours.





## L'intensification des procédés de méthanation biologique ex-situ du CO<sub>2</sub>



misagh.keramati@bioupp.com



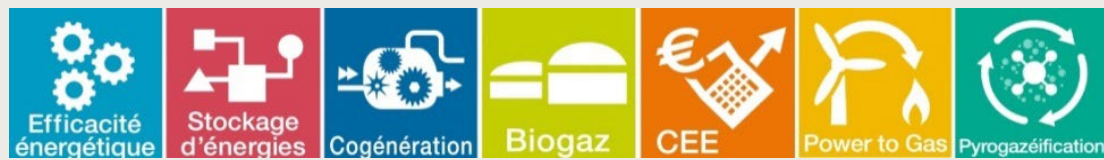
ATEE - Tour Eve - 1 place du Sud

CS20067 - 92800 PUTEAUX

Tél. : 01 46 56 91 43 - [www.atee.fr](http://www.atee.fr)



Retrouvez les infos scientifiques  
sur [InfoMetha.org](http://InfoMetha.org)



Prochain webinaire « Jeunes Chercheurs » 5 février

Prochain webinaire « Expert » 29 janvier : Projet COMETE (COopérations et controverses autour de la MÉthanisation dans les Territoires ruraux) – Carauline Mazaud



ATEE - Tour Eve - 1 place du Sud

CS20067 - 92800 PUTEAUX

Tél. : 01 46 56 91 43 - [www.atee.fr](http://www.atee.fr)



Retrouvez les infos scientifiques  
sur [InfoMetha.org](http://InfoMetha.org)

