



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



EFFECTS OF THE ADDITION OF DIGESTATE FROM METHANIZATION AND WINTER CROPS ON SOIL CARBON FLUXES AND DISSOLVED ORGANIC MATTER COMPOSITION

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

Encadrement: Anne Jaffrezic et Emilie Jardé

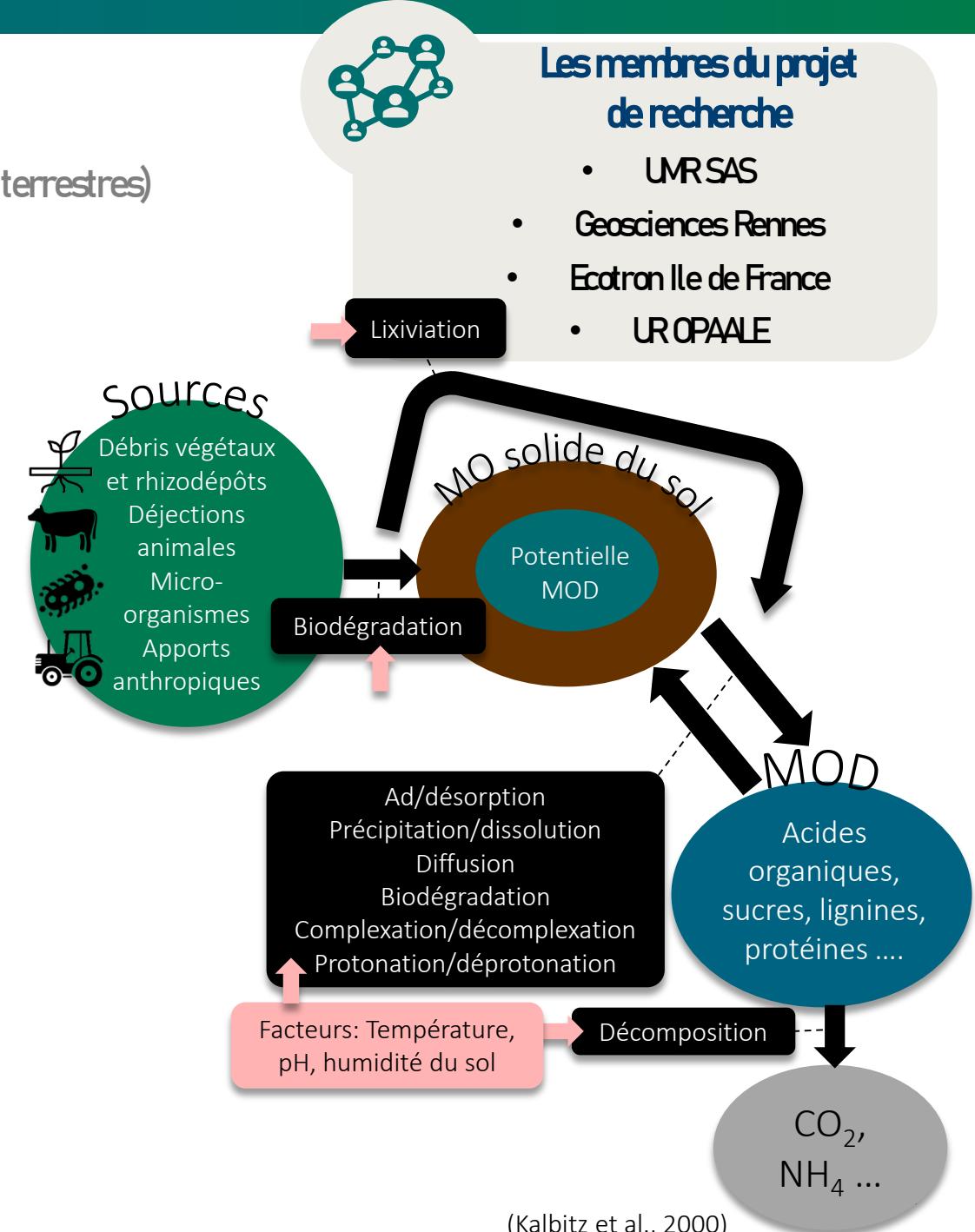
Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation
Décembre 2025

Contexte du projet de thèse

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

Les membres du projet de recherche

- UMR SAS
- Geosciences Rennes
- Ecotran Ile de France
- UR OPAALE



Contexte du projet de thèse

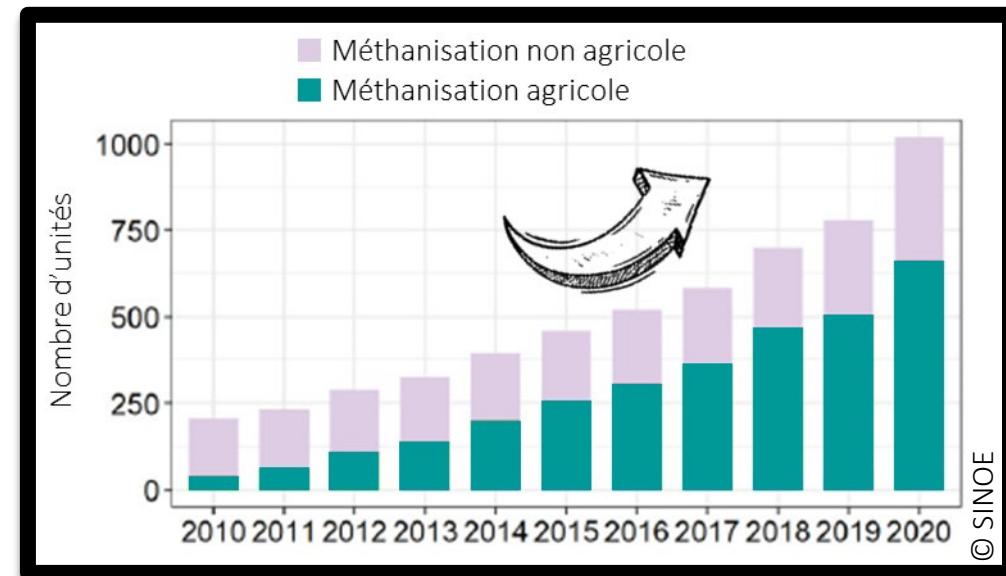
2021-2024, Projet DEDICASS (MTI CNRS-INRAE Cycle du carbone dans les écosystèmes terrestres)



Les membres du projet de recherche

- UMR SAS
- Geosciences Rennes
- Ecotron Ile de France
- UR OPAALE

- **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)**



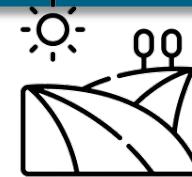
Contexte du projet de thèse

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

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

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



MicroParcelle équipée de
lysimètres



Colonne de
sol



Bocal
d'incubation

Échelle spatiale
Contrôle des conditions

Manuscrit disponible sur
[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., Lemaine, 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 Cfluxes. Agriculture, Ecosystems & Environment 378, 109285.

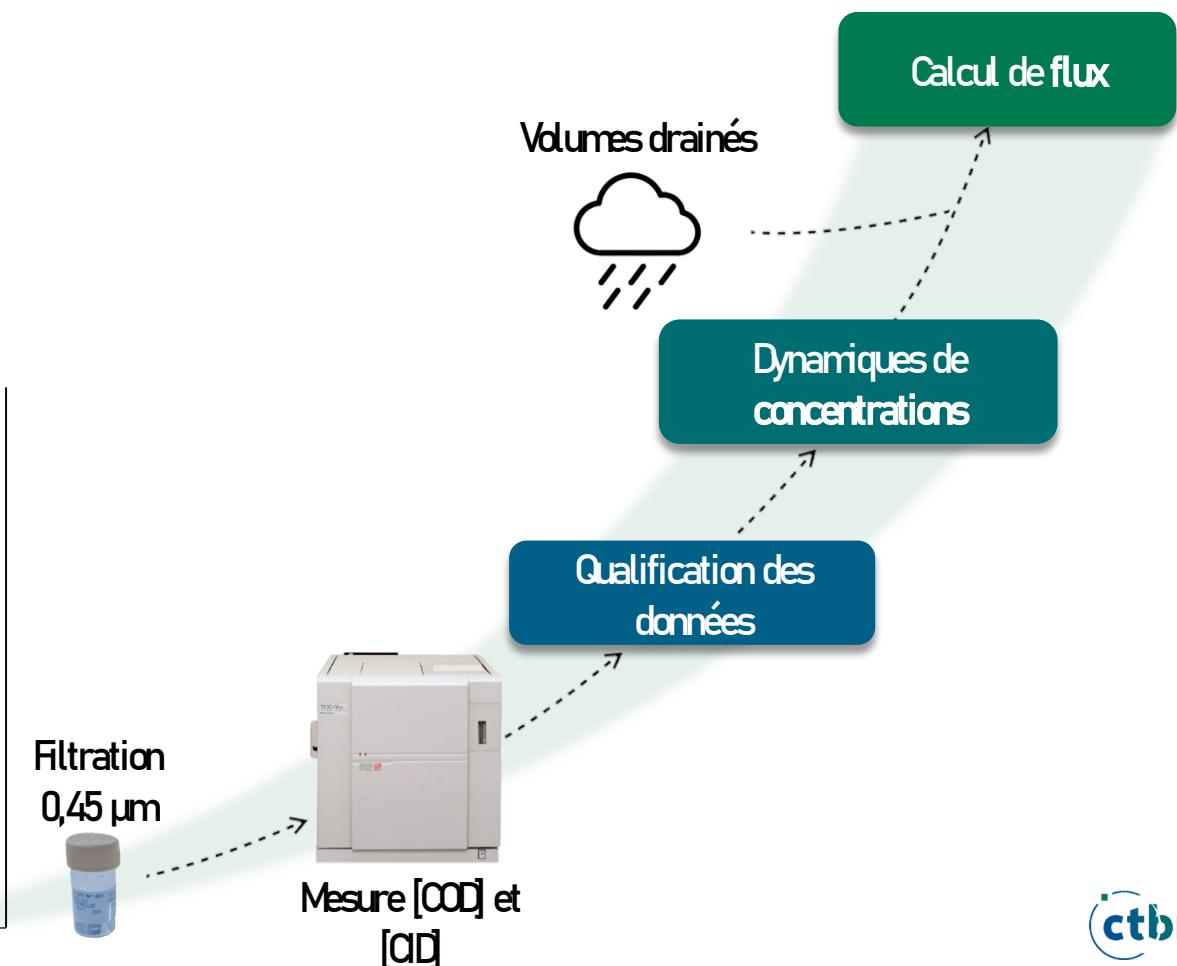
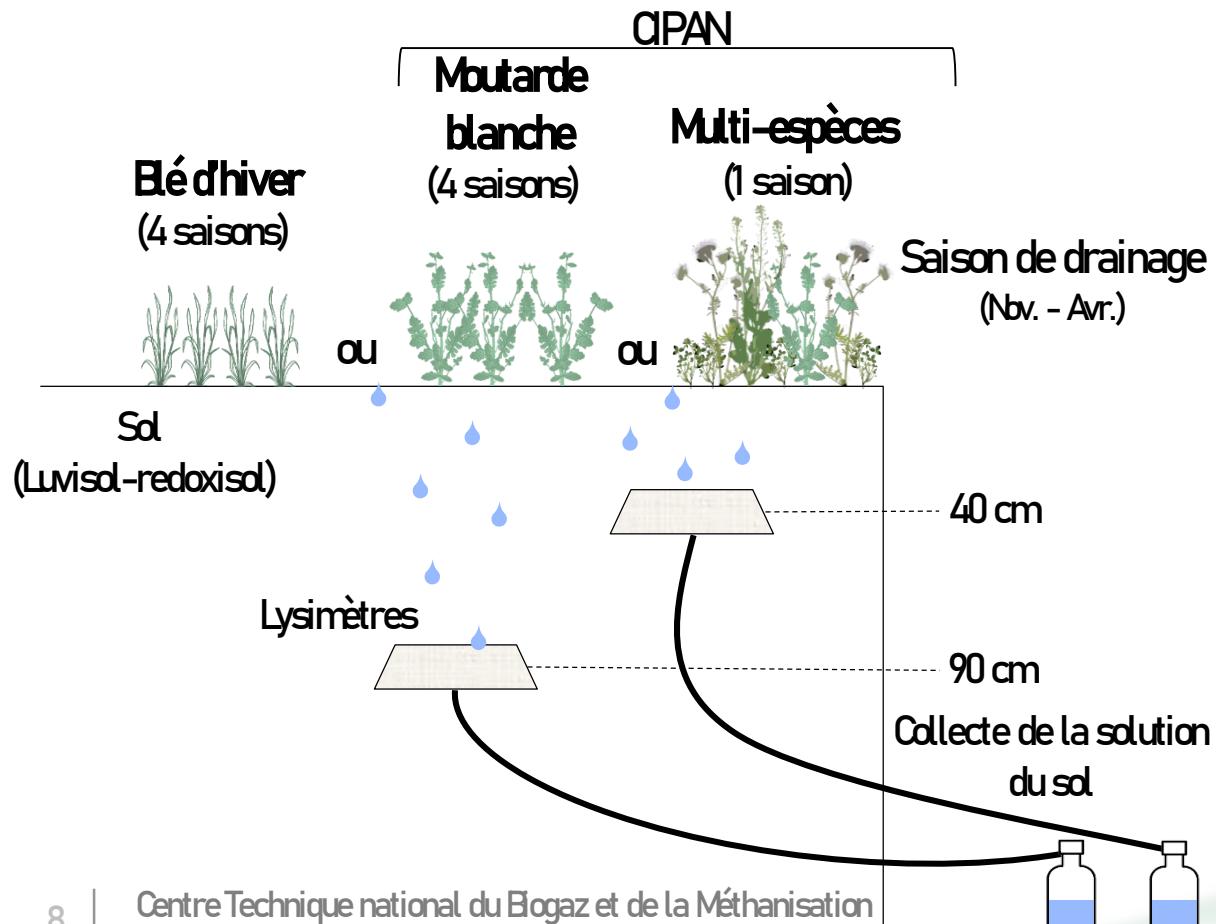


Méthodologie

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

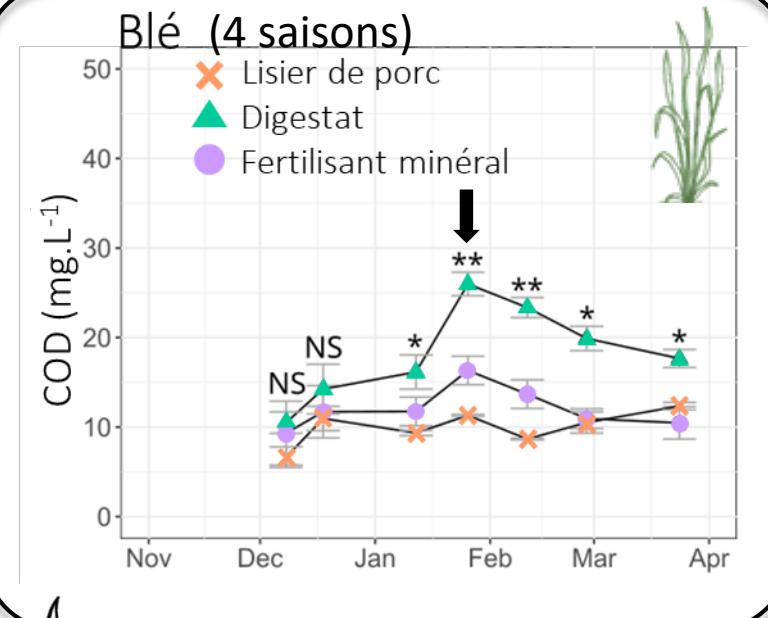


- Au printemps • **Lisier de porc**
- 3 traitements • **Digestat de lisier**
- appliqués: • **Fertilisant minéral**



Résultats clés

Dynamique de concentration en COD à 40 cm de profondeur

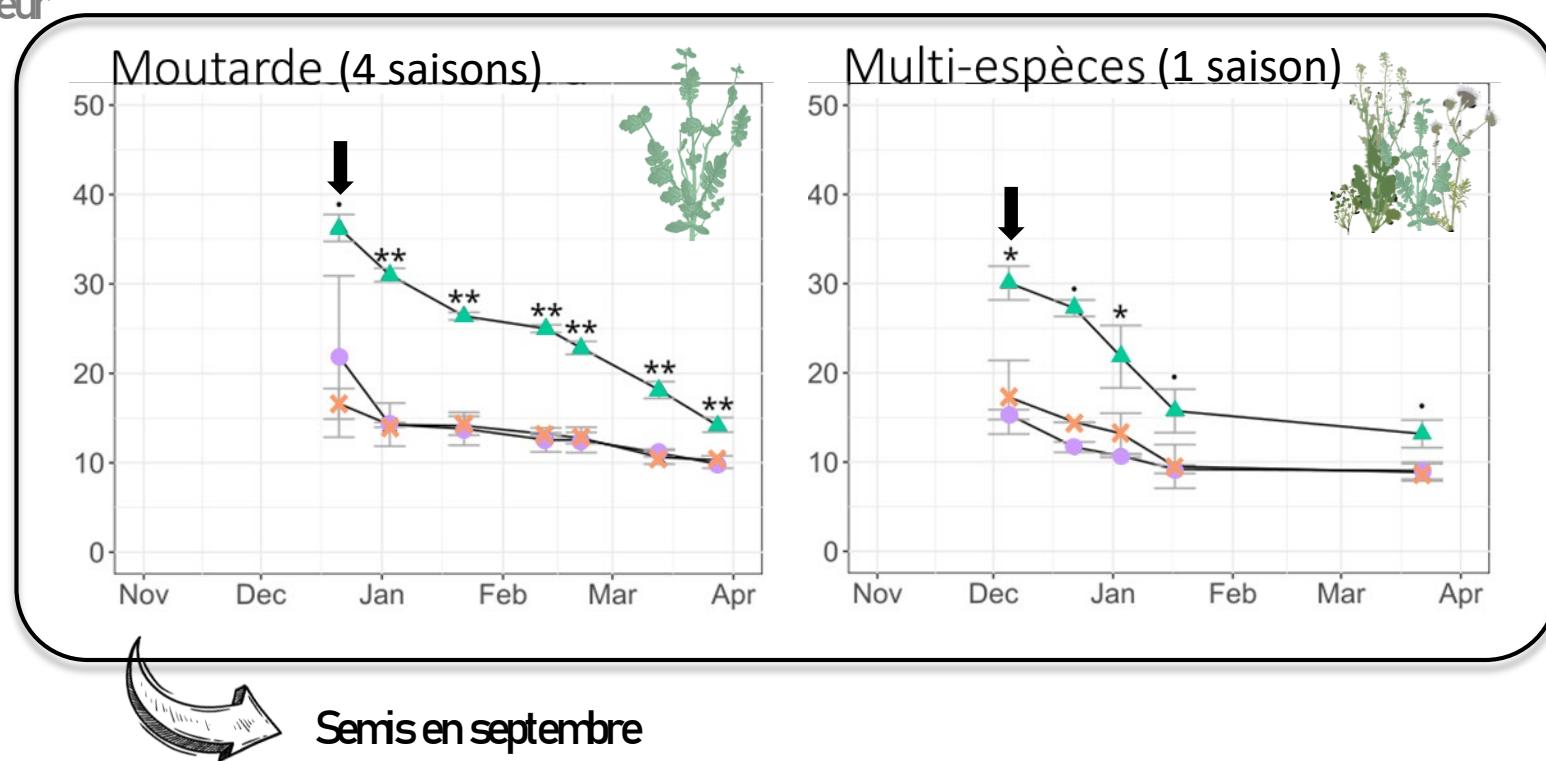


Semis en novembre

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

Décembre 2025



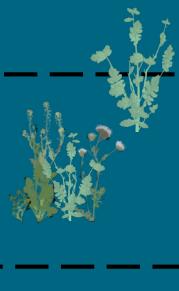
Semis en septembre

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 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:

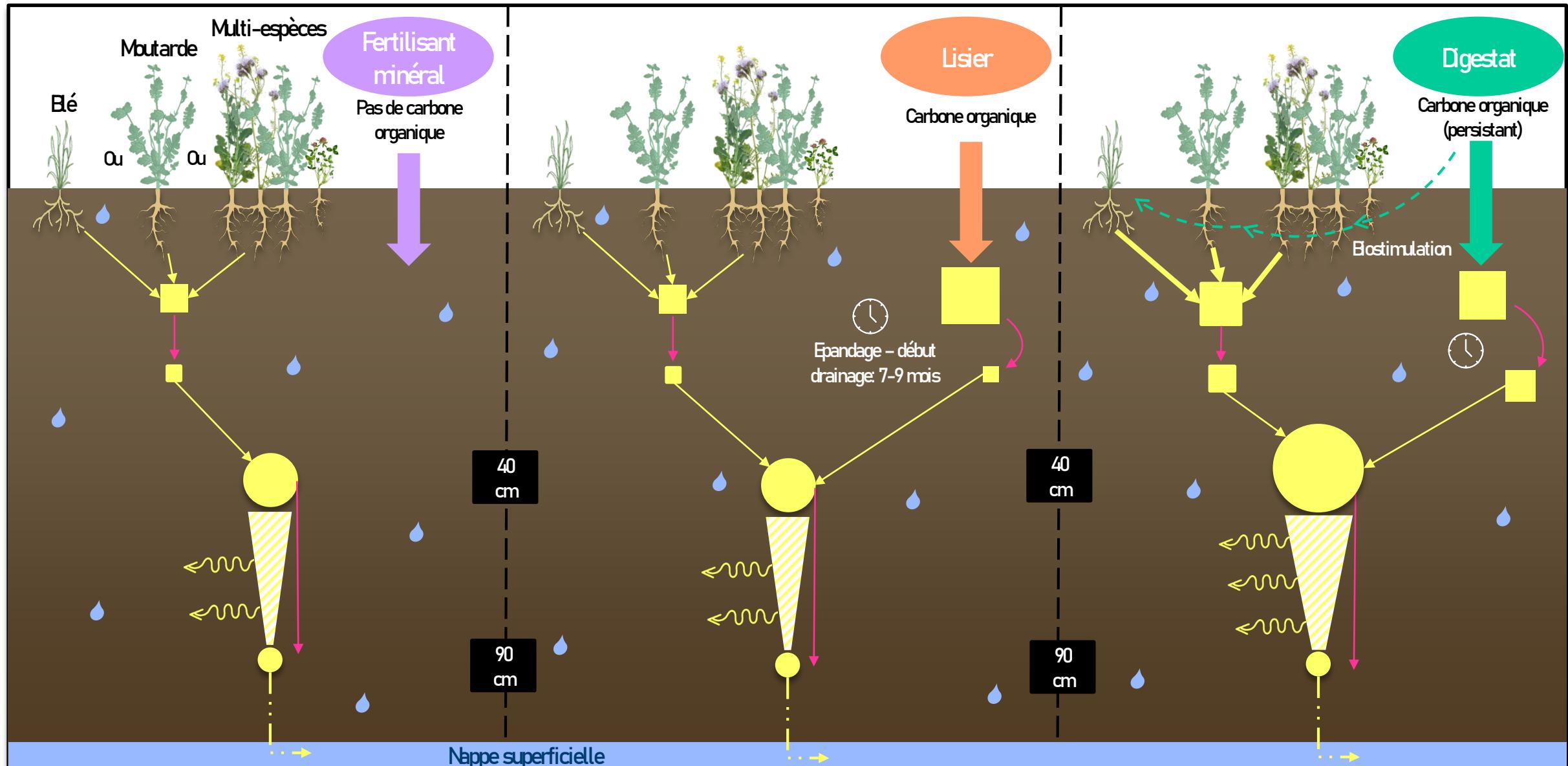
- Digestat + APAN: 40 kg.ha^{-1}
- Digestat + blé: 20 kg.ha^{-1}
- Lisier/traitement minéral + APAN: 19 kg.ha^{-1}
- Lisier/traitement minéral + blé: 11 kg.ha^{-1}

Résultats clés

Schéma conceptuel: interprétation de l'effet traitement

● Flux de COD mesurés
■ Sources de COD potentielles

→ Prélèvement microbien
↔ Sorption du COD



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 ?

Roux 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 OIPAN 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
- **Épandage 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 DISSOUTE 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



Retrouvez les infos scientifiques
sur InfoMetha.org

L'intensification des procédés de méthanation bidogique ex-situ du CO₂

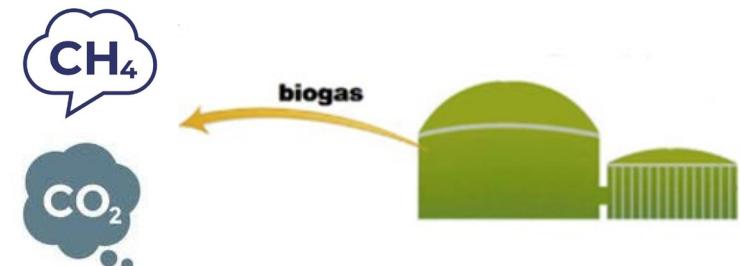
Msagh KERAMATI (PhD), Responsable R&D à 
BIOGAS UPGRADING PROCESS

Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation
Décembre 2025

Contexte

Problématique

- Le CO₂ 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 !



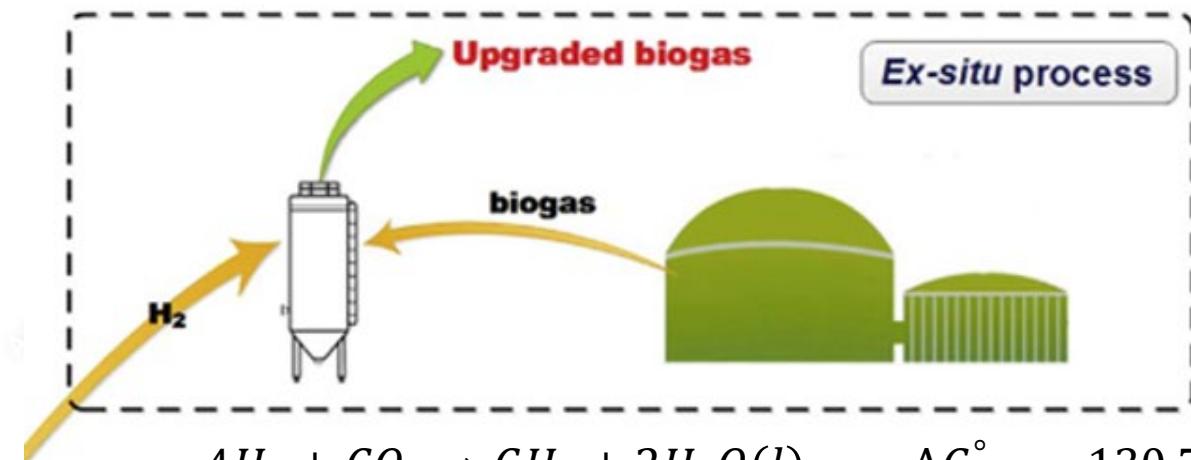
Biométhanation!

Stocker l'énergie
Valoriser CO₂

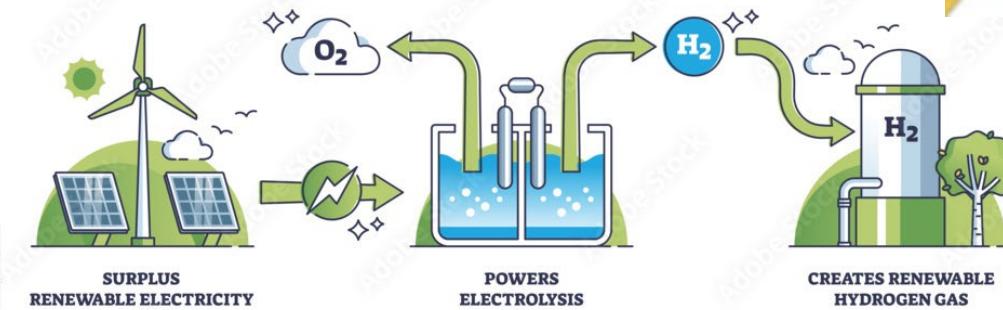


C'est quoi la biométhanation?

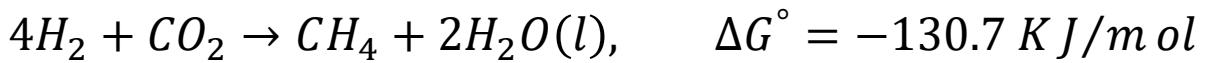
Power to CH₄



Power to H₂



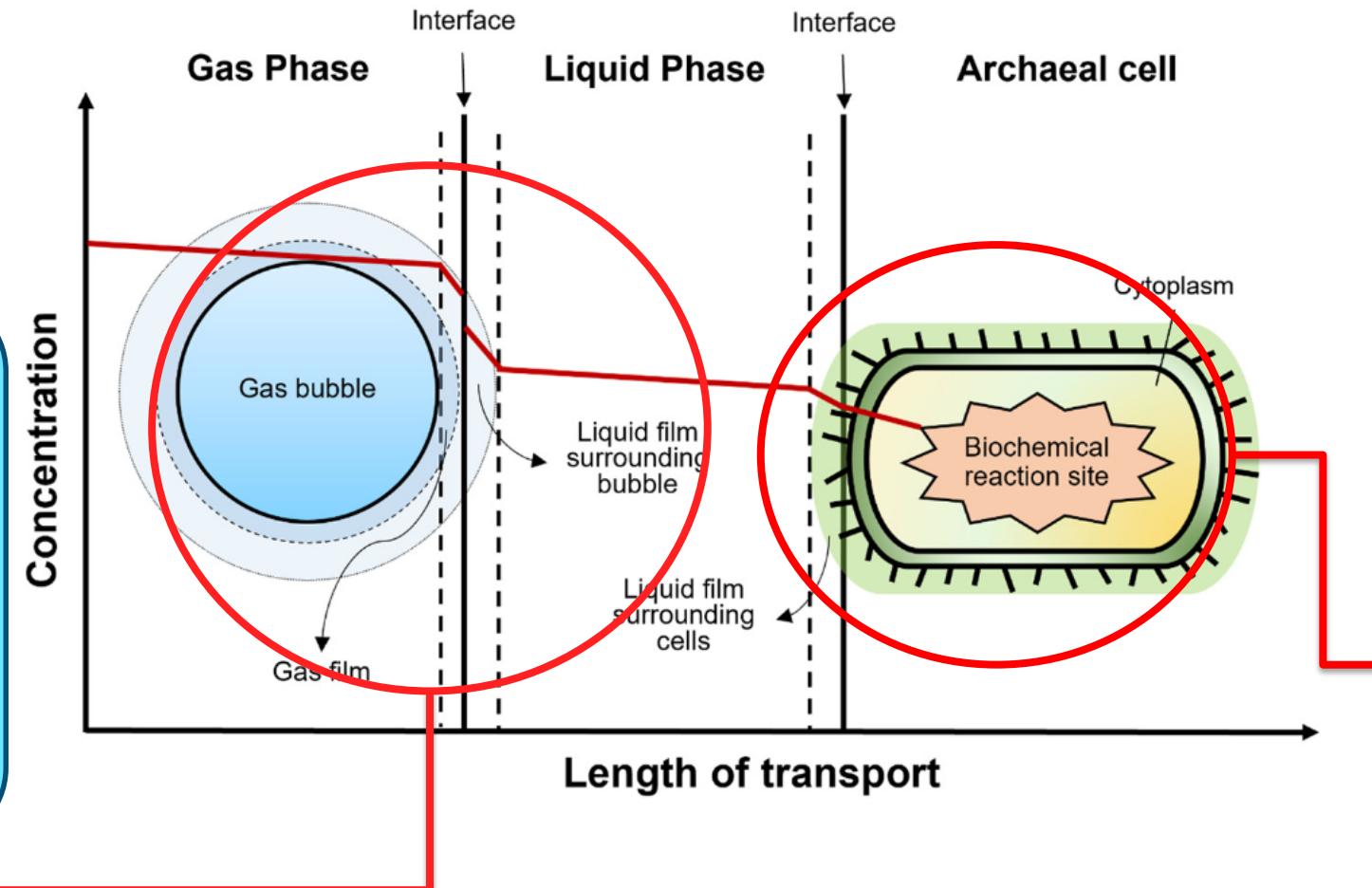
Adobe Stock | #55625688



Paramètres influençant la biométhanation ex-situ

Paramètres abiotiques

- ✓ Transfert de masse gaz-liquide
- ✓ Température
- ✓ Pression
- ✓ Temps de rétention gazeux (TRG)
- ✓ Conception du réacteur
- ✓ pH



Paramètres biotiques

- ✓ Sélection du biocatalyseur
- ✓ Milieu nutritif
- ✓ Biofilm

Process set-up

Système en 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

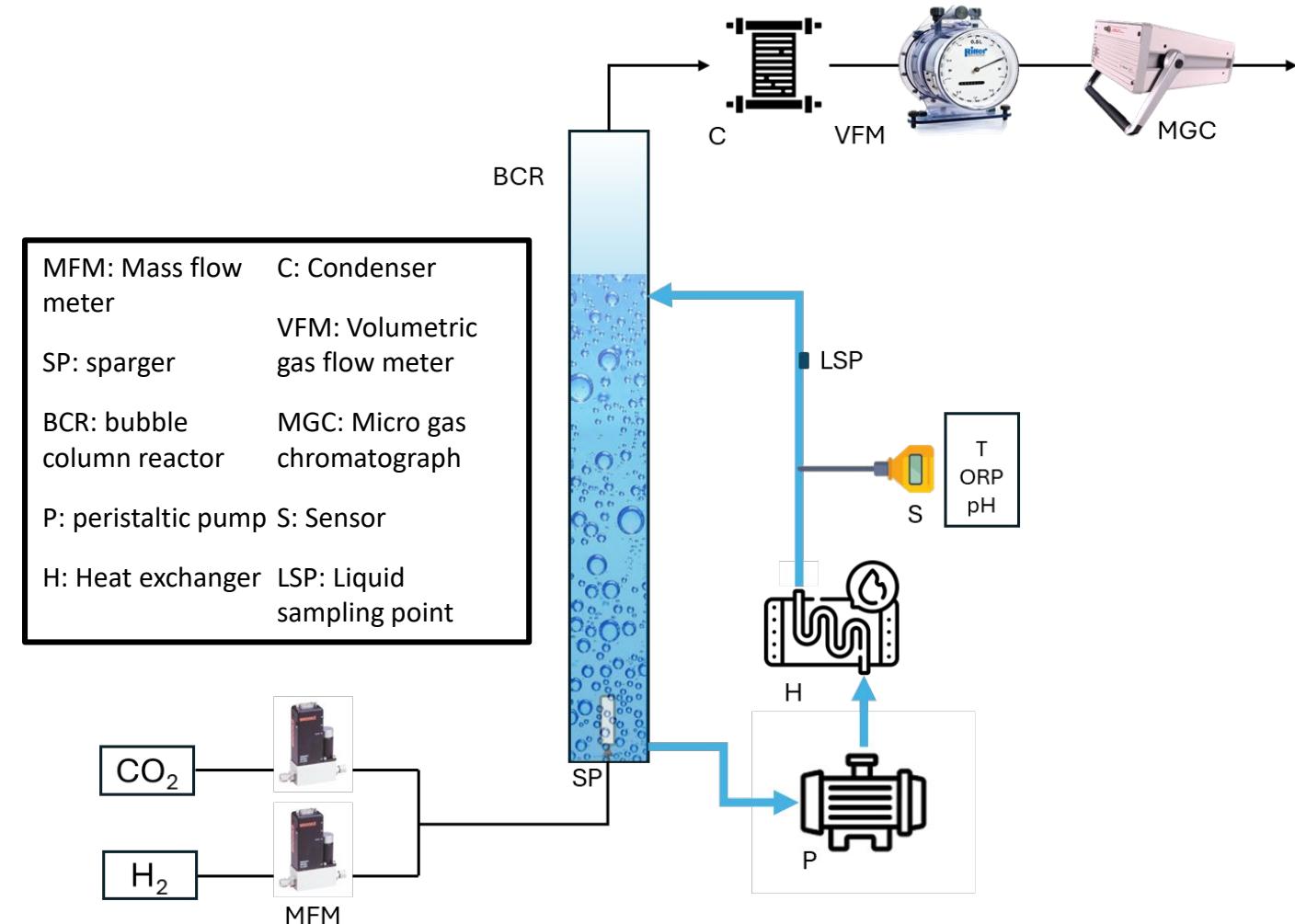
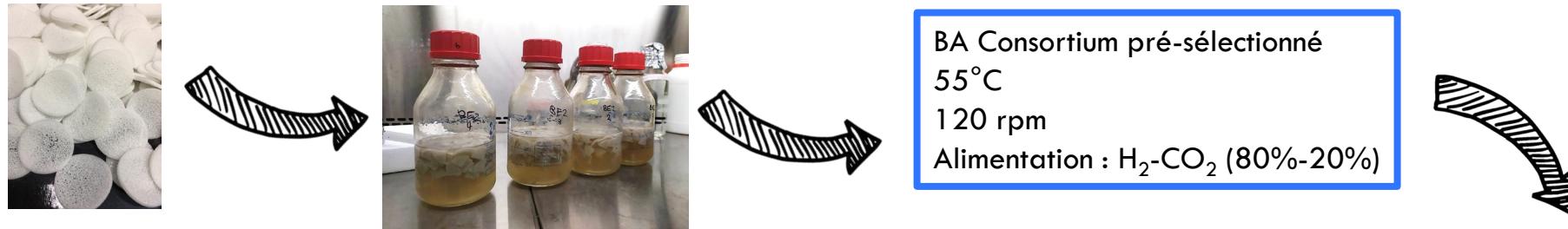


Schéma de réacteur utilisé

Résultats colonisation

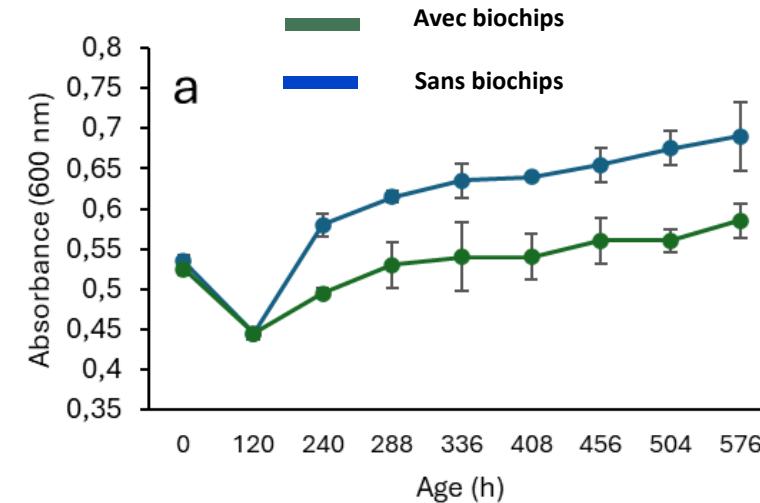
Notre biocatalyseur souhaité est-il capable de coloniser les supports et de former un biofilm?



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.

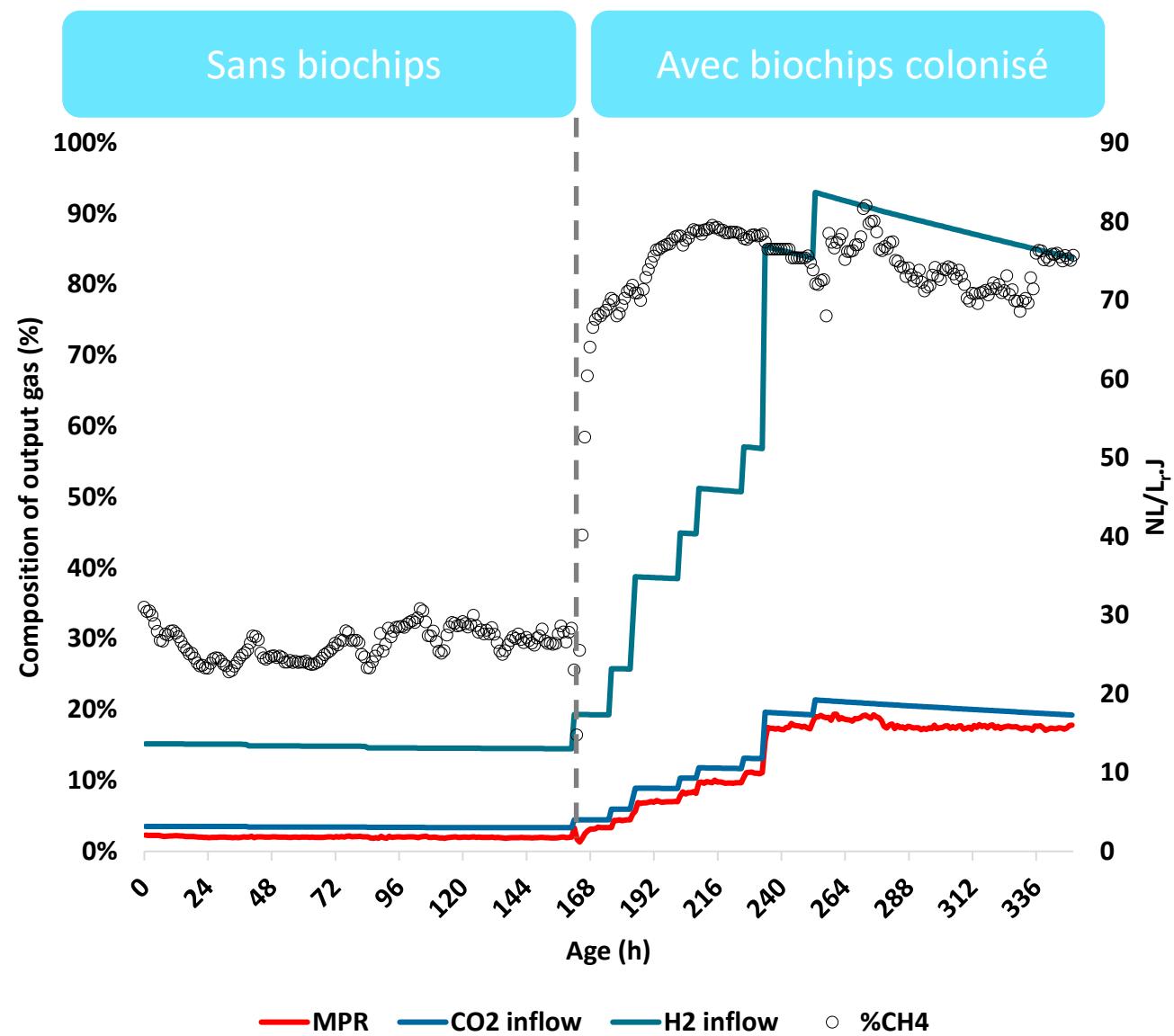
Analyse de la population d'archées :
100 % Methanothermobacter (HA connu)



Résultats ajout des biochips colonisé

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

- MPR=15.7 ± 0.5 NLCH₄/L_rJ
- CH₄%=84.4 ± 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(≤0.2 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.
- Nos 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 CO₂



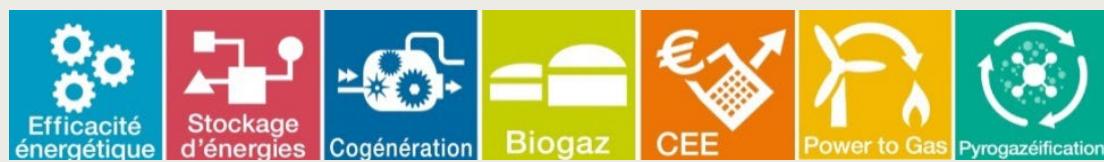
 misagh.keramati@biapp.com



ATEE • Tour Eve - 1 place du Sud
CS20067 - 92800 PUTEAUX
Tél. : 01 46 56 91 43 • www.atee.fr



Retrouvez les infos scientifiques
sur 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) – Caroleine Mazaud



ATEE • Tour Eve - 1 place du Sud
CS20067 - 92800 PUTEAUX
Tél. : 01 46 56 91 43 • www.atee.fr



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