







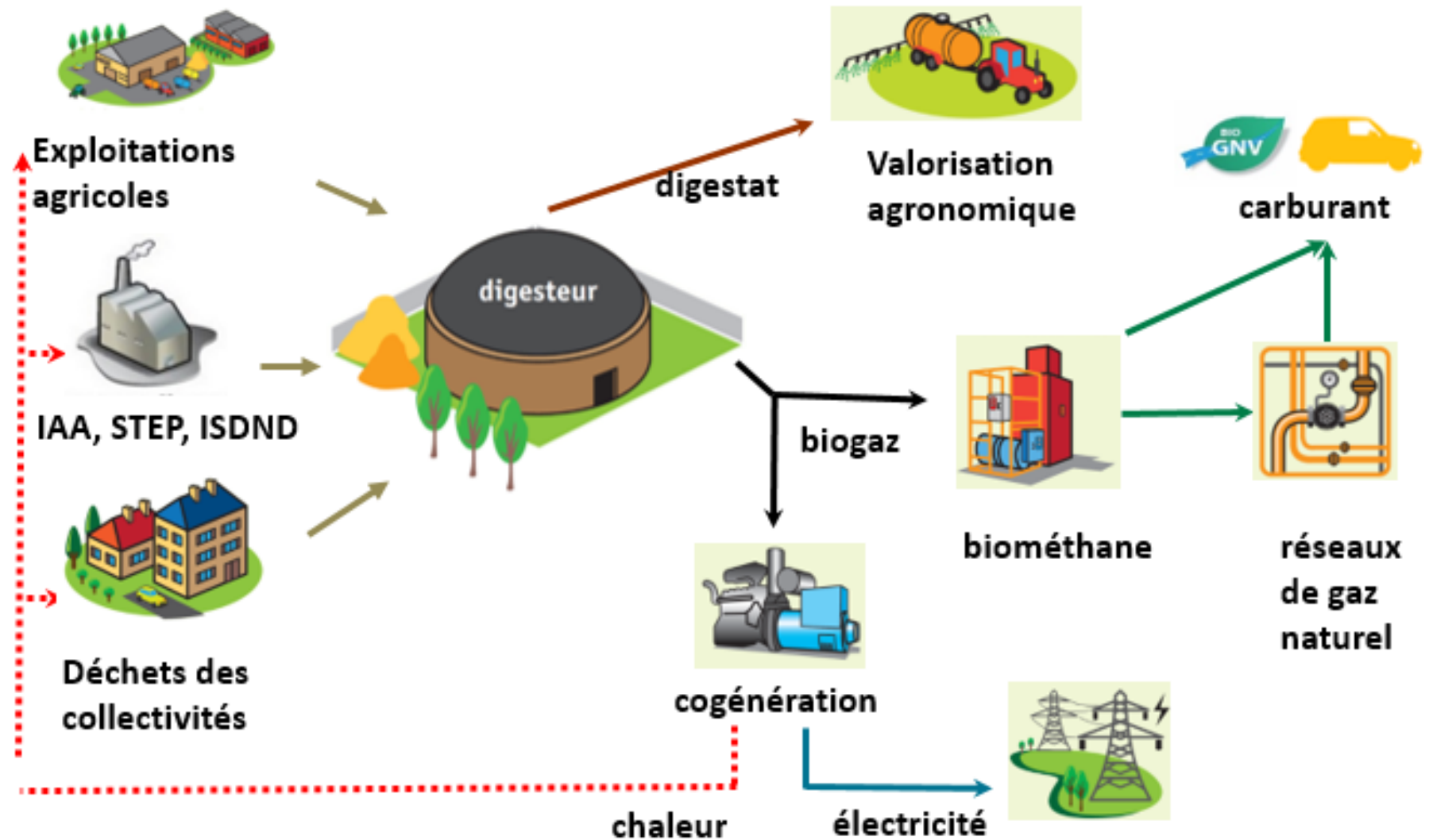
# CONRAD II

## CO<sub>2</sub> Enrichment in Anaerobic Digesters

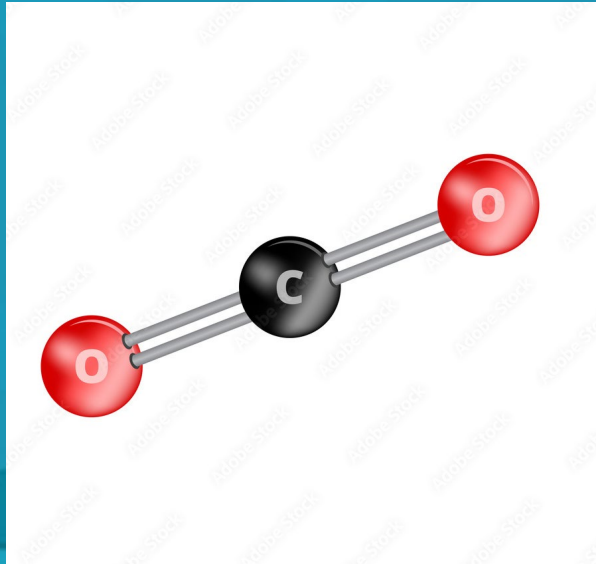


JULIETTE SAINT  
Wallisellen, 05/11/2025

# Digestion anaérobie



**Biogaz : 60% CH<sub>4</sub>, 40% CO<sub>2</sub>**

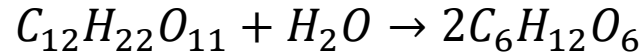


# Importance du CO<sub>2</sub> dans la digestion Anaérobie

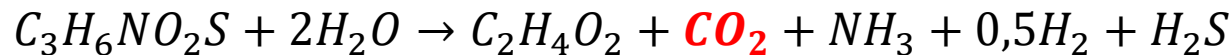
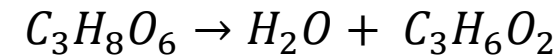
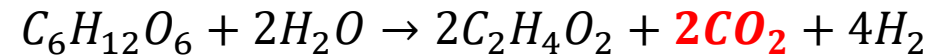


# Digestion anaérobie = 4 Etapes

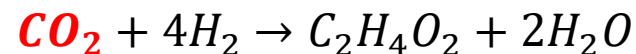
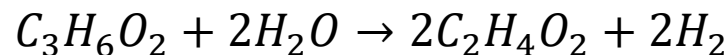
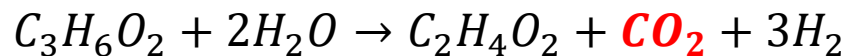
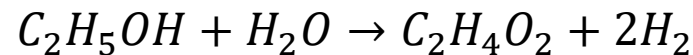
## Hydrolyse



## Acidogénèse



## Acétogénèse



## Méthanogénèse



# Enrichissement en CO<sub>2</sub> : Comment?

*Enrichir = Injecter du CO<sub>2</sub> gazeux en vue de le dissoudre pour qu'il puisse être utilisé lors du processus de digestion anaérobie (**métabolisation**)*

## Approche 1

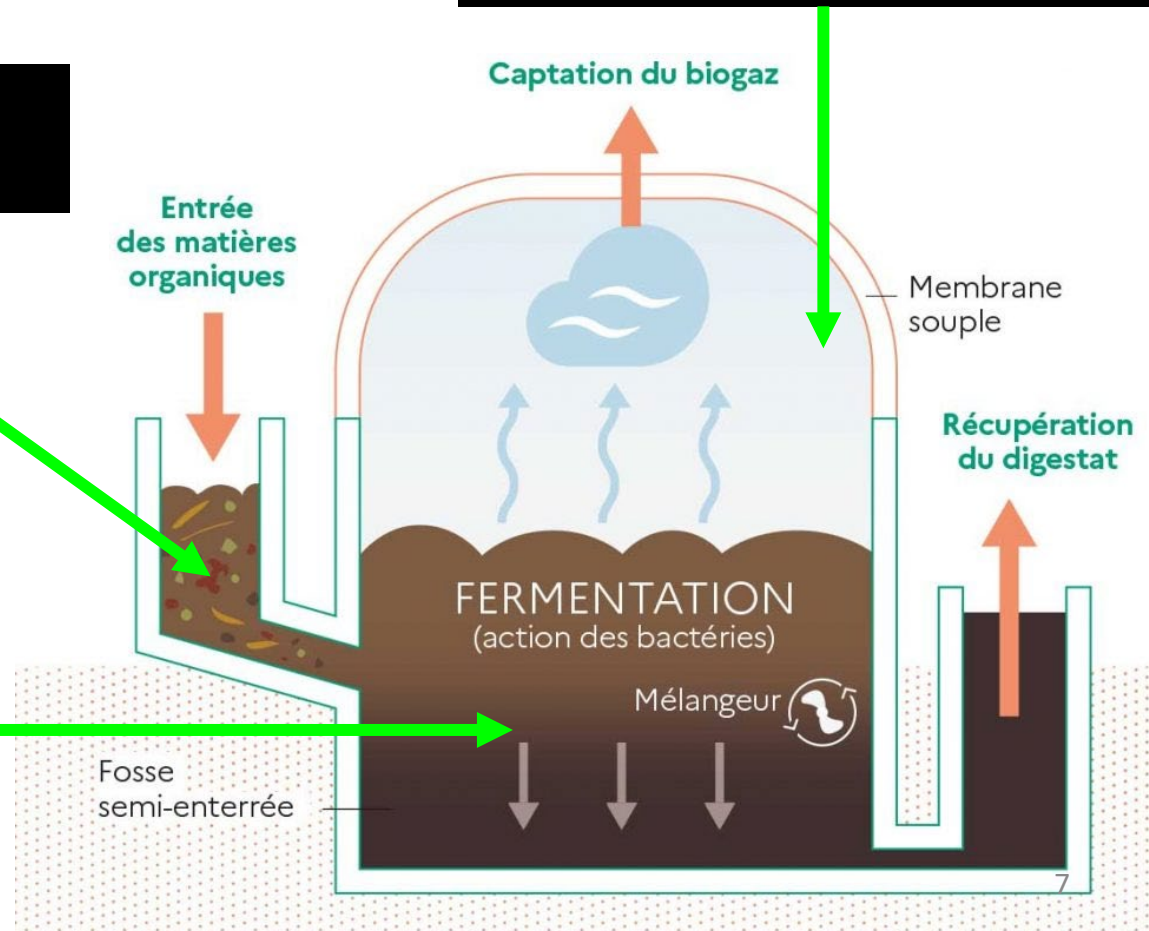
Enrichissement du substrat

## Approche 2

Enrichissement du digesteur

## Approche 3

Enrichissement de l'espace de tête





# MOTIVATION

- Augmenter le rendement en méthane des boues de STEP
- Valoriser le CO<sub>2</sub> issu de la digestion anaérobie

## Littérature (~ 20 publications)

Substrats: Fumier, boues de STEP, déchets industriels, solutions synthétiques

Volume : de 1L à 150 m<sup>3</sup>

Digestion: Mésophile (37°C)/monophasée ou biphasée

## Résultats

**Rendement spécifique en méthane : +30 à 109%**

**Résultats mitigés à grande échelle (V > 50L)**

- *Limitation des phénomènes de diffusion*
- *Contrôle la quantité de CO<sub>2</sub>*



# CONRAD I – Enrichissement du Digesteur

## Digesteur 70L

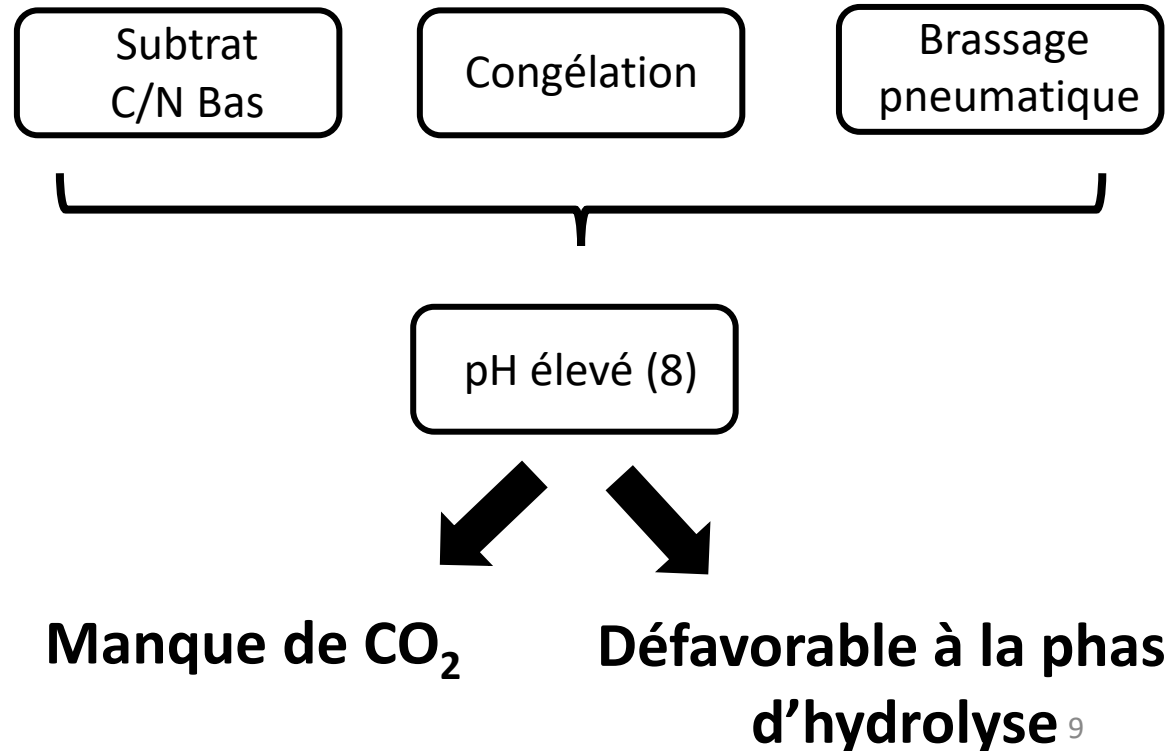


Augmentation du taux de méthane :

$62.7 \% \pm 0.3$  à  $66.8 \% \pm 0,5$

Rendement en méthane :

$151 \pm 15 \text{ LCH}_4/\text{g}_{\text{SV}} \rightarrow 209 \pm 17 \text{ LCH}_4/\text{g}_{\text{SV}}$





# Objectifs



**Transférabilité à d'autres condition de digestion**

→ Type brassage

→ pH

→ Gestion des co-susbtrats (ratio C/N)



**Influence de la charge organique**



**Approche préférentielle (1, 2)**



**Transférabilité à grande échelle (impact sur le digestat)**

# Identification des risques et Stratégie

	<u>Approche 1</u> Enrichissement du substrat	<u>Approche 2</u> Enrichissement du digesteur
<b>Dilution biogaz</b>	+	++
<b>Acidification biogaz</b>	+	++
<b>Quantité de CO<sub>2</sub></b>	<b>Très Limitée</b> (Alimentation + solubilité CO <sub>2</sub> )	<b>Limitée</b>
<b>Possibilité de remédiation</b>	++	-
<b>Mise en place à grande échelle</b>	<b>Modifications externes au digesteur</b>	<b>Modifications majeures du digesteur</b>

**Durée: 2 ans**

**Décembre 2024 - Novembre 2026**

**Budget : 361'000 CHF**

## **Financement**

- **OFEN**
- **FOGA**
- **Fonds Vitale Innovation**

## **Déroulement**

**Phase 1 – Mise en place ces installations – 6 mois**

**Phase 2 – Enrichissement du substrat (approche 1) – 9 Mois**

**Phase 3 – Optimisation (Approche 1 –Approche 2) - 9 mois**

**Phase 4 – Test longue durée/Transférabiité - 6 mois**



# CONRAD II - Equipe de recherche



**Juliette SAINT**

Génie chimique



**Cyril M'Ahmed**

Génie mécanique



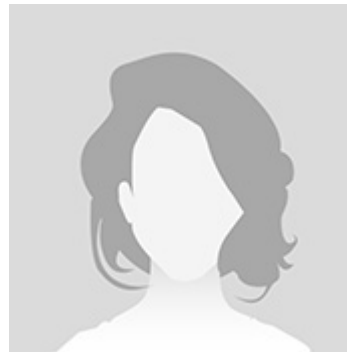
**Roger Röthlisberger**

Responsable de groupe



**Mathias Baumann**

Assistant recherche



**Isabelle Monney**

Analyses chimiques



**Jean Baptiste Carré**

Modélisation/Mise à  
l'échelle

# AVANCEMENTS ET REALISATION



# CONRAD II – Equipement digestion Anaérobie

## Brassage pneumatique (CONRAD I)



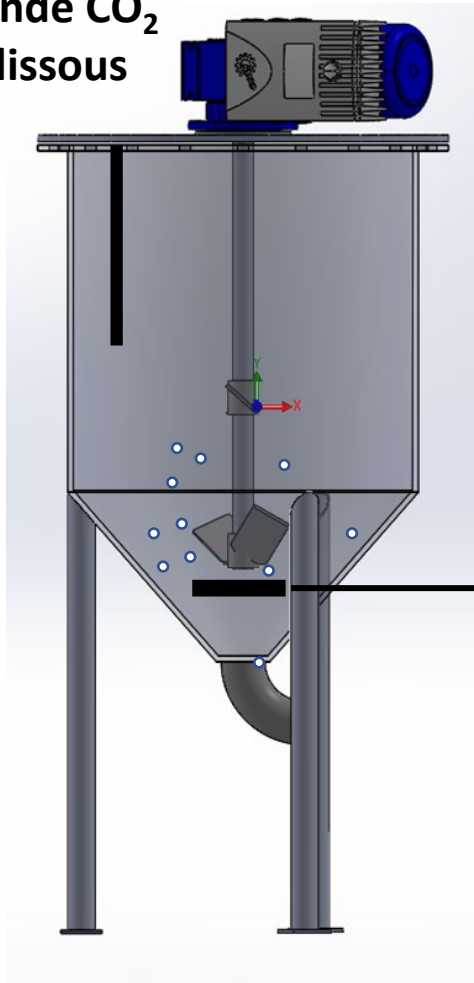
## Digesteurs Tandem Brassage mécanique (CONRAD II)



Mesures in situ: pH, ORP, Température, Niveau, CO<sub>2</sub> dissous<sup>15</sup>

# Enrichissement du substrat – Janvier- Aout 2025

Sonde CO<sub>2</sub>  
dissous



Système de brassage

Diffuseur  
(titane, TOPTITECH)

**Cuve enrichissement**  
**V= 60 à 100L**

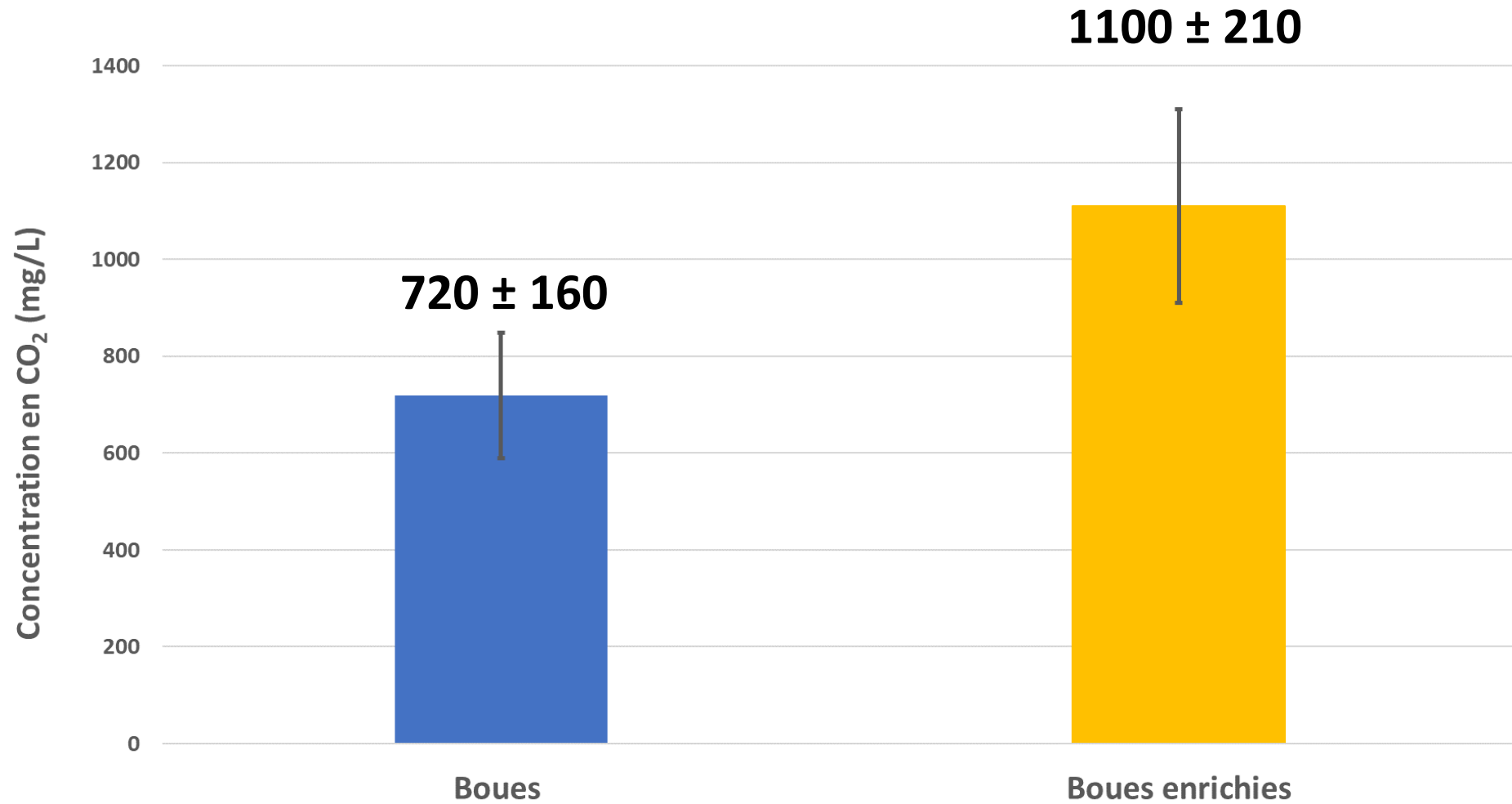


- ✓ Rapide et homogène
- ✓ Homogénéité, stabilité
- ✓ Données pour mise à l'échelle et l'approche 2 (Réacteur identique aux digesteurs TANDEM)



# Tests Enrichissement

Solubilité CO<sub>2</sub> à 25°C : 1500 mg/L



# Digestion Anaérobie

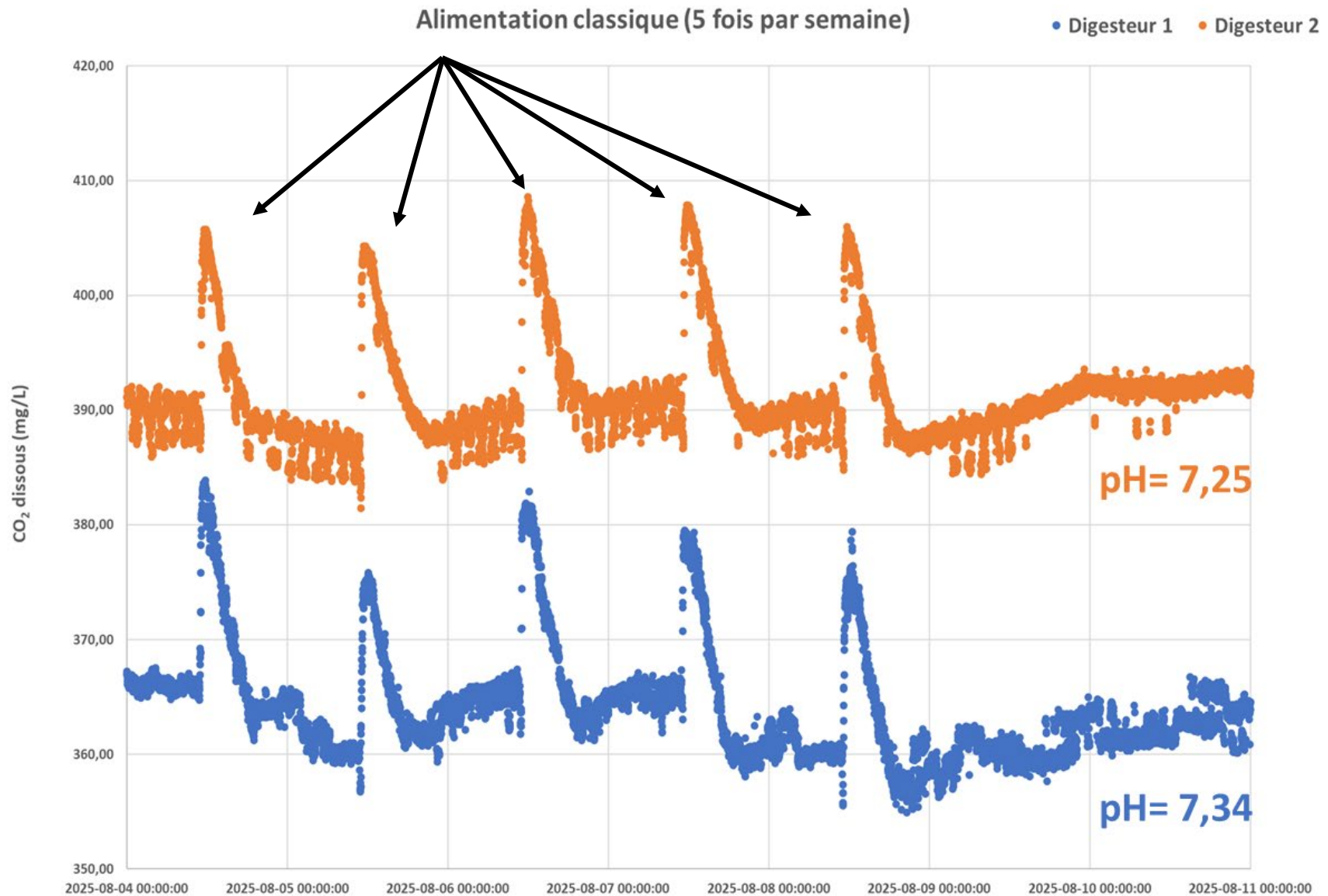
- Comment les digesteurs gèrent-ils les excédents de  $\text{CO}_2$ ?
- Comment enrichir pour augmenter le rendement en méthane?



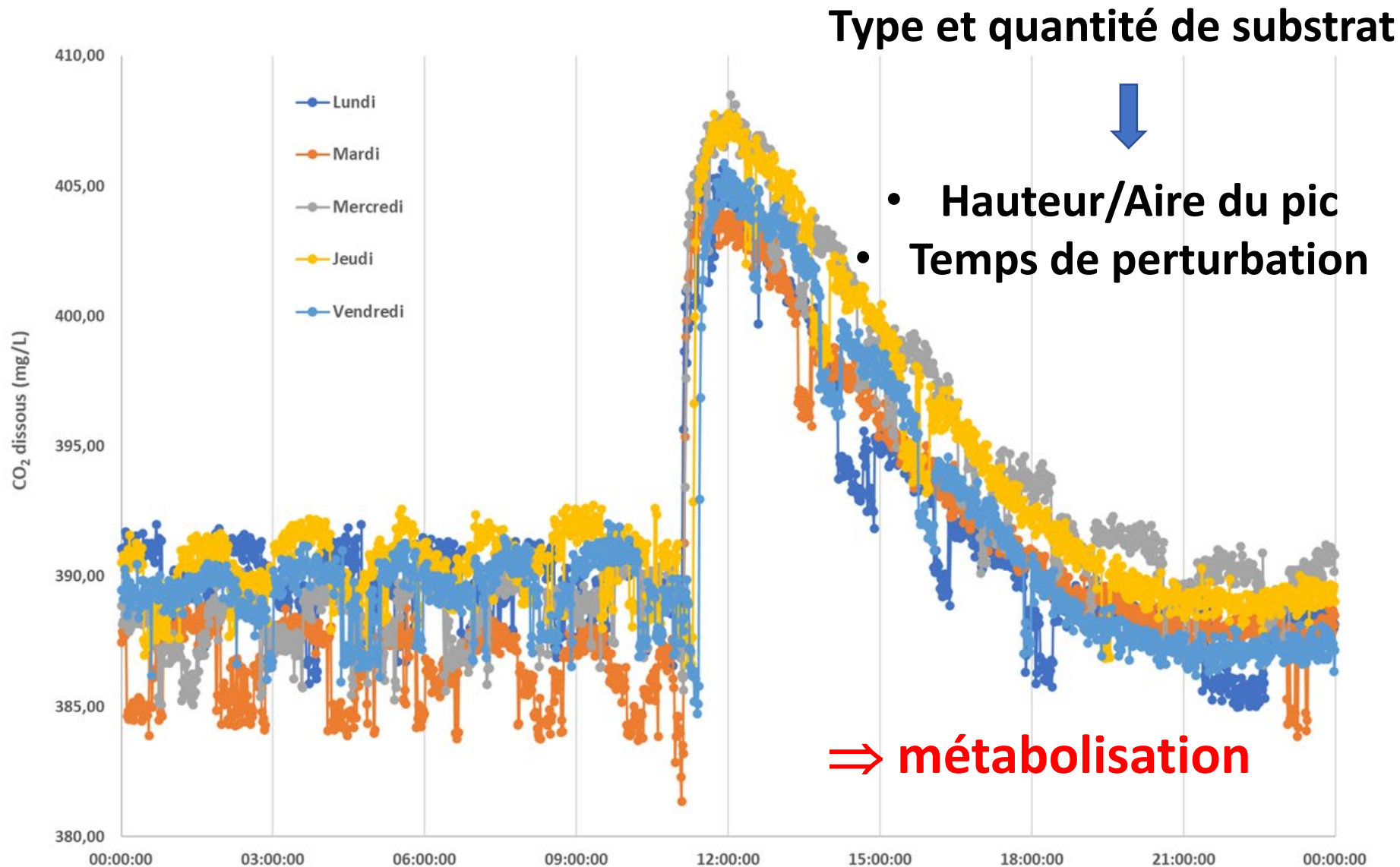
**Contrôle et Suivi du  $\text{CO}_2$  exogène**

**→ Suivi des niveaux de  $\text{CO}_2$  dissous in situ**

# Apport des sondes à CO<sub>2</sub> dissous

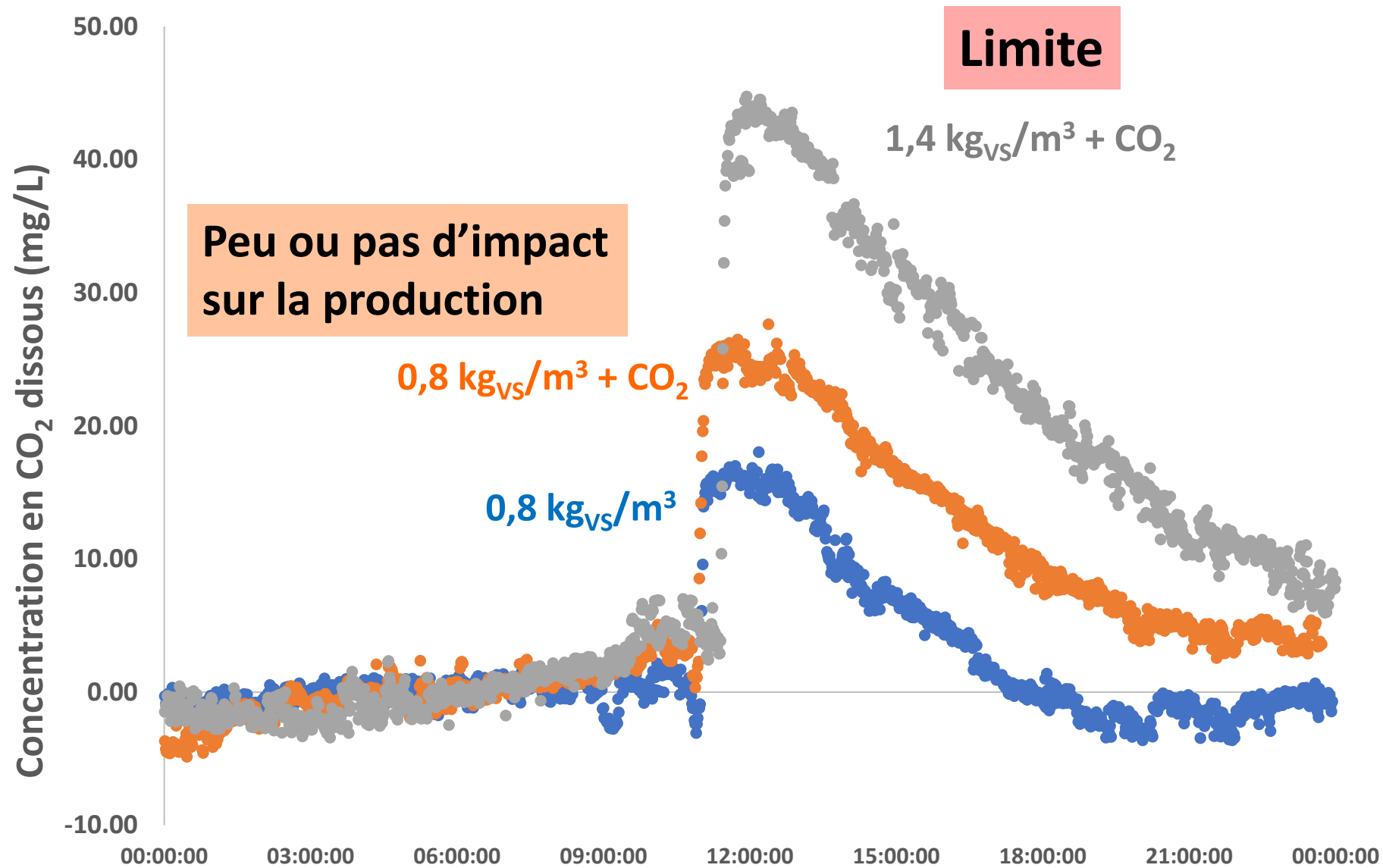


# Niveau de CO<sub>2</sub> dissous et stabilité des digesteurs





# Suivi du CO<sub>2</sub> endogène et exogène

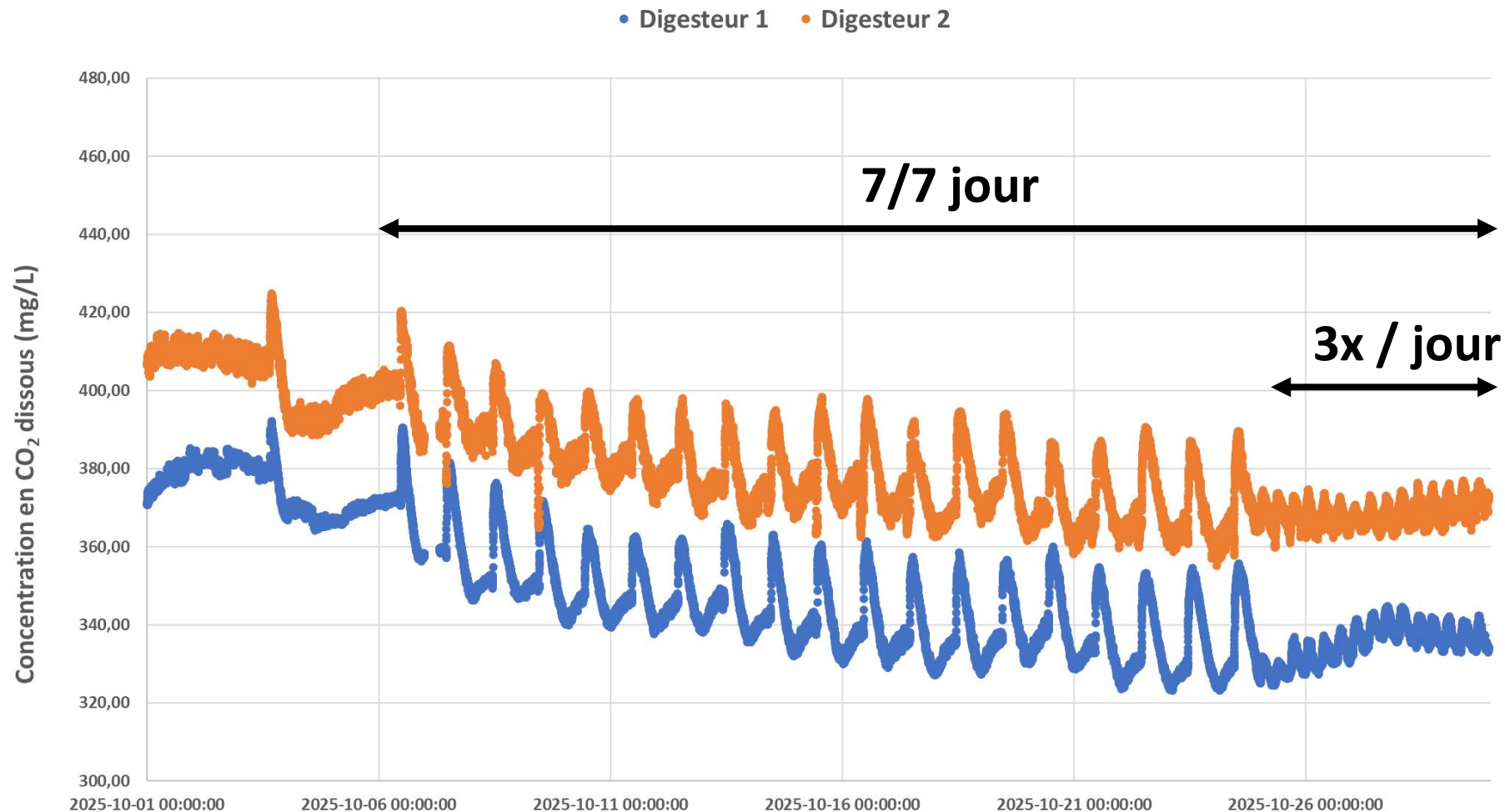


# Alimentation automatique

Augmenter la stabilité et la charge organique des digesteurs

Meilleure métabolisation du CO<sub>2</sub>

Quantification Biogaz





**Phase 1 – Terminée ✓**

**Phase 2 – Enrichissement du substrat (en cours)**

Identification des limites ✓

Stabilisation des niveaux de CO<sub>2</sub> ✓

Prochaines étapes

- Stabiliser la cohérence des digesteurs (production)
- Augmentation de la charge organique
- Enrichissement en CO<sub>2</sub> → Prétraitement de la matière organique

**MERCI  
DE VOTRE  
INTENTION**