





CONRAD II

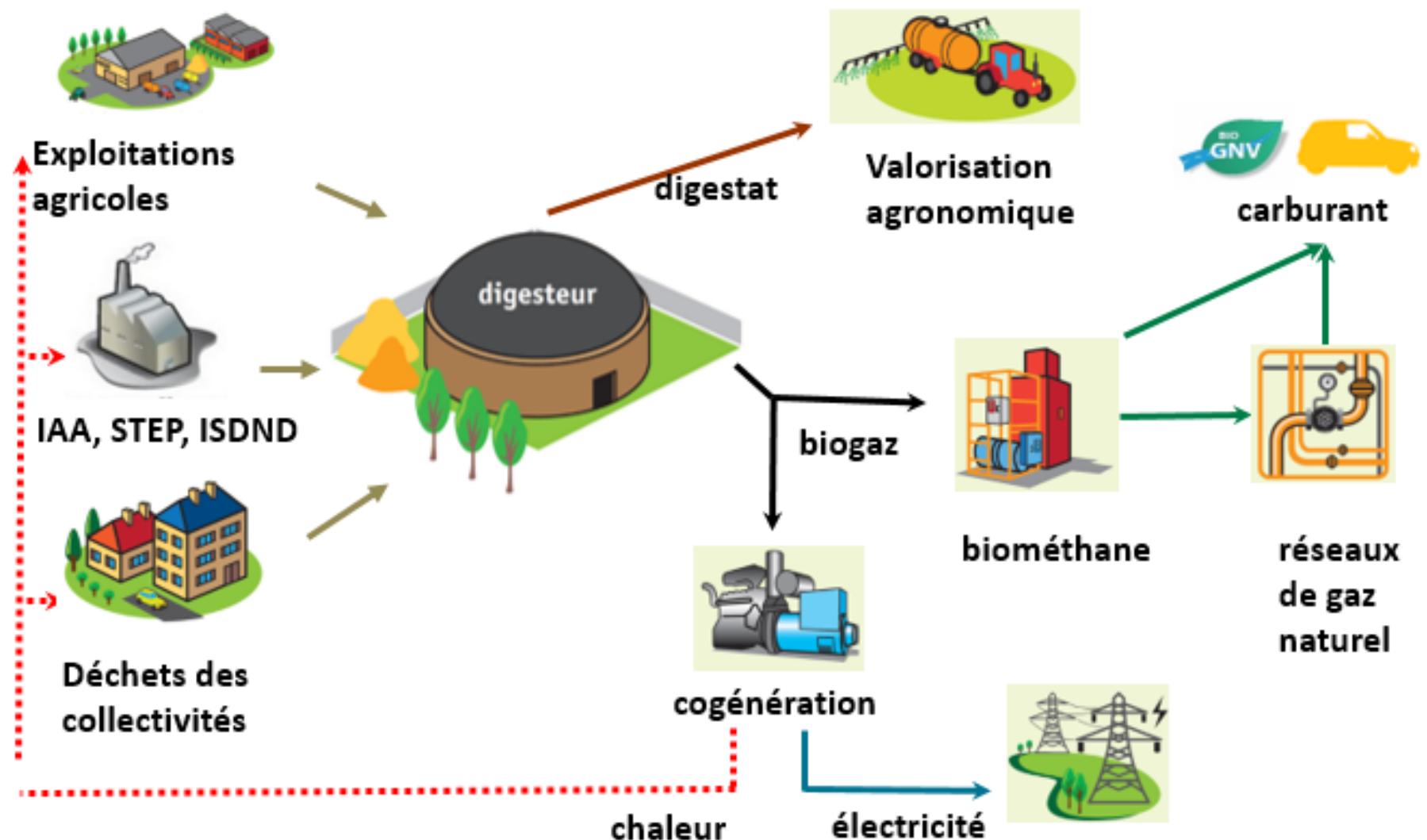
CO_2 Enrichment in Anaerobic Digesters

Image : <https://www.gdscorp.com/>

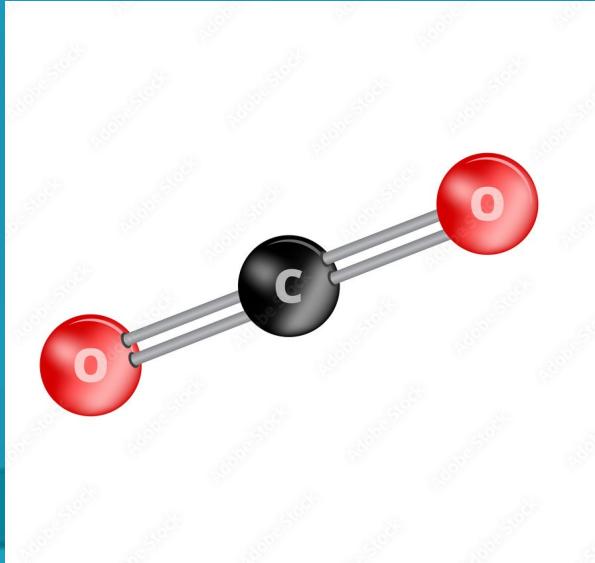


JULIETTE SAINT
Wallisellen, 05/11/2025

Digestion anaérobie



Biogaz : 60% CH₄, 40% CO₂

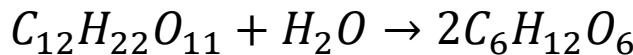


Importance du CO₂ dans la digestion Anaérobie

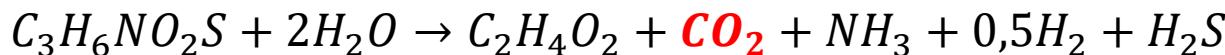
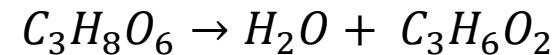
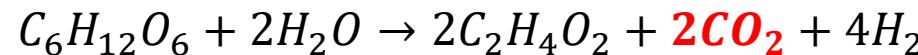


Digestion anaérobie = 4 Etapes

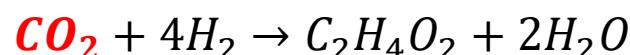
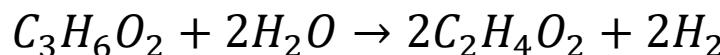
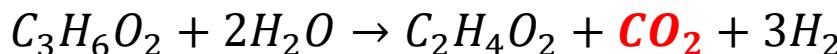
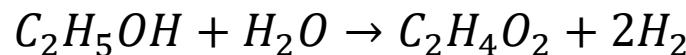
Hydrolyse



Acidogénèse



Acétogénèse



Méthanogénèse



Enrichissement en CO₂ : Comment?

Enrichir = Injecter du CO₂ gazeux en vue de le dissoudre pour qu'il puisse être utilisé lors du processus de digestion anaérobie (métabolisation)

Approche 1

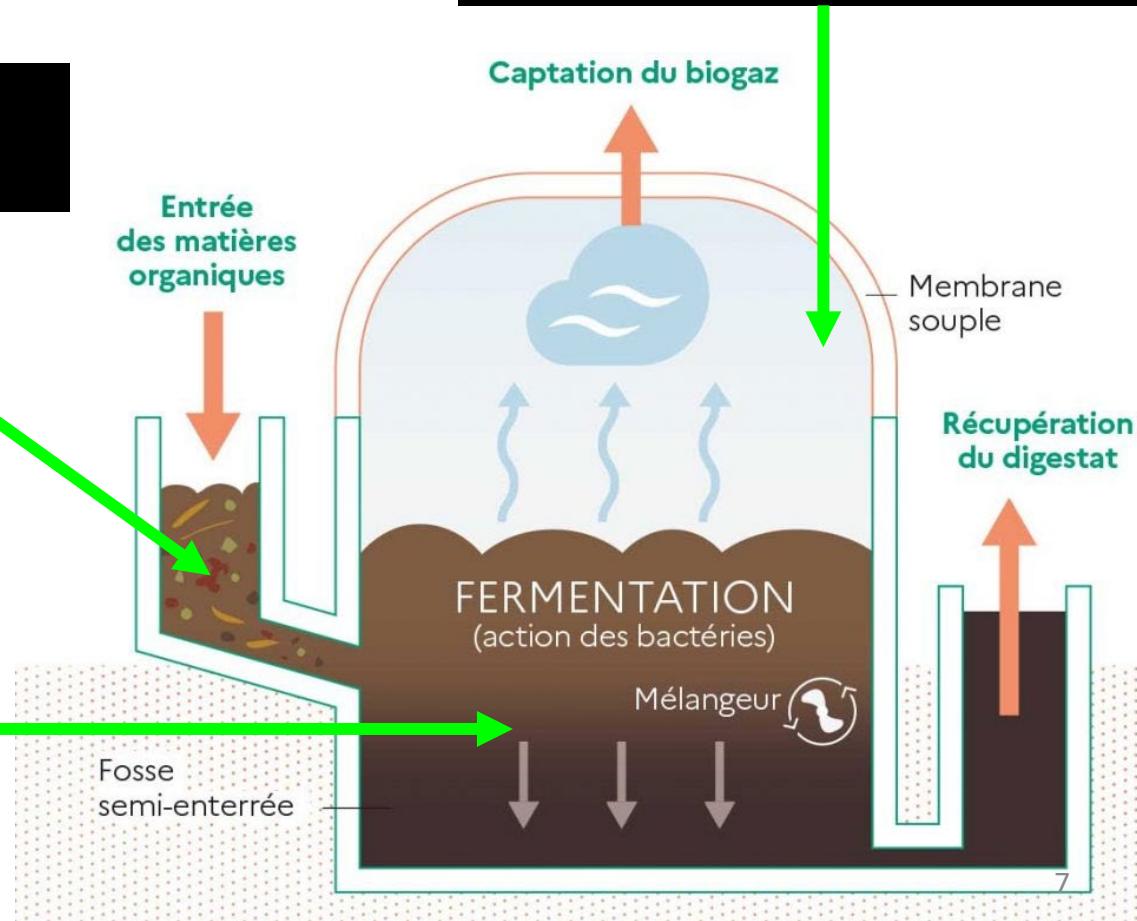
Enrichissement du substrat

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 CO₂ issu de la digestion anaérobie

Littérature (~ 20 publications)

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

Volume : de 1L à 150 m³

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

Résultats

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

Résultats mitigés à grande échelle (V > 50L)

- *Limitation des phénomène de diffusion*
- *Contrôle la quantité de CO₂*

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 :

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

Substrat
C/N Bas

Congélation

Brassage
pneumatique

pH élevé (8)

Manque de CO_2

Défavorable à la phase
d'hydrolyse 9



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
Dilution biogaz	+	++
Acidification biogaz	+	++
Quantité de CO ₂	Très Limitée (Alimentation + solubilité CO ₂)	Limitée
Possibilité de remédiation	++	-
Mise en place à grande échelle	Modifications externes au digesteur	Modifications majeures du digesteur

CONRAD II

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



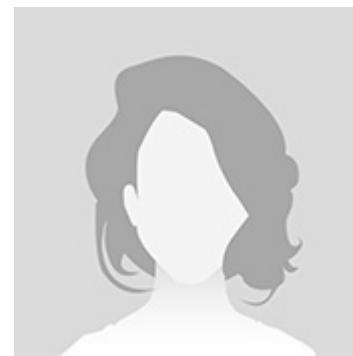
Cyril M'Ahmed
Génie mécanique



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)



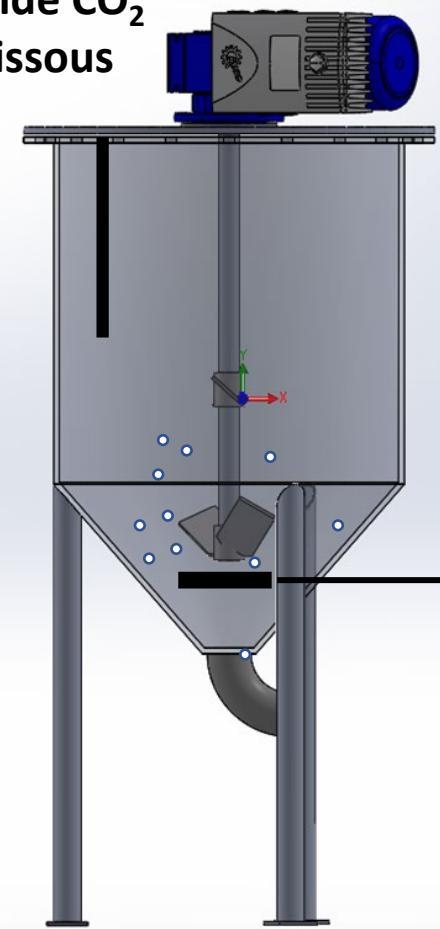
Digesteurs Tandem
Brassage mécanique (CONRAD II)



Mesures in situ: pH, ORP, Température, Niveau, CO₂ dissous¹⁵

Enrichissement du substrat – Janvier- Aout 2025

Sonde CO₂
dissous



} Système de brassage

Diffuseur
(titane, TOPTITECH)

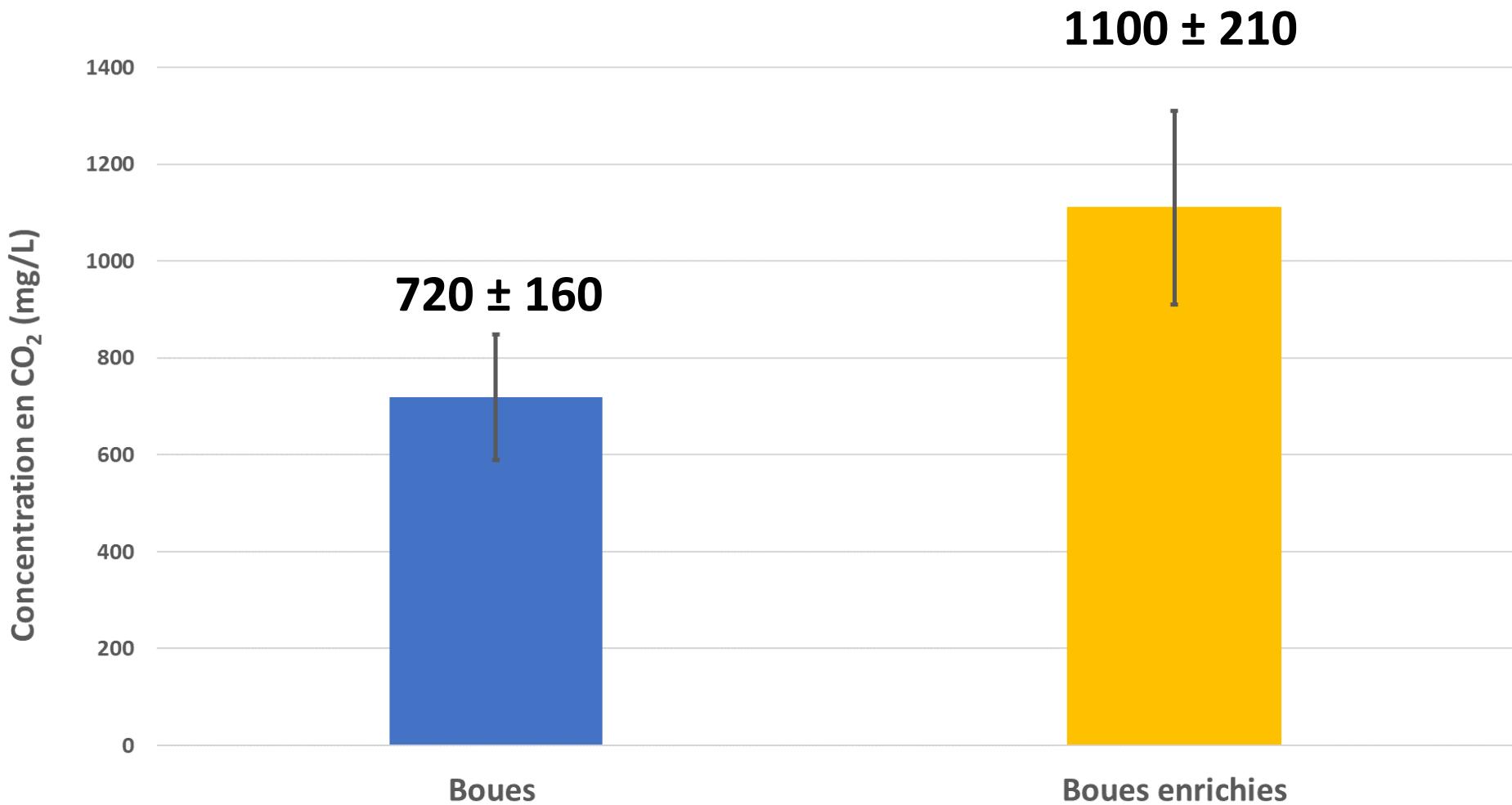


Cuve enrichissement
V= 60 à 100L

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

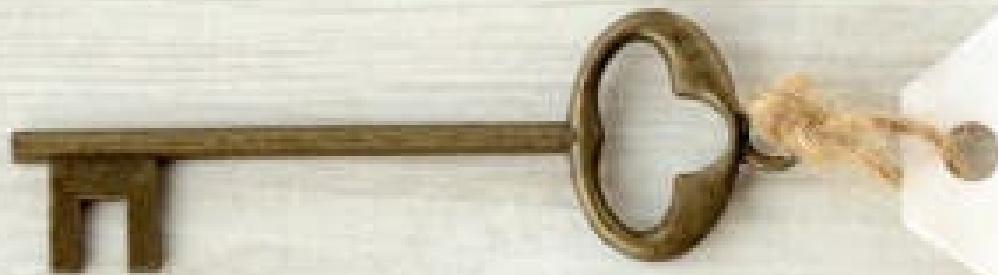
Tests Enrichissement

Solubilité CO₂ à 25°C : 1500 mg/L



Digestion Anaérobie

- Comment les digesteurs gèrent-ils les excédents de CO₂?
- Comment enrichir pour augmenter le rendement en méthane?

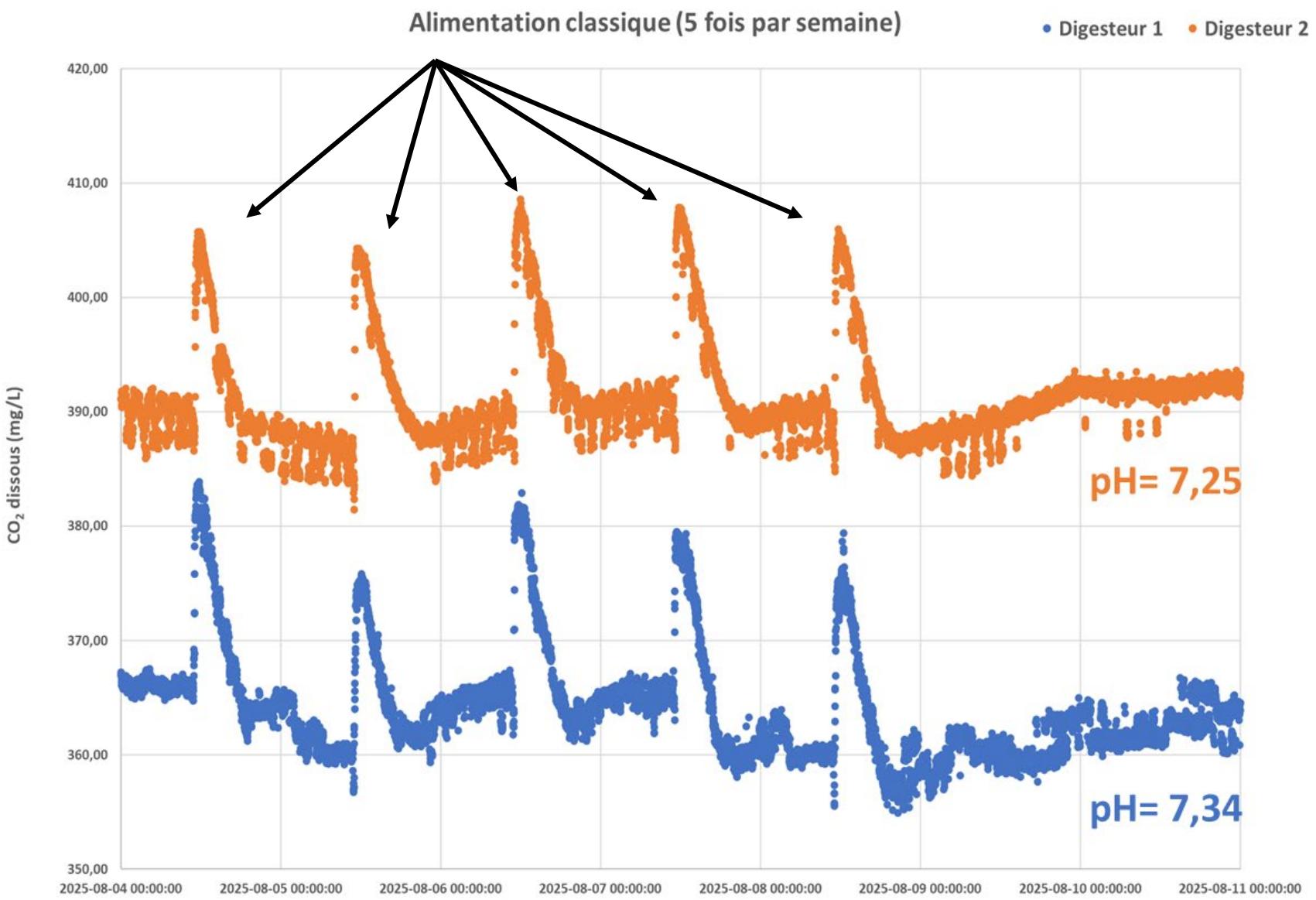


KEY POINT

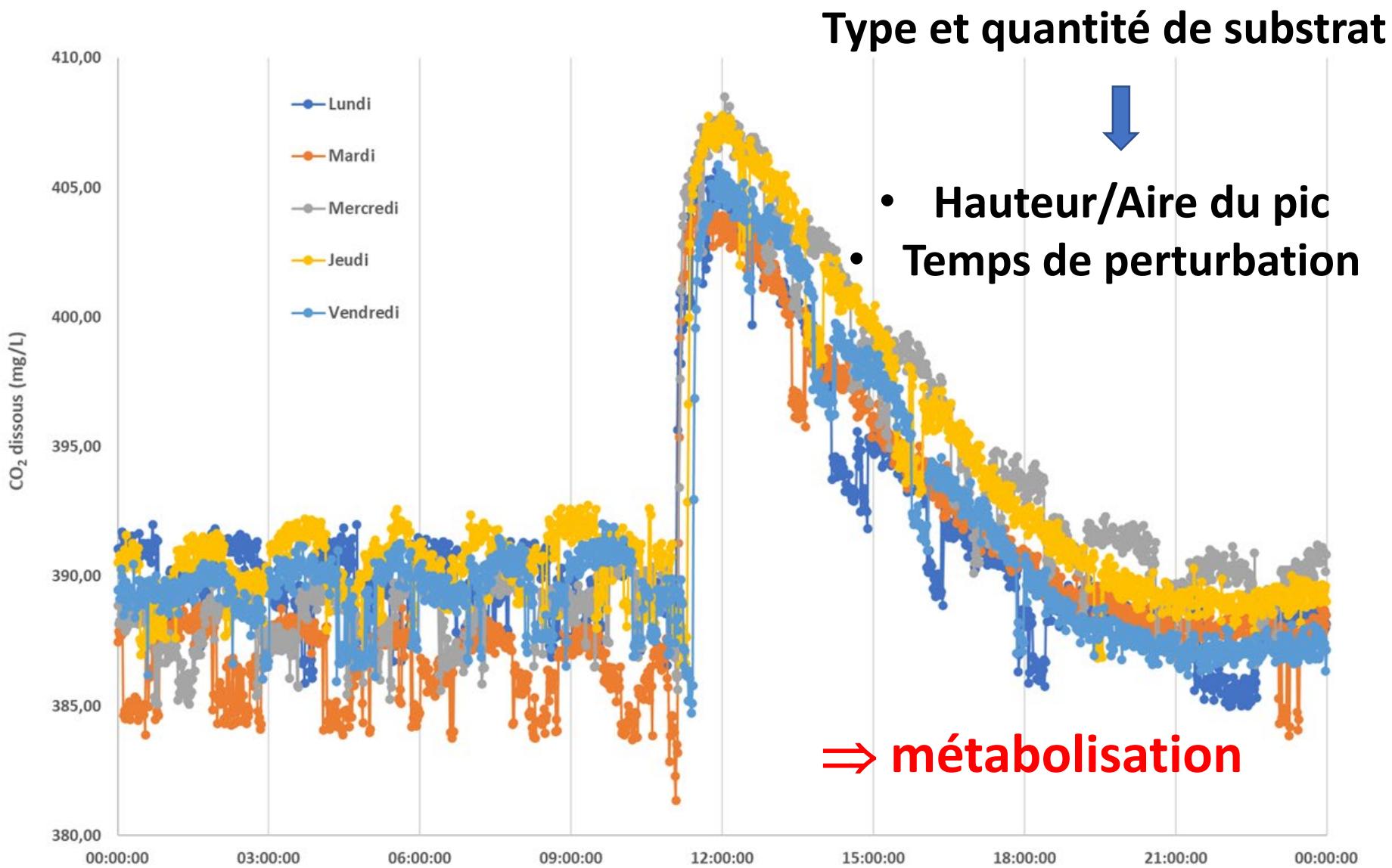
Contrôle et Suivi du CO₂ exogène

→ Suivi des niveaux de CO₂ dissous in situ

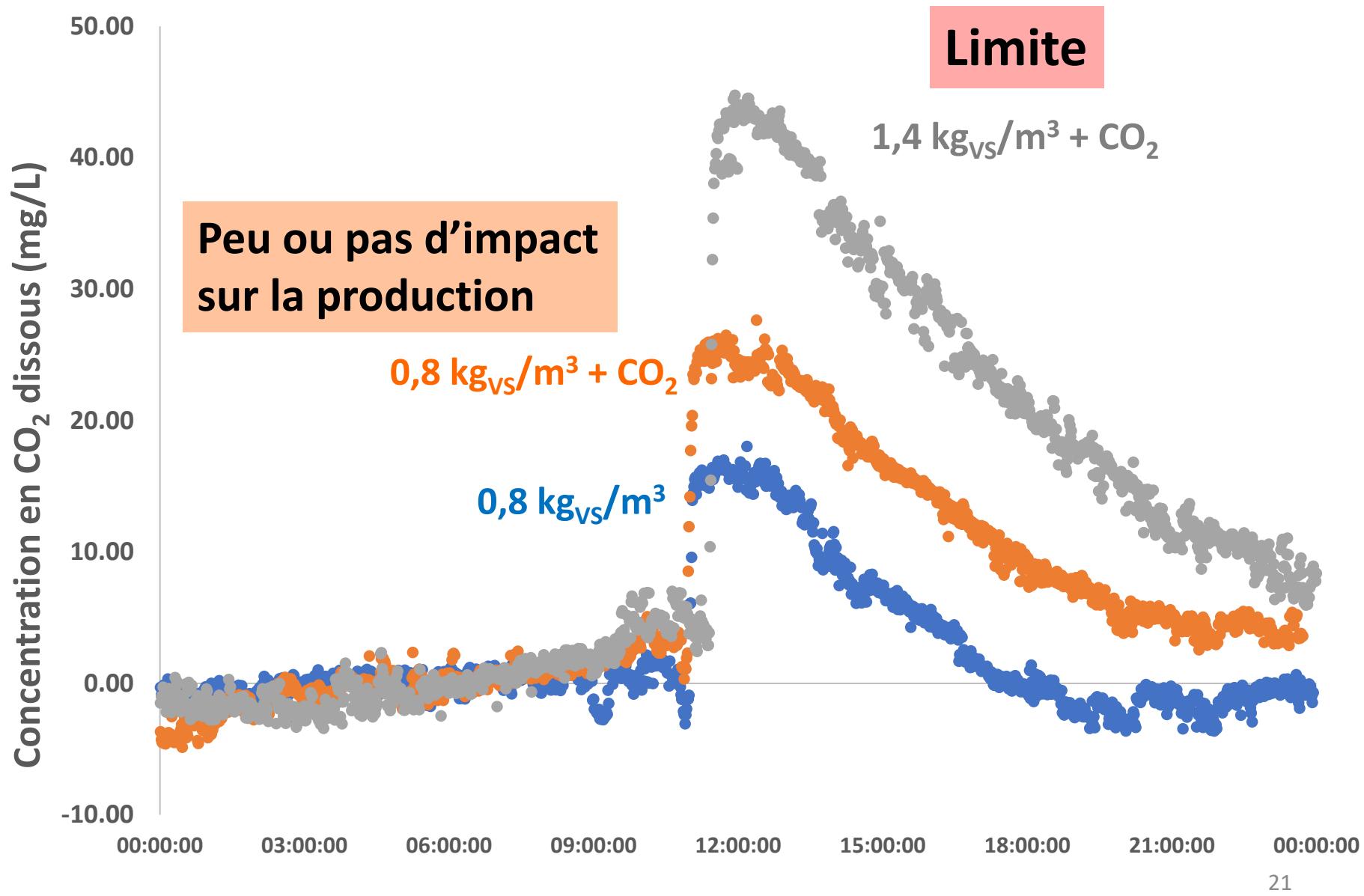
Appart des sondes à CO₂ dissous



Niveau de CO₂ dissous et stabilité des digesteurs



Suivi du CO₂ endogène et exogène

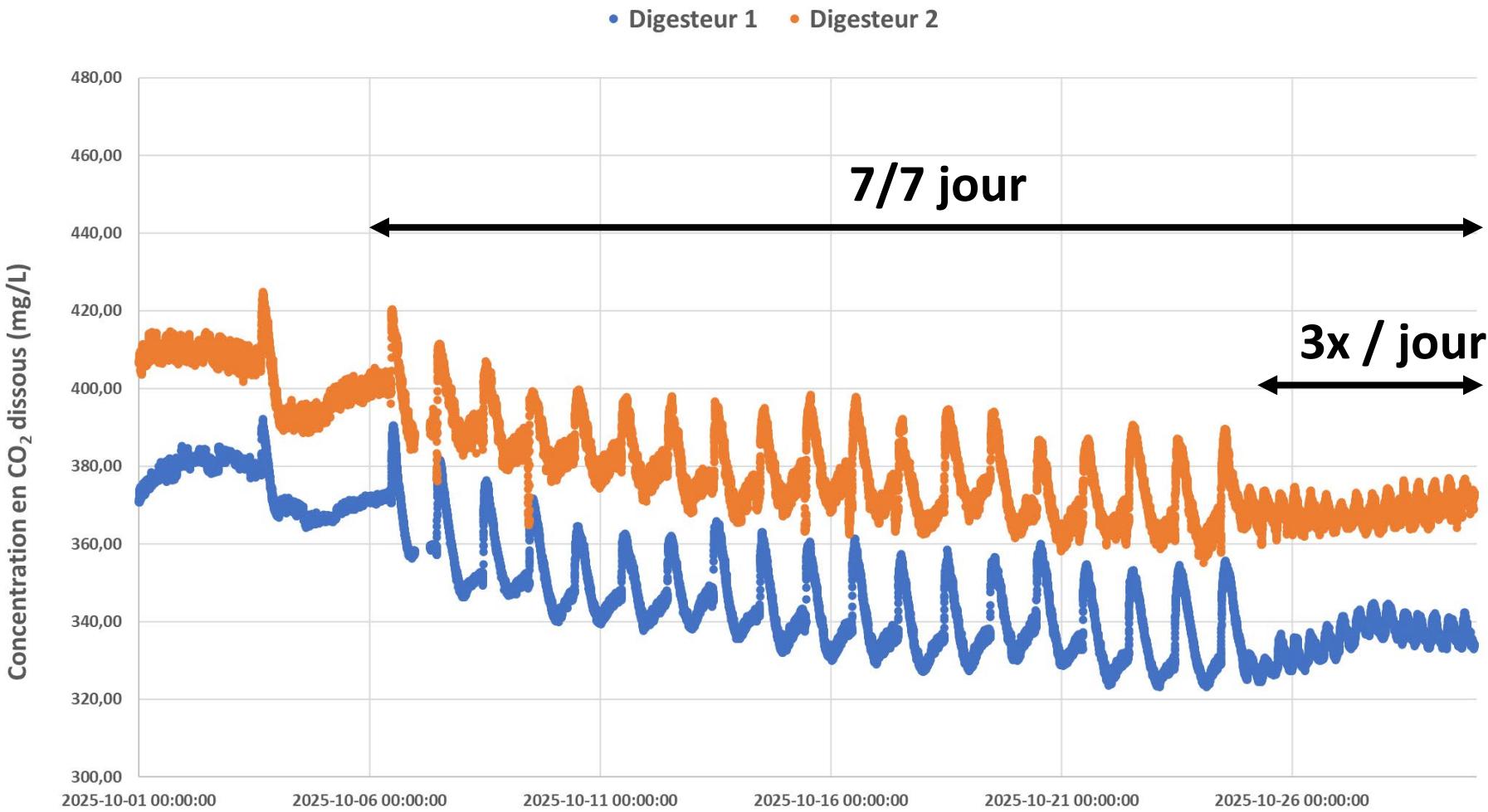


Alimentation automatique

Augmenter la stabilité et la charge organique des digesteurs

Meilleure métabolisation du CO₂

Quantification Biogaz



CONCLUSION



Phase 1 – Terminée ✓

Phase 2 – Enrichissement du substrat (en cours)

Identification des limites ✓

Stabilisation des niveaux de CO₂ ✓

Prochaines étapes

- Stabiliser la cohérence des digesteurs (production)
- Augmentation de la charge organique
- Enrichissement en CO₂ → Prétraitement de la matière organique

MERCI
DE VOTRE
INTENTION