

Etude de l'effet de l'inoculant 11GH4 (de la gamme Pioneer) sur un ensilage de CIVE

Impact sur le pouvoir méthanogène et sur la consommation énergétique de l'agitation à l'échelle pilote



G. HENRY¹, C. PREVOST¹, B. RAVARD¹, L. AUBRY²

¹ Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires, Université de Lorraine
² Pioneer, 1131, Chemin de l'Enseigne, 31840 Aussonne, France



L'efficacité de la digestion anaérobie (DA) dans les unités de méthanisation est aujourd'hui un des objectifs principaux de la filière afin de garantir de meilleures performances de production de biogaz ou de biométhane. Plusieurs techniques non exhaustives peuvent être citées pour avoir montré leur efficacité : (i) les prétraitements de la matière par voie chimique et thermique (Bolado-Rodríguez et al., 2016) mais également mécanique pour des substrats fibreux (Cazier et al., 2025). (ii) L'ajout d'additif *in-situ* dans le méthaniseur : soit par des micronutriments afin de stimuler l'activité des microorganismes indigènes dans le digestat (Juntupally et al., 2017), soit par l'ajout d'additifs dit de bio-augmentation contribuant à favoriser la dégradation des matières organiques (MO) utilisant des enzymes exogènes introduites directement ou synthétisées par des microorganismes ajoutés ou par ajout de souches microbiennes identifiées (Romero-Güiza et al., 2016).

Dans cette étude, l'inoculant 11GH4 d'ensilage produit par Pioneer, composé de *Lactobacillus plantarum* et *Lactobacillus buchneri*, a été testé. Il vise à optimiser directement dans le silo la conversion des sucres de la matière ensilée en acides organiques, réduire l'échauffement à l'air et améliorer l'accès des microorganismes à la matière fermentescible grâce à la production d'enzymes spécifiques. Les impacts de cet inoculant sur les processus de méthanisation ont été abordés dans ce poster.

Matériels et Méthodes

1. Matière première

🚜 Récolte et ensilage de 3 ha de triticales (30 % MS) à la Ferme Expérimentale de la Bouzule (ENSAIA)

Deux modalités :

- Témoin : ensilage non traité
- Traité : traité avec l'inoculum 11GH4 (1 g/tonne de matière brute)

Stockage en silo-boudin unique. Début des essais sur pilote en août 2024, lors de l'ouverture du silo (lot témoin).

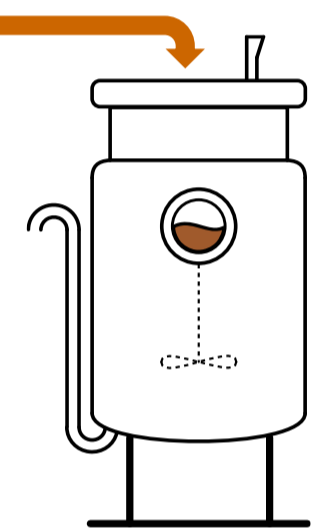
2. Protocole expérimental sur pilote

Essai sur un pilote de méthanisation voie liquide mésophile de 1 m³ pour évaluer l'impact du conservateur 11GH4 sur la **production de méthane** et la **consommation électrique de l'agitateur**.

Durée d'une modalité : 4 mois = 120 jours = 3 temps de séjour révolus permettant de valider l'atteinte du régime permanent d'un réacteur/digesteur supposé parfaitement agité

Conditions opératoires

Ration : 25 kg/j (apport unique)
- 15% MS
- 12,5 kg de triticales
- 12,5 L eau



● Mésophile (37,5–40 °C)
● Temps de séjour : 40 jours

Suivi des paramètres

- Consommation électrique de l'agitateur relevée quotidiennement.
- Suivi quotidien de la quantité et de la qualité du biogaz
- Contrôle du bon déroulement de la digestion.



Chantier d'ensilage de triticales et mise en boudin



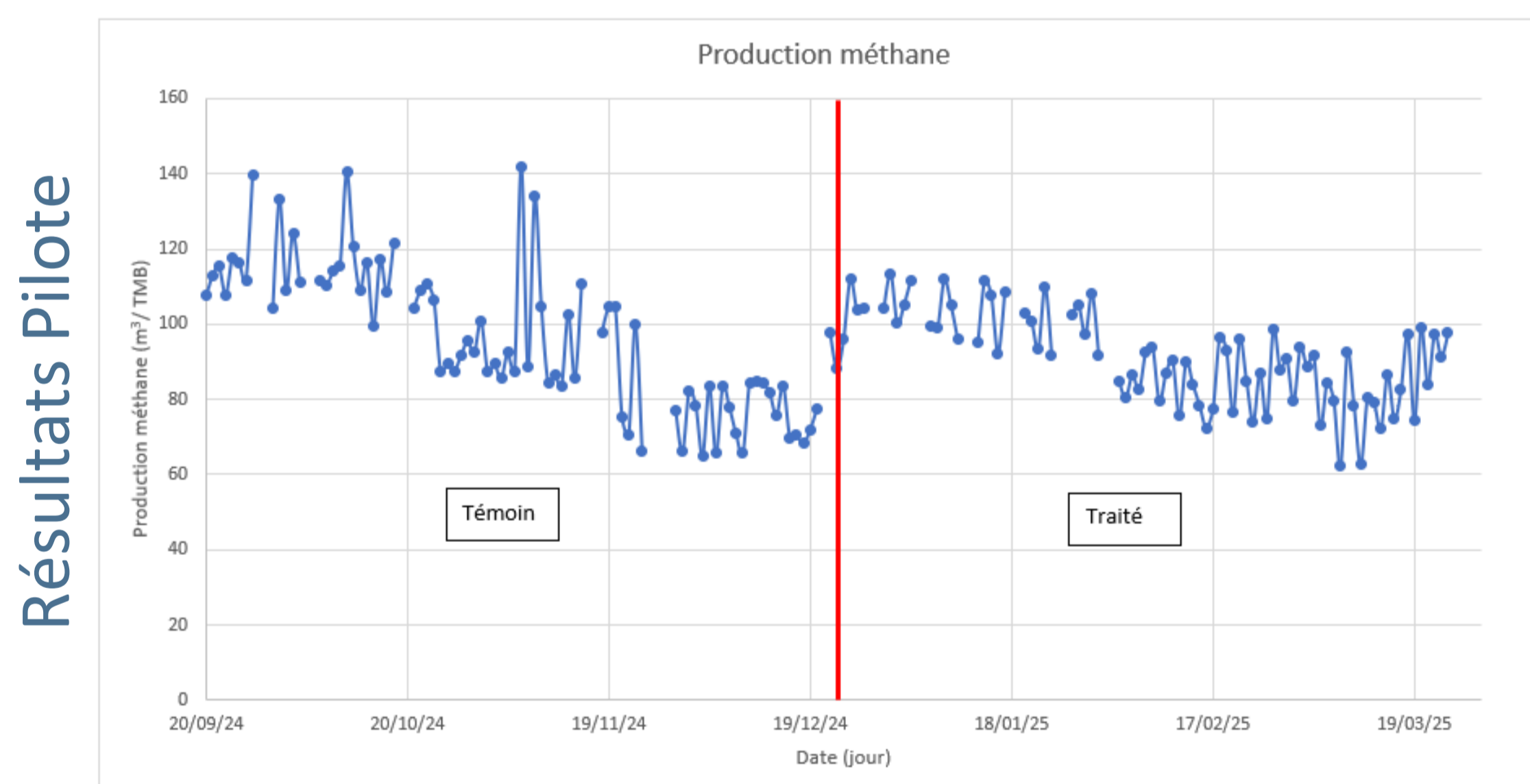
Pilote de méthanisation continue en voie liquide 1 m³

3. Tests BMP

Des tests BMP ont été réalisés en parallèle afin de **confirmer le potentiel méthanogène** mesuré sur le pilote, selon le protocole ENSAIA, avec un **inoculum de boues de STEP**.

Résultats et discussions

Production de méthane



Résultats BMP

Triticales non traité

- Diminution progressive du potentiel méthanogène dans le silo
- Tests BMP : **124 m³ CH₄/TMB** à l'ouverture du silo
Puis Stabilisation ≈ **75 m³ CH₄/TMB**
→ Cause probable : **stockage en silo-boudin** (entrée d'air = dégradation matière)

Triticales traité (11GH4)

- Potentiel plus **stable**
- Tests BMP :
Potentiel initial plus faible (~**104 m³ CH₄/TMB**)
Puis Stabilisation ≈ **80 m³ CH₄/TMB**
→ Possiblement lié à une **ouverture plus précoce du silo**

Caractérisation matière (MS / MO)

- Pas de différence majeure traité vs non traité
- MS légèrement plus élevée pour le traité : **+2,8 %**

En se focalisant sur les **phases stabilisées en régime permanent** :

- Témoin : **76,0 ± 7,2 m³ CH₄/TMB**
- Traité : **85,0 ± 10,0 m³ CH₄/TMB**

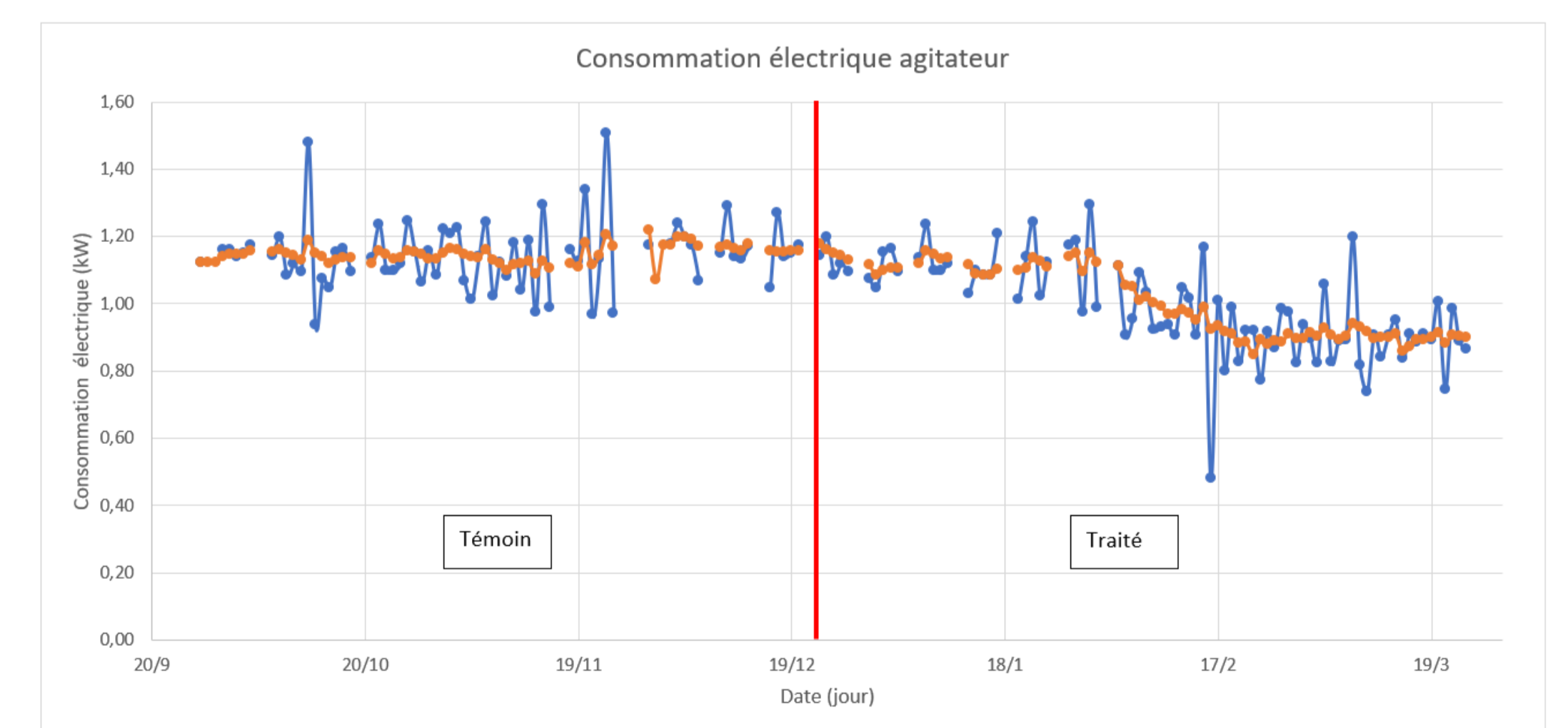
→ Les productions de méthane mesurées sur pilote sont **cohérentes avec les résultats BMP**

Consommation électrique de l'agitateur

- Triticale témoin : Puissance moyenne : **1,15 ± 0,06 kW** → Fonctionnement globalement stable
- Triticale traité : Puissance initiale ≈ 1 kW puis baisse observée et stabilisation : **0,9 ± 0,09 kW** (> 1 mois)

Diminution significative de la puissance d'agitation : **-22 %** → Indique un effet fluidifiant de l'inoculum sur le digestat

L'analyse statistique (test t unilatéral) montre une **différence significative** entre les deux modalités ($p = 0,0001$), en faveur du triticale traité.



● Courbe bleue : valeurs quotidiennes
● Courbe orange : moyenne glissante 7 jours (lissage)

Conclusions

- ✓ Meilleure **conservation de la matière sèche**
- ↓ **Diminution viscosité**
- ↓ **Puissance d'agitation : -22 %**
- ↑ **Pouvoir méthanogène = gain significatif : +12 %**

Perspectives

- Temps de séjour court (40 jours) et faible volume de digestion (1 m³)
→ Nécessité de validation sur des unités de méthanisation échelle 1
- Impact de la viscosité sur les cycles d'agitation : diminution du temps d'agitation ?

Références

- E. A. Cazier, S. Brethauer, P. C. Bühler, M. Hans-Peter Studer, 2025., Waste Management, 193, pp 180-189, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.11.037>.
S. Bolado-Rodríguez, C. Toquero, J. Martín-Juárez, R. Travaini, P. A. García-Encina, 2016., Bioresource Technology, 201, pp 182-190, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.047>.
S. Juntupally, S. Begum, S. Kumar Allu, S. Nakkasunchi, M. Madugula, G. Rao Anupoju, 2017., Bioresource Technology, 238, pp 290-295, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.04.049.7>
M.S. Romero-Güiza, J. Vila, J. Mata-Alvarez, J.M. Chimenos, S. Astals, 2016., 58, pp 1486-1499, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.094>.

Remerciements

La chaire Agrométhà et la plateforme méthanisation de l'ENSAIA remercient PIONEER pour le financement de cette étude.