



Compétitions microbiennes dans le cadre de la valorisation du biogaz en méthane et acide acétique

Avec le soutien de



L. LAGUILLAUMIE^{1,*}, A. GRIMALT-ALEMANY², M. PEYRE-LAVIGNE¹, I. V. SKIADAS², H.N. GAVALA², E. PAUL¹, C. DUMAS¹

1 – TBI, Université de Toulouse, CNRS, INRAE, INSA, Toulouse, France

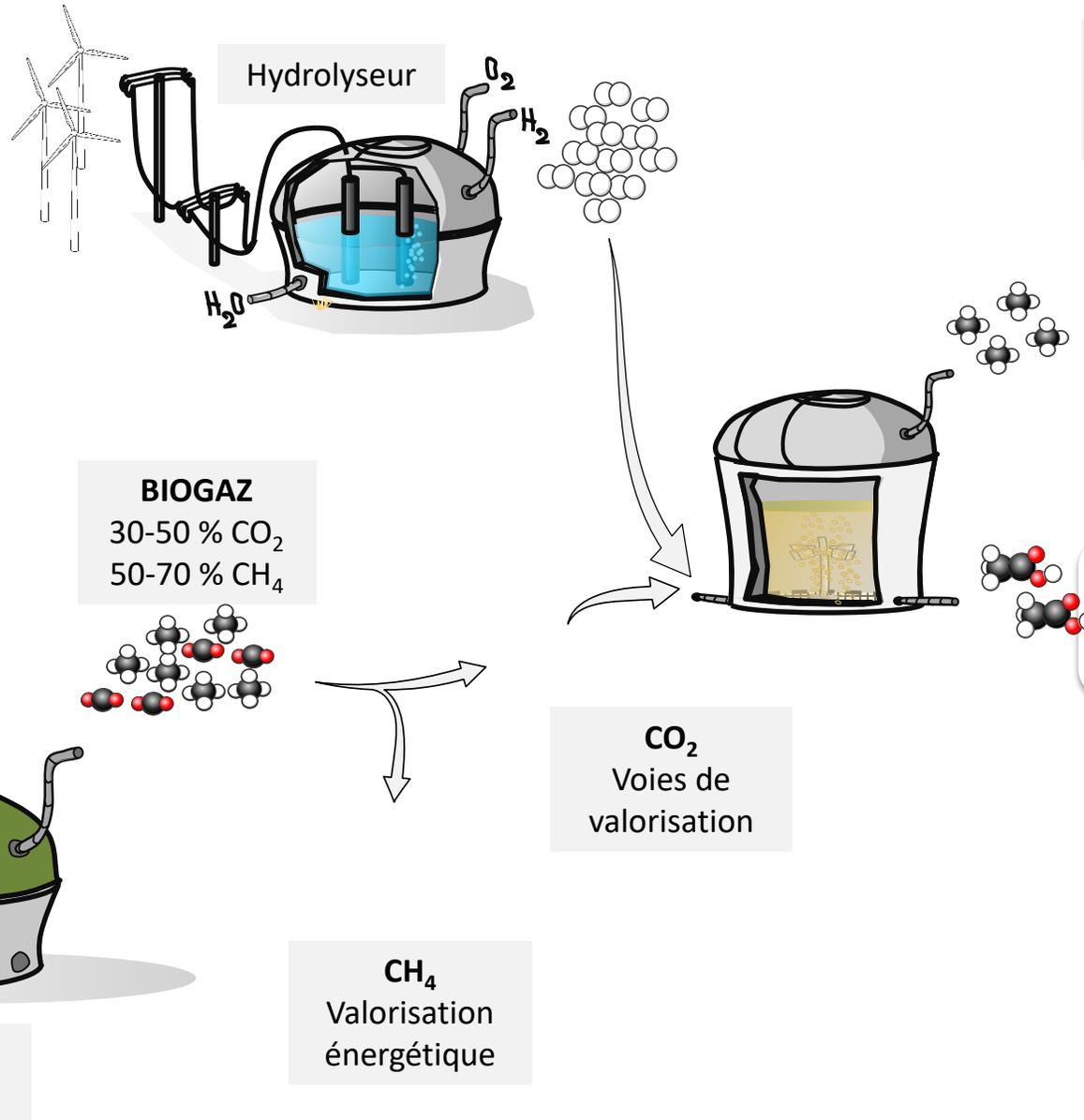
2 – Department of Chemical and Biochemical Engineering, Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, Denmark

*Léa Laguillaumie – Doctorante – laguilla@insa-toulouse.fr

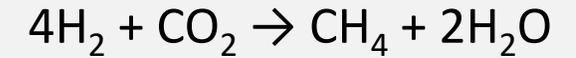


Valorisation du biogaz H₂/CO₂ en culture microbienne mixte

Avec le soutien de



Méthanation biologique



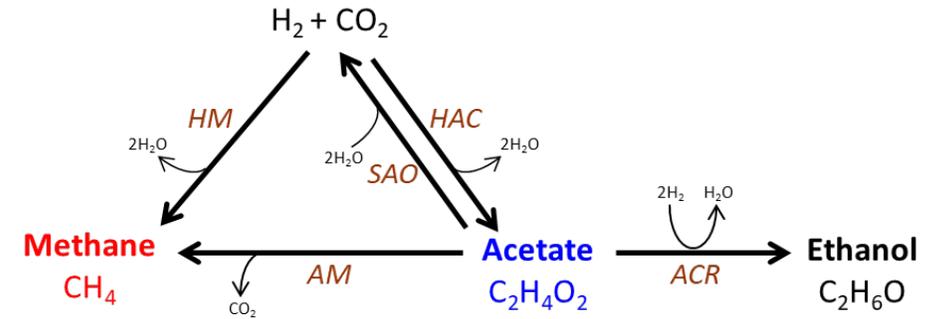
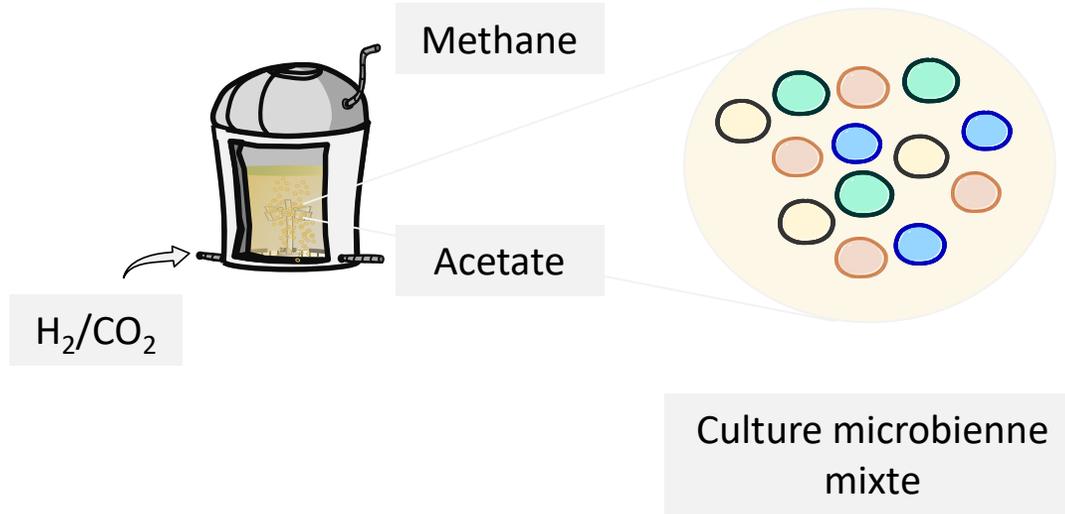
- Enrichissement du biogaz
- Energie

Fermentation gazeuse



- Matière carbonée
- Précurseurs chimiques
- Chimie verte du CO₂

Compétitions microbiennes lors de la fermentation de H₂/CO₂ en culture microbienne mixte



Compétitions microbiennes

HM : Methanogènes hydrogénéotrophes
HAC : Homoacétogènes
AM : Méthanogènes Acétoclastes
SAO : Oxydation syntrophique de l'acétate
ACR : Réduction de l'acétate en éthanol

Avec le soutien de

OBJECTIFS

- Contrôler les compétitions pour orienter la réaction vers la production d'acétate
- Favoriser les homoacétogènes et éliminer les méthanogènes

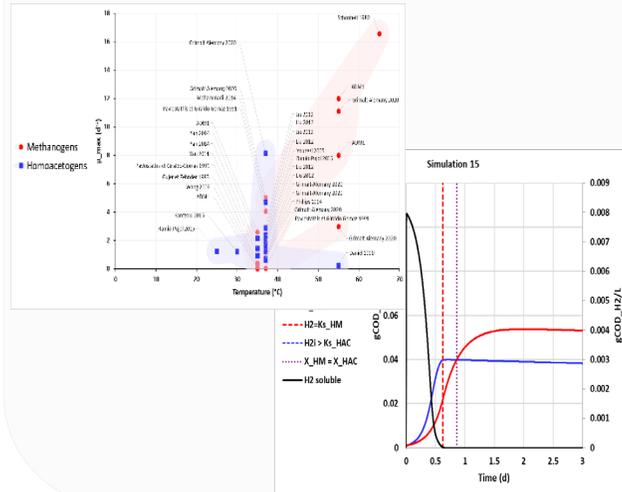
Compétitions microbiennes lors de la fermentation de H₂/CO₂ en culture microbienne mixte

Avec le soutien de

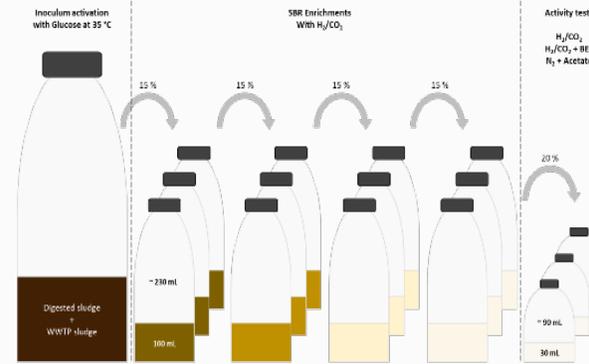
OBJECTIFS

- Contrôler les compétitions pour orienter la réaction vers la production d'acétate
- Favoriser les homoacétogènes et éliminer les méthanogènes

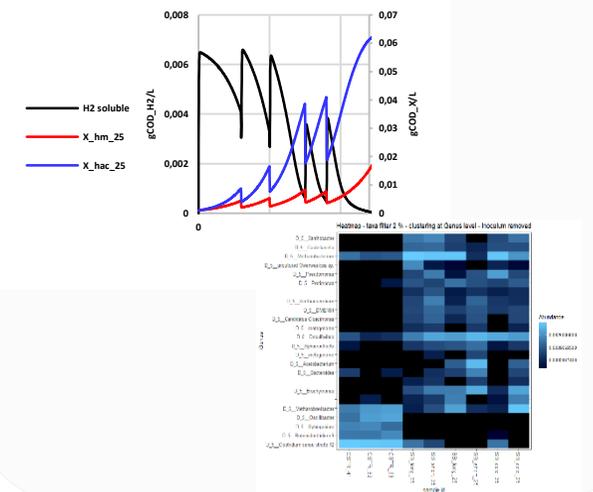
1. Etude cinétique de la fermentation gazeuse en batch



2. Plan expérimental



3. Conclusions et perspectives



1. Etude des propriétés cinétiques de la fermentation gazeuse en batch

1.2 Cinétique de transfert Gaz/Liquide – Utilisation d'un modèle dynamique

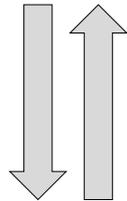


Recensement de paramètres de la littérature				
	μ_{max} d ⁻¹	Y_{X/H_2} gCOD _X .gCOD _{H₂} ⁻¹	k_m gCOD _{H₂} .gCOD _X ⁻¹ .d ⁻¹	$K_{S_{H_2}}$ mol/L
HAC	1 – 8	0.033 – 0.081	30.3 – 98.77	0.0000231 – 0.00052
HM	0.8 – 5	0.021 – 0.064	38.1 – 78.13	0.0000011 – 0.000056

Modèle AQUASIM 2.1g (Peter reichert, 1994)

Phase gaz

H_{2(g)} CO_{2(g)} CH_{4(g)} N_{2(g)}



Gas-Liquid mass transfer

$$T_{ri} = K_L a_i \times (K_{Hi}^{cc} \times C_{i,aq} - C_{i,g})$$

Phase liquide
V_(liq)=cte

C_{H₂(aq)} C_{CO₂(aq)} C_{CH₄(aq)}

Modèle de Monod :

$$r_X = \mu_{max} \times \frac{C_{H_2(aq)}}{K_{SH_2} + C_{H_2(aq)}} \times C_X \times f_L \times f_I$$

→ Effet du transfert de gaz sur la disponibilité en substrat H₂

→ Sur la compétition

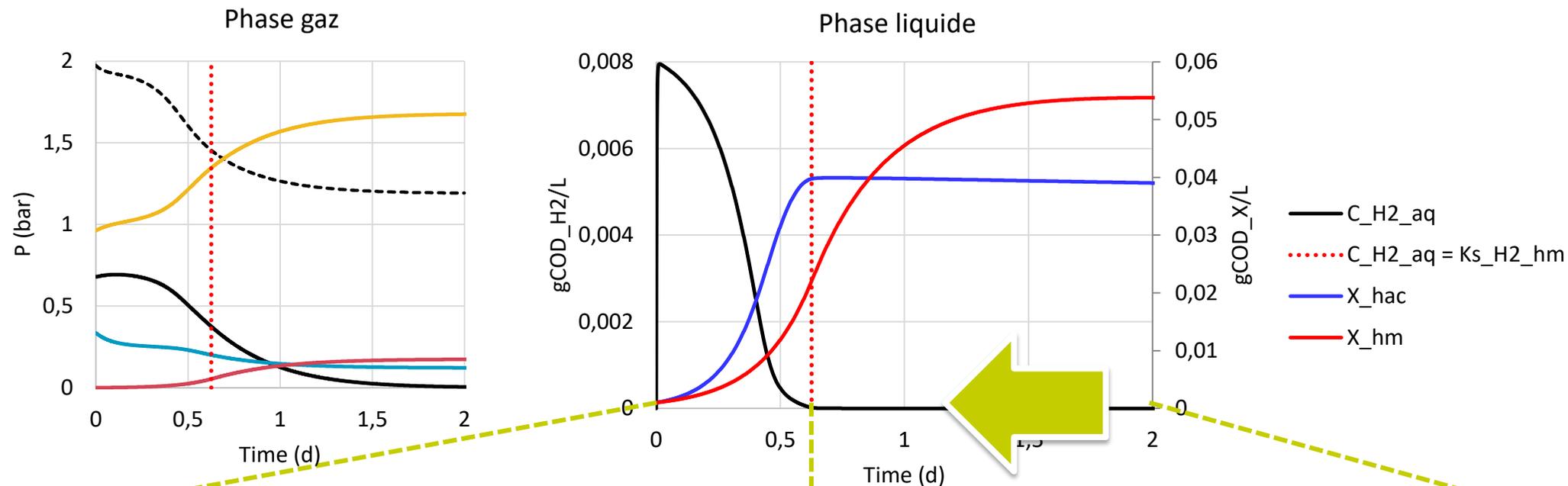


1. Etude des propriétés cinétiques de la fermentation gazeuse en batch

1.3 Résultats de l'étude cinétique – Compréhension de la compétition microbienne

Recensement de paramètres de la littérature				
	μ_{max} d ⁻¹	Y_{X/H_2} gCOD _X .gCOD _{H₂} ⁻¹	k_m gCOD _{H₂} .gCOD _X ⁻¹ .d ⁻¹	Ks_{H_2} mol/L
HAC	1 – 8	0.033 – 0.081	30.3 – 98.77	0.0000231 – 0.00052
HM	0.8 – 5	0.021 – 0.064	38.1 – 78.13	0.0000011 – 0.000056

Simulation maximisant les deux croissances – $K_L a = 10 \text{ d}^{-1}$



Avec le soutien de

→ Pas de limitation par le substrat, compétition gouvernée par le μ_{max}

→ limitation par le transfert du substrat, compétition gouvernée par le Ks

1. Etude des propriétés cinétiques de la fermentation gazeuse en batch

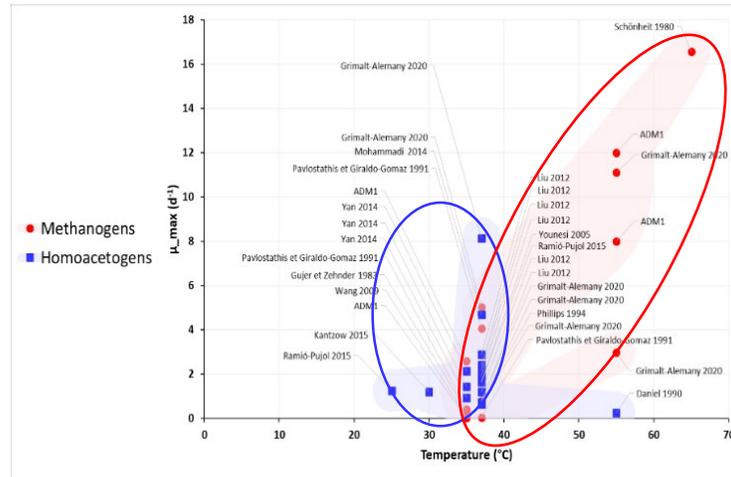
CONCLUSION PARTIELLE

OBJECTIFS

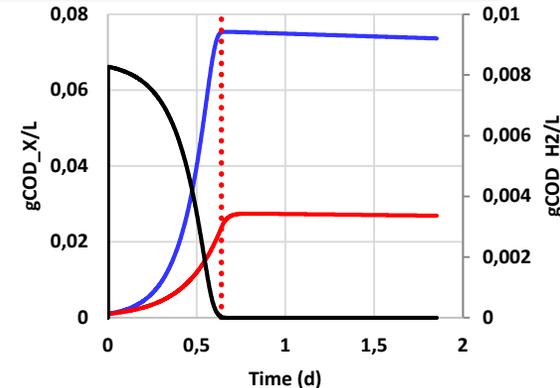
- Contrôler les compétitions pour orienter la réaction vers la production d'acétate
- Favoriser les homoacétogènes et éliminer les méthanogènes

→ températures 25 – 35 °C

→ Transfert de gaz non limitant

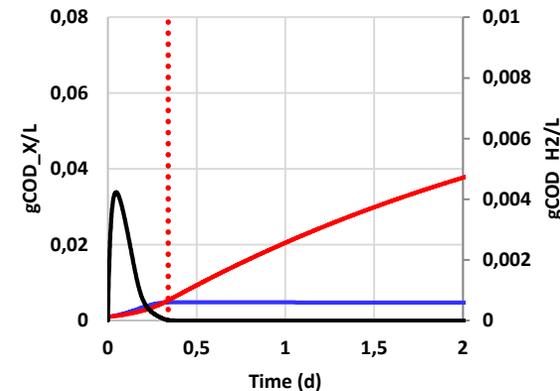


— X_hac
— X_hm
... H2=Ks_HM
— H2 soluble



Homoacétogènes

— X_hac
— X_hm
... H2=Ks_HM
— H2 soluble



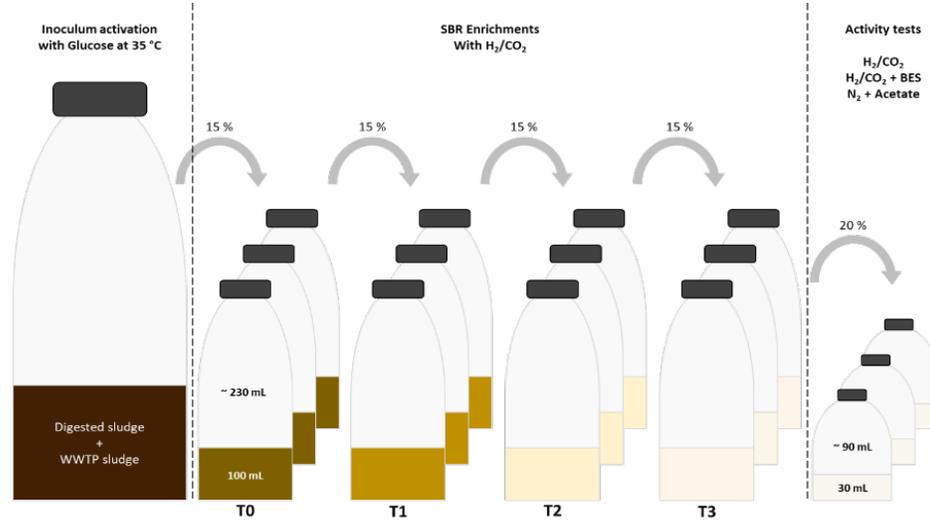
Méthanogènes

→ températures 40 – 65 °C

→ Transfert de gaz limitant

2. Plan expérimental

Enrichissements en batch successifs



25 °C ou 35 °C

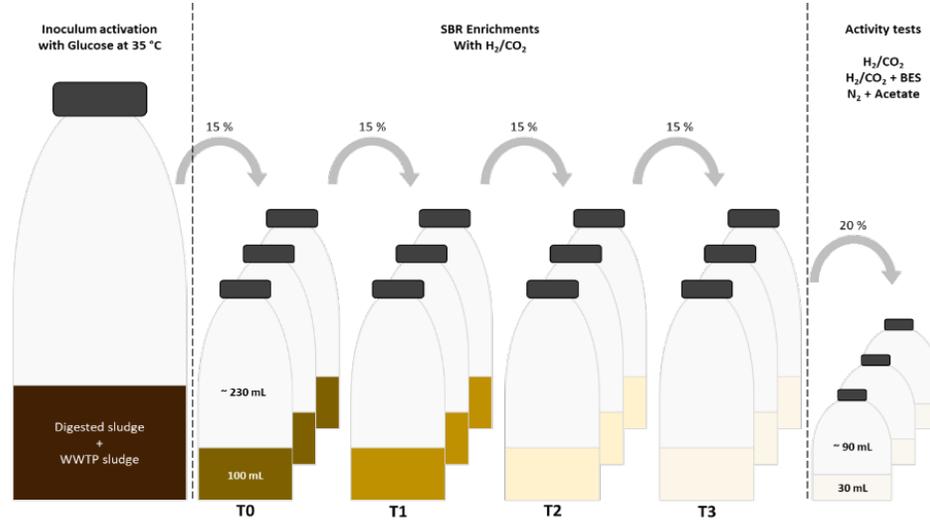
Repiquage en **phase exponentielle** ou en **phase stationnaire**

Avec le soutien de



2. Plan expérimental

Enrichissements en batch successifs



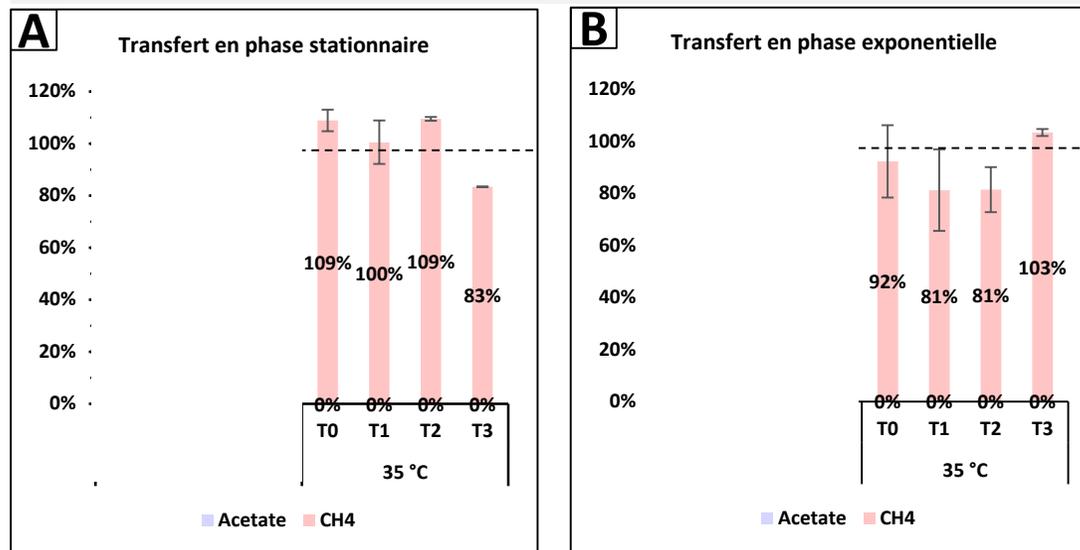
Méthane



35 °C

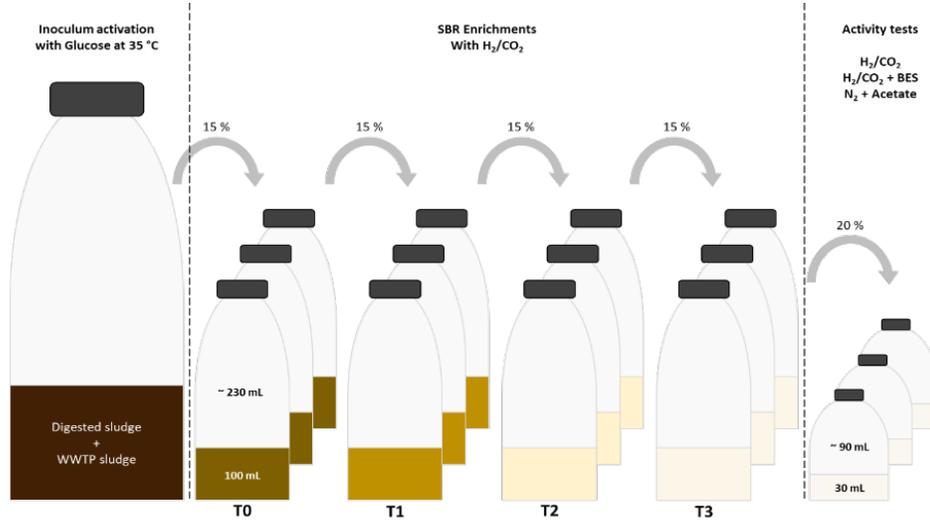
Avec le soutien de

Spectre des produits



2. Plan expérimental

Enrichissements en batch successifs



Méthane



35 °C

25 °C

Repiquage en **phase exponentielle** ou en **phase stationnaire**

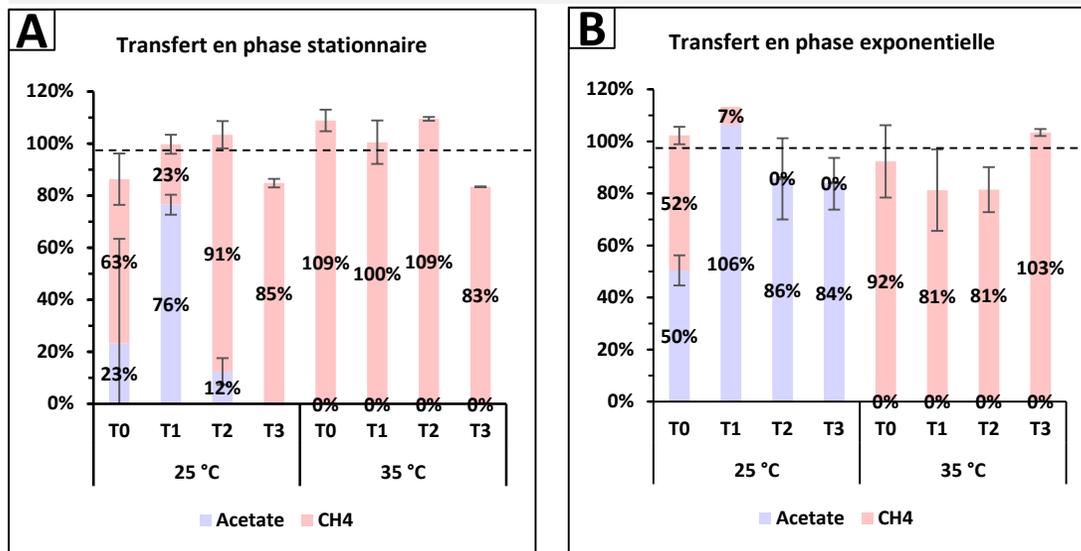


Acétate



Méthane

Spectre des produits



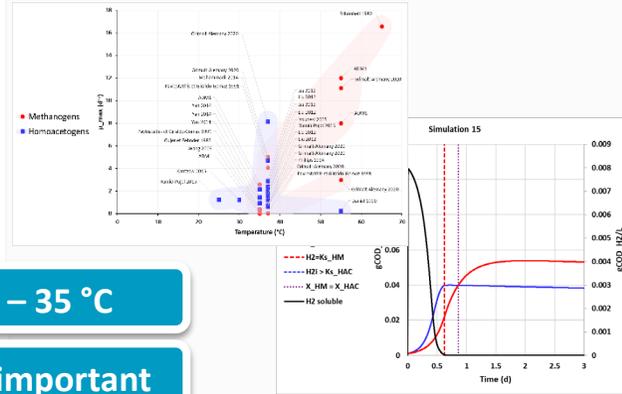
Avec le soutien de



3. Conclusion et perspectives

Avec le soutien de

1. Etude cinétique de la fermentation gazeuse en batch



→ températures 25 – 35 °C

→ Transfert de gaz important

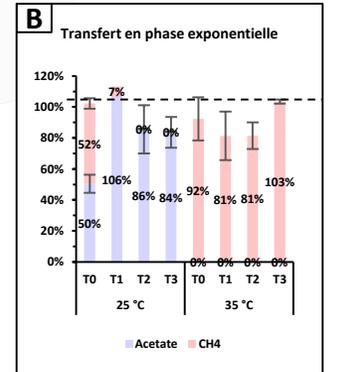
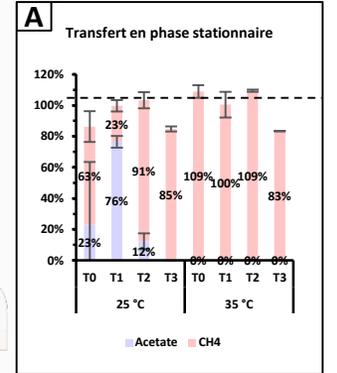
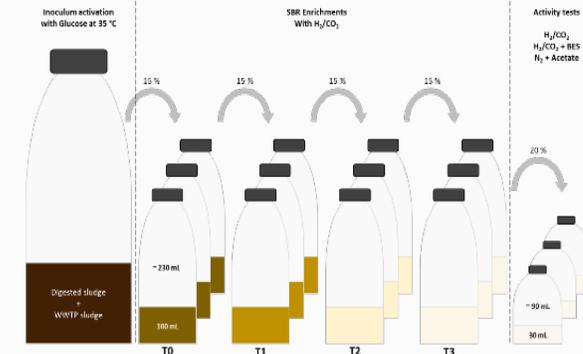
Homoacétogènes

→ températures 40 – 65 °C

→ Transfert de gaz faible

Méthanogènes

2. Plan expérimental



3. Conclusion et perspectives

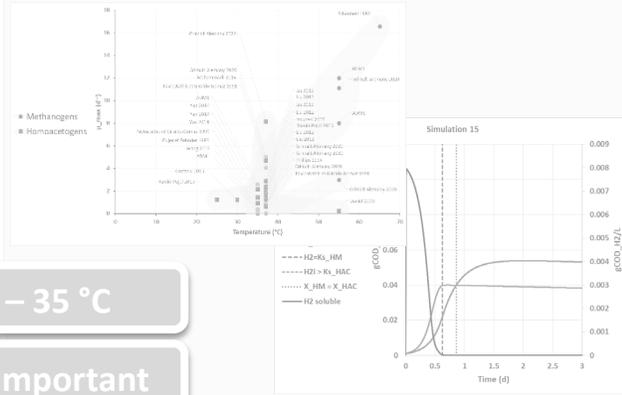
→ températures 25 – 35 °C

→ Transfert de gaz important

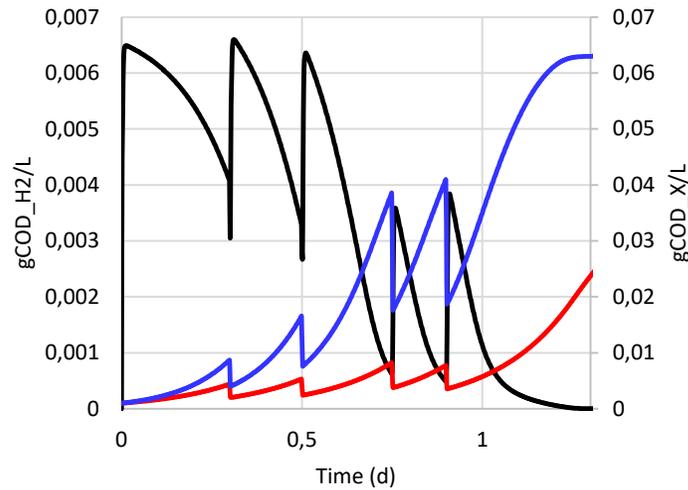
Homoacétogènes

Avec le soutien de

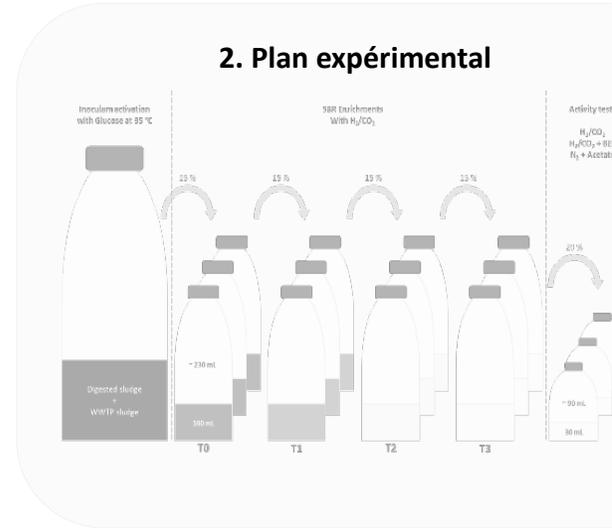
1. Etude cinétique de la fermentation gazeuse en batch



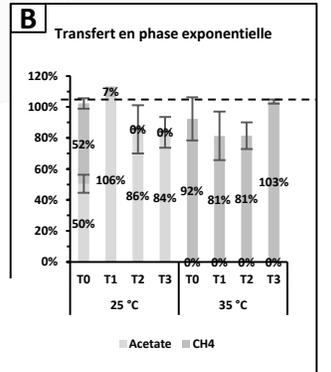
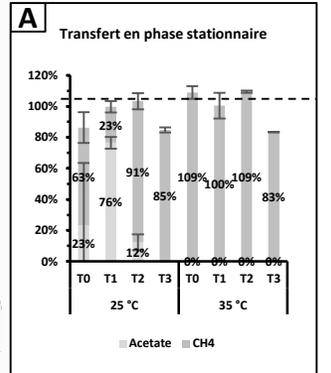
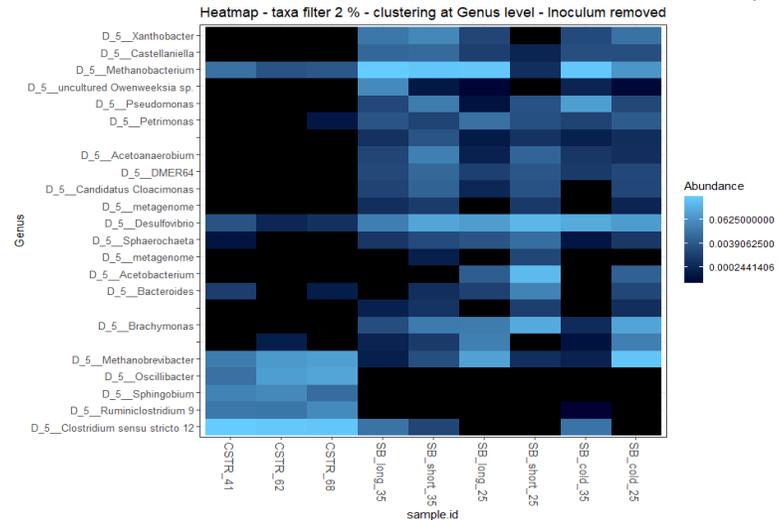
Simulation des batch successifs



2. Plan expérimental



Analyse de la biodiversité





Avec le soutien de



Merci pour votre attention

L. LAGUILLAUMIE^{1,*}, A. GRIMALT-ALEMANY², M. PEYRE-LAVIGNE¹, I. V. SKIADAS², H.N. GAVALA², E. PAUL¹, C. DUMAS¹

1 – TBI, Université de Toulouse, CNRS, INRAE, INSA, Toulouse, France

2 – Department of Chemical and Biochemical Engineering, Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, Denmark

*Léa Laguillaumie – Doctorante – laguilla@insa-toulouse.fr

References:

Alberty, R.A., 2005. Thermodynamics of Biochemical Reactions. John Wiley & Sons.

Grimalt-Alemany, A., Łężyk, M., Kennes-Veiga, D.M. et al., 2020. Enrichment of Mesophilic and Thermophilic Mixed Microbial Consortia for Syngas Biomethanation: The Role of Kinetic and Thermodynamic Competition. Waste Biomass Valor 11, 465–481

Jin, Q., Bethke, C.M., 2007. The thermodynamics and kinetics of microbial metabolism. Am J Sci 307, 643–677.