



Avec le soutien de



## Développement de tests d'activité et d'inhibition des micro-organismes hydrogénophiles dans le cadre de la biométhanation

S. POMMIER<sup>1\*</sup>, E. MOYA-LECLAIR<sup>1</sup>, P. DUQUE DIAZ<sup>1</sup>, M. PEYRE-LAVIGNE<sup>1</sup>, X. LEFEBVRE<sup>1</sup>, S. PALMADE<sup>2</sup>, Y. RAFRAFI<sup>1</sup>

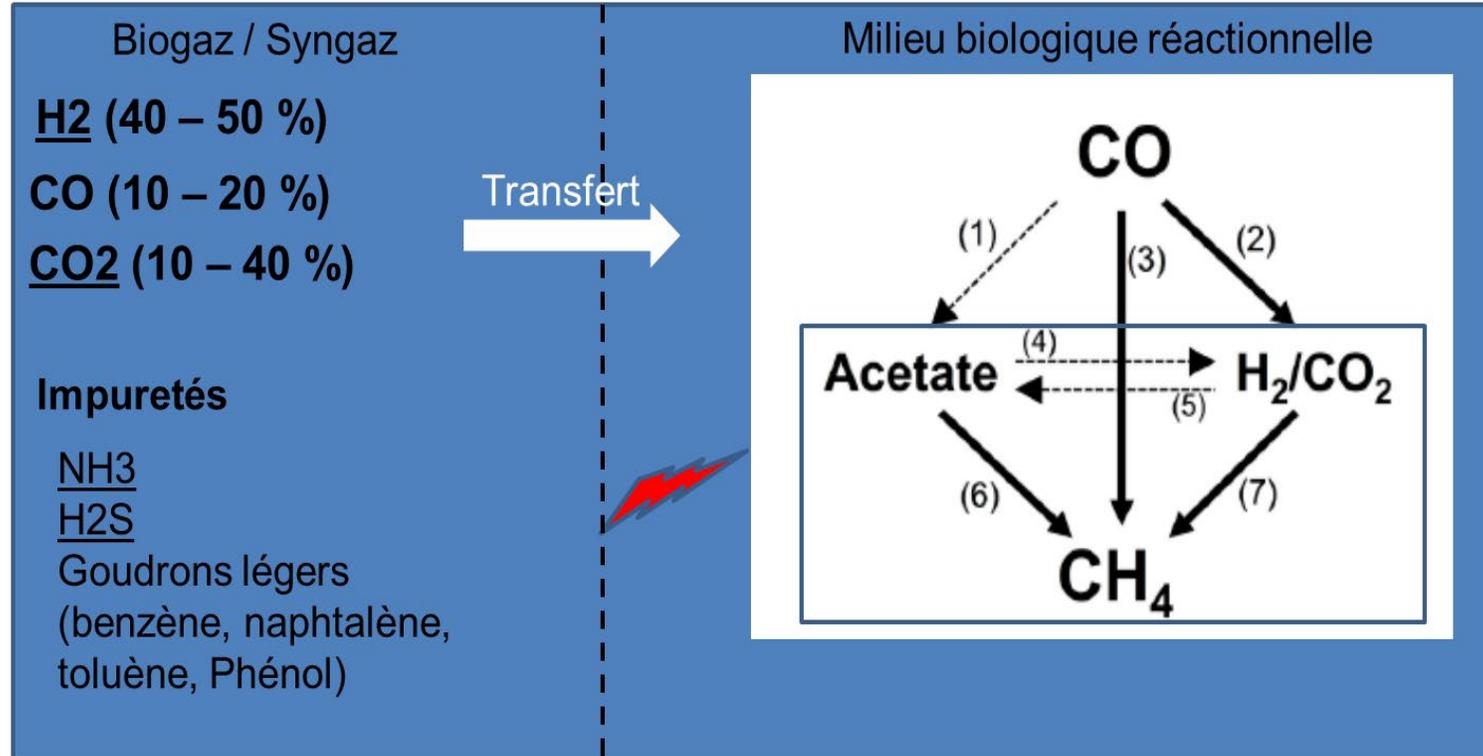
Avec le soutien de



Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional



## Diversité des gaz / Tolérance des micro-organismes ?



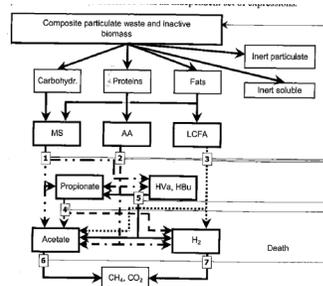
### Enjeux à l'échelle du procédé de biométhanation

Dimension technologique :	Productivité = f(capacité de transfert de masse)
<b><u>Dimension biologique</u></b> :	Faisabilité et Stabilité biologique

Avec le soutien de

# Stabilité biologique

Acclimatation  
Biodiversité  
Shift de populations

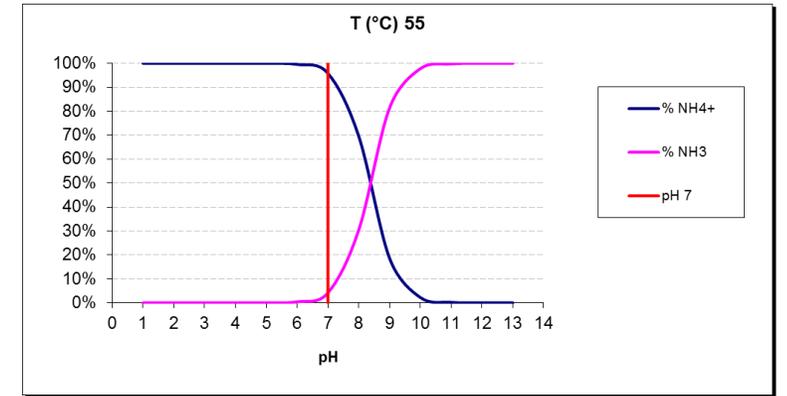


[populations]



Inhibiteurs

## Maîtrise du pH (NH<sub>4</sub>/NH<sub>3</sub>)



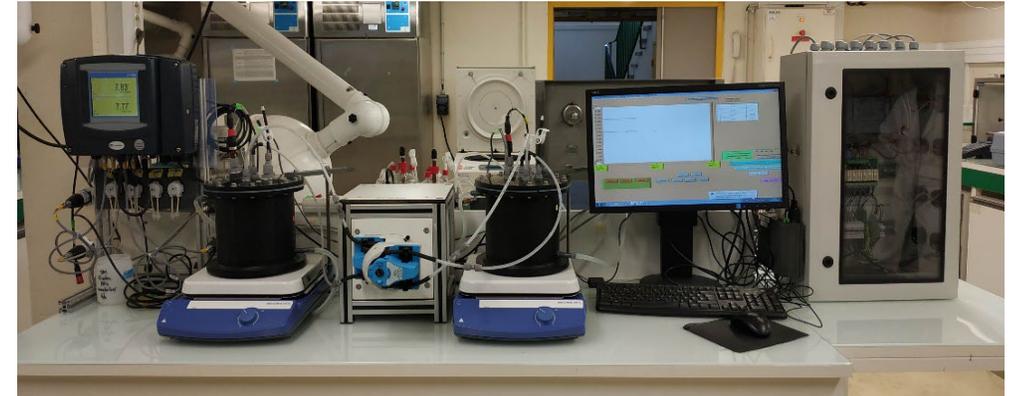
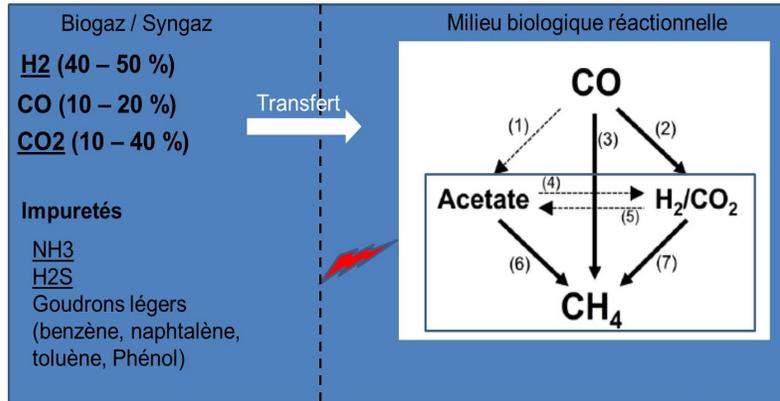
Apport nutriments  
(azote, oligoéléments)

Valider la pertinence du modèle

Renseigner les paramètres bio  
( $Y, \mu, X_i, K_i$ ), de transfert ( $k_L a, H$ )

**Modélisation**

**Dispositif expérimental**



Conditions, type d'essais

Identification paramètres bio et de transfert G/L

## Application à la caractérisation d'une réaction hydrogénophile



Avec le soutien de



- Une méthode « simple » pour mesurer une activité hydrogénophile
- Une méthode pour identifier les paramètres biologiques :
  - Sans inhibiteur
  - Avec inhibiteur
- Un modèle pour simuler des scénarios à partir des paramètres obtenus

## Dispositif

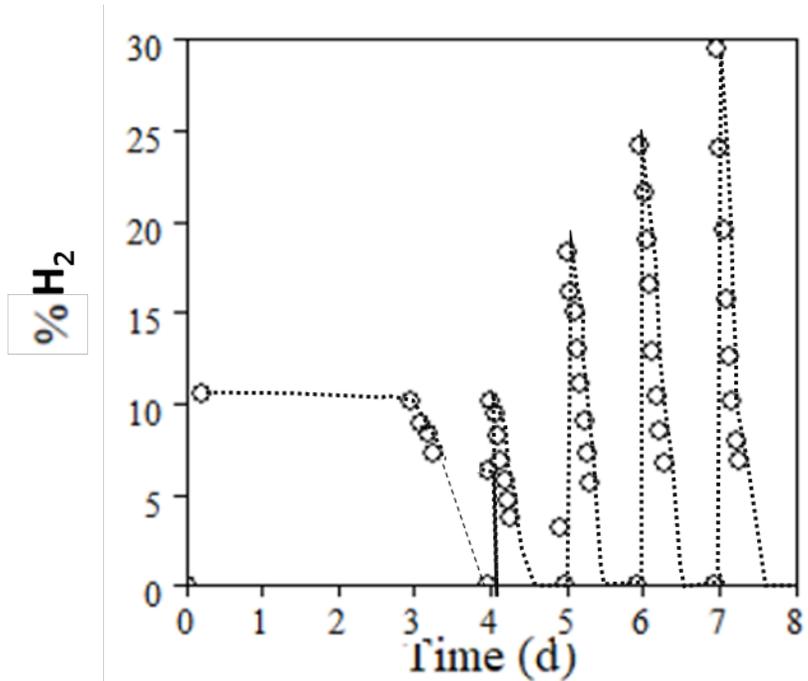


- Dispositif simple adapté au screening de cas (inhibiteurs, ...)
- Conditions contrôlées :  
T (55°C), pH (HCO<sub>3</sub>/ CO<sub>2</sub>), agitation, inoculum dilué
- Alimentation des substrats gazeux (H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) pilotée par le transfert de surface et le rapport  $V_{\text{gaz}}/V_{\text{liquide}}$
- Réaction biologique suivie par l'analyse du gaz

# Méthode pour mesurer l'activité hydrogénophile (régime biologique / régime contrôlé par le transfert)



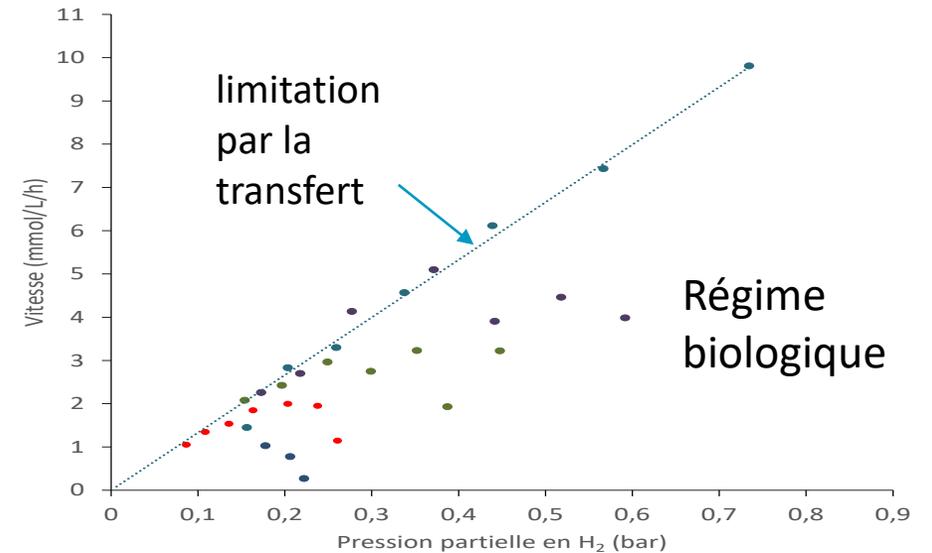
Principe : succession de pulse d'H2  
→ limitation par le transfert



Vitesse =  $f(P_{H_2})$



## Vérification du régime biologique



Dernier pulse = estimation du  
coefficient de transfert de H2 ( $k_L a$ )

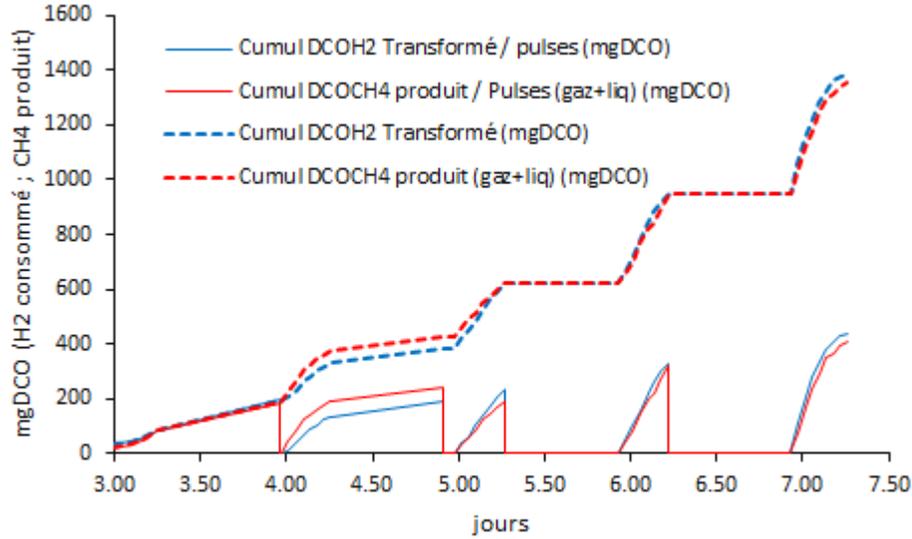
Identification du jeu de données exploitables

Avec le soutien de

## Contenu du Modèle (batch / Aquasim® )

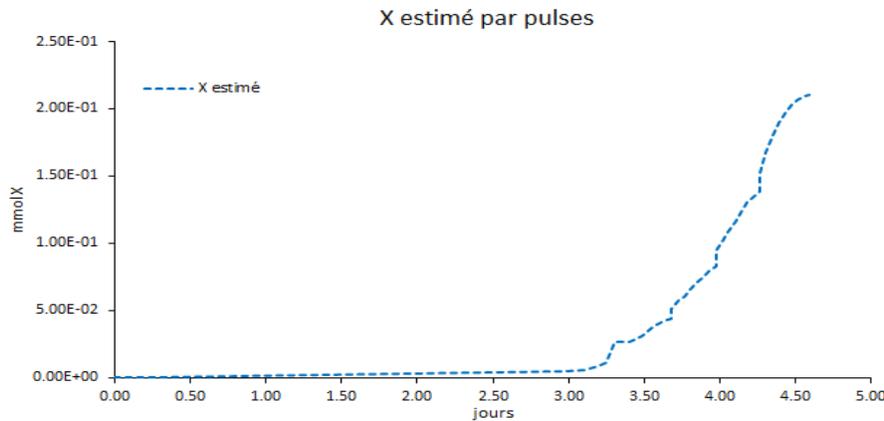
- Equilibres acido-basiques des composés C,N, P, S
- Equilibres gaz-liquide CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S
- Transfert des gaz (k<sub>la</sub> et constantes Henry)
- Influence de la Température et du pH sur le transfert et les équilibres
- Evolution des différents composés en phase liquide et en phase gaz
- Réactions biologiques : formalisme ADM1
  - Réactions sur H<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub>
  - consommation NH<sub>4</sub> pour la croissance
  - décès bactérien,
  - inhibitions pH/NH<sub>3</sub>

# Estimation des paramètres biologiques ( $Y_{X/H_2}$ et $\mu_{max}$ ) à partir des tests d'activité en régime biologique

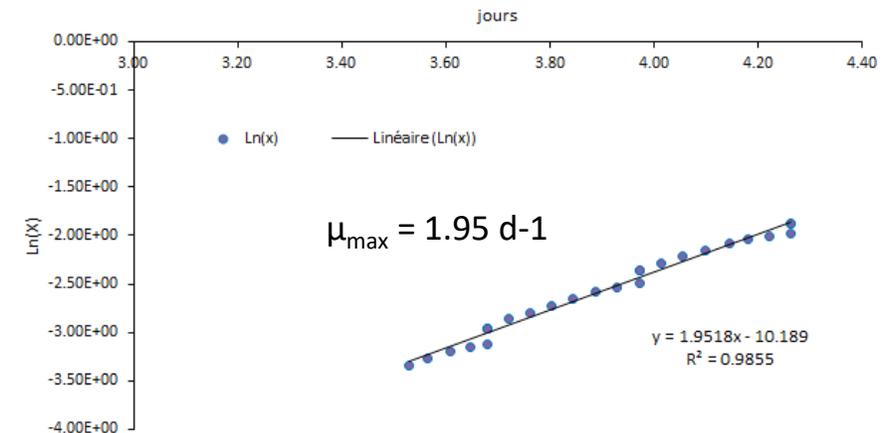


Rendement de croissance  
 $Y_{X/h_2} = 2.14 \% (gDCOx/gDCO_{h_2})$

Avec le soutien de

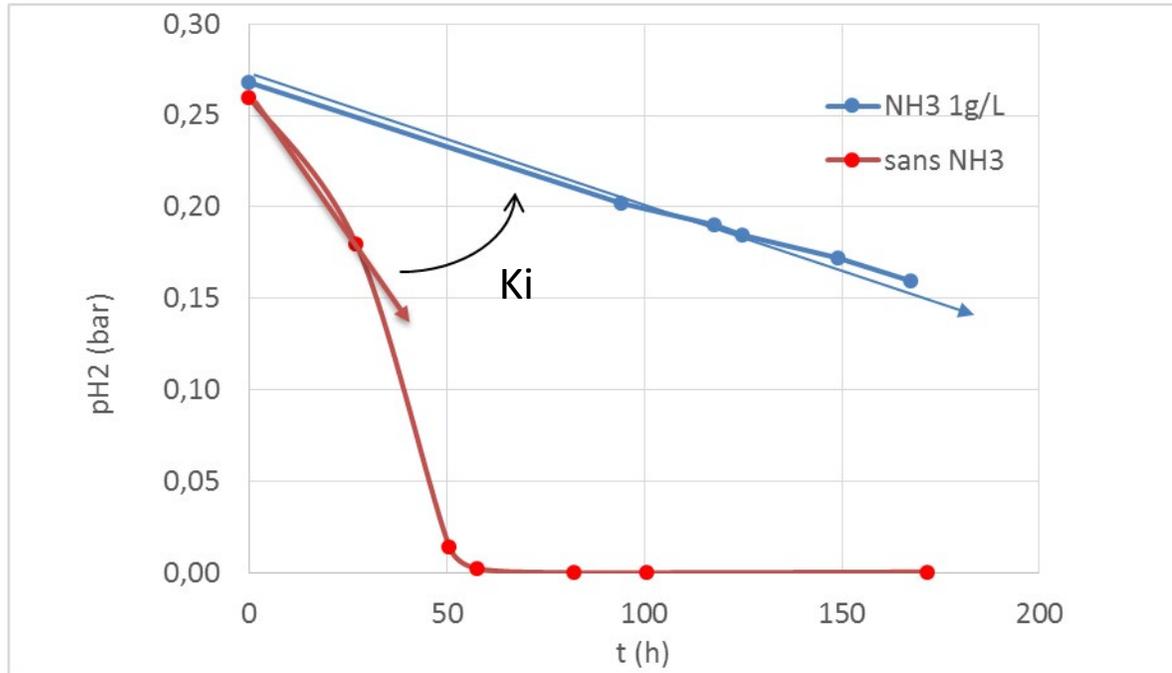


Détermination du taux de croissance expérimental

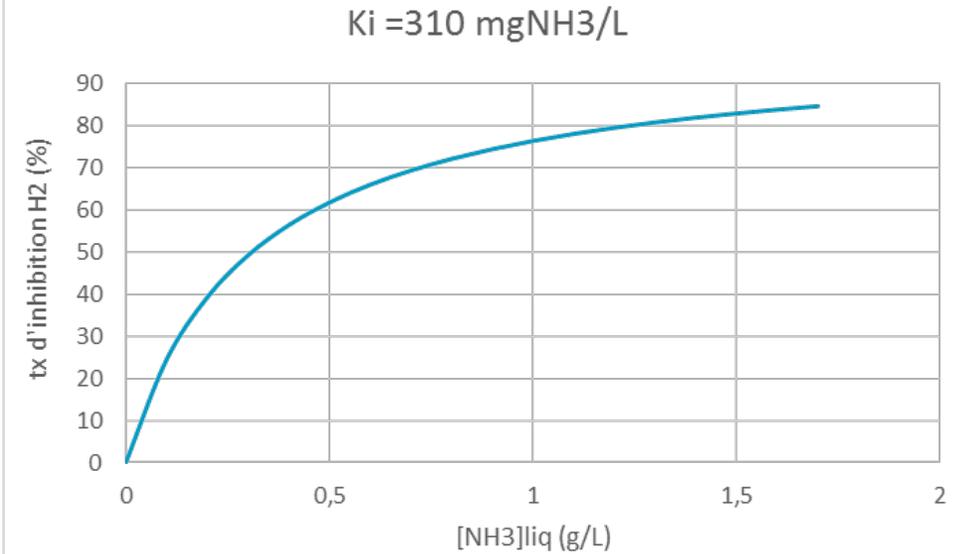


**Estimation de la constante d'inhibition à partir d'un test d'activité en régime biologique**  
**Ex : NH3**

$$\frac{V}{V_{max}} = \frac{K_i}{(K_i + [I])}$$



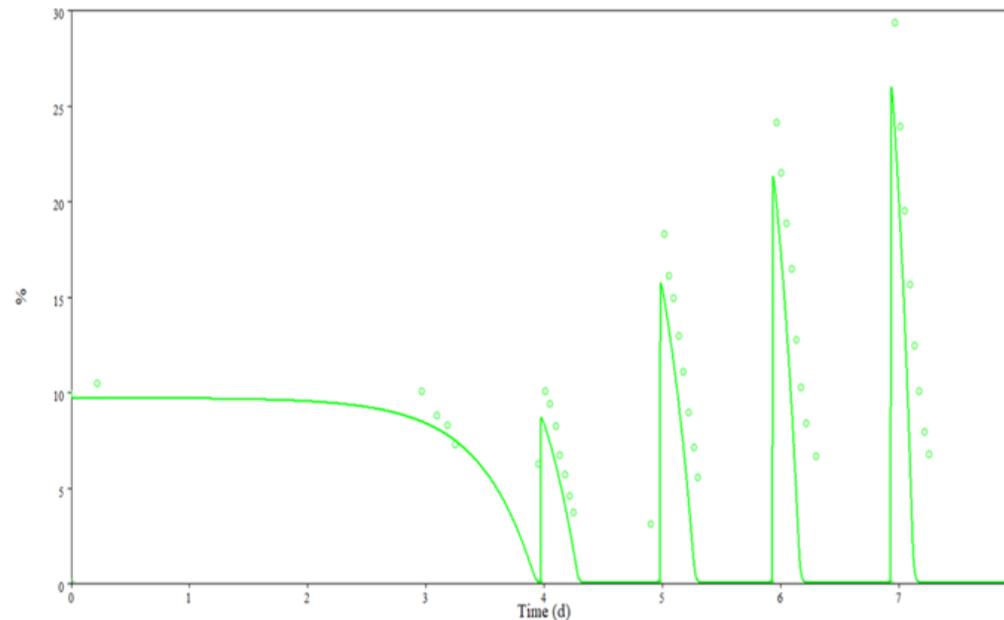
Identification de l'inhibition



quantification de l'inhibition

Données obtenues par la méthode

Paramètres	Expérimentation	ADM1
$Y_{X/H_2}$ (gDCOx/gDCOH <sub>2</sub> )	0,0219	0,06
$\mu_{max}$ (d <sup>-1</sup> )	1,95	2,1
$X_{H_2ini}$ (molX/L)	$1,67 \times 10^{-5}$	$6,27 \times 10^{-5}$
$K_{S_{H_2}}$ (gDCO/L) (ADM1)	$4,8 \times 10^{-6}$	$4,8 \times 10^{-6}$
$K_i$ (mgNH <sub>3</sub> /L)	310	-



Avec le soutien de



### Transfert d'H2 non limitant

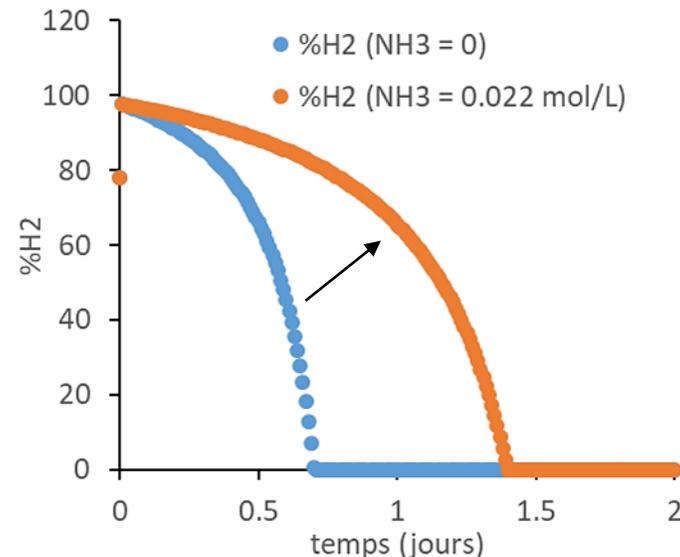
#### Dimensionnement et conditions de fonctionnement du réacteur :

- Volume utile = 300 L
- Volume ciel gazeux = 200 L
- débit de gaz entrant = 0,5 à 5 Nm<sup>3</sup>/h
- Composition du gaz entrant : 78% H<sub>2</sub> / 22% CO<sub>2</sub>
- Température = 55°C
- TSH fixé par la production d'eau liée à la réaction biologique et donc la purge : chemostat côté liquide

Avec le soutien de

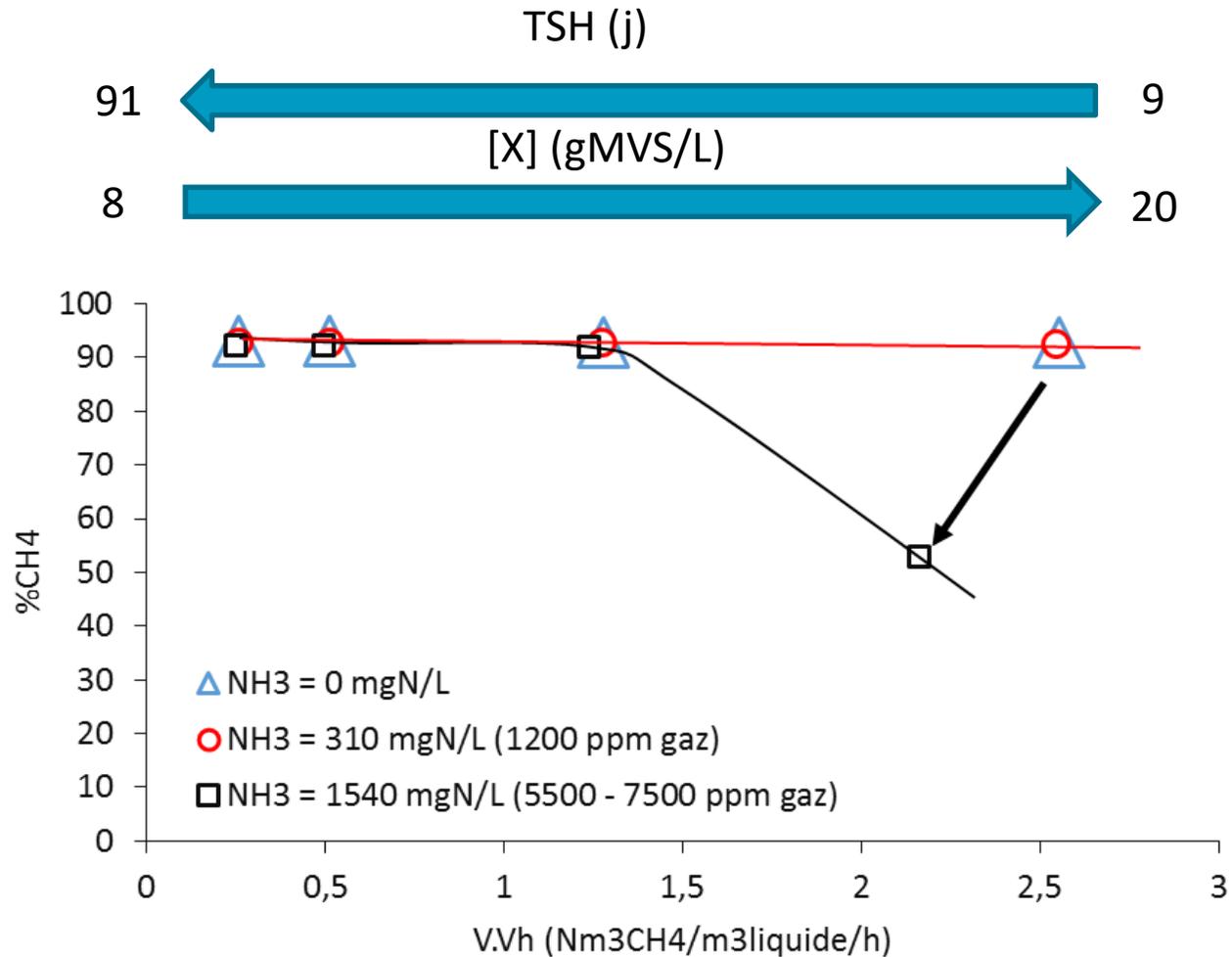
#### Tests sur la gamme de charge :

- NH<sub>3</sub> = 0 mg/L
- NH<sub>3</sub> = K<sub>i</sub> = 310 mg/L
- NH<sub>3</sub> = 5×K<sub>i</sub> = 1540 mg/L



Effet NH<sub>3</sub> – batch  
NH<sub>3</sub> = 310 mg/L

**Effet d'une inhibition NH3 sur les performances productivité / qualité du gaz produit (%CH4)**



Avec le soutien de

## Conclusions / Perspectives

### Méthodologie :

- Protocole + modélisation
- Résultats à consolider avec des données procédés

### Constituer une banque de données :

- Molécules cibles
- Lois / Constantes d'inhibition

### Simulations numériques pour étudier des scénarios :

- Sensibilité à la qualité d'un gaz
- Stratégie pour réduire les risques d'inhibition : prétraitement gaz / biodiversité du consortium / dimensionnement du réacteur



Avec le soutien de

