

SUPSI

MOSTCH4

**Mini Onsite System To valorize manure in
methane**

Journée de la recherche du FOGA, 2.9.2021

Roger König

Partenaire du projet

Partenaire industriel

- Laborex SA (G. Arioli), Via Mastri 21, 6853 Ligornetto



Partenaires de recherche

- Life Sciences and Facility Management - **ZHAW**, (R. Warthmann, A. Treichler), 8820 Wädenswil
- Dipartimento ambiente costruzioni e design (DACD) - **SUPSI**, 6850 Mendrisio
 - Laboratorio di biotecnologie-BET, (P. Principi, R. König, M. Cuomo)
 - Thermo-Fluid Dynamics Laboratory-**TFD**, (M. Barbato, D. Montorfano, R. Puragliesi)



Financement:

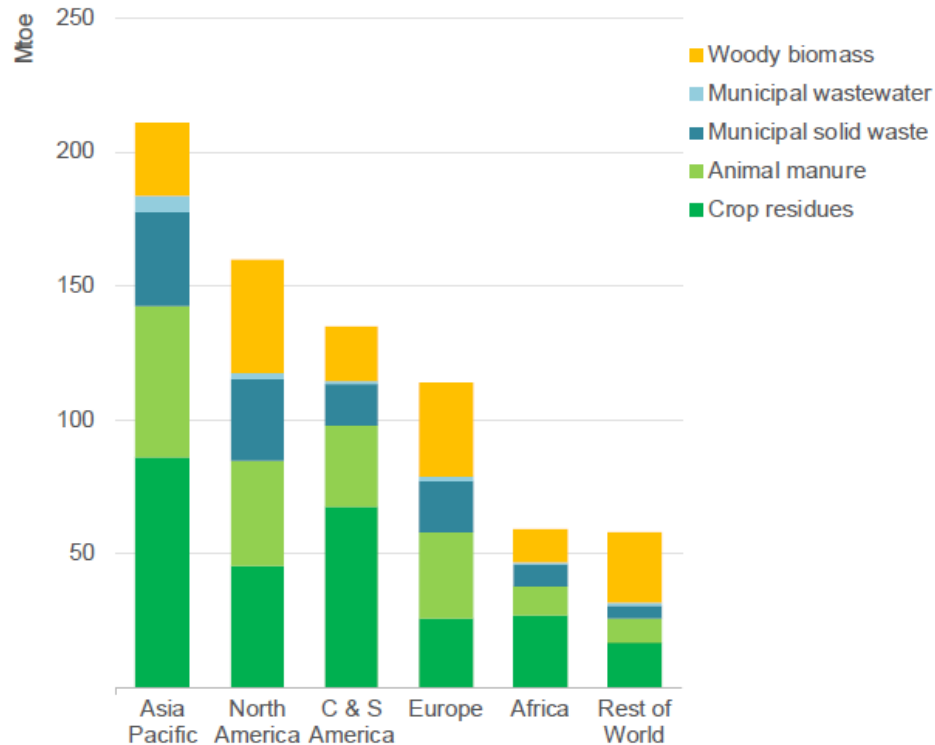
- Projet Innosuisse n° 27685.1PFIW-I
- Fonds de recherche pour le gaz FOGA



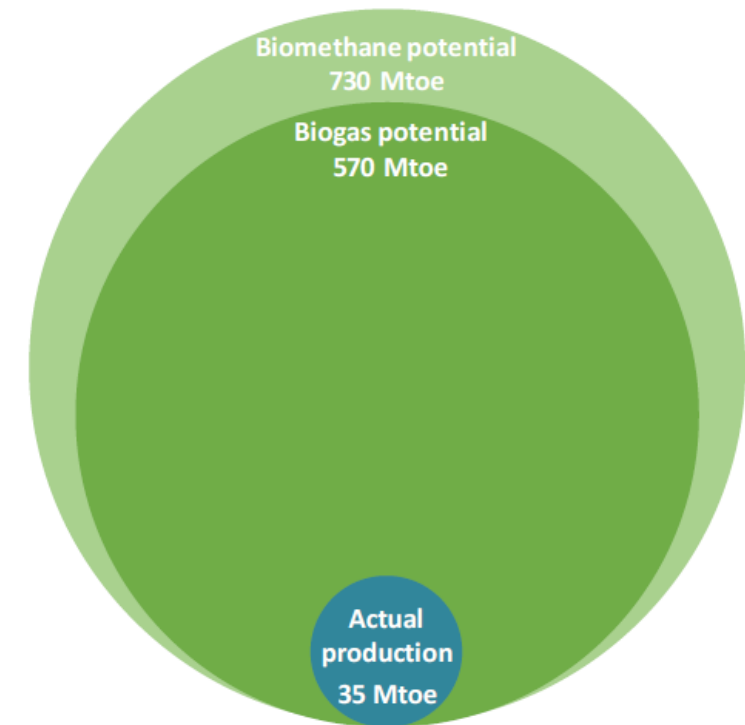
Potentiel mondial du biométhane dans l'agriculture

“The feedstocks available for sustainable production of biogas and biomethane are huge, but only a fraction of this potential is used today”, IEA 2020

Production potential for biogas or biomethane by feedstock source, 2018



Biogas and biomethane production in 2018 against the sustainable potential today



Motivation du projet

En Suisse et en Europe, les **petites exploitations agricoles** (<400 vaches ou <3000 porcs et une superficie <30 ha) sont majoritaires.

Le projet vise à développer une unité de production de biogaz **adaptée pour ce marché inexploité**.

Pour qu'elle soit compétitive, elle doit être **économiquement** viable.

L'**optimisation du rendement en biogaz** des sous-produits agricoles permet une production rentable de biogaz à plus petite échelle.

L'optimisation du rendement du biogaz est obtenue par :

- a. l'application du **prétraitement de la biomasse** le plus efficace;
- b. Optimisation de la **conception du** digesteur (dynamique des fluides, apport énergétique, homogénéité) et **minimisation des coûts de planification et de construction**.

Activités dans le cadre du projet

Les activités sont planifiées en trois blocs principaux consécutifs :

1. Sélection et test des **deux technologies de prétraitement les plus efficaces** pour augmenter la proportion de biomasse fermentescible -> prototype à la ferme ;
2. Développement d'un petit **digesteur anaérobie en optimisant la dynamique des fluides** et le bilan énergétique ;
3. **Démonstration de la performance et de la fonctionnalité du** digesteur par l'exploitation à long terme d'une installation de démonstration ;

Objectifs

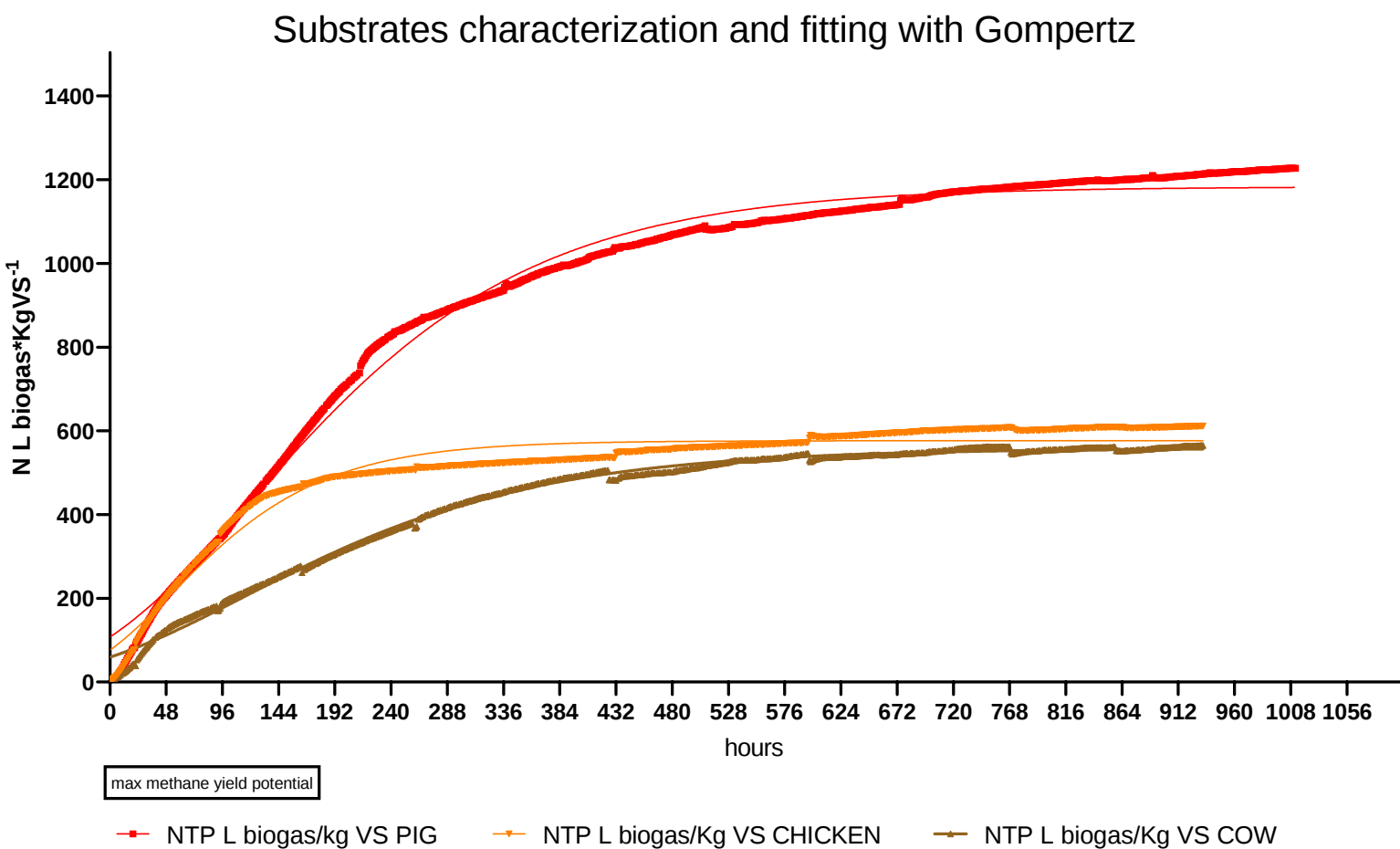
- 1 - **Technologie de prétraitement spécifique** pour chaque engrais sélectionné avec analyse des coûts et pourcentage d'amélioration de la fermentation ;
- 2 - **Meilleure "recette" pour la matière à fermenter, en tenant compte** des différents déchets de l'exploitation qui pourraient être mélangés pour établir l'équilibre des nutriments dans un processus de co-fermentation ;
- 3 - **Conception améliorée du réacteur** basée sur des études des dynamiques des fluides (quantifiable par l'estimation du temps de résidence moyen) ;
- 4 - **Installation prototype avec deux options de prétraitement d'un** volume de 2-3 m³ à installer dans une ferme du Tessin ;
- 5 - Augmentation de la production de biogaz de l'ensemble du système (prétraitement + fermenteur), mesurée en productivité de biogaz par tonne de biomasse. La **valeur cible à atteindre est d'au moins 15 Nm³ /T de biomasse** ;

Projet MOSTCH4 –Statut actuel

1. **Caractérisation du substrat** en ce qui concerne le potentiel de production de méthane (déchets de porc, de poulet et de bovin)
2. Identification de **quatre technologies de prétraitement et tests de laboratoire** ;
 - Processus thermique
 - Processus physique - cavitation
 - Deux processus biologiques : Microaération et prétraitement enzymatique
3. **Optimisation du mélange des** fermenteurs à l'aide de simulations CFD ;
4. Réalisation d'une **unité pilote** ;

Caractérisation du substrat

Caractérisation du substrat en ce qui concerne le potentiel de production de méthane (déchets de porc, de poulet et de bovin)

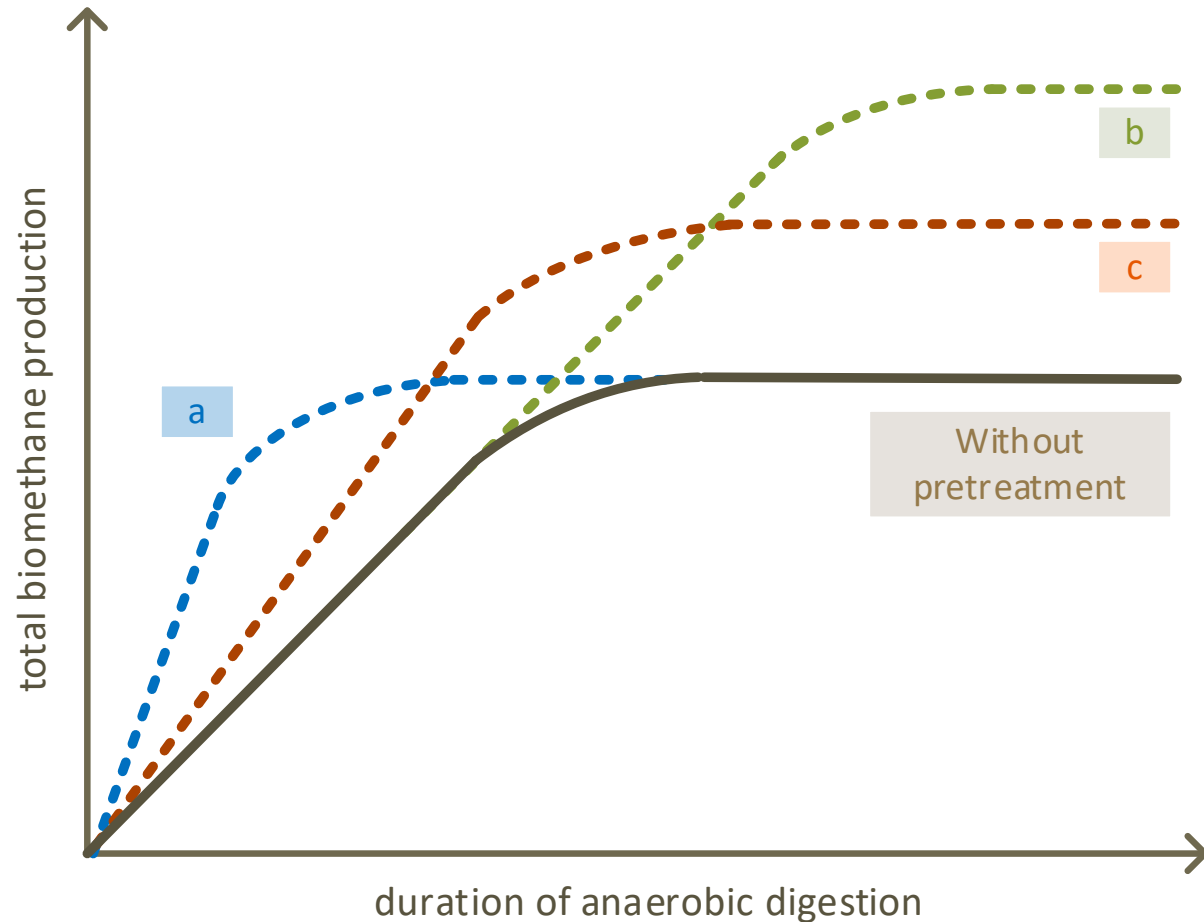


Substrat	Cochon	Poulet	Bétail
modèle de Gompertz			
Ym	1183	576	558.2
Rm	3.145	2.827	1.433
λ	-17.35	-22.01	-27.61
R2	0.99	0.95	0.99
Composition du gaz			
CH4 %	57.2	43.8	42.7
CO ₂ (%)	33.5	37.7	39.4
O2 (%)	0	0	0.3
H2S (ppm)	>>>	185	62
Bal (%)	25.1	18.6	18.1
Caractérisation chimico-physique			
pH	7.31	7.81	7.81
Densité (g/L)	996	600	1008.86
TS (% wb)	1.5	50.19	5.6
VS (% db)	55.21	64.95	65.7
Cendres (% db)	44.79	35.05	34.3
DCO (mg/L)	15540	22860	45500
N total (mg/L)	1738	634	3230
Rapport C/N	8.98	60.09	13.96
H2S (mg/L)	7.31	3.2	28.3
SO4 ⁻⁻ (mg/L)	996	4180	13000

Technologies de prétraitement

Prétraitement	Mode de fonctionnement	Résultats
Enzymatique par l'utilisation de champignons cellulolytiques	Au début du processus	Performance insuffisante
	Qui sont ajoutés à différents moments depuis le début du processus	
	Combinaison du prétraitement fongique et de la cavitation	
	Prétraitement plus long (2 et 3 jours)	
Prétraitement microaérobie	Administration de concentrations d'oxygène définies à 37 °C par ventilation adaptée ;	Phase pilote
Thermique	Différentes températures testées (de 70, 100 à 133°C) suivies d'une fermentation anaérobie pendant 42 jours.	Performance insuffisante
Cavitation	Fonctionnement par lots de 3,5 L Différents temps de cavitation	Phase pilote

Mécanismes de base des stratégies de prétraitement

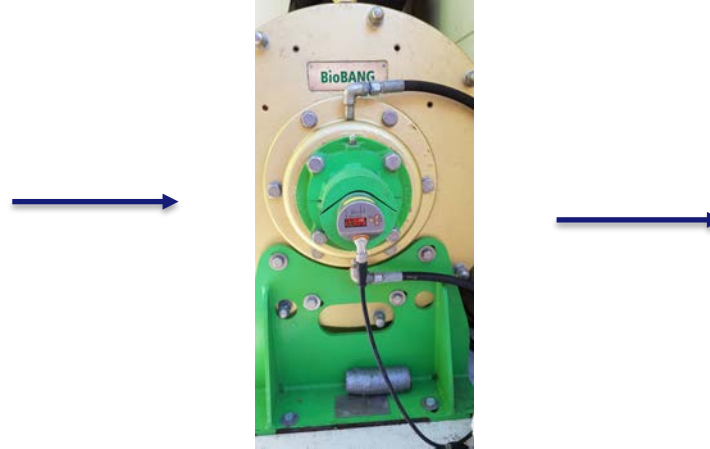


- a) Le prétraitement augmente le taux de DA
- b) Augmente le taux et le rendement
- c) Le prétraitement augmente le rendement

Cavitation : des résultats positifs dans les essais par lots



Mélange de substrats sur le site



Cavitation sur place



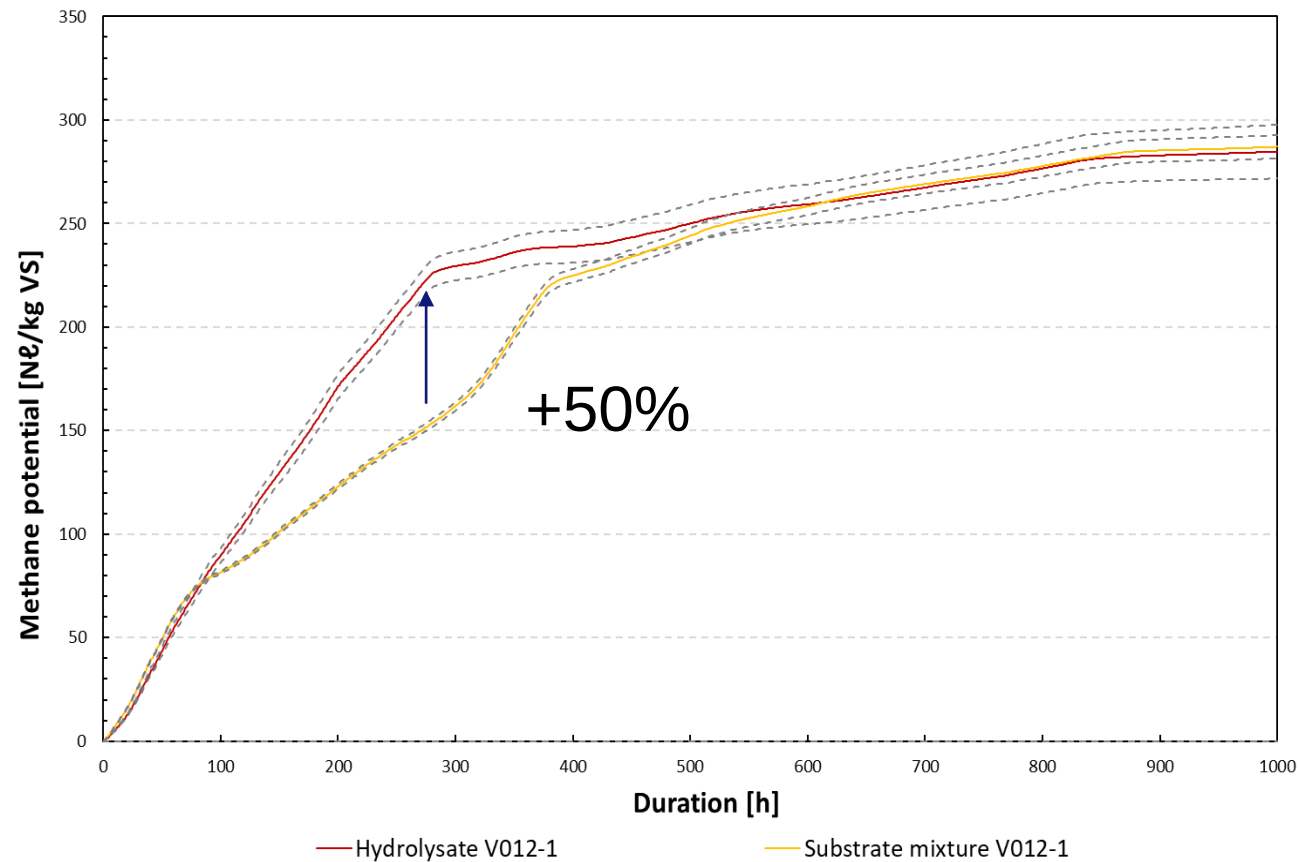
Tests BMP en laboratoire (réacteurs de 3,5L)

Réacteurs de 3,5 L (biogaz)	Contrôle	2' cavité	4' cavité	Mix+ 4' cavité
Ym (production maximale, NL/Kg VS)	347.1	518.5	515.2	495.1
Rm (taux de production, NL/h)	0.7289	1.305	1.347	1.353
λ (phase de latence, h)	-67.06	-58.26	-49.96	-55.26

Prétraitement microaérobie

Essais en discontinu avec un substrat prétraité par microaérobie (bouse de vache et paille)

Augmentation significative du taux de production de méthane grâce au prétraitement



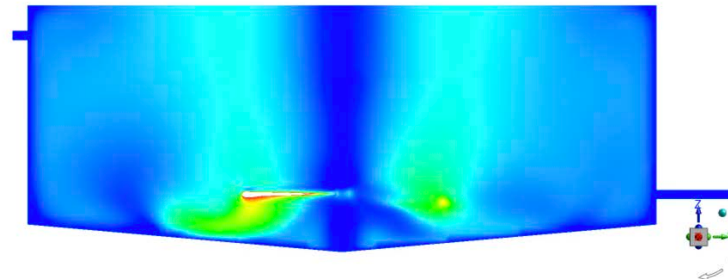
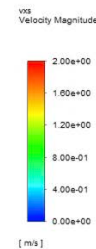
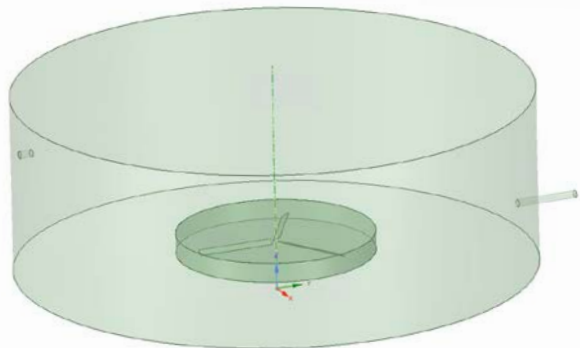
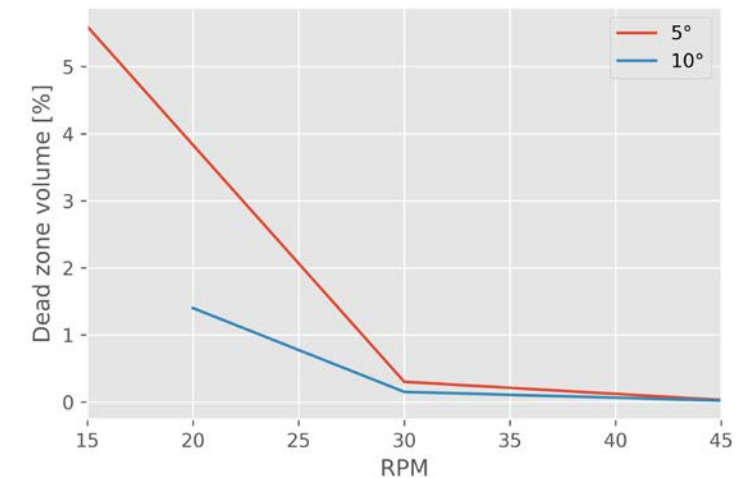
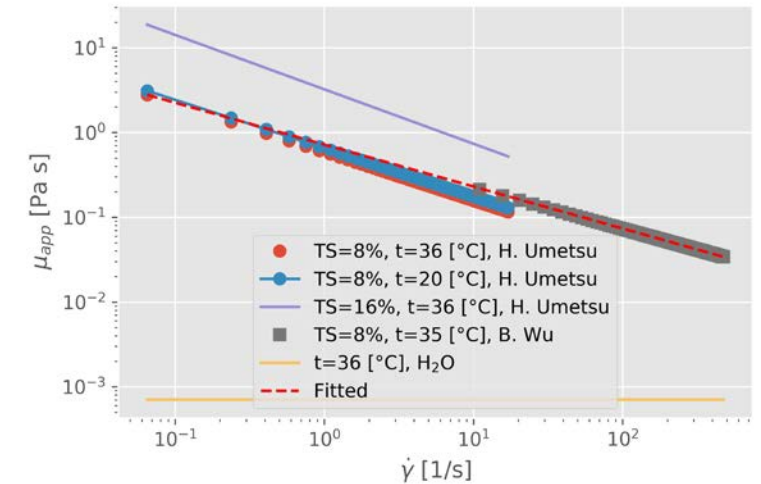
Optimisation du mélange des fermenteurs par simulations CFD

Planification des essais :

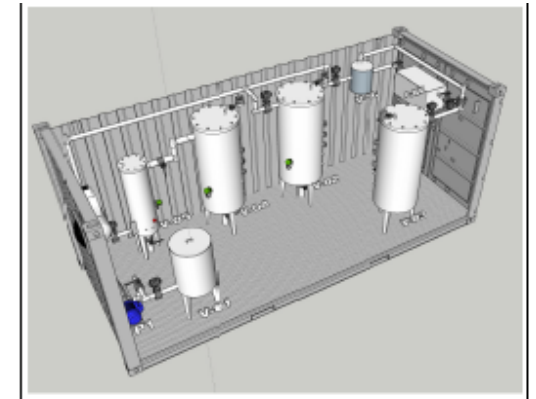
- Jusqu'à présent, diverses **configurations géométriques ont été envisagées** (diamètre de l'agitateur, position de l'agitateur, vitesse de l'agitateur, forme du fonds du fermentateur, rapports d'aspect de la cuve).
- La densité et la viscosité (comportement pseudo-plastique) du lisier sont modélisées à l'aide de **données bibliographiques (bétail américain)**.

Prochaine étape avec les résultats de l'unité pilote :

- Caractérisation de la viscosité du comportement pseudo-plastique des boues de l'unité pilote, après prétraitements, à différents taux de cisaillement ($\dot{\gamma}$).



Réalisation de l'unité pilote



VIEW 2



Description de l'unité pilote

- Unité pilote dans un conteneur de 20 pieds ;
- Trois lignes pour l'utilisation de la biomasse :

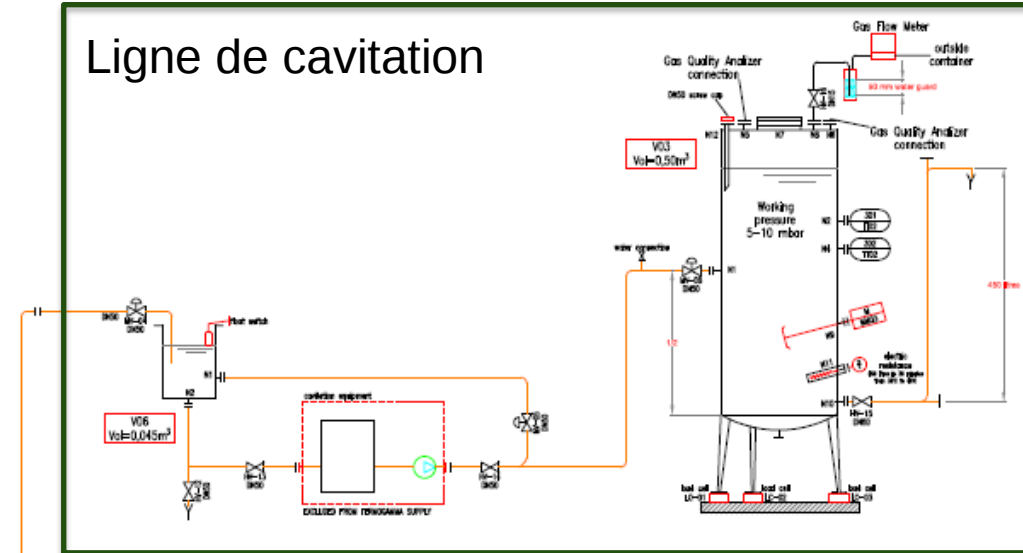


Ligne de référence		Ligne de cavitation	Système de micro ventilation
Prétraitement	NA	Cavitateur Réservoir de cavitation (V=45L)	Réacteur de microaération (V=100L)
Fermenteur	Digesteur anaérobie (volume total 500L, volume utile 450L)	Digesteur anaérobie (volume total 500L, volume utile 450L)	Digesteur anaérobie (volume total 500L, volume utile 450L)

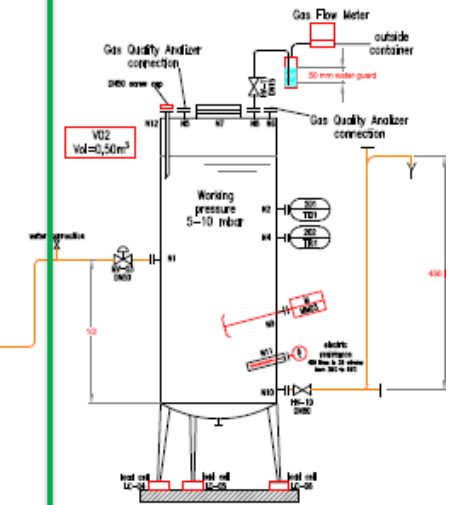
- Système entièrement automatisé avec :
 - Capteur et contrôle de la température ;
 - Mesure en ligne de la quantité de biogaz et de la qualité du gaz (CH_4 , CO_2 , S, O, humidité) ;
 - Réacteur microaérobie contrôlé par l'oxygène ;

Unité pilote

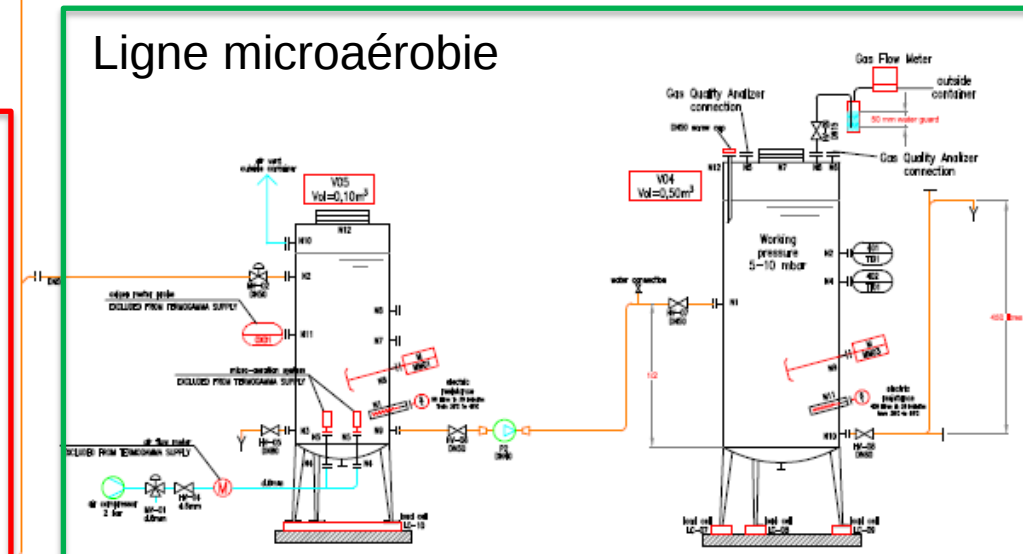
Ligne de cavitation



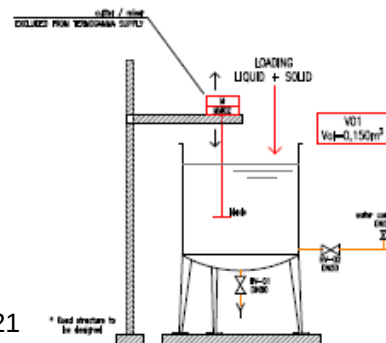
Réacteur de référence



Ligne microaérobie



Réservoir de gabarit - 150 L





Merci de votre attention

Laborex SA

SUPSI-DACD

ZHAW - École des sciences de la vie et de
la gestion des installations

Via Mastri 21,
6853 Ligornetto

Via Flora Ruchat-Roncati 23,
6850 Mendrisio

Einsiedlerstrasse 29
8820 Wädenswil

Contact :

Directeur général, Giovanni A. Pini
+41 91 210 58 89

Contact :

Pamela Principi/ Roger König
+41 58 666 67 03
Pamela.principi@supsi.ch

Contact :

Rolf Warthmann
+41 58 934 58 74