



**HAL**  
open science

## Analyse rapide des substrats pour la planification des recettes de mélanges

Cyrille Charnier, Eric Latrille, Julie Jimenez, Michel Torrijos, Margaux Lemoine, Jérémie Miroux, Jean-Philippe Steyer

### ► To cite this version:

Cyrille Charnier, Eric Latrille, Julie Jimenez, Michel Torrijos, Margaux Lemoine, et al.. Analyse rapide des substrats pour la planification des recettes de mélanges. Journées Recherche et Industrie Biogaz méthanisation, Association Technique Energie Environnement (ATEE). FRA., Feb 2016, Limoges, France. hal-01595183

**HAL Id: hal-01595183**

**<https://hal.science/hal-01595183>**

Submitted on 2 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

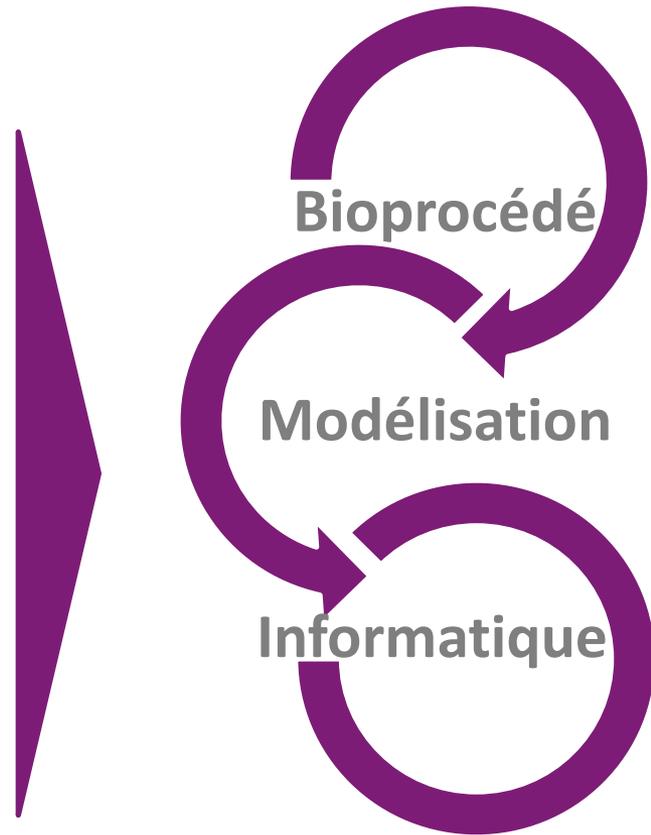
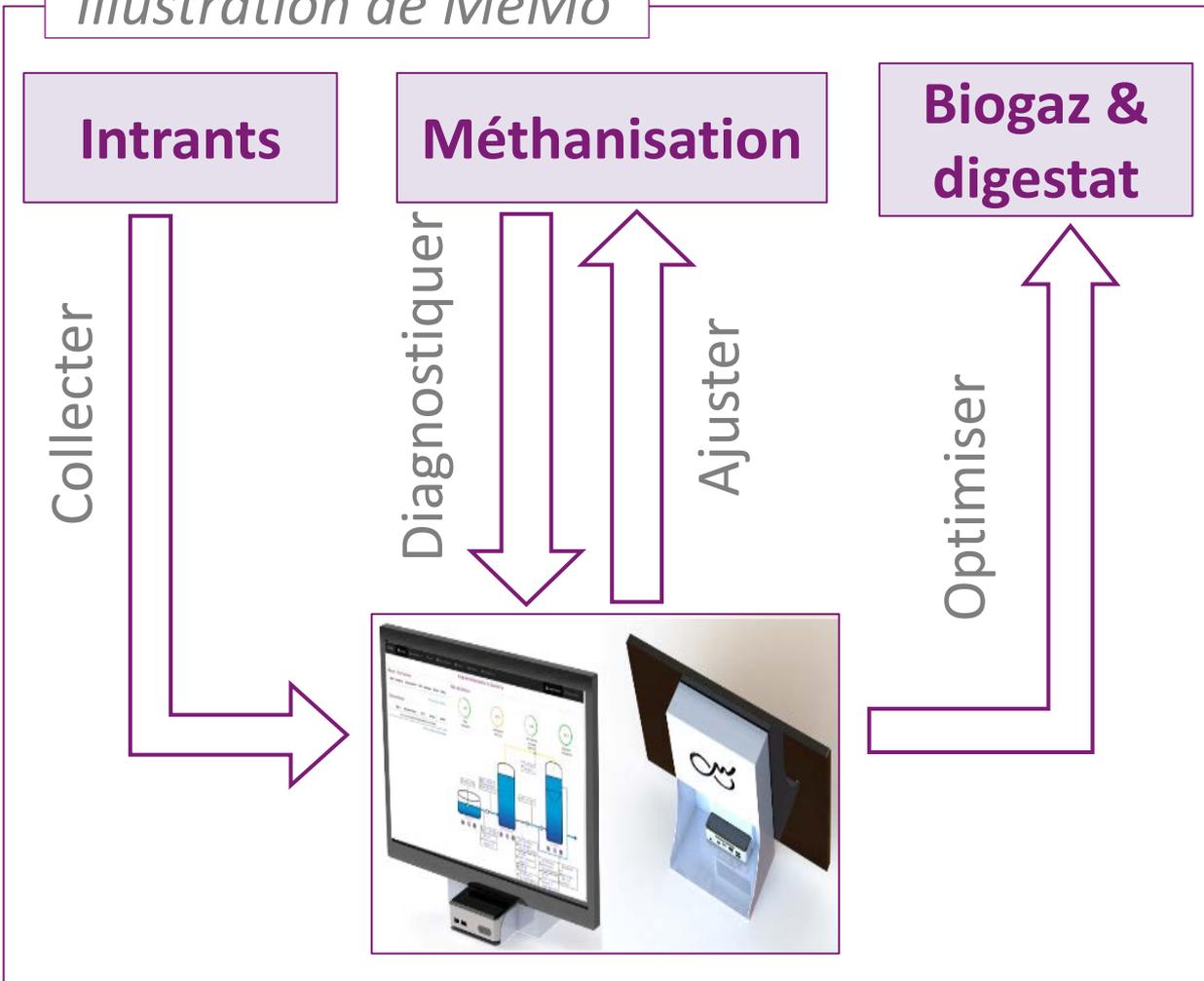
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Analyse rapide des substrats pour la planification des recettes de mélanges.

C.Charnier, BioEnTech/INRA, E.Latrille, INRA,  
J.Jimenez, INRA, M.Torrijos, INRA, M.Lemoine, INRA,  
J.Miroux, BioEnTech, JP.Steyer, INRA

BioEnTech développe et met en œuvre des solutions innovantes dédiées aux unités de méthanisation

## *Illustration de MeMo*



# Génie des Procédés

Génie Microbiologique



Ecologie Microbienne



Mathématiques Appliquées & Analyse en cycle de vie

Transfert Technologique

LES ECOSYSTÈMES



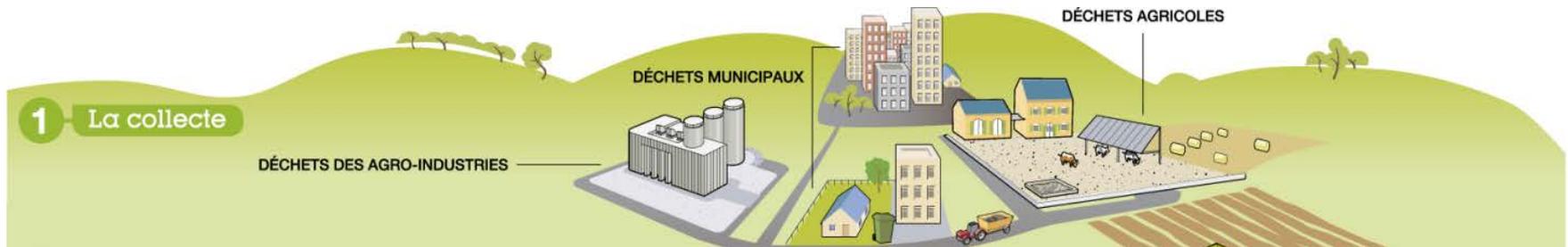
LES PROCÉDÉS

## UN PROJET D'UNITÉ CENTRÉ SUR LE CONCEPT DE BIORAFFINERIE ENVIRONNEMENTALE

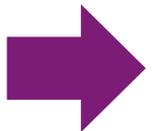


# 1. Contexte de la méthanisation

## La meilleure alimentation: un challenge



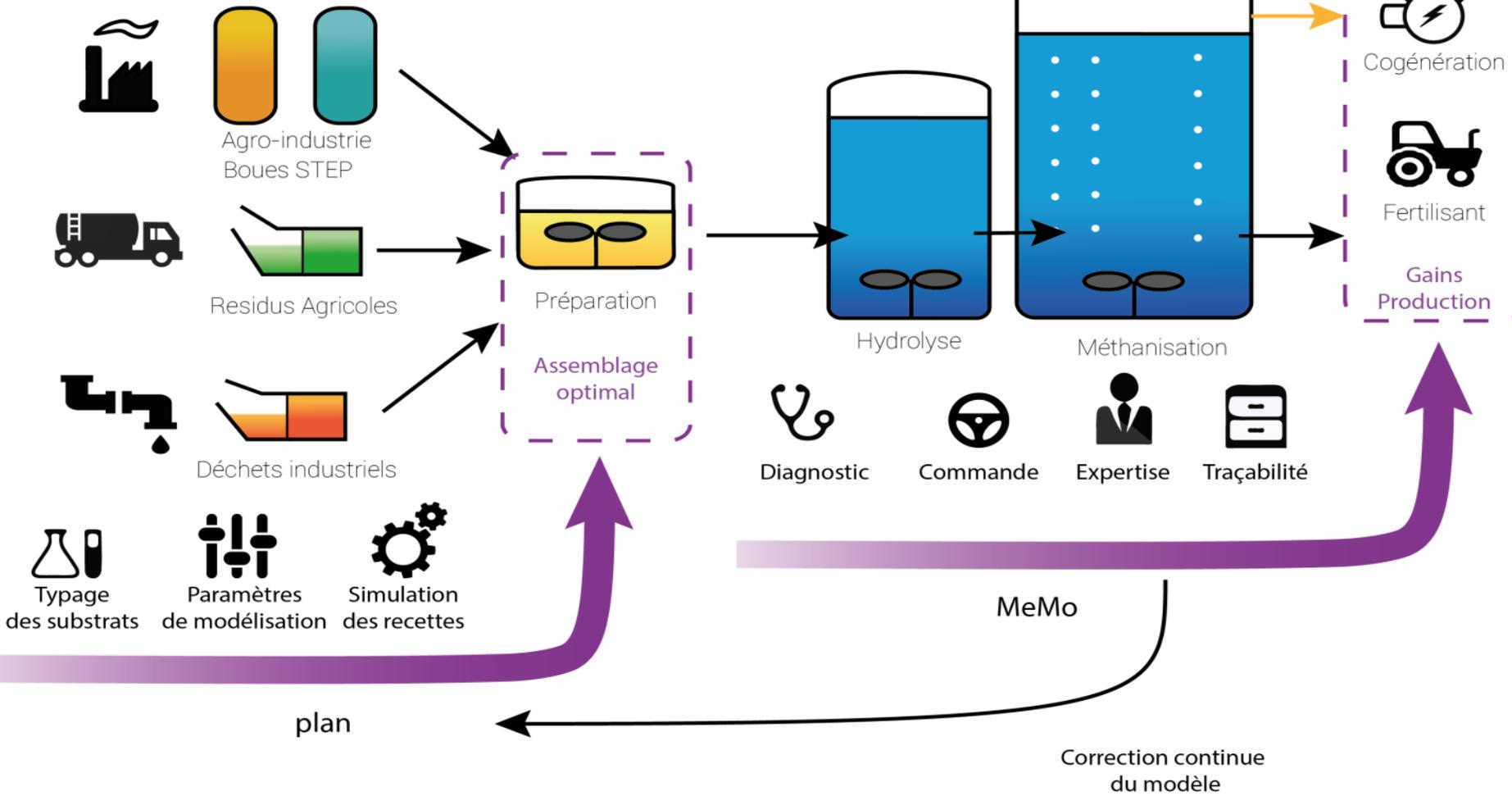
- Lien alimentation/rentabilité
- Compétition sur les intrants
- Difficulté de sécuriser les gisements
- Changement de recette = risque
  
- Caractérisation coûteuse et longue
- Difficultés sur substrats solides



Besoin d'un outil de typage rapide des substrats pour simplifier l'interaction gisement/digesteur

# 2. MeMo-PLAN

## Concept



# I.

## Etat de l'art

### ❖ Batches successifs

Garcia-Gen et al (2015)

*Kinetic modelling of anaerobic hydrolysis of solid wastes, including disintegration processes*



### ❖ Fluorescence 3D

Jimenez et al (2013)

*Prediction of anaerobic biodegradability and bioaccessibility of municipal sludge by coupling sequential extractions with fluorescence spectroscopy: towards ADM1 variables characterization.*



### ❖ Proche infrarouge

Lesteur et al (2011)

*First step towards a fast analytical method for the determination of Biochemical Methane Potential of solid wastes by near infrared spectroscopy.*



# 1.

# Caractérisation de la matière en batch



Batches successifs



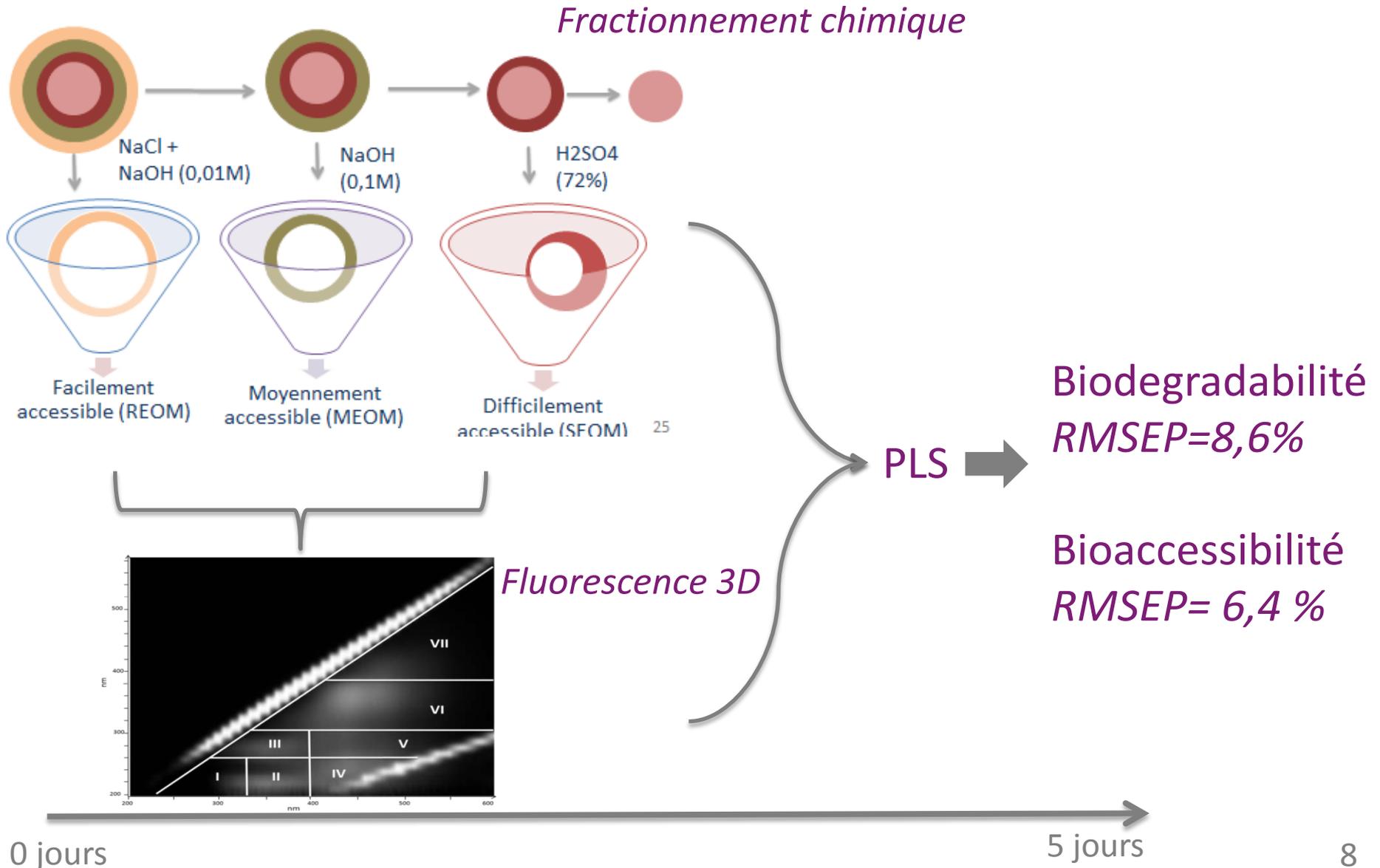
BMP

Adaptation de la biomasse

Suivi de la  
cinétique  
production  
de méthane

# 2. Caractérisation indirecte

## Fluorescence 3D



# 3. Caractérisation indirecte

## Proche infrarouge

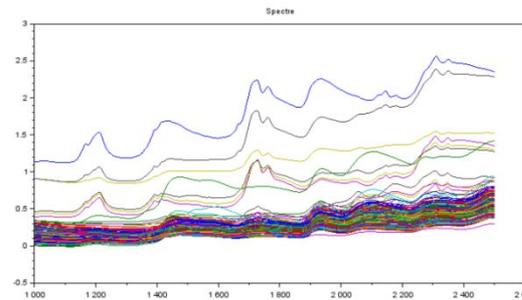


0 jours 2 jours



Préparation de l'échantillon

Analyse  
proche  
infrarouge



Résolution  
informatique



BMP  
 $RMSEP=28ml$   
 $CH_4/gMV$

# 4.

## Résultats des méthodes existantes

### Conclusion sur les analyses



	<b>Cinétique de production</b>	<b>Potentiel méthane</b>	<b>Composition du biogaz</b>	<b>Temps de l'analyse</b>
BMP	±	+	-	-
Batches successifs	+	+	±	-
Proche infrarouge	-	+	-	+
Fluorescence 3D	-	+	-	±

Comment utiliser ces analyses pour optimiser ma recette d'approvisionnement ?

# II.

## PLAN

❖ Concept

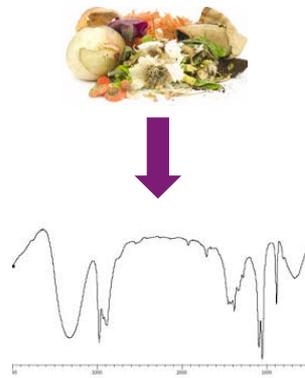
❖ Résultats

❖ MeMo-PLAN

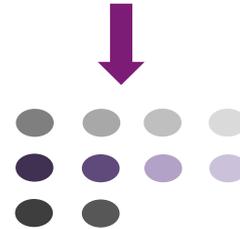
# 1. PLAN

## Concept

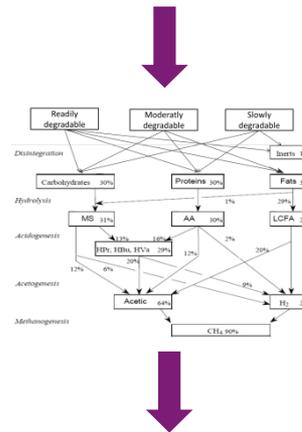
- Analyse rapide du substrat (2mn sur substrat sec)
- Estimation des caractéristiques clés (6 paramètres)
- Modélisation d'un digesteur
- Prédiction de la dégradation optimale du substrat



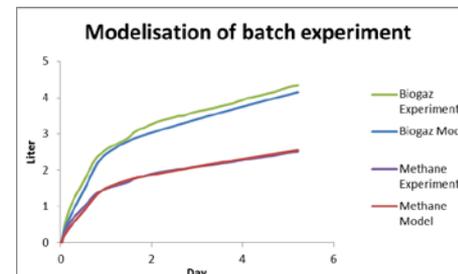
Spectre



Paramètres du substrat



Implémentation d'un modèle



Simulation des performances de digestion

# 2. Les paramètres à estimer

## 6 paramètres supplémentaires



Le proche infrarouge ressort comme étant la méthode la plus rapide, simple d'utilisation et robuste:

- ❖ Quantifie les liaisons moléculaires caractéristiques des grands groupes de constituants
- ❖ Permet d'accéder à la composition des produits

Proche infrarouge



❖ BMP

❖ Teneur en azote

❖ Teneur de sucre

❖ Teneur en lipide

❖ DCO

❖ Biodégradabilité

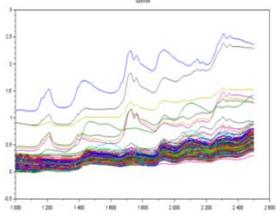
❖ Cinétique de biodégradation

# 3. Les paramètres à estimer

## Calibration et validation de la méthode

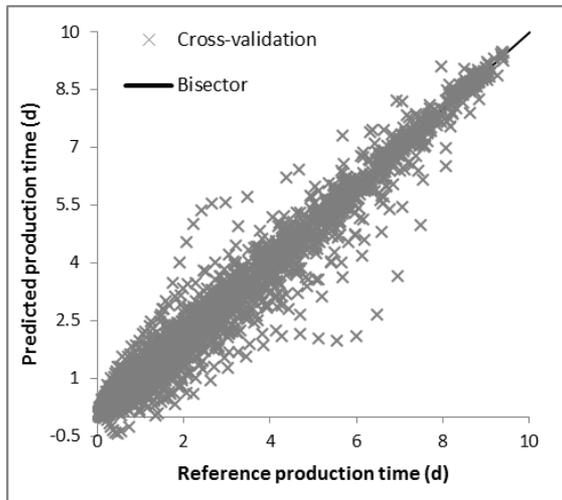
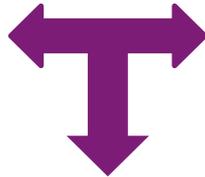


### Calibration du modèle PLS



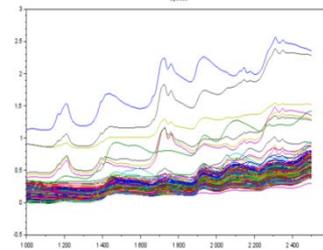
Batches successifs

Spectres

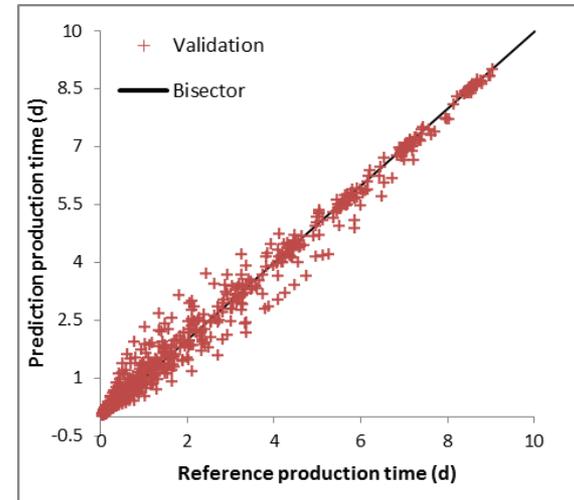
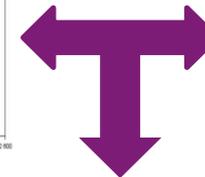


Modèle PLS

### Validation sur jeu de données indépendant



Modèle PLS

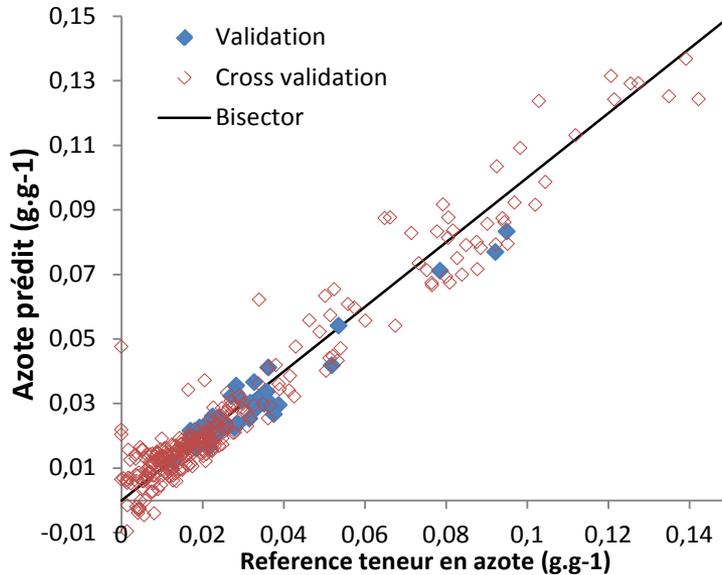
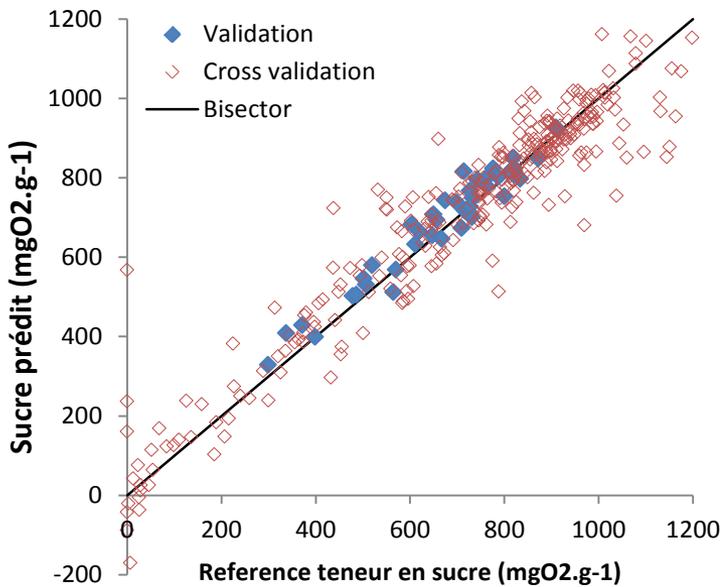
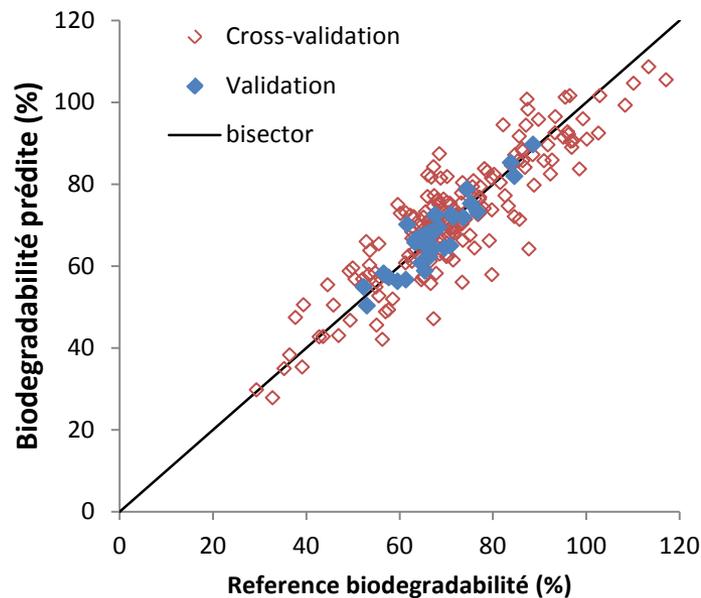
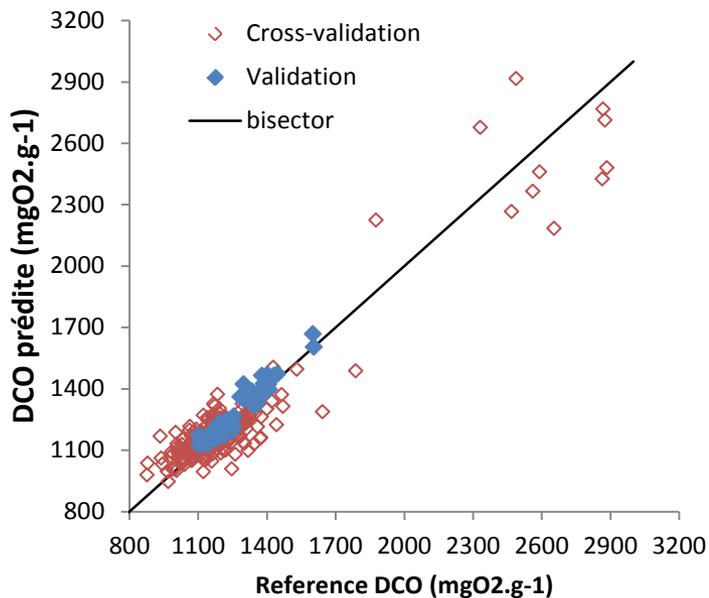


Erreur de prédiction

# 4.

# PLAN

## Précision des prédictions

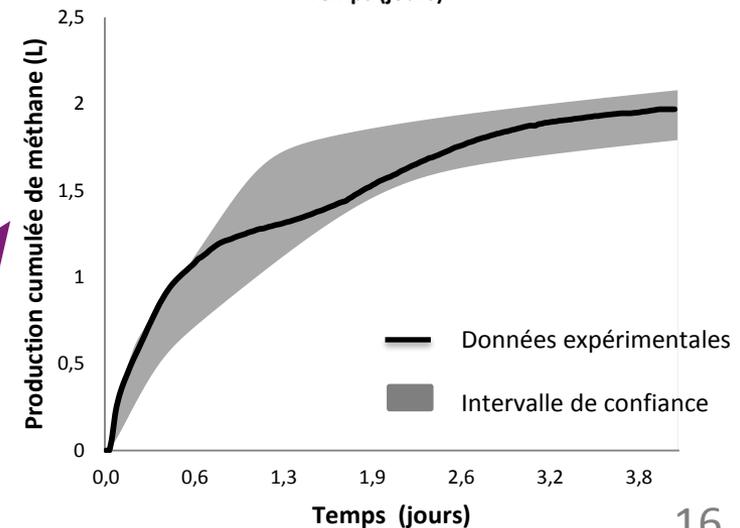
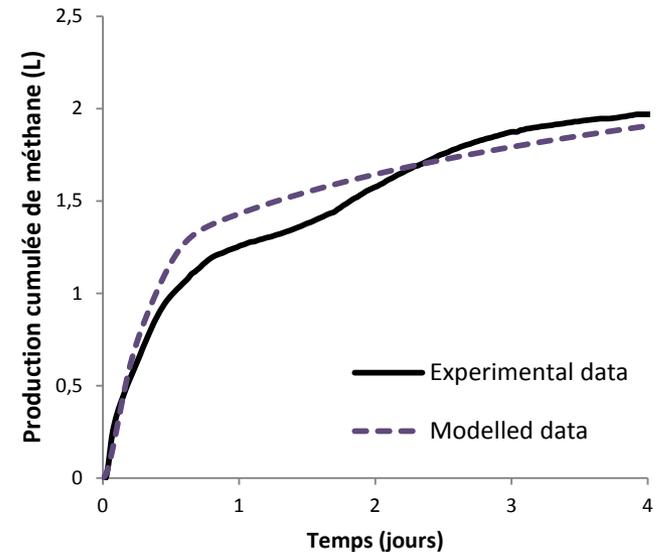
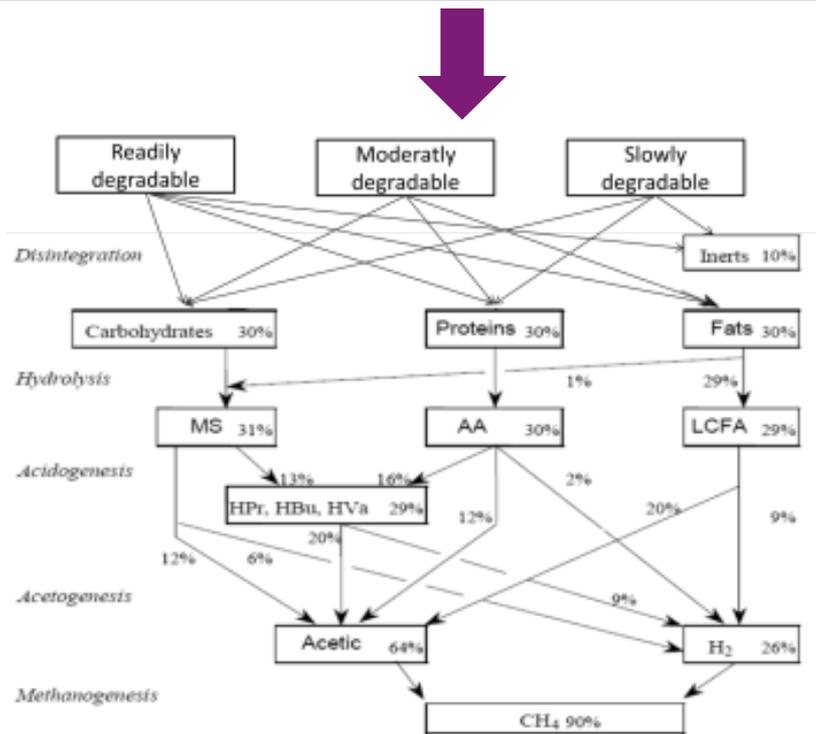


# 5. Prédiction des performances



## Implémentation d'un modèle ADM1

- ❖ Teneur en Azote
- ❖ Teneur de sucre
- ❖ Teneur en lipide
- ❖ BMP
- ❖ DCO
- ❖ Cinétique de biodégradation



# 6. Comparaison PLAN/méthodes existantes

## Conclusion sur les analyses



	<b>Cinétique de production</b>	<b>Potentiel méthane</b>	<b>Composition du biogaz</b>	<b>Temps de l'analyse</b>
BMP	±	+	-	-
Batches successifs	+	+	±	-
Proche infrarouge	-	+	-	+
Fluorescence 3D	-	+	-	±
PLAN	+	+	+	+

# 7. MeMo-PLAN

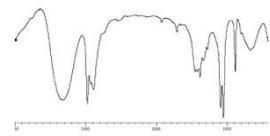
## Complémentarité



Etat actuel du digesteur



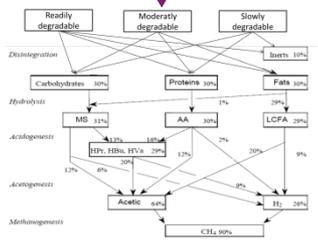
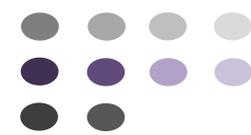
Spectre



Paramètres du digesteur

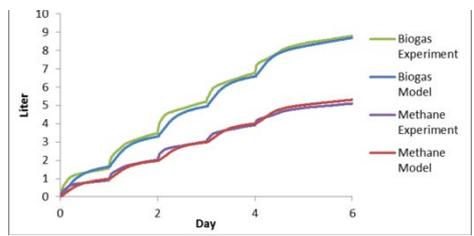


Paramètres du substrat



Implémentation d'un modèle

Prédiction des performances



Optimisation de la recette

# 8. Plan

## Conclusion sur les analyses

---



- Typage simple et rapide du substrat ( $\approx 2$  mn sur substrat sec)
- Estimation de la composition biochimique, DCO, BMP, cinétique de biodégradation.
- Modélisation des performances optimales en fonction de la recette d'alimentation
- MeMo-Plan prédit les performances réelles en fonction de la recette d'alimentation

Outil puissant d'optimisation de l'alimentation pour atteindre ses objectifs, validé en laboratoire.

# Merci pour votre attention

*Pour toutes demandes d'informations, contactez:*

Jérémie Miroux,  
CEO of BioEnTech

✉ [jeremie.miroux@bioentech.eu](mailto:jeremie.miroux@bioentech.eu)

📞 +33 (0)6 38 19 51 13



Cyrille Charnier

PhD student LBE

Engineer BioEnTech 

✉ [cyrille.charnier@bioentech.eu](mailto:cyrille.charnier@bioentech.eu)

📞 +33 (0)6 84 23 04 17



Eric Latrille,  
Ingénieur de recherche

✉ [eric.latrille@supagro.inra.fr](mailto:eric.latrille@supagro.inra.fr)

📞 +33 (0)4 68 42 51 63



Jean-Philippe Steyer,  
Directeur de recherche

✉ [jean-philippe.steyer@supagro.inra.fr](mailto:jean-philippe.steyer@supagro.inra.fr)

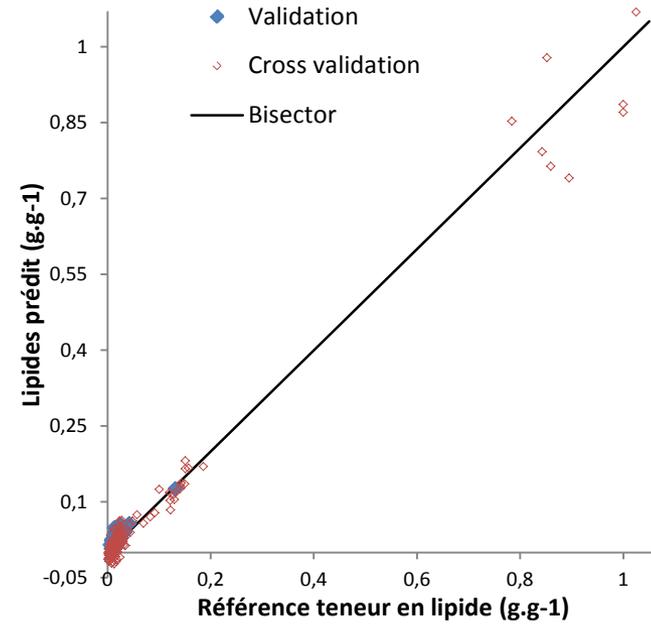
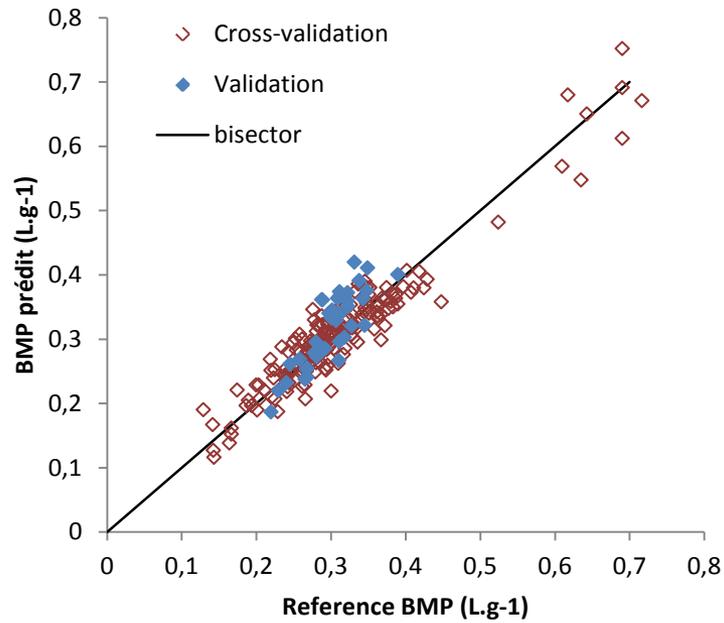
📞 +33 (0)4 68 42 51 78



# A1.

# PLAN

## Performances de prédiction



# A2.

## PLAN

### Performances de prédiction



Parameters	Azote	Sucre	Lipide	DCO	BMP	Biodégradabilité
Unit	$\text{g.g}^{-1}$	$\text{mg.g}^{-1}$ ( $\text{O}_2$ )	$\text{g.g}^{-1}$	$\text{mg.g}^{-1}$ ( $\text{O}_2$ )	$\text{L.g}^{-1}$ ( $\text{CH}_4$ )	%
Sample	43	43	38	43	38	38
$R^2$	0.92	0.95	0.79	0.91	0.71	0.83
RMSEP	$5.6 \cdot 10^{-3}$	39.9	$1.46 \cdot 10^{-2}$	41	0.038	3.3

# A3. PLAN

## Performances de prédiction- TEMPS

