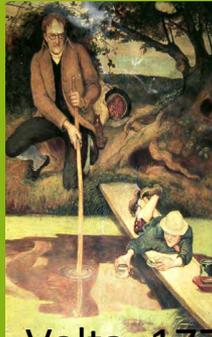


Suivi de bioprocédés de digestion anaérobie d'effluents et de déchets organiques à l'aide de sonde SPIR in-situ



Volta, 1776



Eric LATRILLE, Julie JIMENEZ, Cyrille CHARNIER, Jean-Philippe STEYER
Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, Narbonne
INRA



Contexte scientifique et technique de l'instrumentation des procédés de digestion anaérobie.

Evolutions récentes

Forte présence d'eau : le MIR en ligne.

Transporter l'échantillon

Forte présence d'eau : fermentation liquide.

La diffusion induite par les micro-organismes

Présence modérée d'eau : la digestion sèche.

Une forte hétérogénéité du milieu

Sur échantillons secs.

Les modèles viennent au secours de la mesure

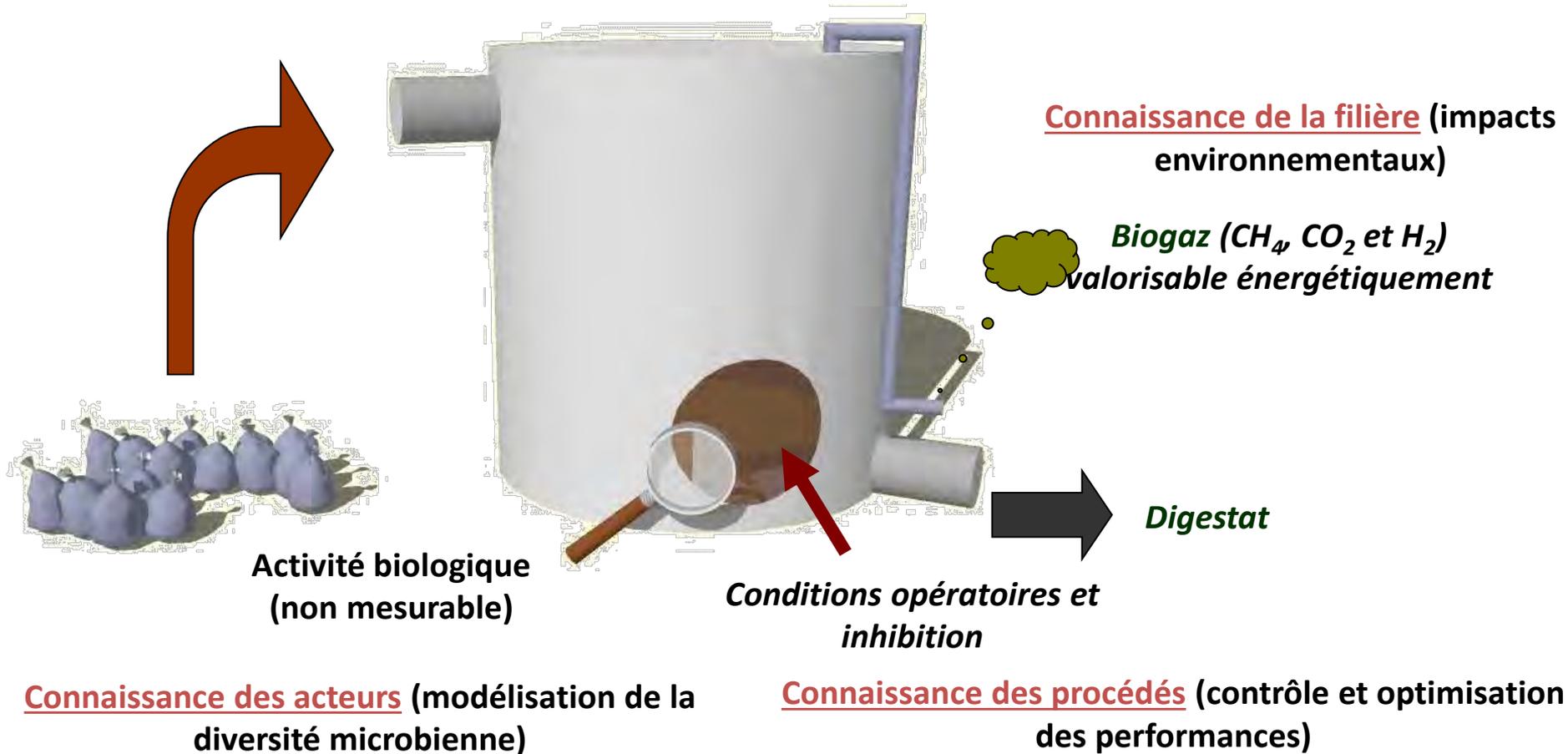
Contexte de la digestion anaérobie : méthanisation

Connaissance des intrants (caractérisation de substrats complexes et hétérogènes et prédiction de la biodégradabilité de la matière organique)

Connaissance des processus (hydrolyse, acidogénèse, transfert de matière et hydrodynamique)

Connaissance de la filière (impacts environnementaux)

Biogaz (CH_4 , CO_2 et H_2) valorisable énergétiquement



Connaissance des acteurs (modélisation de la diversité microbienne)

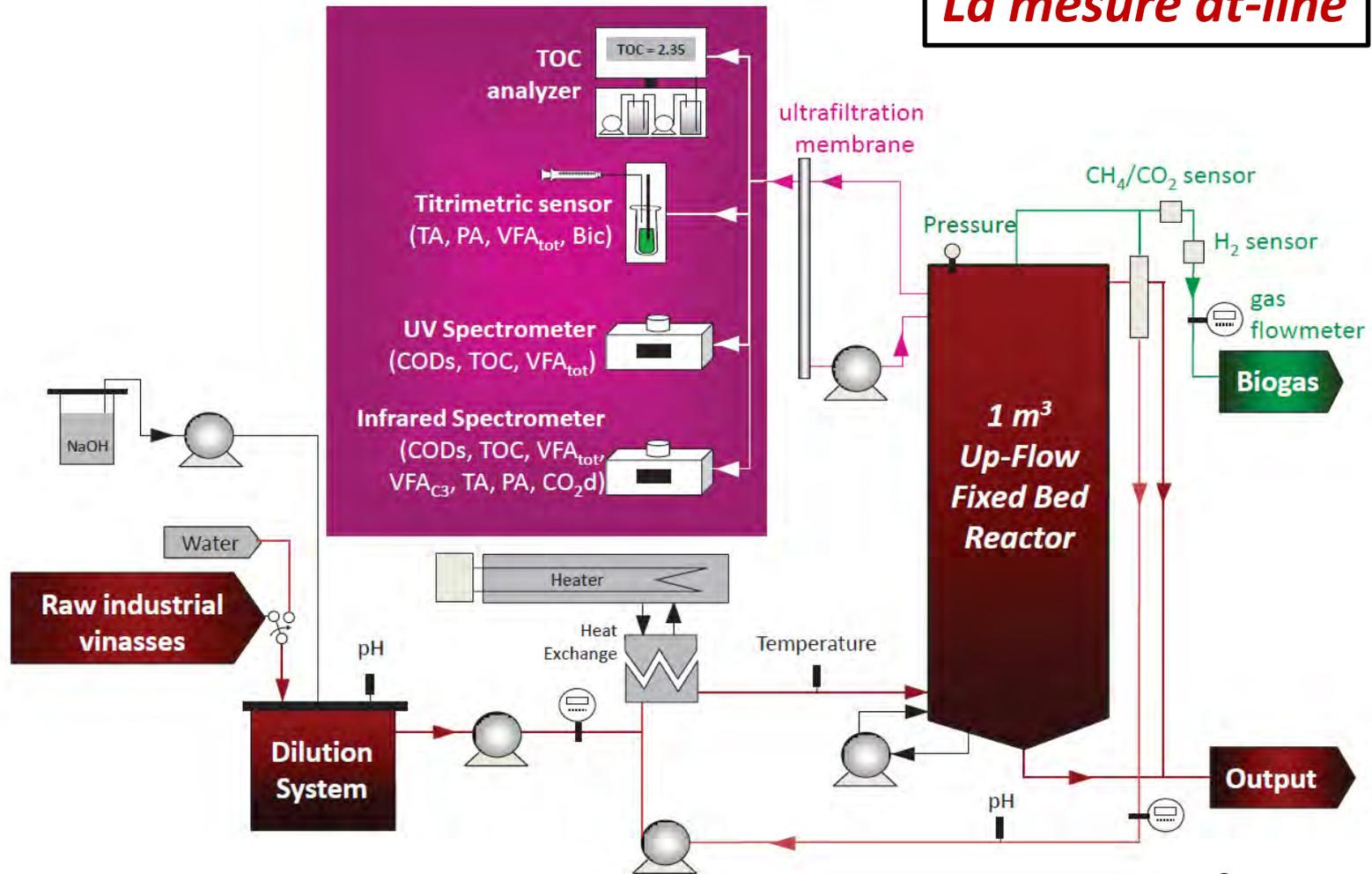
Connaissance des procédés (contrôle et optimisation des performances)

Contexte scientifique et technique

- La SPIR présente un grand potentiel pour le suivi des procédés de digestion anaérobie.
- Holm-Nielsen et al. (2008) ont évalué une sonde en ligne (Transflexive Embedded Near Infra-Red Sensor - TENIRS) pour suivre un digesteur traitant du lisier et des déchets organiques de l'industrie alimentaire. Bonne prédiction des concentrations en glycérol et en acides gras volatils.
- TENIRS est à l'origine d'une start-up.
- Sonde optique en ligne sur boucle de recirculation, 6% de matière sèche, transfert d'étalonnage entre laboratoire et installation industrielle : bonne prédictions de la teneur en matière sèche et en acide gras volatil.
(Krapf et al. 2013; Jacobi et al. 2009, 2012).
- En Allemagne, les banques qui investissaient dans les projets de méthanisation, exigeaient l'installation de spectromètres infra-rouge.
- **Problème du coût d'investissement dans le domaine du traitement des déchets.**

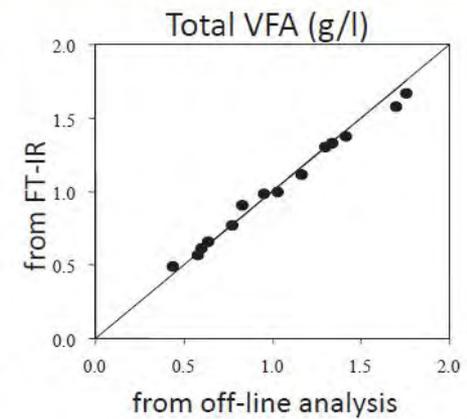
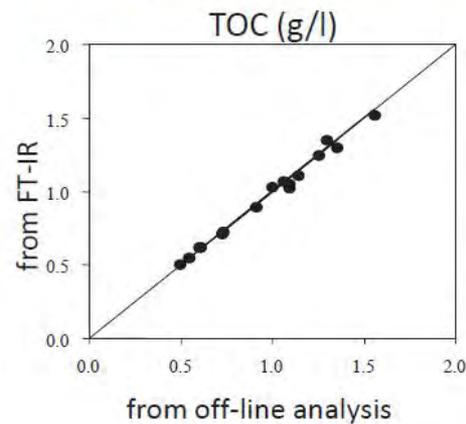
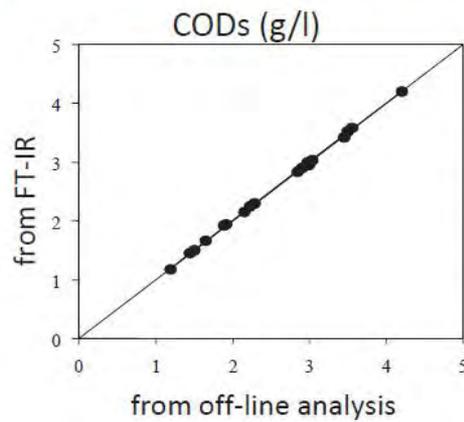
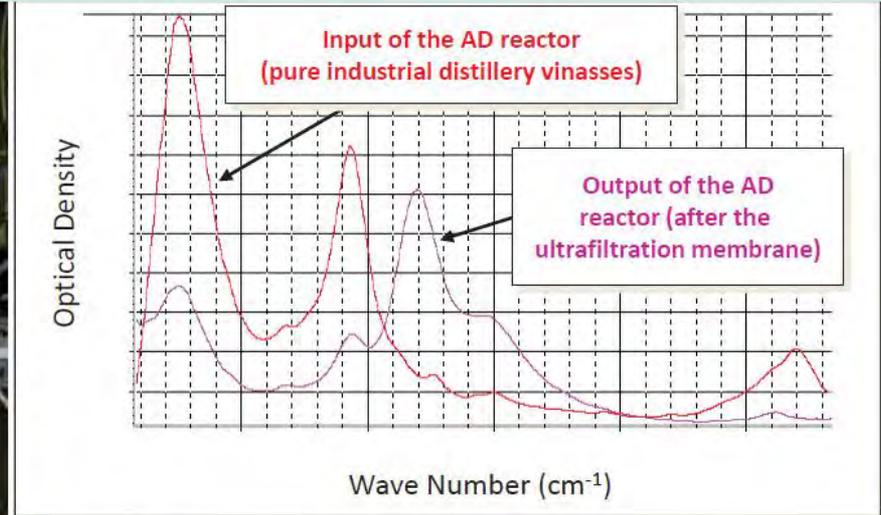
Forte présence d'eau : le MIR en ligne

La mesure at-line



Steyer et al., 2000

Forte présence d'eau : le MIR en ligne

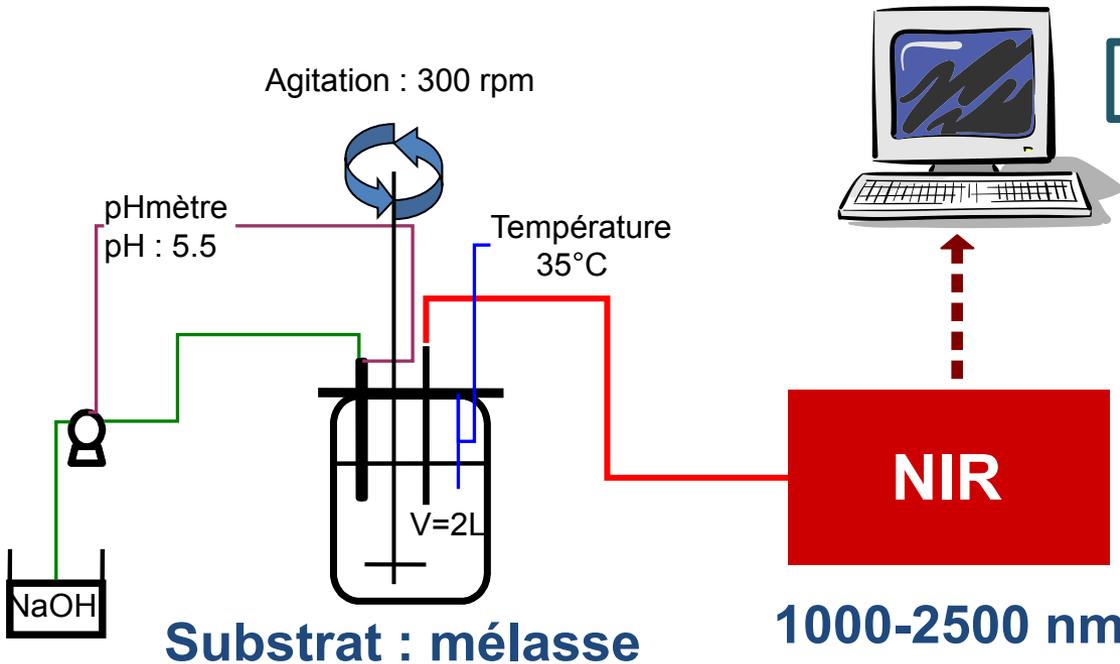


Similar results on partial and total alkalinity, dissolved CO₂ and acetate

Forte présence d'eau : fermentation liquide

La mesure on-line et in situ

Mesure in-situ par fibre optique des acides gras volatils (AGV) par NIR dans un contexte de production d'hydrogène par fermentation de mélasse

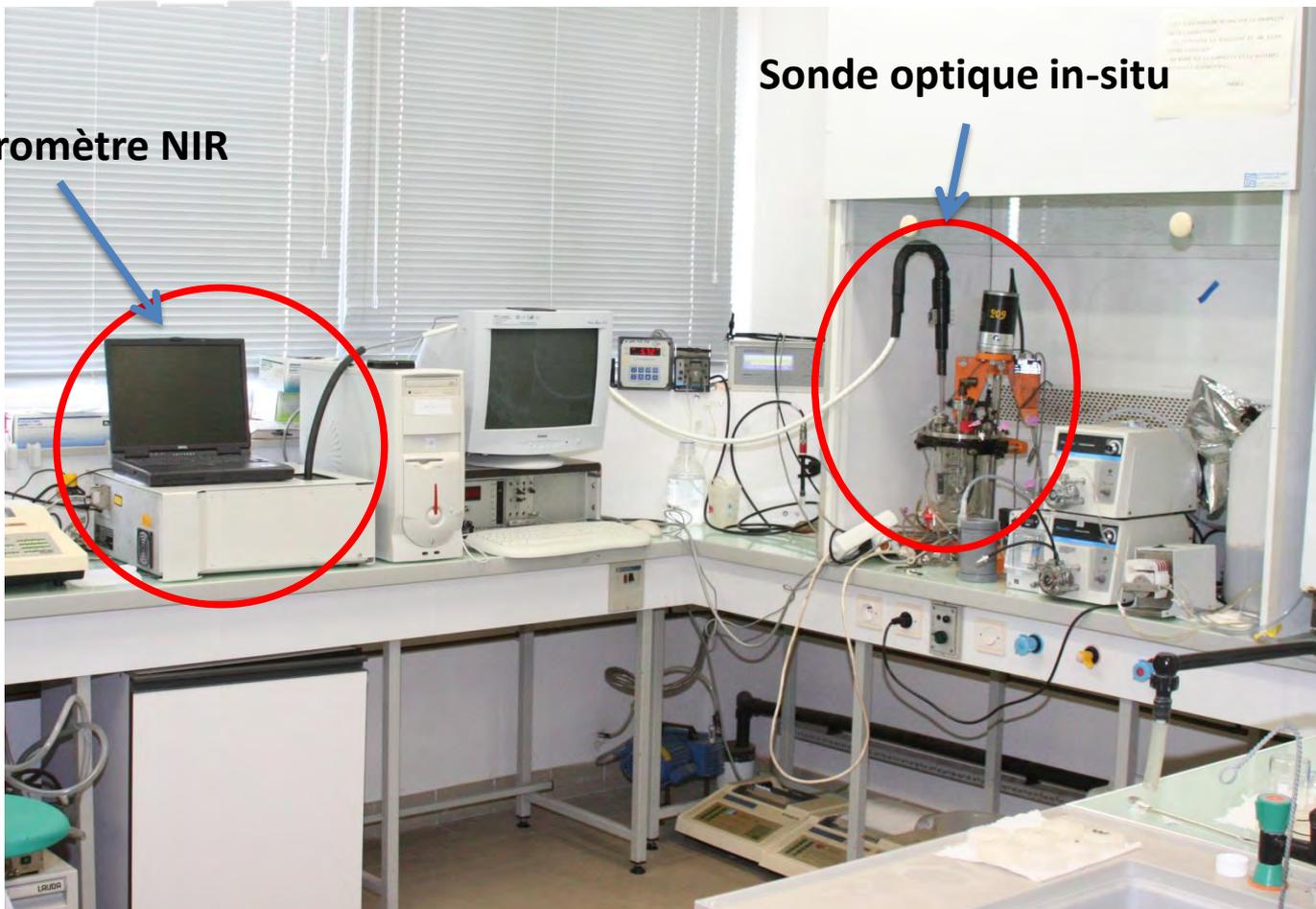


Application mono-substrat : mélasses

Lesteur et al. (2008)

Forte présence d'eau : fermentation liquide

Spectromètre NIR

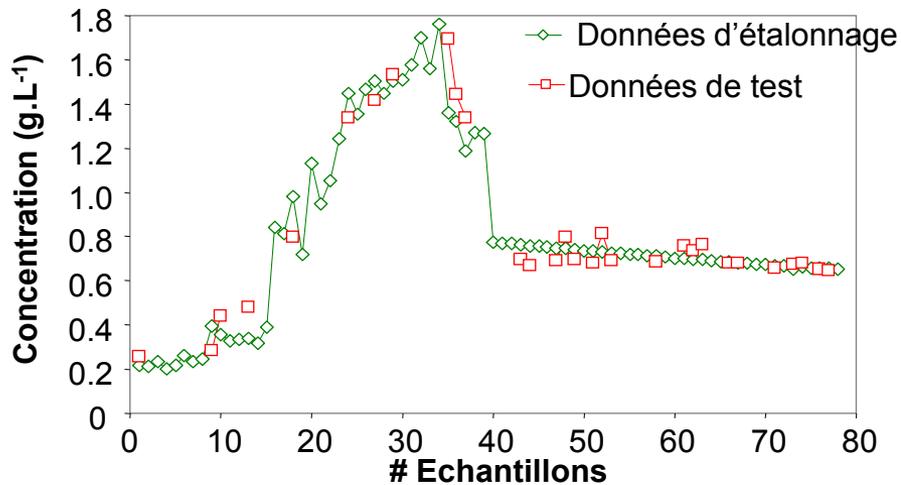


Sonde optique in-situ

Forte présence d'eau : fermentation liquide

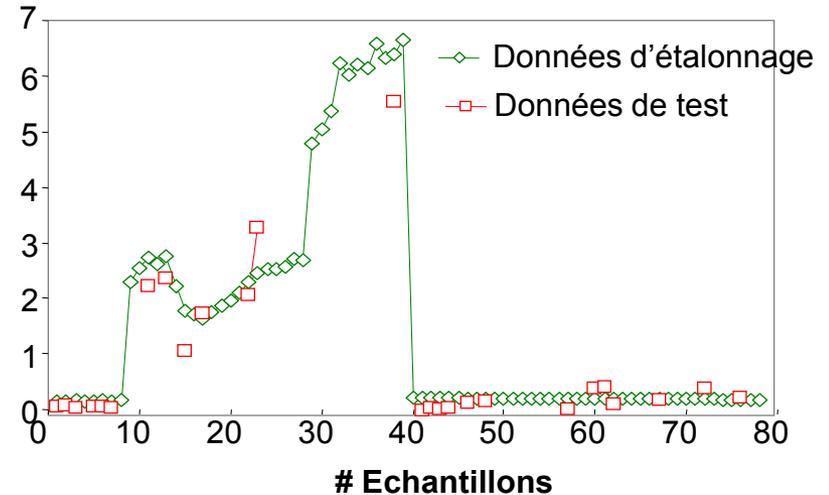
Prétraitement SNV sur les valeurs de transmittance

Concentration en acétate



SEP : 0.09 g.L⁻¹
R² : 0.91

Concentration en butyrate



SEP: 0.31 g.L⁻¹
R²: 0.96

Lesteur et al. (2008)

Forte présence d'eau : fermentation liquide

Effet de diffusion par les micro-organismes

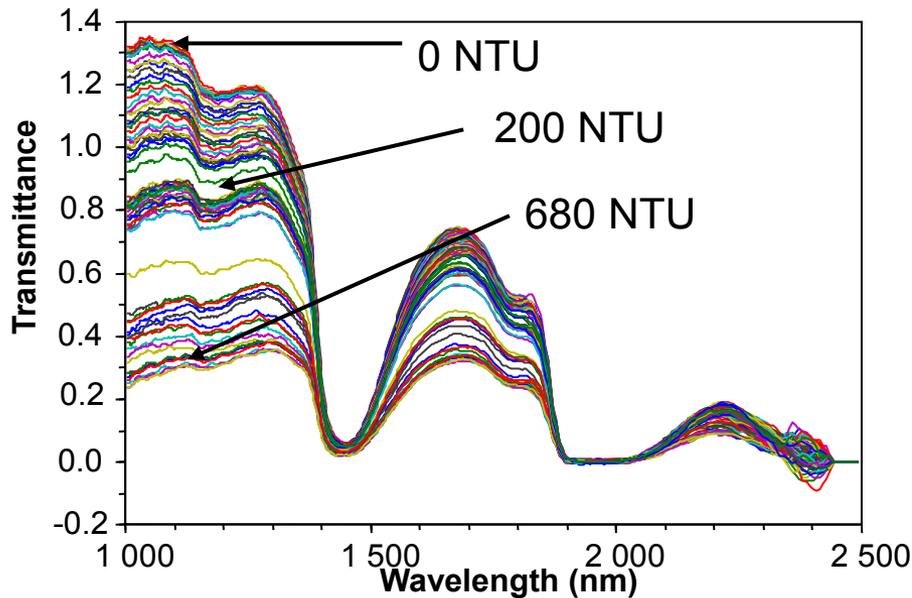
$$A = \underbrace{\varepsilon(\lambda) \cdot \ell \cdot C}_{A_{\text{mol}}} \cdot \underbrace{k(\Phi)}_{\text{Effet multiplicatif}} + \underbrace{a(\Phi)\lambda + b(\Phi)}_{\text{Effet additif}}$$

A_{mol} :
absorbances
moléculaires

Effet multiplicatif

Effet additif

Φ Fraction de micro-organismes.
 λ Longueur d'onde



Negligible multiplicative effects:

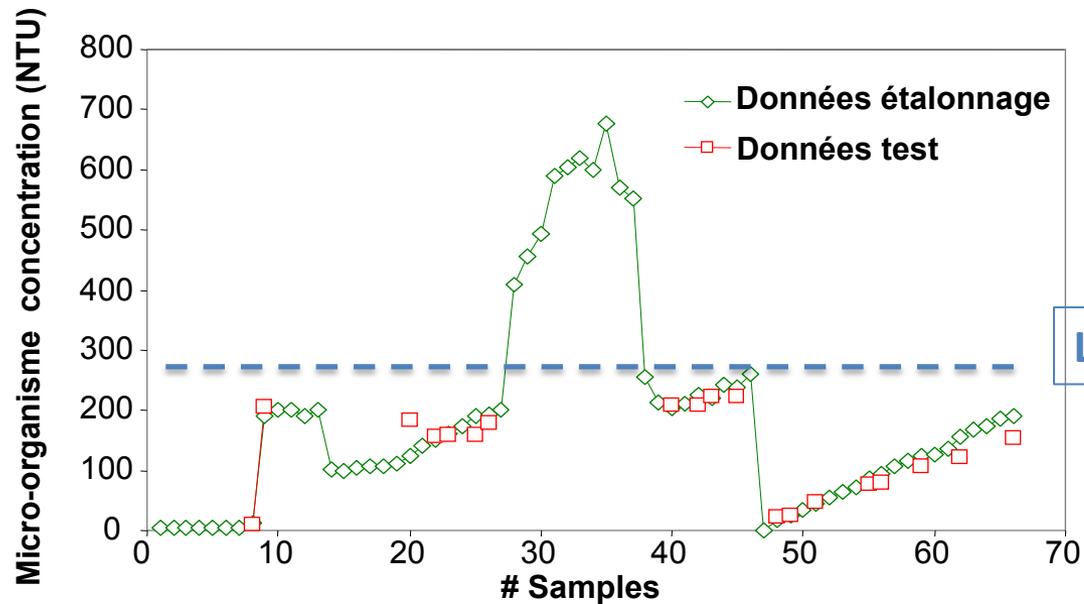
$$A = A_{\text{mol}} + A_b$$

$$T = T_{\text{mol}} \cdot T_b$$

SNV on transmittance values

Forte présence d'eau : fermentation liquide

Sans prétraitement des valeurs de transmittance



Limite de linéarité

Présence modérée d'eau : la digestion sèche

Digestion anaérobie de déchets verts et de biodéchets.

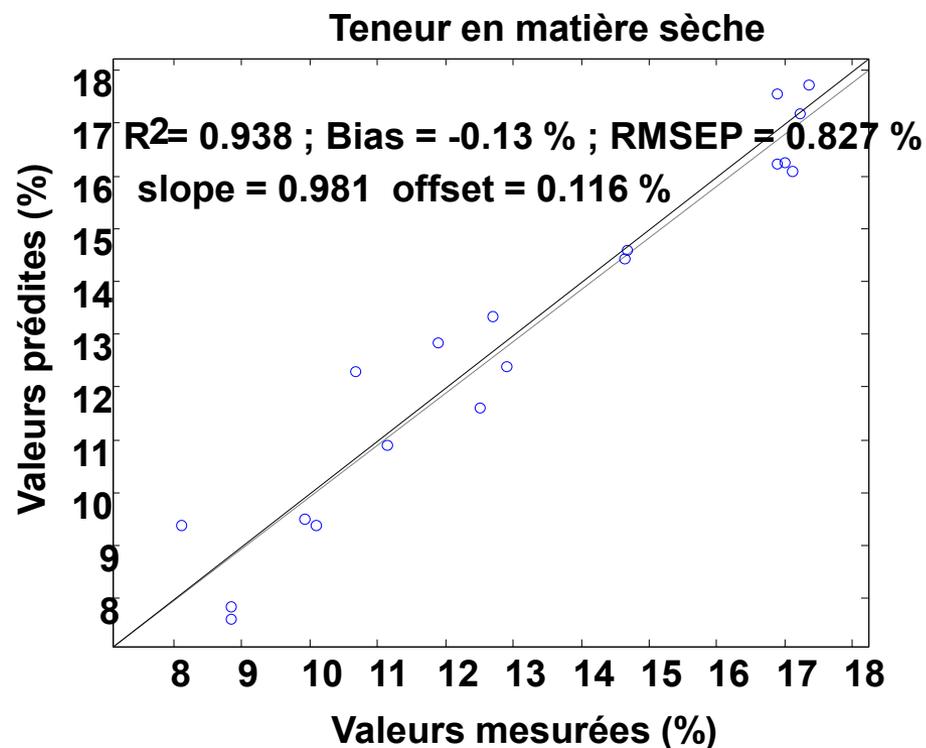
Forte hétérogénéité en eau dans le digesteur.

Absence d'agitation.

Digestat de couleur noire.

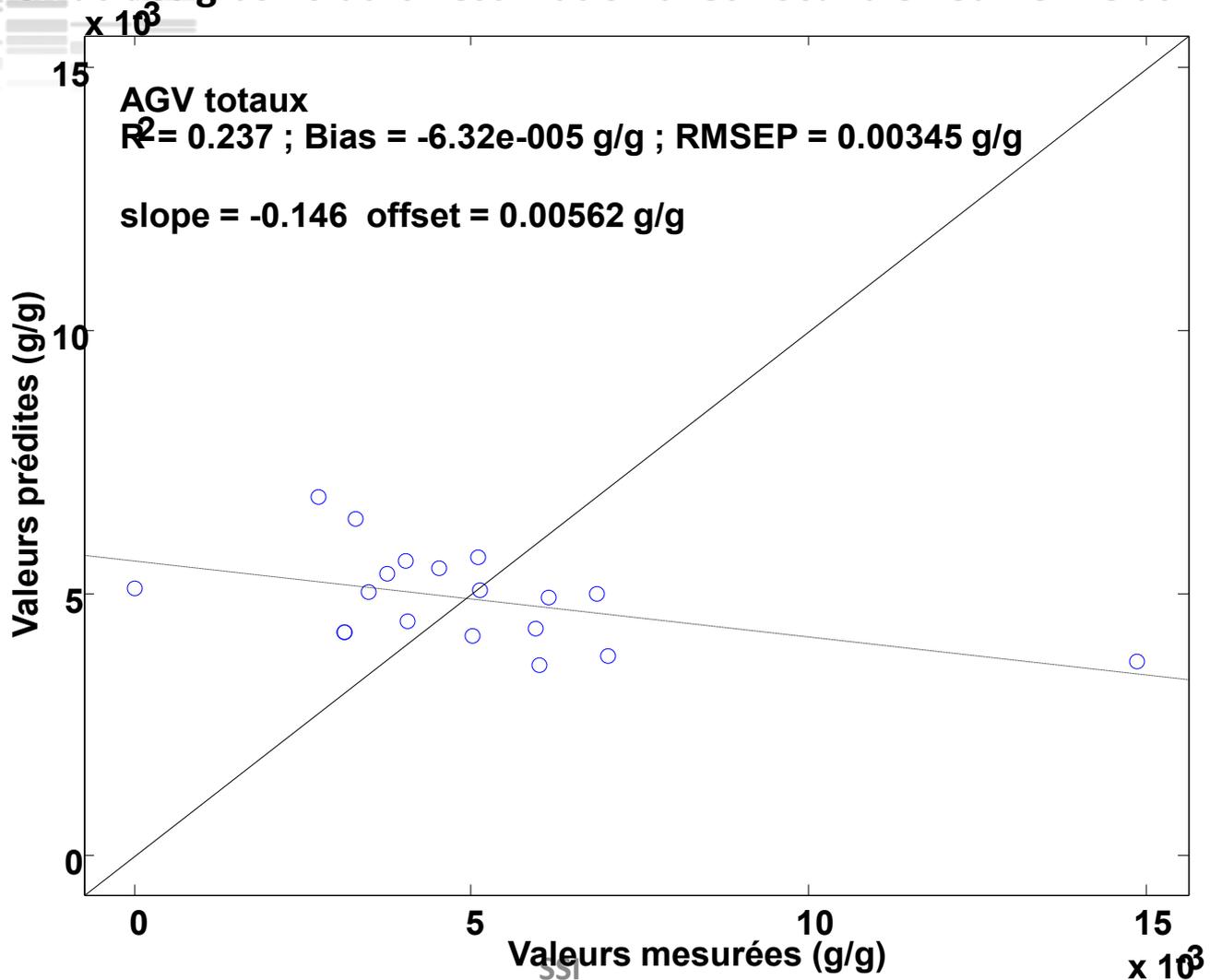
Teneurs en eau comprises entre 82% et 92% ; Teneurs en matière sèche 8% à 18%.

La mesure on-line et in situ



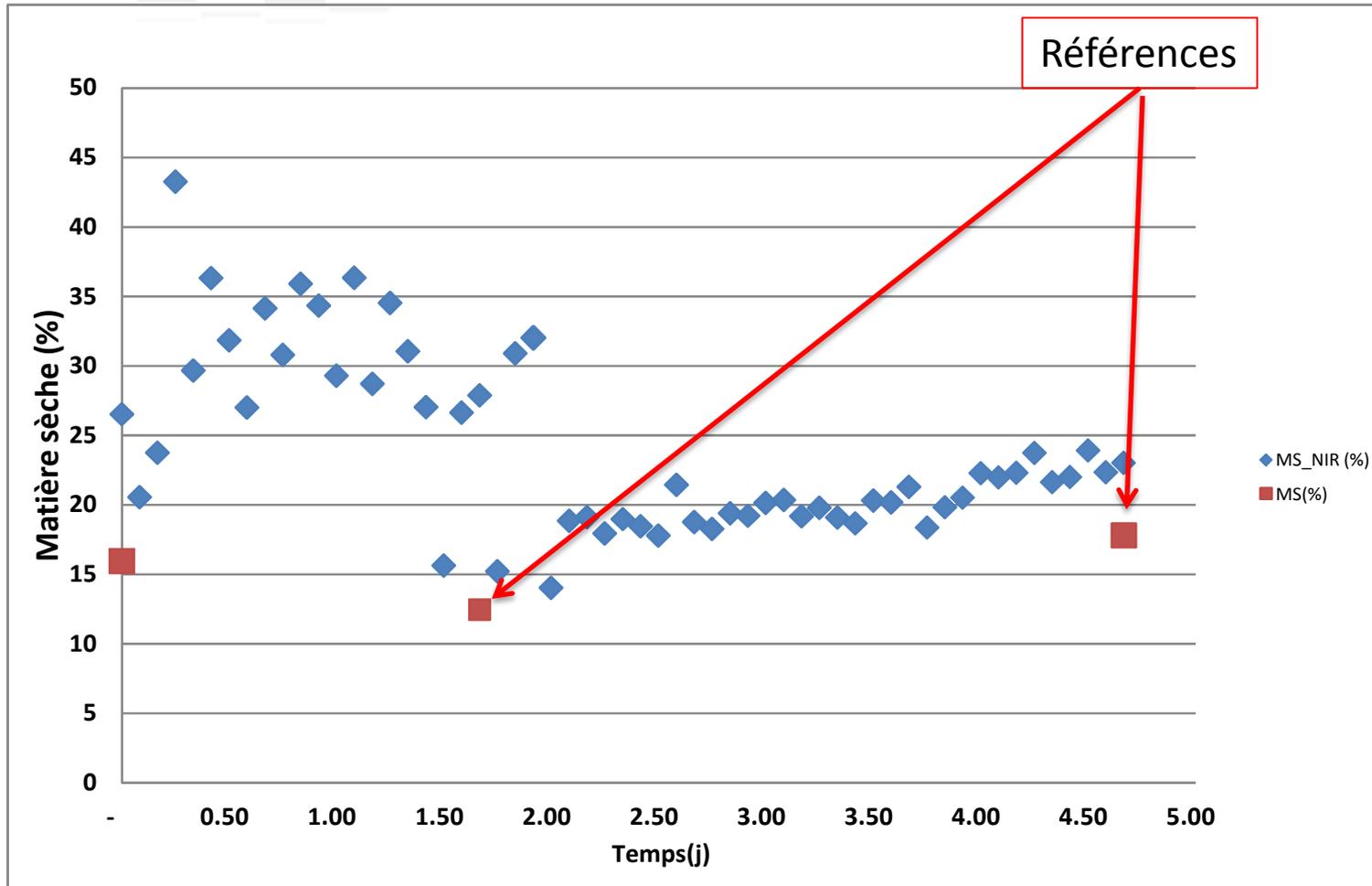
Présence modérée d'eau : la digestion sèche

Teneur en acides gras volatils : estimation avec 100% d'erreur en relatif !!!



Présence modérée d'eau : la digestion sèche

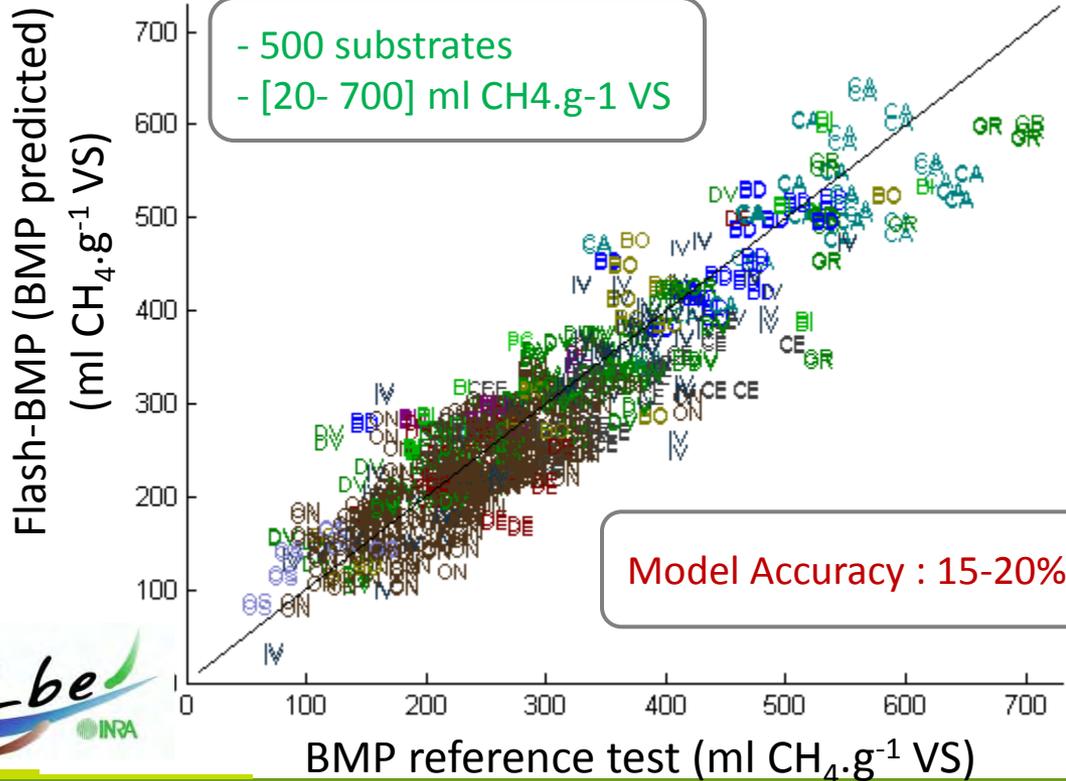
Application : mesure in-situ toutes les 2 heures



Sur échantillons secs

Caractérisation de la matière organique des déchets

La mesure off-line



Some included substrates:

Municipal Solid Waste

Agro-industrial

Green waste

Energy crops

Manure

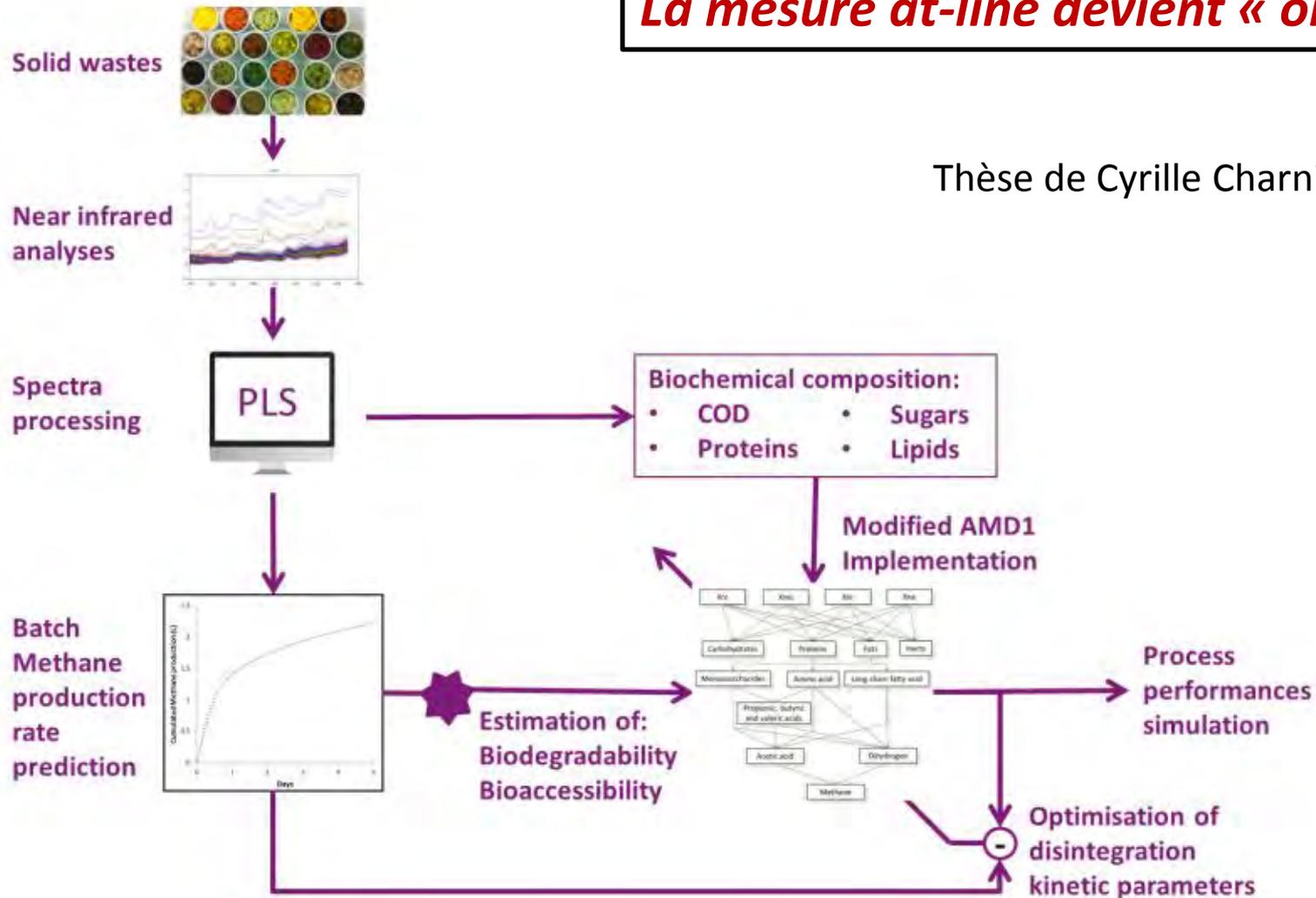
Sludge



Sur échantillons secs

La mesure at-line devient « on-line »

Thèse de Cyrille Charnier, 2016



Perspectives



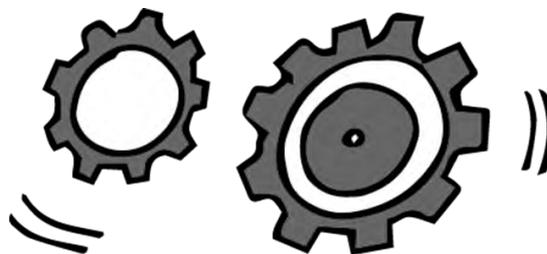
Réduire le temps de préparation d'échantillons

« Refaire » l'étude avec des échantillons bruts humides

Merci de votre attention



Volta, 1776



Un logiciel, ChemFlow

Principales méthodes rencontrées en chimiométrie. Gratuit, et accessible depuis un navigateur internet.



ChemFlow

Nous n'héritons pas la terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants

Antoine de Saint Exupéry

