



HAL
open science

Vers une gestion optimale et fiable des procédés continus de digestion en voie sèche : acquis et questions en suspens

Sébastien Pommier, Renaud Escudié, Pierre Buffiere

► To cite this version:

Sébastien Pommier, Renaud Escudié, Pierre Buffiere. Vers une gestion optimale et fiable des procédés continus de digestion en voie sèche : acquis et questions en suspens. Journées Recherche et Industrie Biogaz méthanisation, Institut National de Recherche Agronomique (INRA). UR Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (0050)., Oct 2013, Narbonne, France. hal-01595628

HAL Id: hal-01595628

<https://hal.science/hal-01595628>

Submitted on 3 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.

Journées Recherche et Industrie biogaz méthanisation

16-17-18 octobre 2013

Palais des Archevêques de Narbonne

Vers une gestion optimale et fiable des procédés continus de digestion en voie sèche acquis et questions en suspens

Sébastien POMMIER, LISBP, INSA Toulouse



Renaud Escudié, LBE, INRA Narbonne



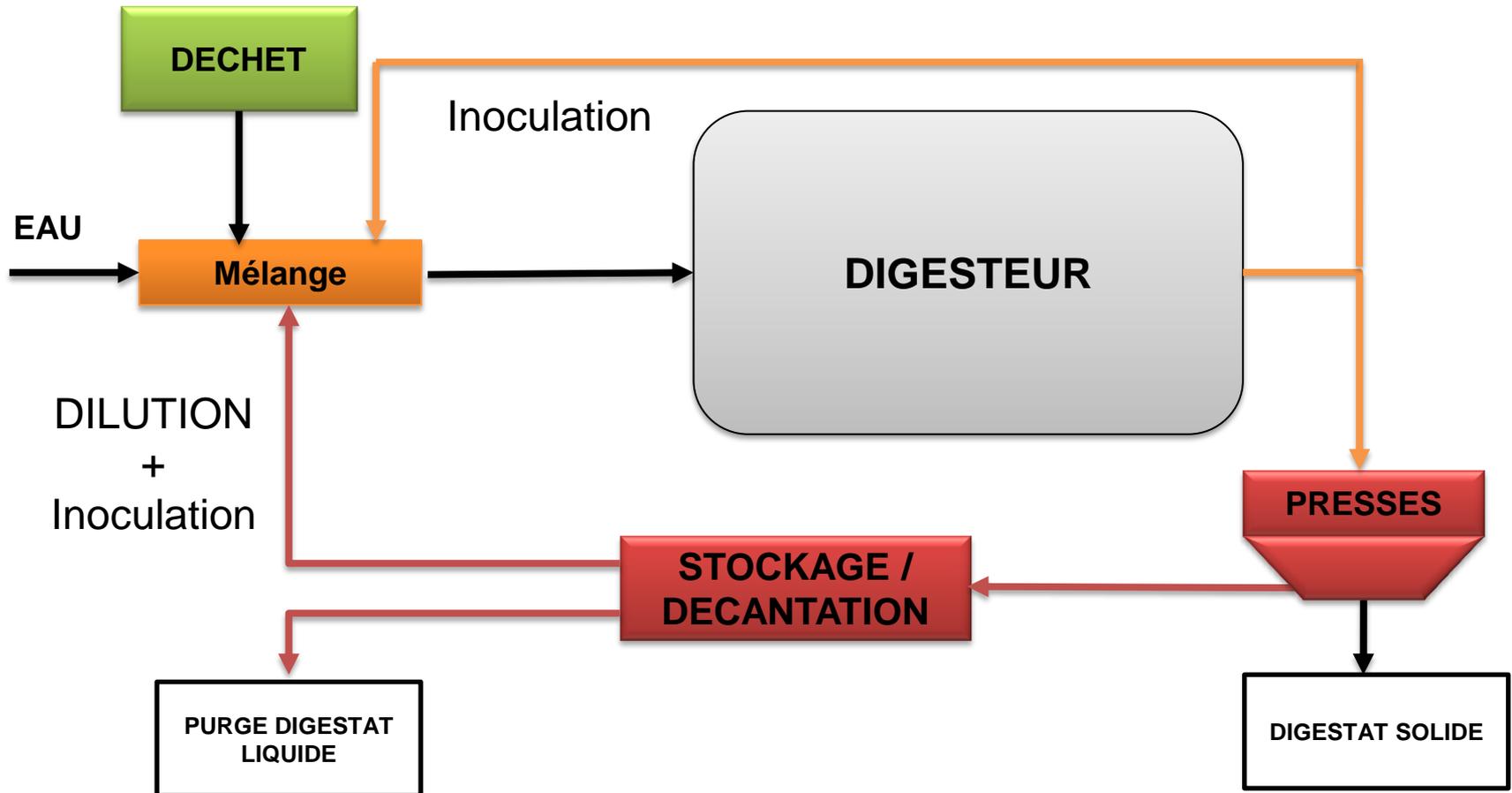
Pierre Buffière, LGCIE, INSA de Lyon



Pourquoi la digestion « sèche »

- Gisement global Français
 - 47 Mt de DMA (2 Mt traités par méthanisation)
 - 300 Mt de déchets agricoles (dont 150 « récupérables »)
 - 60 % sous forme épaisse (Fumiers)

Schéma general de fonctionnement des digesteurs voie sèche continue



Technologies en continu



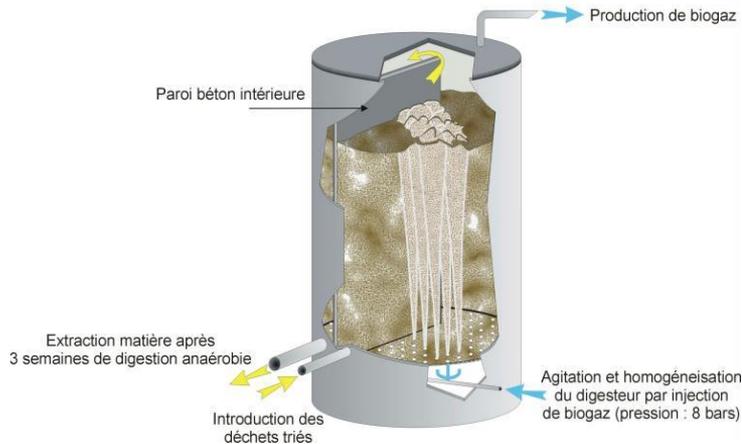
OWS / Dranco (20-40% MS)



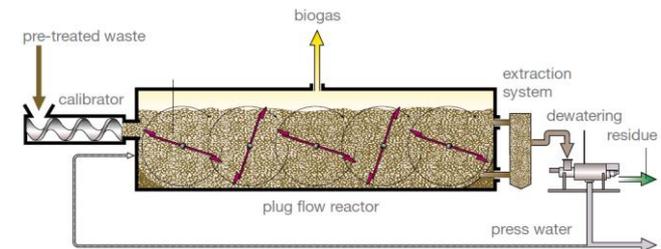
**KOMPOGAS
(20-30% MS)**



OGIN (20-35% MS)



VALORGA (25-35% MS)

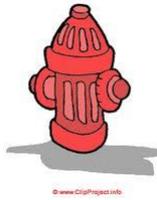


SRATBAG – Linde (15-45% MS)

Des interactions clés entre physique et biologie

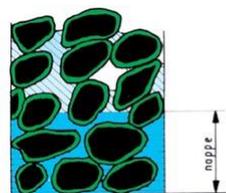
Physique

Consistance, rhéologie,
pompage



Mélange et sédimentation

Etats de l'eau



Etats de l'eau dans les sols

Biologie

Transport **substrats** vers **microorganismes**
Convection ↔ mélange,
Diffusion ↔ rhéologie

Inhibitions
(accumulations locales
AGV, H₂, ...)

Caractérisation rhéologique des digestats

► Complexité des déchets solides

- Milieux **hétérogènes** (volume de l'échantillon important)
- **Taille des particules** importante (> cm)

Rhéomètres conventionnels pas utilisables !

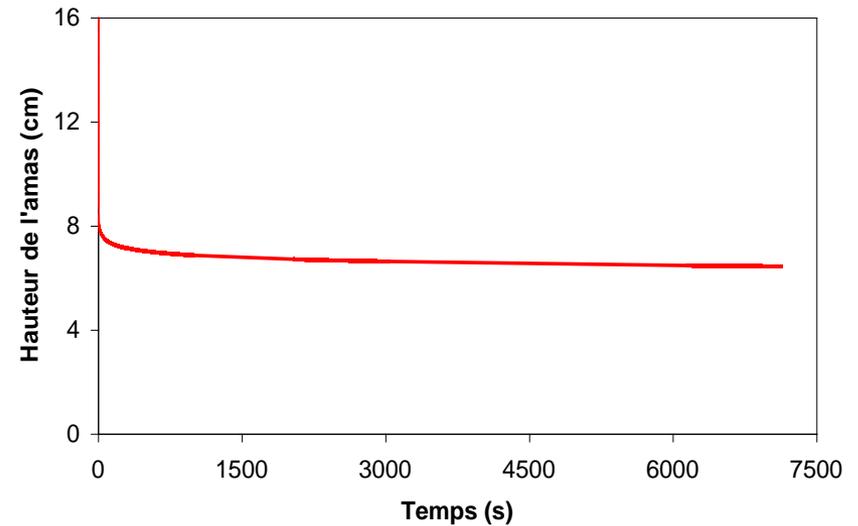
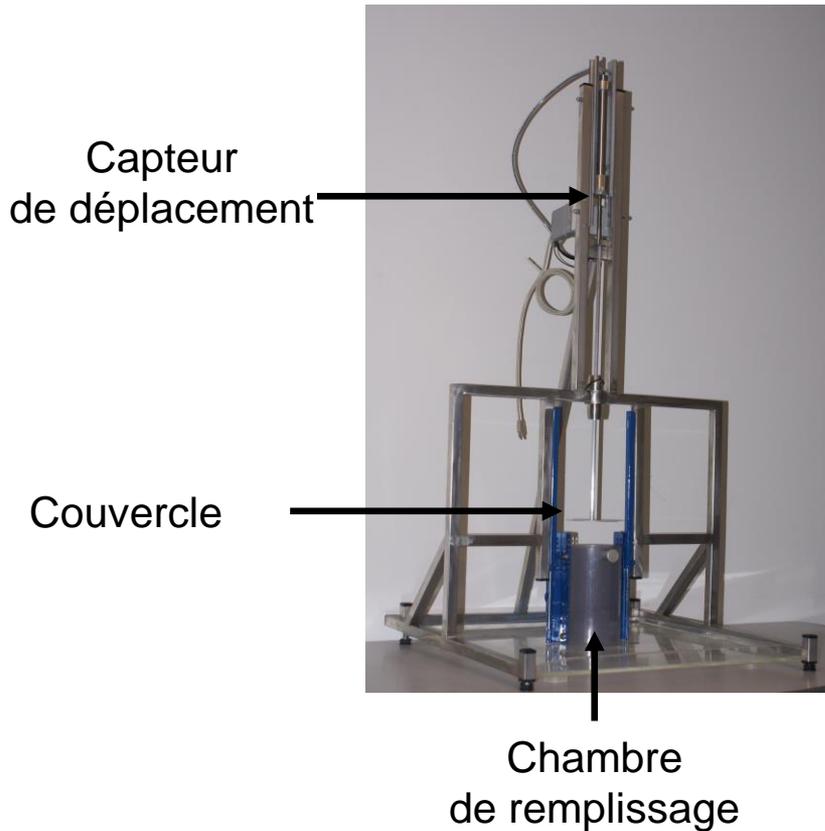
► Procédure proposée par Battistoni *(Battistoni et al., 1993, 1997, 2000)*

- **tamissage** pour sélectionner la fraction fine (<0.84mm)
- Utilisation d'un **rhéomètre conventionnel** commercial

Analyse des boues et de digestats solide (60% MS< fraction fine < 80% TS)

- Milieu **plastique** (Bingham model)
- Fluide à **seuil de contrainte** (τ_c)

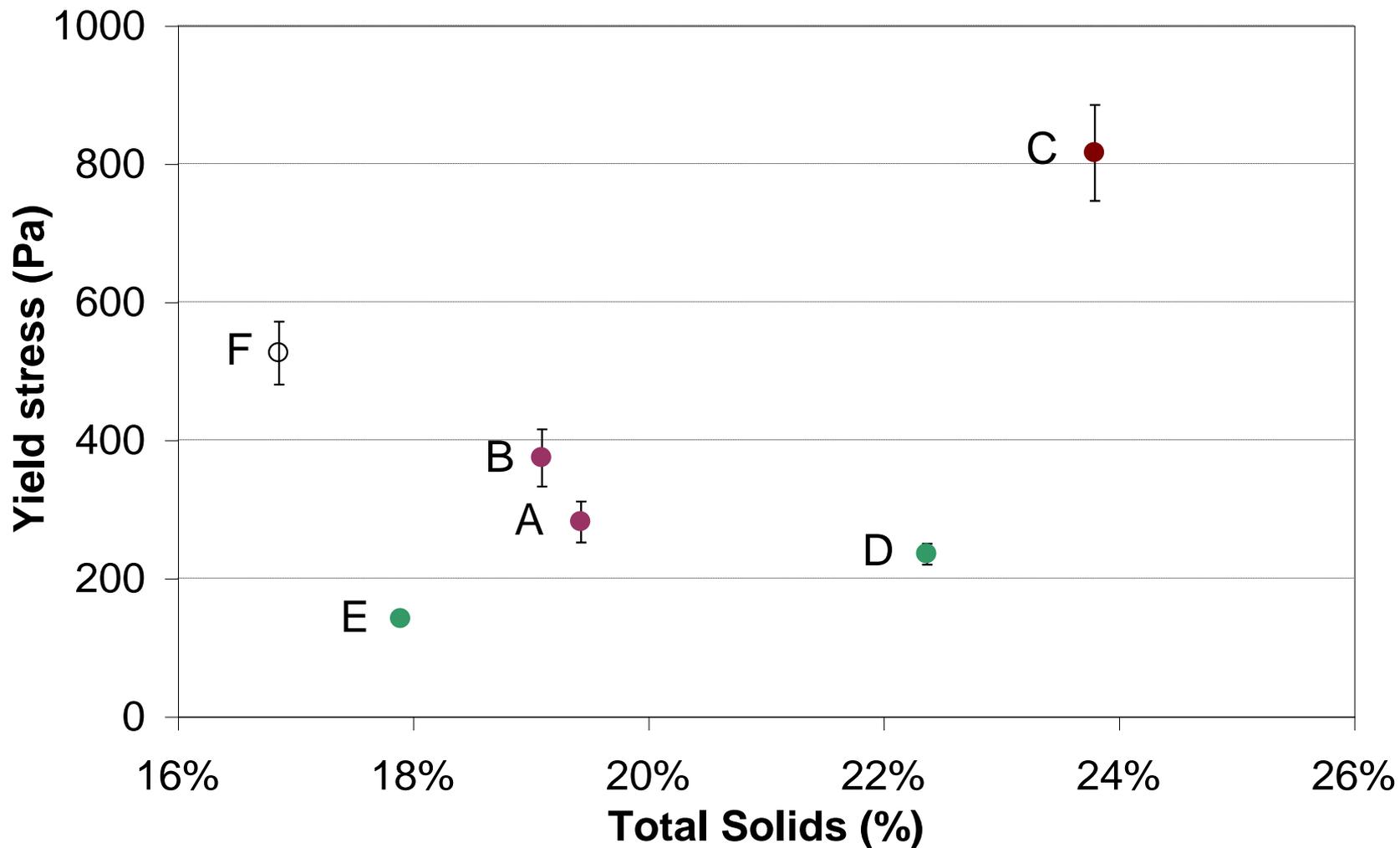
Test d'effondrement (Slump test)



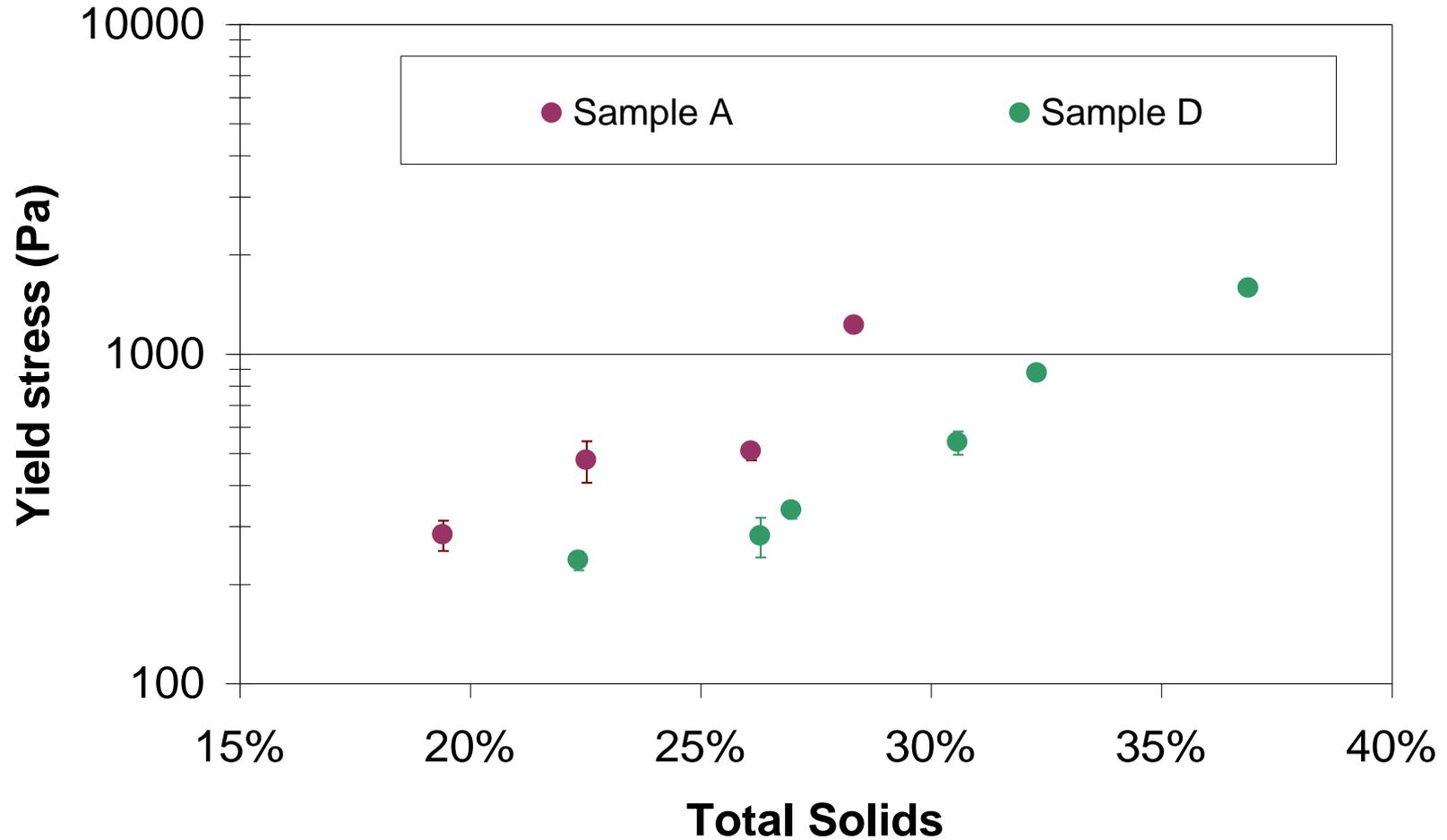
**Hauteur finale d'effondrement
=> seuil de contrainte (τ_c)**

$$s = H + \frac{m_0}{\rho\pi R^2} - \frac{2\tau_c}{\rho g} \left(1 + \ln \left(\frac{\rho g (H + m_0 / \rho\pi R^2)}{2\tau_c} \right) \right)$$

Seuil de contrainte de digestats secs

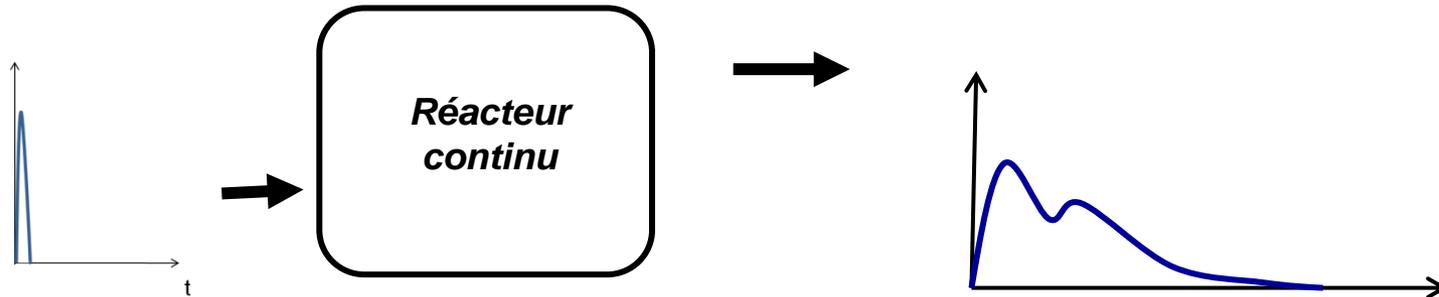


Influence du taux de MS



Mélange des solides dans les réacteurs secs

► Caractérisation du mélange par la technique de DTS



Injection d'un traceur (m_0)

Traceurs solides

Polypropylène

$d = 8 \text{ mm}$
 $\rho_s = 0.95 \text{ kg.L}^{-1}$



Bioflow 9[®]

$d \approx 10 \text{ mm}$
 $\rho_s \approx 1 \text{ kg.L}^{-1}$

Verre

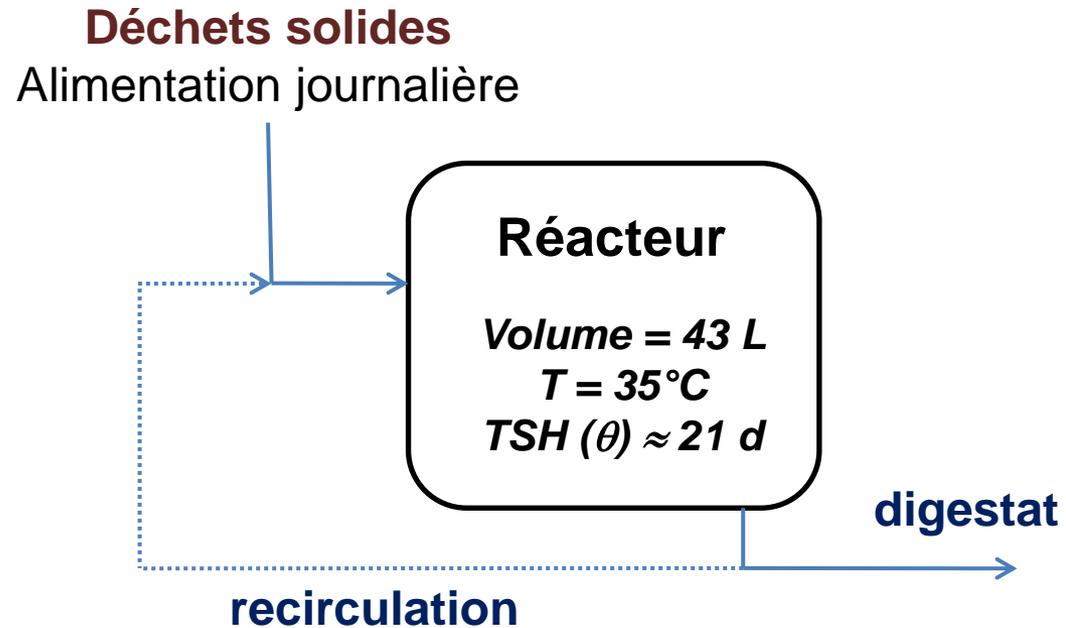
$d = 8 \text{ mm}$
 $\rho_s = 2.5 \text{ kg.L}^{-1}$

Polyamide

$d = 8 \text{ mm}$
 $\rho_s = 1.14 \text{ kg.L}^{-1}$

- Injection de 500 particules
- Détection manuelle

Dispositif de laboratoire

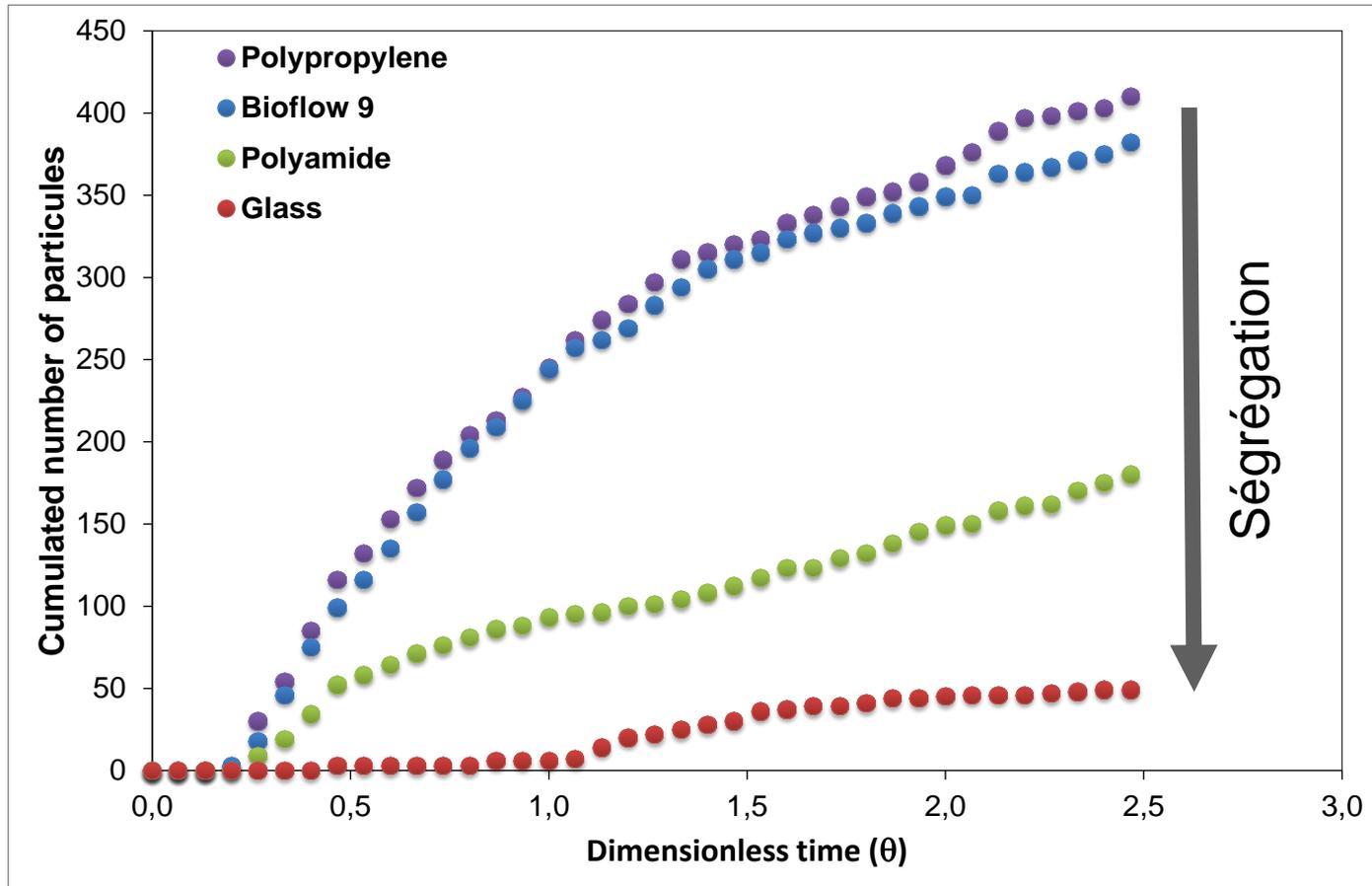


4 conditions opératoires

- FFOM à 22%, 26% and 30% TS
- DV à 23% TS

Macro-mélange des solides

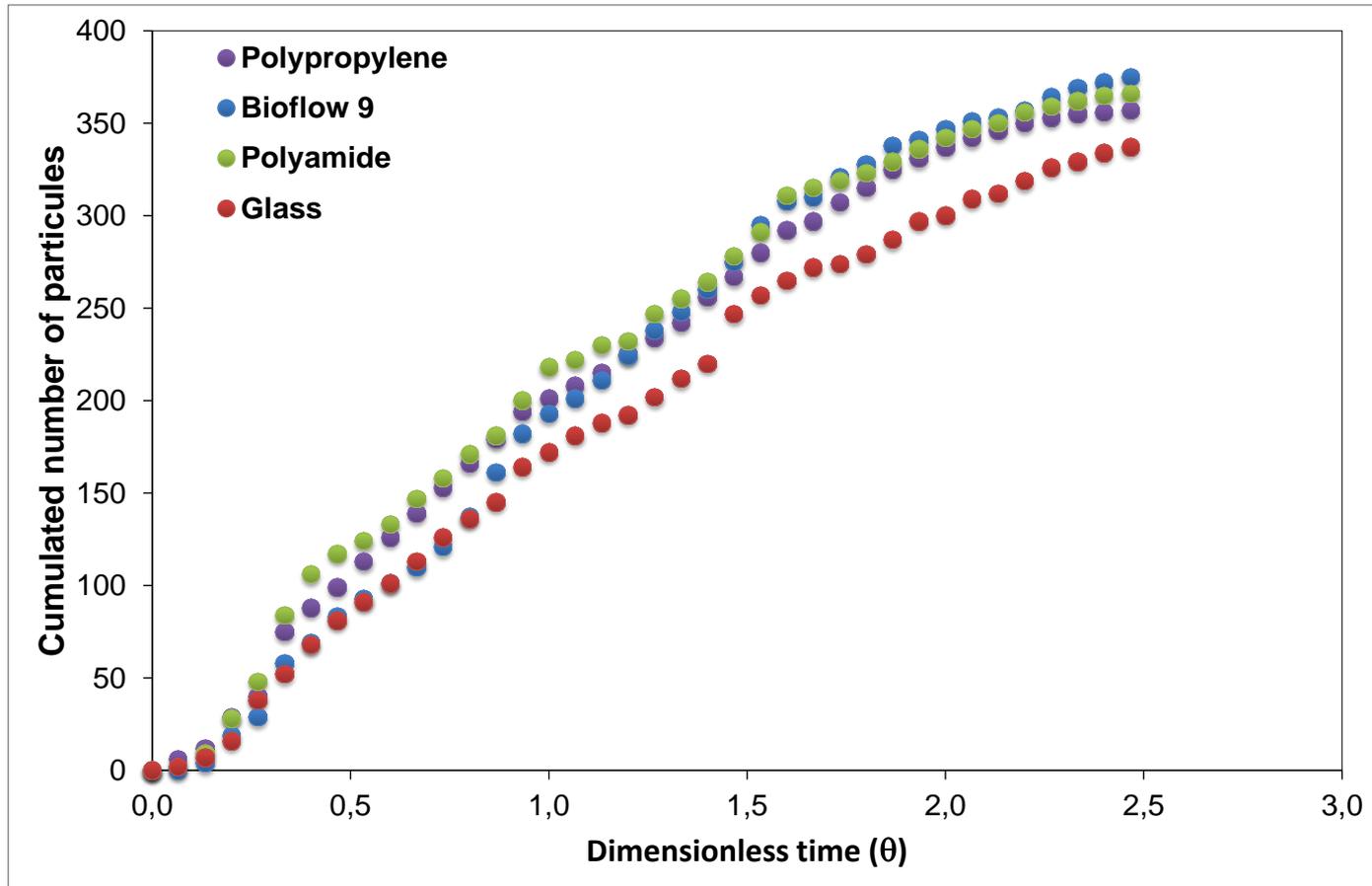
FFOM, 22% TS



Décantation des particules en fonction de la densité

Macro-mélange des solides

FFOM, 30% TS



Effet de la siccité sur la décantation

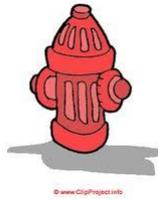
Rôle du seuil de contrainte sur le potentiel de sédimentation

Tableau au graphe sur ce point.

Des interactions clés entre physique et biologie

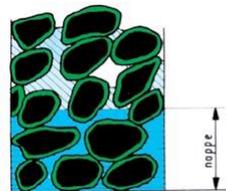
Physique

Consistance, rhéologie,
pompage



Mélange et sédimentation

Etats de l'eau

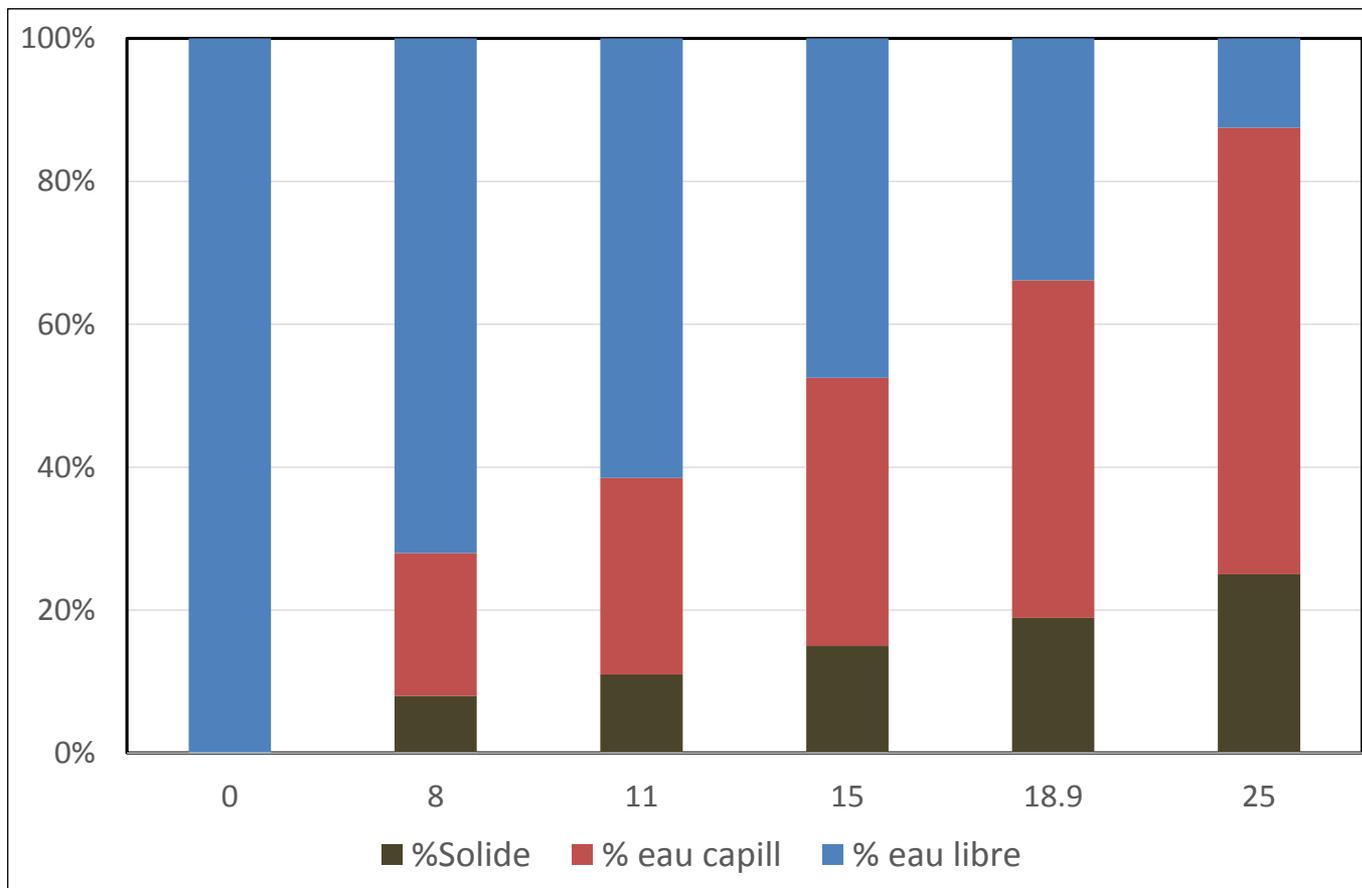


Etats de l'eau dans les sols

Biologie

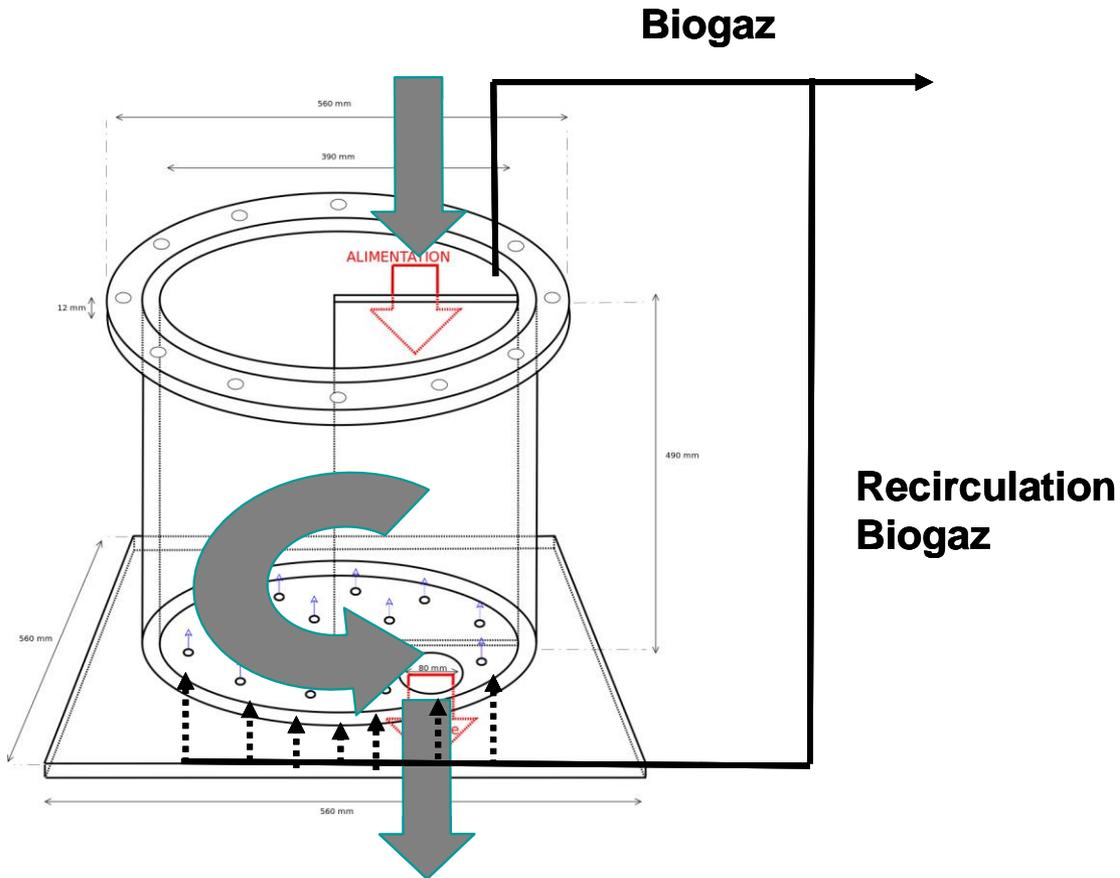
Transport **substrats** vers **microorganismes**
Convection ↔ mélange,
Diffusion ↔ rhéologie

Inhibitions
(accumulations locales
AGV, H₂, ...)



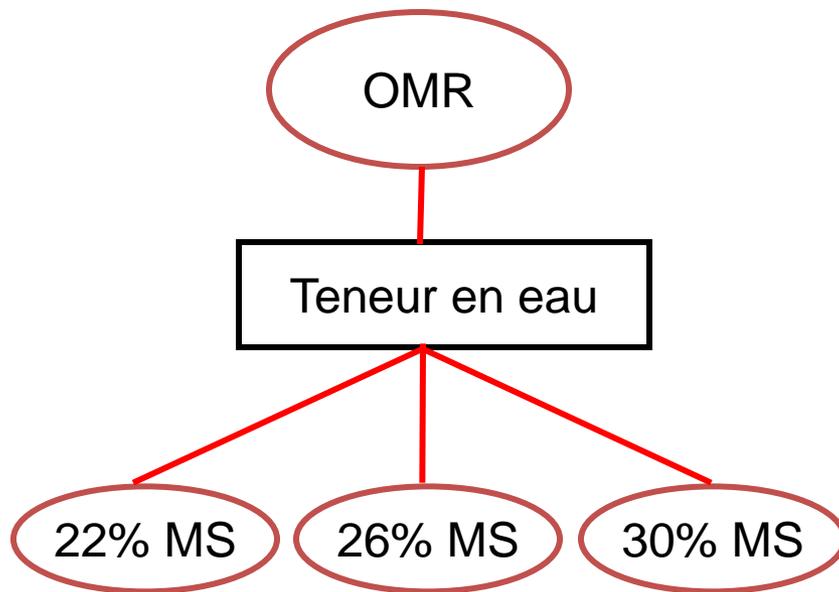
Ratio eau libre / eau « capillaire » déterminé par thermogravimétrie (courbe de séchage d'après Garcia-Bernet et coll., 2011., *Chem. Eng. J.*, **72**, 924-928.

Influence de la teneur en eau sur les performances de digestion en continu

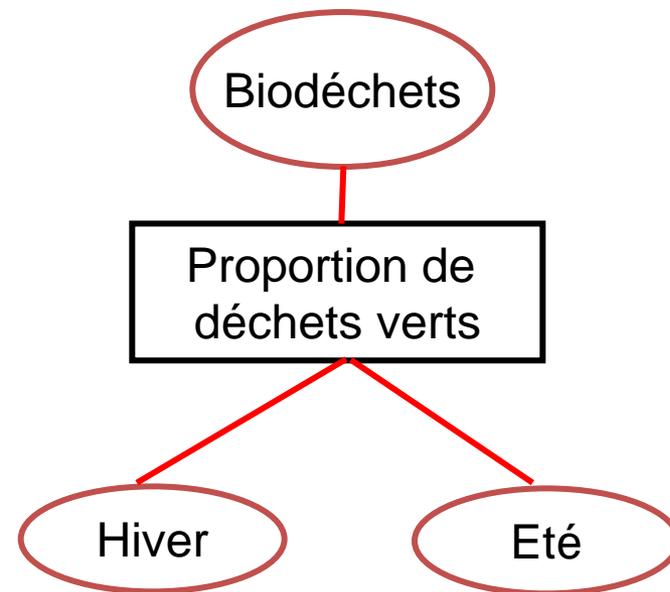


Influence de la teneur en eau sur les performances de digestion en continu

INSA LYON



INRA NARBONNE



Influence de la teneur en eau sur les performances de digestion en continu

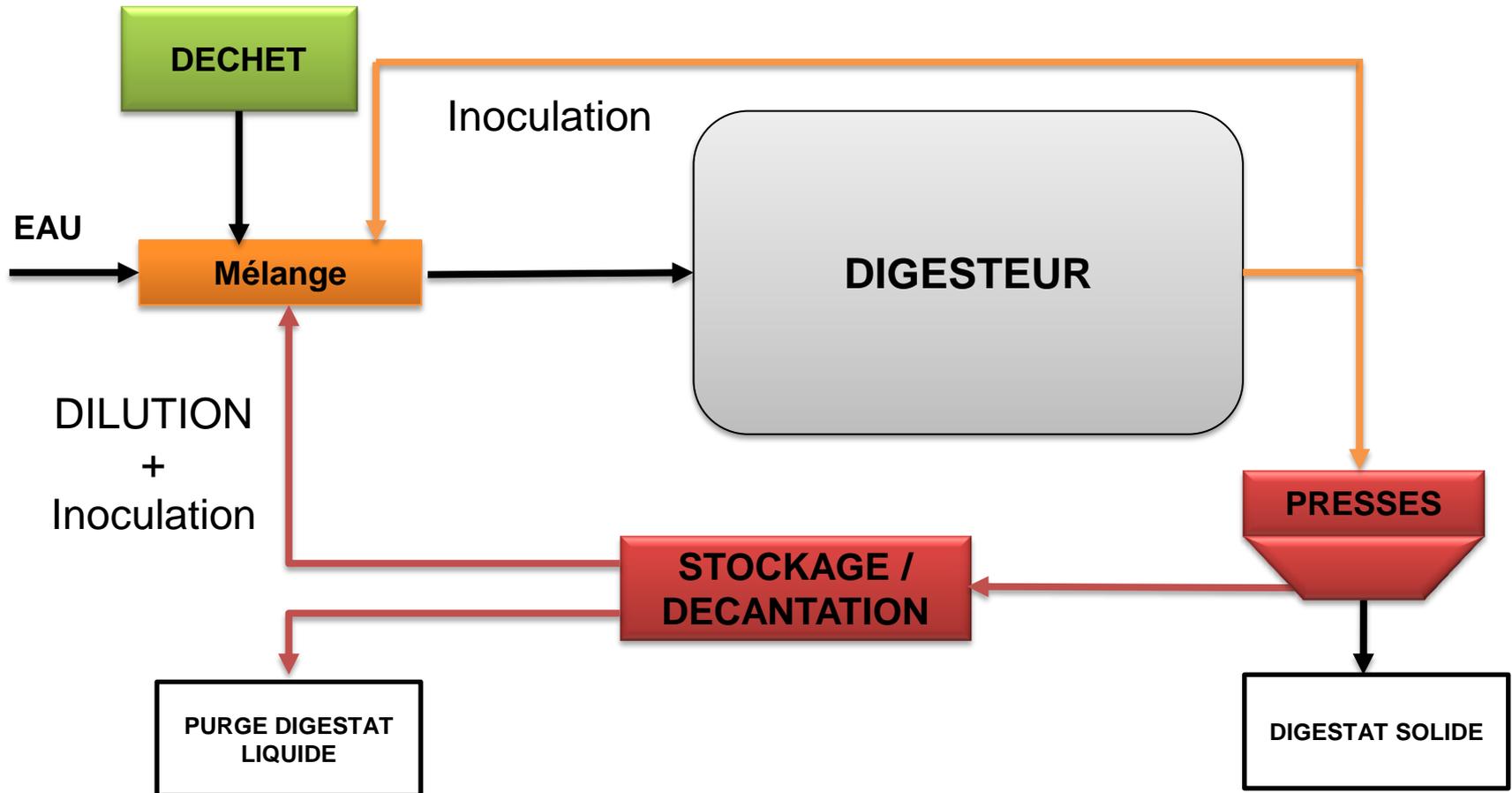
	R1 MS 22%	R2 MS 26%	R3 MS 30%	hiver MS 23%	été MS 23%
$m^3_{\text{biogaz}}/m^3_{\text{réacteur-j}}$	2,1	2,2 2,9	2,4	2,9	2,7
$m^3_{\text{méthane}}/t_{\text{MV}} \text{ introduite}$	200	185 180	120	171	177
CH ₄ %	53	56 50	48	52	53
Rendement BMP, %	79	75 71	48	77	79

STABILITE BIOLOGIQUE des digesteurs voie sèche continue

2 points essentiels :

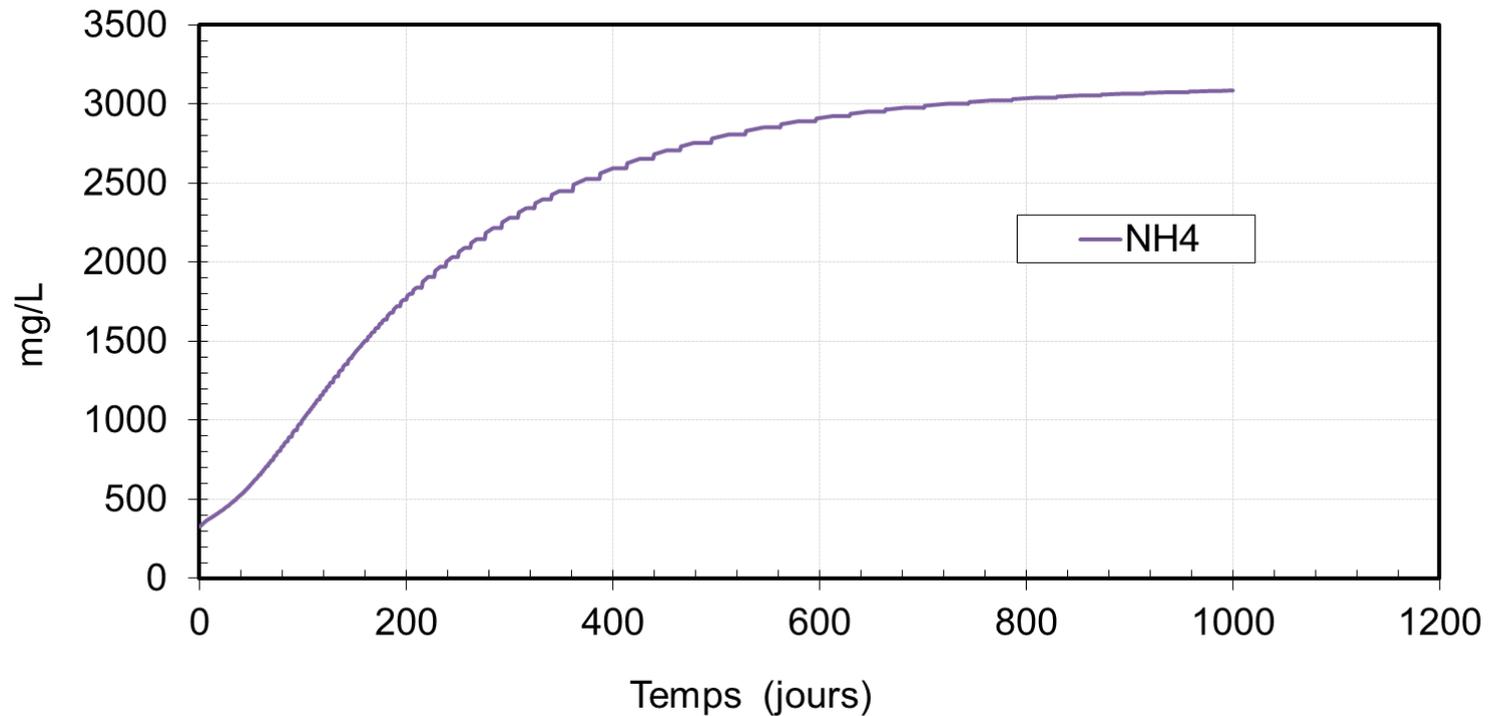
Inertie du système

Régimes d'inhibition



INERTIE du système : 1/ Recirculation du surnageant de digestat

➔ Découplage des temps de séjour

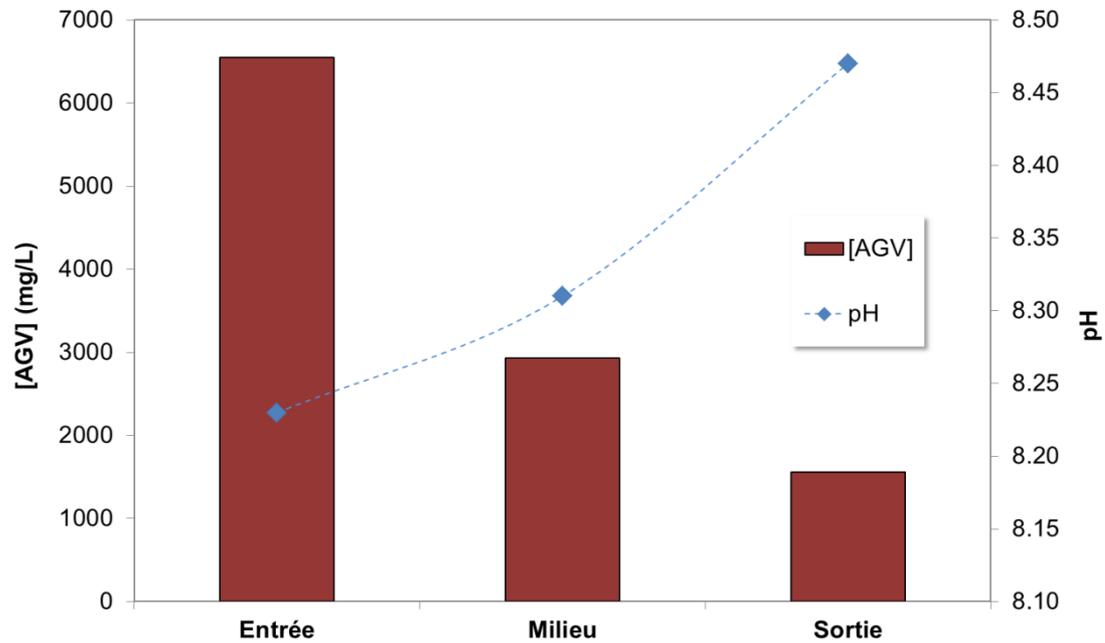


Temps de séjour du **solide** ⇄ 40 jours

Temps de séjour du **liquide** ⇄ 240 jours

Temps d'équilibre ⇄ 1000 jours

INERTIE du système : 2/ Réacteur piston



Sensibilité aux INHIBITIONS : 1/ Spécificités

Recirculation

Forte siccité

Concentrations élevées

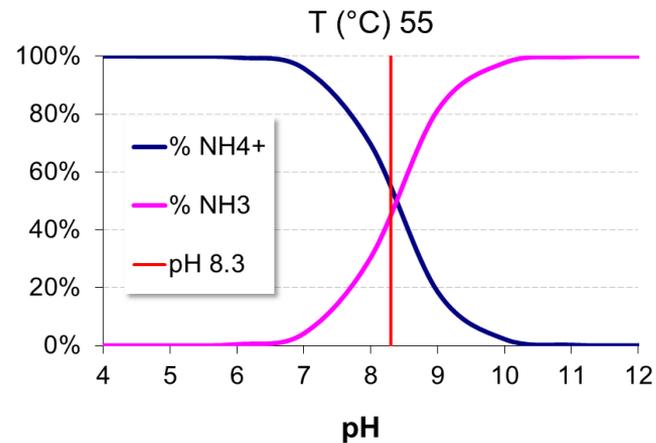
pH : très alcalin (>8)

N ammoniacal

NH_3

Sels (K^+ , ...)

AGVs

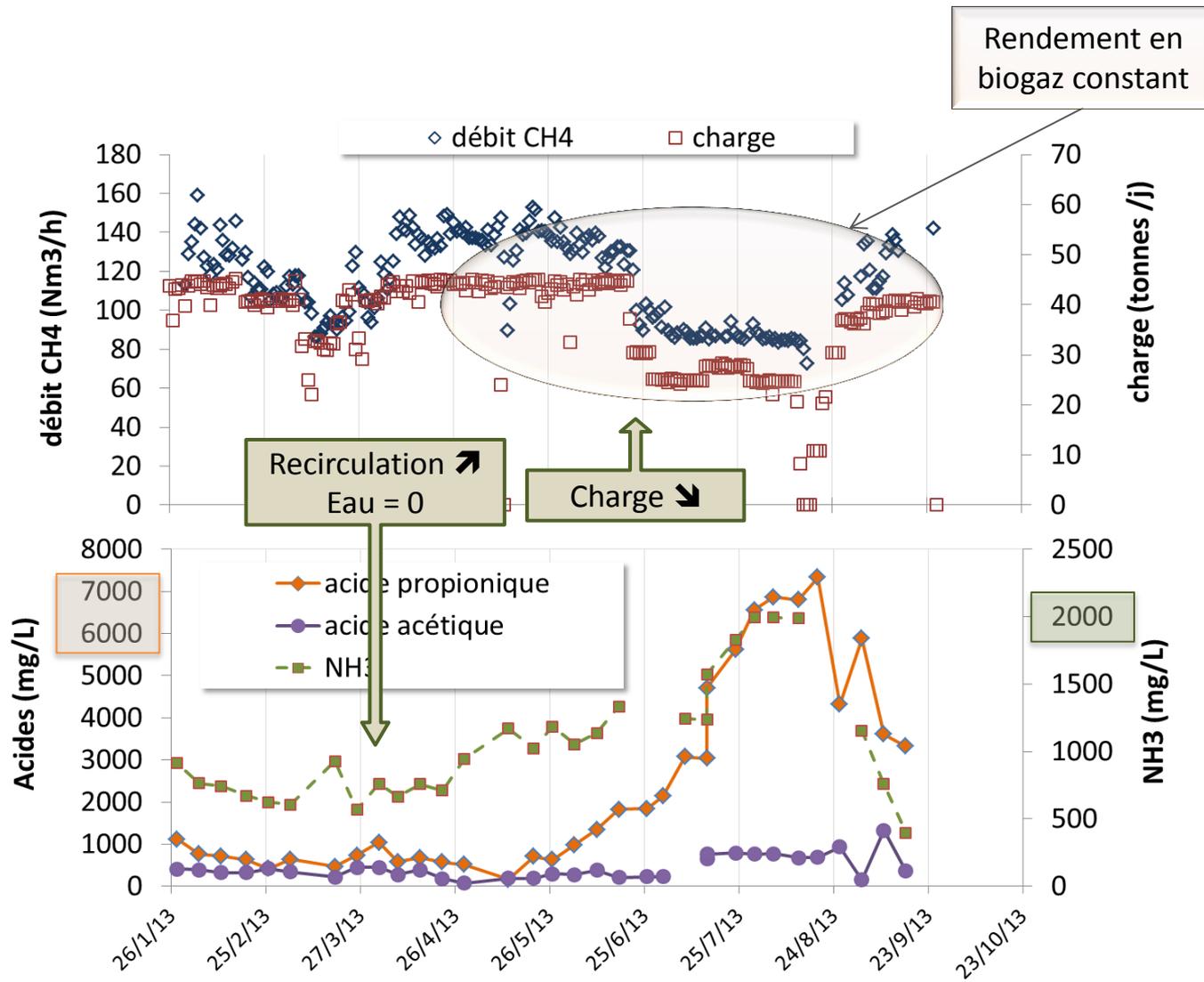


Hétérogénéité

Temps de séjours longs

Grandes capacités d'adaptation

Sensibilité aux INHIBITIONS : 2/ Exemple : système Kompogas sur OMR



PERSPECTIVES POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE



Mise en œuvre industrielle

FIABILISATION des installations :

- Métrologie / mesure / capteurs : types de mesures (on/off line ; localisation et représentativité ; traitement de l'information)
- Maîtrise des contraintes de site (gestion des entrants, des stockages intermédiaires)

Enjeux R&D

COMPREHENSION DES MECANISMES PHYSIQUES

- Transport / mélanges, etc.
- Nécessité d'un changement d'échelle (voir plus près pour voir plus loin)

ACCROISSEMENT DES CONNAISSANCES du métabolisme microbien sous haute siccité :

- Tolérance aux inhibitions, effets de la forte salinité
- Voies métaboliques alternatives mises en œuvre (adaptation)

DEVELOPPEMENT D'OUTILS DE DIAGNOSTIC et d'AIDE A LA CONDUITE :

- Apports de la simulation numérique (ex : programmes DIAMETHA et ODEXA ADEME/LISBP) → des modèles à reconstruire