

# ANAMIX

Rhéologie et transferts en méthanisation par voie sèche  
Pierre BUFFIERE (INSA de Lyon)

# La méthanisation des déchets

## **Chiffres clés (baromètre biogaz 2011) pour la France**

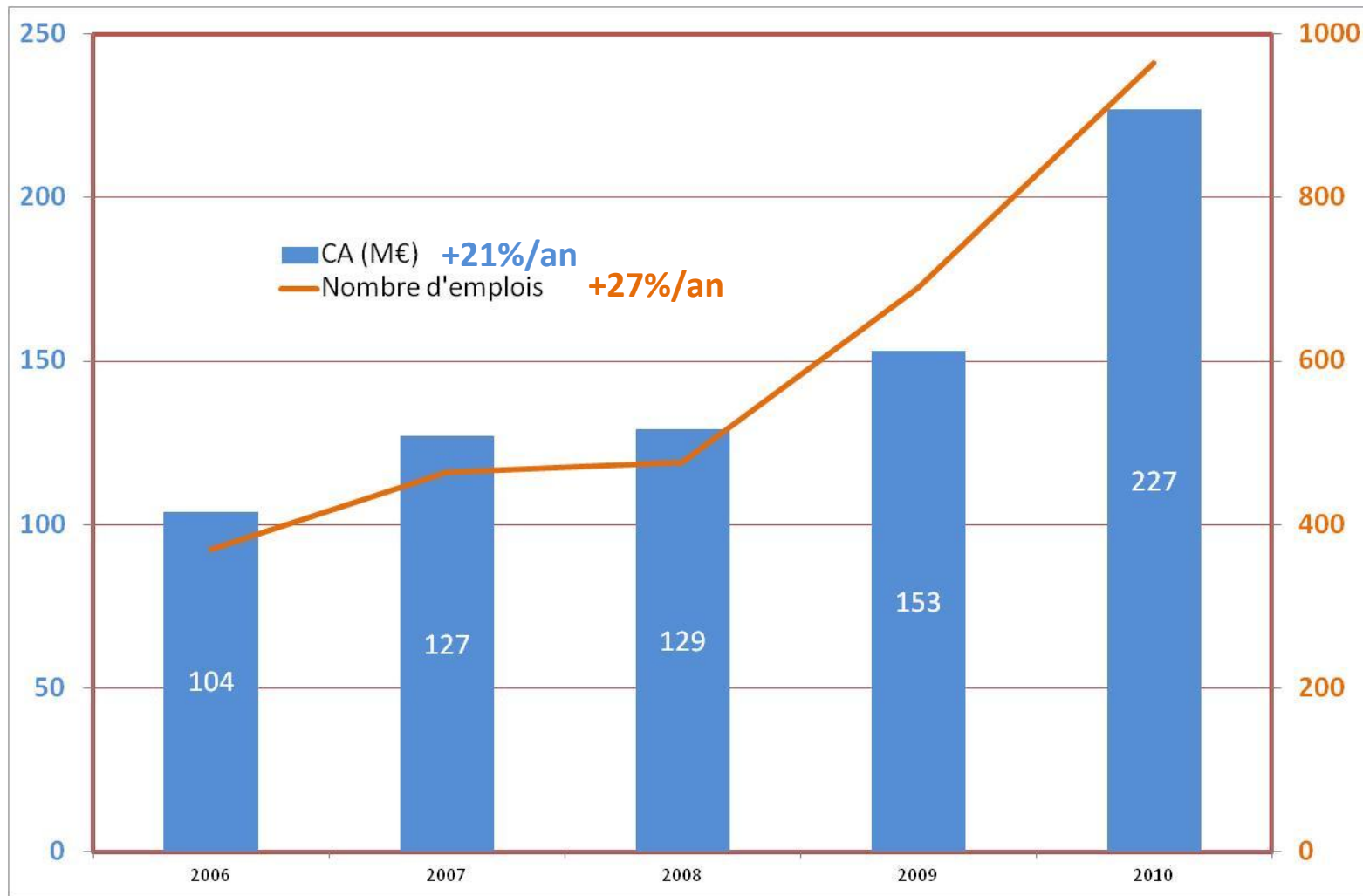
190 MWe installés en 2011 (+15,7%/an), décharge + méthanisation

9 usines pour déchets ménagers (+4 en construction)

48 méthanisation agricole ou territoriale (+35 en construction)

70 entreprises (30 constructeurs, 15 BE, exploitants)

# Ma petite entreprise ... ne connaît pas la crise<sup>(1,2)</sup> (???)

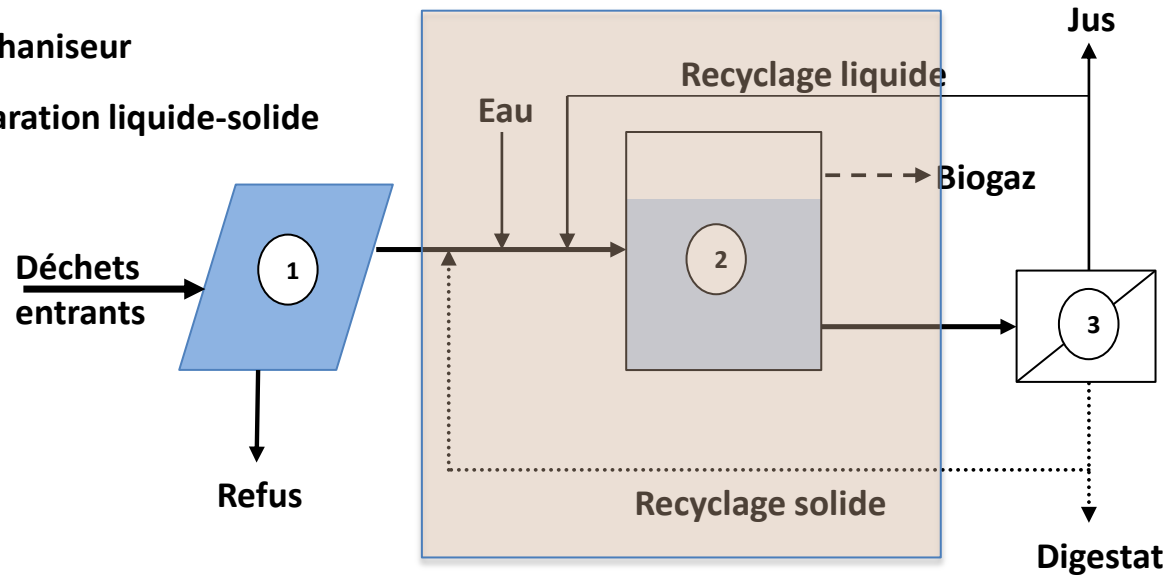


(1) A. Bashung, 1994, *Chatterton*, Barclay records.

(2) *Observ'ér* (2011). Baromètre des énergies renouvelables, 47-55

# Origine du projet : la méthanisation en voie sèche

1. Prétraitement
2. Méthaniseur
3. Séparation liquide-solide



Forte densité de solide : 15 à 35 % de matières sèches

# Au niveau des procédés



*Milieu pâteux hétérogène*

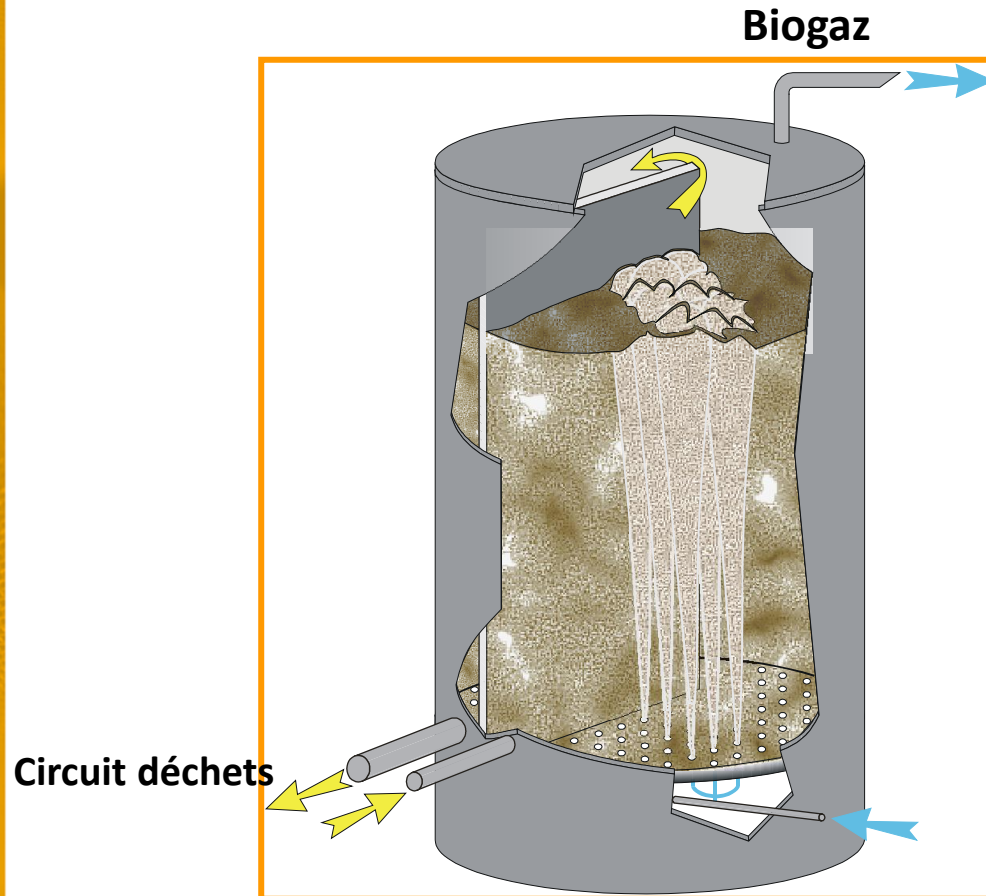


*Variabilité des intrants*





# Contraintes industrielles



Facilité de pompage

Mode de mélange

Sédimentation

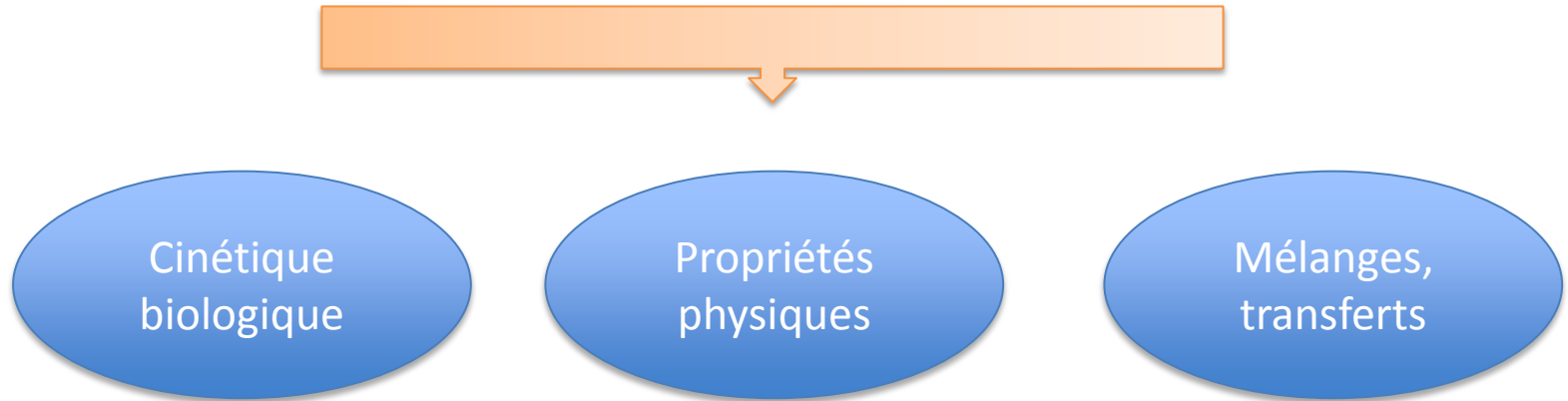
➤ *Difficile maîtrise de la « consistance » des milieux*

➤ *La teneur en eau est le seul paramètre de réglage*

# Questions

**Influence de la nature du déchet**

**Influence de la teneur en eau**



# Partenaires



Leader mondial des procédés voie sèche ( $\approx$  de 20 usines)



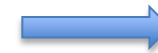
Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement



Leader digestion anaérobie



Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale



Coordonnateur



# Axes de travail

Caractérisation des déchets / sélection de déchets « modèles »

Caractérisation physique des milieux de digestion

Teneur en eau et cinétique biologique

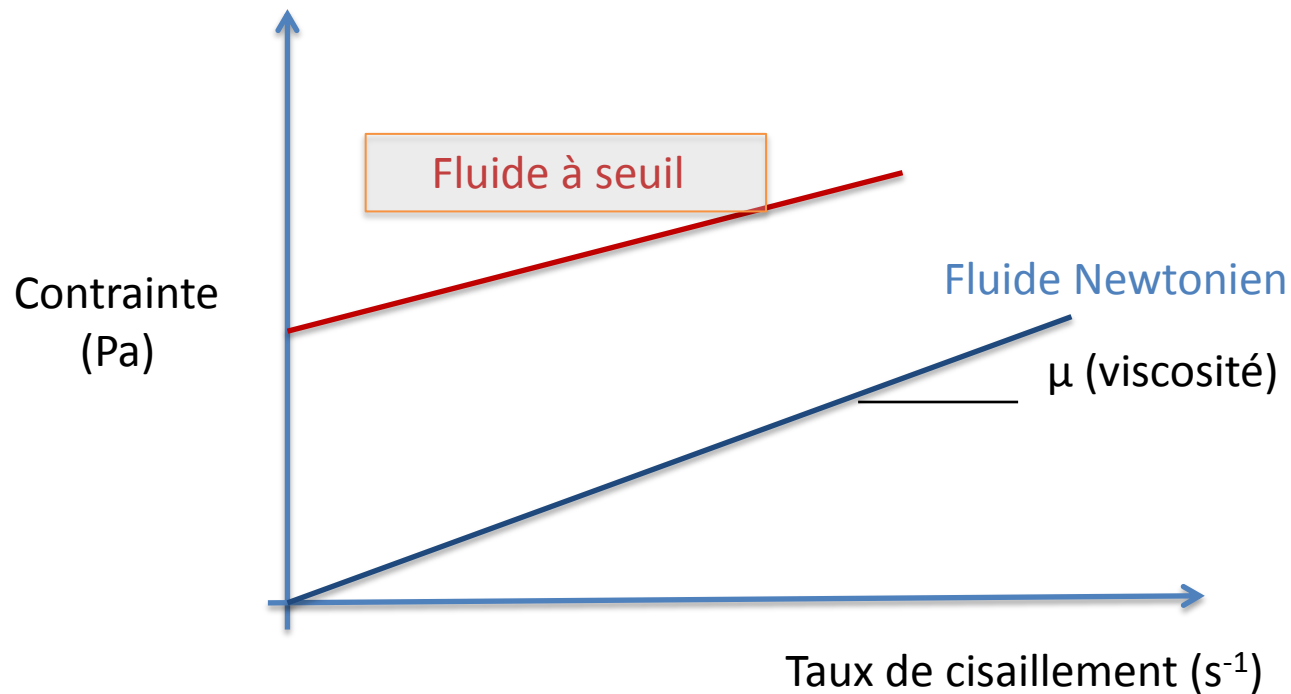
Teneur en eau et microbiologie

Teneur en eau et transfert de matière

Teneur en eau et mélange

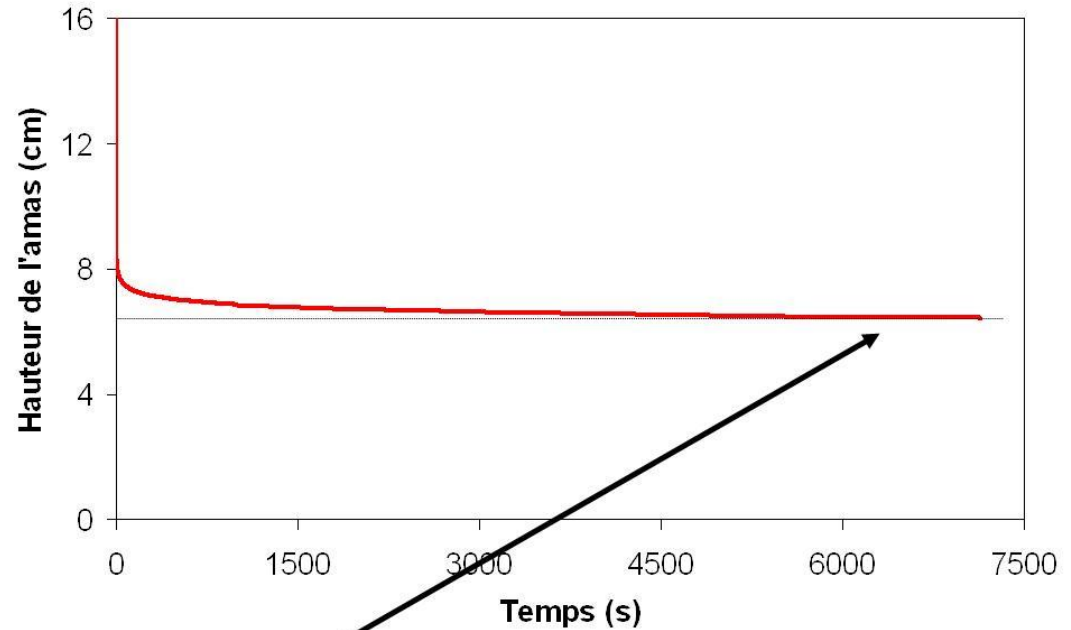
Modélisation

# Propriétés rhéologiques des milieux



# Mesure du seuil de contrainte

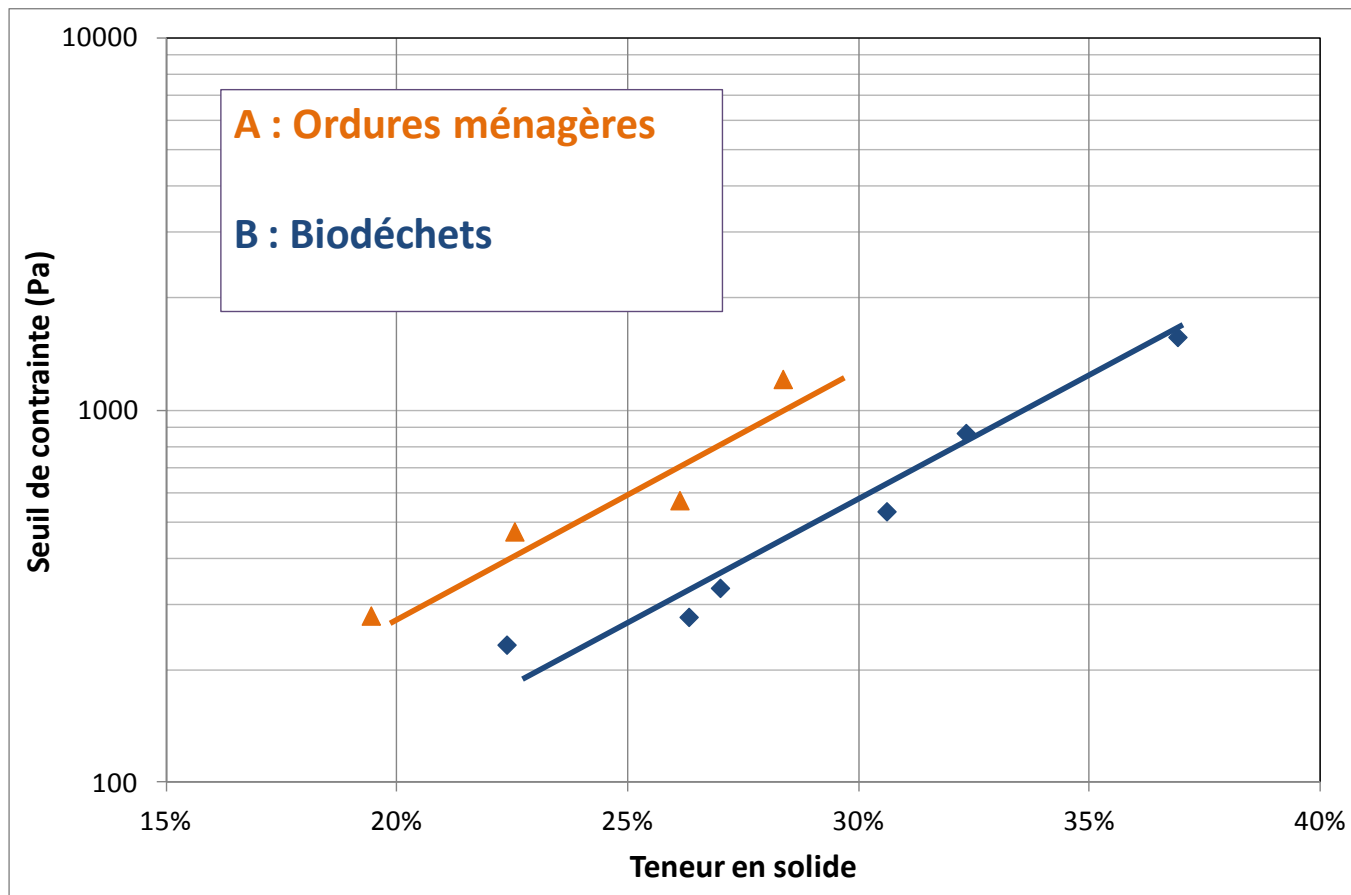
Test d'effondrement (slump test)



Hauteur d'effondrement finale => seuil de contrainte ( $\tau_c$ )

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

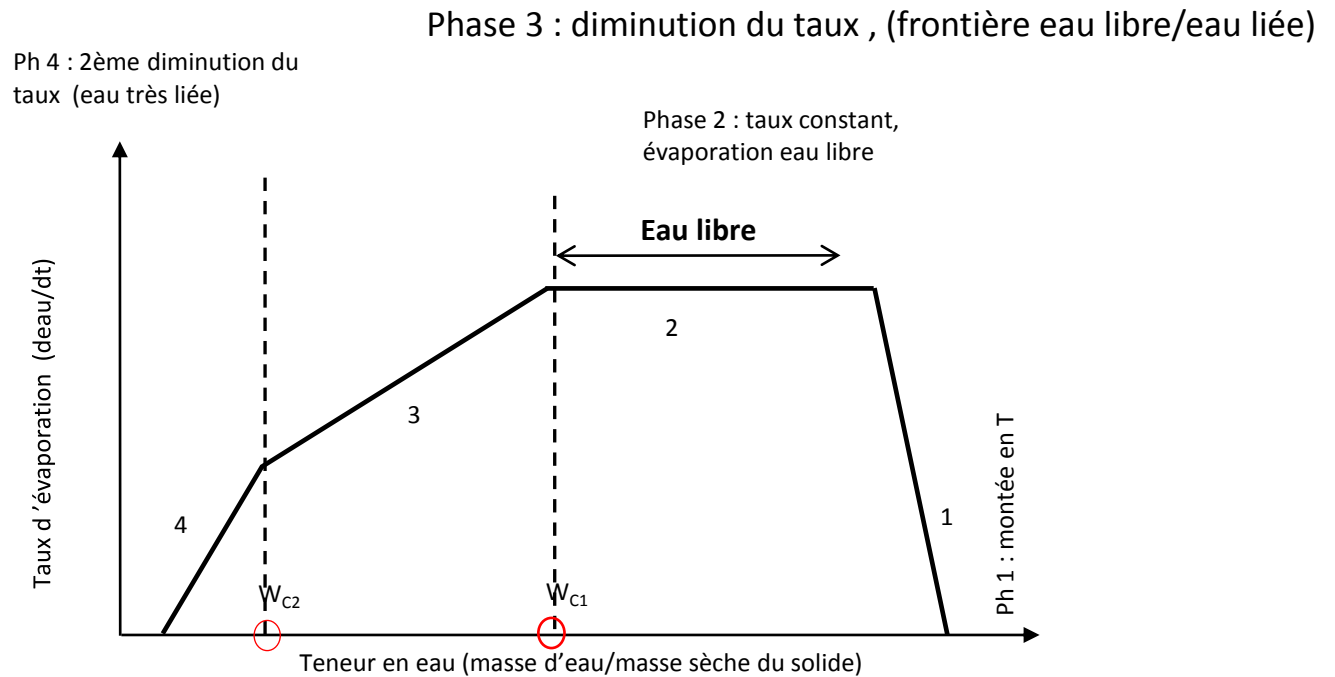
# Quelques résultats



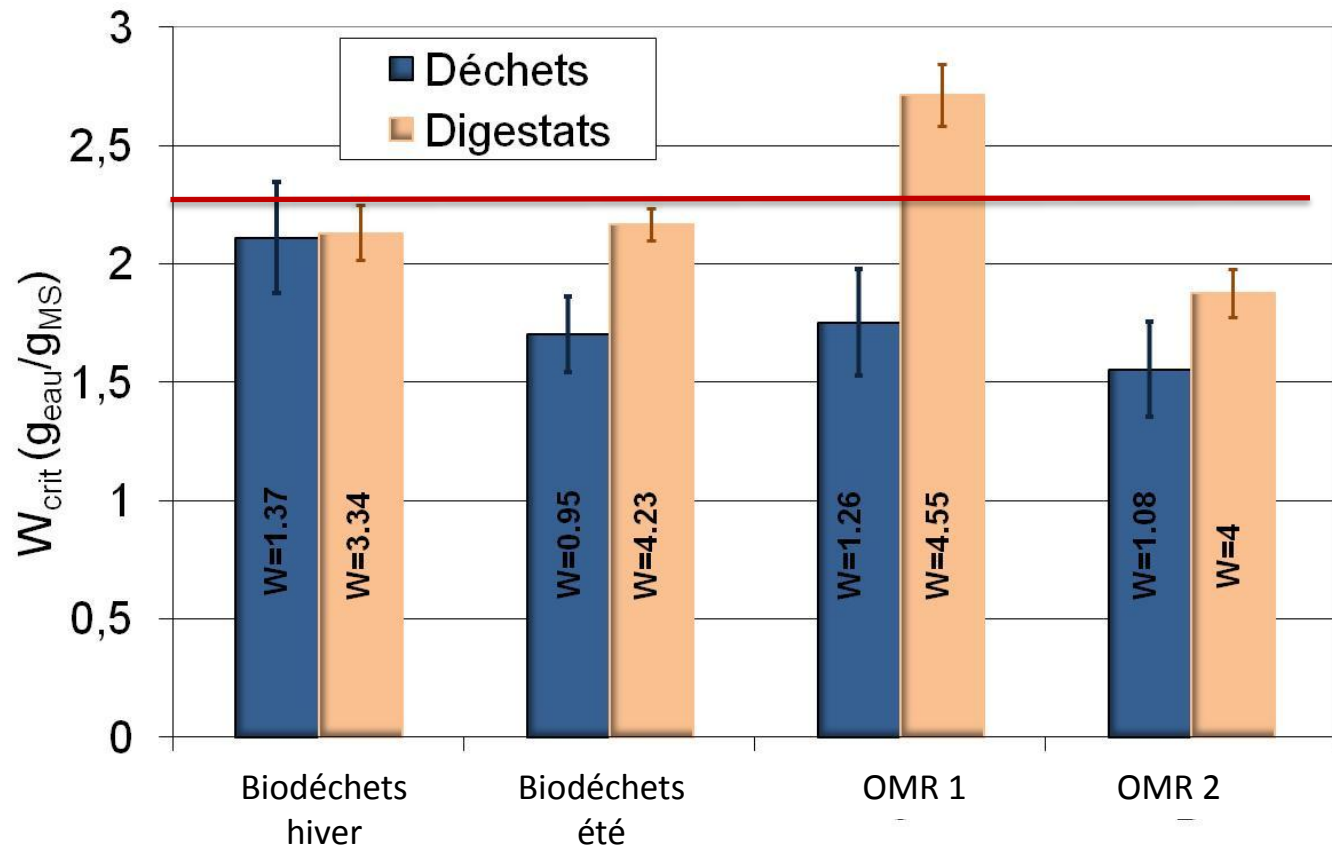
Garcia-Bernet D., Loisel D., Guizard G., Buffière P., Steyer JP, Escudié R. (2011). Rapid measurement of the yield stress of anaerobically digested solid waste using slump tests. *Waste Management*, **31**, 631-635.

# Etats de l'eau dans les matrices

Technique retenue : Courbe de séchage



# Etats de l'eau dans les matrices



$W_{crit} \text{ digestats} > W_{crit} \text{ biodéchets} \Rightarrow$  la méthanisation affecte l'eau capillaire

Dans les digestats étudiés (autour de 18% de matière sèche): 50% de l'eau sous forme libre

A 30% de matière sèche:  $W = 2,3$  (valeur proche des seuils de  $W$  critique)



# Axes de travail

Caractérisation des déchets / sélection de déchets « modèles »

Caractérisation physique des milieux de digestion

Teneur en eau et cinétique biologique

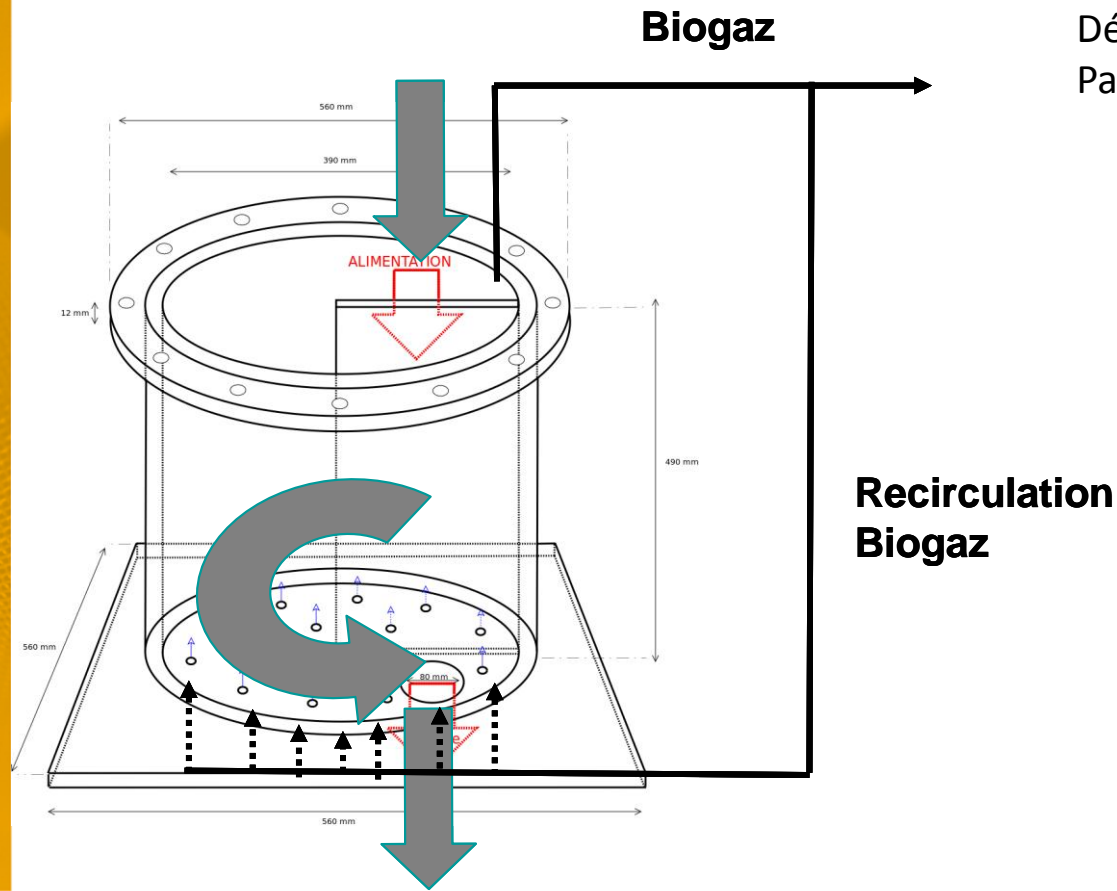
Teneur en eau et microbiologie

Teneur en eau et transfert de matière

Teneur en eau et mélange

Modélisation

# A l'échelle pilote



2 pilotes 50 L

Fonctionnement continu

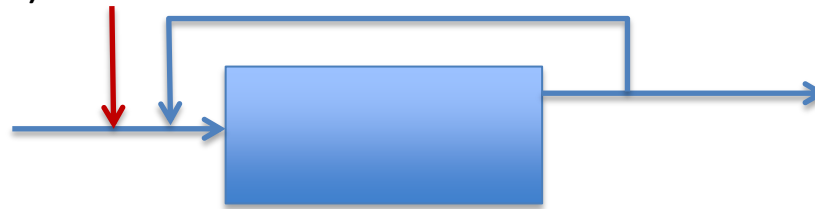
Déchets testés: biodéchets, OMR

Paramètre: teneur en eau



# Méthode: traçage du solide

Injection traceurs  
(ponctuelle)



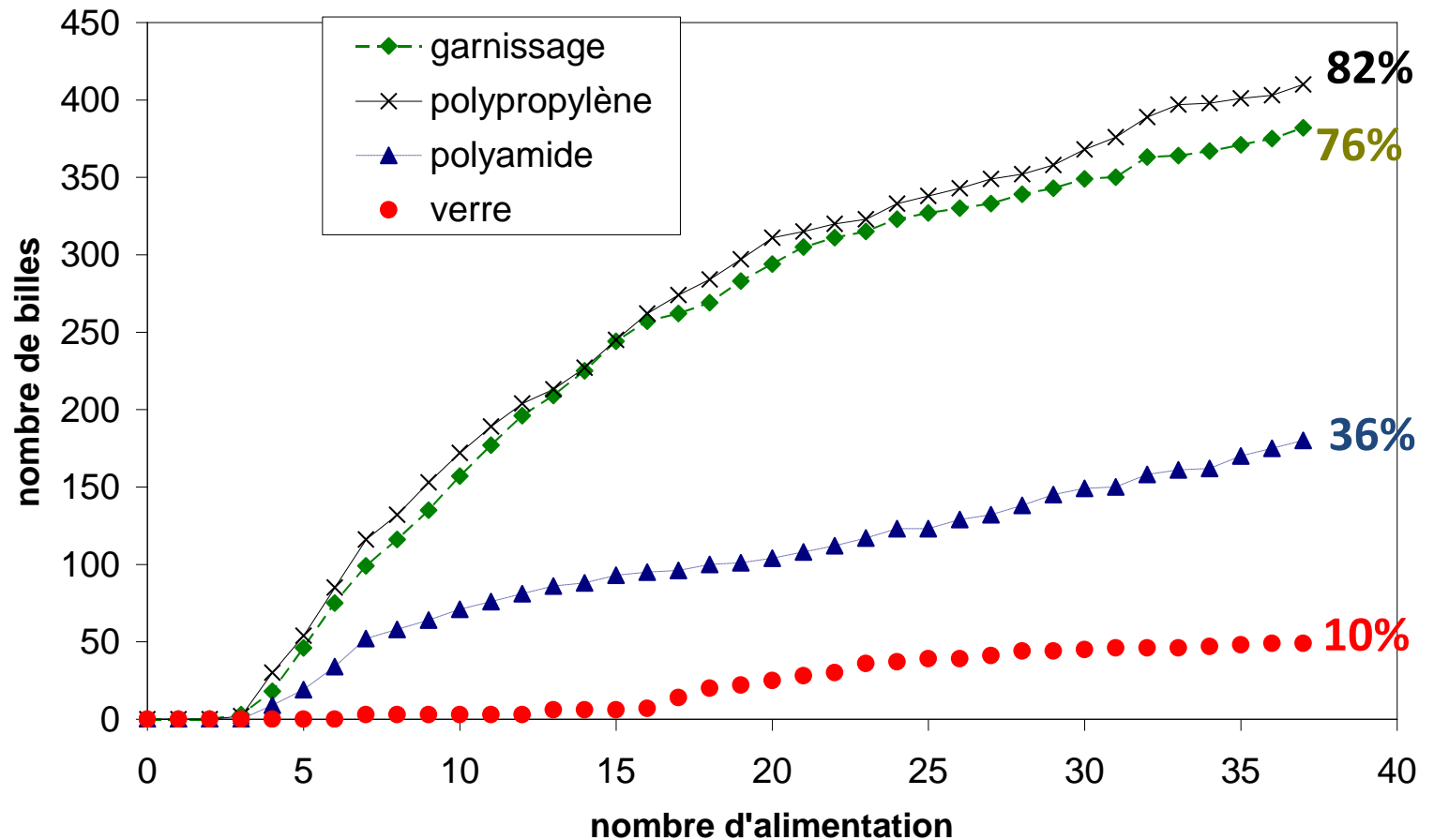
**Traceurs** : 4x500 Billes de 8 mm

- billes en **verre** (d=2,50)
- billes en **polyamide** (d=1,14)
- billes **polypropylène** (d=0,90)
- garnissage **bioflow 9** (d=0,96)



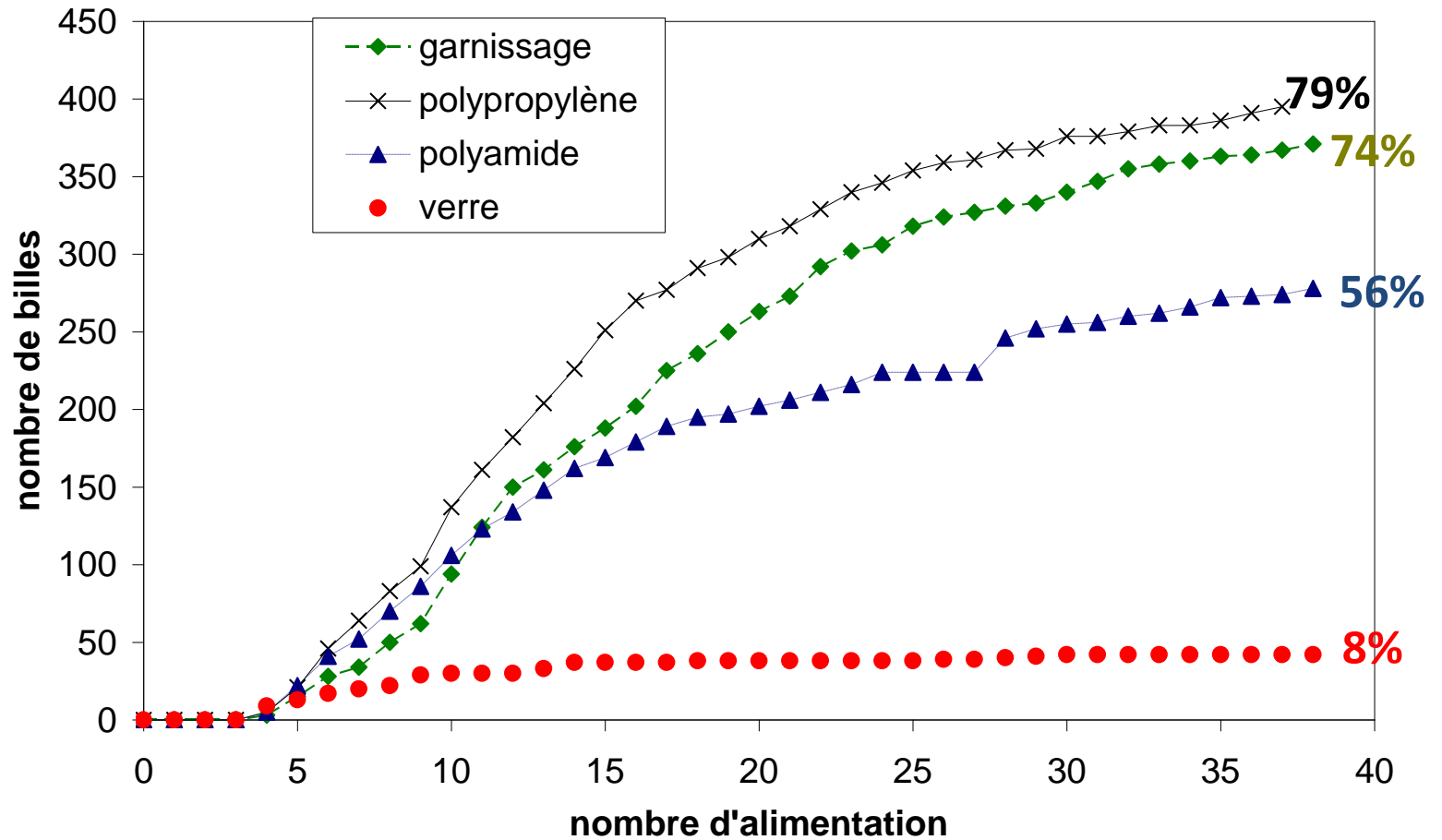
# Effet de la teneur en matière sèche

Essai 1 : 22% MS dans le réacteur



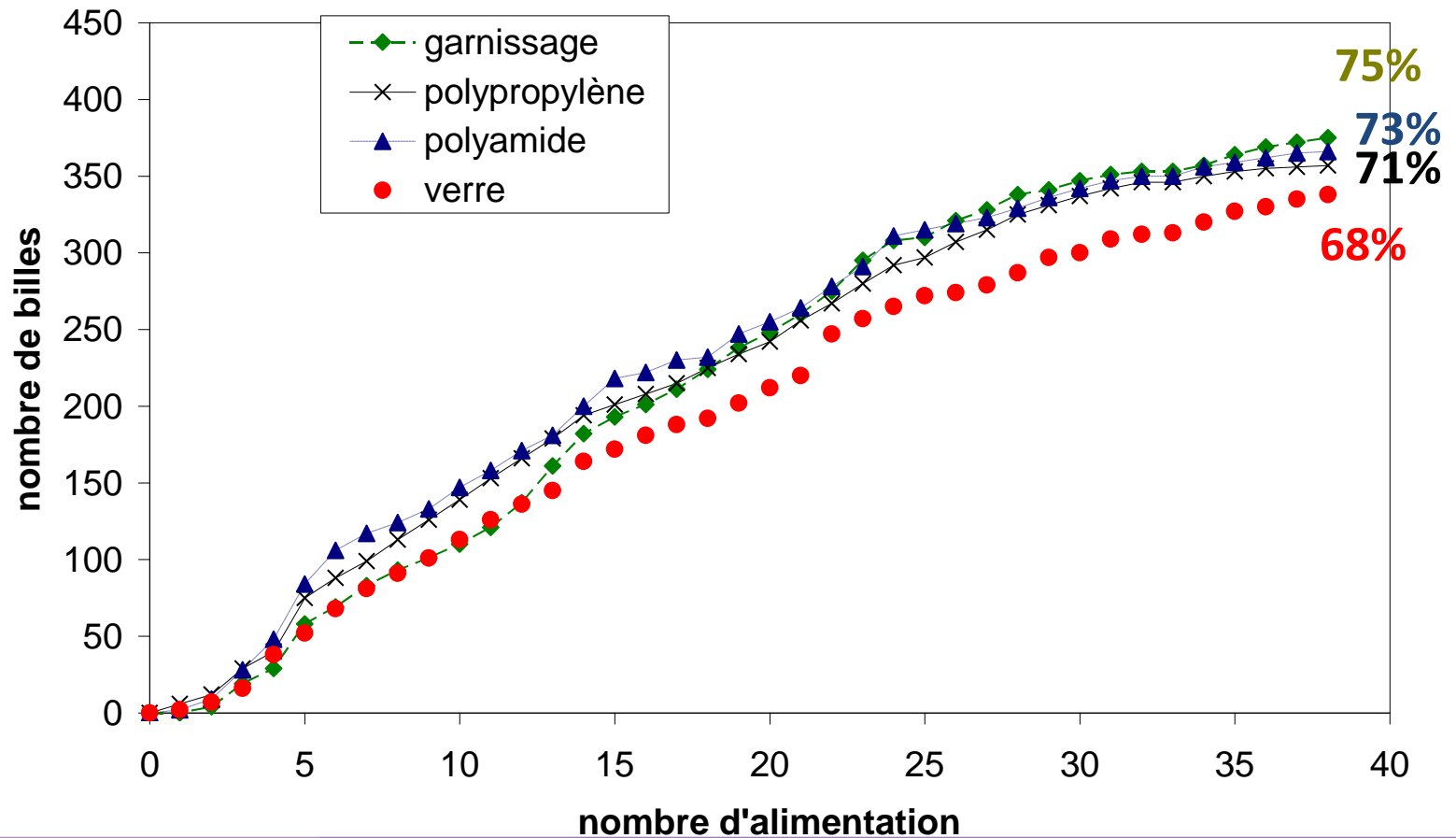
# Effet de la teneur en matière sèche

## Essai 2 : 26% MS dans le réacteur



# Effet de la teneur en matière sèche

## Essai 3 : 26% MS dans le réacteur





# Principales conclusions

## **Volet cognitif**

- Mise au point d'outils / de techniques spécifiques aux milieux de digestion à faible teneur en eau
- Mise en évidence de nouveaux mécanismes et de tendances claires

## **Volet opérationnel**

- 30% est la limite haute pour les processus (microbiens, cinétiques, transfert)
- Une teneur en eau trop faible induit des problèmes opérationnels (sédimentation)

# Perspectives

## **Volet cognitif**

- Aller plus loin sur la rhéologie
- Approfondir les transferts liquide-gaz, suspectés comme limitants dans certaines conditions
- Elargissement à d'autres systèmes à fort taux de solide (traitement de biomasse lignocellulosique)

## **Volet opérationnel**

- Élargir l'utilisation des outils développés dans le projet (traçages à l'échelle industrielle)
- Développer un outil de modélisation pour aide au dimensionnement / au suivi des installations

Merci pour votre  
attention!

