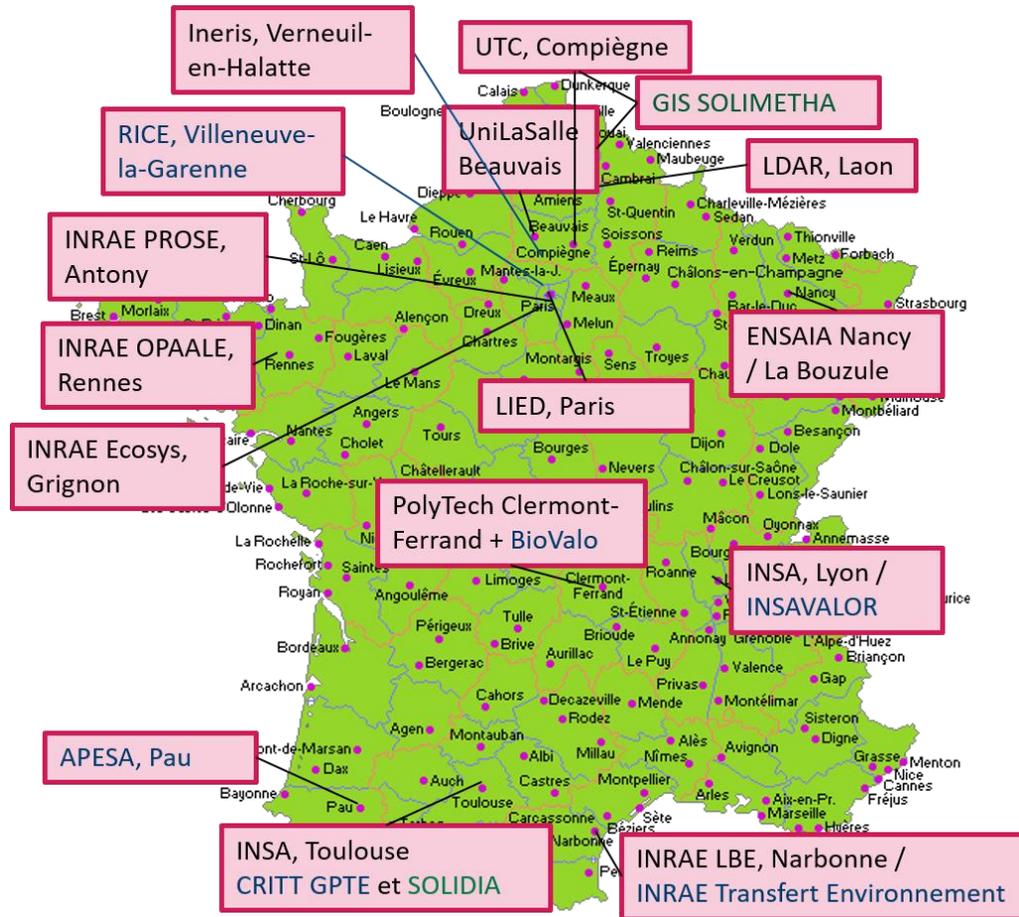


Méthanisation en voie épaisse

Pierre BUFFIERE, INSA de Lyon
Laboratoire DEEP

Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation



- Réseau des laboratoires
- Vecteur de diffusion des connaissances (InfoMétha.org et webinaires)
- Co-organisateur des [Journées Recherche Innovation](#)
- Mobilisation des experts au service d'une filière en maturation
- Entité du Club Biogaz de l'ATEE, basée à La Défense
- Soutenu par l'ADEME depuis 2019

Menu

1. Voie humide / voie épaisse : quelles différences?
2. Caractérisation physique, mode de mélange
3. Performances opératoires des systèmes à voie épaisse

Caractéristiques

Intrants : solides, hétérogènes

Matrice solide / pâteuse / déformable

Matrice évolutive (transformation microbienne)

Présence d'inertes



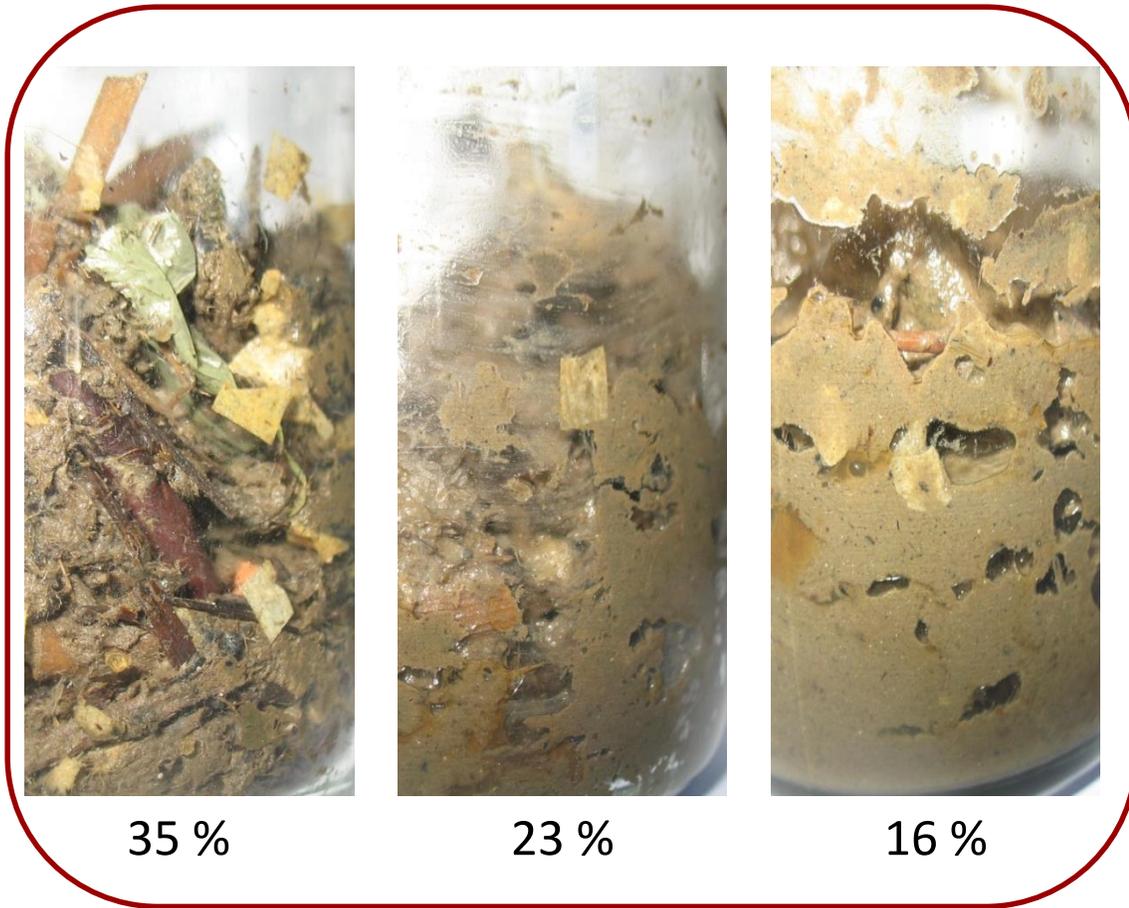
Entrée digesteur : 20 – 40 % MS

Sortie digesteur : 15 – 25 % MS

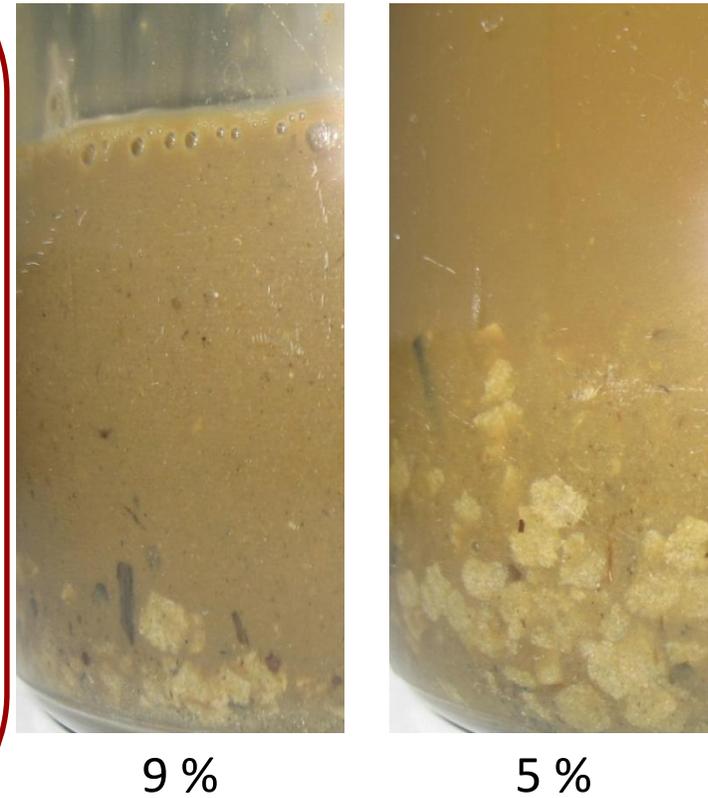
⇒ **Des technologies adaptées à des intrants plus « secs » que les intrants agricoles de type « lisiers »**

Une histoire d'eau

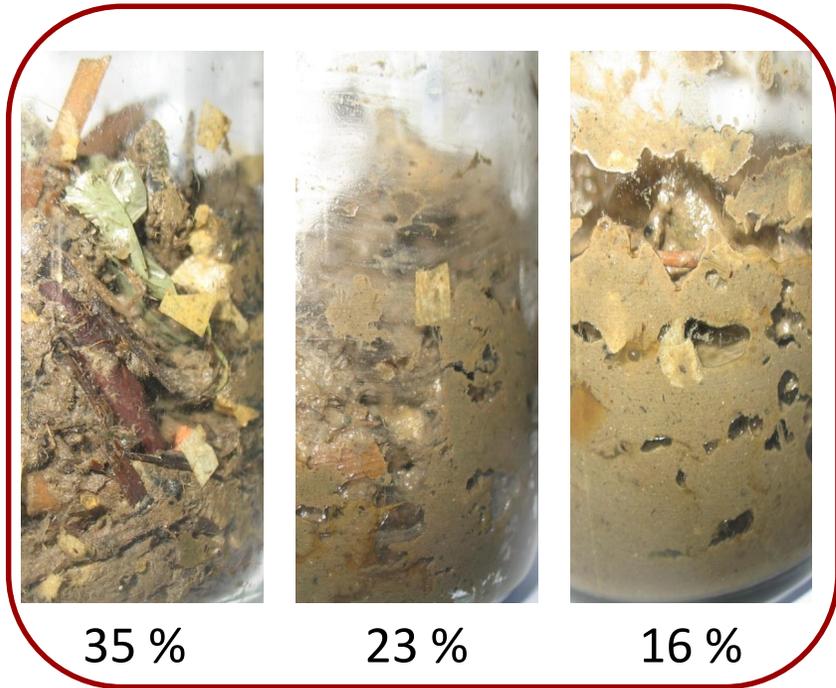
Digestion « par voie épaisse »



Digestion « par voie humide »

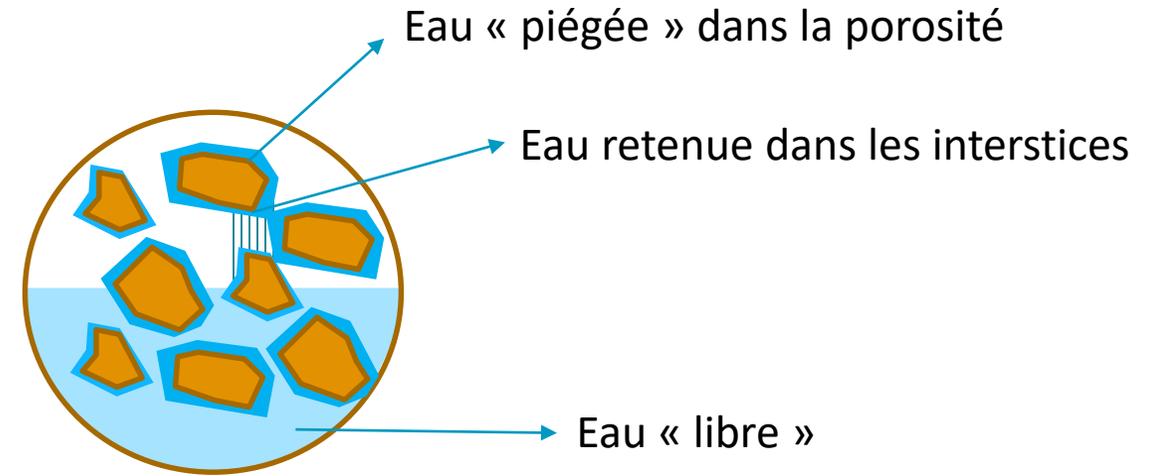


Rôle de l'eau



Avantages d'une forte siccité :

- Peu de sédimentation
- Forte concentration
- Moins de dilution



Limites :

- Forte consistance
- Difficulté de mélange

Consistance (propriétés rhéologiques)

Milieu de digestion = Fluide viscoplastique



Viscosité

La vitesse d'écoulement augmente avec la force appliquée au fluide

- La viscosité c'est le rapport de proportionnalité entre les deux

Seuil de contrainte

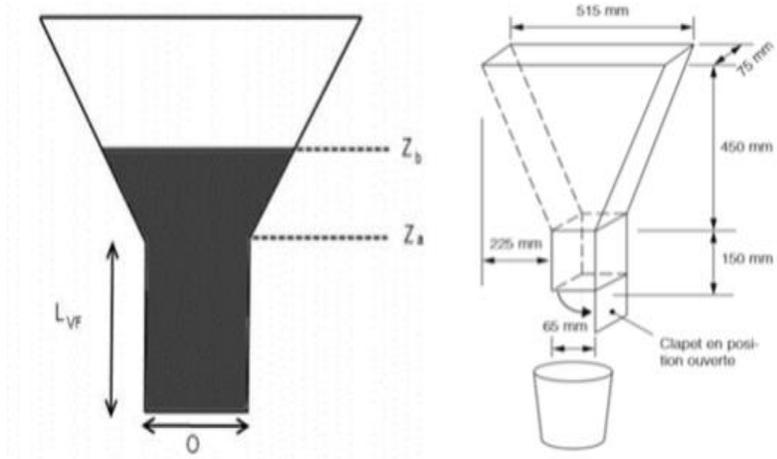
Le fluide ne bouge pas tant qu'une pression suffisante n'est pas appliquée

- Le seuil de contrainte c'est la pression à appliquer pour qu'il bouge

⇒ **La viscosité va diminuer lorsque le fluide accélère : comportement « rhéofluidifiant »**

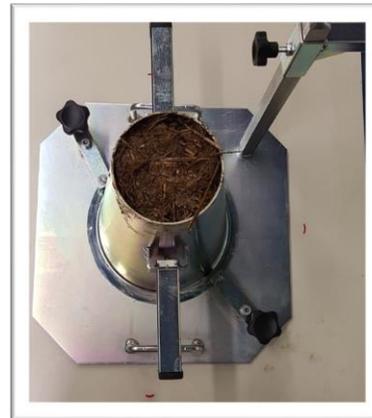
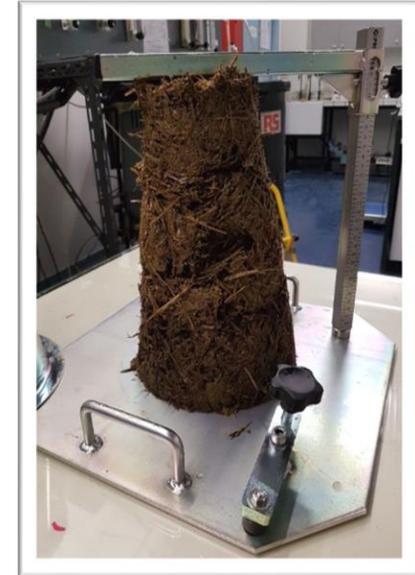
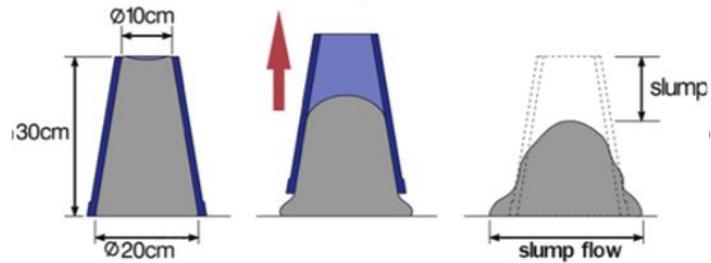
Mesure de viscosité apparente :

Entonnoir en V (« V Funnel »)



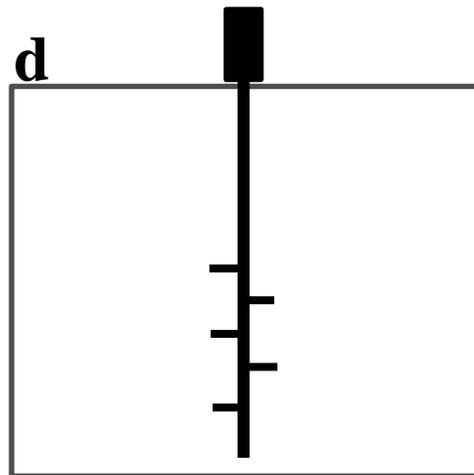
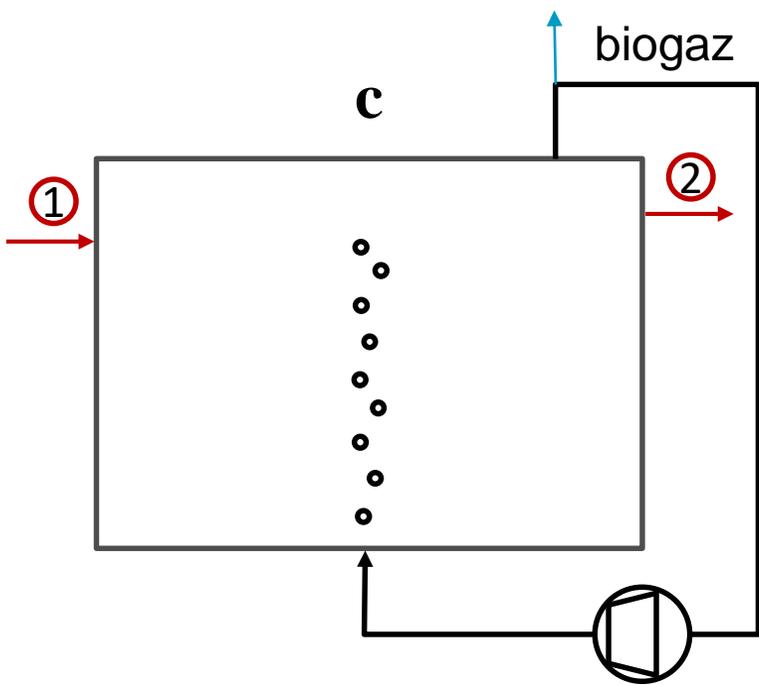
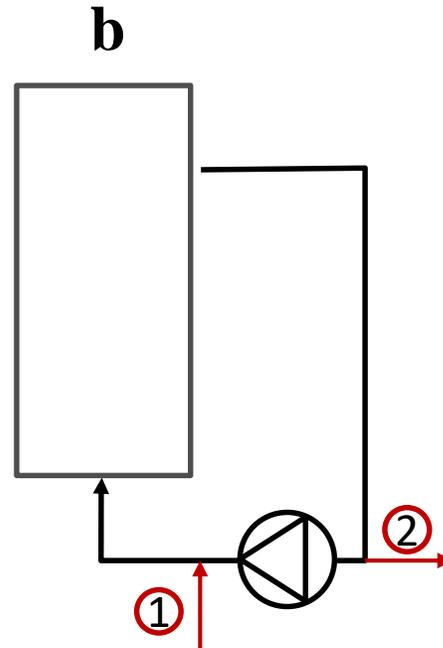
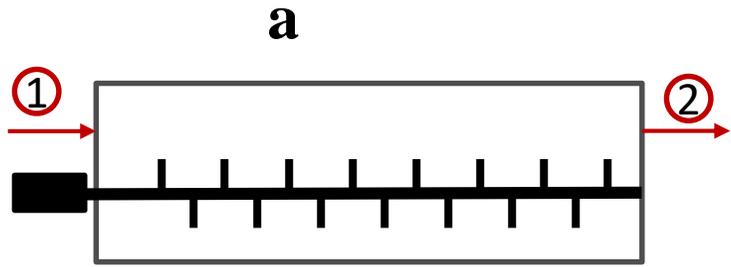
Mesure du seuil de contrainte (test d'effondrement):

Cône d'Abrams



Mais à quoi ça sert?

Le mode de mélange des digesteurs par voie épaisse



a: mélange horizontal

b: mélange par recirculation

c: mélange pneumatique

d: agitateur mécanique

- Choix du type de « pale » mécanique
- Choix du couple
- Positionnement des systèmes
- Nombre d'agitateurs
- ...

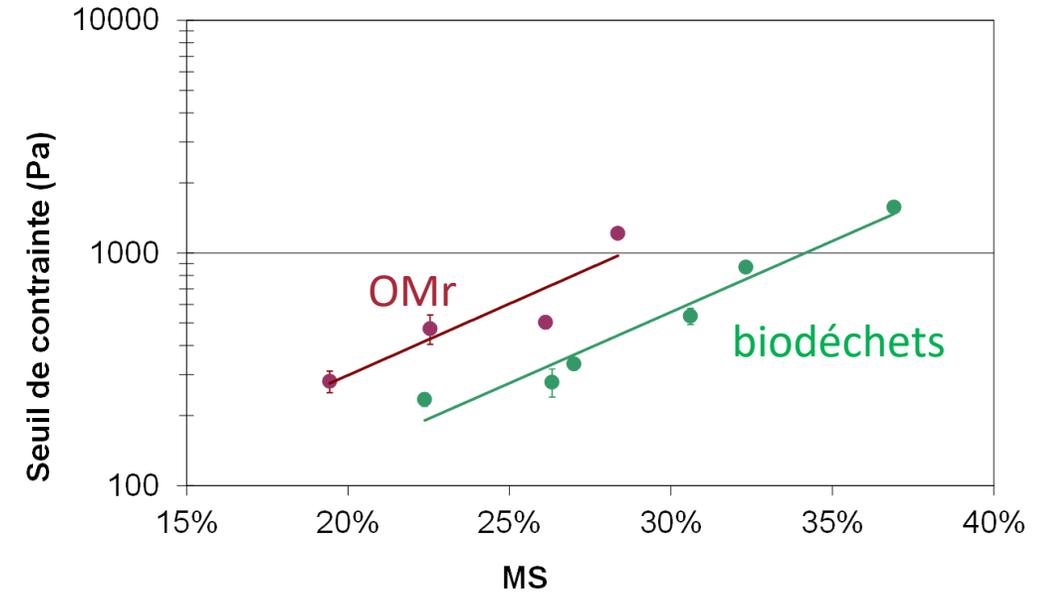


Photo : S. PACAUD
(ENSAIA / ferme expérimentale de La Bouzule, Nancy)

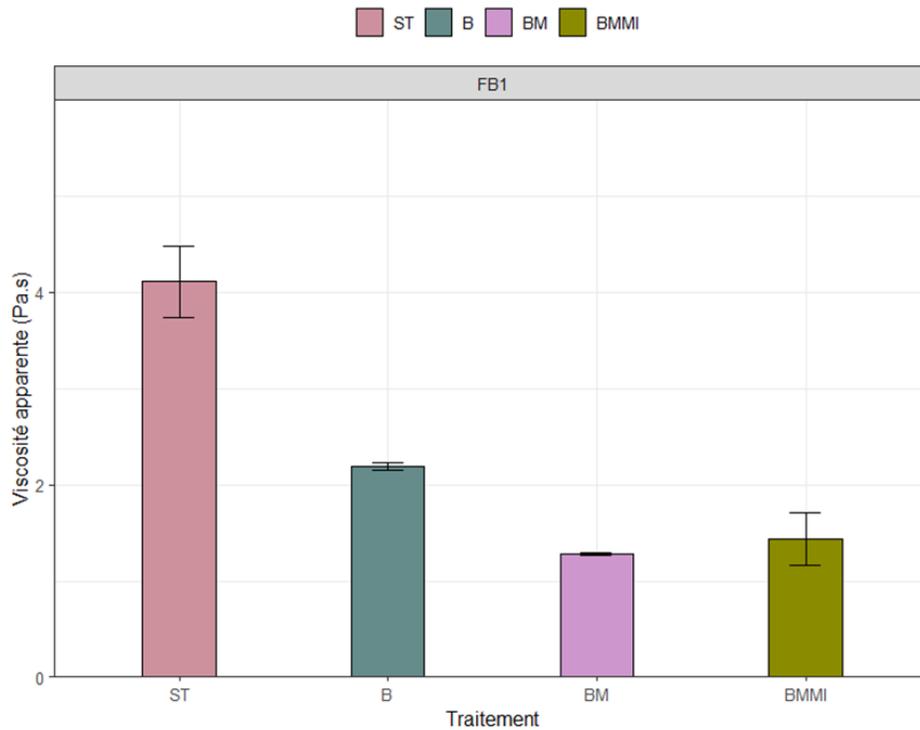
- ⇒ **La connaissance des propriétés rhéologiques permet un bon dimensionnement du système d'agitation / de mise en mouvement**
- ⇒ **Une surveillance de la consistance du digestat permet un bon réglage des paramètres opératoires (ajustement de la MS en entrée)**

De quoi dépendent les propriétés de consistance?

Nature des intrants
Taux de MS
Effet sur le seuil de contrainte



Garcia-Bernet et coll. (2011), Waste Management, **31**, 631-635.



Effet du broyage sur la viscosité

Voie épaisse et sédimentation / mélange des solides



35 %



23 %



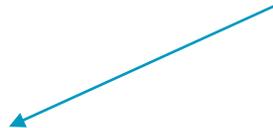
16 %



9 %



5 %



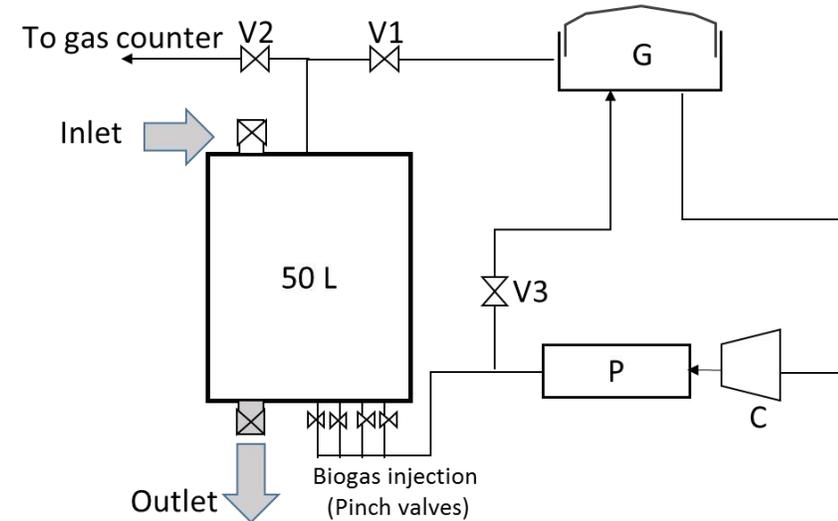
Forte viscosité, peu d'eau libre
Peu de sédimentation



Faible viscosité, plus d'eau libre
sédimentation

Mesures du mélange / sédimentation des solides

Au labo c'est facile !



Mini réacteur (50 L) à agitation pneumatique type Valorga

Injection de traceurs solides

Polypropylène

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



Verre

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

Bioflow 9[®]

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

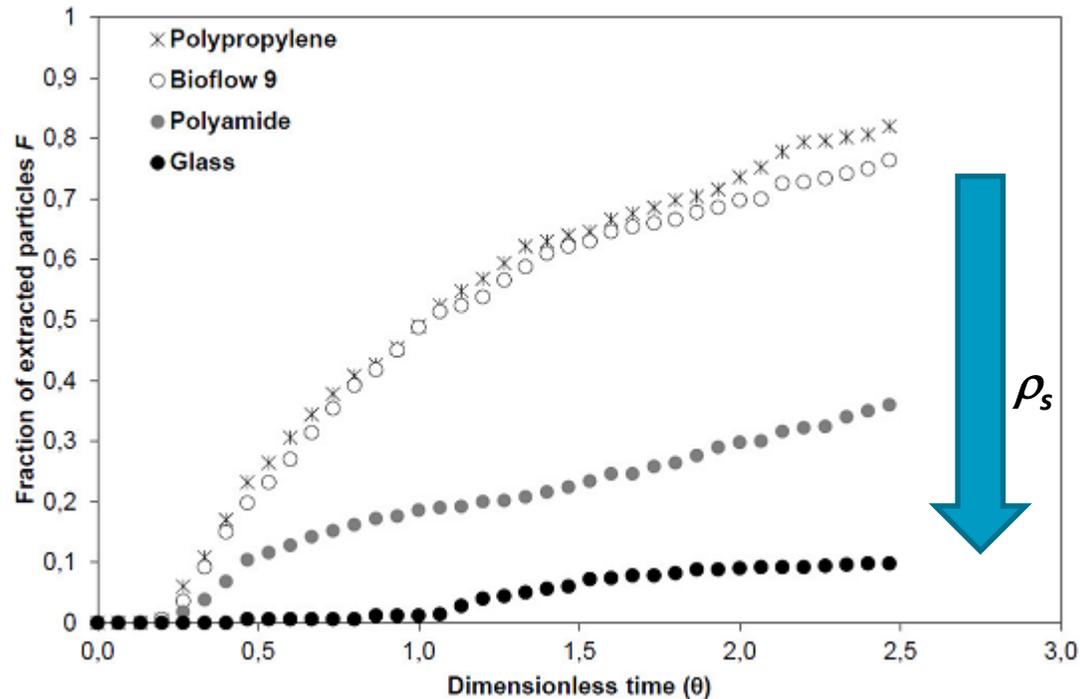
Polyamide

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

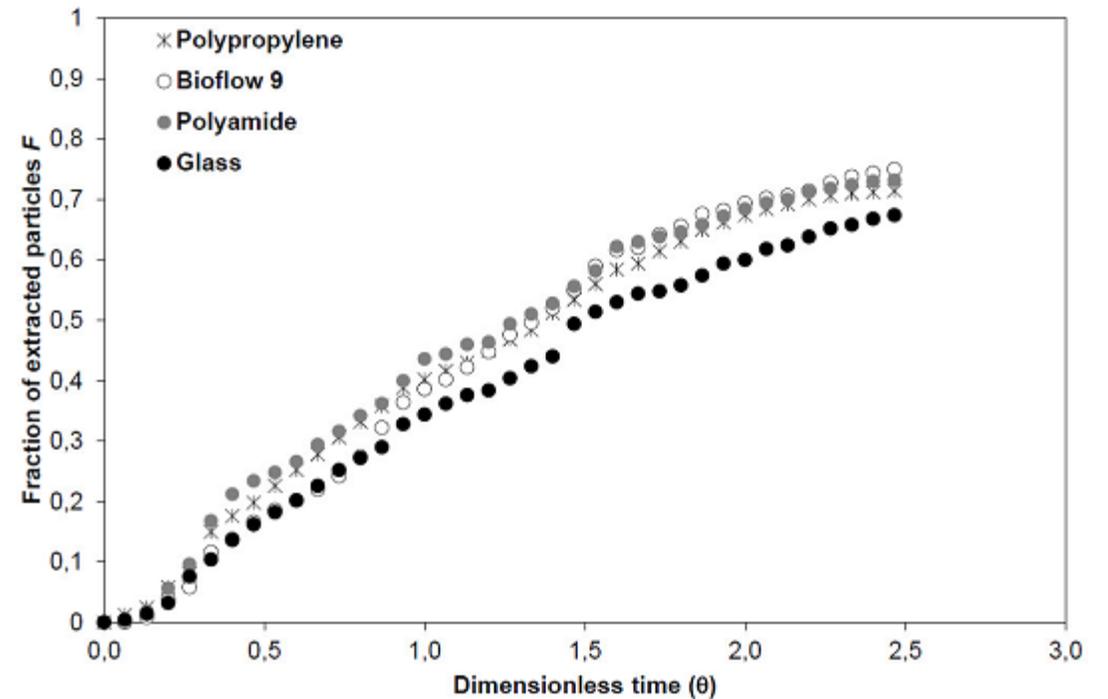
- ▶ Injection de 500 particules
- ▶ Détection manuelle

Mesures du mélange / sédimentation des solides

Taux de solide 22% : mise en évidence d'une forte ségrégation pour les particules denses



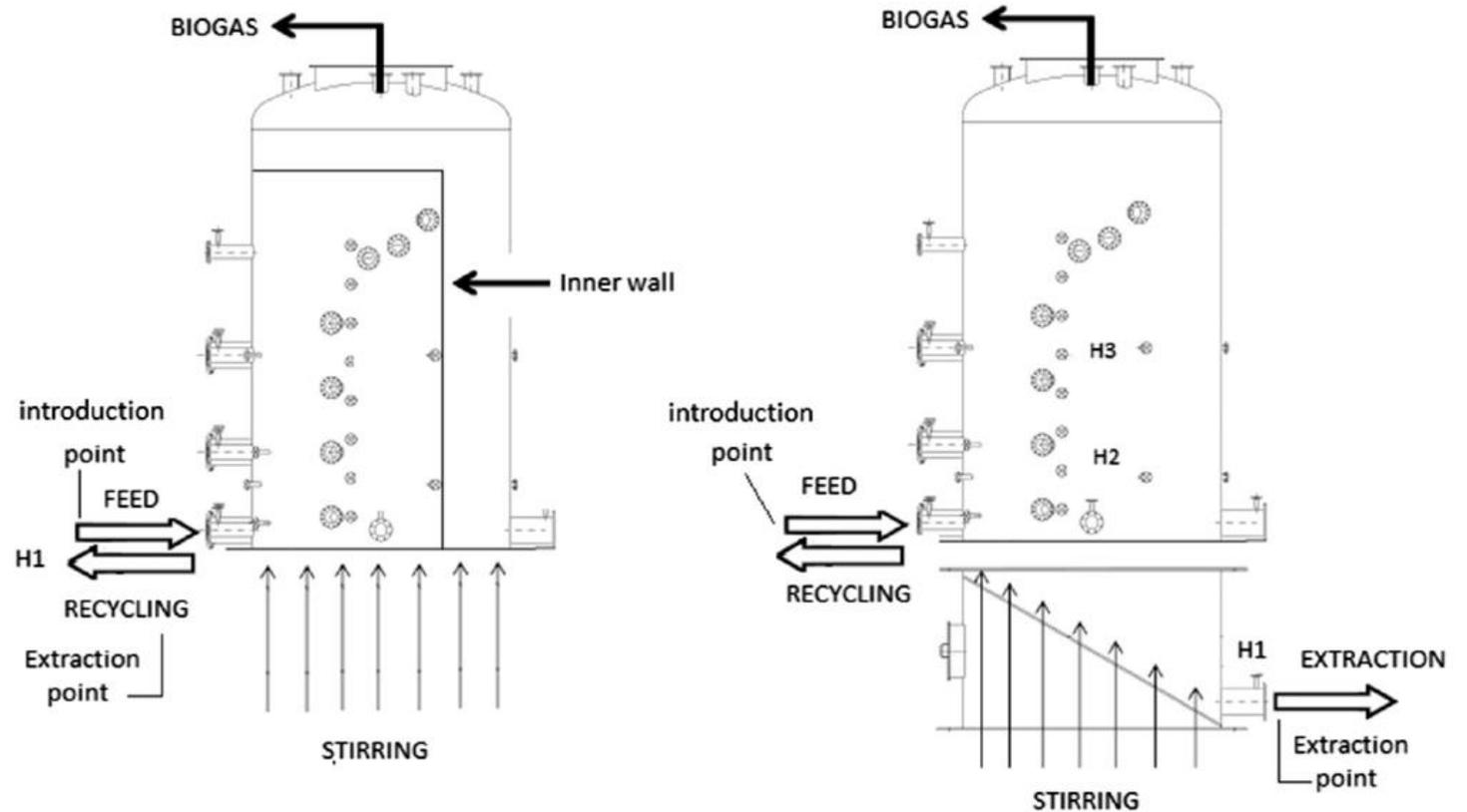
Taux de solide 30% : absence de ségrégation



Mesures du mélange / sédimentation des solides

Essais sur pilote 100 m³ avec traceurs émetteurs radiofréquences (RFID)

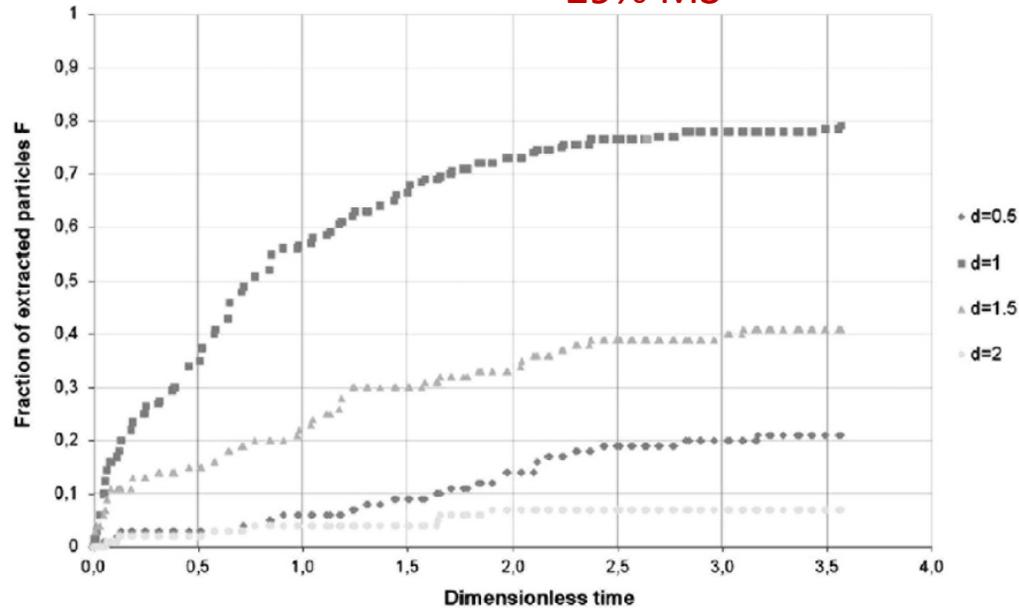
Traceurs



Mesures du mélange / sédimentation des solides

Essais sur pilote 100 m³ avec traceurs émetteurs radiofréquences

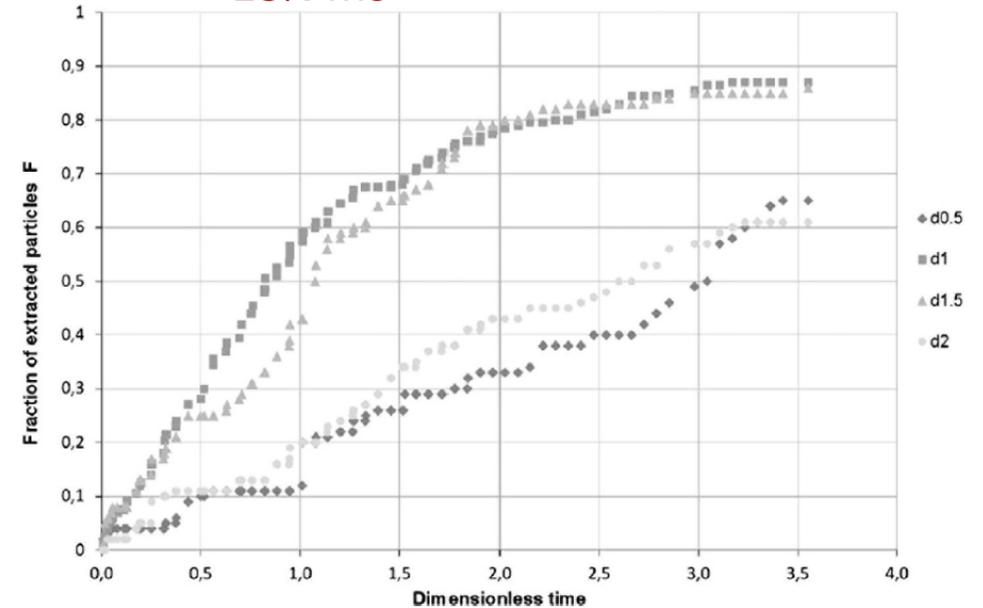
29% MS



Avant modification : mise en évidence de la sédimentation des particules denses

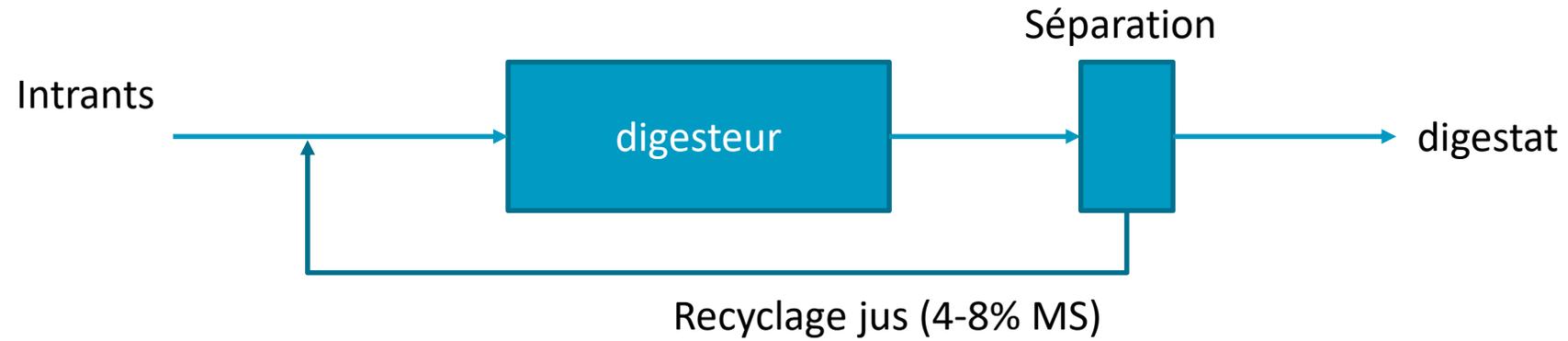
⇒ *Même à des taux de MS élevés, la sédimentation se produit*

28% MS



Après modification : les particules denses ressortent du réacteur

Performances opératoires



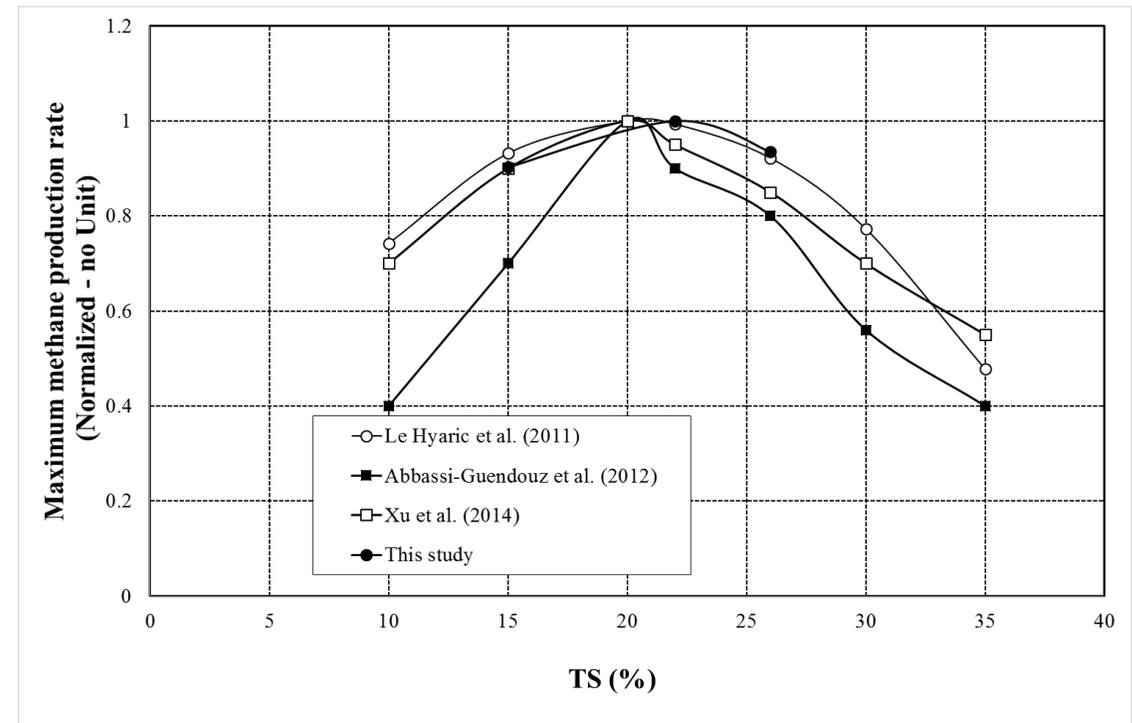
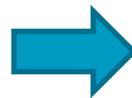
Charge volumique, temps de séjour : à comparer **sans** le recyclage

Performances opératoires

Voie épaisse = plus forte concentration en biomasse méthanogène

Voie épaisse = Réduction de l'activité biologique, surtout vers 30-35% MS digesteur

La productivité en méthane par unité de volume de réacteur présente un « optimum » de fonctionnement (ici entre 15 et 25% de MS)



Benbelkacem et coll., 2015, *Chem. Eng. J.*, **273**, 261-267

Alors la voie épaisse, c'est bien ou bien?

- Pour un mix d'intrants à forte teneur en MS
- Unités globalement plus compactes
- Moins de recyclage
- Plus forte concentration en micro-organismes
- Moins de problèmes de sédimentation
- Nécessité d'avoir une bonne maîtrise de la consistance et du mélange
- Ne dispense pas d'un prétraitement / d'un prémélange

Merci pour votre attention !

Contact : pierre.buffiere@insa-lyon.fr

Remerciements :

Renaud Escudié, INRAE-LBE

Sébastien Pommier, INSA Toulouse TBI

Hassen Benbelkacem, INSA Lyon, DEEP

ADEME, ANR