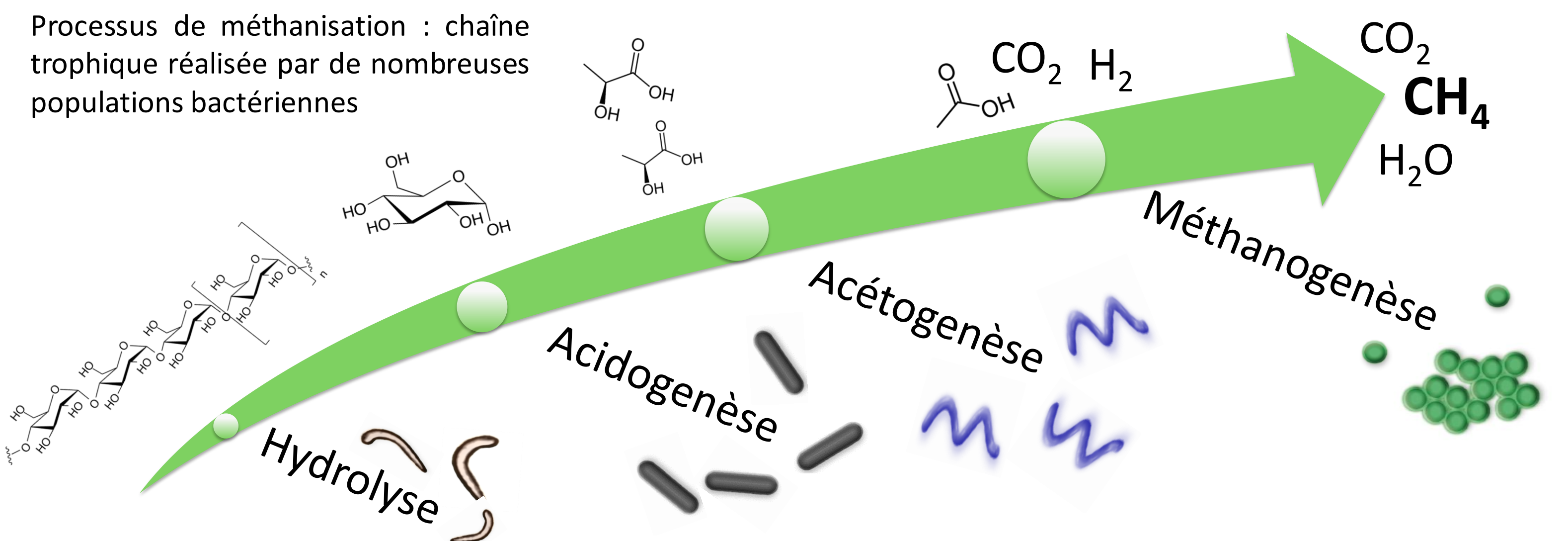


Suivi optimal du fonctionnement des différentes installations de digestion anaérobie

Etudiants: Lukas Eglin, Johann Franziskakis
Entreprise: EREP SA, Dr. Nuria Montpart
Encadrant EPFL: Prof. Christof Holliger

Contexte et objectifs

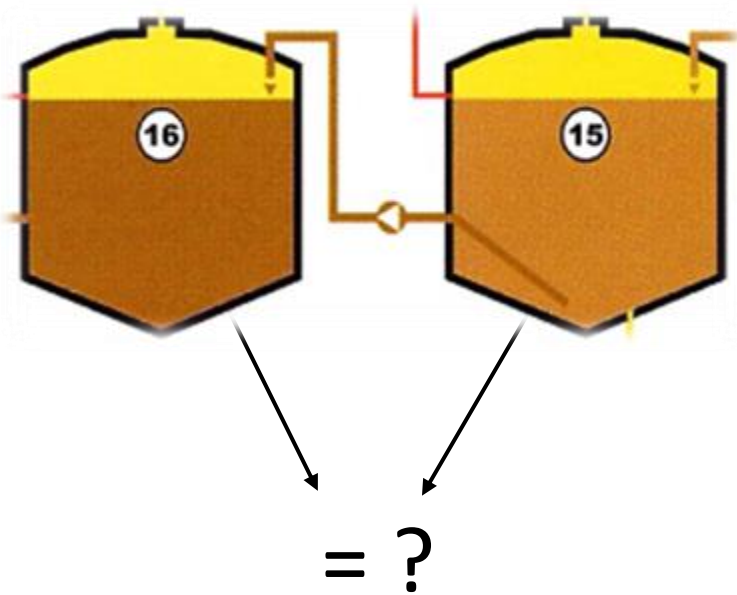
- Le suivi des installations de méthanisation pose problème pour certains types d'installations à substrat non-liquide.
- But : définition des méthodologies de suivi optimales pour les différentes technologies de méthanisation.
 - Recherches théoriques sur le processus de méthanisation en général et du suivi d'installation en particulier
 - Visite et prise d'échantillons de trois installations. Types de technologies étudiés : liquide infiniment mélangé, solide à flux piston, batch



Aspects étudiés

1. Points d'échantillonnage

- L'endroit où l'on effectue un prélèvement importe-t-il ?



2. Pré-traitements

- Centrifugation ou filtration : quels effets sur les résultats ?



La centrifugation réduit la teneur en solides dans l'échantillon : on espère éviter des erreurs de mesure.

3. Paramètres de suivi

- Utiles pour déceler à l'avance des instabilités du processus de méthanisation
 - pH
 - Rapport d'alcalinité (FOS/TAC)
 - Teneur en matières sèches
 - Acides gras volatils (AGV)

Comparaison de deux méthodes (AGV)

- Nordman (1977)
- Zhe-Xuan (2018)



4. Effets de matrice

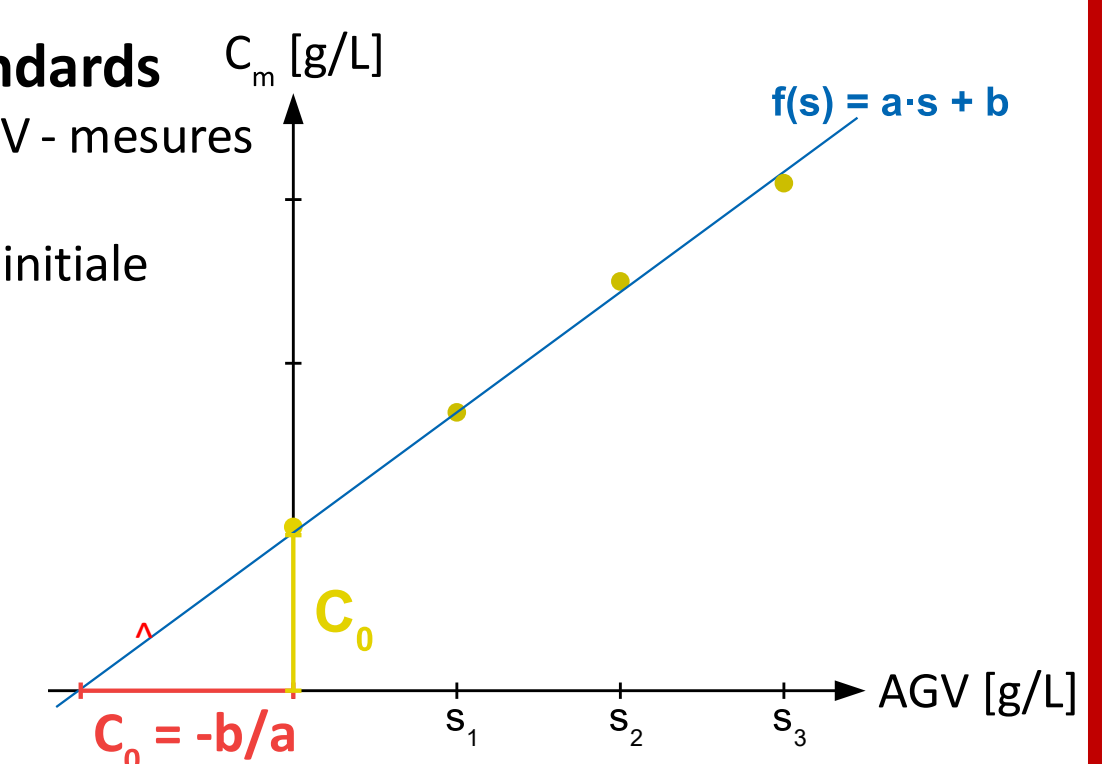
- Comment éliminer les interférences dans la mesure ?

- Procédure d'ajouts standards
 - Calibration linéaire : AGV - mesures
 - Extrapolation à zéro
 - $x = -b/a$: concentration initiale

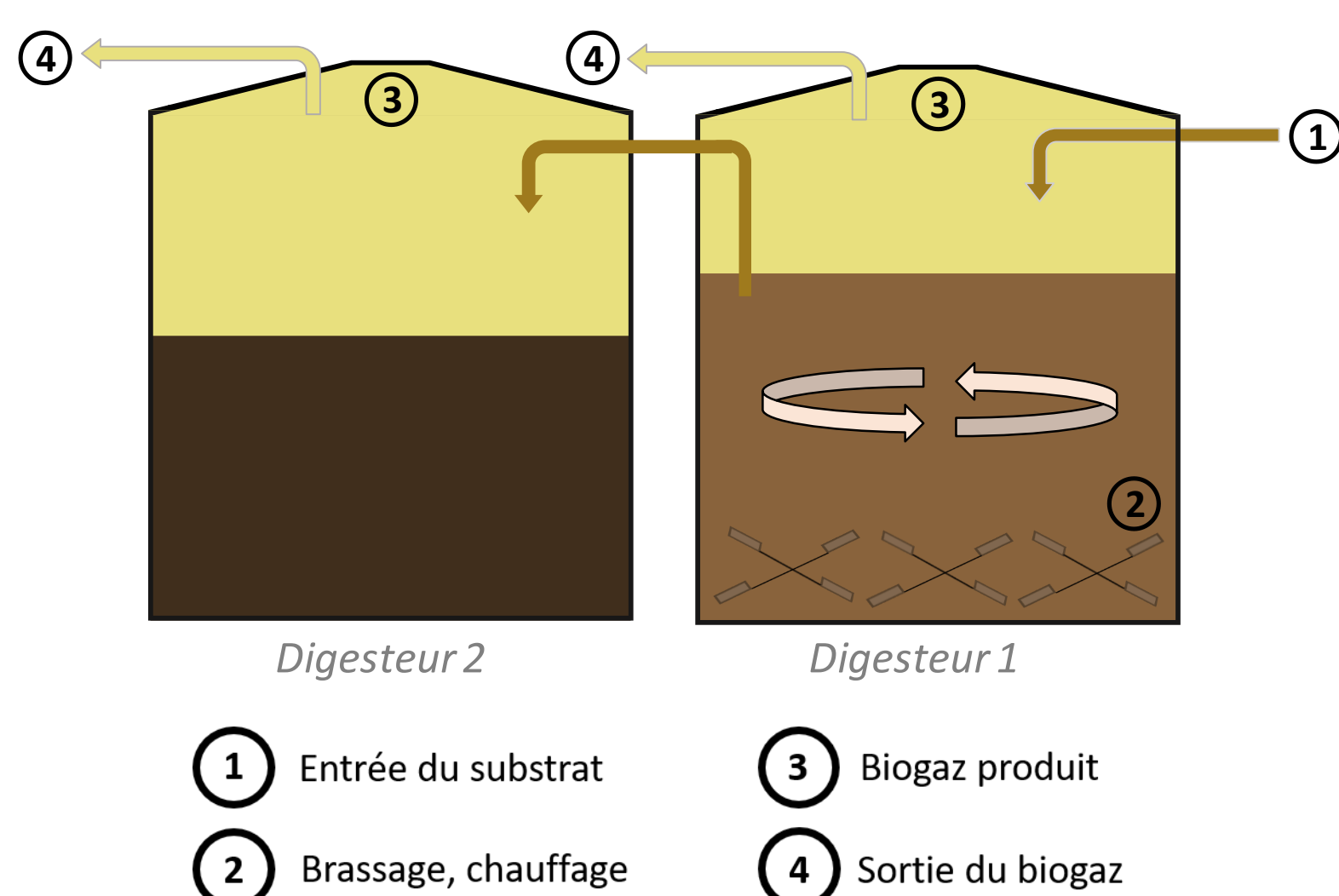
Mesures corrigées :

$$\hat{C}_0 = (1 - m)C_0$$

C_0 : mesure initiale
 m : effet de matrice



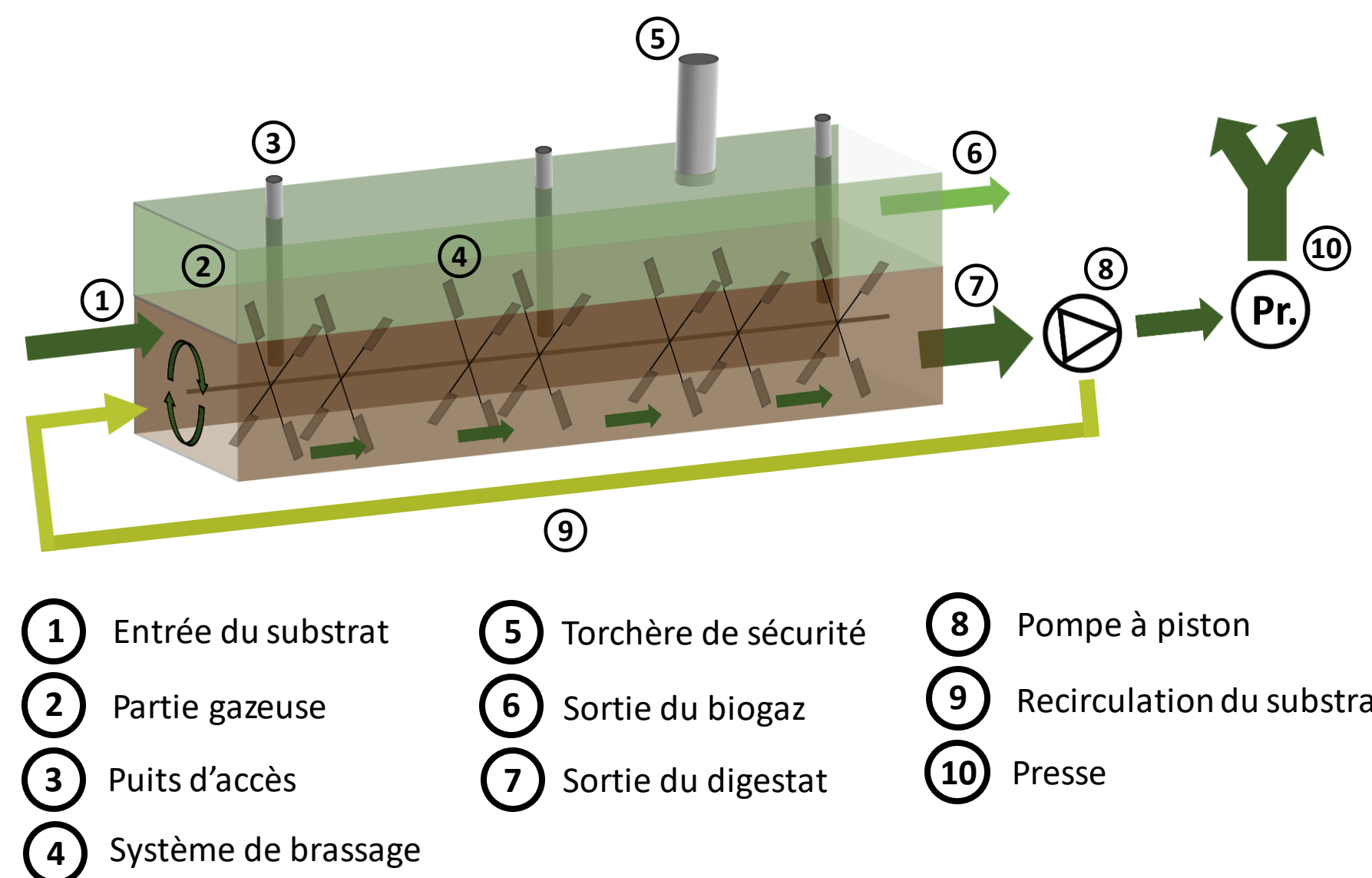
Technologie liquide



STEP de Morges

- Substrat liquide (boues de décantation), infiniment mélangé
- Digesteur 1 : partie principale, température maintenue à 40 [°C] (mésophiles), brassé.
- Digesteur 2 : dégazage résiduel et épaissement des boues avant incinération.

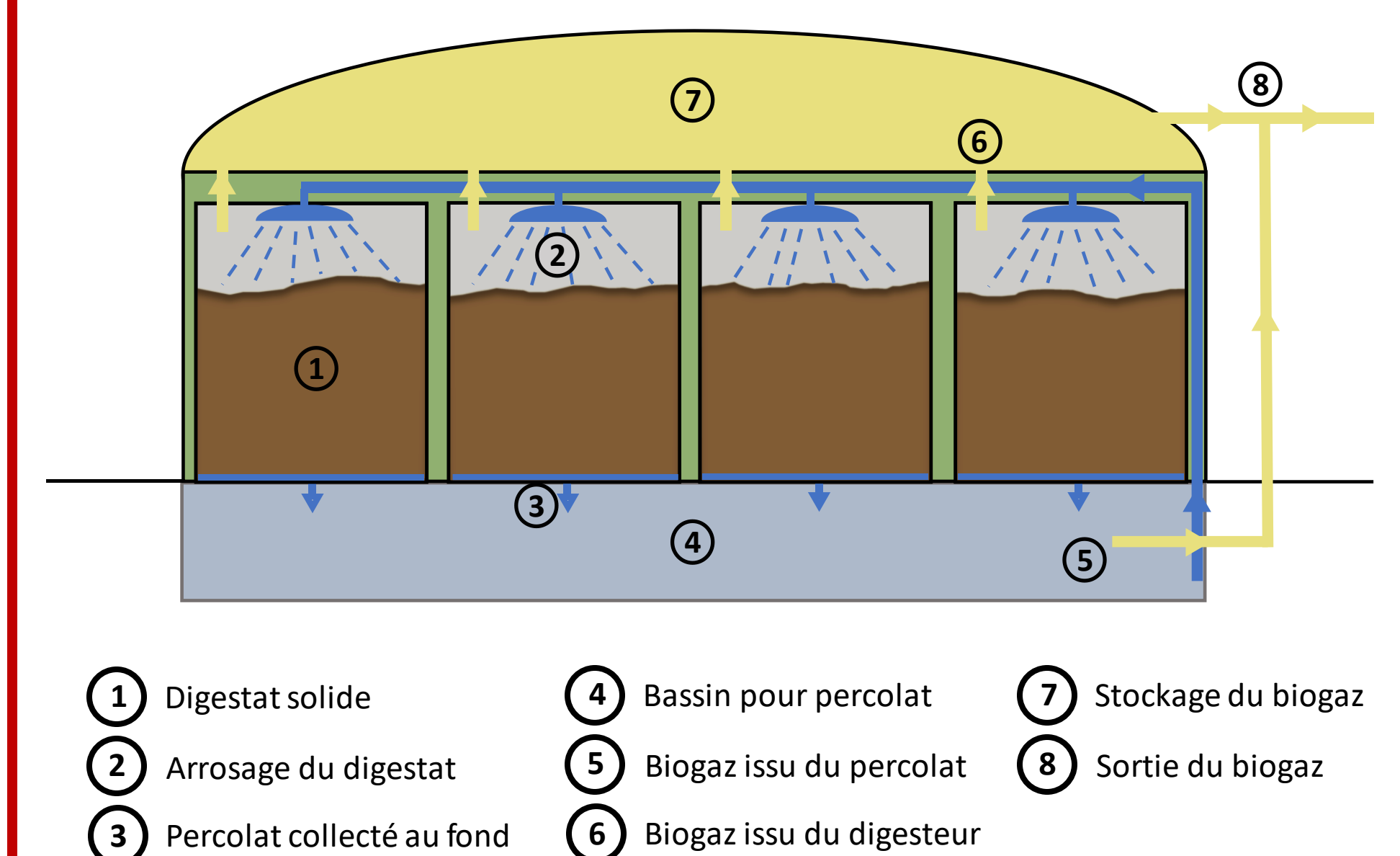
Technologie à flux piston



Ecorecyclage SA à Lavigny (VD)

- Substrat : déchets organiques ménagers et déchets verts
- Temps de rétention : 15 à 20 jours
- Inoculation : avec le recyclage partiel du digestat
- Presse : séparation de la partie liquide et solide

Technologie Batch



Kompostieranlage Seeland AG, Galmiz (FR)

- Quatre digesteurs séparés, opérés de façon décalée
- Durée du processus : 2 à 3 semaines
- Inoculation : avec le percolat

Résultats

1. Points d'échantillonnage

- Digesteurs de la STEP de Morges (prélèvement par le toit)



	Digesteur 1	Digesteur 2
pH [-]	7.59 ± 0.01	7.717 ± 0.003
AGV [g/L]	0.74 ± 0.01	0.77 ± 0.01
FOS/TAC [-]	0.14 ± 0.001	0.14 ± 0.001

⇒ Faible variation du pH et AGV. Le rapport d'alcalinité reste très stable.

2. Prétraitements

- Dans les trois stations, on mesure la teneur en AGV par la méthode Nordman avec ou sans centrifugation :

AGV [g/L]	Sans prétraitement	Centrifugation
Morges	4 ± 0.1	0.74 ± 0.01
Lavigny	5.2 ± 0.6	2.96 ± 0.04
Galmiz	1.78 ± 0.04	1.73 ± 0.02

⇒ Diminution systématique de la concentration d'AGV mesurée après centrifugation.

⇒ La fiabilité des mesures est meilleure après centrifugation.

3. Méthodes de mesure

- Les deux méthodes de mesure sont adaptées à tous les types d'échantillons que nous avons pu analyser, simples à mettre en œuvre et fiables.
- Entre la méthode Nordman (1977) et Zhe-Xuan (2018), nous n'avons pas pu déceler une qui serait plus adaptée.
- Etant donné que la méthode Nordmann est beaucoup plus couramment utilisée, nous conseillons d'utiliser cette dernière dans la pratique.

4. Effets de matrice

- Droites de calibration satisfaisantes : $R^2 > 97\%$

	Brut	Centrifugé
C_0 [g/L]	1.78	1.73
100-m [%]	-6.7	-6.3
\hat{C}_0 [g/L]	1.90	1.84

Mesures corrigées d'AG, station de Galmiz

- Un effet de matrice négatif indique qu'une partie des AGV ajoutés ne se retrouvent pas dans la mesure.
- Ils pourraient réagir avec les solides en suspension
- Globalement, les effets sont faibles.

Conclusion

- L'étape d'échantillonnage est la plus importante pour éviter les erreurs de mesure, mais aussi celle où l'on est le plus limité par l'infrastructure.
- Pré-traitements - nous recommandons d'éviter la centrifugation :
 - Réduction des manipulations / erreurs
 - Matériel de laboratoire coûteux
 - L'augmentation de l'exactitude avec centrifugation est incertaine

- La méthode de titration Nordman, 1977 est plus adaptée à la pratique :
 - La méthode Zhe-Xuan n'est pas plus précise que la méthode Nordman
 - La plus répandue dans le suivi d'installations de digestion anaérobie
- Pas d'effets de matrice conséquents (inférieurs à 6%) dans les installations visitées.

- Chaque installation a un régime de fonctionnement propre à celle-ci.
- La valeur absolue des paramètres de suivi importe peu, c'est leur variation dans le temps qui est cruciale pour surveiller la stabilité.
- Ainsi, seules des manipulations systématiques et rigoureuses rendront compte correctement de l'état du digesteur.

Références

- Moletta René, 2011. "La méthanisation" (2e ed.), Lavoisier.
- Drosg Bernhard, 2013. "Process monitoring in biogas plants", IEA Bioenergy. (Technical-Brochure-process_monitoring.pdf)
- Images: Titirino <http://www.directindustry.fr>
Centrifugeuse <http://img.medicaexpo.fr>
Passoire : <https://www.home-boulevard.com>
- Ecorecyclage SA http://www.ecorecyclage.ch/?p=.ecorecyclage_usine
- Kompostieranlage Seeland AG <http://www.kompostseeland.ch/de/>
- Processus BEKON <https://www.bekon.eu/en/technology/>