



JRI

Journées Recherche Innovation
Biogaz méthanisation

2-4 octobre 2018 - RENNES

Etude de la cinétique de la méthanisation en vue du développement d'un modèle de dimensionnement de méthaniseur industriel

Amel Guendouz

aguendouz@arkolia-energies.com

Sophie Guillaume

sguillaume@arkolia-energies.com



- Présentation Arkolia Energies
- Introduction et contexte
- Problématique et objectif
- Mode opératoire
- Modèle
- Résultats
- Discussion
- Conclusion

Opérateur multi énergies

Solaire



Biogaz



Eolien



DEVELOPPEMENT COMMERCIAL



INGENIERIE



LABORATOIRE



CONSTRUCTEUR



EXPLOITANT



MAINTENEUR

Voie

sse



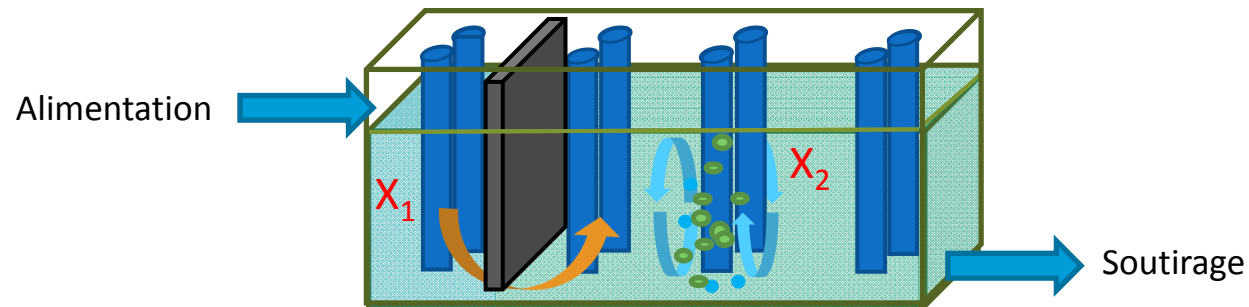
Infiniment m



THA

- La vitesse de dégradation dépend des paramètres opératoires et de la nature des substrats
- Le productible cible est obtenu par des méthodes simples comme le test BMP
- Le dimensionnement des unités se fait par :
 - L'expertise de nombreux constructeurs
 - La caractérisation des intrants et l'utilisation de modèles cinétiques
 - L'utilisation de pilotes de laboratoire

- Méthanisation des déchets solides → en voie visqueuse avec des procédés piston ou des garages
- Pour les procédés piston → différentes biomasses car substrat à différents états de dégradation → secteurs bien différenciés



- Procédé industriel à faible temps de séjour → nécessité d'optimiser la taille des cuves
- Cette optimisation passe par deux paramètres:
 - la température de fonctionnement
 - le temps de séjour

- Optimisation du temps séjour en piston → maîtrise de la compartimentation (distribution de la matière organique et de la biomasse)
- Techniques classiques de dimensionnement → peuvent être complétées pour les procédés pistons car il y a nécessité de décrire les différentes biomasses impliquées
- Moyen simple d'étudier les microorganismes impliqués : le batch → ce qui se passe dans l'espace pour un piston, se passe dans le temps pour un batch

- Réacteur continu piston → populations microbiennes adaptées
- Batch → le digesteur est rempli puis vidé lorsque la production de biogaz s'arrête



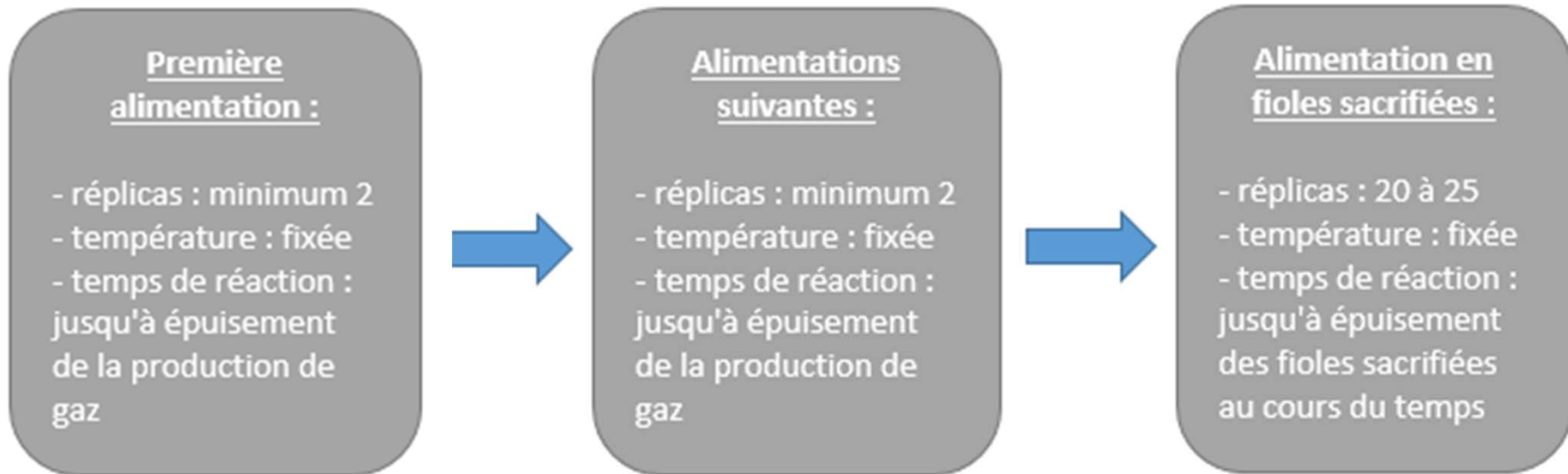
Comment suivre les réactions et donc les biomasses impliquées dans le temps?



Développement d'une méthode complémentaire aux modèles et études pilotes de laboratoire afin d'optimiser les temps de séjour courts en procédés piston.

Mode opératoire

Principe de la méthode



Les alimentations successives sont opérées jusqu'à ce que l'optimum de production soit atteint (BMP) et que les cinétiques de production soient répétables

Les fréquences de sacrifice sont intenses en début de réaction et de plus en plus espacées jusqu'à épuisement des fioles

- Essais réalisés en fioles
- Taux de MS des fioles fixés à 15% maximum
- Alimentation constante tout au long des essais
- Pas d'ajout de nutriments ni de tampon
- Incubation des fioles à la température choisie



- Détermination des quantités de la qualité de gaz
- Carbone organique total
- Azote total et ammoniacal
- Demande chimique en oxygène totale et soluble
- Acides gras volatiles
- pH
- Matières sèches et volatiles



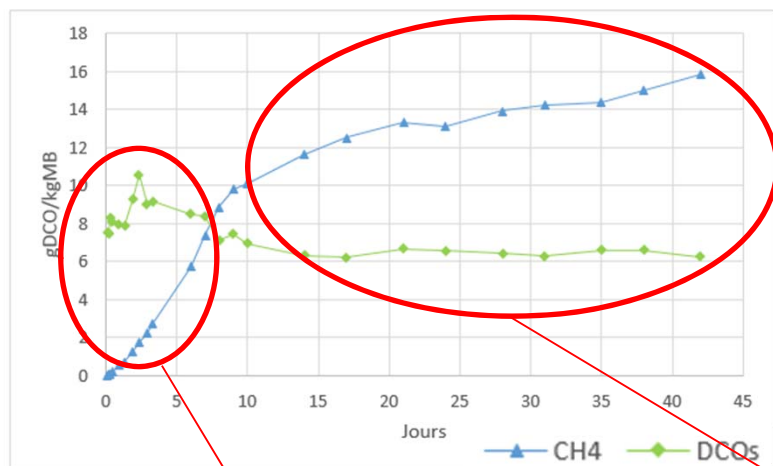
- Détermination du niveau de dégradation en fonction du temps
 - Bilan sur le C
 - Bilan sur la DCO
 - Bilan sur la MV
- Détermination des différentes réactions et identification des groupes microbiens en fonction du temps pour l'alimentation du modèle
 - Evolution du N et du NH_4
 - Evolution du pH
 - Evolution de la teneur en AGV
 - Evolution de la qualité du biogaz

→ Orientation ciblée des temps de séjour à appliquer aux essais pilotes pour une optimisation du procédé

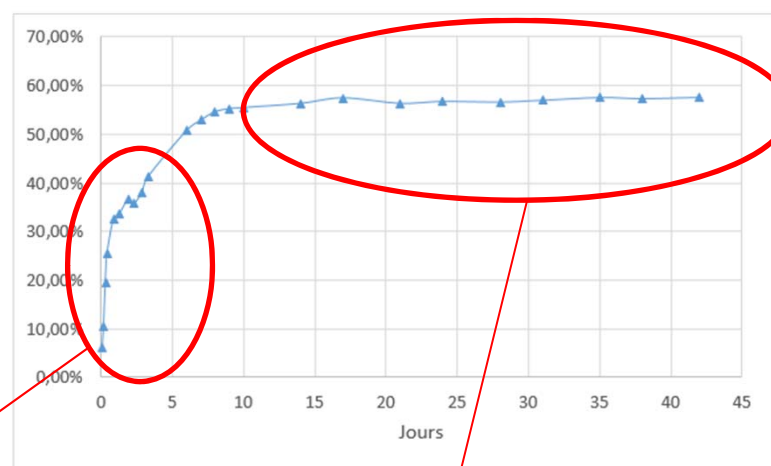
Ecriture de la Méthanisation

- Hydrolyse
 - $X_d \rightarrow S_1$ (1^{er} ordre)
- Acidogénèse
 - $k_1 S_1 \rightarrow X_1 + k_{AC} S_{AC} + k_{IC} S_{IC} + k_N S_N$
- Méthanogénèse
 - $k_3 S_{AC} \rightarrow X_2 + k_{CH_4} S_{CH_4} + k_{CO_2} S_{CO_2}$
- Bilan acido-basique
 - $S_{(HCO_3^-, AGV^-, OH^-)} = S_{(NH_4^+, H^+)}$

Evolution du CH_4 et de la DCOs au cours du temps



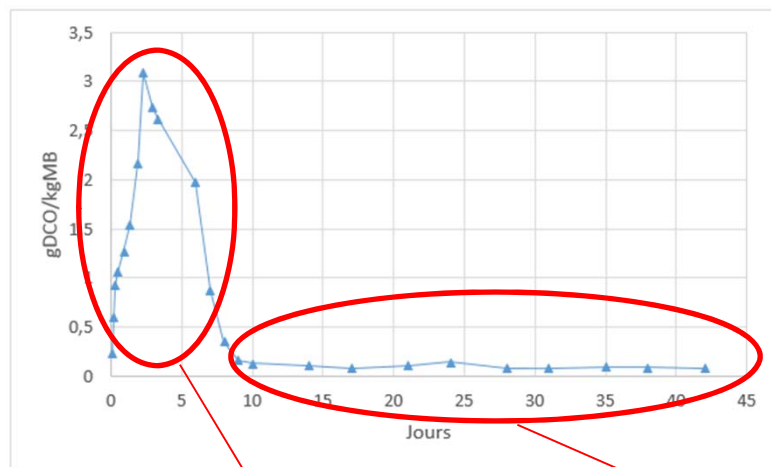
Evolution du ratio $\text{CH}_4/(\text{CH}_4+\text{CO}_2)$ au cours du temps



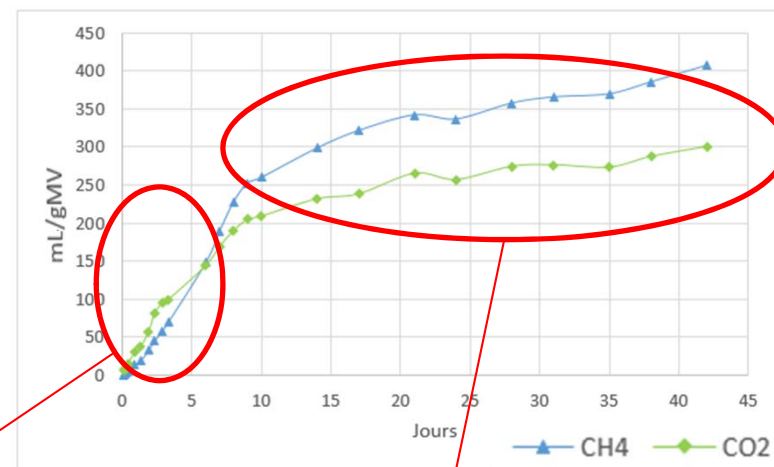
Biomasse acidogène
prépondérante

Biomasse méthanogène
prépondérante

Evolution des AGV au cours du temps



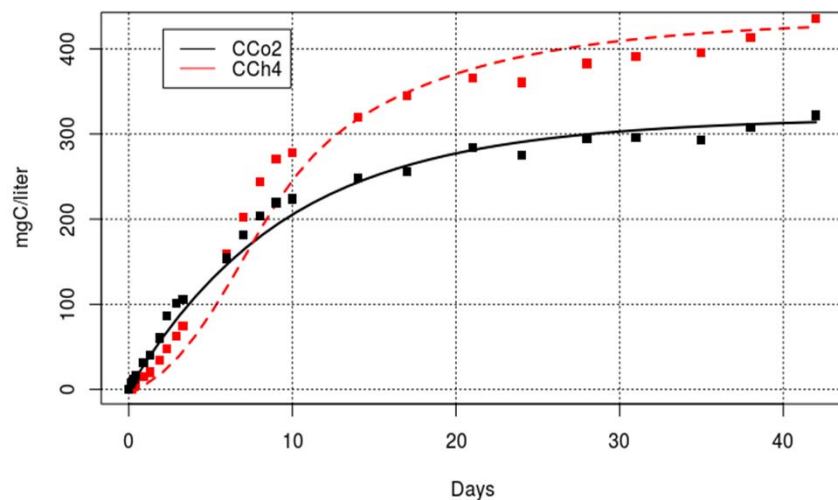
Evolution du CH₄ et du CO₂ au cours du temps



Biomasse acidogène
prépondérante

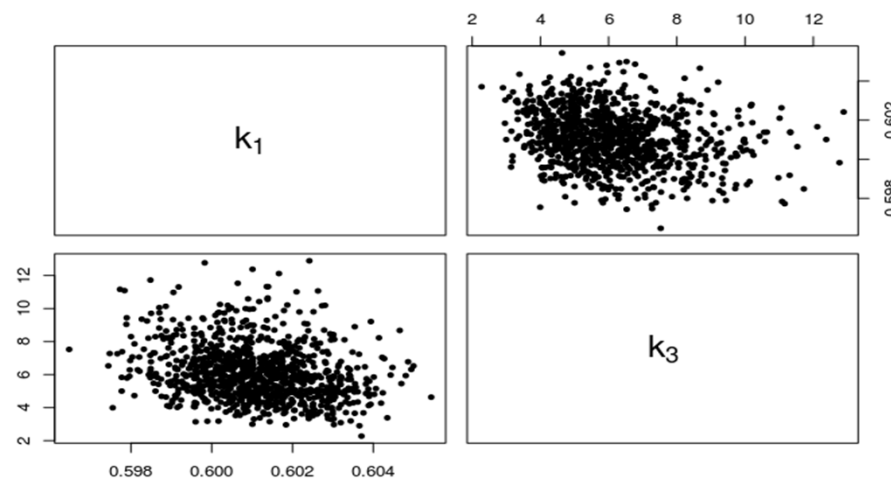
Biomasse méthanogène
prépondérante

Experimental and Calculated CO₂ and CH₄ concentrations time course



Identification
paramétrique est correcte
comme le montrent les
ellipsoïdes de confiance

Représentation graphique
du modèle obtenu



- Problématique d'identification structurelle des paramètres du modèle nettement améliorée :
 - par la présence de ces deux zones ☺
 - par la richesse d'information disponible (titres en CH_4 , CO_2 , AGV, pH, N_t , NH_4^+ ,...) au cours du temps
- La précision d'estimation des paramètres est bonne

- Le modèle permet de déterminer de manière indépendante et précise les constantes cinétiques
- On dispose d'un modèle qui permet d'optimiser les étapes en ayant une répartition différente et pilotable des temps de séjour
- Résolution des équations de bilan matière sur chaque secteur du piston → ce qui permet d'optimiser le temps de séjour total

Merci de votre attention