

JRI
2022

atee
ASSOCIATION TECHNIQUE
ENERGIE ENVIRONNEMENT

INSA INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
LYON

ctbm

Avec le soutien de


RECORD


BIO-VALO
LA PLATEFORME AU SERVICE DE VOS PROJETS

arkolia
ENERGIES

L'apport de la modélisation pour le dimensionnement d'une unité de méthanisation agricole : témoignage d'un constructeur

R. TEIXEIRA FRANCO, F. INGLES, S. HATTOU

Arkolia Energies, Direction Technique



Introduction : Bureau d'études **vs.** Innovation **et**



Principaux objectifs de chaque équipe :

- **Bureau d'études** : maîtrise de la conception, respect du délai et coûts de construction, adéquation aux besoins du client, atteinte des performances, formation des exploitants, suivi technique des installations (REX, qualité)
- **Innovation** : amélioration de la qualité et flexibilité des produits; élargissement ou développement de nouveaux produits; création ou pénétration de nouveaux marchés

Les enjeux communs:

- Définir le dimensionnement le plus adapté au projet proposé
- Fiabiliser/sécuriser les procédés
- Amener les installations aux performances
- Optimiser les solutions technico-économiques proposées

Avec le soutien de



Compétences multidisciplinaires au sein d'une même structure

Dimensionnement des digesteurs – étape clé des projets

Il doit être adapté aux **spécificités du projet**, notamment en tout ce qui concerne la disponibilité de **gisements** (caractéristiques, quantités, saisonnalité, etc.)

Impact du dimensionnement – point de vu BE:

Axe caractérisation de la matière et de sa biodégradabilité impact sur :

- Dimensionnement des cuves et des équipements internes aux digesteurs (technologie de mélange)
- Technologie des équipements d'introduction (introduction directe/indirecte), de préparation et de transfert de la matière (technologie de pompage, de séparation,...)
- Les besoins en eau/ quantité de digestat à épandre

Axe comportement hydrodynamique/rhéologie de la matière, impact sur:

- Dimensionnement des tuyauteries (régime d'écoulement, pertes de charge)
- Puissance et performance des équipements de transfert

Avec le soutien de

Dimensionnement des digesteurs – étape clé des projets

Axe transfert de chaleur, impact sur:

- Besoins en isolation des cuves, gazomètres
- Puissances thermiques à mettre en place: dimensionnement des réseaux de chaleur, de la panoplie de chauffage

Ces choix ont des conséquences significatives:

- **Rentabilité/viabilité du projet**
- **Coût de l'installation** (CAPEX/OPEX)

Avec le soutien de

ARKOLIA ENERGIES : APPROCHE EVOLUTIVE



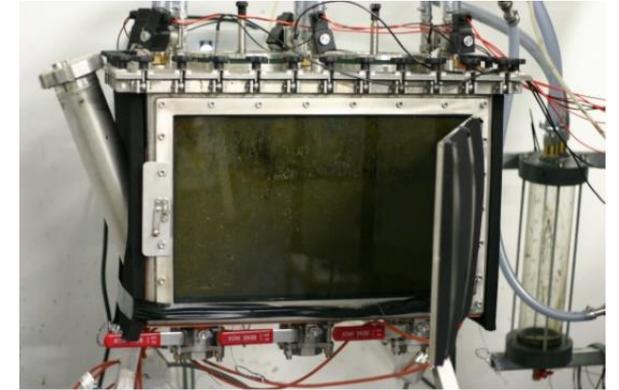
Approche 1. Labo + Règles Empiriques

Basée sur des données de caractérisation de gisements et des bilans matières qui respectent des règles empiriques connues pour assurer le bon fonctionnement du méthaniseur.

Il s'agit de choisir le mode de fonctionnement pour respecter des gammes optimales de certains paramètres, e.g. :

- Teneur en matière sèche
- Température
- Rapport C/N
- Teneur en $\text{NH}_3\text{-N}$
- Charge organique appliquée
- Temps de séjour hydraulique (TDS)

Avec le soutien de



Analyse affinée par
couplage à l'extrapolation
de résultats de pilote labo



1. Plus simple à mettre en place

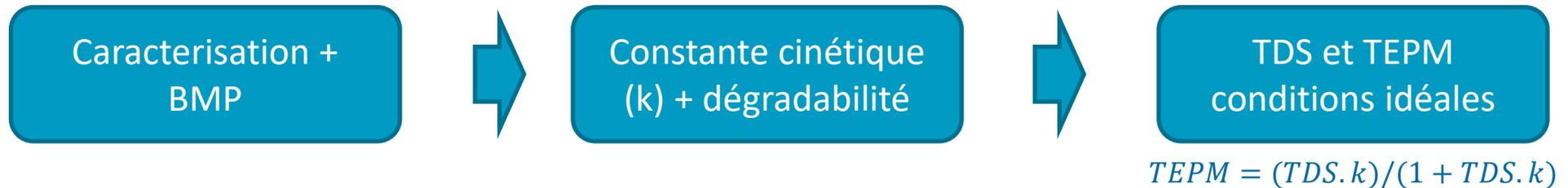


1. Pas de cinétique des réactions
2. Biodégradabilité imprécise
3. Inhibiteurs biologiques pas estimés
4. Procédé en état stationnaire
5. Transfert de chaleur imprécis
6. Hydrodynamique / rhéologie pas pris en compte

Approche 2. REX + Cinétique

Evolution laboratoire méthanisation : constitution d'une base de données exhaustive pour la caractérisation des différents gisements

REX installations pilote : besoin d'intégrer dans un premier temps des aspects de cinétique – évaluation des taux d'expression du potentiel méthane (TEPM) dans les différents digesteurs



- ✓
1. Estimation de la cinétique des réactions en conditions optimales
 2. Plus de précision sur la biodégradabilité en fonction de la configuration des réacteurs
 3. Estimation de l'exothermicité des réactions

- ✗
1. Inhibiteurs biologiques pas estimés
 2. Procédé en état stationnaire
 3. Hydrodynamique / rhéologie pas pris en compte

Approche 3. REX + Modélisation

REX premières installations méthanisation: besoin d'outils de modélisation pour assurer le dimensionnement optimal de tout type de projets, sur les aspects biologiques et physiques.

Modèle biochimique en 2 étapes proposé par le Laboratoire DEEP :
(version simplifiée ADM1)

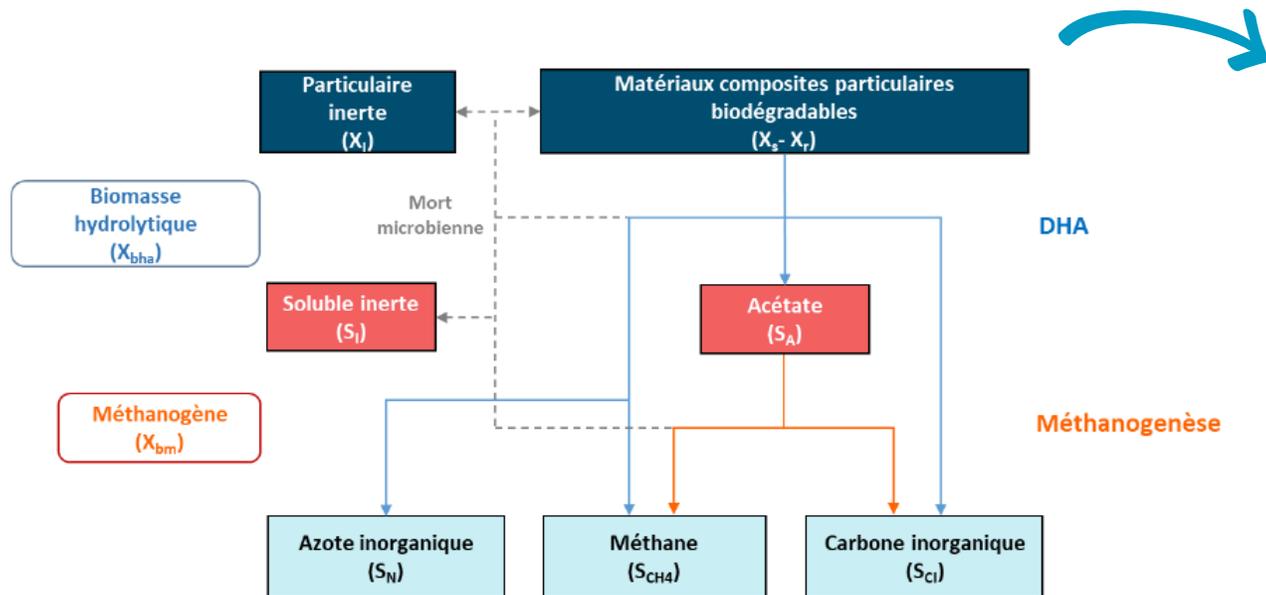


Schéma du modèle biologique (Thèse A. Boutoute)

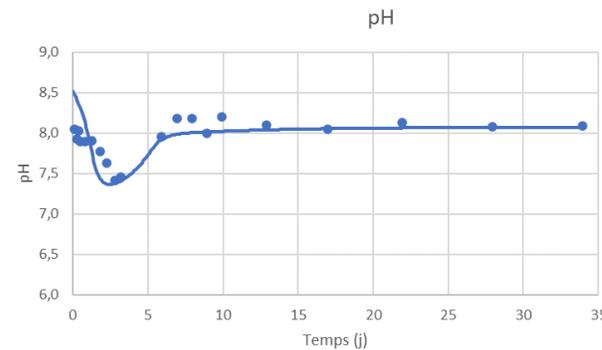
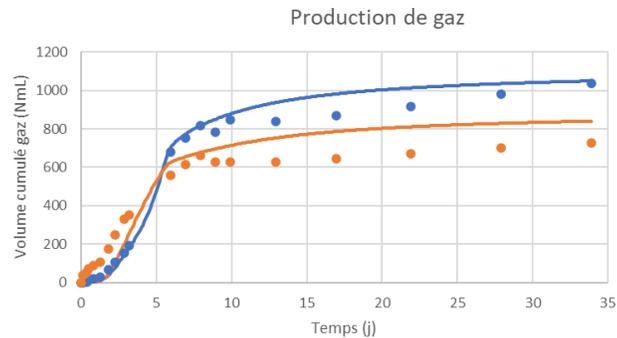
- Modèle qui a servi de base pour les travaux de thèse de A. Boutoute
- Cinétique des réactions comme fonction du pH, température, MS et teneurs en TAN et NH_3-N
- Conversion de caractéristiques des gisements en variables d'entrée du modèle à partir des analyses : MS, MV, BMP, k, pH, DCO, NTK, TAN

Avec le soutien de

Approche 3. REX + Modélisation

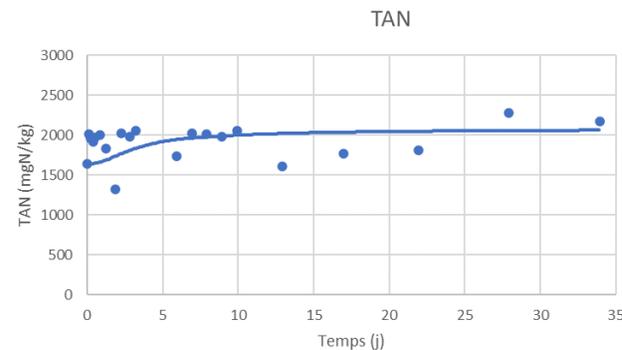
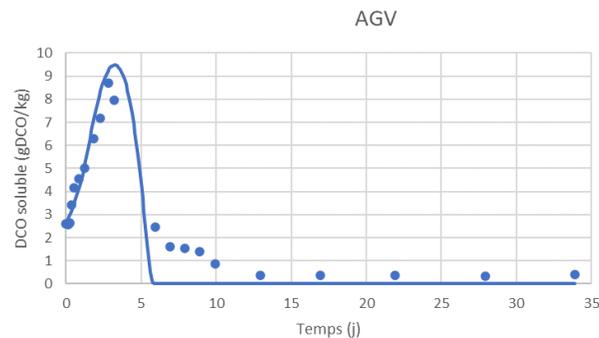
Robustesse du modèle en fonctionnement optimal validée par des essais batch et pilote continu

Exemple : Essais **BATCH** ; thermophile ; fumier + boues + autres



- Résultats similaires pour 4 séries batch
- Valeurs constantes pour les paramètres du modèle
- Production CH₄, DCO, pH, AGV et TAN bien estimés

Avec le soutien de

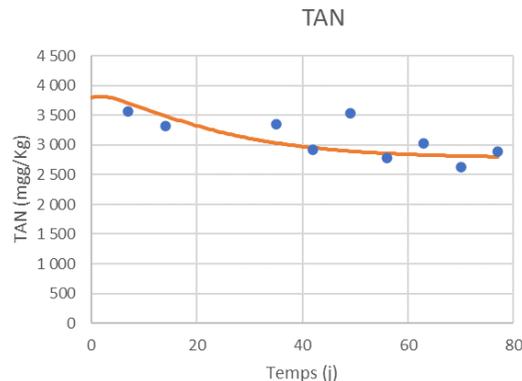
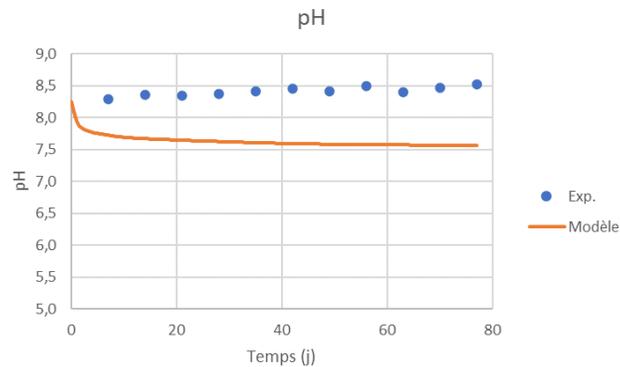
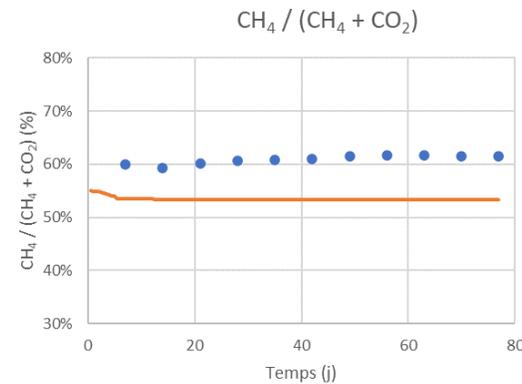
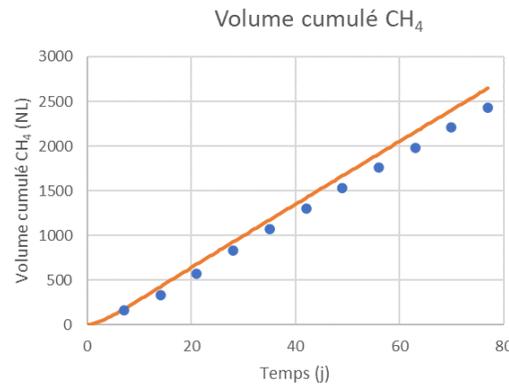


- Production CO₂ légèrement surestimée
- Dynamique dépendante de X_{méthanogène} initiale (10 - 40 mg_{DCO}/kg)

Approche 3. REX + Modélisation

Robustesse du modèle en fonctionnement optimal validée par des essais batch et pilote continu

Example : Essais **PILOTE** ; thermophile ; voix sèche ; TDS : 15j + 10j ; FOR + boues + autres



- Conclusions identiques pour les différentes configurations pilote testées
- Valeurs des paramètres identiques batch/pilote
- Production CH_4 , TAN, MS bien estimés



- Production CO_2 surestimée
- pH sous-estimé pour la plupart des configurations

Avec le soutien de

Approche 3. REX + Modélisation

Robustesse du modèle en fonctionnement optimal validée par des essais batch et pilote continu

En complément, réalisation des **travaux** pour comprendre et modéliser l'impact de la **dynamique des fluides** dans la méthanisation

- **Thèse V. Ruys**, « Rhéologie des résidus agricoles pour un procédé multi-étapes de méthanisation en voie sèche »
- **Thèse A. Hojeij**, « Brassage de fluides épais pour la méthanisation »

Avec le soutien de



1. Estimation de la cinétique des réactions
2. Précision sur la biodégradabilité
3. Procédé en état dynamique
4. Estimation de l'exothermicité des réactions
5. Estimation inhibiteurs biologiques
6. Hydrodynamique / rhéologie pris en compte



1. Complexité de l'approche
2. Extrapolation pour autres gisements ou configurations ?

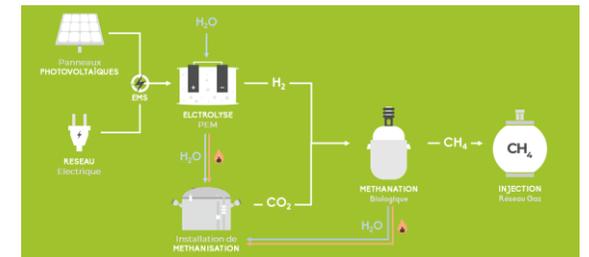
Conclusions

- La modélisation apporte une **vision scientifique** avec une précision supplémentaire ce qui conduit à l'optimisation des dimensionnements
- La mise en place d'une telle approche demande un **investissement continu** dans l'innovation au sein de la structure

Perspectives

- **Consolider approche modélisation** : tester la robustesse du modèle pour scénarios de dysfonctionnement ; unifier les approches biologiques et de dynamique de fluides
- Outil de modélisation pour le pilotage des unités.
- **Synergies** de la méthanisation avec le Power-to-Methane

Avec le soutien de



Application: cas réel de méthanisation agricole

Unité ARIEGE BIOMETHANE

Avec le soutien de

- Régime de fonctionnement: mésophile, voie liquide
- Démarrage injection biométhane: mai 2021
- Quantité d'intrants annuelle: 16 680 tonnes
- Production de gaz: 96 Nm³/h de biométhane
- Centrale PV en autoconsommation totale: bâtiment de stockage 600m² de panneaux, 100 kW installés



Unité Ariège Biométhane, mars 2021 (Arkolia Energies)

Application: cas réel de méthanisation agricole

Unité GREEN GAS VIRY

- Régime de fonctionnement: mésophile, voie liquide
- Démarrage injection biométhane: fin septembre 2021
- Quantité d'intrants annuelle: 24 010 tonnes
- Production de gaz: 103 Nm³/h de biométhane

Avec le soutien de



Oct 2021 (Arkolia Energies)



Avec le soutien de



Merci de votre attention !

