

UE 905 Microbiologie environnementale



Processus de méthanisation et de méthanation

Encadrants : Patrick Billard & Christophe Merlin

1

M2 STPE-SEE

CANET Anna
CASANUEVA Clothilde
RONDOT Emeline



ensaia
Domaine
expérimental
de la
Bouzule

Introduction

Méthanisation : Naturelle, transforme matière organique en énergie.

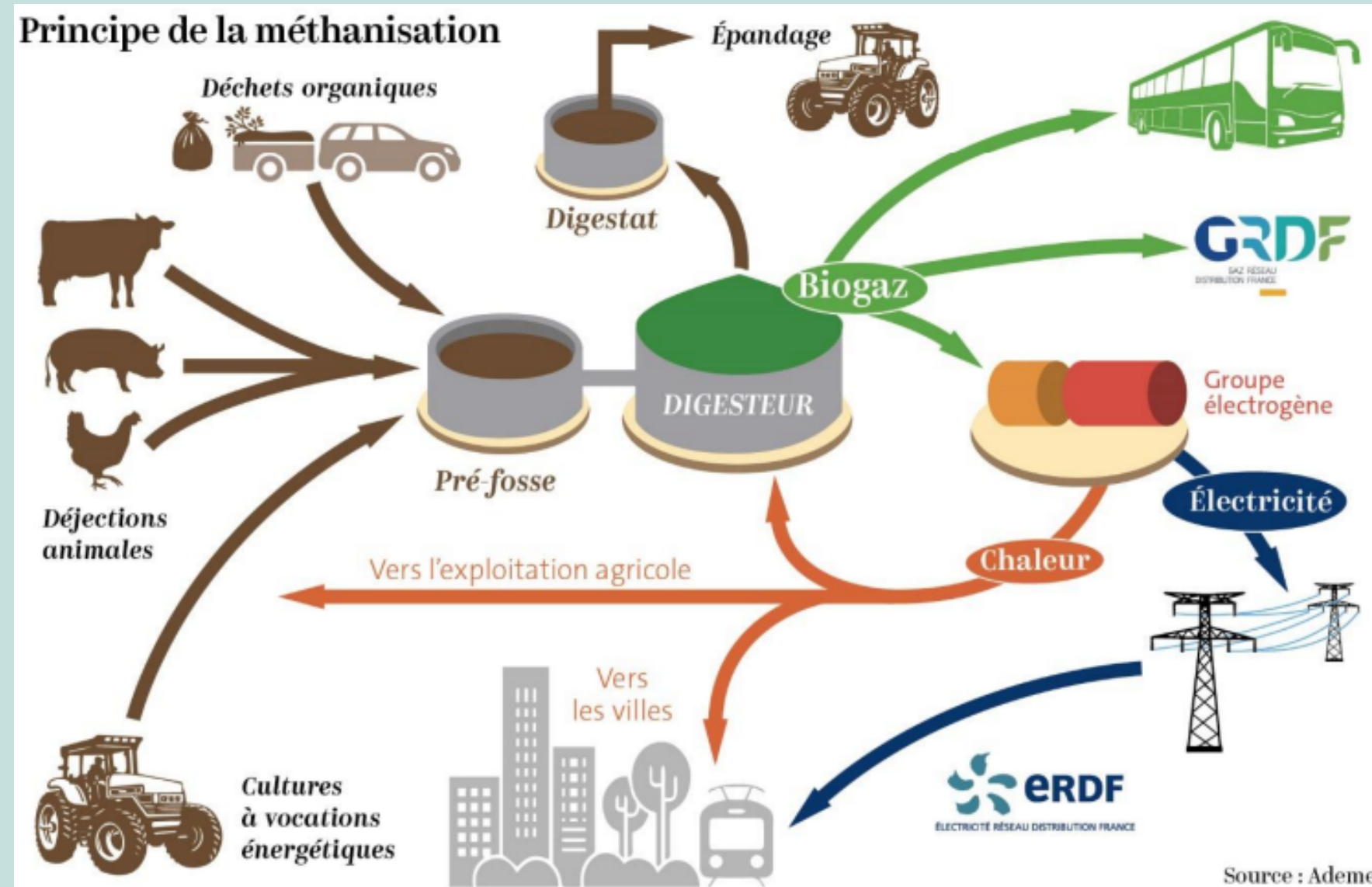


Figure 1 : Processus de méthanisation (Ademe).

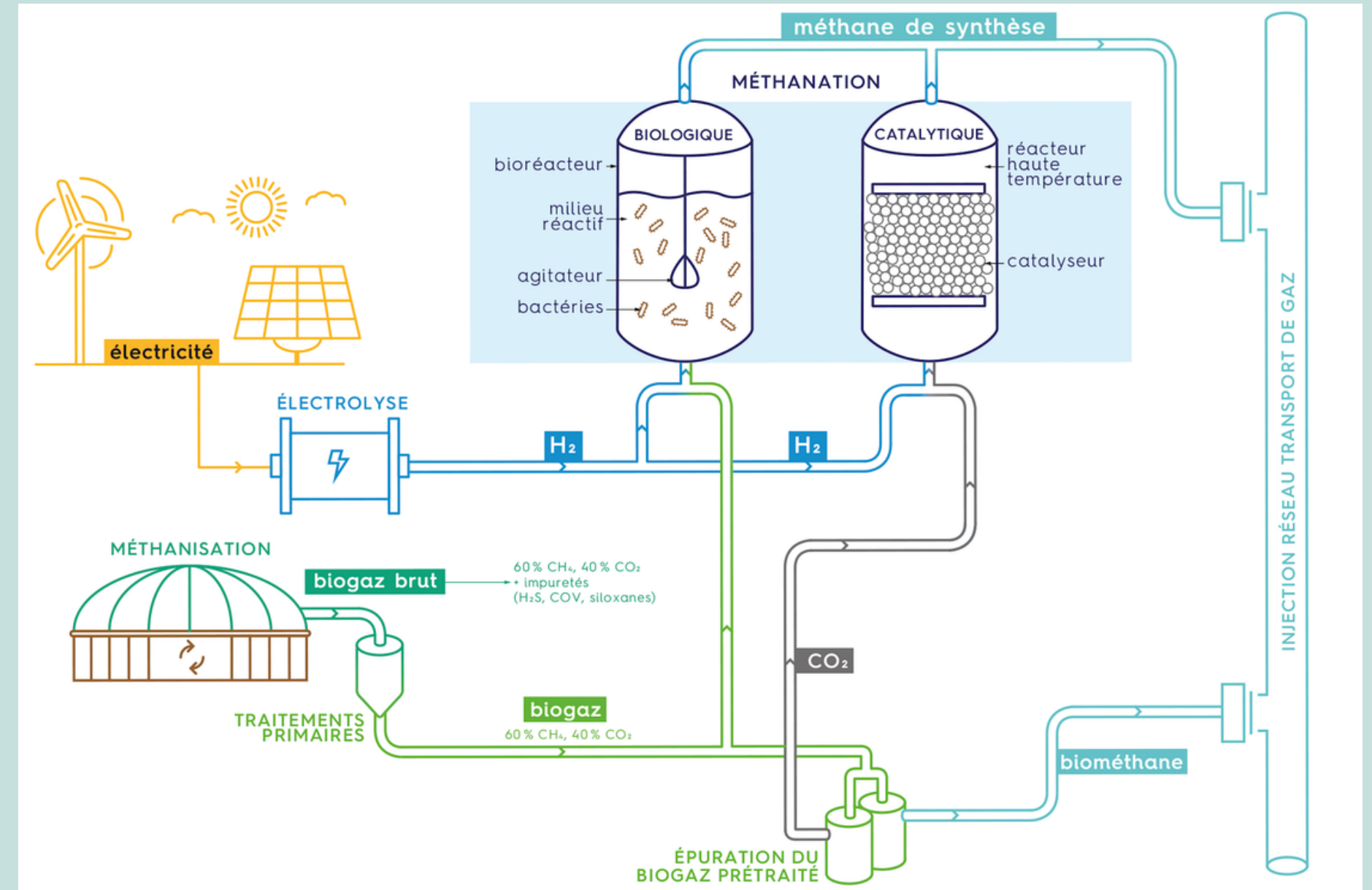
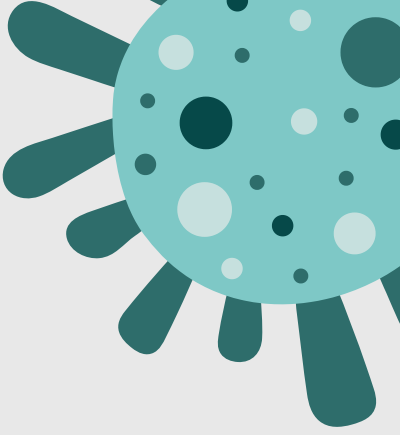


Figure 2 : Processus de méthanation (terega.fr).
Méthanation : Industrielle, transforme électricité en gaz.

Sommaire



01

Quelles sont les réactions mises en jeu dans chacune des réactions ?

02

Les micro-organismes impliqués

03

Conditions de fonctionnement des microorganismes

Quelles sont les réactions mises en jeu dans chacune des réactions ?

Processus de méthanisation

- Déchets organiques :
- Décomposition par bactéries anaérobies à 37°C
 - Production de biogaz et de digestats liquides
 - Formation en 4 étapes

01 : Hydrolyse

Macromolécules → Monomères

Exemple de réaction pour les lipides :

Triglycérides + $3\text{H}_2\text{O}$ → Glycérol + 3Acides gras

→ Réaction simple mais complexe à étudier

→ Réaction lente

02 : Acidogénèse

Monomères → AGV, alcools, H_2 , CO_2

Exemple de réactions :

Glucose → AGV, alcool, CO_2 , H_2

→ Réaction rapide et intracellulaire

Quelles sont les réactions mises en jeu dans chacune des réactions ?

Processus de méthanisation

03 : Acétogénèse

acétate (CH_3COOH), H_2 et CO_2 : AGV $\rightarrow$ Acétate + H_2 + CO_2

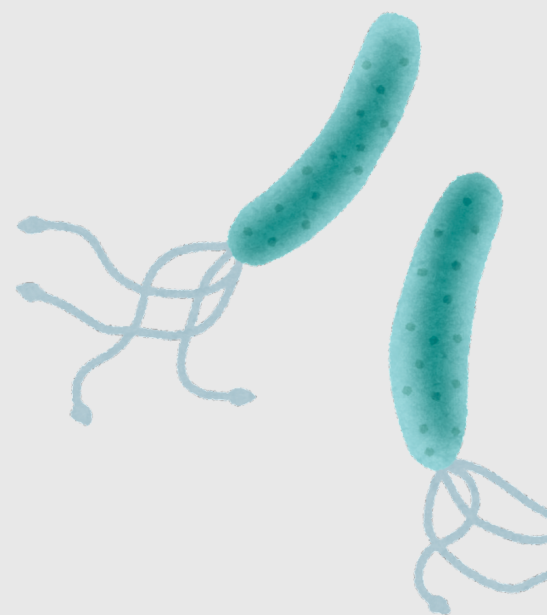
$\rightarrow$ 2 voies :

- Acétogène : AGV en acétate, H_2 et CO_2
- Homoacétogène : H_2 et CO_2 en acétate

04 : Méthanogénèse

$\rightarrow$ 2 métabolismes :

- Acétotrophe : $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$
- Hydrogénotrophe : $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$



Quelles sont les réactions mises en jeu dans chacune des réactions ?

Processus de méthanation

01 : Réaction de Sabatier



→ Réaction équilibrée et exothermique

→ Température : 200 – 400 °C

02 : Méthanation du monoxyde de carbone



→ Condition similaire à la réaction de Sabatier

03 : Réactions de déplacement de gaz à l'eau



→ Précède ou accompagne la méthanation



Les micro-organismes dans la méthanisation

Bactéries hydrolytiques

- Clostridium, Cellulomonas & Bacillus

01

LES 4 ÉTAPES DE LA MÉTHANISATION

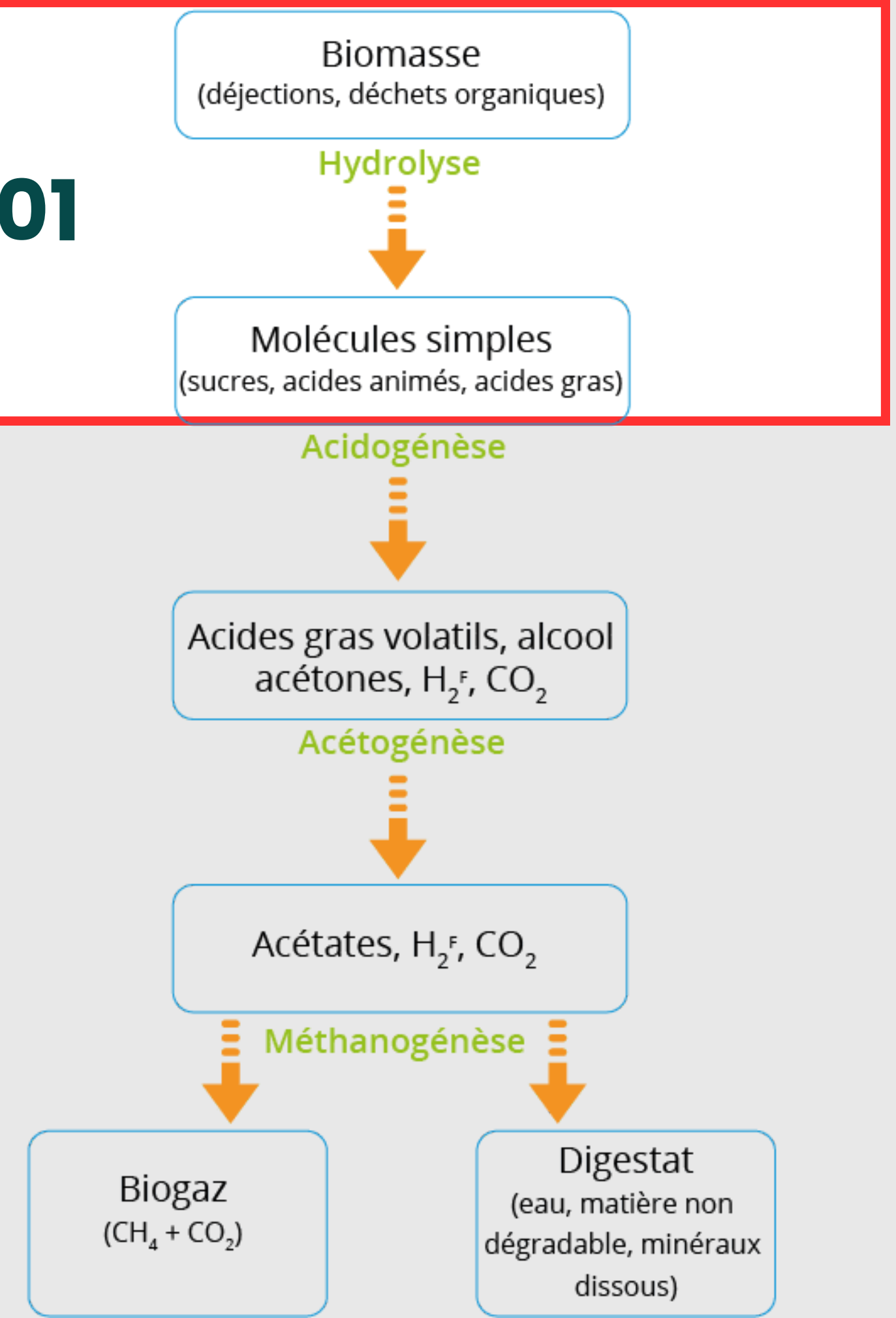


Figure 3 : Etapes de méthanisation (greenwatt).

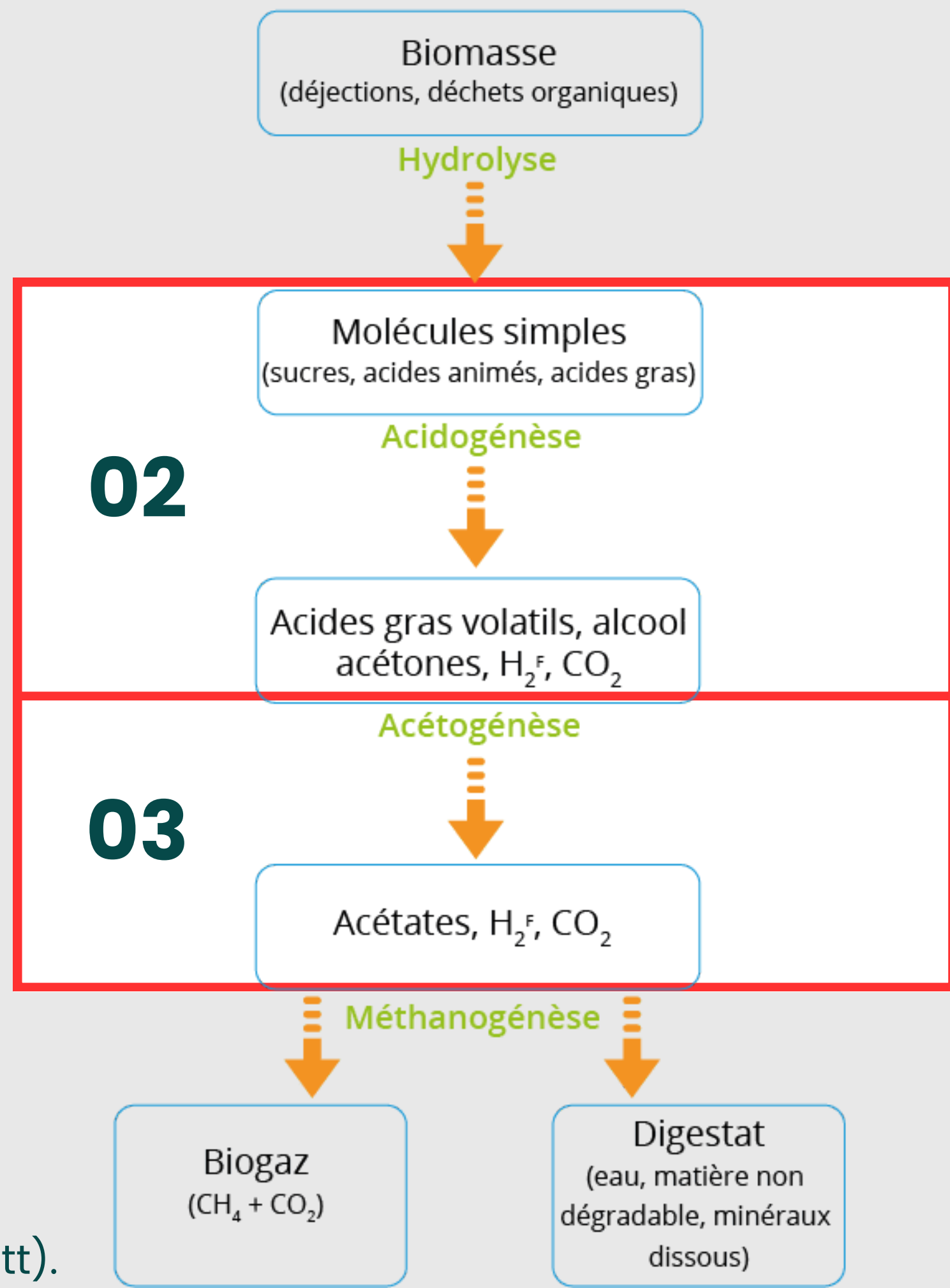
Les micro-organismes dans la méthanisation

Bactéries acidogènes

- Fermentation
- Enterobacter, Lactobacillus & Clostridium

Bactéries acétogènes

- Dégradation
- Syntrophomonas & Syntrophobacter



Les micro-organismes dans la méthanisation

Archées méthanogènes

- Productrices de méthane
- Voie acétoclastique : Methanosaeta et Methanosarcina
- Voie hydrogènotrophe : Methanobacterium et Methanococcus

LES 4 ÉTAPES DE LA MÉTHANISATION

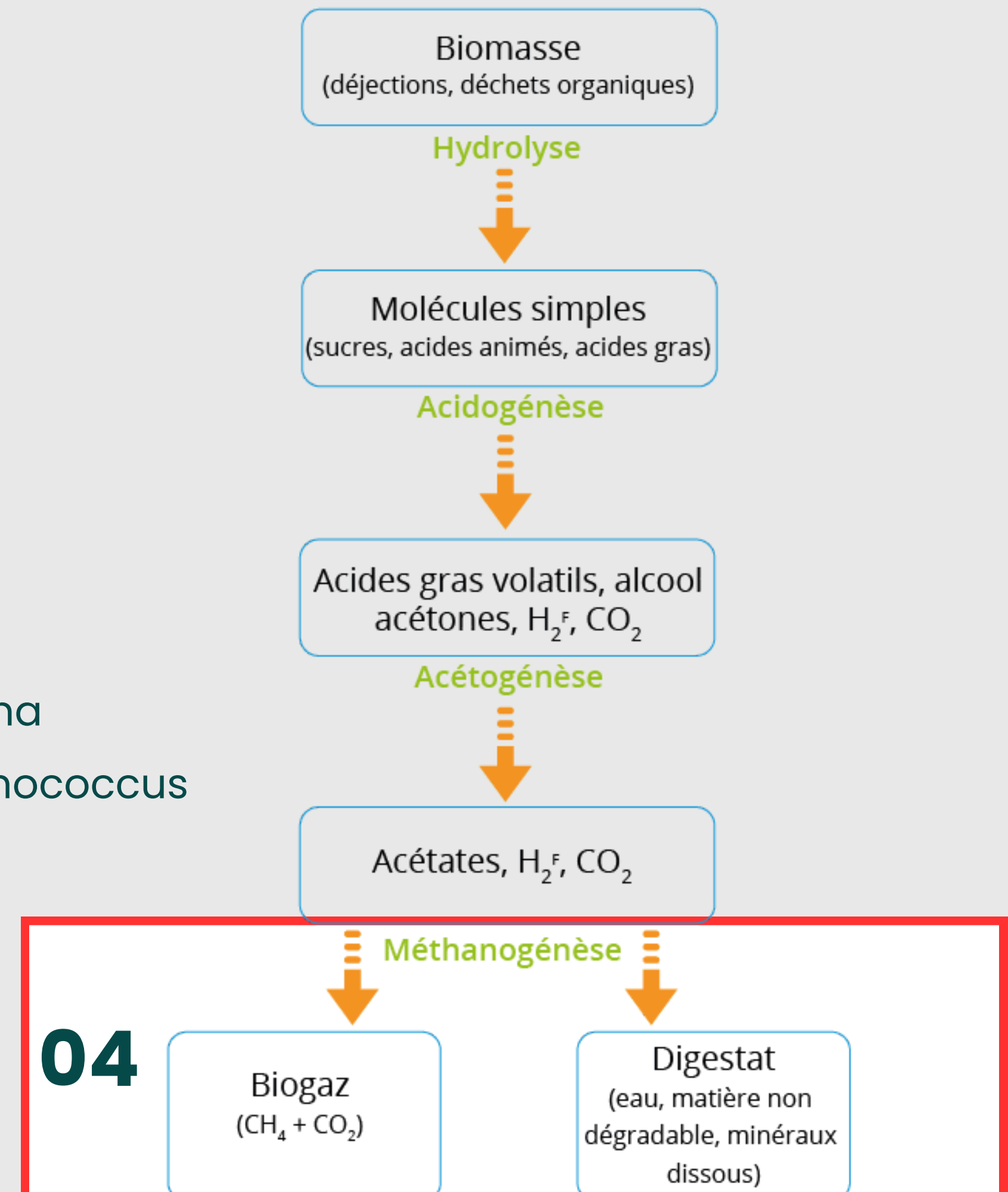


Figure 3 : Etapes de méthanisation (greenwatt).

Les micro-organismes dans la méthanation

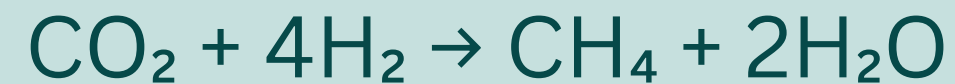
Méthanation biologique

Archée méthanogène

- Methanobacterium formicicum

Seulement les gazs sont utilisés :

- CO₂
- H₂



Conditions de fonctionnement des microorganismes

Méthanisation

Rapport C/N : entre 20 et 30

Méthanation

H₂/CO₂ : proche du nombre stoechiométrique

Mésophiles (35–40°C) & Thermophiles (50–55°C)

pH compris entre 6,8 et 7,5

Anaérobiose stricte

Potentiel redox autour de –250 à –300 mV

Besoin de Fe, Co, Mo, Ni

Inhibiteurs : ammoniac, sulfures, métaux lourds, antibiotiques

Questionnement

01

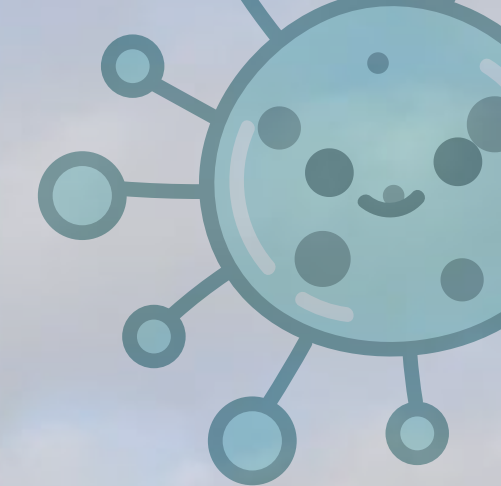
- Comment mesurez-vous l'activité microbienne et la performance des réactions dans le méthaniseur ?
- Quel est l'impact des variations de la composition des substrats sur les réactions dans le méthaniseur ?
- Utilisez-vous des additifs ou des co-substrats pour optimiser les réactions et la production de méthane ?

02

Avez-vous déjà identifié les archées méthanogènes présentes dans vos boues ?
Savez-vous quels genres dominant ?

03

Quels sont les paramètres à suivre en priorité pour vérifier que les conditions de fonctionnement restent favorables aux microorganismes, et comment réagir en cas de déséquilibre (acidification, inhibition, etc.) ?



Merci de votre attention



Bibliographie

- Aghtaei, H. K., Püttker, S., Maus, I., Heyer, R., Huang, L., Sczyrba, A., Reichl, U., & Benndorf, D. 2022. Adaptation of a microbial community to demand-oriented biological methanation.
- Cheng, G., Gabler, F., Pizzul, L., Olsson, H., Nordberg, Å., & Schnürer, A. 2022. Microbial community development during syngas methanation in a trickle bed reactor with various nutrient sources
- Dooms M., 2017 – Etude des compartiments d’hydrolyse et de méthanogenèse d’un procédé de méthanisation en voie épaisse multiétapes phasé en température : le procédé Arkométha, Thèse.
- Ducamp J., Bengaouer A., Baurens P., Fechete I., Turek P., et Garin F., 2018 – Statu quo sur la méthanation du dioxyde de carbone : une revue de la littérature Statu quo on CO₂ methanation: A review, Elsevier, 21, 3-4, P : 427-469. DOI : 10.1016/j.crci.2017.07.005.
- Greenwatt : <https://www.greenwatt.fr/fonctionnement-methanisation-domestique/>
- Record, 2018 - Conditions de pilotage de la production de méthane dans les procédés de digestion anaérobie.
- SUEZwaterhandbook.fr - La digestion anaérobie.
- INERIS, 2018 - Vers une méthanisation propre, sûre et durable, recueil de bonnes pratiques en méthanisation agricole.