

La méthanisation

René Moletta

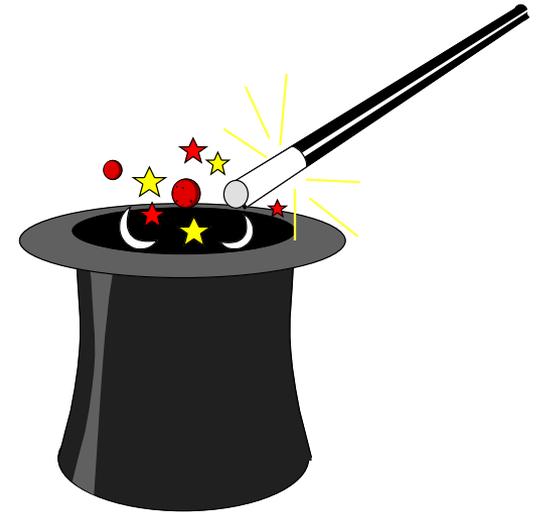


Université d'été « Sauvons le climat »
L'ABER WRAC'H 7 et 8 septembre

rene.moletta@yahoo.fr



Méthanisation



La méthanisation est la transformation de la matière organique en méthane et gaz carbonique par une communauté microbienne fonctionnant dans un milieu anaérobie (absence d'oxygène)

Matière organique?

La matière organique, de manière générale : c'est la matière qui est structurée autour du carbone et fabriqué par le vivant (animaux, végétaux...) exemple : sucre, viande , légumes, boues de station d'épuration, herbe, papiers, lisiers, fumiers

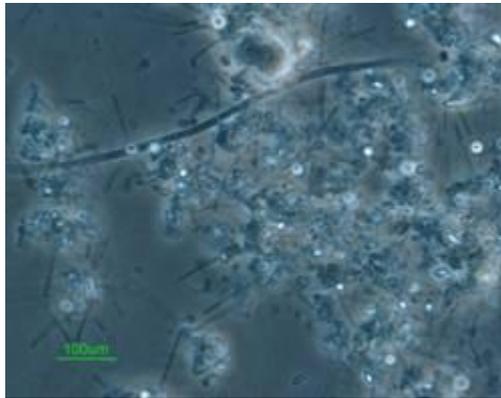


Boues dans l'eau



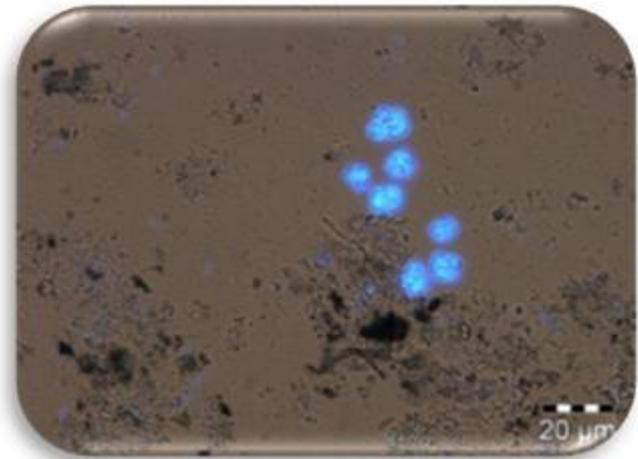
Les microorganismes

« **Aérobies** » : ils ont besoin de l'oxygène de l'air pour vivre



1 micromètre (μm)
= 1 million de fois plus petit que le mètre!

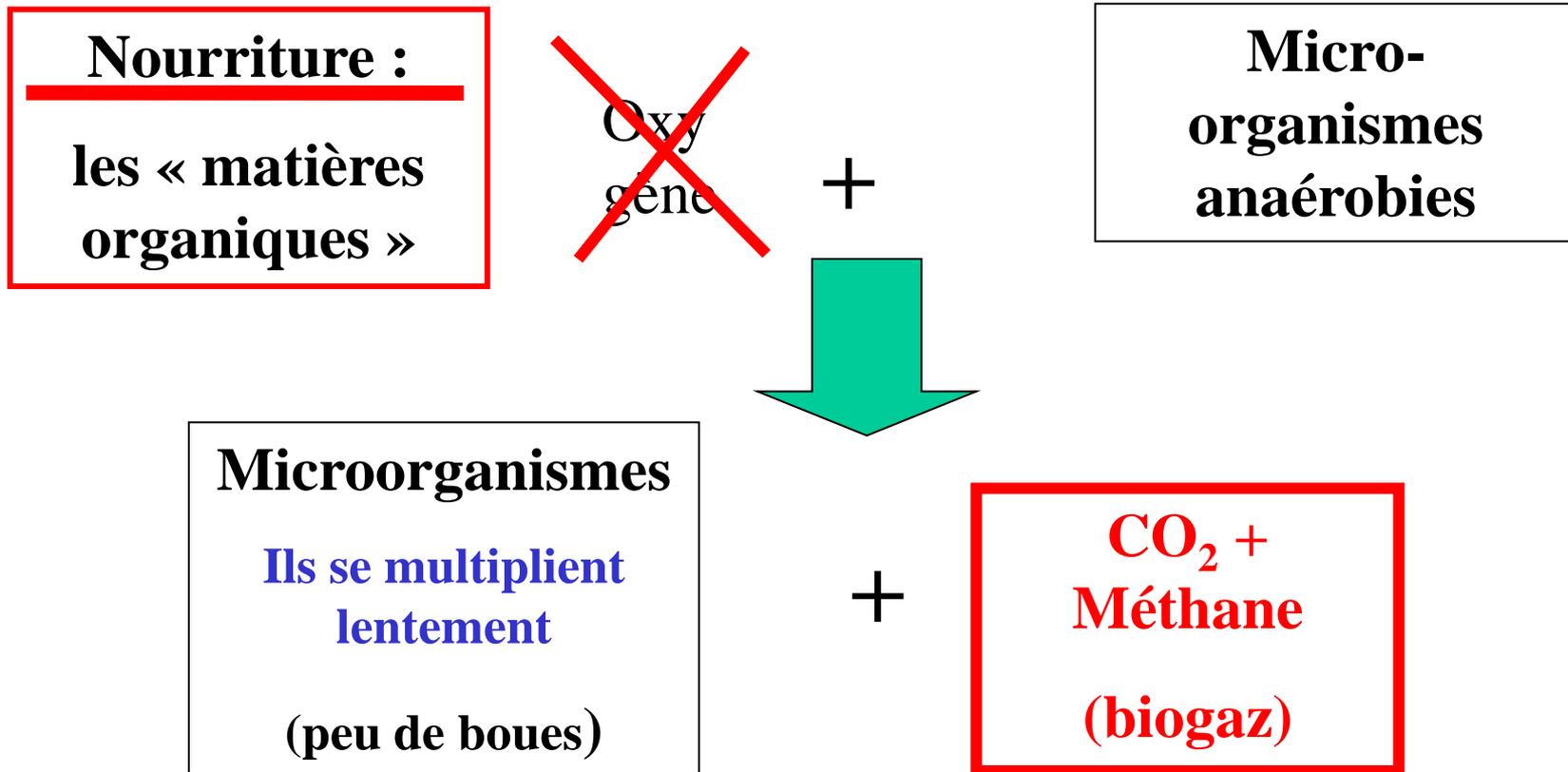
« **Anaérobies** » : il ne faut pas du tout d'oxygène (c'est un poison pour eux)



Méthanogène observé en épifluorescence (F420)

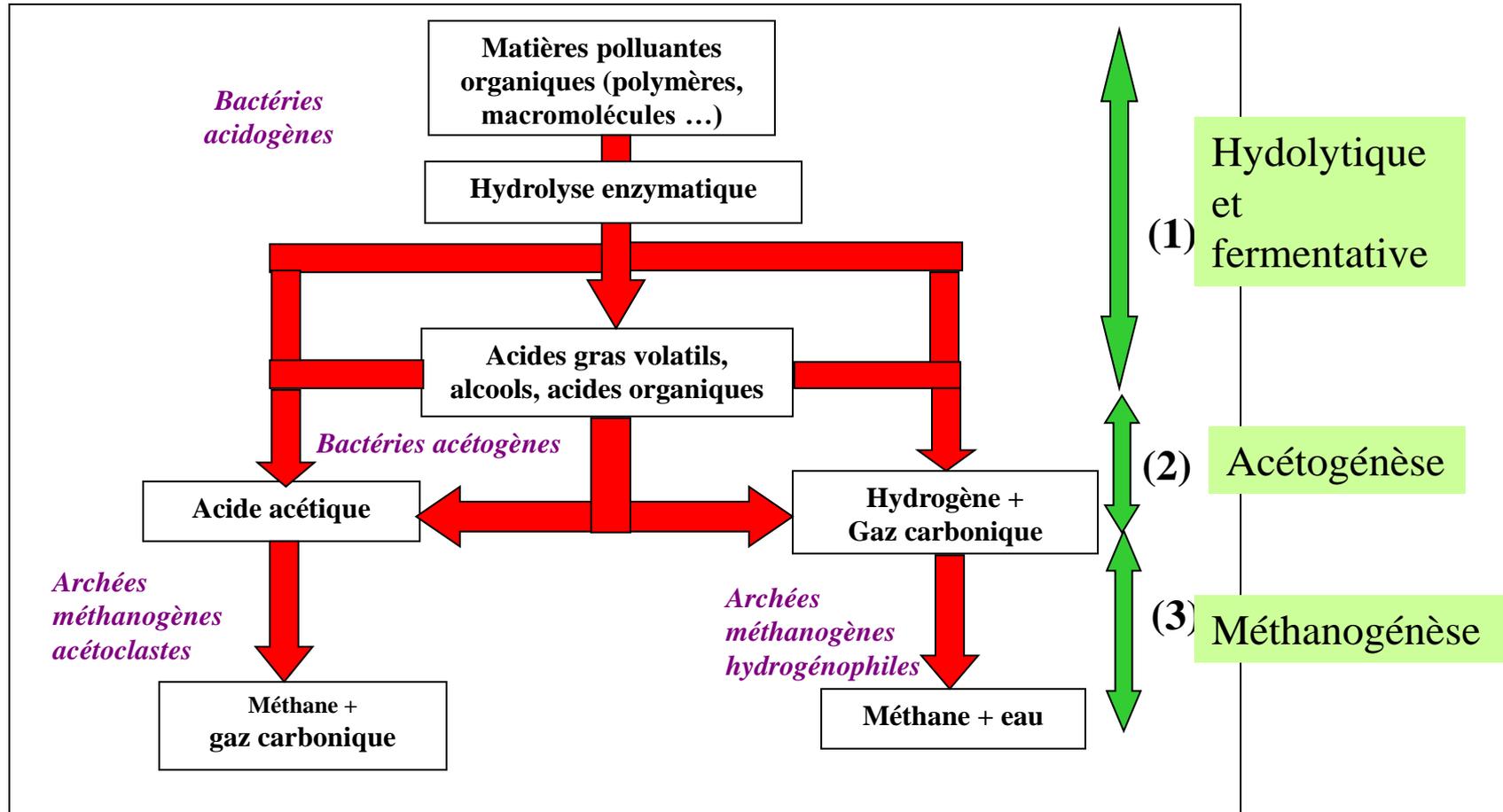
Stratégies de mise en œuvre des traitements microbiologiques

Anaérobie



Méthanisation : Traitement des eaux usées industrielles et des déchets

Les différentes étapes de la méthanogénèse



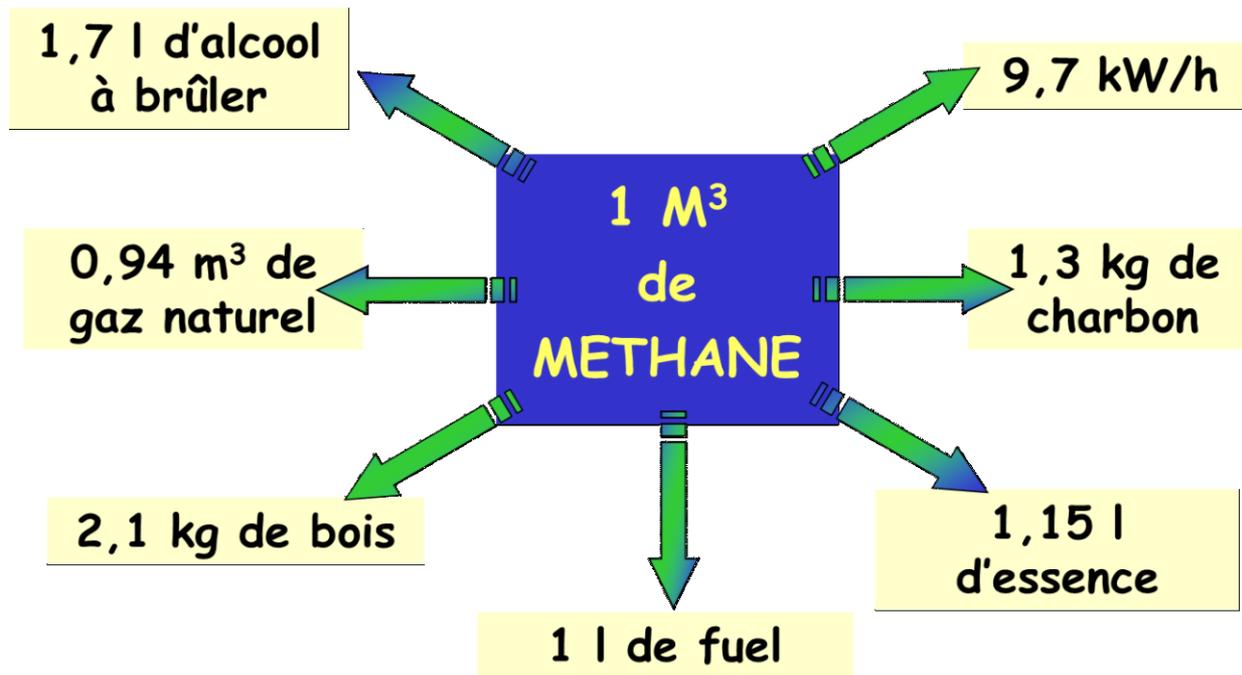
Méthanisation

dans les écosystèmes naturels

La méthanisation est un processus naturel

- **Marais**
- **Lacs**
- **Rumen (vaches...)**
- **Intestins animaux**
- **Intestins des termites**
- **Stokage de la “matière organique”**
- **Décharges**
- **...**

Equivalence énergétique de 1 m³ de méthane



C'est une énergie renouvelable !!!

Caractéristiques de la production de méthane dans les digesteurs

Conditions de mise en œuvre :

- Enceinte fermée donc anaérobiose (pas d'odeurs)
- Température : 30 à 40 °C (mésophilie) ou 45 à 60 °C (thermophilie)
- pH (acidité) : 6,5 à 8,5
- Agitation du mélange : micro-organismes + déchets
- Alimentation en continue ou en discontinue (batch)
- Le biogaz est brûlé en chaudière, en cogénérateurs, ou purifié avant utilisation
- On obtient un biogaz à 50/80 % de méthane

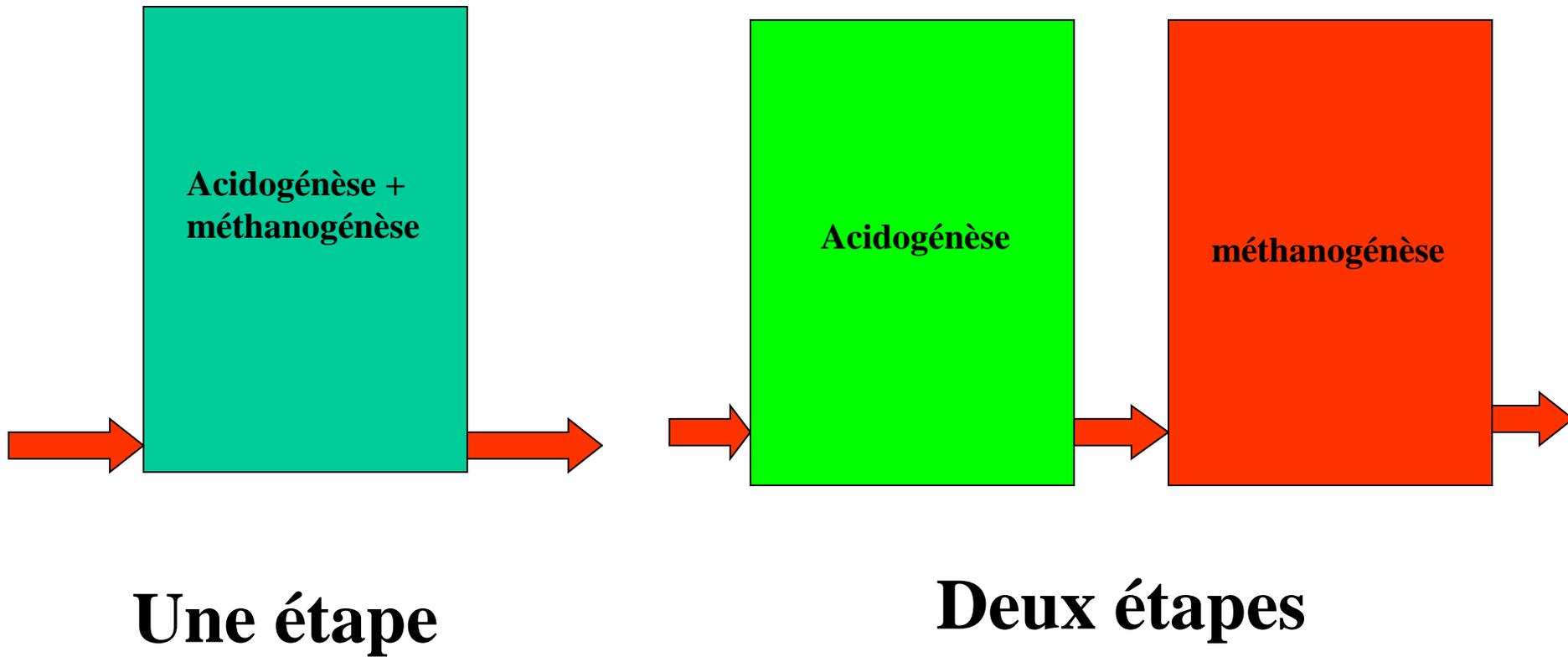
De quoi va dépendre la quantité de biogaz produite?

- De la quantité et de la nature de la matière organique entrante

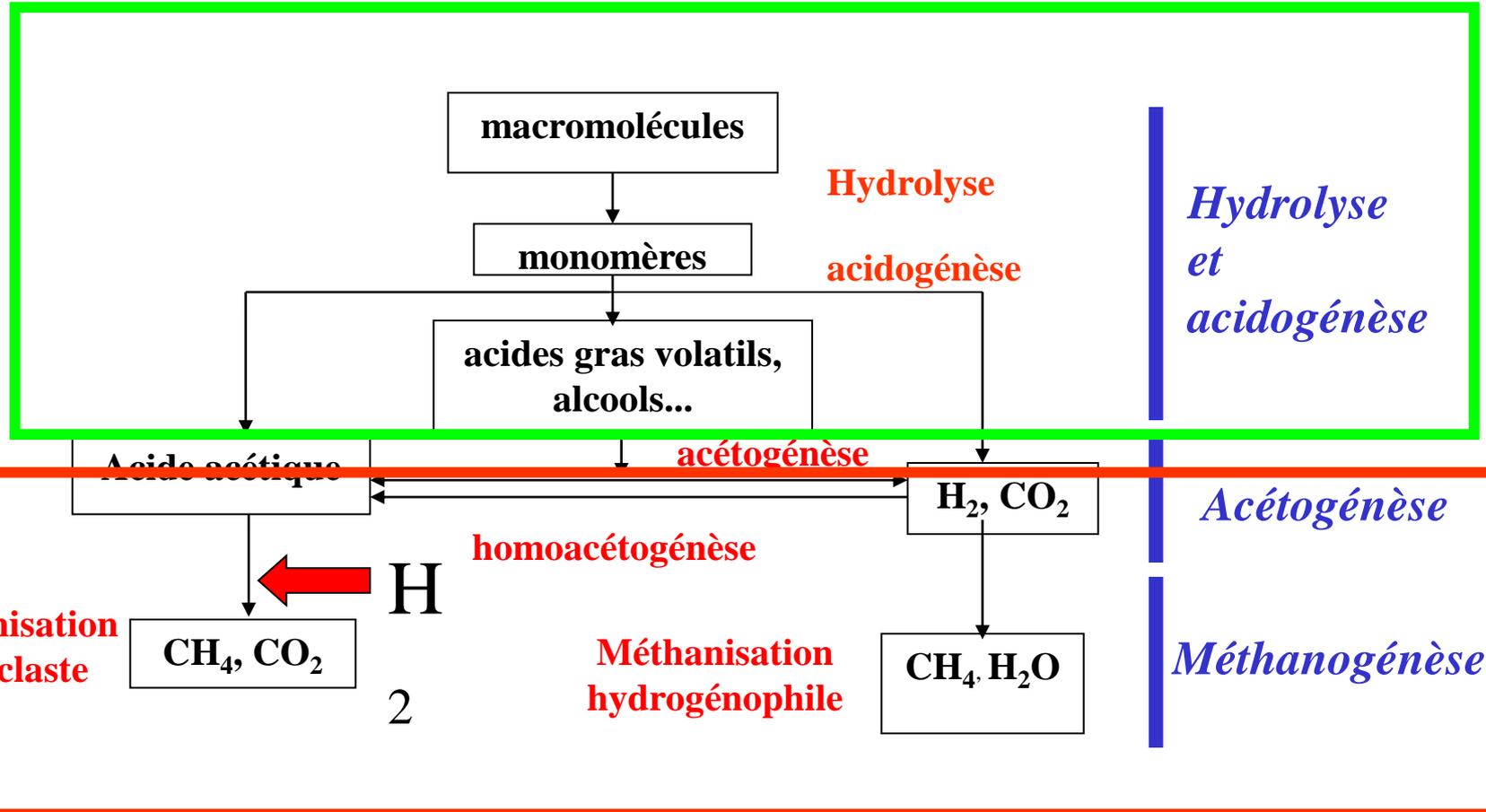
•De quoi va dépendre la vitesse de production du biogaz?

- De la facilité avec laquelle la matière sera consommée par les micro-organismes (notion de fermentescibilité)
- Des conditions de mélange
- De la température, des conditions de pH, de la quantité de micro-organismes présents!

Réacteur une ou deux étapes



Répartition des activités dans les digesteurs à 2 étapes



Application de la méthanisation

- **Eaux usées industrielles**

- Conserveries
- Distilleries
- Laiterie
- Brasserie
- Fab. Confiture
- Crèmes glacées
- Abattoirs
- Amidoneries
- Papeteries
- Industrie chimique
- Industrie pétrochimique
- ...

- **Effluents urbains**

dans les pays chauds

**Digesteur à
la ferme ou
territoriaux**

Municipaux

- **Déchets agricoles**

- Lisier de porc
- Fumiers
- CIVE et CIPAN

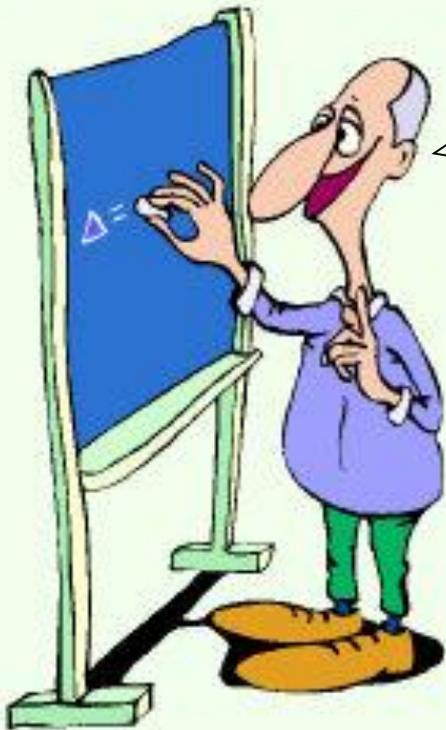
- **Déchets industriels**

- Raté de production
- Déchets organiques

- **Déchets municipaux**

- Déchets verts
- Déchets de supermarché, de restauration
- Ordures ménagères
- Boues de station d'épuration

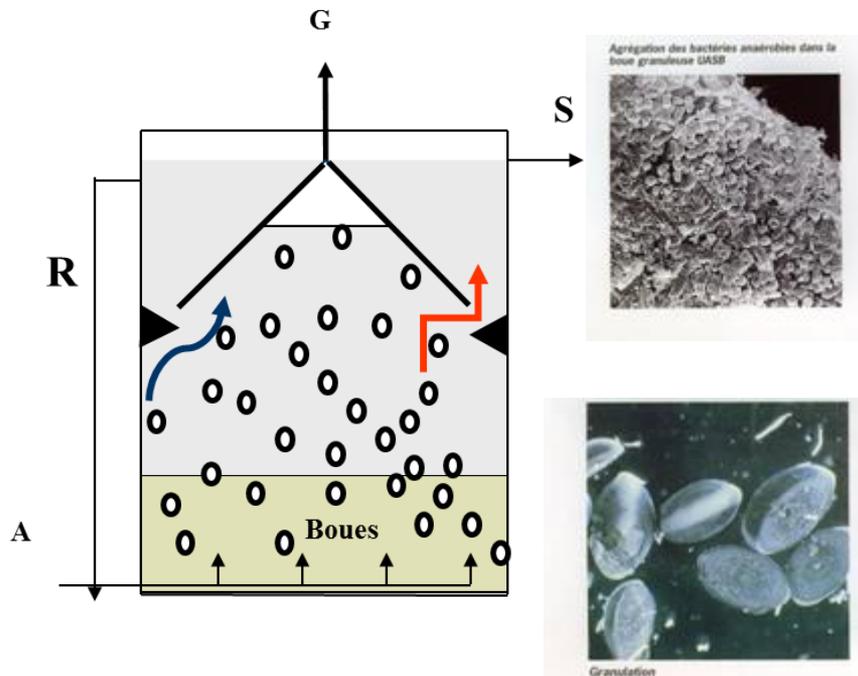
Traitement des
effluents



La méthanisation des effluents

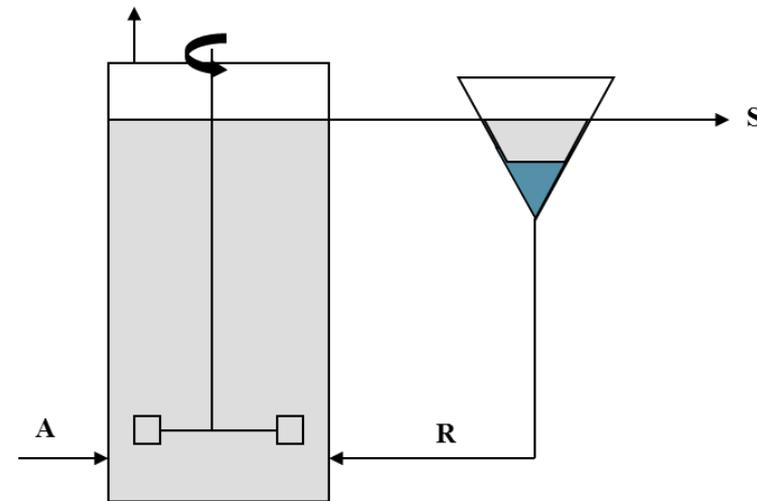
Les technologies de la méthanisation: les liquides

Les systèmes à biofilms microbiens



Lit de boues à flux ascendant (UASB) (a)

Les systèmes mélangés



(b) Contact anaérobie

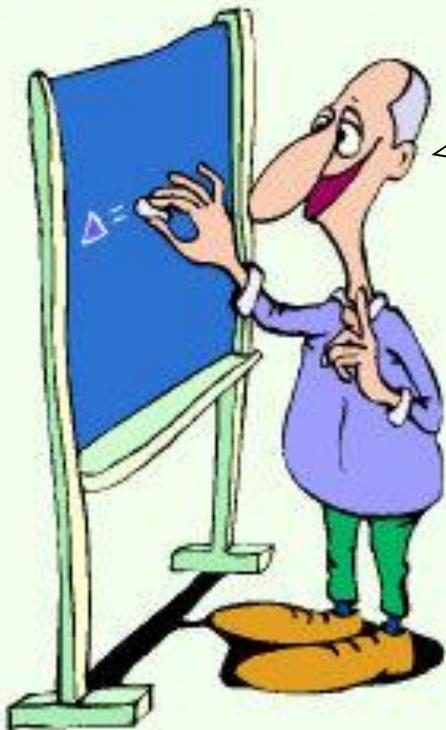
Principales caractéristiques

- Caractérisé par la DCO (Demande chimique en oxygène)
- 350 l de méthane/kg de DCO éliminée
- Charge organique 2 à 30 kg de DCO/m³ de réacteur et par jour
- Fermentations en continue
- Rendement d'épuration 70 à 95 % sur la DCO
- Peu de boues formées (2 à 5 % de la DCO entrante)
- Conservation des éléments fertilisants (N,P,K)

- **Une IAA qui traite ses effluents par méthanisation peut produire 10 à 40 % de l'énergie nécessaire à l'usine**

Digesteur traitant Des effluents de laiterie



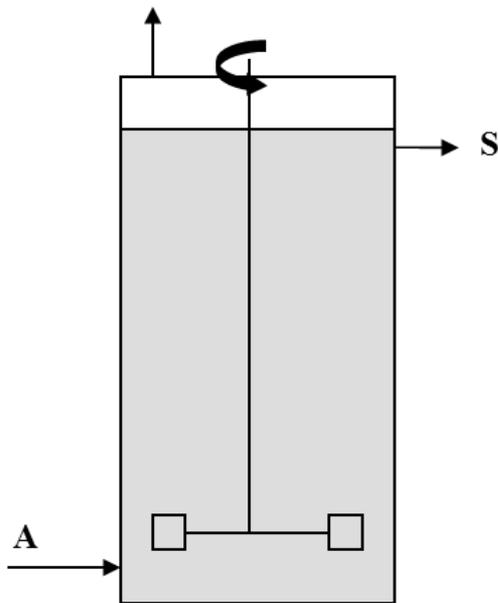


La méthanisation des matières solides

Les technologies de la méthanisation : les solides

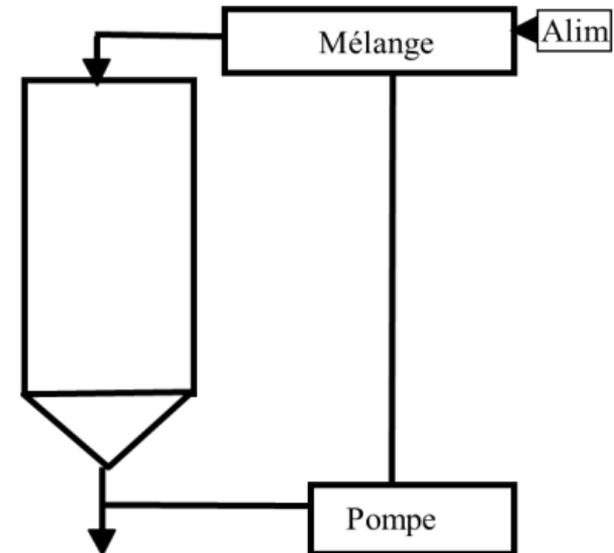
Les
fermentations
humides

G



(8 à 15 % de matières
sèches MS)

Les
fermentations
sèches



(20 à 40 % de MS)

**La
méthanisation à
la ferme**



Matières utilisées pour la « méthanisation à la ferme »

- **Déchets agricoles**
 - Lisier (porcs, bovins)
 - Fumiers
 - Ecart de triage
 - Surproduction
 - Déchets de céréales
 - ...
- **Déchets industriels**
 - Principalement des IAA (marcs de pomme, pâtes, vieux pains...)
 - Lactosérum
 - Déchets de restauration
 - Invendu des grandes surfaces
 - ...
- **Cultures énergétiques et CIVE, CIPAN** (cultures intermédiaires à vocation énergétiques)
 - Mais ensilage
 - Triticale
 -
- **Déchets urbains**
 - Tontes de gazon
 - Déchets de marché (trié)
 - ...

Une grande variabilité de substrats

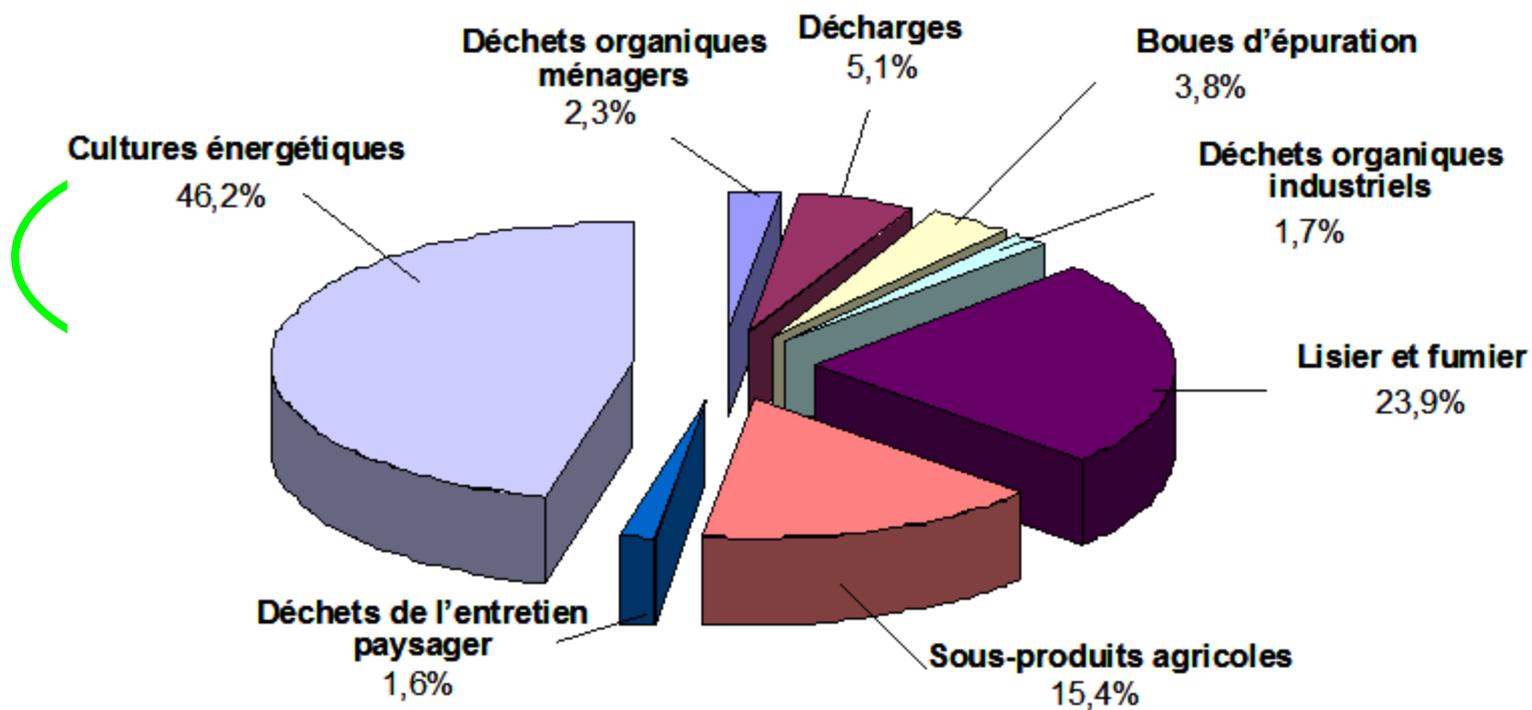
C'est une stratégie soit :

- d'utilisation de ses propres déchets
- soit en plus, l'exploitation d'un gisement territorial.

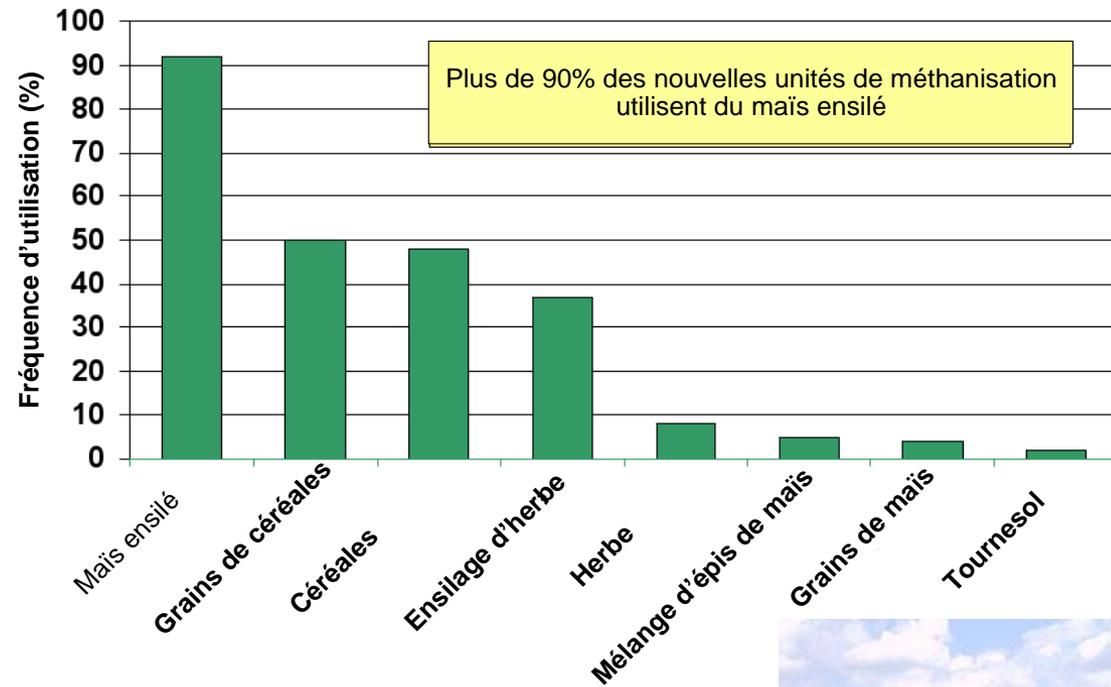


Déchets de pâtes

Les intrants en Allemagne



Exemple de cultures énergétiques en Allemagne et fréquence d'utilisation



Maïs

**Une différence stratégique
avec la France**

moletta-methanisation.fr
rene.moletta@yahoo.fr



Miscanthus

Les substrats : stratégie française

- Déchets agricoles
- Pas ou peu de culture énergétique
- Les CIVE (Culture intermédiaires à vocation énergétiques)
- Les CIPAN (cultures intermédiaire piège à nitrate)
- Introduction de déchets des IAA (viandes traitement hygiénisant)

Caractérisation des substrats solides

- Composition :
 - % de Matière sèche (MS)/matière fraîche (MF)
 - % de Matière organique(« volatile »)/ MS
 - Teneur en N, P, K
- Potentiel méthane
- Disponibilité dans l'année

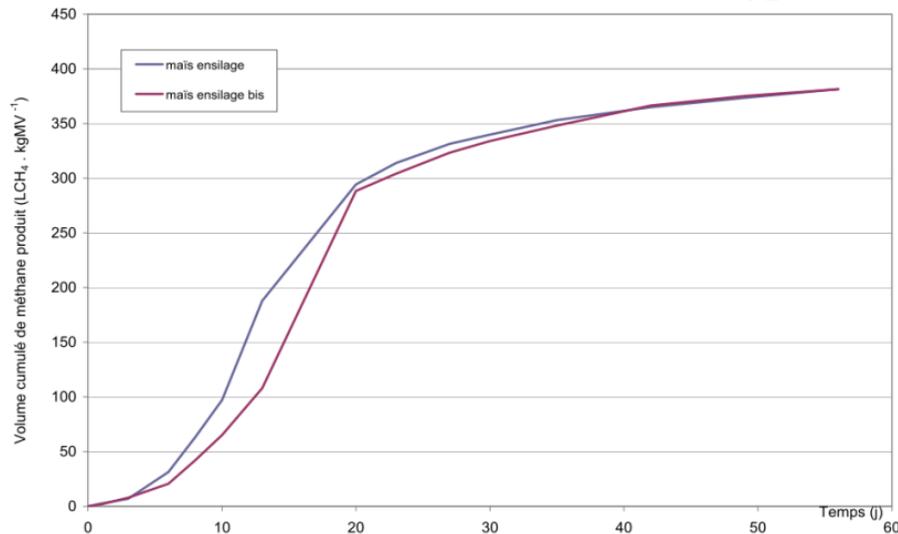
Le potentiel méthane

Test pour évaluer la quantité potentielle de méthane récupérable en un temps défini.

Principe : réacteur de laboratoire , on ajoute une quantité de déchet à tester à des « boues anaérobies » actives, et on enregistre la quantité de biogaz et donc de méthane produit.

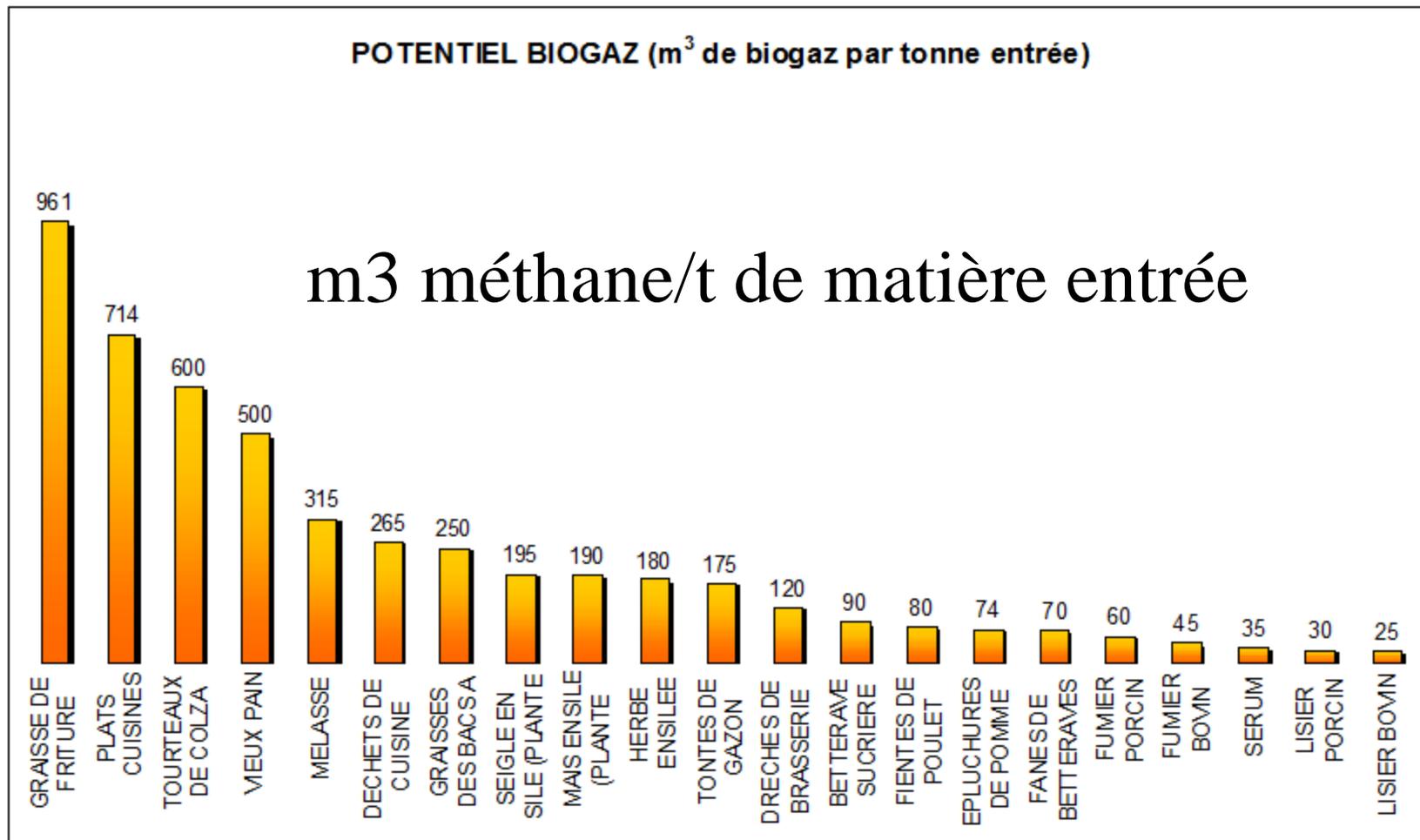


BMP : maïs ensilage



- Composition : 24,29 % de MS et 23,17 % de MV (/MF)
- Production de méthane : 381 L de CH₄/kg de MV et 80 % sont produit en 24 jours
- Vitesse de dégradation des MV : 4,2%/J

Potentiel méthane



Méthanisation à la ferme : conditions de mise en œuvre

...

- Substrats solides avec plus ou moins de liquide
- Fermentation
 - Humides ou sèches
 - Continues ou discontinues
- Température généralement mésophile
- Une étape ou deux étapes (acidogénèse puis méthanogénèse)
- Agitation intégrant les risques de formation de croûte
- Exploitation du biogaz (chaudière cogénération, injection dans le réseau après purification)

Digesteur à la ferme: Schéma de principe fermentation continue

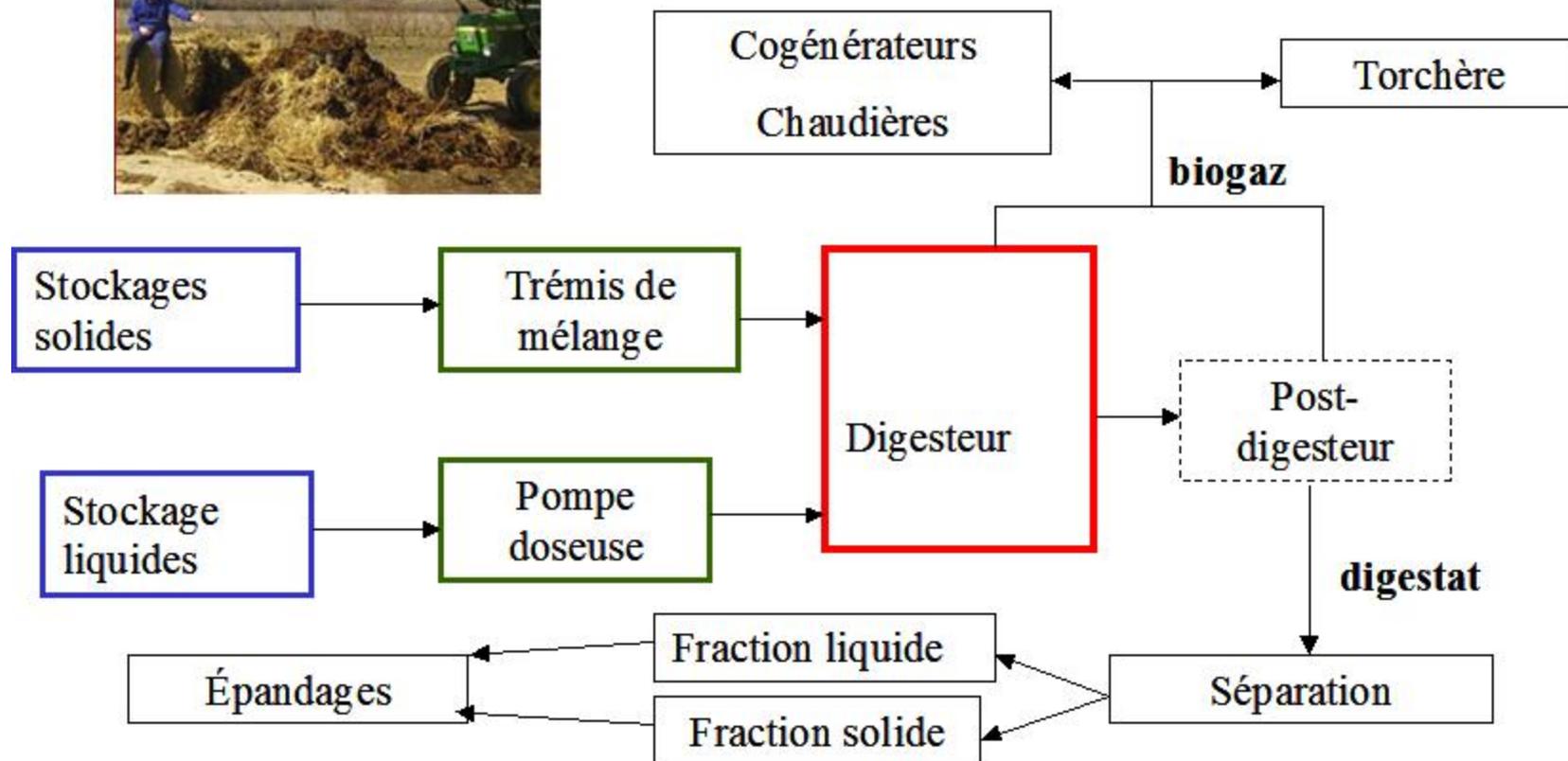
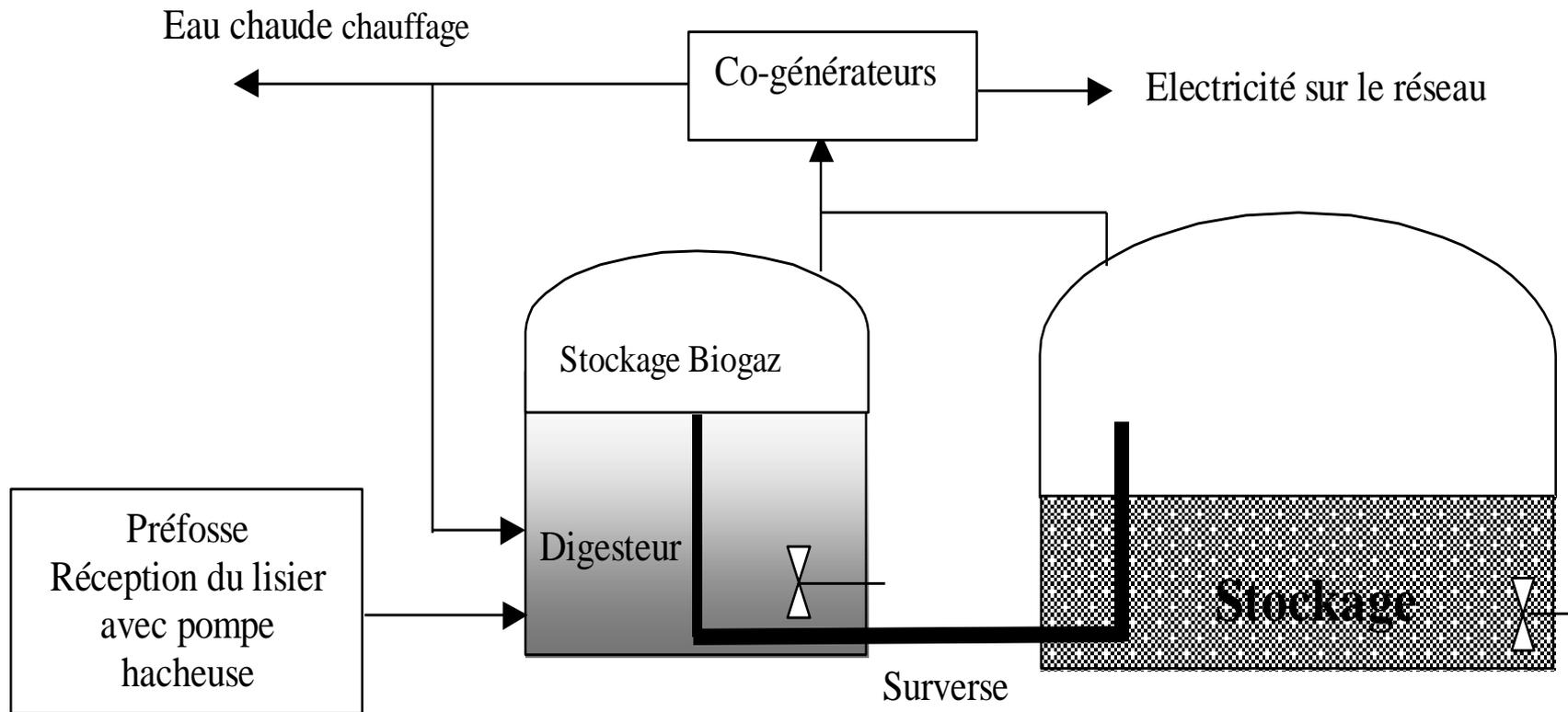


Schéma de principe d'un digesteur



Technologies de digesteurs à la ferme en fermentation continue

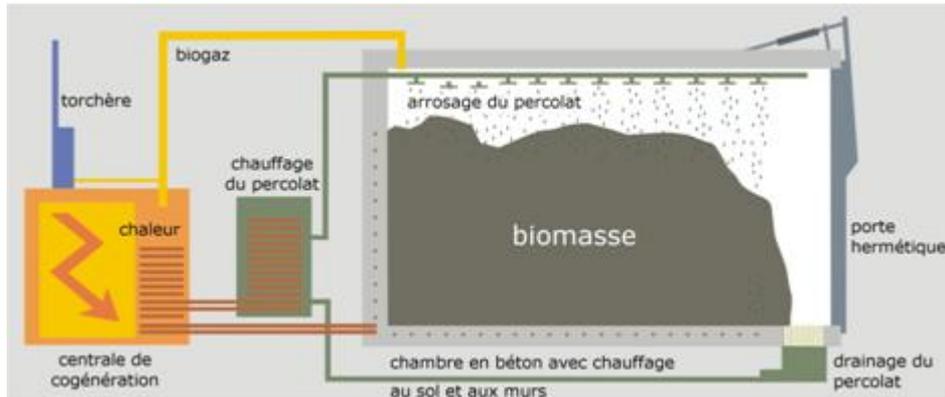


Le réacteur mélangé alimenté en continu

Caractéristiques

- Volume de plusieurs centaines à plus de 2000 m³
- Fermentation principalement en humide (6 à 12 % de MS)
- Alimentation plusieurs fois par jour
- Agitation mécanique séquentielle
- Temps de séjour : plusieurs dizaine de jours (50 à 70J)
- Charge organique: 1 à 3 kg de MV/m³/J
- Production de méthane 1 à 3 m³/m³ dig /J

Technologie de digesteurs à la ferme : fermentation en discontinue



- Fermentations sèches
- Mélange de digestat et de déchets
- Recyclage du lixiviat
- Mise en place de plusieurs cellules
- Faible investissement
- Temps de séjour 60 à 80J

Chargement d'une unité de méthanisation « batch »



Digestion discontinue à la ferme (Bois joly)



Vidange et chargement au télescopique

Traitement du digestat et valorisation du biogaz



**Séparation des phases liquide
et solide des digestats**

(ou pas)



Co-générateur

Purification du biogaz

- **Elimination principalement du CO_2**
 - lavage à l'eau (+ H_2S)
 - lavage au propylène glycol (+ H_2S)
 - techniques membranaires
- **Elimination principalement de l' H_2S**
 - désulfuration (2 à 5% d'air dans le ciel gazeux du digesteur) ou biofiltre
 - réaction avec le fer (Fe Cl_2) ou ses oxydes
 - Microaération
 - **charbon actif**

Valorisation du biogaz/méthane



Vapeur/eau chaude



Électricité + eau chaude

Carburant vert



Véhicules à flotte captive



**Injection dans les réseaux
de gaz naturel**

La réglementation

Les unités de méthanisation sont des installations ICPE

Numéro	Désignation de la rubrique	Régime	Rayon d'affichage
Rubrique 2781	Installations de méthanisation de déchets non dangereux ou de matière végétale brute, à l'exclusion des installations de méthanisation des eaux usées ou de boues d'épuration urbaines lorsqu'elles sont méthanisées sur leur site de production		
2781-1	Méthanisation de matières végétales brutes, effluents d'élevage, matières stercoraires, lactosérum et déchets végétaux d'industries agroalimentaires		
2781-1-a	Quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 50 t/j	Autorisation	2 km
2781-1-b	Quantité de matières traitées étant supérieure ou égale à 30 t/j et inférieure à 50 t/j	Enregistrement	
2781-1-c	Quantité de matières traitées étant inférieure à 30 t/j	Déclaration avec contrôle périodique	
2781-2	Méthanisation d'autres déchets non dangereux	Autorisation	2 km

Les investissements

Puissance installée	Montant de l'investissement
< 250 kW	entre 9 500 et 13 500 €/kWélec installé
entre 250 et 500 kW	entre 8 500 et 11 000 €/kWélec installé
entre 500 Kw et 1MW	7 000 et 9 000 €/kWélec installé
> 1 MW	entre 6 000 et 7 500 €/kWélec installé

Ceci pour un digesteur à la ferme avec une co-génération

Tarifs d'achat de l'électricité pour la filière méthanisation

→ Arrêté du 19/05/2011 (installations mise en service après le 21/05/11)

**Tarif d'achat = Tarif de base (T) + Prime effluent d'élevage (Pr)
+ Prime efficacité énergétique (Pe)**

**Merci pour votre
attention**