

Méthanisation : principe et éléments de contexte

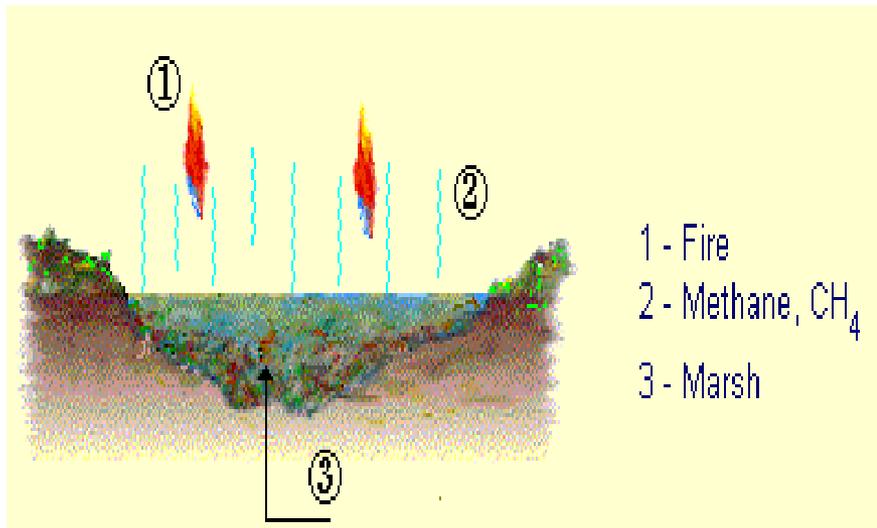
Pierre LAURENT



- La méthanisation est la dégradation partielle de la matière organique en l'absence d'oxygène sous l'action combinée de plusieurs types de microorganismes.
- Elle est aussi appelée **digestion anaérobie**, ou fermentation méthanique
- Elle produit du « biogaz », contenant notamment du méthane (CH_4)



Le « gaz des marais »



Cette décomposition se déroule naturellement dans les lacs et les rizières, les zones humides, les sédiments marins

Ce phénomène a été découvert en 1776 par Alessandro VOLTA

Les processus de digestion des animaux libèrent également du méthane (ruminants, termites...)



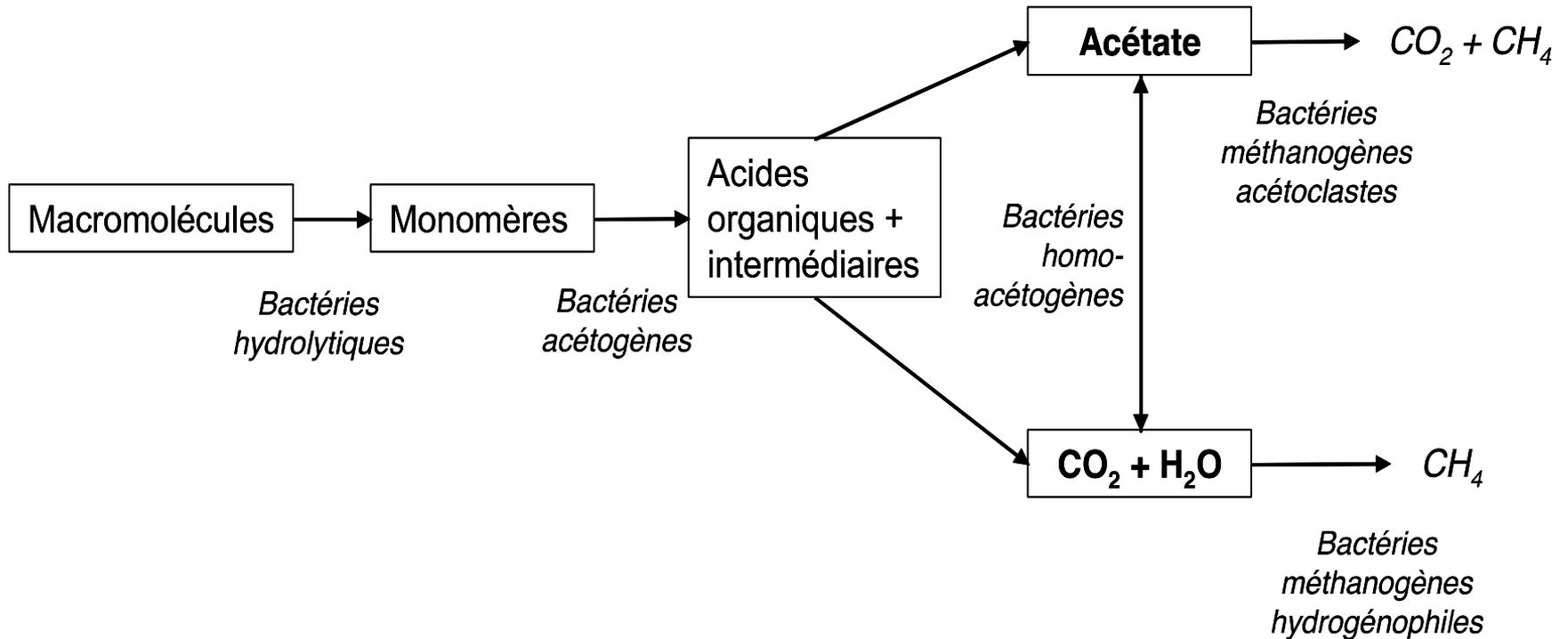
- **La méthanisation peut être provoquée et contrôlée dans des installations spéciales, en vue notamment de la production d'énergie**
- **En France, premières applications après-guerre**
- **Puis après le second choc pétrolier (années 80)**
- **Fort regain d'intérêt depuis 2007**



1. Hydrolyse et acidogénèse

2. Acétogénèse

3. Méthanogénèse





Conditions optimales

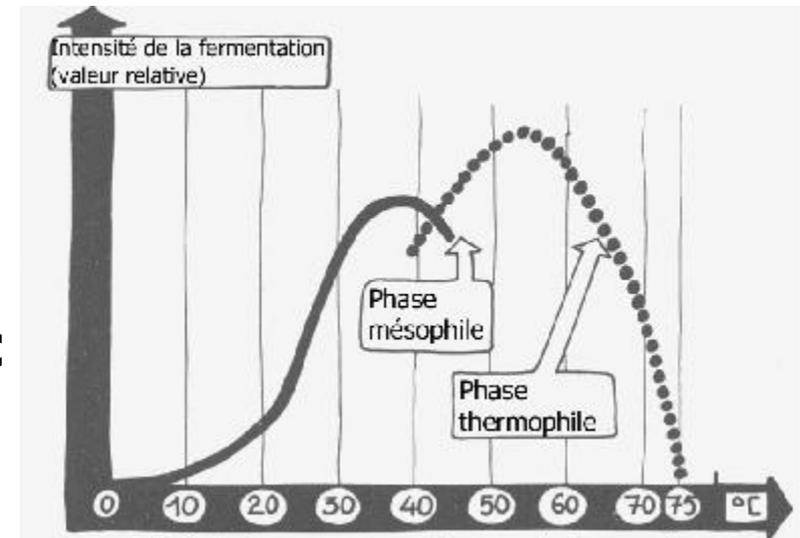
Absence d'oxygène

procédés mésophiles : environ 38 °C

procédés thermophiles : environ 55°C

PH proche de 7

C/N entre 10 et 15

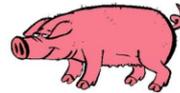




Les matières (substrats) méthanisables

1. Matières d'origine agricole

- Les lisiers



- Les fumiers



- Issues de silo

- Ensilage de cultures
(principales ou dérobées)



- Les résidus
(grandes cultures, fruits et légumes)





Les matières (substrats) méthanisables

2. Déchets et coproduits agro-industriels

- **Graisses agro-alimentaires**
- **Sous-produits de l'industrie de la viande (abattoirs...)**
- **Sous-produits de l'industrie légumière et fruitière**
- **Sous-produits de l'industrie du lait**

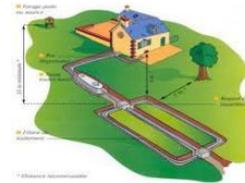




Les matières (substrats) méthanisables

3. Déchets des collectivités, restauration et distribution

- **Boues et graisses des stations d'épuration**
- **Déchets verts non ligneux**
- **Biodéchets ménagers**
- **Déchets de la restauration et grandes surfaces**



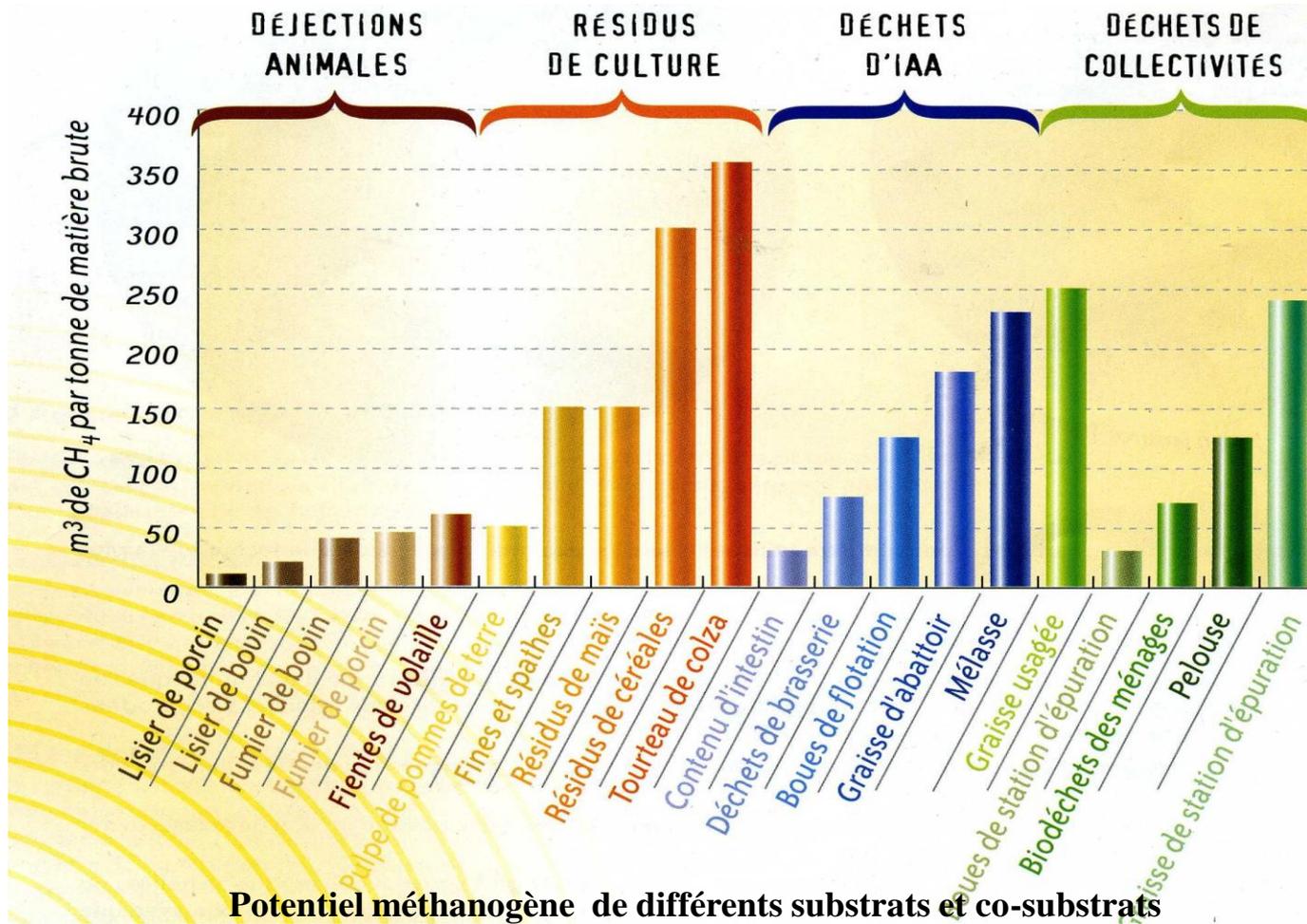


Cas des sous-produits animaux

Catégorie SPAN	Types sous-produits animaux	Traitement avant entrée dans le digesteur
Catégorie 2	Refus de dégrillage abattoirs hors ruminant > 6 mm	Stérilisation : 133° C, 20 min 3 bars, 50 mm
	Lisiers*, matières stercoraires, lait et colostrum	Pas de traitement spécifique
Catégorie 3	Parties d'animaux abattus propres à la consommation humaine, plumes, poils et le sang d'animaux, anciennes denrées, déchets de cuisine et de table, lait, oeuf, ovoproduits, produits dérivés du lait	Pasteurisation : 70° C, 60 min, 12 mm
Certains mélanges de SPAN C3 et lisier		Possibilité de proposer des dispositions particulières d'hygiénisation qui seront étudiées au cas par cas



Les différents substrats





Caractéristiques du biogaz

Méthane (CH ₄)	50 – 75 %
Dioxyde de carbone (CO ₂)	25 – 45 %
Vapeur d'eau (H ₂ O)	2 – 7 %
Azote (N ₂)	0 – 2 %
Hydrogène (H ₂)	0 – 1 %
Oxygène (O ₂)	0 – 2 %
Hydrogène sulfuré (H ₂ S)	0 – 2 %

- **60 % de CH₄ en moyenne**
- **1m³ de biogaz = 6 kWh (soit environ 0,6 litre de fioul)**
- **1m³ de CH₄ = 10 kWh = 1 l de fioul**



Plusieurs types d'unités de méthanisation

- **Valorisation du biogaz des CSDND (70 sites)**
- **Méthaniseurs sur stations d'épurations urbaines (60)**
- **Méthaniseurs sur sites industriels (80)**
- **Méthanisation de déchets ménagers (10)**
 - **Sur OM brutes**
 - **Avec Tri Mécano Biologique**
 - **Sur OM triées à la source**
- **Méthanisation à dominante agricole (50)**
 - **Installations à l'échelle de l'exploitation**
 - **Installations à l'échelle territoriale**

NB : nombre d'installations fin 2011



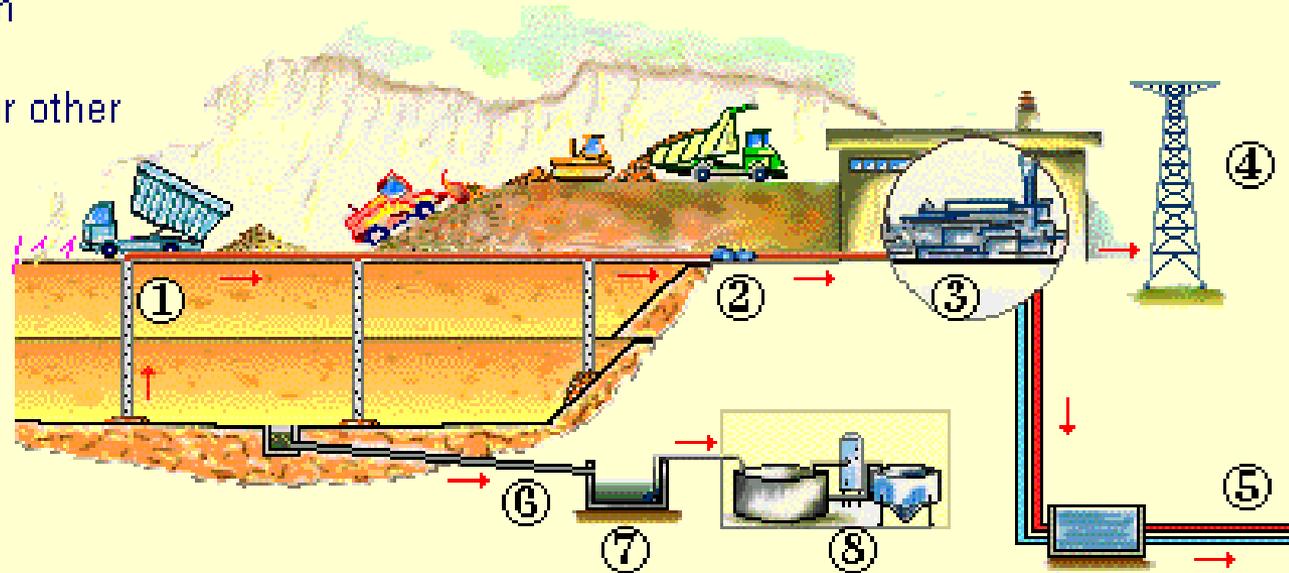
Différents process selon le type de substrat

- **Récupération et valorisation du biogaz des CSDND**
- **Traitement in situ d'effluents agro-industriels**
- **Méthanisation « infiniment mélangée »**
- **« Voie sèche » continue**
- **« Voie sèche » discontinue**
- **Voie liquide en filtre anaérobie « agricole »**



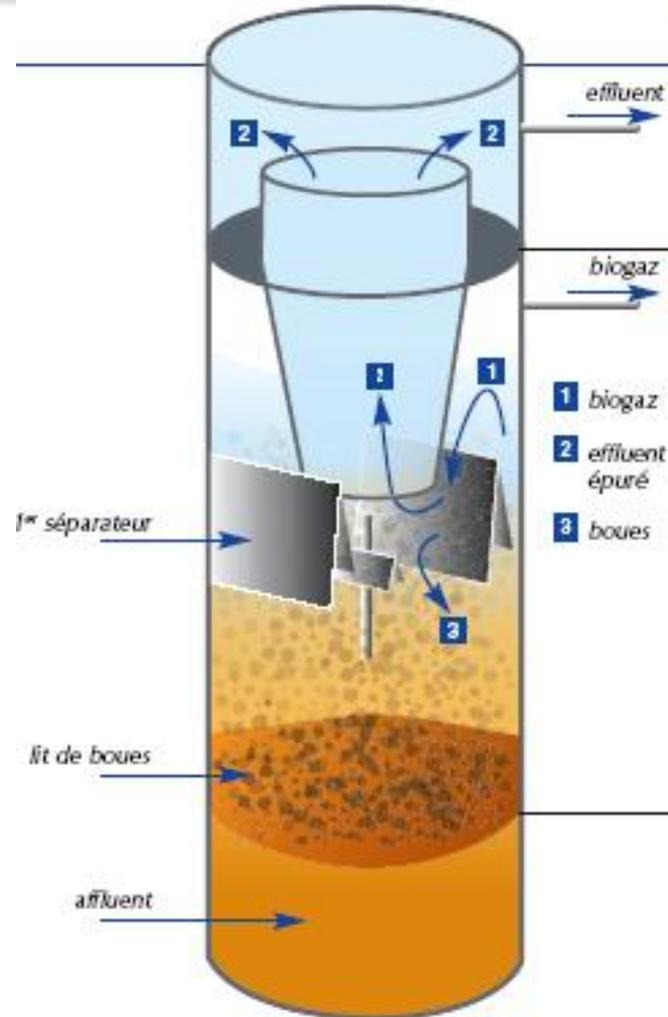
Valorisation du biogaz de CSDND

- 1- Landfill gas extraction
- 2- Landfill gas collection, landfill gas sent to end-use unit
- 3- Heat / electricity production
- 4- Electricity sent to grid
- 5- Heat used to warm water or other
- 6- Leachate collection
- 7- Leachate storage
- 8- Leachate treatment





Procédé à cultures fixées (effluents agro-industriels)



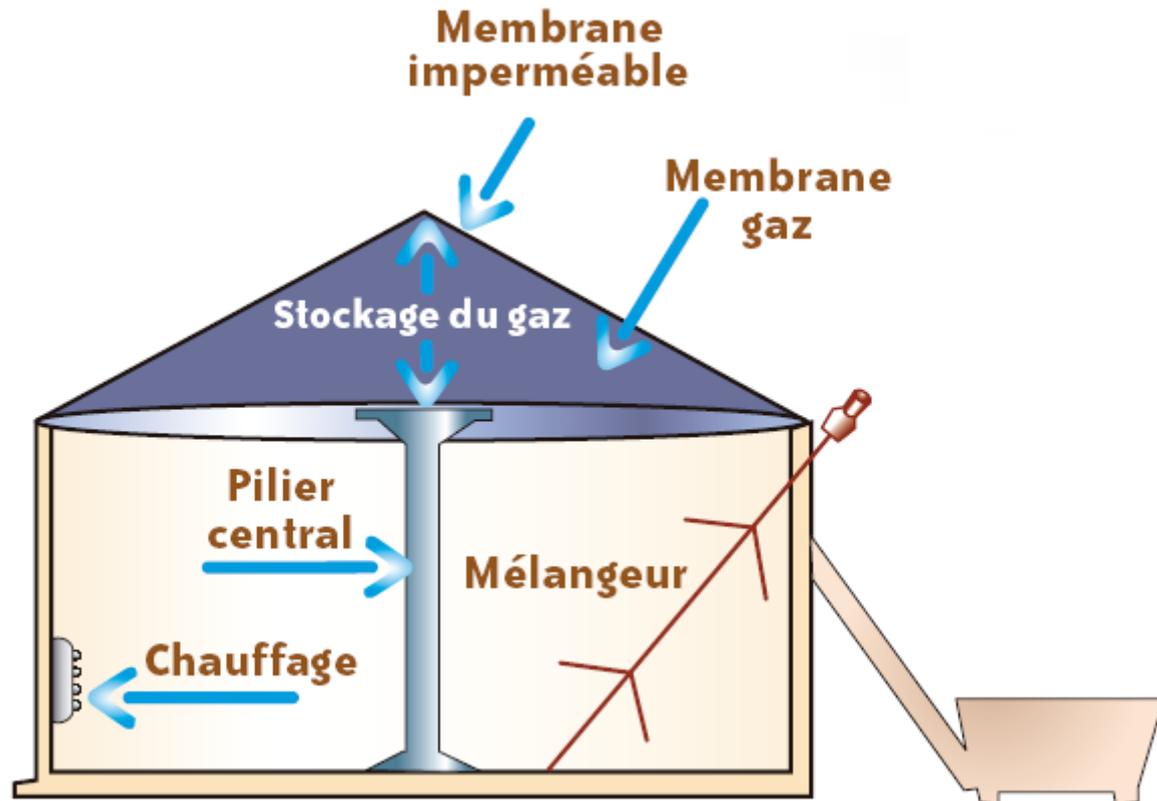


Procédé « infiniment mélangé »

18% ms maxi

**Bien adapté à la
plupart des projets
agricoles**

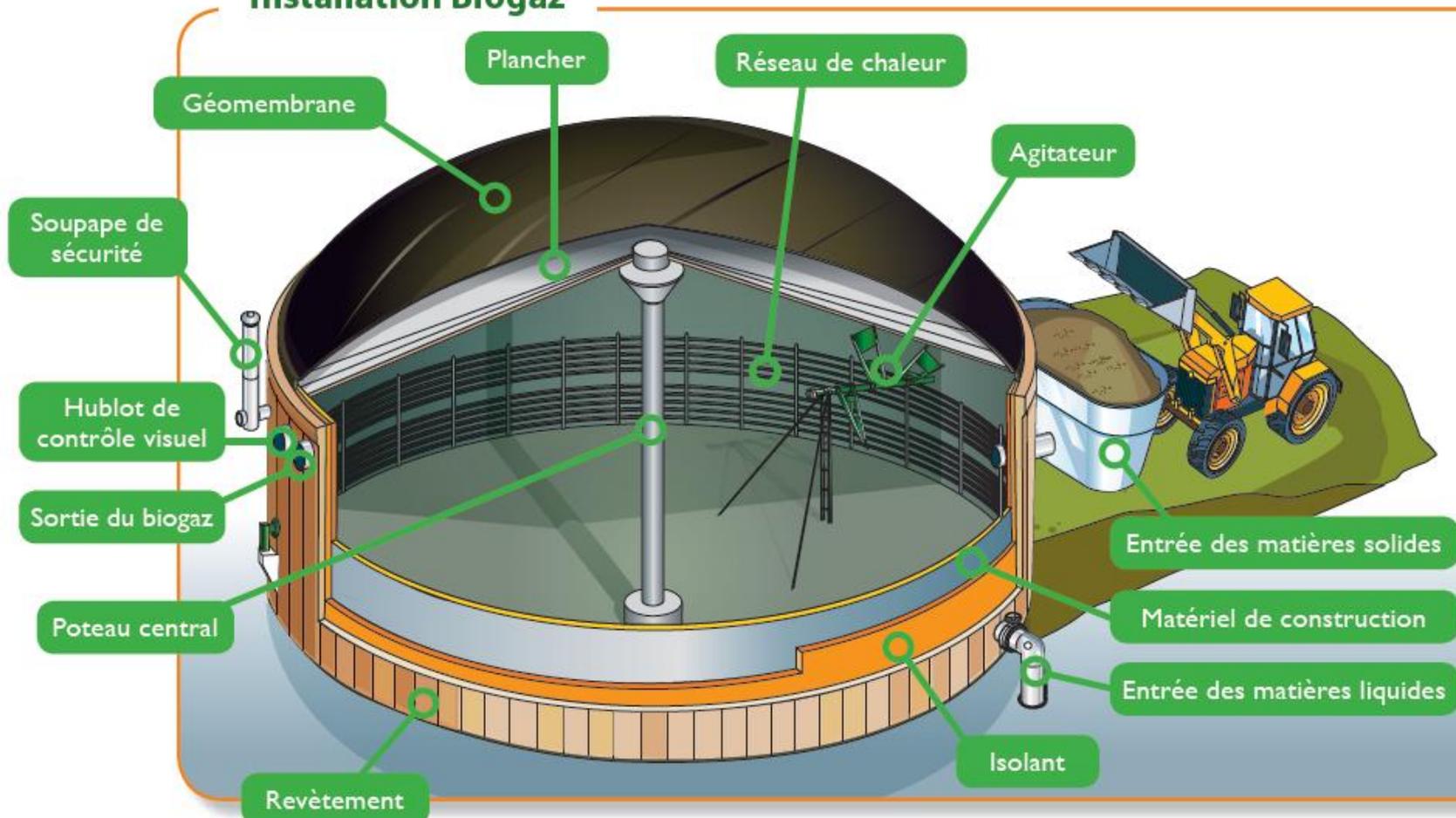
**Souvent couplé à un
post-digesteur**

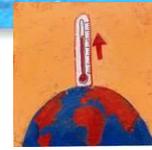




Procédé « infiniment mélangé »

Installation Biogaz





Procédé « infiniment mélangé »

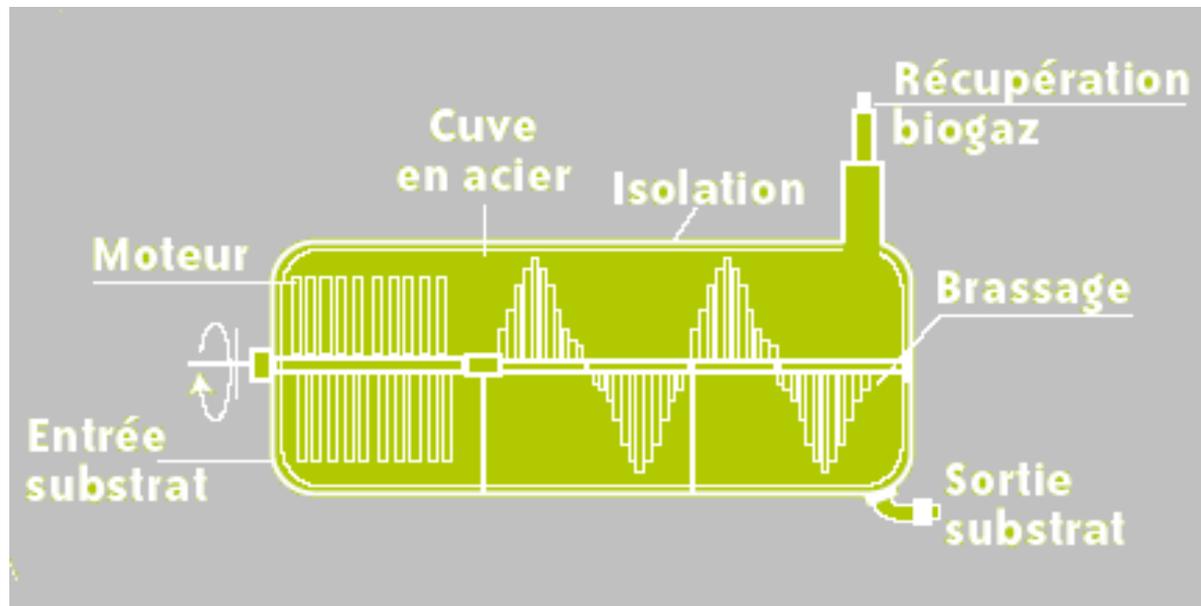


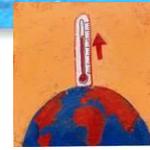


« Voie sèche » continue

**Adaptée à des matières entrantes de 20 à 50% de MS
(ordures ménagères, fumiers)**

Exemple d'un digesteur « piston »





« Voie sèche » continue



Intérieur d'un digesteur - Photographe Max Lerouge © L.M.C.U



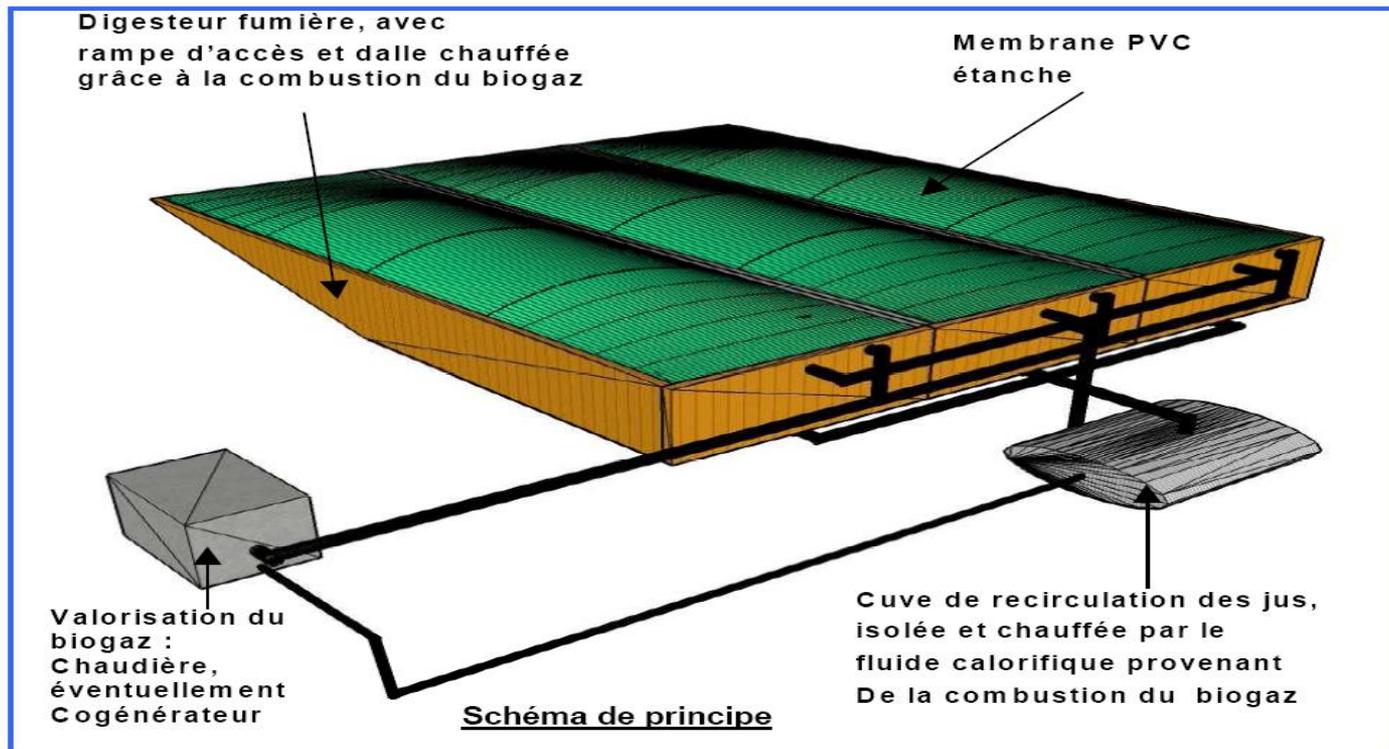


« Voie sèche » discontinue

Adapté aux substrats de 20 à 50% de MS

Fonctionnement en décalé de plusieurs digesteurs

Recirculation des jus





« Voie sèche » discontinue

Gaec du Bois Joly (30 kW)





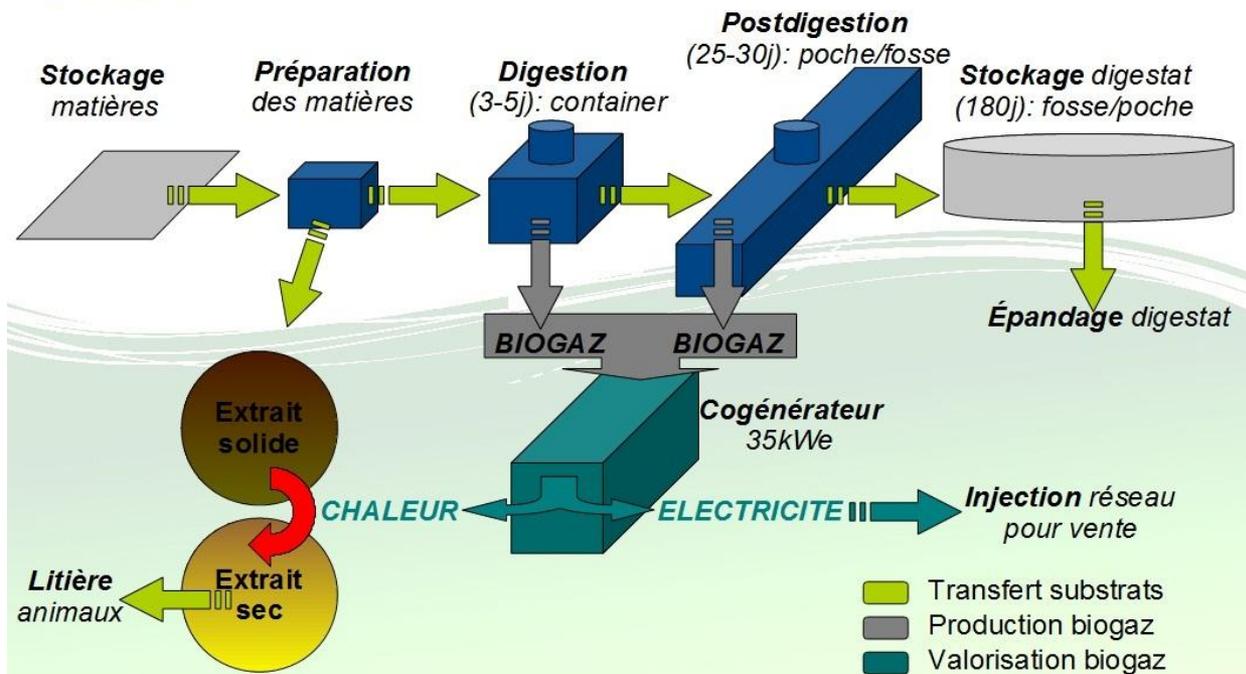
« Voie liquide » en filtre anaérobie « agricole »

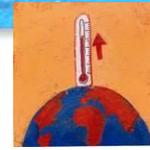
Piste intéressante pour traiter des effluents agricoles (MS < 15%)

Filtere anaérobie sous forme de container



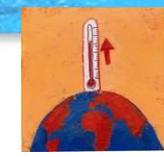
Procédé de méthanisation MATHEOZ®





Valorisation du biogaz

- **Valorisation thermique seule (chaudière adaptée)**
- **Valorisation en cogénération**
- **Épuration puis injection au réseau gaz**
- **Épuration pour utilisation en carburant**



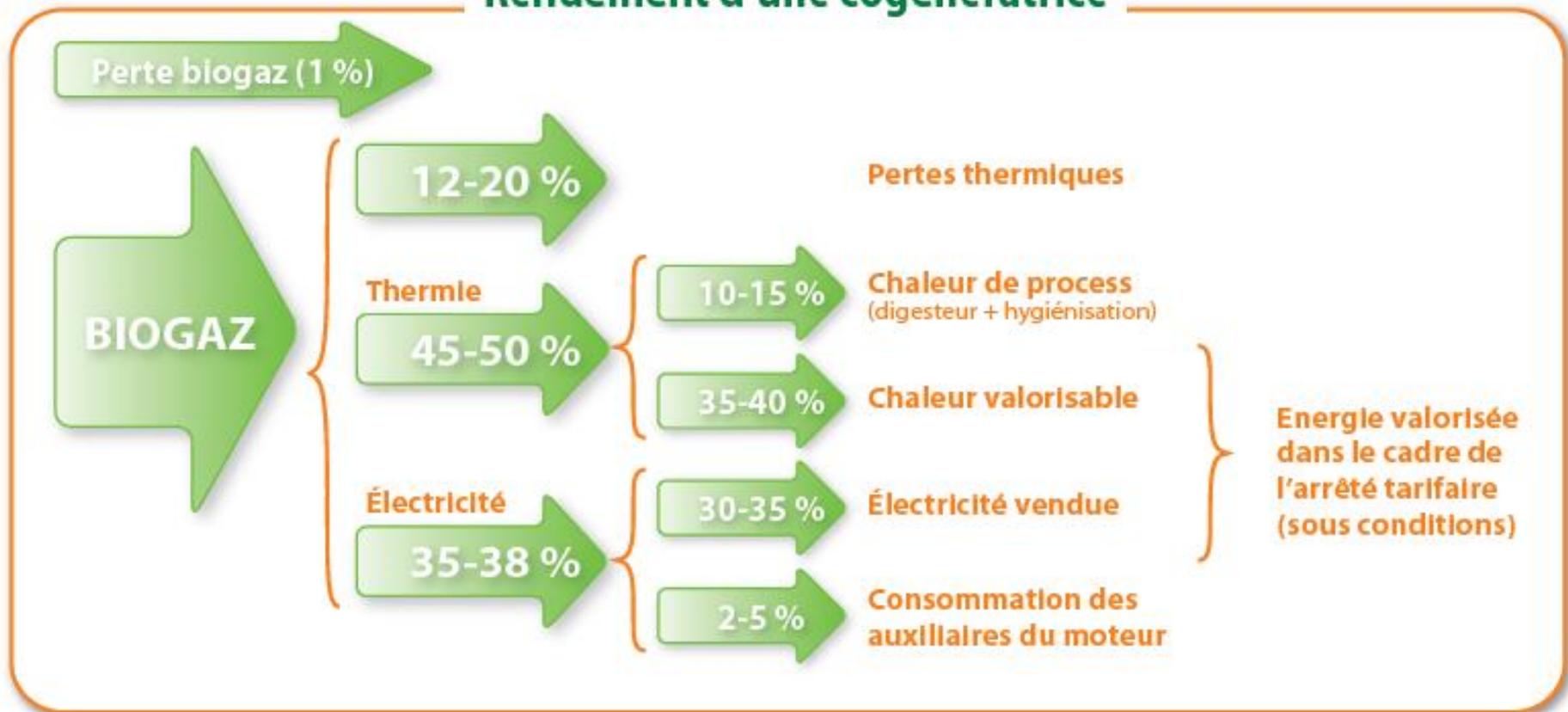
Cogénération





Cogénération

Rendement d'une cogénératrice

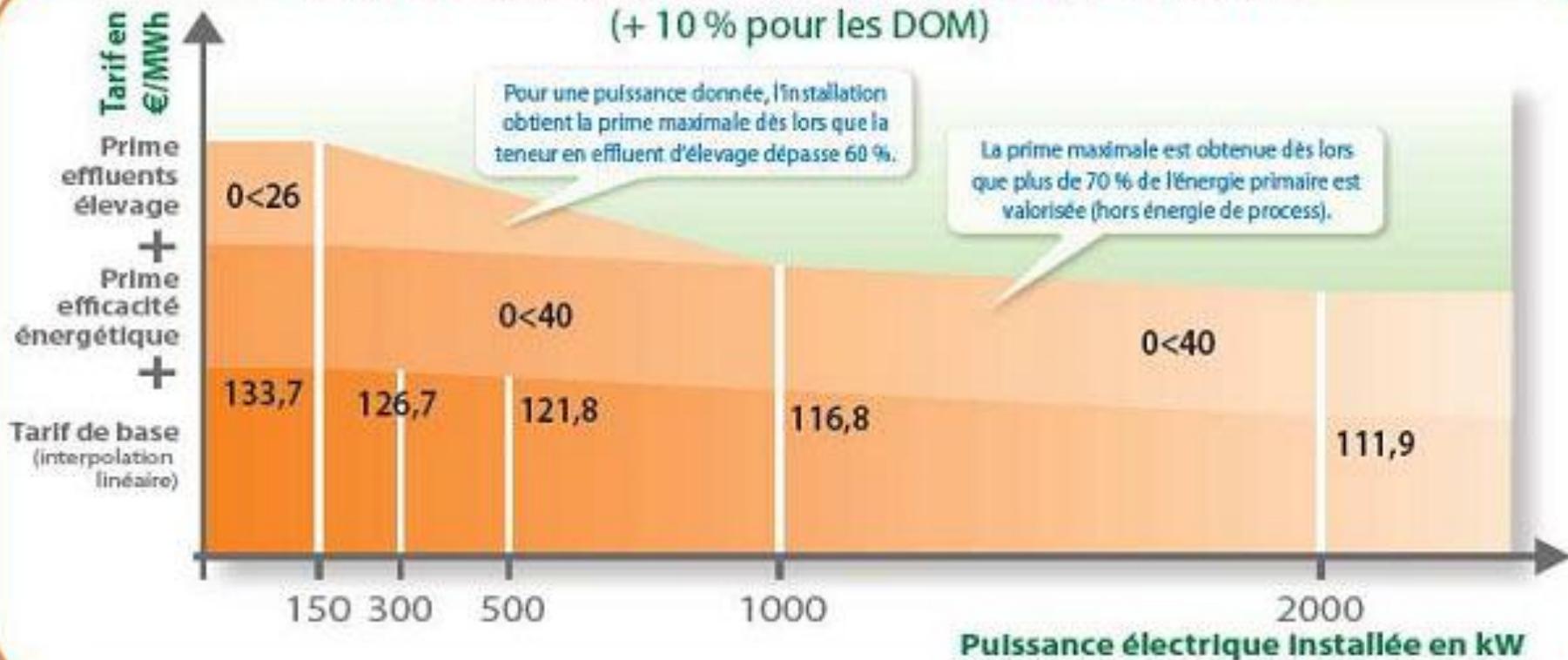




Cogénération

Tarif d'obligation d'achat de l'électricité applicable aux installations de méthanisation

Tarif d'achat entre 111,9 et 199,7 €/MWh (+ 10 % pour les DOM)





Cogénération

**électricité vendue + chaleur valorisée en
substitution d'énergie fossile (hors
chauffage du digesteur)**

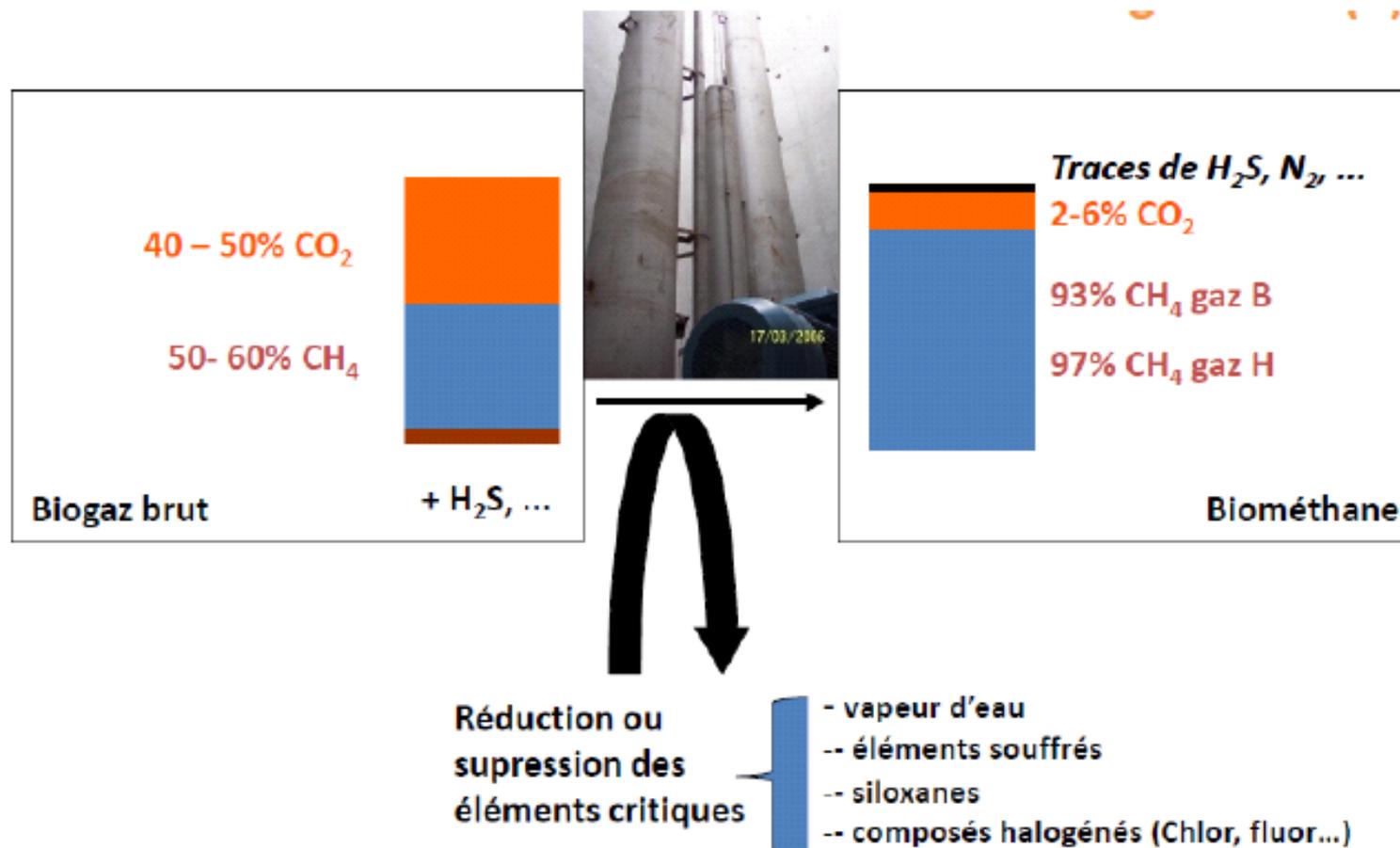
V =

Energie primaire x 0,97



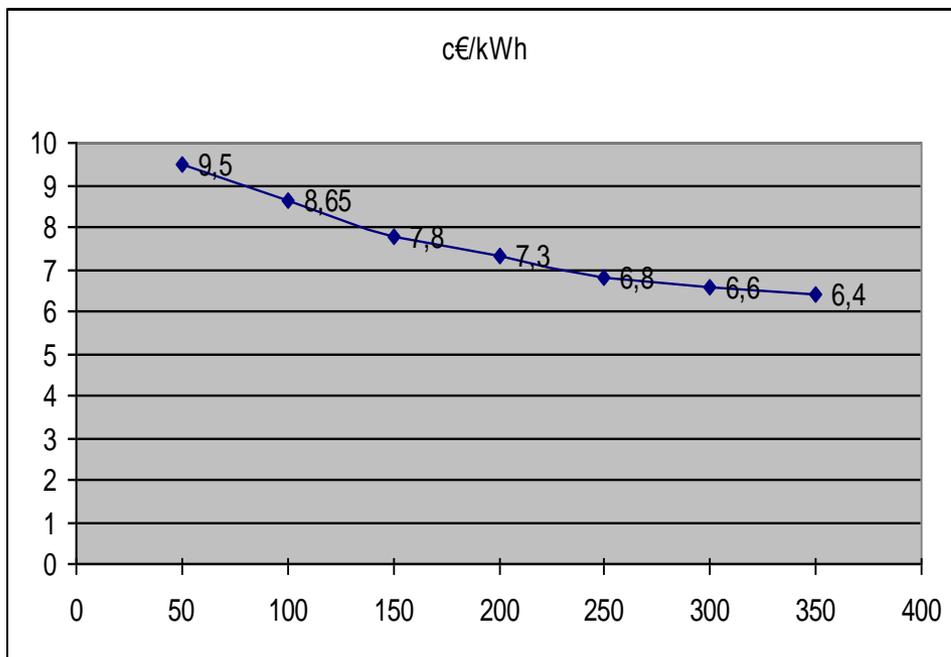
Injection au réseau de distribution ou de transport

Schéma simplifié de l'épuration du biogaz





Injection au réseau de distribution ou de transport



Capacité maximale de production	Pi1 (en c€/kWh PCS)	Pi2 (en c€/kWh PCS)
< 50 m³/h	0,5	3
50 < c < 350 m³/h	0,5	interpolation linéaire entre 3 et 2
> 350 m³/h	0,5	2

Pi1: déchets des collectivités (hors boues de step), déchets des ménages et assimilés ou déchets de la restauration hors foyer

Pi2: cultures intercalaires à vocation énergétique, déchets ou résidus provenant de l'agriculture, de la sylviculture, de l'industrie agroalimentaire ou des autres agro-industries



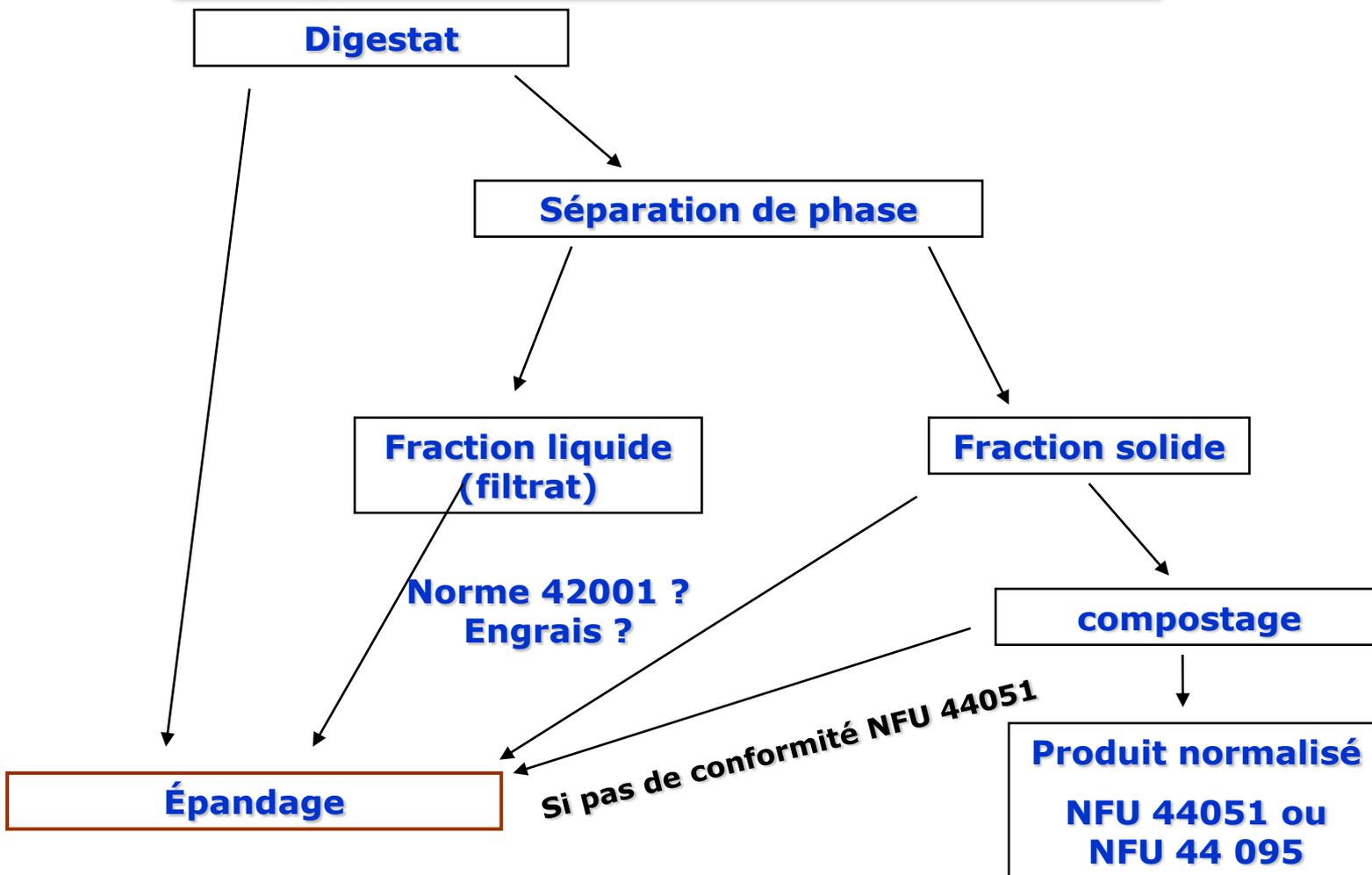
Valorisation du digestat

- Odeurs atténuées
- Réduction des germes pathogènes
- Valeur fertilisante conservée : azote ammoniacal sous forme majoritaire. ⇒ Amélioration de la gestion de l'azote
- Digestat plus fluide (homogène et facile à épandre)





Solutions de valorisation du digestat





Valorisation du digestat





Exigences réglementaires

		Type de matière traité	Tonnage traité		
			Déclaration	Enregistrement	Autorisation
Rubrique	2781-1	Matière végétale brute, effluents d'élevage matières stercoraires, effluents bruts agroalimentaires et déchets végétaux d'industries agroalimentaires	Inférieur à 30 t/j	Supérieur ou égal à 30 t/j et inférieur à 50 t/j	Supérieur ou égal à 50 t/j
	2781-2	Autres déchets non dangereux	-	-	Dans tous les cas
Dossiers à réaliser et à déposer en préfecture			Dossier sommaire	Dossier technique + Consultation des communes + Information du public	Etude de dangers + Etude d'impact + Enquête publique

La combustion du biogaz est réglementée par la rubrique 2910C, le régime ICPE est basé sur celui de la rubrique 2781.



Les atouts de la méthanisation

- **Une énergie renouvelable**
- **Contribue à une gestion territoriale des déchets**
- **Réduction des émissions de GES au stockage (CH_4)**
- **Améliore la qualité agronomique des déchets traités**
 - **Minéralisation de l'azote**
 - **Economie d'engrais minéraux par substitution**



MERCI DE VOTRE ATTENTION...

Pierre LAURENT