

10^e rencontres du frêne Et nos campagnes, alors ?

Entrée libre et gratuite

Salle polyvalente

Fresselines

samedi 19 juillet

10h00 - Méthanisation par *Francis Duchiron*

14h30 - Les paysages racontent notre histoire
par *Jean-Michel Dauriac*

16h30 - Les haies par *Philippe Hirou*

18h30 - Débat avec les intervenants et des invités
locaux engagés

20h15 - Repas partagé

21h30 - ...soirée poésies / chansons (chacun est invité à
dire une poésie ou chanter une chanson de son choix)

dimanche 20 juillet

10h00 - Séverine l'insurgée, Séverine l'oubliée : aux
origines du journalisme d'investigation
par *Marie-France Boireau*

16h00 - Concert Fréquences libres par l'*Ensemble
Gabriel* (Eglise de Fresselines, participation libre)

Méthanisation

- Définition
- Aspects scientifiques
- Les différentes formes de méthanisation
- Méthanisation des déchets
 - Déchets urbains
 - Déchets industriels
- Méthanisation agricole
 - Méthanisation à la ferme
 - Méthanisation avec culture dédiées
- Conclusion

Définition

- C'est le processus biologique de dégradation anaérobie de la matière organique
- Ce processus conduit à la formation du biogaz
- Ce biogaz est constitué majoritairement de méthane

Aspects scientifiques

- Est-ce une fermentation :
 - NON, au sens scientifique
 - OUI au sens biotechnologique
- Est-ce une respiration :
 - OUI au sens scientifique

Fermentation/Respiration

Fermentation : sens scientifique

« La vie sans air » (Louis Pasteur)

Voie énergétique anaérobie à base de produits organiques, entièrement intracellulaire

Fermentation : sens biotechnologique

Toute culture microbienne (aérobie ou anaérobie)

Respiration :

Voie énergétique par transfert simultané de protons et d'électrons à travers une membrane

Milieu intracellulaire/milieu extérieur chez les procaryotes

A travers la membrane cellulaire

Milieu intra-mitochondrial/milieu intracellulaire chez les eucaryotes

A travers la membrane mitochondriale

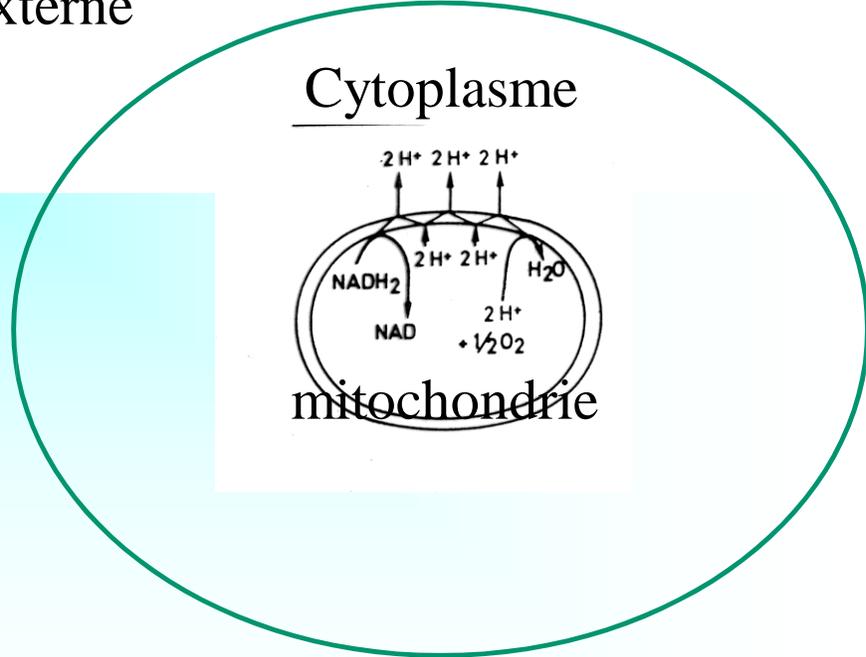
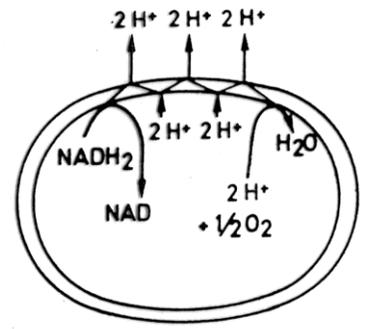
Chaine respiratoire

Principe différence eucaryotes/procaryotes

Procaryotes

Eucaryotes

Milieu externe



Respiration

Voie énergétique par transfert simultané de protons et d'électrons à travers une membrane

Les voies respiratoires

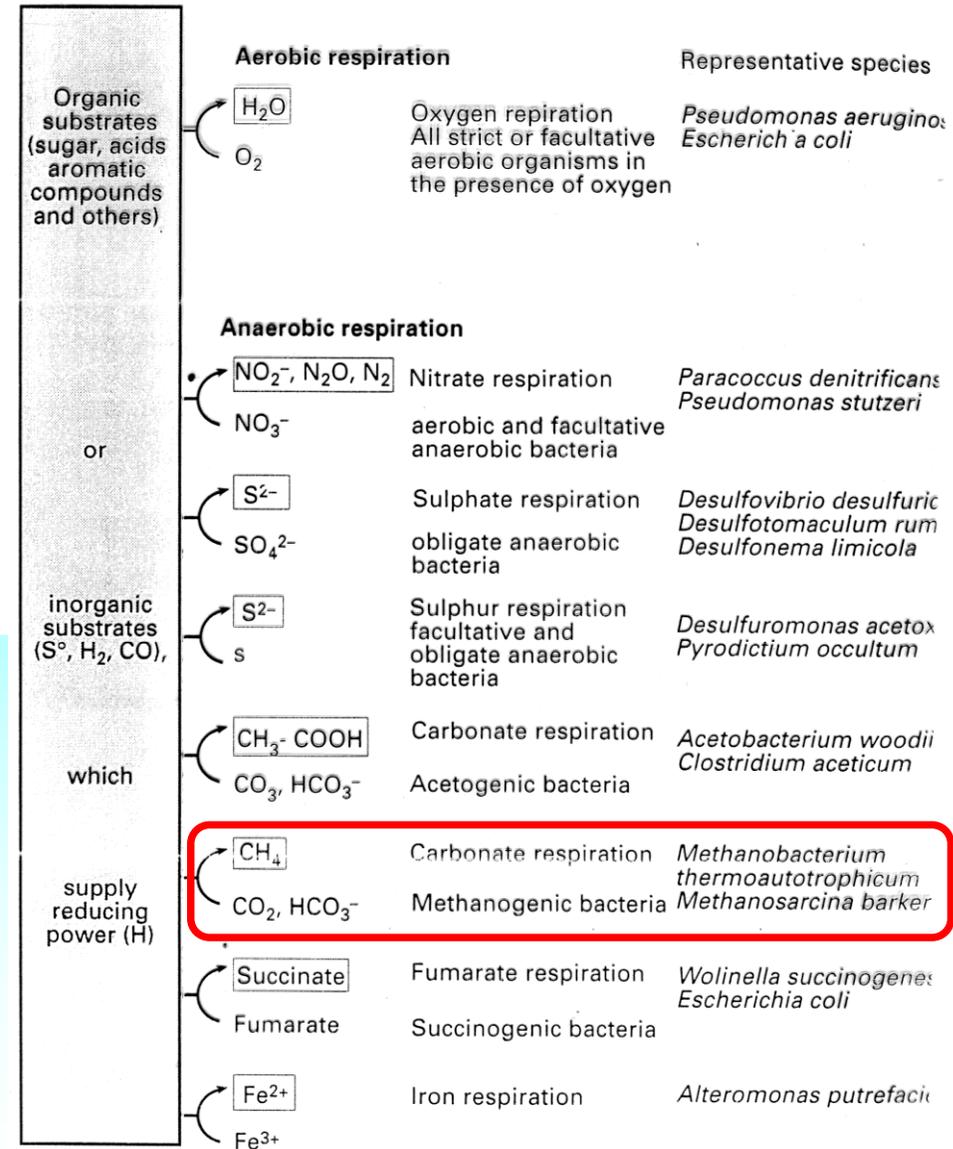
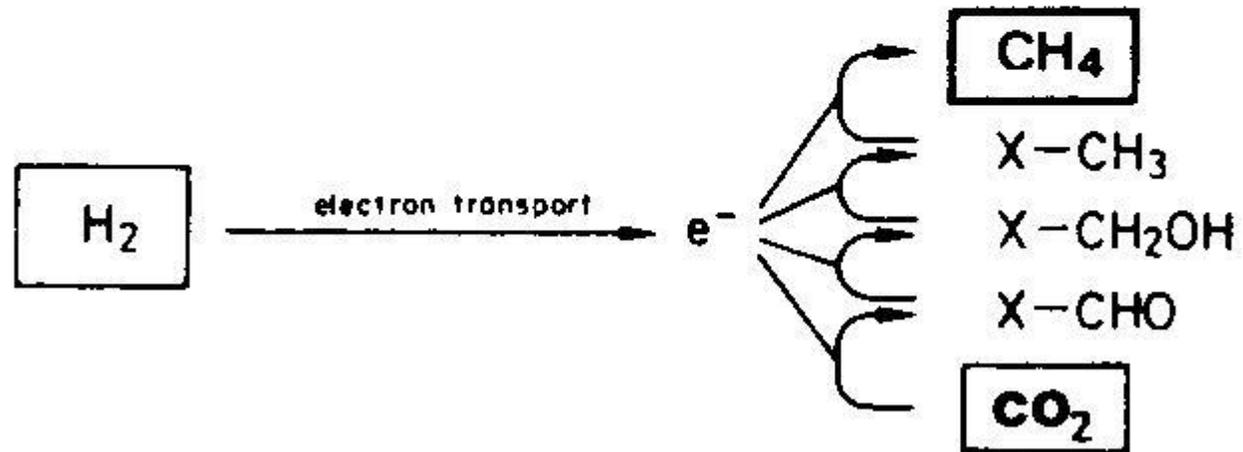
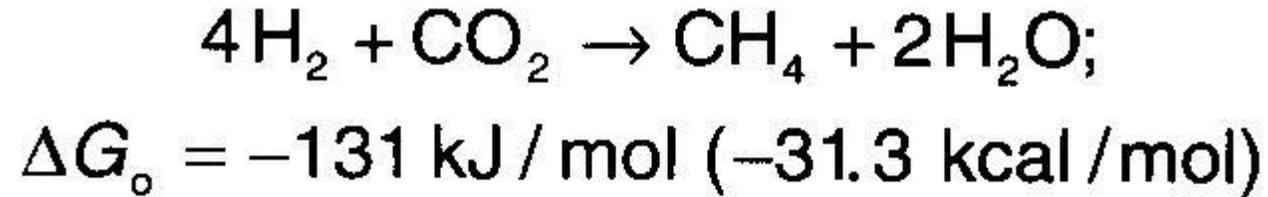


Fig. 9.1. Processes that yield energy by electron transport phosphorylation under aerobic and anaerobic conditions.

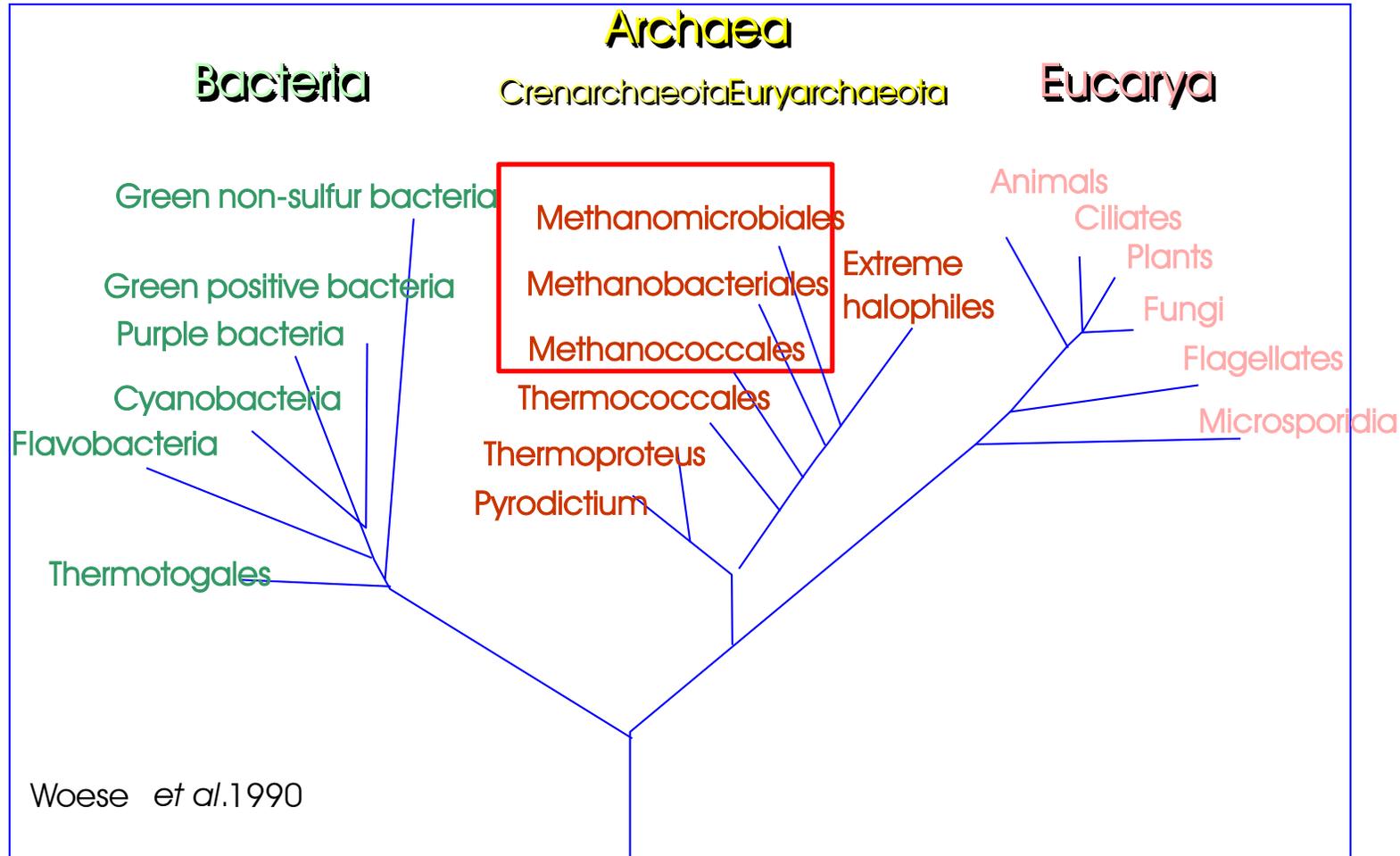
(Also called aerobic and anaerobic respiration.)

Méthanogènes respiration carbonate



Les souches produisent leur ATP par cette voie métabolique

Arbre phylogénique universel enraciné



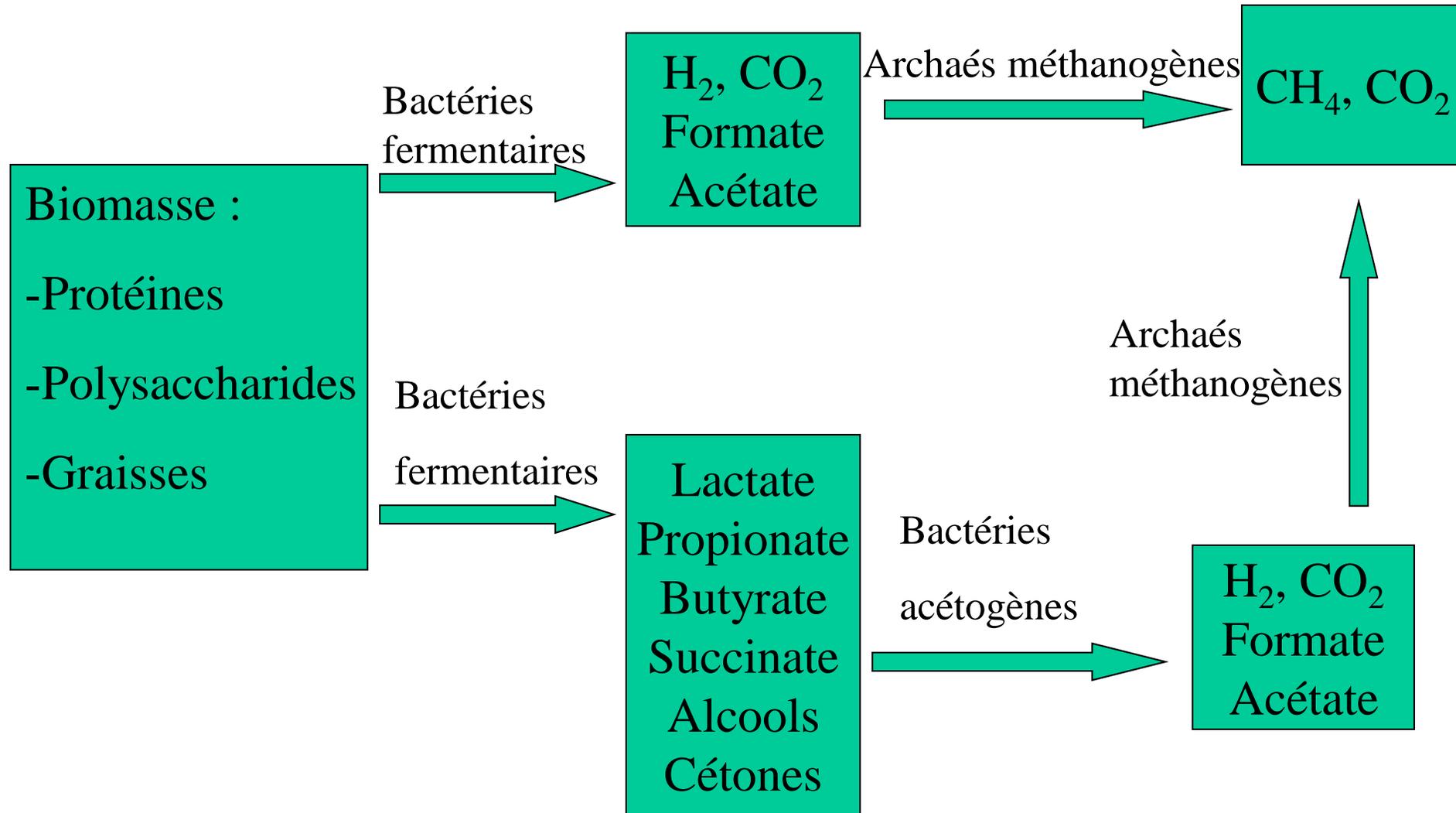
Méthanogènes

Table 9.2. *Some taxonomically classified methanogenic bacteria*

Species	Substrates (H-donors)	Autotrophic growth
<i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i>	H ₂	+
<i>Methanobacterium arboriphilicum</i>	H ₂	+
<i>Methanobacterium formicicum</i>	H ₂ or formate	+
<i>Methanobacterium ruminantium</i>	H ₂ or formate	—
<i>Methanobacterium mobile</i>	H ₂ or formate	—
<i>Methanococcus vanniellii</i>	H ₂ or formate	n.d.
<i>Methanosarcina barkeri</i>	H ₂ , methanol, acetate, mono-, di-, trimethylamine	+
<i>Methanosarcina mazei</i>	H ₂ , methanol or acetate	+
<i>Methanospirillum hungatii</i>	H ₂ or formate	n.d.
<i>Methanotherix soehngenii</i>	acetate	—

n.d. Not determined.

Biogaz, Biométhane



NB : Si ajout de H₂ dans le milieu on a 100 % de CH₄

L' O₂ est toxique pour les archaés méthanogènes ; 1ppm d' O₂ les tuent

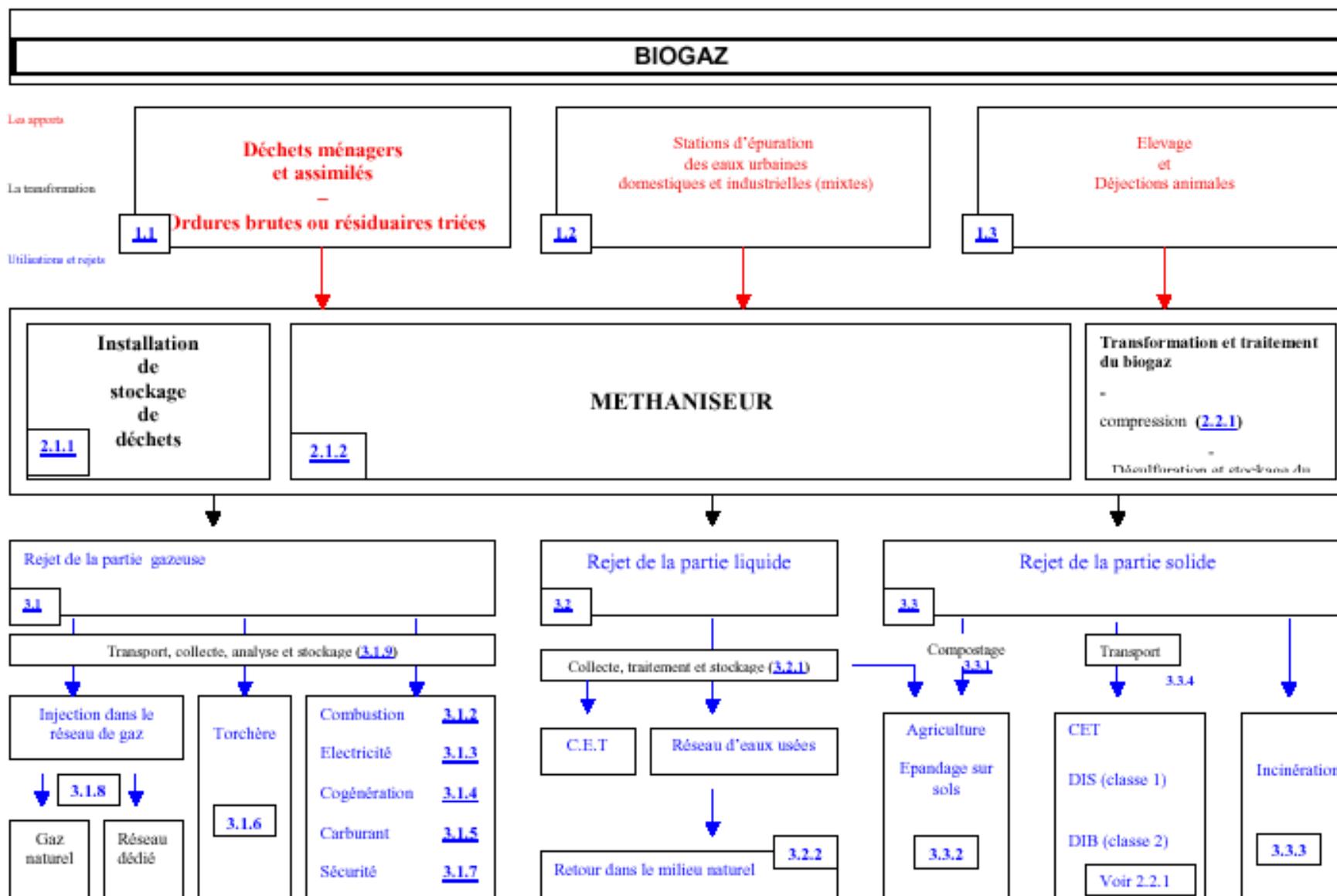
Biogaz

composition

Composant :	Symbole :	Pourcentage :
méthane	CH ₄	50 - 70
dioxyde de carbone	CO ₂	30 - 40
hydrogène	H ₂	5 - 10
nitrogène	N ₂	1 - 2
vapeur d'eau	H ₂ O	0,3
sulfure d'hydrogène	H ₂ S	Traces : 2 000ppm

NB: Si utilisé comme carburant, le rendement est identique à l'essence, mais le stockage d'un gaz même comprimé prend plus de place qu'un liquide (réservoir plus volumineux), il faut ôter l' H₂S (corrosif)

Biogaz (shéma général)



Les différentes formes de méthanisation

- Méthanisation en phase solide ou voie sèche
- Méthanisation en phase liquide

VOIE SÈCHE DISCONTINUE

- ❑ Plusieurs garages en béton
- ❑ Conditions anaérobies avec digesteurs étanches aux gaz
- ❑ Plaque chauffante pour des conditions de température stables à 37 ° C
- ❑ Système d'aspersion lixivié pour une activation accrue des bactéries
- ❑ Double membrane sur chaque caisse pour stockage tampon de biogaz

Avantages spécifiques

- ❑ Aucun impact des inertes sur le process
- ❑ Quantité réduite de digestat liquide
- ❑ Maintenance réduite et plus simple



VOIE LIQUIDE

- ❑ Bacs de digestion et de post-digestion de béton, mélangés, isolés et chauffés à 37°C
- ❑ Système d'incorporation amélioré : broyage et séparation des inertes

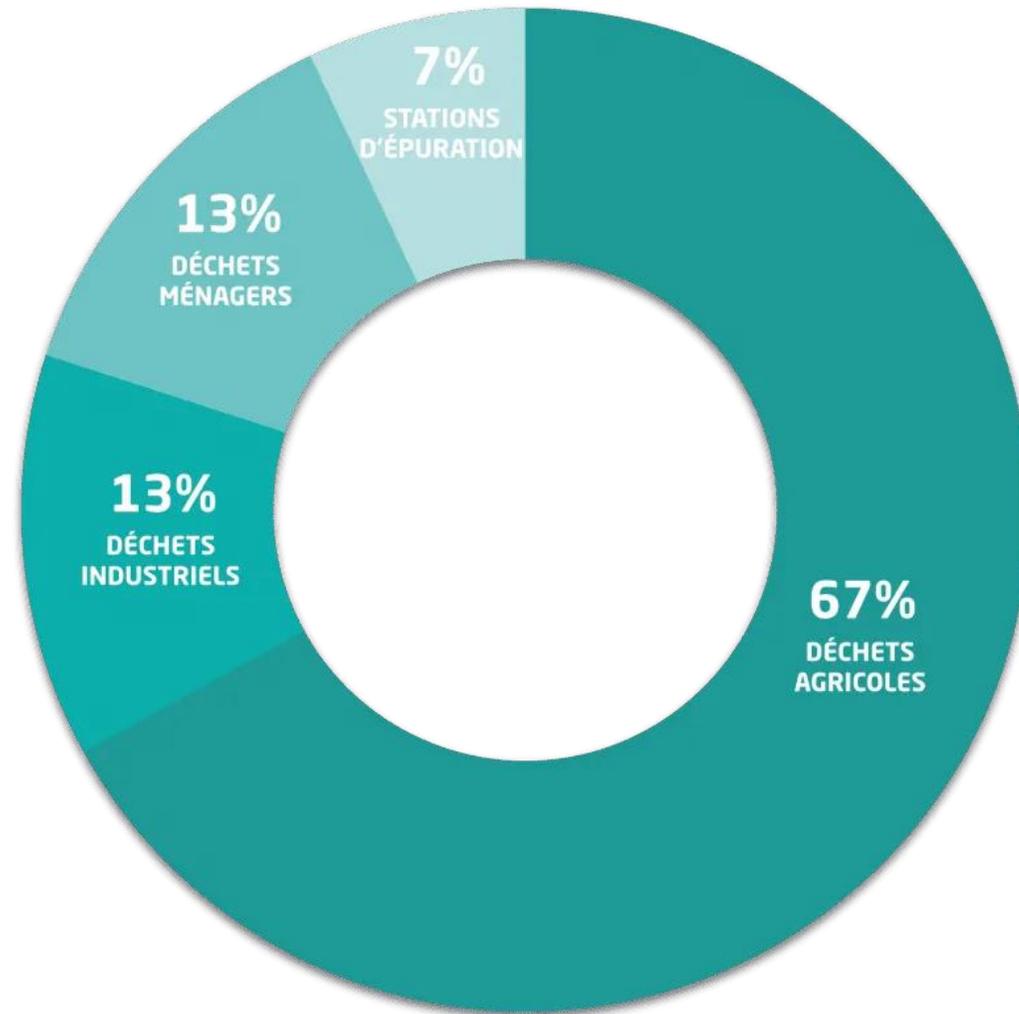
Avantages spécifiques du broyage

- ❑ Meilleure dégradation de la matière organique
- ❑ Mélange amélioré à l'intérieur du digesteur
- ❑ Augmentation de la production de biogaz
- ❑ Réduction des coûts d'entretien pour l'équipement en aval



Critère de comparaison	Voie liquide	Voie sèche
Matière entrante	Maximum 20% de Matière Sèche	<u>20 à 40% de Matière Sèche</u>
Consommation en eau	Dilution parfois nécessaire	Renouvellement du percolat
Stabilité du process	Plus facile d'intervention en cas de dysfonctionnement biologique	<u>Gestion en parallèle de plusieurs digesteurs</u>
Besoin en chaleur	20 à 30 % de la chaleur produite	Moindres sur les installations bien isolées
Besoin en électricité	Pompes, brasseurs et incorporateurs	Faibles
Besoin en fuel	Rien Eventuellement si moteur dualfuel	Rien Eventuellement si moteur dualfuel
Digestat	Pompable	Manipulable au chargeur
Besoin en main d'œuvre	Automatisation possible	Important pour les chargements déchargements
Production de Biogaz	Production linéaire	Production séquencée dans le temps
Sécurité	Phase de démarrage = période à risque	Chargement/déchargement = période à risque

SITES DE MÉTHANISATION PAR TYPES D'INTRANTS



Méthanisation des déchets

- Déchets urbains
- Déchets industriels

Biogaz

Issu de déchets

FRANCE	1999		2000		2001	
	électricité en GWh	thermique* en <u>ktep</u>	électricité en GWh	thermique* en ktep	électricité en GWh	thermique* en ktep
Biogaz issu de décharge	118	8	249	7	253	7
Biogaz issu de boues d'épuration	87	33	89	33	89	33
Biogaz issu de boues agricoles	-	5	-	5	-	5
Biogaz issu d'effluents des LAA***	8	16	8	18	8	18

Pas d'évolution significative depuis 2001

Description technique de l'installation

Cas de la ville de Lille

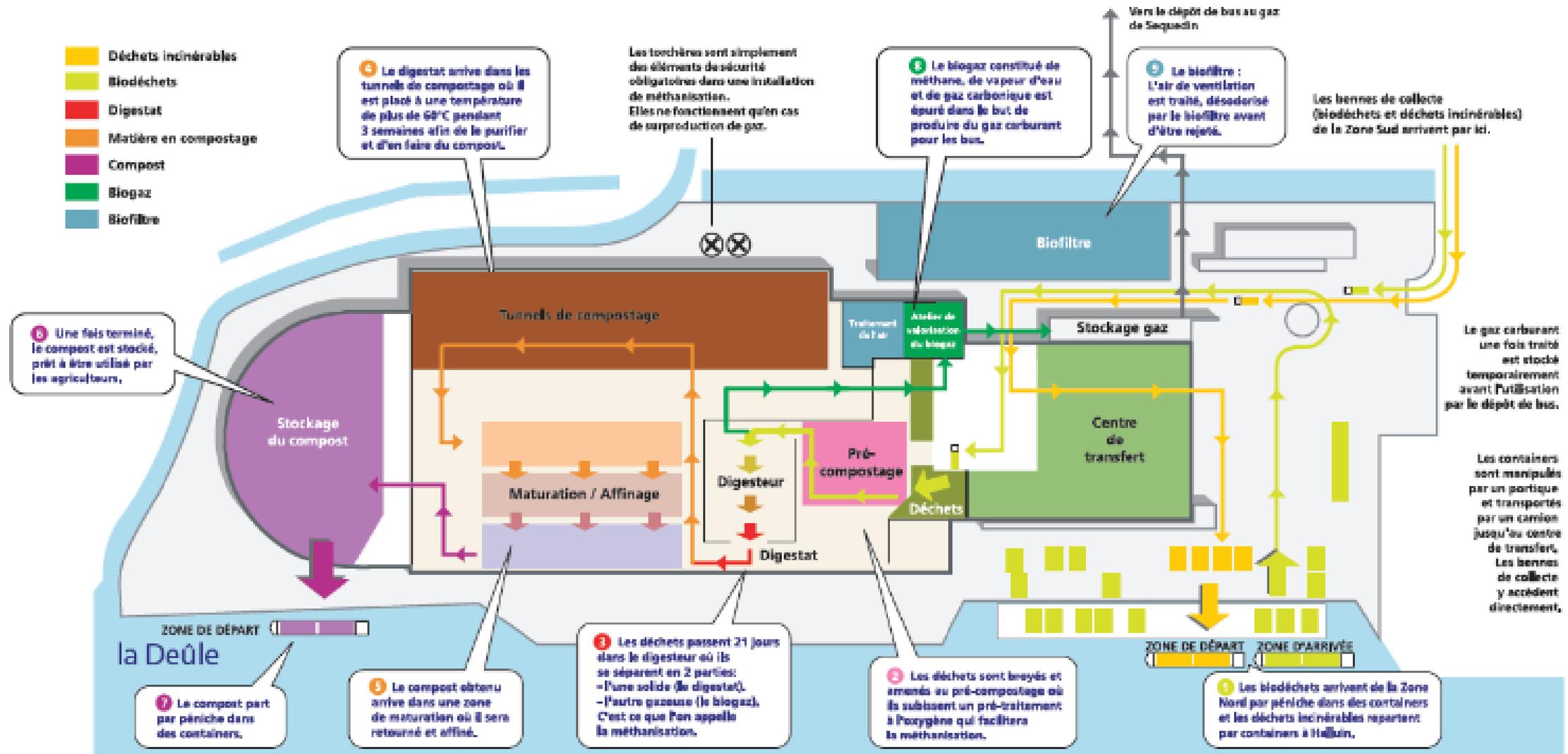


Figure 2 : principe de fonctionnement du Centre de Valorisation Organique – source Communauté Urbaine de Lille

Cas de la ville de Lille

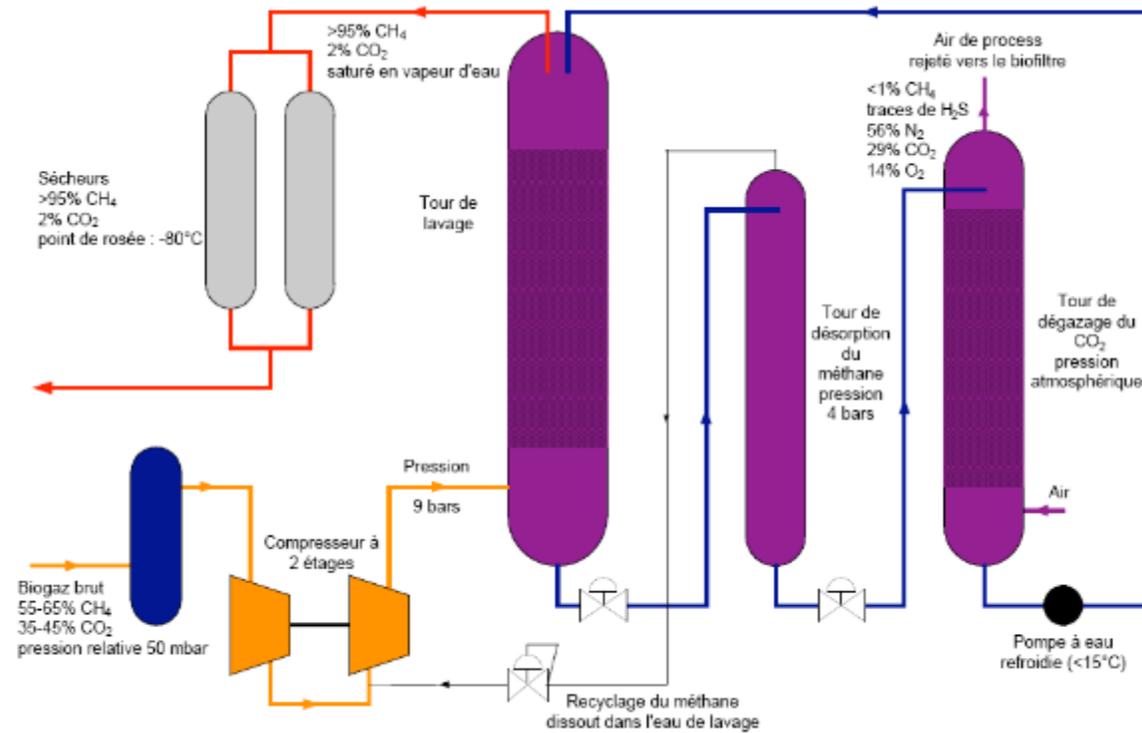


Figure 8 : Procédé Flotech, Auckland, Nouvelle-Zélande – source Communauté Urbaine de Lille

Cas de la ville de Lille

Chiffres clés

Volume des digesteurs

Digesteurs : **3 x 1900 m³**

Production de biogaz et compost

Compost : **34 000 tonnes**

Production de biogaz brut : **7 400 000 m³/an**

Quantité de biogaz brut épuré : **6 507 133 m³/an**

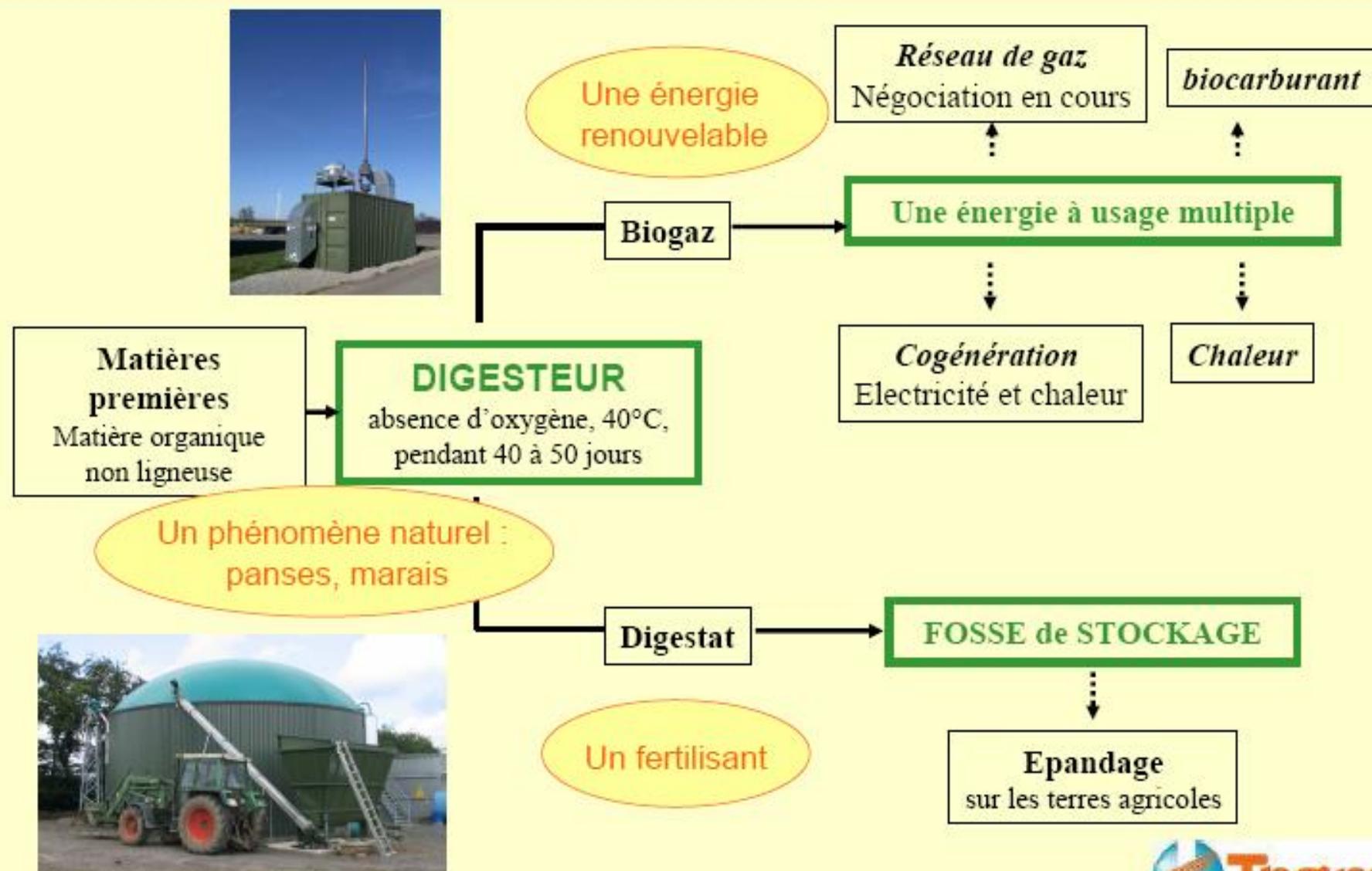
Quantité de biogaz-carburant produit : **4 111 000 m³/an** équivalent à **4 000 000 litres** de diesel soit la consommation annuelle de **100 bus**

Biogaz brut utilisé pour les besoins de chauffage du site : **600 000 m³/an**

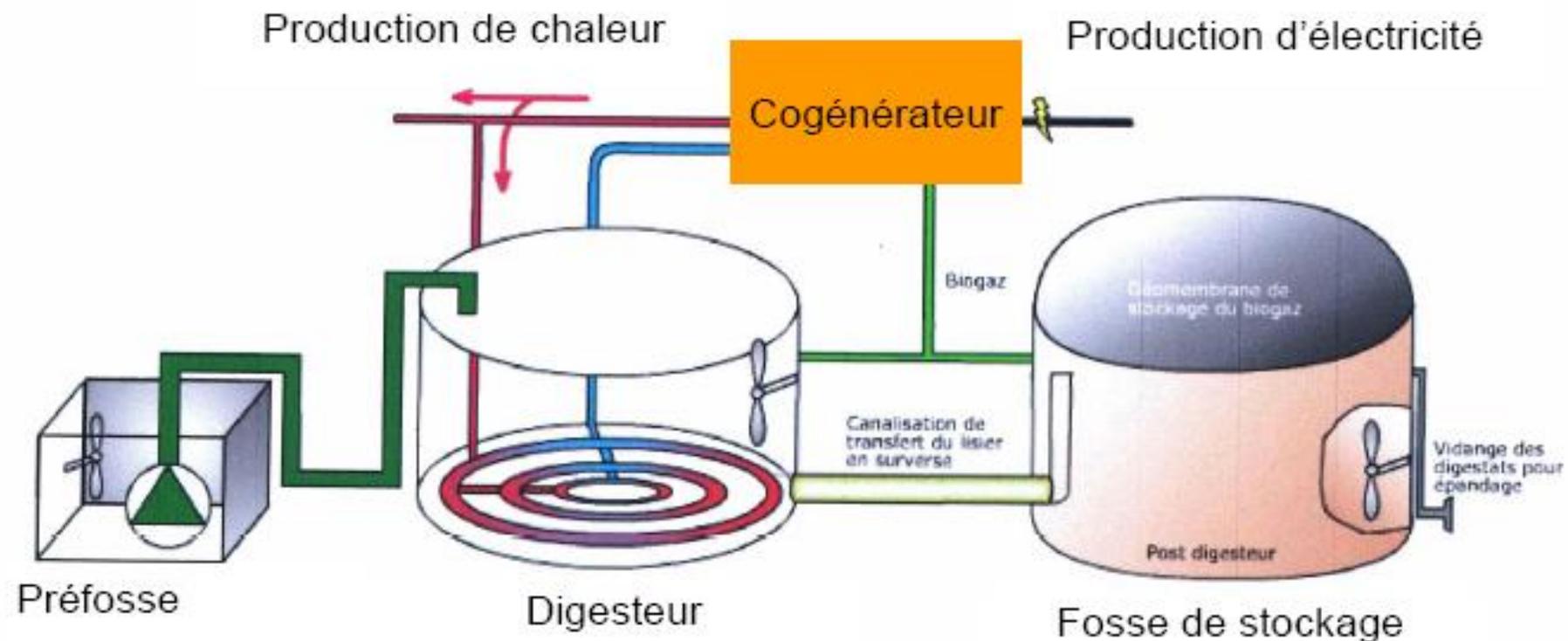
Méthanisation agricole

- Méthanisation à la ferme
- Méthanisation avec culture dédiées

Principe de la méthanisation



Les grandes lignes sur la technique

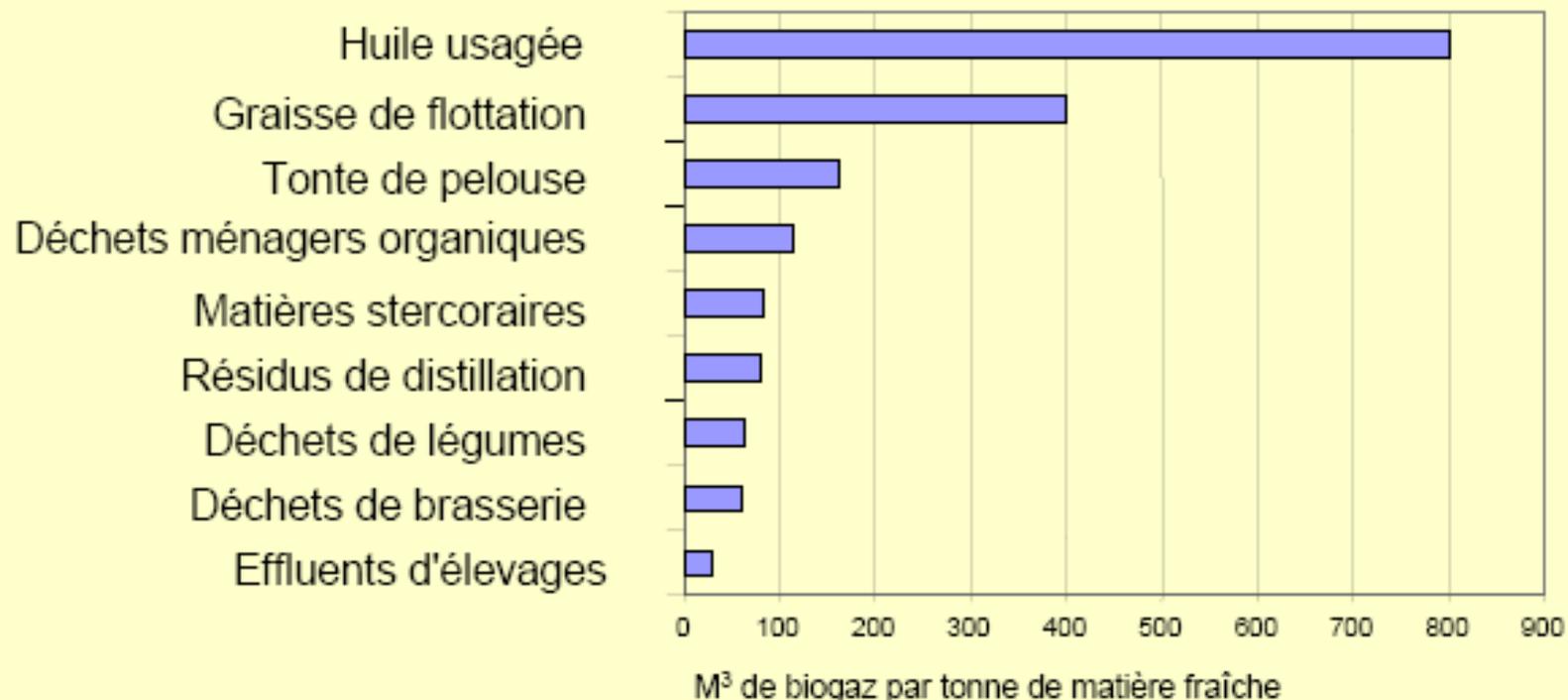


Le système est complet

[Un petit film ?](#)

[Plaquette La Méthanisation à la Ferme](#)

Les matières entrantes...



- Solution adaptée pour tous types de déchets (pâteux, liquide, solide) à l'exception des matières ligneuses (bois...)
- Attention au respect des critères biologiques (équilibre ration, indésirables, conforme épandage...)
- La co-digestion est nécessaire

Production

Centres de Stockage
des Déchets Ultimes



Stations d'épuration



Méthaniseurs
Déchets



Méthaniseurs
Biomasse /
co-produits agricoles



Industries



Exploitations
pétrolières



Traitement

Séchage
(élimination de l'eau)

Siloxanes
(et plus de 200 Composés
Organiques Volatiles)

Soufre (H₂S)

Valorisation

Moteurs biogaz

Électricité



↕ Cogénération ↕

Turbines

Chaleur
(eau chaude, vapeur...)



Enrichissement /
compression /
conditionnement

Substitution
au gaz naturel
- Biogaz carburant
- Injection réseau
gaz naturel



Méthanisation à la ferme

- En zone rurale
- Là où il n'y a pas de réseau GDF
- Installation sur une ferme ou une GAEC
 - Aire de ramassage des substrats restreinte
 - Autoconsommation du gaz produit
 - Chaleur
 - Electricité
 - Carburant

Selon une étude suisse la méthanisation du fumier d'une ferme de 100 vaches serait entièrement autonome pour toute son énergie

Tableau 1 : Seuil de déclaration en méthanisation et tailles d'élevage correspondantes selon l'espèce animale

	Seuil déclaration ICPE méthanisation	Taille d'élevage correspondant à 30 t/j *	Taille moyenne d'un élevage en France
Poulet de chair	30 t/j ou 10 950 t/an	40 110 m ²	1500 m ²
Canard à rôti		8 990 m ²	800 m ²
Vache laitière (VL)		460 UGB (≈ 350 VL) **	105 UGV (≈ 80 VL) *
Atelier porcin Naisseur-Engraisseur (NE)		500 truies NE	250 truies NE

* Taille d'élevage basée sur des m² en aviculture, sur des UGB (Unités de Gros Bovins) en ruminant et sur un nombre de truies présentes et leur suite chez les porcins

** Sur une base d'un cheptel 100 % du temps au bâtiment et hors effluents de salle de traite

Synthèse des enjeux de la petite méthanisation en élevage :

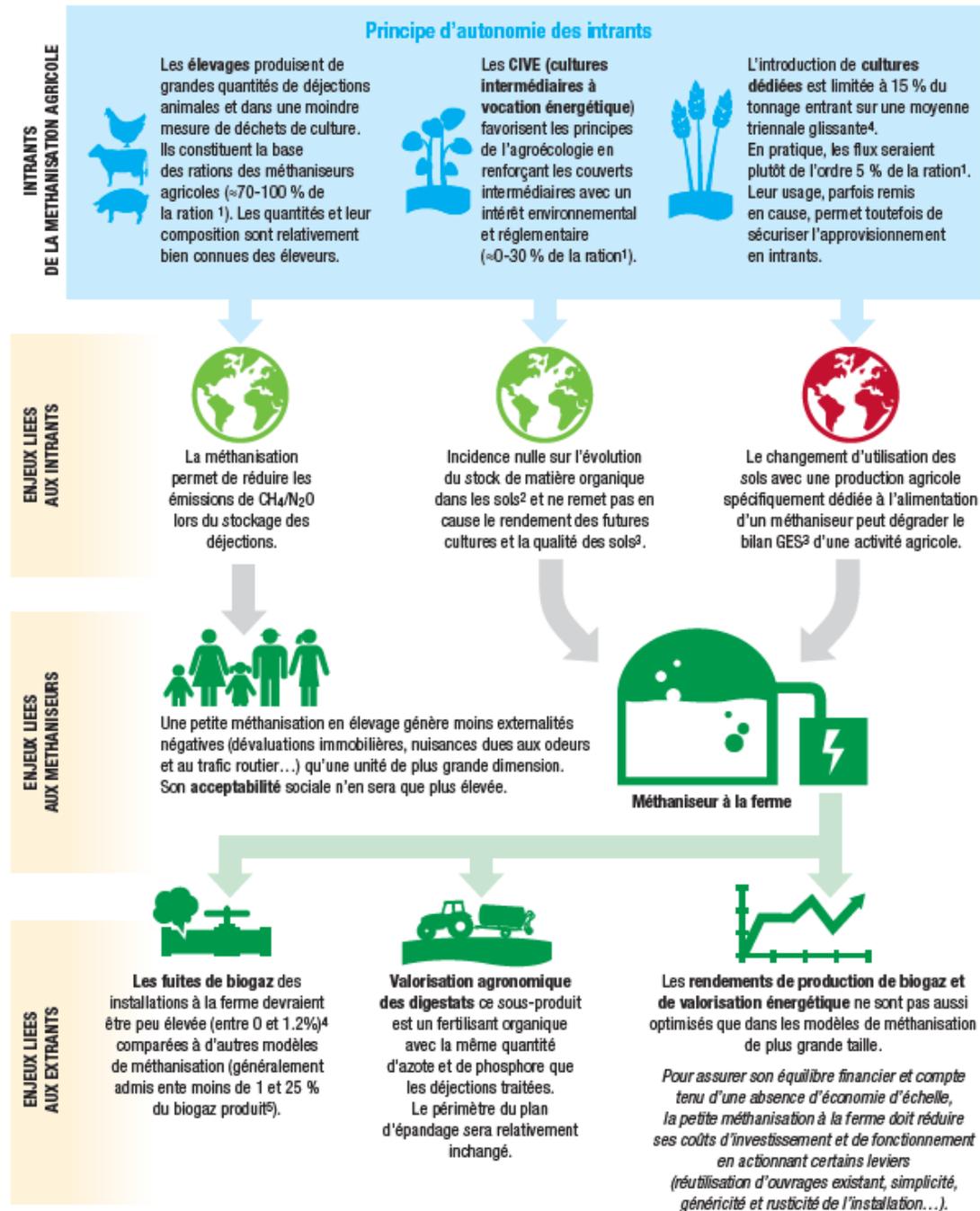


Tableau 3 : Références de production ou de consommation d'énergie dans quelques situations d'élevage et coûts des dispositifs de valorisation du biogaz principalement rencontrés sur les installations de petite méthanisation en élevage

	Références de production/ consommation d'énergie	Coûts d'investissement	Coûts de fonctionnement
Moteur de cogénération	<p>Troupeau de 100 vaches laitières logées en bâtiment toute l'année, en conduite lisier</p> <p>2600 m³ de lisier / an avec un potentiel méthanogène (BMP) de 18 m³ CH₄/t Matière Brute (MB) 46 800 m³ de méthane/an</p> <p>Energie primaire : 46 800 x 9,94 (PCI du CH₄ en kW/m³) = 465 200 kWh</p> <p>Le moteur tournera en moyenne 8 000 h / an avec un rendement électrique de 35 %, soit 20 kW électrique de puissance moyenne</p> <p>Si seuls les lisiers des vaches laitières alimentent le digesteur, il faudra donc installer un moteur d'une puissance électrique de 20 à 30 kWé environ.</p>	<p>Les références des investissements pour la conversion du biogaz en électricité (Prodige, 2019), toutes tailles de méthanisation confondues sont les suivantes :</p> <p>Minimum : 550 € / kWé</p> <p>Décile 2 (20 %) : 1 300 € / kWé</p> <p>Moyenne : 2 000 € / kWé</p> <p>Décile 8 (80 %) : 2 400 € / kWé</p> <p>Maximum : 4 600 € / kWé</p> <p>Pour une petite unité de méthanisation, le coût d'investissement d'un cogénérateur se situerait plutôt entre le Décile 8 et le maximum, soit de 2 400 € à 4 600 € / kWé.</p>	<p>Le coût de fonctionnement des moteurs de cogénérations est globalement compris entre 10 k€ (20 kWé) et 20 k€ (80 kWé) par an.</p>

	Références de production/ consommation d'énergie	Coûts d'investissement	Coûts de fonctionnement
Chaudière	<p>Elevage de 400 veaux de boucherie logés en bâtiment toute l'année et sur caillebotis intégral, soit une production annuelle de 700 veaux</p> <p>970 m³ de lisier dilué / an avec un BMP de 9 m³ CH₄/t MB soit 8 700 m³ de méthane/an</p> <p>Energie totale : 8 700 x 9,94 (PCI du CH₄ en kW/m³) = 86 500 kWh</p> <p>Le rendement d'une chaudière bi-gaz est de l'ordre de 80 %, soit 69 200 kWh disponibles pour chauffer l'eau qui servira à reconstituer la buvée des veaux</p>	<p>Le coût d'investissement d'une chaudière bi-gaz est de l'ordre de 39 à 45 k€ pour une unité de méthanisation passive sur lisier de porc (fosse de 1200 m³, source Crab)</p>	<p>Le coût de fonctionnement (contrat de maintenance) d'une installation avec chaudière est de l'ordre de 1000 € par an.</p>
Réseau d'eau chaude	<p>L'acheminement de la chaleur nécessite un réseau d'eau chaude. En aviculture, le chauffage représente environ 85 % de la consommation énergétique totale avec des besoins élevés (32 à 37°C) en début de lot (stade poussin) mais aussi sur les stades ultérieurs en raison du renouvellement d'air croissant (consommation entre 70 et 150 kWh/m²/an).</p> <p><i>Exemple : Pour le chauffage de 4 poulaillers totalisant 4400 m² (production de dinde et de poulets de chair avec 8 lots lancés à l'année), d'un logement et de l'eau sur le site d'élevage, l'économie annuelle de propane s'élève à environ 30 t/an.</i></p>	<p>41 à 45 €/ml et 150-200 €/ml respectivement sans et avec génie civil (sur la base d'un réseau de 1,7 km - Ademe, 2016)</p> <p>Coût d'un aérotherme à eau chaude compris entre 1100 et 5200 € - hors installation - pour une puissance respectivement de 12 et 86 kW (Courbatel, 2021)</p>	<p>Le coût de maintenance des aérothermes est peu élevé (car équipement et mode de fonctionnement simple)</p>
Séchage à plat	<p>Le séchage à plat peut être appliqué aussi bien sur du foin, des céréales (type maïs) que sur du "bois énergie" (type plaquette). Il peut s'agir des produits de la ferme ou extérieurs, dans le cadre d'une prestation (environ 15 à 25 €/t). Les produits sont disposés en vrac sur des caniveaux recouverts d'une grille d'où sort un air chaud.</p> <p>Ce type d'installation est parfaitement adapté à des élevages disposant d'une petite méthanisation.</p>	<p>Le coût d'aménagement des cellules (béton, caniveaux et grilles) est en moyenne de 150 €/m².</p> <p>A cet équipement de base, pourront se rajouter des éléments périphériques : couverture voire containerisation, automatisation (sonde de T° et boîtier de contrôle...), pose comprise ou non. Ces choix impacteront les coûts de façon très variable car compris entre 250 et 2950 €/m².</p>	<p>Le ventilateur est une pièce mécanique qui pourrait être amené à être remplacée (coût indicatif de 900 à 1200 €/HT).</p> <p>Le temps de chargement/déchargement du dispositif de séchage est également à considérer.</p>

Les différents fabricants

Réalisations

Nénufar-biogaz

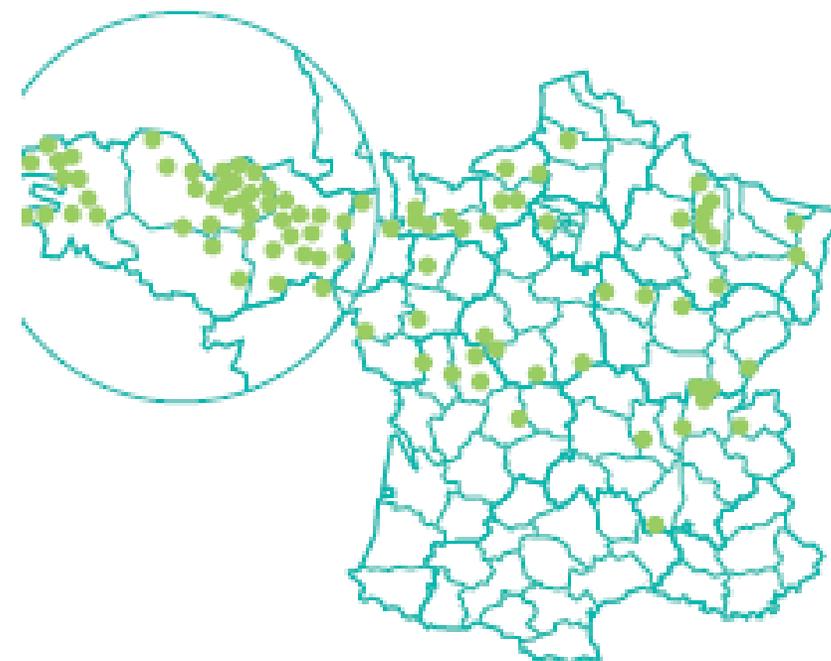
Procédé

Le procédé Nénufar consiste à couvrir une fosse à lisier avec une couverture flottante pour récupérer le biogaz naturellement émis dans l'atmosphère. Ce biogaz, après un traitement épuratoire avec un filtre à charbon actif pour éliminer l'hydrogène sulfuré, est envoyé vers une chaudière par un surpresseur où il y est brûlé pour la production d'eau chaude à destination de l'exploitation. Ce procédé de captation du biogaz n'est possible que sur les ouvrages de stockage des lisiers, il est inopérant sur fumière.

En janvier 2022, il était dénombré 113 installations en fonctionnement sur tout le territoire national, en élevage porcin et bovin (veaux de boucherie, vaches laitières) majoritairement. Une vingtaine de projets voient le jour chaque année.

De plus en plus de projets concernent la mise en place d'une couverture Nénufar en aval d'une unité de méthanisation en cogénération ou en injection, afin de capter le méthane résiduel du digestat.

Les installations Nénufar sont bien développées dans les élevages porcins et concernent, en 2022, un tiers des installations en fonctionnement.



Cartes des réalisations

Les différents fabricants

Enerpro-biogaz

Procédé

Cette entreprise propose différentes formes de méthanisation en voie solide et liquide pour s'adapter à chaque situation.

Deux dispositifs en voie solide discontinue dits "pailleux" pour la valorisation des fumiers et déchets végétaux :

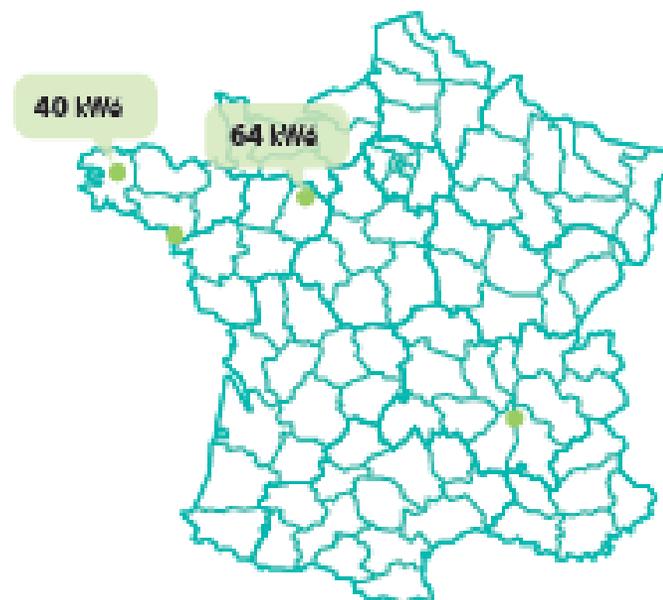
- CASIER de petite taille d'une capacité standard de 20 m³
- SILO PENTE « Ener'SILO » pour des capacités supérieures à 150 m³

Deux dispositifs en voie liquide continu dits "non pailleux" pour la valorisation des lisiers et autres effluents liquides organiques :

- COMPACT de petite taille d'une capacité standard de 20 m³
- DIGESTEUR AERIEN « Ener'KUB » pour une capacité comprise entre 50 et 100 m³

Réalisations

Enerpro Biogaz dispose actuellement de références en fonctionnement en France sur des effluents diversifiés : valorisation des fumiers en élevage de vaches laitières, épuration des eaux usées de brasserie et blanchisserie, valorisation des lisiers de veaux de boucherie pour produire de l'eau chaude pour l'alimentation des veaux, épuration du lactosérum en atelier de transformation fromagère en élevage caprin, etc.



Cartes des réalisations

Les différents fabricants

CRD / Cogéo

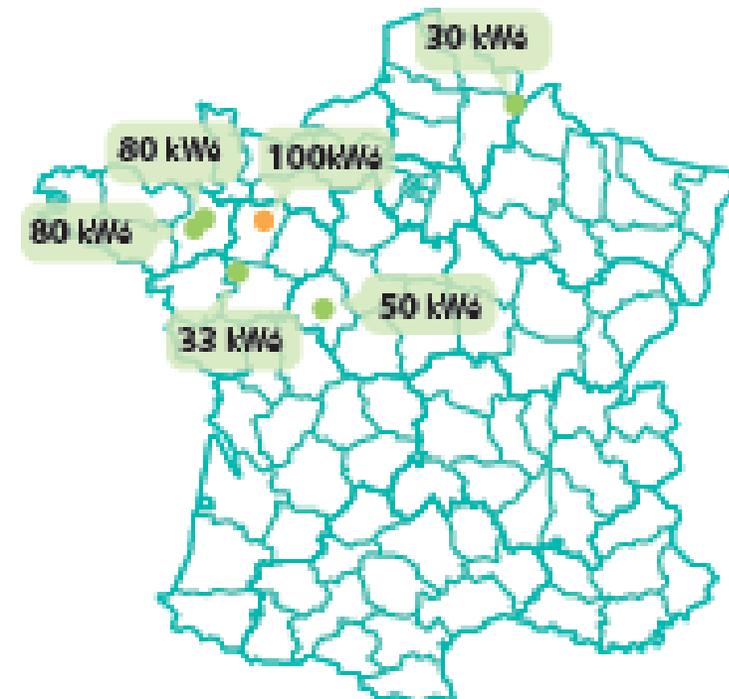
Procédé

Le procédé CRD (Concept Rolland Développement) /Cogéo est un modèle de petite méthanisation à la ferme en voie liquide continue (voir photo). Le biogaz est valorisé par un moteur de cogénération pour la production d'électricité verte et de chaleur. La puissance cible du constructeur est de 50 à 100 kWé, bien que deux installations de 150 et 210 kWé aient été construites.



Réalisations

Six installations sont en service fin 2021, 5 en France et 1 en Belgique. Deux autres installations sont en construction dans des exploitations laitières.



Cartes des réalisations

Les différents fabricants

Agri-Power

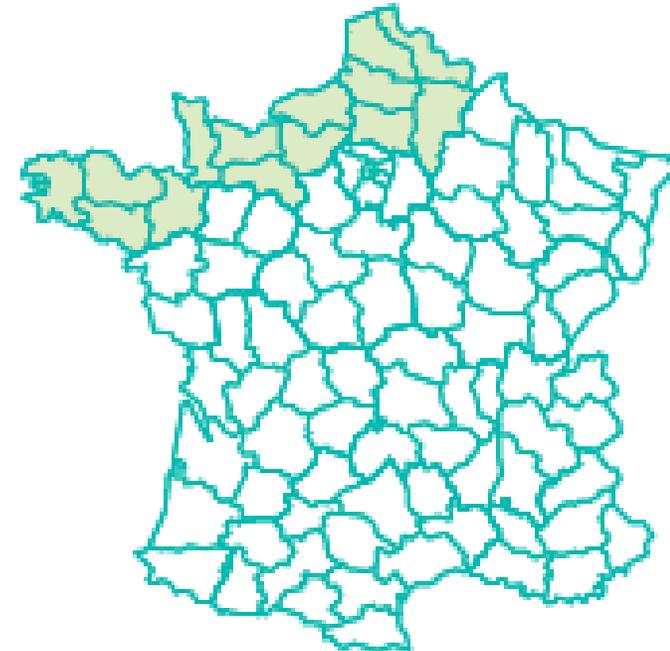
Procédé

AGRIPOWER France est une entreprise française créée en 2012. Elle a concentré son développement sur l'installation et la maintenance de solutions de méthanisation, basées sur des choix technologiques en rupture (acier inoxydable et acier vitrifié). Ce modèle cible la méthanisation individuelle à la ferme d'une puissance de 50 kWé et fonctionne uniquement en voie liquide infiniment mélangé. Ce sont des installations qui se veulent 100 % autonomes en intrants, uniquement du lisier. Il faut un minimum de 100-110 vaches laitières pour faire tourner une installation de 50 kWé. Ces dernières années AGRIPOWER France s'est également développé pour proposer des solutions de méthanisation collective avec des installations pouvant produire entre 250 kWé et 2 MWé (modèles non détaillés dans la suite de cette fiche).



Réalisations

AGRIPOWER France compte une centaine d'installations de micro-méthanisation en fonctionnement qui se trouvent essentiellement dans le Grand-Ouest : Bretagne, Normandie et Hauts-de-France



Cartes des réalisations

Les différents fabricants

Valogreen

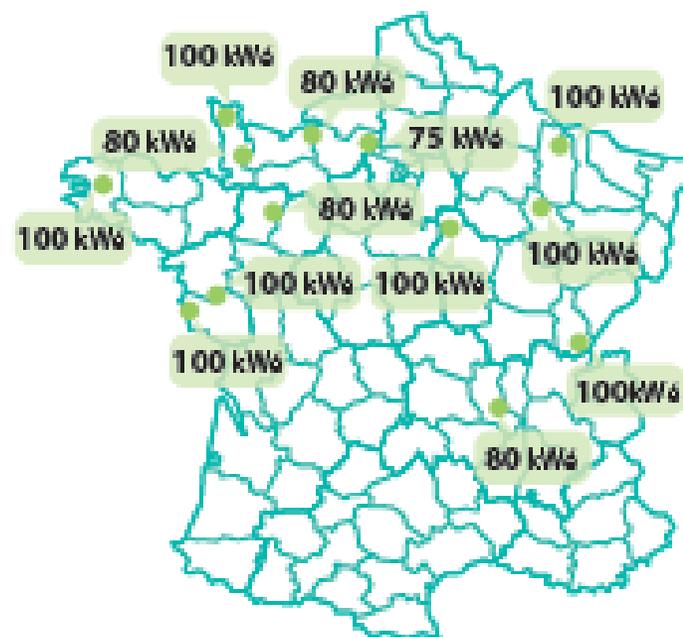
Procédé

L'offre Valogreen intègre une solution de méthanisation basée sur le principe de la micro-cogénération (50 à 100 kWé) mésoophile, avec une gestion d'intrants provenant à 100 % d'un seul site d'élevage. Le procédé est capable d'intégrer des matières solides comme des fumiers, ensilages, déchets verts (jusqu'à 40 % du total des intrants) aux liquides (lisiers, jus de fumiers, eaux...) via un pré-traitement par broyage et un mélange dans une pré-fosse d'incorporation. Le digesteur peut être en béton ou en acier (voir photo), sans éléments mécaniques à l'intérieur. Après traitement par désulfuration, le biogaz est envoyé vers un cogénérateur. Le digestat peut faire l'objet d'une séparation de phases. La fraction liquide est stockée dans une cuve dédiée et peut être renvoyée vers la pré-fosse d'incorporation. La fraction solide est stockée avant sa valorisation agronomique.



Réalisations

Valogreen est une société française indépendante disposant de plus de 10 ans d'expérience et de 30 références dont près de la moitié, 14 exactement, de micro-méthaniseurs de 75 à 100 kWé. Les projets de micro-méthanisation se sont accélérés puisque 11 d'entre eux ont été mis en œuvre entre 2018 et 2020.



Cartes des réalisations

Les différents fabricants

Evalor

Procédé

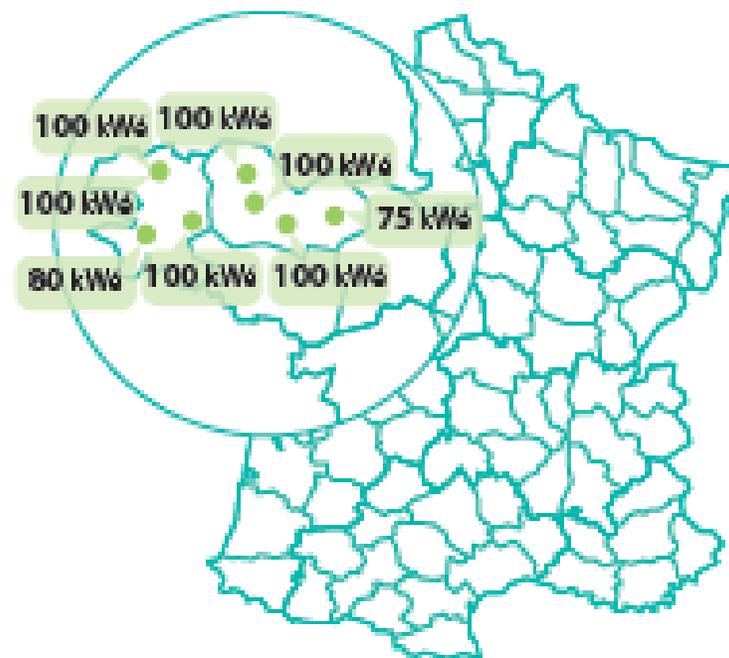
Evalor propose une solution de méthanisation en voie liquide mésophile (35 - 42°C) avec une agitation mécanique. Afin de valoriser au maximum les ressources présentes sur les exploitations agricoles, tout en restant sur une forte base de lisier, cette entreprise adapte les modes d'incorporation à façon pour i) faciliter l'alimentation du méthaniseur (trémie d'incorporation), ii) limiter l'introduction d'indésirables (fosse de prémélange de lisier) et iii) faciliter la digestion en prétraitant la matière (broyeur de fibres longues, fosse d'hydrolyse).

Le digestat est ensuite majoritairement valorisé à l'état brut par épandage. Des séparateurs de phases peuvent aussi être proposés afin de gérer plus facilement cette étape de valorisation agronomique. La phase liquide peut alors être épandue sur les parcelles les plus proches et la phase solide sur les parcelles plus éloignées ou être exportée. Le stockage de biogaz, au niveau du gazomètre, permet de réguler l'équilibre entre sa vitesse de production et d'utilisation. Différents modes de valorisation du biogaz brut prétraité sont possibles : production uniquement de chaleur (chaudière) ou production conjointe d'électricité et de chaleur par cogénération.



Réalisations

En 25 ans, cette entreprise a acquis plus de 100 références dont près de la moitié en cogénération. Sur ce panel, huit projets de micro-méthaniseurs (100 kWé ou moins) ont pu être réalisés par Evalor.



Cartes des réalisations

Les différents fabricants

BIOGAZ PlanET FRANCE

Procédé

Biogaz PlanET dispose d'un modèle de petite méthanisation de 75 à 100 kWé (voire 50 kWé). Celui-ci a, pour l'instant, été mise en œuvre avec une unité de production de biogaz en voie liquide continue avec du lisier de vache laitière. Le système, simple, procède au pompage des lisiers vers un digesteur en acier inoxydable équipé d'un système d'agitation automatisé. Le biogaz est entièrement valorisé par cogénération permettant de produire conjointement de l'électricité et de la chaleur.



Réalisations

La filiale Biogaz PlanET France dispose d'environ 140 références, dont 2 relèvent du statut de petite méthanisation (100 kWé ou moins). A l'international, le groupe comptabilise plus de 580 références.



Cartes des réalisations

Les différents fabricants

AGRIKOMP

Procédé

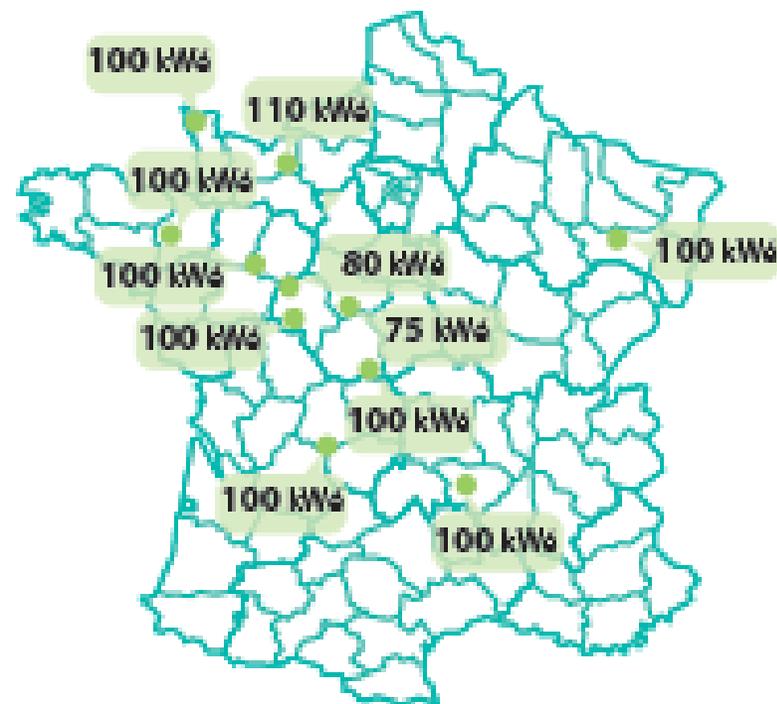
Agrikomp propose des solutions de méthanisation à la ferme aussi bien sur mesure que dans une approche standardisée, avec une distinction entre deux gammes : 55 à 80 kWé et 75 à 150 kWé. Ces solutions reposent sur un process en voie liquide infiniment mélangé et s'adressent à des éleveurs en recherche d'autonomie énergétique. Cette entreprise est en capacité de fournir des solutions d'incorporation d'intrants adaptables à leur nature (y compris des effluents type fumiers ou des substrats fibreux). Leurs digesteurs sont en béton armé (avec ou sans isolation) intégré dans un revêtement (intérieure et extérieure) en polyuréthane et équipés de systèmes d'agitation. La couverture du digesteur peut être une double membrane ou une simple membrane en EPDM souple. Le biogaz peut être entièrement valorisé par des cogénérateurs développés et fabriqués par Agrikomp. Voir aussi la vidéo de présentation :

https://www.youtube.com/watch?v=yF8GUOT3HZI&ab_channel=agriKompFrance



Réalisations

Agrikomp France dispose d'un peu moins de 200 références, dont 14 relevant du statut de micro-méthanisation à la ferme (installation de 100 kWé ou moins). A l'international, le groupe comptabilise plus de 1000 références.



Cartes des réalisations

Méthanisation avec culture dédiées

- En zone périurbaine
- A proximité du réseau de gaz
- Installations de plus grande taille
 - Zone de collecte des substrats sur des distances plus grande
 - Jusqu'à 30/50 km de l'installation
 - Augmentation des coûts

Essor en France à Avril 2008

- 4 installations en fonctionnement
- Plusieurs en montage ou finition
(SCEA Les Trois Chênes dans le Nord Pas de Calais, Biogasyll en Vendée, Méthafrance en Bretagne...)
- Une centaine de projets
(Projet TIPER dans Les Deux-Sèvres, Biogasyll en Vendée, Senoble en Lorraine ...)
- Un objectif gouvernemental de 1000 installations à l'horizon 2015

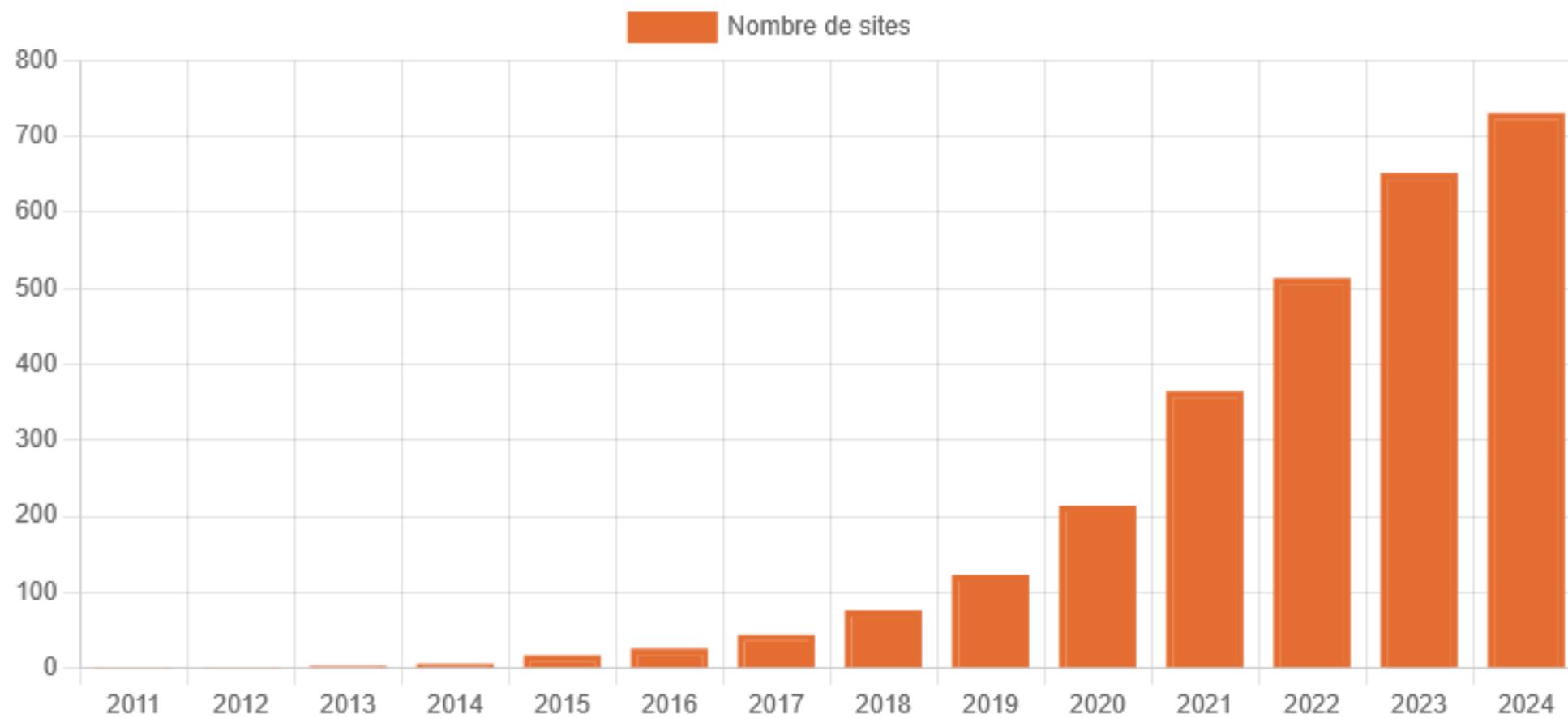
700 installations effectives en 2019

Objectif 1000 repoussé à 2020

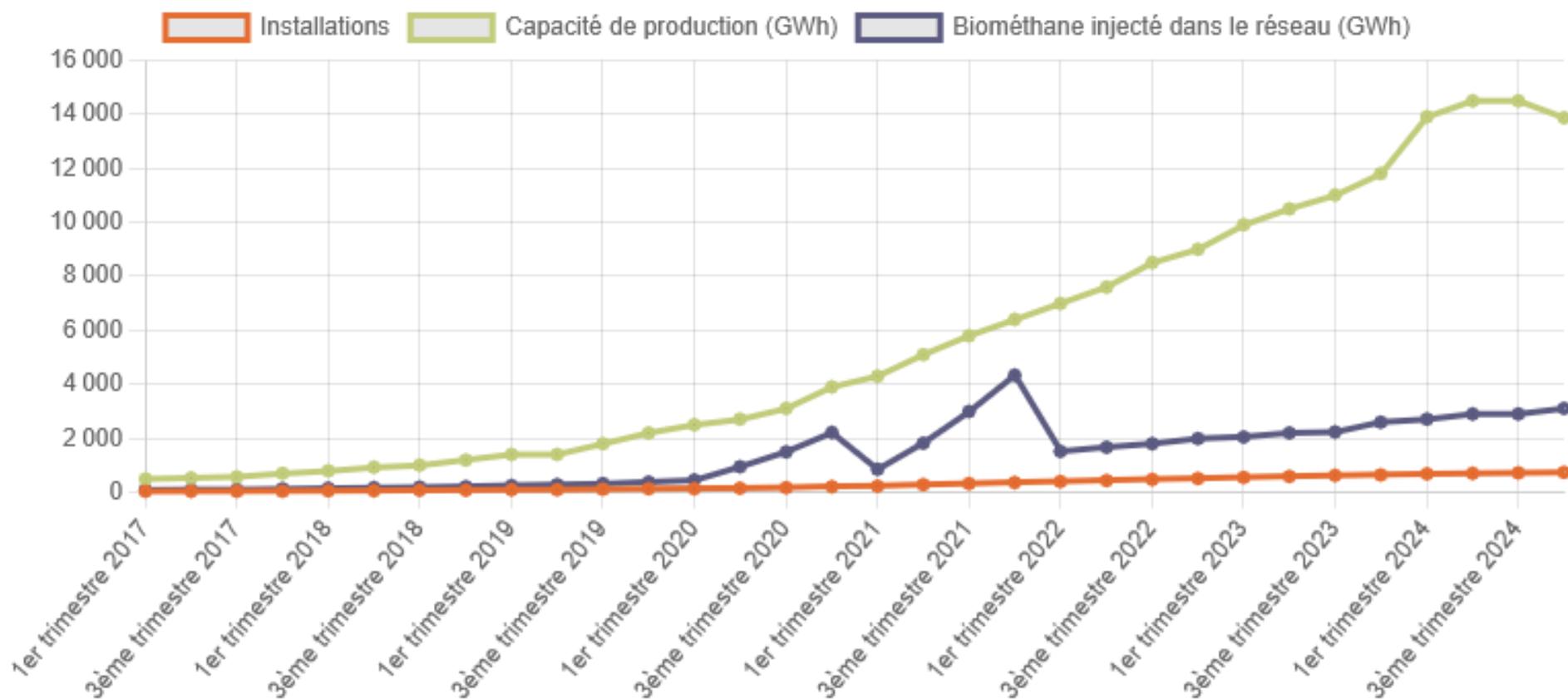
323 connectées au réseau GDF en 2022, 737 en 2024

Objectif : 20% des besoins français en gaz atteint en 2030

Évolution du nombre de sites d'injection de biométhane

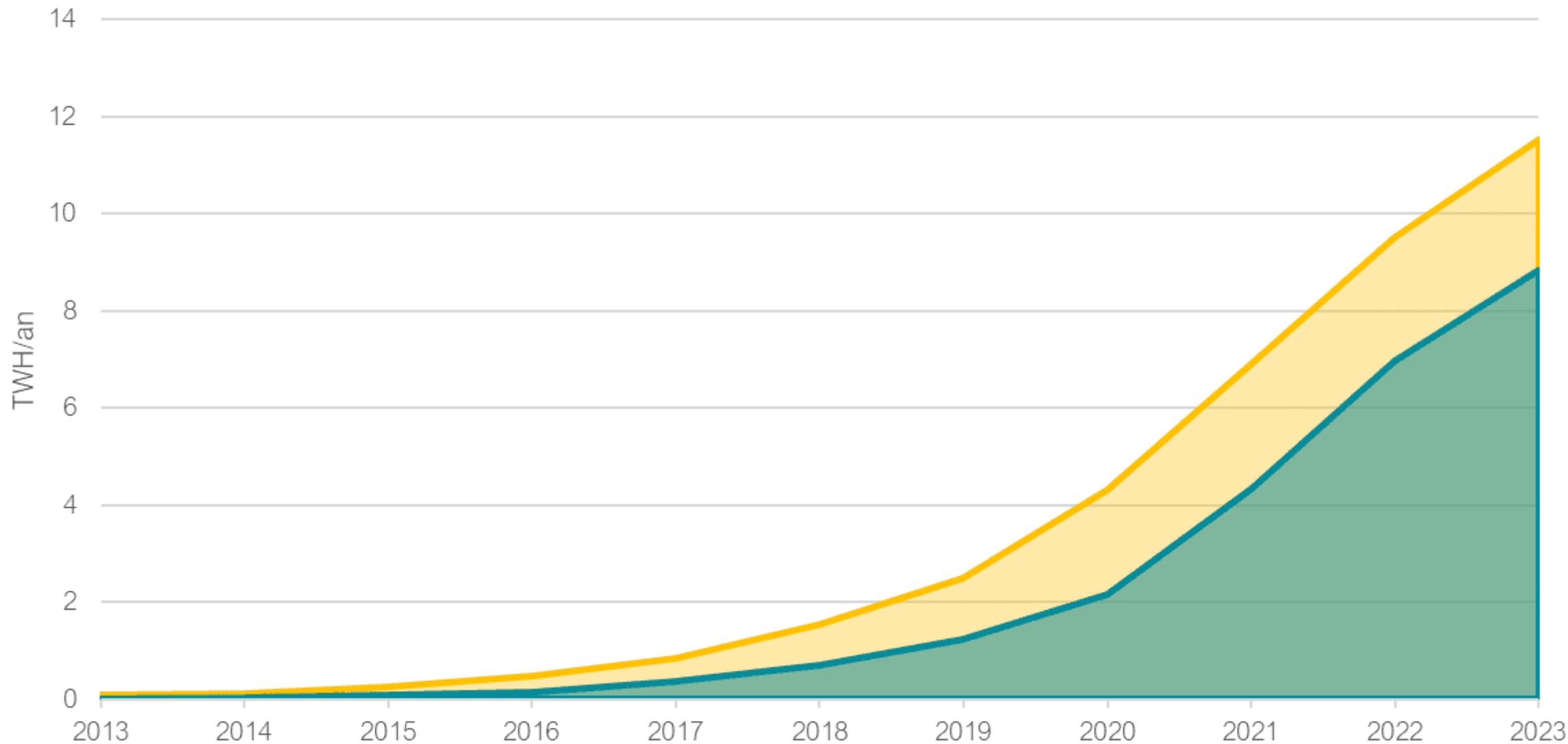


Évolution de la production de biométhane par trimestre en France



Capacité de production et production annuelle de biométhane - MAJ le 17/06/2024

■ Capacité cumulée de production annuelle installée ■ Production annuelle



Essor récent en France



Unité de Sécalia à Cérilly (21)
Ouverte en 2024 capacité 230 GWh
Substrat seigle fourrager cultivé sur 5000 ha dans un rayon de 30km
Exploité par « Nature energy » (danois)

Biobéarn (64) exploité par Total ouverte en 2023 capacité 162 GWh

Bionorrois (76) exploité par Total ouverte en 2025 capacité 153 GWh

Engie cumule 700 GWh dans des unités de plus petite taille

GRDF souhaite des unités entre 50 et 100 GWh au minimum

La taille moyenne des unités est de 19 GWh

Celles à la ferme sont <10 GWh

Biogaz

Bilan

- Fin 2023
- 7% du gaz européen est fourni par méthanisation biologique
- Mais seulement 2,4% en France

Biogaz

Bilan/perspective

- **« Le gaz issu de la méthanisation permettra t'il de couvrir la consommation de gaz naturel ?**
- Pour y parvenir, 34.000 méthaniseurs serait nécessaire.
- Pour L'Ademe arriver au scénario de neutralité carbone en 2050, la moitié de la surface agricole et un tiers de la surface des forêts seraient nécessaires pour alimenter les méthaniseurs. Selon Daniel Chateigner.
- Mais l'objectif est de 20% du gaz produit par méthanisation (soit 6000 méthaniseurs, environ 8 fois ce qui existe)
- Est-ce réaliste ?

Biogaz

Bilan/perspective

- Ce bilan ne présente que les intérêts des vendeurs de gaz
- Il ne tient aucun compte des petites installations en milieu rurale, ou l'autoconsommation est de mise
- **Dans nos régions dites « hyper rurale » cette dernière voie devrait être privilégiée**

Biogas Vast, 2008



- ✓ Biogas highway Gothenborg to Stockholm
 - 37 filling stations
 - 7500 vehicles
 - 37 GWh biomethane



✓ 2009	Target 2020
- 45 filling stations	150
- 10 000 vehicles	100 000
- 100 GWh biomethane	1 500
+100 natural gas	



19 stations opérationnelles en France fin 2018

Biogas Vast :Winner of American Environment blue sky award

FordonsGas Sverige AB, 1st biofuel to receive Svanen award (2009)

Merci de votre attention

Sources : aspects scientifiques *H.G. SCHLEGEL : General Microbiology, Cambridge University press*

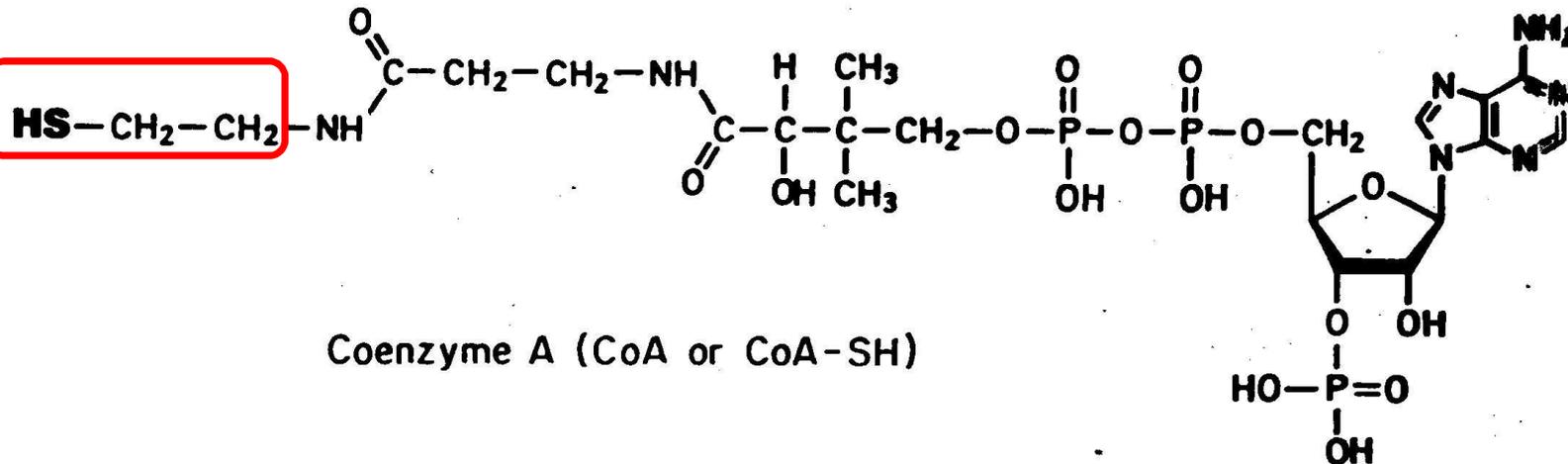
La petite méthanisation, Pascal Levasseur, Vincent Blazy, François Gervais IFIP 2022

Méthanogénèse

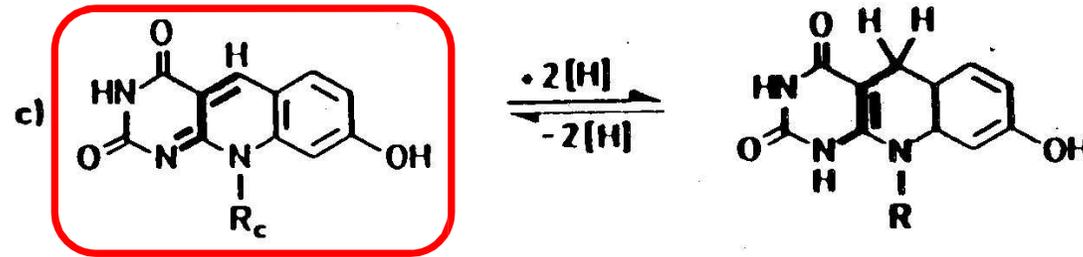
Coenzyme M et methylcoenzymeM



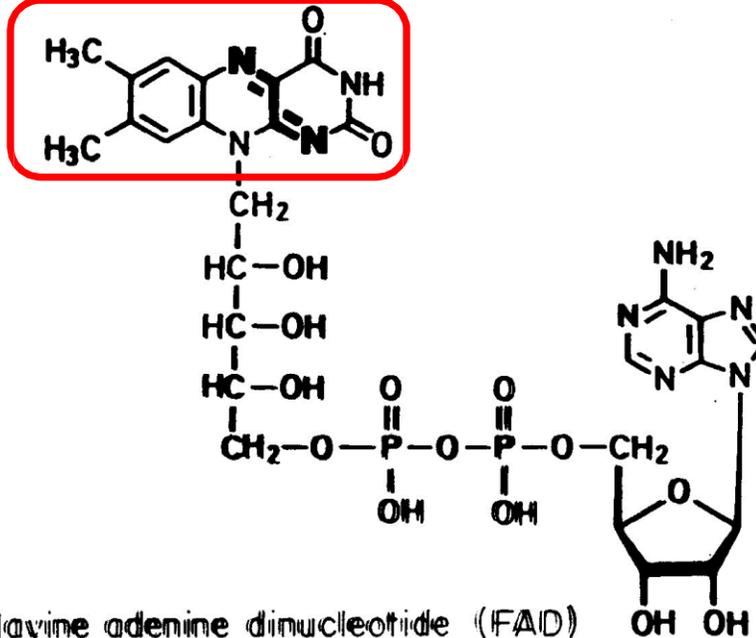
Analogie avec le CoenzymeA



Méthanogénèse Facteur F420



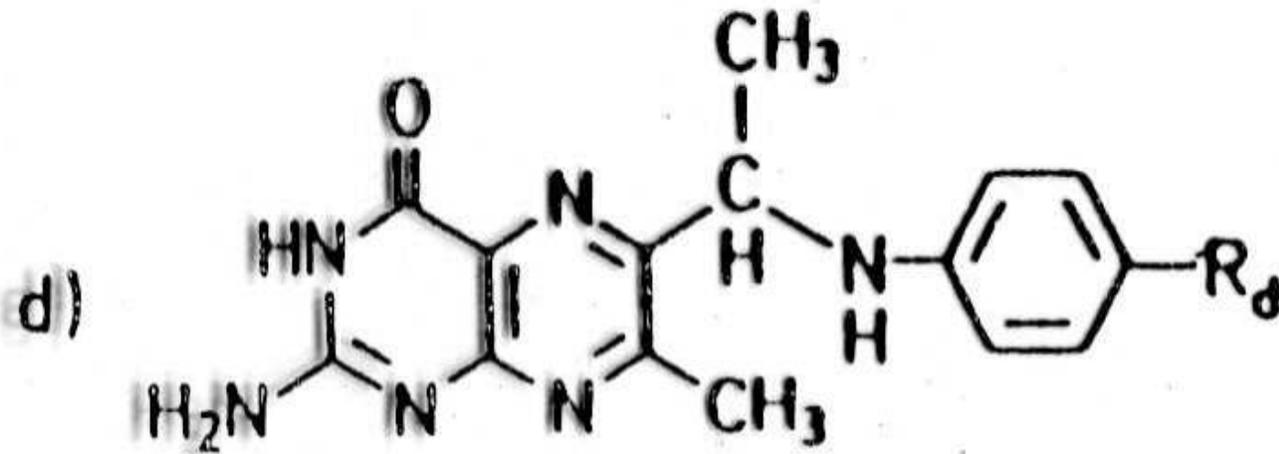
Analogie avec le FAD



Flavine adenine dinucleotide (FAD)

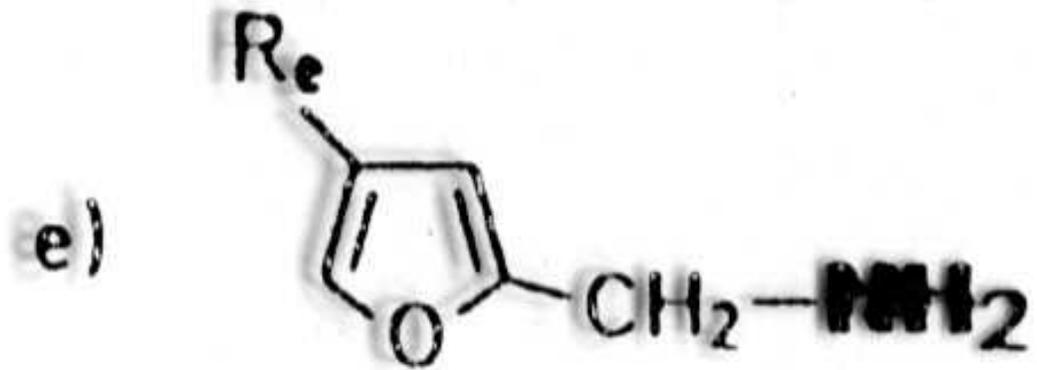
Méthanogénèse

Methanopterine



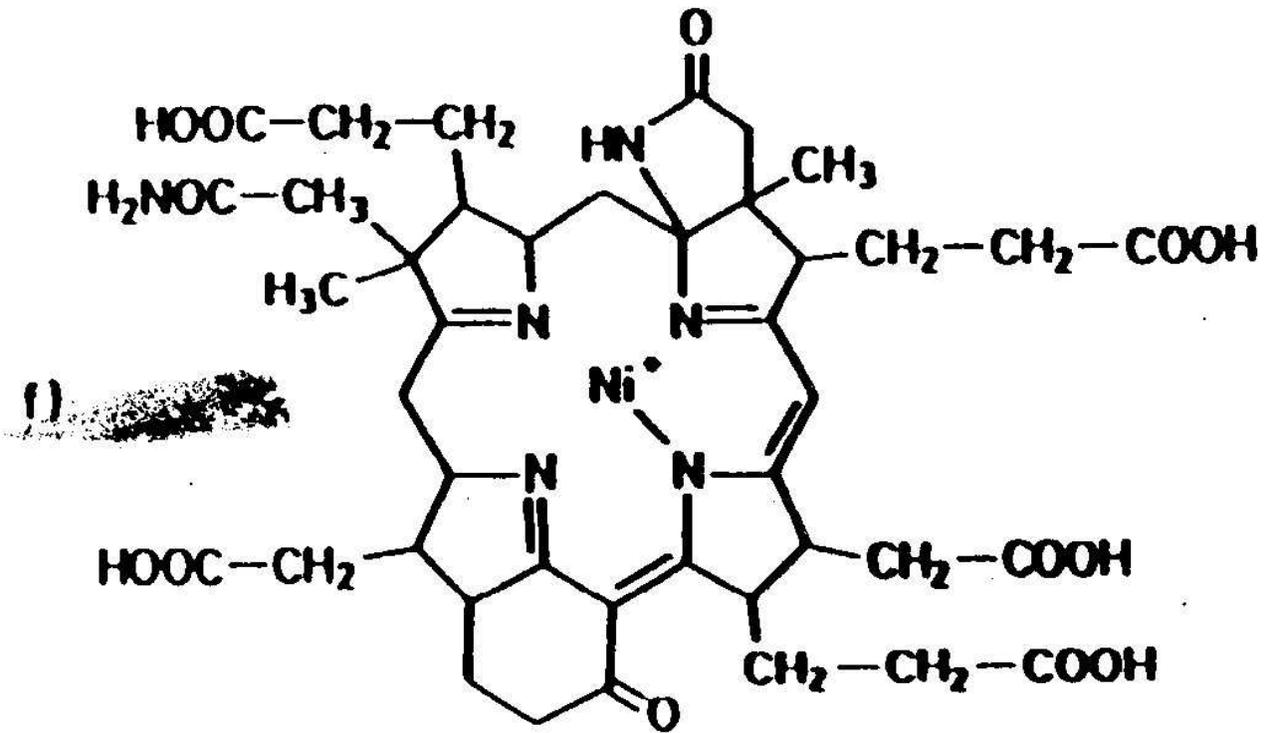
Méthanogénèse

Methanofurane



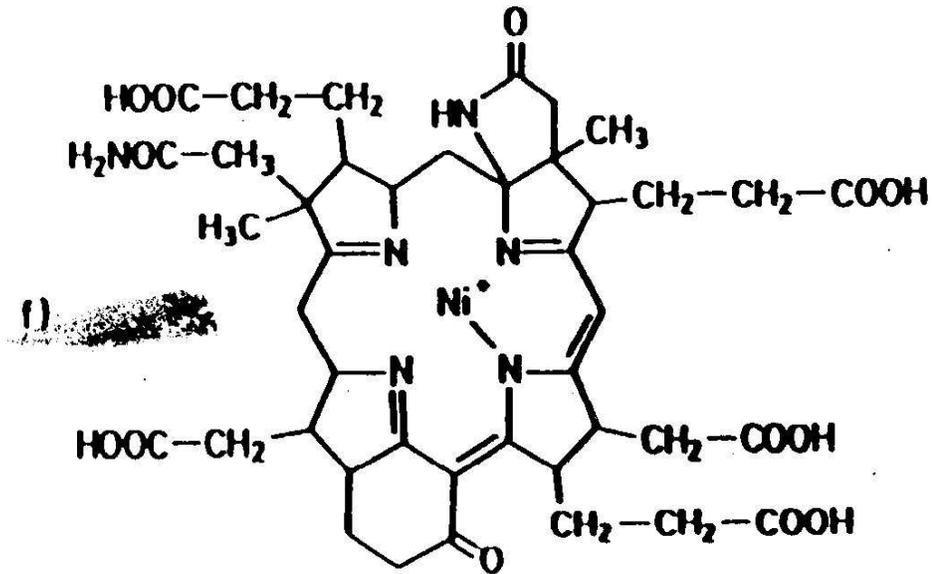
Méthanogénèse

Facteur F430



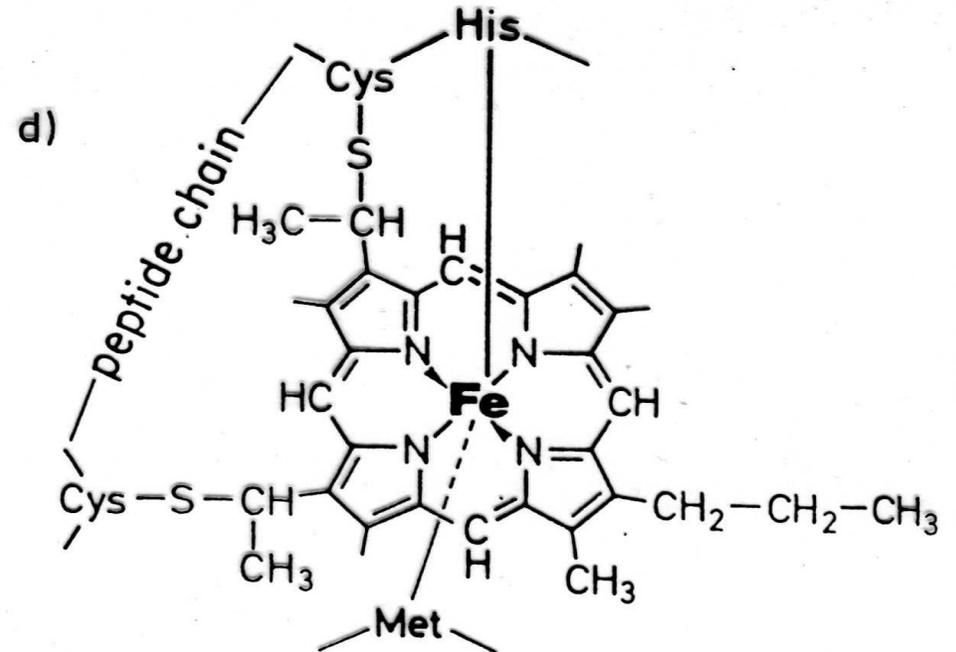
Méthanogénèse

Facteur F430/Cytochrome C



F430

Cytochrome C



Méthanogénèse Chaîne respiratoire

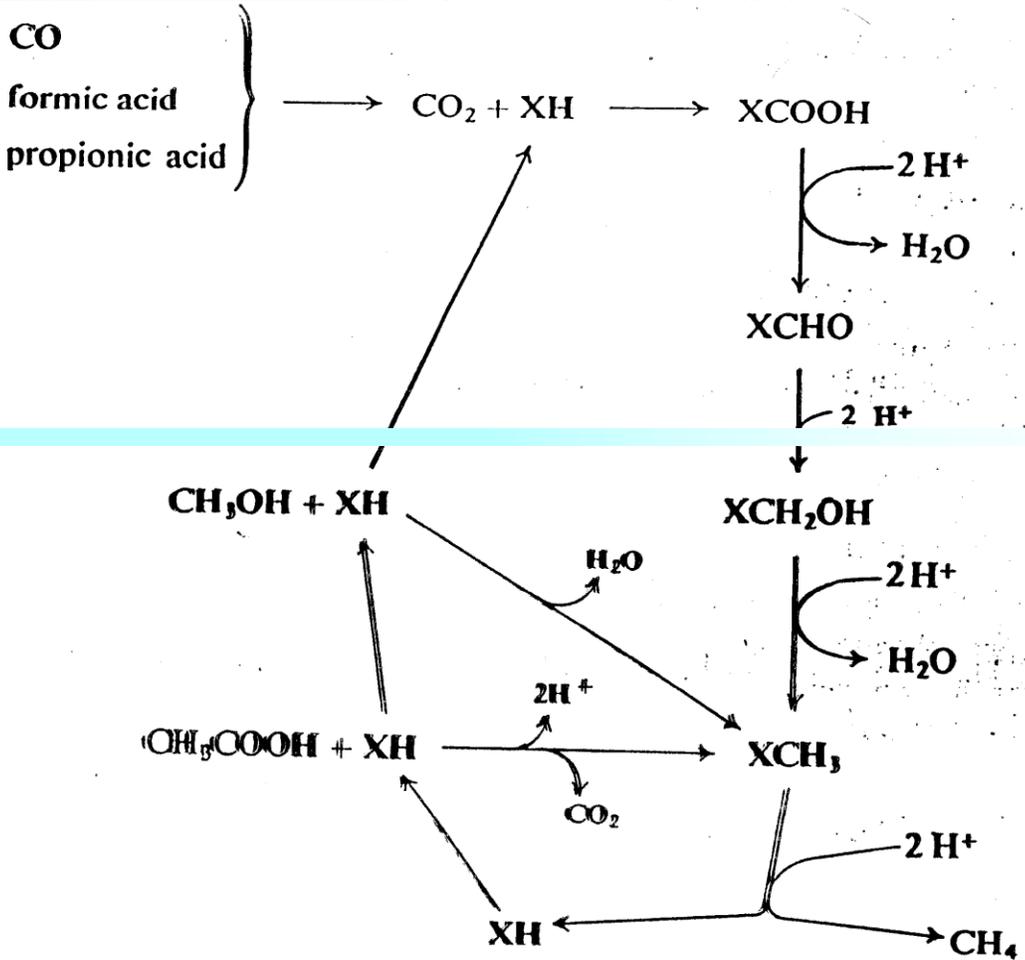
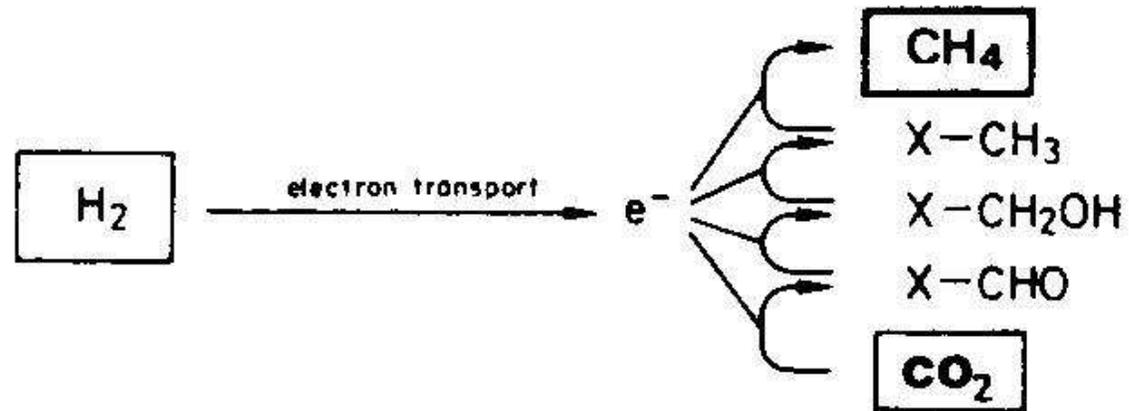
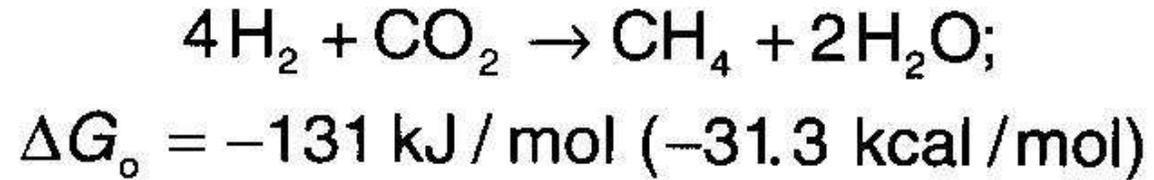


Fig. 4.19. The formation of methane by the methane bacteria (17) (reprinted with permission of John Wiley and Sons).

Méthanogènes respiration carbonate



Les souches produisent leur ATP par cette voie métabolique

Méthanogénèse

Cas de *Methanobacterium omelianski*

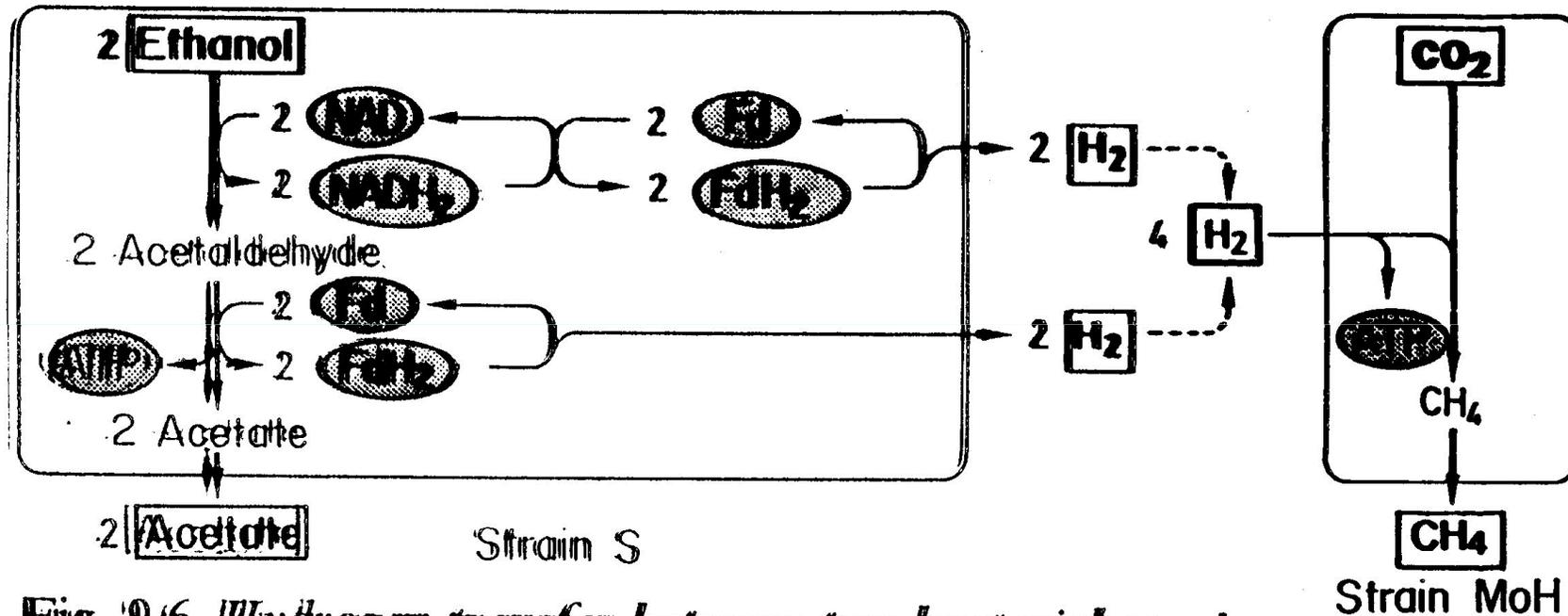


Fig. 9.6 *Hydrogen transfer between two bacterial species.*

This is shown in the example of the components of a *Methanobacterium omelianskii* culture. The culture of this bacterium was regarded as a pure culture for 30 years, and only

in 1967 was it separated into a strain MoH (methanobacterium-oxidising hydrogen) and the accompanying bacterium S.

Méthanogénèse

Substrat HCOOH (formate)



Methanobacterium formicum

Méthanogénèse

Substrat propionique et butyrique

Methanobacterium propionicum



Methanobacillus suboxydans

