

## "Le rôle de la méthanisation agricole dans les transitions"



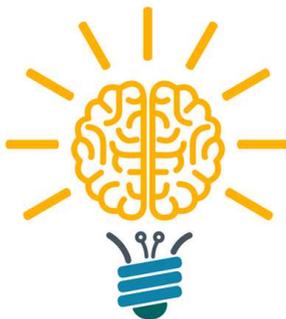
Laure VIEUBLE GONOD (APT)



## "Le rôle de la méthanisation agricole dans les transitions"

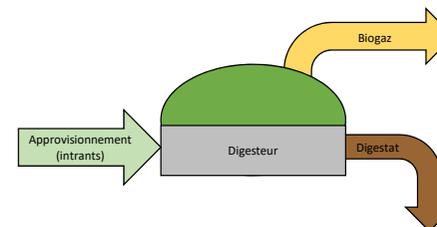
1. La méthanisation, qu'est-ce que c'est ?
2. Quels intrants pour la méthanisation ?
3. Fonctionnement d'un méthaniseur et principales technologies
4. Valorisation du biogaz
5. Valorisation des digestats
6. Enjeux sociétaux de la méthanisation
7. Evolution et positionnement de la filière en France et en Europe
8. Effets environnementaux de la filière méthanisation
9. Méthanisation et acceptation sociale
10. Au final... Méthanisation : Filière d'avenir ou danger environnemental et sanitaire ?
11. Evaluation du module

### 1. La méthanisation, qu'est-ce que c'est ?



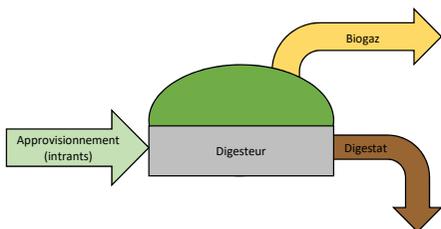
### La méthanisation, qu'est-ce que c'est ?

- ↳ Processus biologique de dégradation de la MO en anaérobiose
- Naturel : marais, rizières, tourbières, appareil digestif des animaux (ruminants...)...
- Mis en œuvre volontairement dans des installations dédiées



## La méthanisation, qu'est-ce que c'est ?

- ↳ Processus biologique de dégradation de la MO en anaérobiose
- Naturel : marais, rizières, tourbières, appareil digestif des animaux (ruminants...)
- Mis en œuvre volontairement dans des installations dédiées



### ↳ Focus sur la méthanisation agricole

## Objectifs de l'UC

### ↳ Objectif général

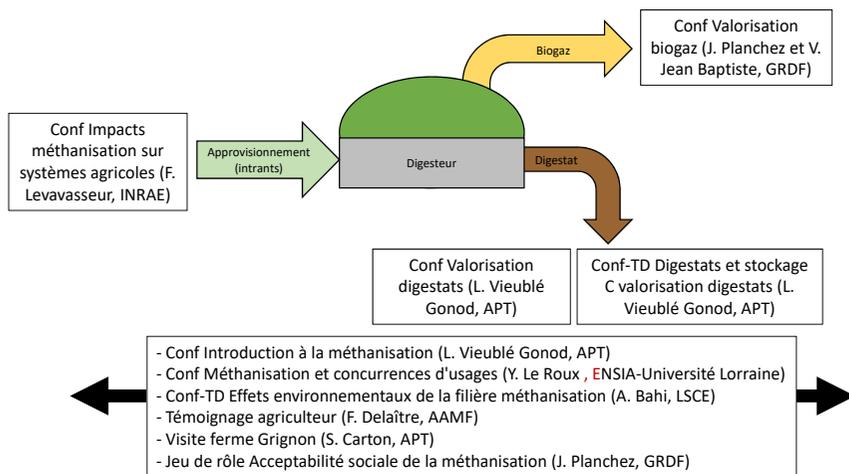
Donner une vision globale de la filière de méthanisation agricole, des intrants jusqu'à la production et la valorisation du biogaz et du digestat, en lien avec différents grands défis sociétaux actuels et futurs (sécurité alimentaire, lutte contre le changement climatique, gestion durable des ressources, développement des énergies renouvelables).

### ↳ Objectifs spécifiques

- Expliquer les principes fondamentaux du fonctionnement d'un méthaniseur dans son contexte territorial
- Analyser les enjeux et les impacts positifs et négatifs de la méthanisation pour développer une vision systémique, en considérant les aspects techniques, réglementaires, économiques, environnementaux et sociaux
- Comprendre le rôle de la méthanisation dans le cadre des transitions énergétiques, agro-écologiques et alimentaires



## Emploi du temps



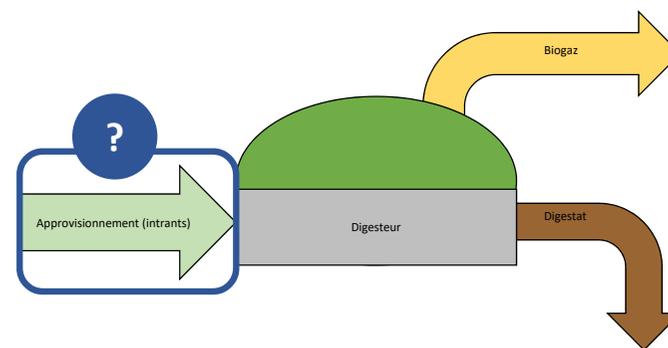
### ↳ Formes pédagogiques :

- Conférences, TD, visite, jeu de rôle
- Evaluation : quiz individuel, travail de groupe, restitution sous forme de poster

### ↳ Intervenants :

APT, GRDF, INRAE, ENSAIA-Univ. Lorraine, AAMF

## 2. Quels intrants pour la méthanisation ?



## Quels intrants pour la méthanisation ?

### Déchets agricoles



Effluents d'élevage  
(fumier, lisier)



Résidus de cultures, cult  
principales, CIVE...



Déchets verts



Boues de STEP

### Déchets urbains (collectivités, ménages...)



Biodéchets ménagers,  
restauration collective, MGS...

### Déchets industriels



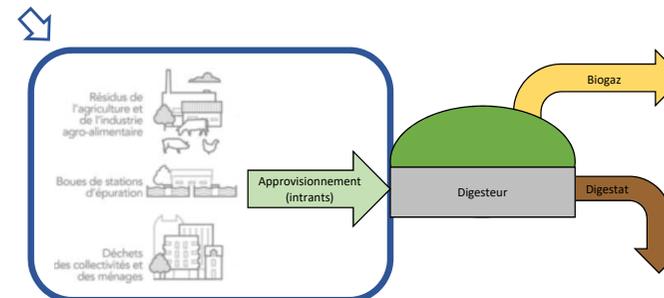
IAA : Fruits, légumes,  
déchets abattoirs...

Autres que IAA : eaux  
de lavage de procédés  
industriels, boues  
industrielles...

- ↪ Une diversité d'intrants pour la méthanisation
- ↪ Mélanges d'intrants possibles

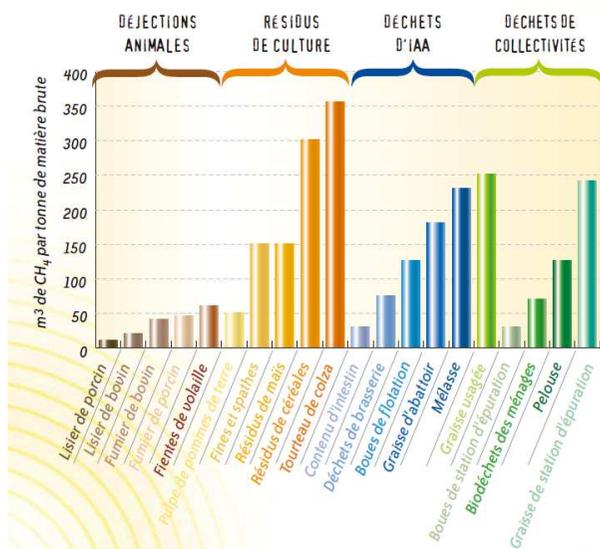
## Quels intrants pour la méthanisation ?

Pouvoir méthanogène : capacité d'une matière à produire du biogaz ( $m^3 CH_4/t MB$ )



## Quels intrants pour la méthanisation ?

### Potentiel méthanogène des intrants



ADEME, Aile, Solagro, Trame

## Quels intrants pour la méthanisation ?

### Potentiel méthanogène des intrants

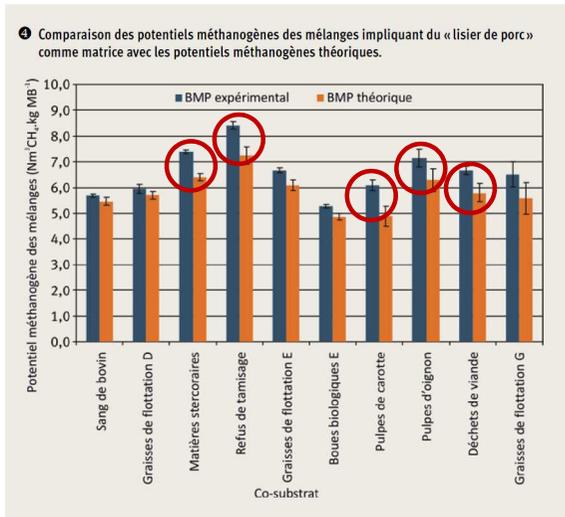
Pouvoir méthanogène = f(composition chimique des intrants : C, taux de MG, Teau...)

Estimation du potentiel méthanogène

<https://projet-methanisation.grdf.fr/tester-mon-potentiel/evaluer-la-faisabilite-de-mon-projet/estimez-votre-potentiel-de-production-de-biomethane>

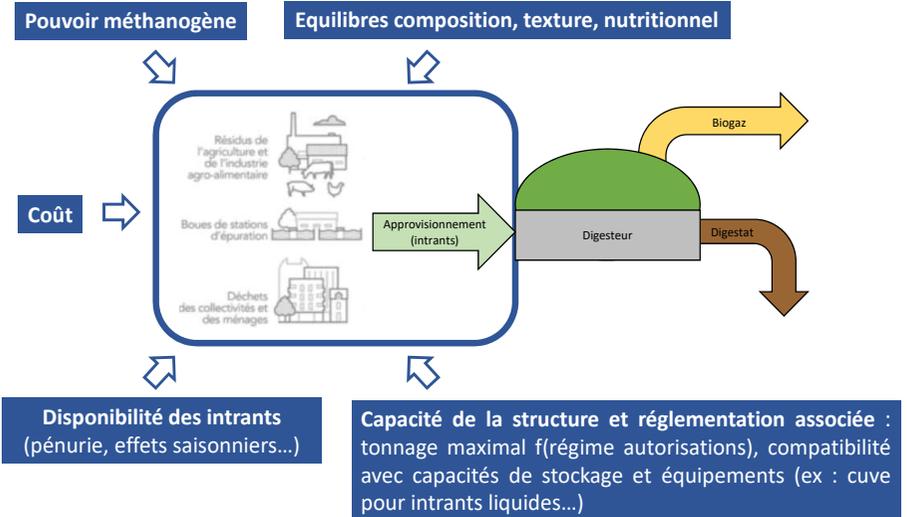
## Quels intrants pour la méthanisation ?

### Potentiel méthanogène des intrants



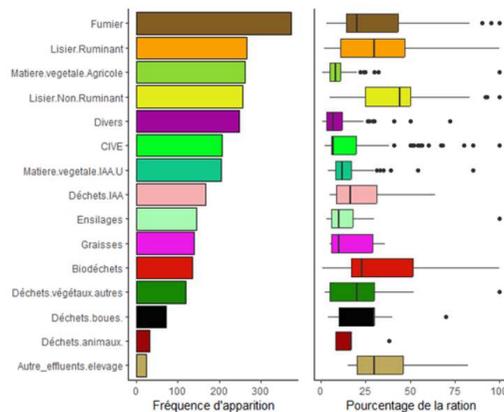
Sciences Eaux & Territoires n°12 – 2013 Caractéristiques des substrats et interactions dans les filières de co-digestion : cas particulier des co-substrats d'origine agro-industrielle

## Quels intrants pour la méthanisation ?



## Quels intrants pour la méthanisation ?

Fréquence d'apparition et % des intrants dans la ration des méthaniseurs dont sont issus les digestats référencés dans la BDD Ferti-Dig

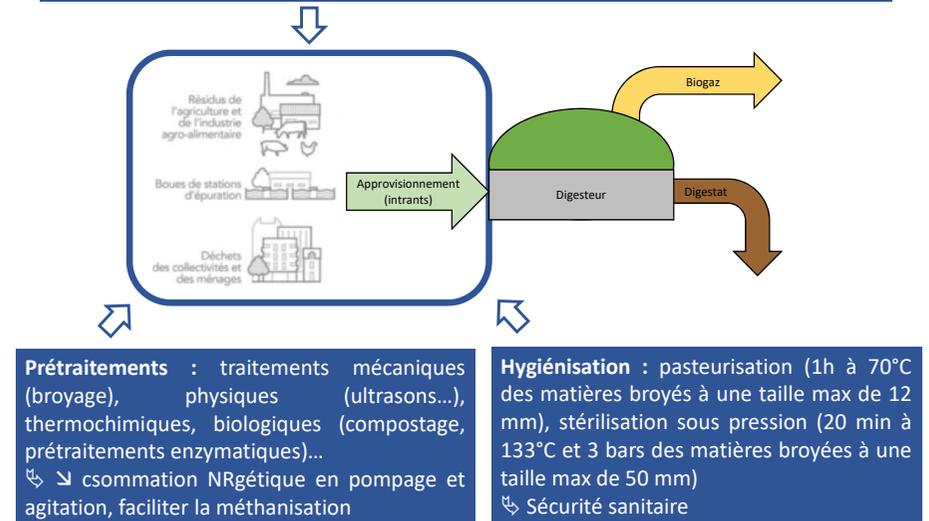


- ↳ Intrants majoritaires : effluents d'élevage (fumier, lisiers de ruminant et de non ruminant)
- ↳ Matières végétales intra-exploitation fréquemment utilisées comme co-substrats, mais en quantités plus faibles (moins de 25 % de la ration)
- ↳ CIVE et intrants IAA fréquemment utilisés mais à des rations très variables

Projet Ferti-Dig

## Quels intrants pour la méthanisation ?

**Stockage** : ensilage, stockages couverts, réfrigérés..., ↘ durée de stockage  
↳ Limiter dégradation de MO et émissions de GES, limiter perte pouvoir méthanogène



## Quels intrants pour la méthanisation ?

### Injection des substrats dans le méthaniseur

#### ➤ Substrats liquides : pompage



Fosse stockage

#### ➤ Substrats solides : trémie et vis sans fin, piston, mélangés aux substrats liquides et pompés...



Trémie d'incorporation

Source : la méthanisation à la ferme (2006)

## Quels intrants pour la méthanisation ?

### Typologie des méthanisations en fonction du type d'intrant principal

#### ➤ Méthanisation agricole :

- Individuelle ou autonome : projet porté par un ou plusieurs exploitants agricoles ou par une structure détenue majoritairement par un ou plusieurs exploitants agricoles, méthanise plus de 90% de matières agricoles issues de la ou des exploitation(s) agricole(s)

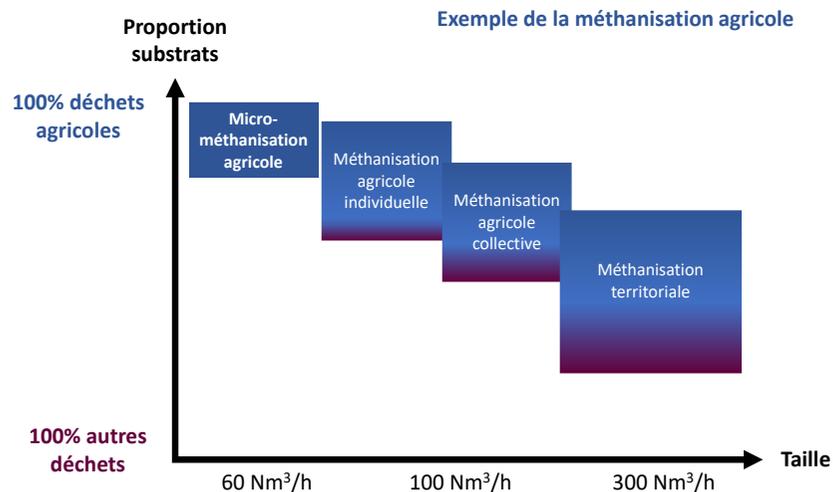
- **Territoriale** : projet porté par un agriculteur, un collectif d'agriculteurs ou par une structure détenue majoritairement par un ou plusieurs exploitants agricoles, méthanise plus de 50% (en masse) de matières issues de la ou des exploitation(s) agricole(s), intégrant des déchets du territoire (industrie, STEP, autres)

➤ **Méthanisation industrielle** : projet porté par un développeur de projet ou par un ou plusieurs industriels → déchets du territoire (industriels, agricoles, boues STEP)

➤ **Installations spécialisées** / nature des intrants (territoriales ou non) : boues STEP, installations stockage déchets, déchets ménagers et biodéchets

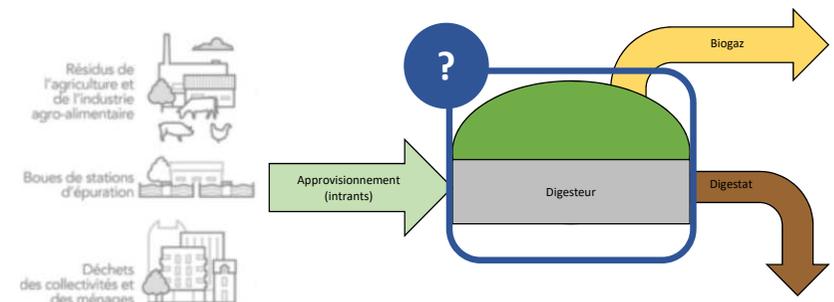
## Quels intrants pour la méthanisation ?

...avec des impacts sur la taille des unités, la production de biogaz et la gouvernance



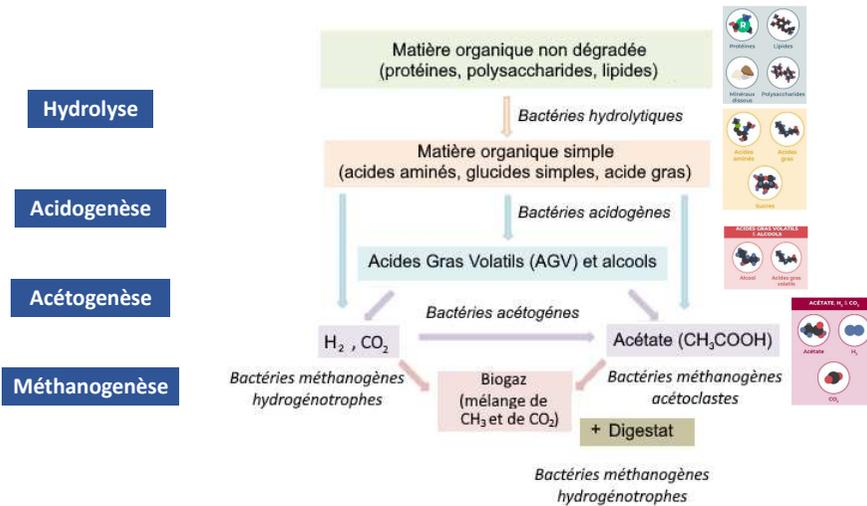
Guide-Biodechets-methanisation (2021)

## 3. Fonctionnement d'un méthaniseur et principales technologies



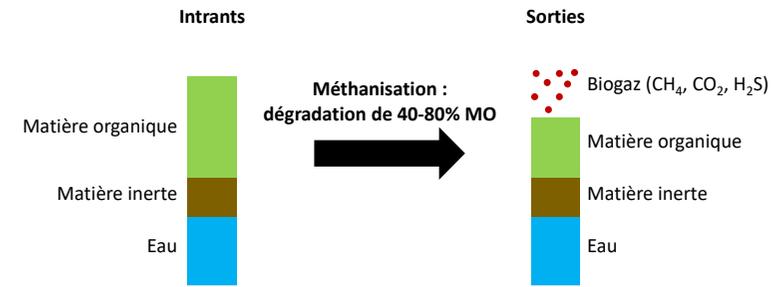
## Fonctionnement d'un méthaniseur

### Réactions biologiques au sein du méthaniseur



## Fonctionnement d'un méthaniseur

Principe : Rien ne se perd, tout se transforme !!!



## Principales technologies de méthanisation

### Différents types de procédés

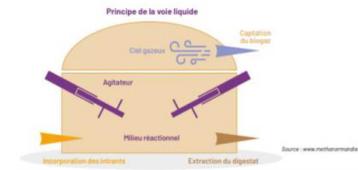
f(nature des déchets à traiter, objectifs de traitement et de production de biogaz, critères économiques)

Critères	Procédés	Commentaires
Teneur en MS du mélange introduit	- Digestion sèche - <b>Digestion humide</b>	- Déchets solides ou pâteux 20-40% MS - Mélanges liquides ou produits solides après liquéfaction et/ou dilution <20% MS
Mode d'alimentation	- <b>Continu</b> - Discontinu (batch)	- Alimentation régulière du digesteur - Remplissage et extraction du substrat par charges

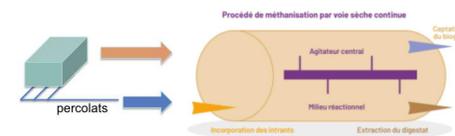
## Principales technologies de méthanisation

Différentes voies de méthanisation en fonction des caractéristiques des intrants (taux de MS)

**Méthanisation par voie liquide - infiniment mélangé (MS < 20%)** : processus continu, technologie la plus répandue



**Méthanisation par voie solide ou sèche (MS > 20%)** : processus continu ou discontinu



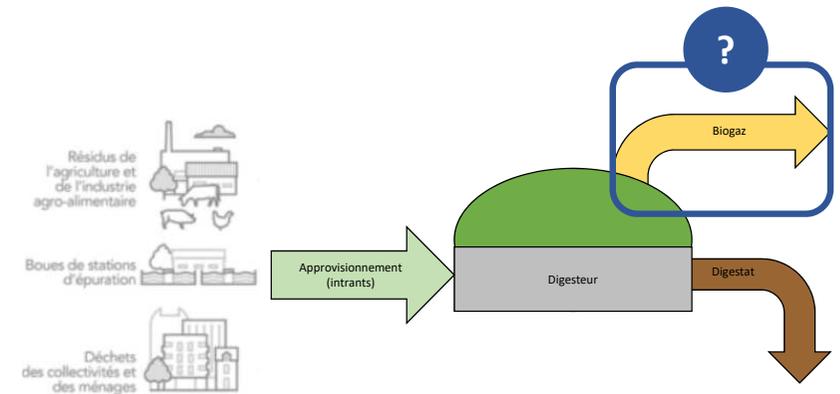
## Principales technologies de méthanisation

Critères	Procédés	Commentaires
Température	- Méthanisation psychrophile (5-25°C) - <b>Méthanisation mésophile (30-40°C)</b> - Méthanisation thermophile (50-65°C)	Impact sur vitesses réaction, hygiénisation

↳ Procédé le plus commun : en voie humide, continu et mésophile

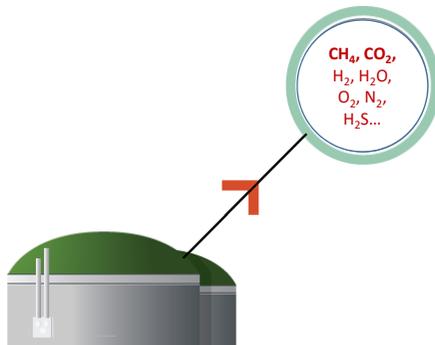
↳ Temps de séjour dans digesteur dépend du type d'intrants : 64 jours à 240 jours (médiane 100 jours) pour la méthanisation en voie humide de type fumier/lisier de ruminant, et de 40 jours à 160 jours (médiane 68 jours) pour la méthanisation en voie humide de type lisier de non ruminant.

## 4. Valorisation du biogaz



## Valorisation du biogaz

### Composition du biogaz



## Valorisation du biogaz

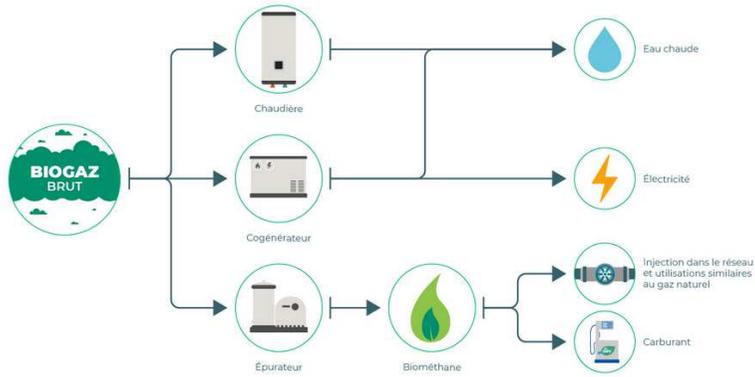
### Composition typique de biogaz brut séché (Moletta, 2015)

Type d'unités	Agricole	STEP	ISDND	Effluents ind.	Ordures ménagères
CH <sub>4</sub> (%)	50-60	60-70	35-65	60-80	64
CO <sub>2</sub> (%)	40-50	30-40	15-50	20-40	35
N <sub>2</sub> (%)	?	0-0.2	5-40	0	1
O <sub>2</sub> (%)	0	0	0-5	0	0
H <sub>2</sub> S (%)	0-0.001	0-0.4	0-0.003	0-2	?
Autres (%)	0-0.01	0-0.01	0-0.01	0-0.01	0-0.01

↳ varie selon les matières méthanisées et le procédé employé

## Valorisation du biogaz

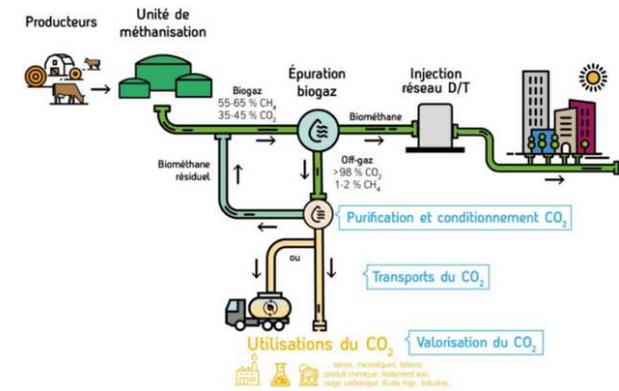
### Des débouchés énergétiques variés



<https://www.infometha.org/effets-energetiques>

## Valorisation du biogaz

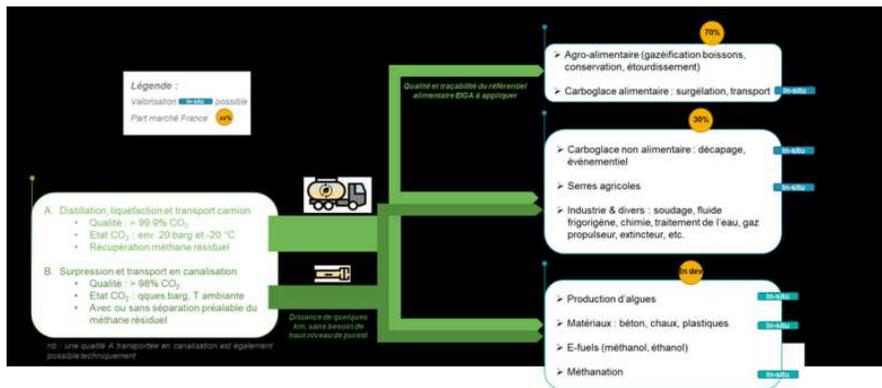
### Valorisation du CO<sub>2</sub> biogénique issu de la méthanisation



<https://projet-methanisation.grdf.fr/sinformer-et-se-former/valorisation-du-co2-biogenique>

## Valorisation du biogaz

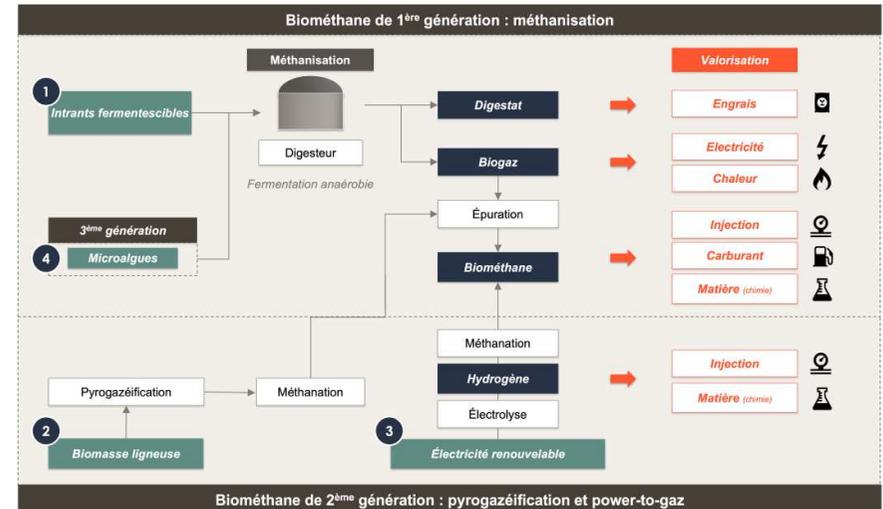
### Valorisation du CO<sub>2</sub> biogénique issu de la méthanisation



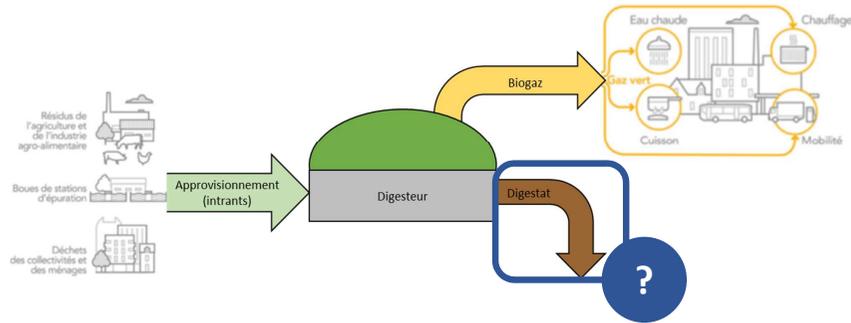
<https://projet-methanisation.grdf.fr/sinformer-et-se-former/valorisation-du-co2-biogenique>

## Valorisation du biogaz

### Production de biométhane (gaz verts, gaz d'origine renouvelable)

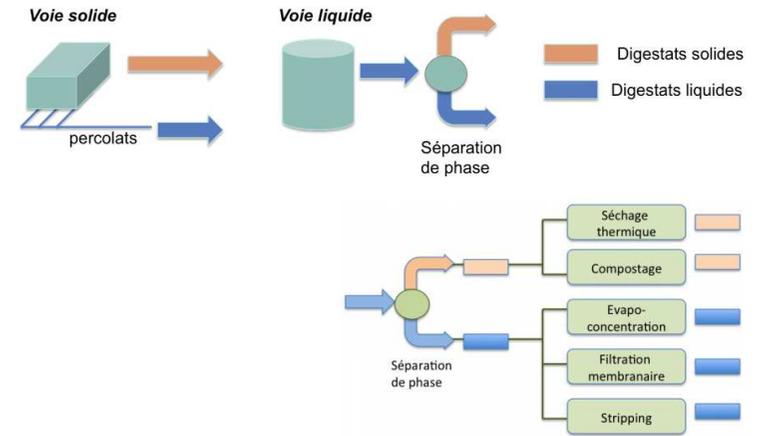


## 5. Valorisation des digestats



## Valorisation des digestats

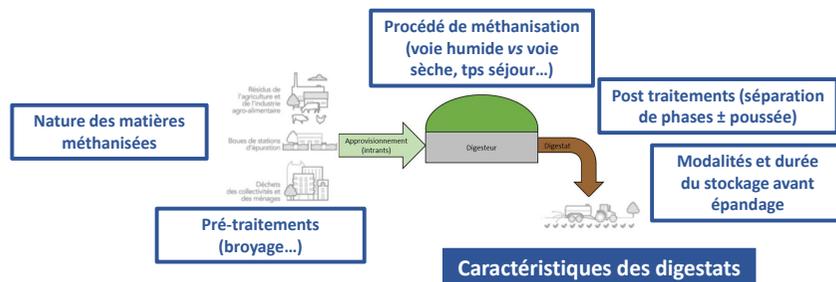
### Post-traitements des digestats



<https://www.infometha.org/effets-agronomiques/digestat>

## Valorisation des digestats

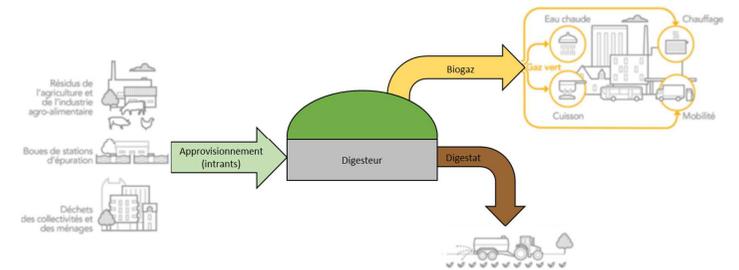
### Caractéristiques des digestats avant épandage



**Pas UN mais DES digestats !**



## Valorisation des digestats



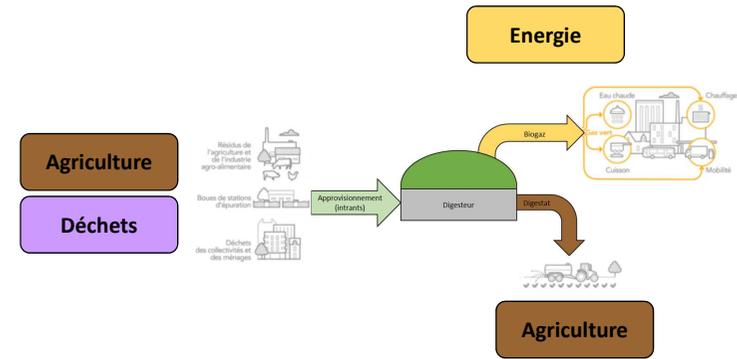
**Agriculture**

- Effets agronomiques
- Innocuité

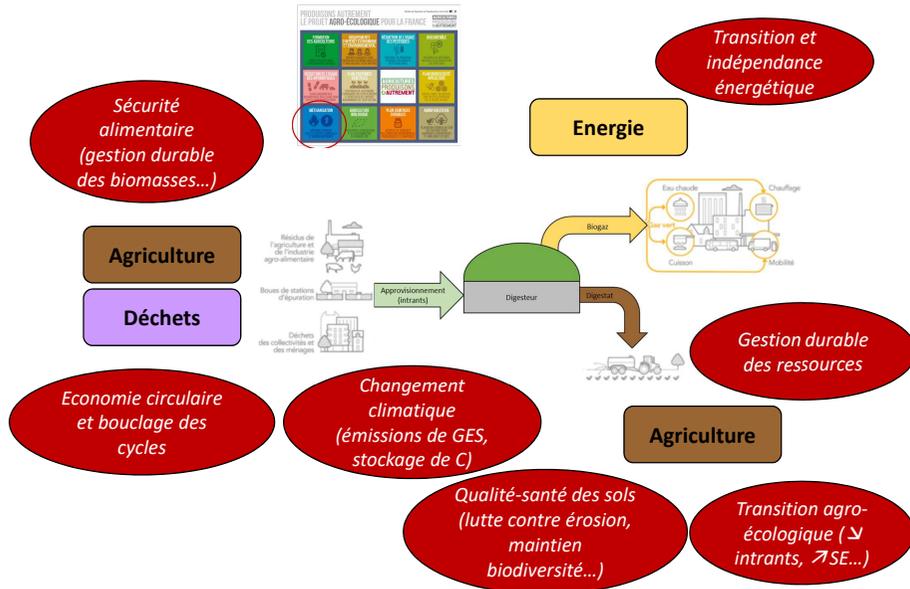
Biostimulants, extractions d'autres molécules d'intérêts...

## 6. Enjeux sociétaux de la méthanisation

## Enjeux sociétaux de la méthanisation

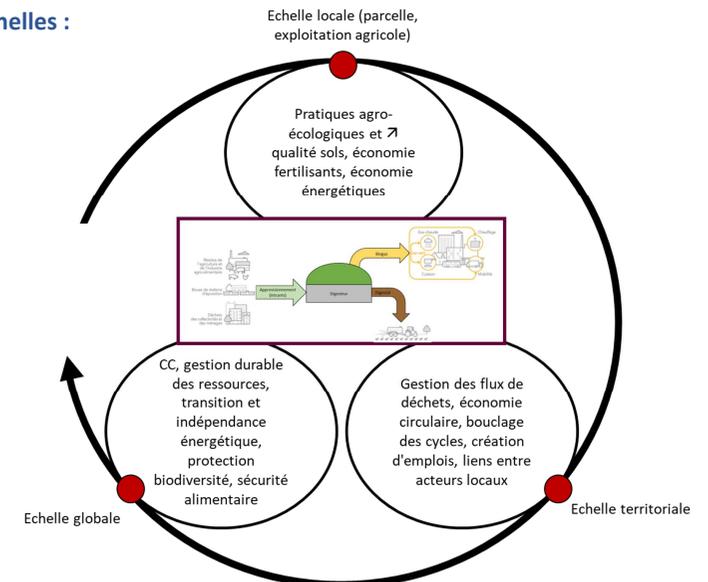


## Enjeux sociétaux de la méthanisation



## Enjeux sociétaux de la méthanisation

A ≠ échelles :



## 7. Evolution et positionnement de la filière en France et en Europe

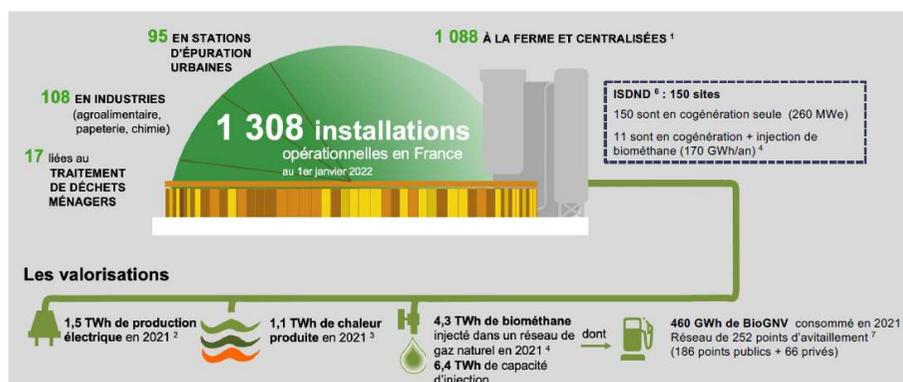
## Evolution et positionnement de la filière en France et en Europe

### Un peu d'histoire...

- Biogaz utilisé au X<sup>ème</sup> siècle avant JC pour chauffer les bassins en Assyrie (Lusk, 1998)
- ...
- Début XX<sup>ème</sup> siècle : développement méthanisation en Europe
- 1940 : développement méthanisation en France, principalement sur exploitations agricoles
- 1970-1980 : essor méthanisation en France (développement installations et notamment pour traiter boues de STEP, recherche)
- Déclin du à la politique énergétique française pendant une 20<sup>taine</sup> d'année avant de revenir sur le devant de la scène dans les années 2000

Beline et al, Sciences Eaux & Territoires n°12 – 2013

### La méthanisation en France (1.01.2022)

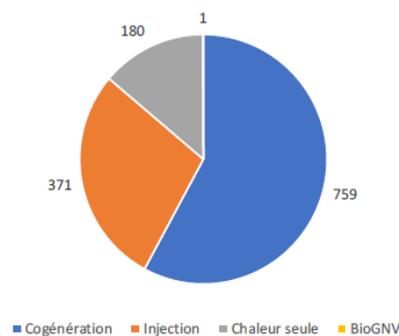


Chiffres clés du parc d'unités de méthanisation (2022)

### La méthanisation en France (1.01.2022)

#### Valorisation du biogaz - Répartition des unités par type de valorisation

1308 installations au total



<sup>1</sup> 1 site à la ferme, 1 site centralisé et 1 site déchets ménagers ont une valorisation mixte (cogénération + injection)

Chiffres clés du parc d'unités de méthanisation (2022)



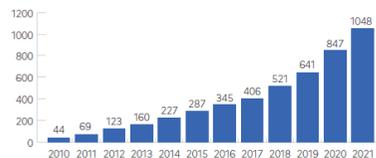
■ Chaudière  
■ Cogénération  
■ Injection  
■ Cogénération + injection  
■ Carburant  
■ Non précisé

Chiffres clés ADEME 2023

## Etat des lieux de la méthanisation en France aujourd'hui

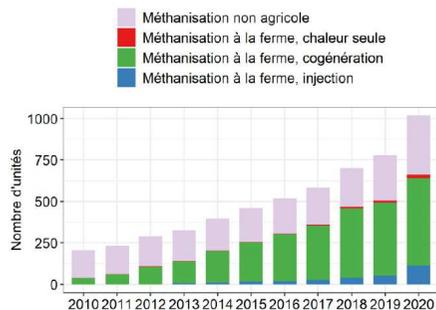
### Evolution du nombre de centres de méthanisation agricoles ou centralisées

Nombre de centres de méthanisation agricole ou centralisée



Sources: ADEME, Chiffres-clés du parc d'unités de méthanisation en France au 1<sup>er</sup> janvier 2022

Chiffres clés ADEME 2023



Sinoe (2021)

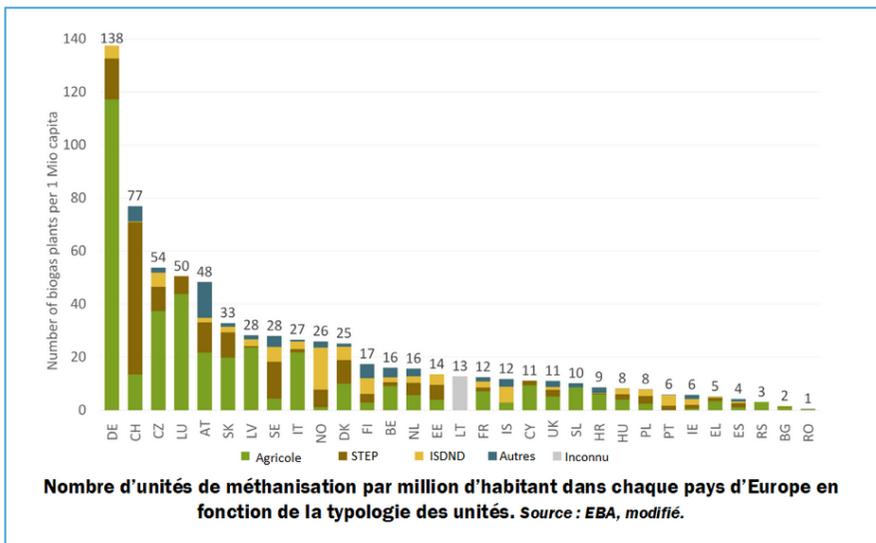
## Etat des lieux de la méthanisation en Europe

Nombre de sites de méthanisation (en milliers) par pays en Europe (2019)



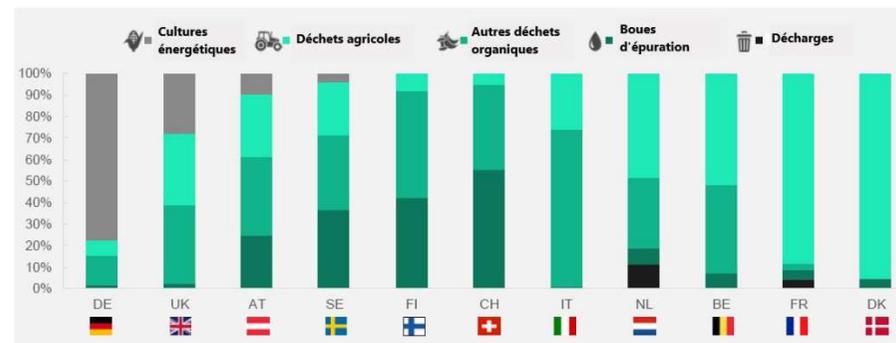
EBA, Biométhane et climat : font-ils bon ménage ? (carbone 4)

## Etat des lieux de la méthanisation en Europe



<https://www.infometha.org/effets-socio-economiques/etat-des-lieux-de-la-methanisation-en-europe>

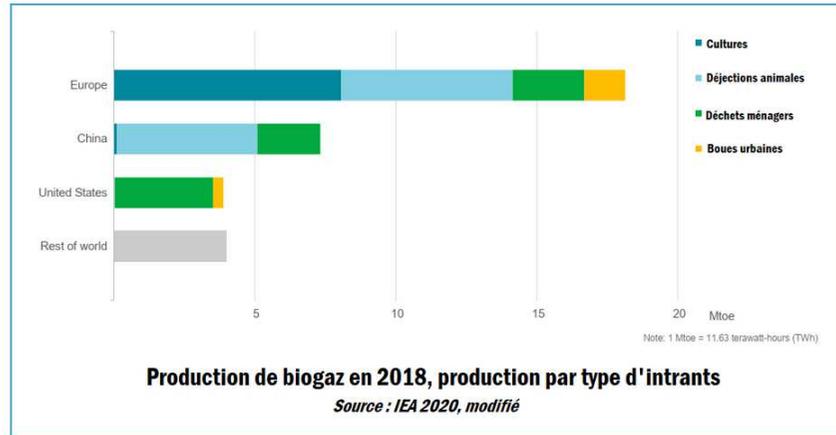
## Part des différentes ressources utilisées par différents pays pour la méthanisation



(SIA Partners, <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/fort-potential-du-biomethane-131798/>)

## Etat des lieux de la méthanisation en Europe

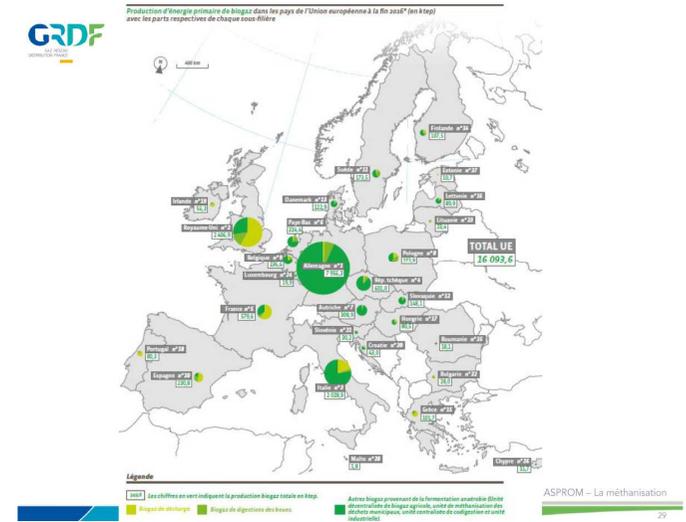
### Production de biogaz dans l'Union Européenne



<https://www.infometha.org/effets-socio-economiques/etat-des-lieux-de-la-methanisation-en-europe>

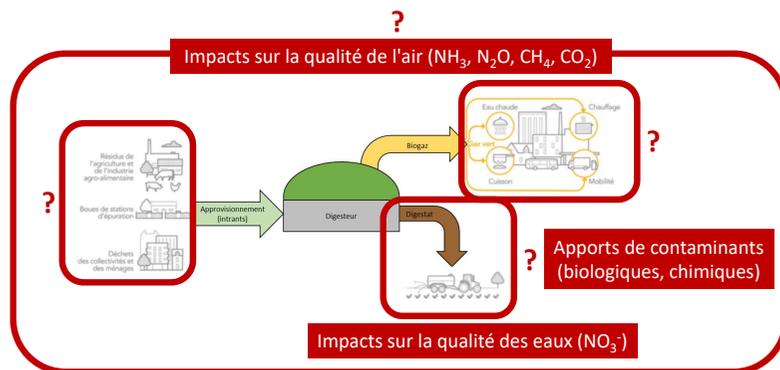
## Etat des lieux de la méthanisation en Europe

### Production de biogaz dans l'Union Européenne



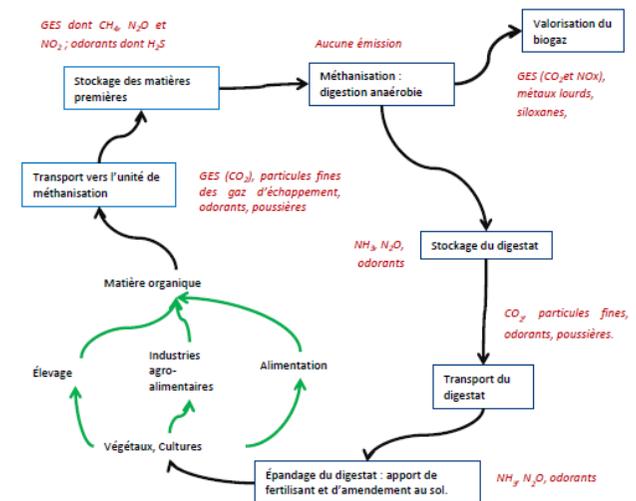
ASPROM – La méthanisation  
Etat des lieux méthanisation (2018)

## 8. Effets environnementaux de la filière méthanisation



- Approches monocritères : bilan GES (ou C footprint), empreinte eau...
- Approches multi critères : outil multicritères (Obriot et al, 2016), ACV...
- ↳ à différentes échelles

## Bilan GES de la filière



## Bilan GES de la filière

### Outils DIGES

Cet outil permet de dresser le bilan "effet de serre" d'une installation de traitement par digestion anaérobie au regard des émissions de gaz à effet de serre (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub>). Il est calculé en comparant :

- les GES émis par la filière de digestion anaérobie,
- les GES émis par les transports liés à l'approvisionnement en substrats de l'installation de digestion anaérobie
- les GES évités qui auraient été émis par une filière traditionnelle de traitement de référence par substitution au traitement de déchets,
- les GES évités qui auraient été émis par les transports liés au traitement de référence,
- les GES évités qui auraient été émis par une filière de production d'énergie de référence (substitution d'énergie),
- les GES évités liés à l'épandage du digestat (économie d'engrais minéral réalisée par le pouvoir fertilisant du digestat).

Emissions nettes =	GES de l'unité de digestion anaérobie = Tonnage * FE	+	GES dus au transport des substrats, digestats = Tonnage * Km * FE	-	GES évités du traitement de référence = Tonnage * FE	-	GES émis par les transports liés au traitement de référence = Tonnage * Km * FE	-	GES évités par la substitution d'énergie = KWh * FE	-	GES évités par le pouvoir fertilisant du digestat = Tonnage * FE
--------------------	--	---	---	---	--	---	---	---	---	---	--

GES : Gaz à Effet de Serre FE : Facteur d'Emission

Attention ! La méthode de calcul est basée sur la comparaison de situations globales, sans prise en compte des particularités locales. En aucun cas ce calculateur ne saurait fournir une quantification exacte des émissions de GES pour une installation donnée. Son objectif est d'apporter des éléments de réflexion sur le bien fondé d'un traitement d'un ou plusieurs déchets par digestion anaérobie par rapport à un scénario de référence conventionnel. Les facteurs d'émissions utilisés dans ce calculateur sont des facteurs d'émissions nationaux. est préférable de renseigner les données propres à votre projet (composition des déchets, desc

- Composition des intrants
- Distances de transport des intrants
- Caractéristiques de l'installation
- Valorisation énergétique

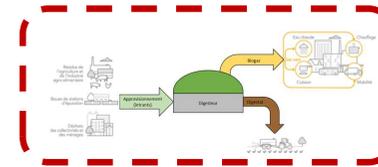
↳ Calcul des émissions nettes

Guide de l'utilisateur  
Guide méthodologique

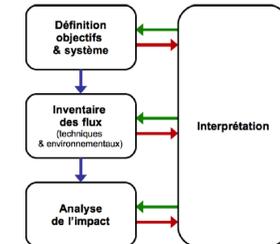
Accéder au calculateur

ADEME

## Bilan environnemental de la filière

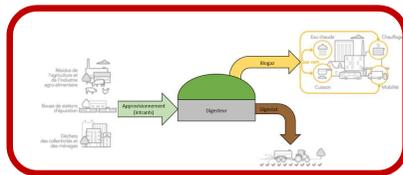


### Approches multi critères : ACV



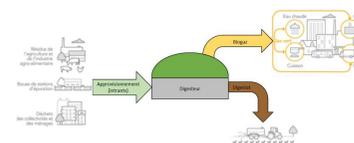
↳ Cours-TD Aya Bahi (LSCE)

## 9. Méthanisation et acceptation sociale



- **Projets multi acteurs** : agriculteurs, constructeurs, fournisseurs d'intrants, assistants à maîtrise d'ouvrage, financeurs...
- **...avec des impact à une éch territoriale** : choix implantation, choix du type d'intrant et gestion des flux...
- **...à l'origine de la création d'emplois non délocalisables et d'activité économique locale** (conception, construction, fourniture d'équipements, exploitation, maintenance et soutiens divers à la filière agriculteurs, constructeurs, fournisseurs d'intrants, assistants à maîtrise d'ouvrage, financeurs...); plus de 17 000 équivalents temps plein directs et indirects en 2030, contre 10 300 en 2019
- **Mais qui peuvent aussi être source de fortes réticences, craintes voire de fortes oppositions** (riverains, élus, associations environnementales...) → **Concertation et communication importantes**

## Méthanisation et acceptation sociale



- Pollution olfactive
- Pollution visuelle (dégradation paysage)
- Pollution sonore (augmentation trafic routier...)
- Pollution atm (fuites)
- Pollution des sols par épandage de digestats et appauvrissement des sols en C
- Compétition avec cult alimentaires, utilisation de ressources en eau pour des usages non alimentaires
- Effets sur biodiversité : cultures CIVE, digestats
- Accidents...

↳ Jeu de rôle J. Planchez (GRDF)

## 10. Au final...Méthanisation : Filière d'avenir ou danger environnemental et sanitaire ?



## 11. Evaluation du module

### ↳ Quiz individuel / connaissances de base du module

### ↳ Travail de groupe (6 groupes)

- Poster de synthèse sur le rôle de la méthanisation dans les transitions (messages clefs à retenir)
- A envoyer par mail pour le Ve 8/11 midi dernier délai
- Présentation orale Ve 8/11 après-midi : 10 min présentation + 10 min questions-discussion
- Cf grille évaluation
- Evaluation par les pairs (implication dans l'exercice) sur la base d'un questionnaire (en ligne, deadline Ve 8/11)

### Quelques conseils pour la construction du poster

- Le poster sera réalisé sur une seule page (orientation paysage ou portrait);
- Le poster doit comporter un titre et le nom des auteurs;
- Privilégier des graphiques et photos au texte;
- Utiliser un style télégraphique et ne pas surcharger le poster en texte;
- Soignez le fond et la forme;
- Utilisez une police facilement lisible et de taille suffisante pour que le poster soit lisible à 1-2 m;
- Citez les sources.

### Quelques conseils pour la construction du poster

#### Sources à utiliser :

- ≠ interventions du module (confs, TD, visite....)
- Recherches complémentaires
- Réflexions personnelles

## Grille évaluation poster

	Compétence évaluée	Descripteurs	Échelle de notation (1 à 5)
Maîtrise du sujet	1. Compréhension du sujet	Le groupe comprend-il bien les concepts liés à la méthanisation et les transitions ?	1 : Très faible compréhension 5 : Très bonne compréhension, concepts bien maîtrisés
	2. Pertinence des informations	Les informations sont-elles en lien avec la problématique étudiée et basées sur des sources fiables ?	1 : Données peu pertinentes 5 : Données très pertinentes et bien intégrées
	3. Rigueur scientifique	Le contenu repose-t-il sur des sources fiables et bien analysées ?	1 : Manque de rigueur 5 : Analyse approfondie et critique, sources fiables
	4. Illustration de la vision systémique	Le groupe a-t-il su illustrer la vision systémique et les points clés de la méthanisation en montrant les interrelations et les impacts dans un contexte global ?	1 : Vision systémique absente ; présentation très linéaire 5 : Vision systémique approfondie et pertinente

## Grille évaluation poster

	Compétence évaluée	Descripteurs	Échelle de notation (1 à 5)
Présentation orale	5. Clarté de l'exposé oral	L'exposé est-il fluide, bien structuré et compréhensible ?	1 : Exposé confus 5 : Exposé très clair, fluide et captivant
	6. Utilisation des supports visuels	Les supports visuels (poster) sont-ils utilisés efficacement pour appuyer l'exposé ?	1 : Utilisation insuffisante 5 : Support visuel parfaitement intégré à l'exposé
	7. Répartition de la parole et interaction	Chaque membre du groupe participe-t-il de manière équilibrée à la présentation ?	1 : Participation déséquilibrée 5 : Participation équilibrée et harmonieuse
	8. Maîtrise du temps de parole	Le groupe a-t-il respecté le temps imparti pour l'exposé ?	1 : Temps dépassé ou trop court 5 : Très bonne gestion du temps

## Grille évaluation poster

	Compétence évaluée	Descripteurs	Échelle de notation (1 à 5)
Support visuel	9. Qualité visuelle du poster	Le poster est-il soigné, visuellement attractif et lisible ?	1 : Poster confus ou peu attractif 5 : Poster très bien conçu et attractif
Q/R	10. Réponses aux questions	Le groupe a-t-il bien répondu aux questions posées à la fin de l'exposé ?	1 : Réponses confuses 5 : Réponses très précises et bien développées

## Evaluation par les pairs

Critères d'évaluation	Indicateurs	Échelle de notation (1 à 5)
1. Implication dans les créneaux de travail	Cet étudiant a participé activement aux sessions de travail et était présent à toutes les séances.	1 : Très peu impliqué 5 : Très impliqué, toujours présent
2. Contribution à la réflexion du contenu (fond)	Cet étudiant a apporté des idées et a contribué de manière significative au contenu scientifique du poster.	1 : Très peu d'idées proposées 5 : Contribution très active au contenu
3. Contribution à la mise en forme du poster (forme)	Cet étudiant a aidé à la réalisation du poster sur le plan visuel (conception, mise en page, graphiques, schémas).	1 : Aucune participation à la mise en forme 5 : Participation très active à la conception
4. Capacité d'écoute et collaboration avec les autres	Cet étudiant a écouté les autres, a pris en compte leurs idées et a facilité un bon climat de travail dans le groupe.	1 : Peu d'écoute et collaboration 5 : Très bonne écoute et esprit de collaboration
Commentaires facultatifs		